

SCIENGINEER



Berekening Handboek

Contacten	10
Introductie van berekening	11
De gegevens controleren	12
Introductie van de controle van gegevens	12
Parameters van de gegevens controle	12
De controle van de gegevens uitvoeren	14
Botsing tussen entiteiten	14
Een EE-net genereren	17
Parameters van EE-net	17
Het EEM net bekijken	19
Analysis of a haunch versus mesh size	21
Analysis of a haunch with reference to eccentric elements	24
Natural vibration analysis versus mesh size	27
Analysis of a beam on elastic foundation versus mesh size	30
Netverfijning	34
Verfijning rond een knoop	34
Verfijning langs een lijn	34
Verfijning over een gebied	35
Berekeningstypen	36
Algemene berekeningsparameters	36
Number of result sections per member	37
Statisch lineaire berekening	39
Statische niet-lineaire berekening	39
Sample analysis - guyed mast	40
Initial stress options	45
Initiële vervorming en kromming	45
Initial deformation and curvature	46
Simple inclination	47
Inclination and curvature of beams	48
Inclination functions	49
Inclination function and curvature of beams	52
Deformation from load case	53

Dynamische eigenfrequentie berekening	54
Dynamisch versterkte harmonische vibratie	55
Harmonische bandbreedteanalyse	55
Calculation model for dynamic analysis	60
Dynamische seismische berekening	63
Knikanalyse	63
Sample analysis - column	63
Niet-lineaire stabiliteitsberekening	66
Niet-gelijkmatige demping	67
Achtergrondinformatie	67
Demperinstelling	70
Een nieuwe dempinggroep definiëren	70
Parameters voor dempinggroepen	71
Een nieuwe demper definiëren	71
1D-demping	71
2D-demping	72
Knooppdemping	72
De berekening uitvoeren	73
De berekening parameters aanpassen	73
De berekening uitvoeren	73
Controleren en herzien van het berekeningsproces	74
De herhaalde berekeningen uitvoeren	74
De instabiliteit van het model herstellen	74
Oplossingsmethoden	76
Directe oplossing	76
Iteratieve oplossing	76
Timoshenko methode	77
Newton-Raphson methode	77
Vereffening van niet-gemiddelde waarden	78
Initiële vervormingen	89
Introductie van initiële vervormingen	89
Initiële vervorming-manager	89

Initiële voorkromming	89
Een nieuwe initiële voorkromming definiëren	90
De initiële vervorming toepassen	91
Soil-In	92
Introduction	92
The influence of subsoil in the vicinity of the structure	92
Soil-in output	92
C parameters (explanation from theoretical background of FEM solver)	93
Support on surface	94
The surface support properties	95
Subsoil in the 3D model	96
Soil borehole	96
Soil surface	103
Surface support	104
Subsoil library	106
Required parameters for Soil-in calculation	106
Soil-in settings in the Solver setup	107
Soil-in calculation	108
Soil-in iterative cycle	108
Quadratic norm to compare the results from the last and the previous iteration	110
Theory about the derivation process	111
The results of soil-in	113
2D data viewer	113
Results	114
Results for each iteration cycle	117
Soil-in and Pile design	119
Advanced tips	120
The effect of the subsoil outside the structure	120
Pad foundation and soil-in	122
What if the model is correct but the iteration is not finished	125
What if the load is wrongly inserted?	125
What if the symmetrical structure gives non-symmetrical results?	126

How to use additional plates	126
How to calculate the plate without soilin	129
How to calculate the plate with soilin.	132
How to create the additional plates around	136
Seismische analyse van gebouwen	142
Inleiding	142
Beperkt analysemodel	142
Inleiding: de gewijzigde IRS-methode	142
Criteria	144
Het IRS-model gebruiken in Scia Engineer	147
Verdiepingsresultaten	152
Inleiding	152
Overzicht van verdiepingsresultaten	152
Gedetailleerde verdiepingsresultaten	157
Modale superpositie	170
Inleiding – theoretische achtergrond	170
Modale superpositie in Scia Engineer	174
Buitengewone excentriciteit	176
Inleiding	176
De buitengewone excentriciteit definiëren	177
De effecten van excentriciteit berekenen	178
Analyse en resultaten van buitengewone excentriciteit	182
Equivalent Lateral Forces (ELF)	184
Introduction	184
Defining an ELF seismic load case	184
Calculation of the Equivalent Lateral Forces	186
Results	189
Verwijzingen	190
General Plastic Analysis	190
Theoretical background	192
Von Mises yield criterion	192
Finite element model	193

Using general plasticity in Scia Engineer	193
Project settings	193
Nonlinear properties of materials	194
Assigning plastic behaviour to a 2D member	198
Plastische scharnieren	199
Introductie van plastische scharnieren	199
Plastische scharnieren volgens EC3	199
Plastische scharnieren volgens DIN 18800	200
Plastische scharnieren volgens NEN	201
Berekening met plastische scharnieren	202
AutoDesign - Global optimization	203
Inleiding	203
Principles of Autodesign	203
Autodesign types	204
Autodesign manager	205
Een nieuwe optimalisatie definiëren	210
Autodesign-parameters en -criteria	213
Eigenschap	214
Parameters	214
Bewerk Geavanceerd Autodesign	217
Afbeelding	218
Bedieningsknoppen	219
Beton - Automatische Praktische-wapening	219
Autodesign in service Beton	220
Illustratief voorbeeld	225
Staal - Doorsnede Autodesign	228
Autodesign in service Staal	229
Illustratief voorbeeld	230
Staal - Brandwerendheid Autodesign	234
Autodesign in service Staal	235
Illustratief voorbeeld	236
Staal - Geprofileerde lijfplaat Autodesign	241

Autodesign in de service Controle geprofileerde lijfplaat ligger	242
Illustratief voorbeeld	243
Staal - Overlappende gording/dwarsbalk Autodesign (alleen IBC-norm)	248
Autodesign in service Controle LRFD	249
Illustratief voorbeeld	250
Staalverbinding - Geboute diagonaal Autodesign	255
Autodesign in service Geboute diagonaal	256
Illustratief voorbeeld	257
Hout - Doorsnede Autodesign	261
Autodesign in service Hout	261
Illustratief voorbeeld	262
Aluminium - Doorsnede Autodesign	265
Autodesign in service Aluminium	266
Illustratief voorbeeld	267
Geotechniek - Fundering op staal Autodesign	270
Autodesign in service Geotechniek	271
Illustratief voorbeeld	272
Stalen hal - Raamwerk Autodesign	275
Raamwerk - drsn hoogte Autodesign	277
Raamwerk - lijf Autodesign	279
Raamwerk - flens Autodesign	283
Raamwerk - flensdikte Autodesign	285
Raamwerk - doorbuiging Autodesign	288
Raamwerk - Autodesign manager	291
Scia Optimizer	295
Introduction	295
About Scia Engineer Optimizer	295
Motivation	296
Worked example	297
Structure modelling	297
Starting the project in Scia Engineer	297
Calculation and Autodesign	301

Parameters	304
XML documents	307
Input XML	309
Output XML	309
Optimizing tool	311
Scia Engineer project link	312
Formulas	313
Optimization analysis	314
User Solution	316
Optimization in progress	316
Result	317
Conclusion	318
Steel frame design	322
Getting started	322
Starting a project	322
Structure definition	326
Cross-sections, lists and matrices definition	326
Geometry	334
Check Structure data	343
Loads and combinations	345
Load Cases and Load Groups	345
Load	347
Combinations	355
Classes	359
Steel	362
LTB restrains	362
Autodesigns	365
Frame CSS height design	365
Frame web design	370
Frame flange design	374
Frame top flange thickness design	378
Frame bottom flange thickness design	382

Frame deflection design	385
Frame-autodesign manager	390
Optimization	392
Check of designed structure	395
Calculation	395
Steel checks	397
Displacements of nodes	400
Optimalisatie	403
Introdactie	403
Optimalisatie manager	403
Een nieuwe optimalisatie definiëren	404

Contacten

SCIA nv Industrieweg 1007 3540 Herk-de-Stad Belgium	SCIA Nederland B.V. Wassenaarweg 40 6843 NW ARNHEM Netherlands
Nemetschek do Brasil Rua Dr. Luiz Migliano, 1986 - sala 702 , CEP SP 05711-001 São Paulo Brazil	Nemetschek Scia North America 7150 Riverwood Drive 21046 Columbia, MD United States
SCIA France sarl Centre d'Affaires, 29 Grand' Rue 59100 Roubaix France	Nemetschek Scia Swiss Branch Office Dürenbergstrasse 24 3212 Gurmels Switzerland
SCIA CZ s.r.o. Brno Slavičkova 827/1a 638 00 Brno Czech Republic	SCIA CZ s.r.o. Prague Evropská 2591/33d 160 00 Praha 6 Czech Republic
SCIA SK, s.r.o. Murgašova 1298/16 010 01 Žilina Slovakia	
Scia Datenservice Dresdnerstrasse 68/2/6/9 1200 WIEN Austria	Scia Software GmbH Technologie Zentrum Dortmund, Emil-Figge-Str. 76-80 44227 Dortmund Germany

De informatie in dit document is onderhevig aan verandering zonder aankondiging. Zonder de uitdrukkelijk geschreven toestemming van de uitgever mag niets, geheel noch gedeeltelijk, van dit document gekopieerd of overgedragen worden, ongeacht de manier waarop of de middelen waarmee, zowel elektronisch als mechanisch, dit gebeurt. SCIA Software is niet verantwoordelijk voor directe of indirecte schade wegens onvolkomenheden in de documentatie en/of de software.

© Copyright 2016 SCIA nv. All rights reserved.

Document gemaakt: 27 / 05 / 2016

SCIA Engineer 16.0

Introductie van berekening

Wanneer het model van een berekende constructie wordt gemaakt, kan de berekening van het [benodigde type](#) worden [uitgevoerd](#).

Scia Engineer past de verplaatsingsmethode in de eindig element methode toe. Het gebruikte eindige staafelement neemt de dwarsvervorming voor zijn rekening.

Gedetailleerde informatie over de toegepaste rekenmethode kan gevonden in:

- De volgende hoofdstukken en,
- In een apart hoofdstuk **Geavanceerde berekeningen** toegankelijk via menufunctie **Help > Inhoud > Geavanceerde berekeningen**.

De gegevens controleren

Introductie van de controle van gegevens

Het is een goede oefening, en soms zelfs noodzakelijk, om de gegevens van het model af en toe te controleren; in ieder geval voor aanvang van de berekening. Vooral bij uitvoerige modellen die zijn aangepast door verschillende aanpassingfuncties, kan het voorkomen dat het model een aantal ongeldige of verouderde gegevens bevat. Dergelijke gegevens moeten worden verwijderd van het project omdat ze:

- Onnodig geheugen innemen,
- Bepaalde functies kunnen misleiden.

Scia Engineer zorgt voor een eenvoudig te gebruiken wizard die automatisch het project afzoekt en onjuiste of ongeldige gegevens toont.



Opm: De controle van gegevens is in verschillende opzichten belangrijk. Standaard zijn de snijdende balken niet met elkaar verbonden. Wanneer ze samen moeten werken, moet in hun kruispunt een verbonden knoop worden gedefinieerd. De Controleer constructie functie traceert dergelijke plaatsen en stelt aan de gebruiker voor om een automatische verbinding te maken voor de betreffende balken. Deze handeling kan mogelijke toekomstige problemen met een numeriek onstabiele uitkomst oplossen.

Parameters van de gegevens controle

De **Controleer constructie** functie probeert ongeldige gegevens te onthullen.

Controle van knopen

Zoek knopen	Deze optie is ALTIJD AAN . Deze controle verzekert dat knoopgegevens correct zijn. Deze optie is een soort beveiliging tegen mogelijke schade van opgeslagen gegevens.
Zoek naar duplicaatknopen	Indien AAN zoekt het programma naar knopen met identieke coördinaten. Indien twee knopen op dezelfde positie gevonden worden, worden ze samengevoegd naar een knoop (d.w.z. een van hen wordt verwijderd). De waarde gedefinieerd in Minimale afstand tussen twee punten in het Net instellingen dialoogscher wordt gebruikt voor deze controle.
Parameters negeren	Deze optie is alleen effectief indien parametrisch knopen zijn gedefinieerd in het project. Indien AAN worden alleen de coördinaten (berekend van invoerparameters) gecontroleerd. Indien twee knopen met dezelfde coördinaten gevonden worden, worden ze samengevoegd tot een. Indien UIT wordt een twee stappen controle uitgevoerd. Eerst worden de coördinaten gecontroleerd. Indien twee knopen met dezelfde coördinaten wordt ontdekt, worden de gedefinieerde parameters in de tweede stap gecontroleerd. Indien de twee knopen gedefinieerd worden door dezelfde parameter worden ze gezien als dubbel en worden ze samengevoegd. Indien de twee knopen verschillende parameters gebruiken of verschillende formules, de knopen worden met rust gelaten.

Indien de **Controle van knopen** ontregelheden aantreft in de knoopgegevens, wordt een ander dialoog zichtbaar.

Staven met ongedefinieerde knopen	Dit item toont de nummers van ongedefinieerde knopen. Deze knopen MOETEN altijd gecorrigeerd worden en staat daarom ALTijd AAN .
Vrije knopen	Als vrije knopen gevonden worden in een project (d.w.z. knopen die niet tot een staaf behoren) mag de gebruiker deze verwijderen. Het wordt aanbevolen elke vrije knoop te verwijderen tenzij de gebruiker een specifieke reden heeft voor het bestaan ervan (vb. vrije knopen kunnen een tijdelijke status representeren tijdens de definitie van een complex model).
Duplicaatknopen	Alle duplicaatknopen gevonden in het project worden hier gerapporteerd en het is aan de gebruiker of hij ze wil verwijderen of niet. Het wordt aanbevolen de duplicaatknopen te verwijderen.

Controle van liggers

Liggers controleren	De gebruiker mag kiezen of liggers in het project gecontroleerd moeten worden.
Zoek nul liggers	Liggers met een lengte van nul zijn gevonden. Wanneer dergelijke liggers worden ontdekt in het project worden ze altijd verwijderd.
Zoek naar duplicaatliggers	Deze controle gaat in het model op zoek naar duplicaatliggers. Dit zijn liggers met dezelfde positie, oriëntatie en lengte. Indien dergelijke liggers ontdekt worden mag de gebruiker beslissen of ze bewaart moeten blijven of dat enkel een van de identieke liggers in het project gehouden moeten worden.



Opm.: Elke twee liggers worden als identiek beschouwd wanneer ze identieke eindknopen hebben. Indien twee verschillende liggers gedefinieerd zijn met 4 verschillende eind knopen en toch "op elkaar liggen", worden ze niet als identiek beschouwd in deze controle. Echter, indien de standaard controle optie geselecteerd zijn, ontdekt de controle procedure eerst duplicaat knopen, voegt ze samen, en vervolgens worden ook de twee liggers identiek volgens de voorwaarden van deze controle.

Controle van constructie



Opm: Tegengesteld aan de oorspronkelijke versie van Scia Engineer, voert versie 5 GEEN controle van de constructie uit binnen deze functie. Dat betekent dat alle problemen in de verbinding van "elkaar rakende" staven niet worden opgelost door deze functie.



Een afzonderlijke functie **Verbinden staven/knopen** moet worden gebruikt voor deze taak. De functie kan worden gevonden in de menuboom **Berekening, Net**; op de knopenbalk **Geometrie manipulatie**; of in het menu **Aanpassen**.

Controle van additionele gegevens

Controle van additionele gegevens positie	Het programma controleert alle additionele gegevens (vb. lasten, ondersteuning, enz.) en verifieert de positie van deze gegevens op de staven. Bijvoorbeeld: sommige lasten kunnen buiten de ligger geraakt zijn tijdens manipulatie functies. Dergelijke niet-correcte gegevens worden gecorrigeerd.
--	---



Opm: Lees voor de procedure het hoofdstuk [De controle van gegevens uitvoeren](#).

De controle van de gegevens uitvoeren

De procedure voor de controle van gegevens

1. Start de functie **Controleer constructie**:
 - a. óf gebruik de menufunctie **Boom > Berekening, net > Controleer constructie**,
 - b. óf gebruik de menuboom functie **Berekening, net > Controleer constructie**.
2. De **Controleer constructie** wizard opent het instellingen dialoogscherf op het scherm.
3. Selecteer de [typen gegevens](#) die moeten worden gezocht en bevestigd.
4. Begin de controle met de knop **[Controle]**.
5. Het programma onderzoekt alle projectgegevens nauwkeurig.
6. Wanneer geen onevenredigheden worden getoond, verschijnt er een boodschap die vertelt dat er geen problemen zijn gevonden.
7. Wanneer iets verdachts is ontdekt, geeft de wizard de statistieken in het dialoogscherf weer. Getallen van ongeldige entiteiten voor individuele typen gegevens worden opgesomd.
8. Besluit nu welke typen gegevens moeten worden gecorrigeerd en welke onveranderd blijven (d.w.z. plaats een vinkje in het type gegeven dat moet worden gecorrigeerd en verwijder het vinkje van die typen die moeten worden overgeslagen tijdens de correctiefase).
9. Beëindig de **Controleer constructie** met de knop **[Doorgaan]**.
10. De ongeldige gegevens worden verwijderd uit het project.

Botsing tussen entiteiten

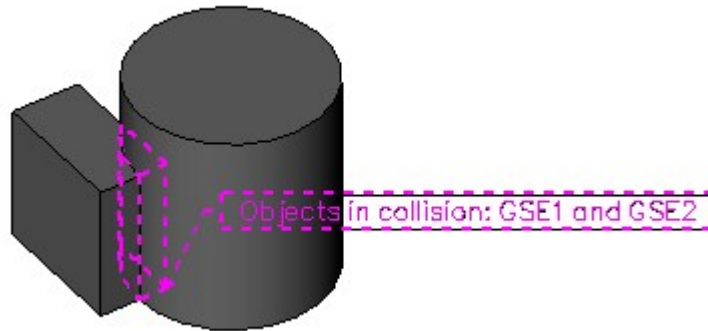
Soms moet u uitzoeken of specifieke entiteiten elkaar al dan niet kruisen. Dit kan worden geverifieerd met de functie **Conflict controle van vaste lichamen**.

De functie kan alle soorten entiteiten verwerken: 1D-staven (ligger, kolom, enz.), 2D-elementen (plaat, wand, enz.), algemene componenten (vast lichaam, open schaal, enz.).

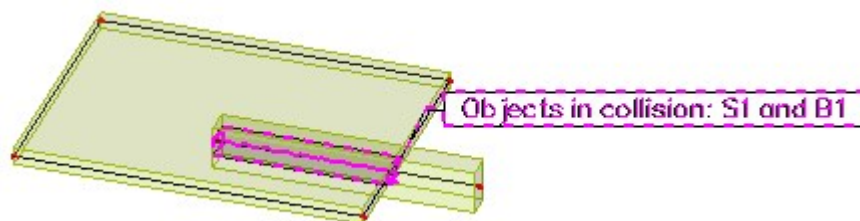
De functie controleert de geselecteerde entiteiten en genereert nieuwe entiteiten (algemene componenten/vast lichamen) die overeenkomen met intersectie van de geselecteerde entiteiten. De oorspronkelijke entiteiten blijven intact.

In de volgende afbeeldingen word het gebruik van de functie gedemonstreerd.

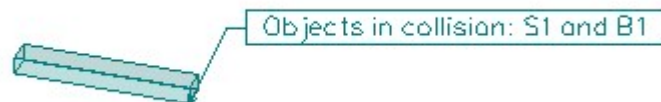
In de eerste afbeelding ziet u het resultaat van de controle op twee vaste lichamen (cilinder en prisma).



In de tweede afbeelding ziet u hetzelfde voor 1D-staaf (ligger) en 2D-element (plaat).



In de laatste afbeelding wordt de aanwezigheid van het nieuw gegenereerde vaste lichaam op de intersectie van de gecontroleerde entiteiten weergegeven. Hier zijn de ligger en de plaat uit de vorige afbeelding verwijderd. Wat overblijft is een nieuwe entiteit (algemeen vast lichaam) dat de intersectie van de twee bovengenoemde entiteiten weergeeft.



De functie kan worden gebruikt om één of twee groepen entiteiten te controleren.

Controleren van één groep entiteiten

Als slechts één groep entiteiten is geselecteerd, worden voor alle geselecteerde entiteiten gecontroleerd of deze botsen met een andere entiteit uit de selectie.

Controleren van twee groepen entiteiten

Als twee groepen entiteiten zijn geselecteerd, controleert de functie of een entiteit uit de eerste groep botst met een entiteit uit de tweede groep. Als twee entiteiten in dezelfde groep botsen, wordt dit niet gemeld.

De procedure voor het controleren op het botsen van entiteiten

- 1) Start de functie **Transformeren/Exploderen/Samenvoegen > Conflict controle van vaste lichamen**.
- 2) Selecteer de entiteiten voor de eerste groep die moet worden gecontroleerd.
- 3) Druk op [Esc] om de selectie van de eerste groep te voltooien.
- 4) Selecteer de entiteiten voor de tweede groep die moet worden gecontroleerd. Als een controle van slechts één groep wordt gevraagd, kunt u deze stap negeren.
- 5) Druk op [Esc] om de selectie van de tweede groep te voltooien.

- 6) De botsingen worden op het scherm weergegeven. Bovendien zijn ze geselecteerd.
- 7) Wis zo nodig de selectie of doe wat noodzakelijk is met de botsingen.



Opmerking : Deze functie controleert ook botsingen tussen vrije wapeningsstaven. Lees de documentatie voor Betonnormcontroles voor meer informatie over vrije staven.

Een EE-net generene

Parameters van EE-net

U kunt de vorm van het eindige-elementennet regelen. Het dialoogvenster **Instellingen net** biedt een hele reeks parameters.

Net

Min. afstand tussen twee punten	Wanneer de afstand tussen twee punten kleiner is dan de hier gespecificeerde waarde, worden de twee punten automatisch verenigd tot één enkel punt.
Gemiddelde grootte van 2D elementen / gekromde staven	De gemiddelde grootte van de rand voor 2D-elementen. De grootte die hier is gedefinieerd, kan worden veranderd door verfijning van het net in gespecificeerde punten. Definieert ook de grootte van eindige elementen die zijn gegenereerd op gekromde staven.
Gemiddeld aantal tussenpunten op 1D element	Wanneer nodig kan meer dan één eindig element worden gegenereerd op een enkele 1D-staaf. De waarde specificeert hier hoeveel eindige elementen moeten worden gemaakt op de 1D-staaf. Met de waarde wordt alleen rekening gehouden wanneer de oorspronkelijke 1D-staaf langer is dan de aangepaste minimale lengte van een balkelement en korter dan de aangepaste maximale lengte van het balkelement . Deze optie is vooral bruikbaar voor stabiliteit, niet-lineaire en dynamische berekeningen waar meer dan één eindig element nodig is per constructieve-element.
Definitie van netelementen afmetingen voor panelen	Automatisch: De netgrootte wordt automatisch bepaald volgens het model Handmatig: Deze grootte wordt alleen toegepast op de EEM-methode voor het berekenen van belastingspanelen en voor het genereren van lasten voor individuele liggers of randen. Dit net wordt niet gebruikt voor de hoofdberekeningen van het hele model.
Gemiddelde afmeting van panelelementen	(beschikbaar voor de handmatige definitie in het item hierboven) Definieert de netgrootte voor belastingspanelen.

1D elementen (1D-staven)

Minimum lengte van staafelement	Wanneer een 1D-staaf van een constructie korter is dan de waarde hier gespecificeerd, dan wordt de 1D-staaf niet langer opgedeeld in meerdere eindige elementen, zelfs wanneer de parameter hierboven (Gemiddeld aantal tussenpunten op 1D element) dit aangeeft.
Maximum lengte van staafelement	Wanneer een 1D-staaf van een constructie langer is dan de hier gespecificeerde waarde, dan zal de 1D-staaf worden opgedeeld in meerdere eindige elementen, zodat aan de conditie van maximale lengte is voldaan.
Gemiddelde grootte van kabels, staven op elastische bedding	Het is noodzakelijk meer dan één eindig element op kabels, voorspankabels (voorgespannen beton) en 1D-staven op bedding te genereren. Zie het boek Geavanceerde berekeningen , hoofdstuk Analyse van een ligger op elastische fundering versus net grootte voor meer informatie over dit onderdeel.

	OPMERKING: Deze parameter regelt ook de grootte van eindige elementen voor liggers met een gefaseerde doorsnede.
Generatie van knopen in verbindingen van liggers	Als deze optie ingeschakeld is, wordt een controle voor "rakende" 1D-staven uitgevoerd. Als een eindknoop van één 1D-staaf een andere 1D-staaf "aanraakt" in een punt waar geen knoop is, worden de twee 1D-staven verbonden door een EE-knoop. Als de optie uitgeschakeld is, blijft een dergelijke situatie onopgelost en worden de 1D-staven niet aan elkaar verbonden. De functie heeft hetzelfde effect als het uitvoeren van de functie Controle van gegevens.
Generatie van knopen bij puntlasten op staven	Als deze optie ingeschakeld is, worden eindige-elementknopen gegenereerd in punten waar de puntlast werkt. Deze optie is normaal niet vereist.
Generatie van excentrische elementen op staven met variabele hoogte	Als een ligger een variabele hoogte heeft, genereert de generator automatisch excentrische eindige elementen langs de console. Bovendien, als deze optie ingeschakeld is, kan de excentriciteit van de elementen variëren langs de staaf, d.w.z. de beginknoop van de staaf kan een andere excentriciteit hebben dan de eindknoop van de staaf. Als deze optie uitgeschakeld is, is de excentriciteit langs de afzonderlijke eindige elementen constant en verandert de excentriciteit in stappen in de knopen langs de console.
Aantal Eindige Elementen per console	Specificeert het aantal EE's dat wordt gegenereerd op een console.
Pas de knoopverfijning toe	Specificeert de modus van verfijning op 1D-staven. Geen staven De verfijning wordt alleen op 2D-elementen toegepast. Alleen 1D-staven De verfijning toegepast op 2D-elementen en 1D-staven waarvan het type is aangepast aan "ligger (80)" Alle staven De verfijning wordt zowel op 2D-elementen als op 1D-staven toegepast.

2D-elementen (platen)

Generatie van netverfijningsstroken langs lijnen	Als deze optie ingeschakeld is, wordt een strook van netverfijning gegenereerd langs iedere rand (zowel extern als intern) van een plaat.
Betrek huidige punten van de kromme in het net	Als deze optie ingeschakeld is, wordt ieder definitiepunt van iedere lijn (d.w.z. iedere vertex van een polylijn, wanneer een 1D-staaf is gedefinieerd met een polylijn) een eindig-elementknoop. Als deze optie uitgeschakeld is, wordt de lijn opgedeeld volgens gespecificeerde elementafmetingsparameters en hoeft het definitiepunt niet te worden omgezet naar EE-knopen.
Genereren vooraf gedefinieerd net	Als deze optie ingeschakeld is, probeert de generator eerst in iedere plaat een regelmatige vierhoek eindig-elementennet te maken met de aangepaste elementafmetingsparameters. Alleen indien vereist worden extra noodzakelijke knopen toegevoegd aan het net. Als deze optie uitgeschakeld is, worden de eindige-elementnetknopen gegenereerd over de plaat en zijn de knopen de elementen die dan worden gemaakt vanuit de knopen.

Rand van vooraf gedefinieerd net vloeiend maken	Als deze optie ingeschakeld is, worden de grenselementen van een vooraf gedefinieerd net meegenomen in het proces van vereffening, d.w.z. het netgebied bestaande uit rechthoekige vierhoeken kan worden gereduceerd.
Maximale hoek uit het vlak van vierhoekig element	Deze waarde bepaalt of een ruimtelijk vierhoekig element waarvan de knopen niet in één vlak liggen zal worden vervangen door driehoekige elementen. Deze parameter is alleen van betekenis voor uit-het-vlak oppervlakken – schalen. De beoordeelde hoek wordt gemeten tussen het vlak bestaande uit van drie knopen van de vierhoek en de overgebleven knoop van deze vierhoek.
Verhouding van elementranden in netverfijningsstroken	Definieert de proportie van randen in vierhoekige elementen die potentieel kunnen worden gebruikt om een verfijningsstrook te genereren langs de grens en interne randen.
Verh. voor- gedefinieerd net	Definieert de relatieve afstand tussen het vooraf gedefinieerde net, gevormd door regelmatige vierhoekige elementen, en de dichtstbij gelegen rand. De rand kan bestaan uit een interne rand, externe rand of grens van het verfijnde gebied. De uiteindelijke afstand wordt berekend als een meervoud van de gedefinieerde verhouding en aangepaste gemiddelde elementgrootte voor 2D-elementen.

De procedure voor de aanpassing van netparameters

1. Roep de menufunctie **Instellingen > Net** op.
2. Pas de parameters aan (zie hierboven).
3. Bevestig met **[OK]**.

[Het eindige elementen net kan worden bekeken](#) door gebruik te maken van de functie **Net genereren** onder de menuboom **Berekening**.

Het EEM net bekijken

Voor complexe constructie kan het handig zijn om het EEM net te bekijken voor de resultaten nauwkeurig in detail worden onderzocht.

Het is mogelijk om de weergavestijl van het net te controleren d.m.v. een reeks beeldparameters.

Tabblad Constructie > Groepnet

Teken net	Indien deze optie ingeschakeld is, verschijnt het net op het scherm.
Vrije randen	Vrije rand is een rand van een 2D staaf die niet aan een ander element verbonden is. Het kan nuttig zijn om te kijken welke delen van de constructie niet verbonden zijn aan de rest van het model. Indien deze optie ingeschakeld is, worden de vrije (onverbonden) randen van 2D eindige elementen gemarkeerd door een dikke lijn te gebruiken. Deze optie is afhankelijk van de optie hierboven.
Weergave modus	De gebruiker kan beslissen over de tekenstijl voor het net (draadmodel, gerenderd, transparant). Opmerking: De optie gerenderd en transparant kan de aanpassing van kleuren voor symbolen die betrekking hebben op het net (bv. lokale assen), beïnvloeden.

Tabblad Constructie > Lokale assen groeperen

Knopen	Indien deze optie ingeschakeld is, toont het programma lokale assen van de knopen in het gegenereerde eindig elementnet.
Netelementen	Indien deze optie ingeschakeld is, toont het programma lokale assen van de gegenereerde eindige elementen.

Tabblad Labels > Net groeperen

Label weer- geven	Indien deze optie ingeschakeld is, worden de geselecteerde labels samen met het net weergegeven. Opmerking: Als de parameter Net tekenen van het tabblad Constructie – Net groeperen uitgeschakeld is, worden er geen labels weergegeven.
Knopen	Indien deze optie ingeschakeld is, wordt het aantal knopen weergegeven.
Elementen 1D	Indien deze optie ingeschakeld is, wordt het aantal 1D elementen weergegeven.
Elementen 2D	Indien deze optie ingeschakeld is, wordt het aantal 2D elementen weergegeven.

Tabblad Labels > Labels van lokale assen groeperen

Knopen	Indien deze optie ingeschakeld is, worden de labels (x, y, z) van lokale assen van knopen weergegeven.
Net	Indien deze optie ingeschakeld is, worden de labels (x, y, z) van de lokale assen van het eindige element weergegeven.

De procedure voor het bekijken van een eindige elementennet

1. Open het [Beeldparameters instellingen dialoogscherm](#).
2. Selecteer het tabblad **Bijschriften+Beschrijving**.
3. Selecteer in dezelfde groep de netparameters die u wilt zien.
4. Bevestig de instellingen.
5. Onderzoek het net.
6. Schakel, indien nodig, het net weer uit.



Opmerking: Wanneer netgenerator net-elementen heeft gemaakt met een hoek kleiner dan 5°, wordt een pijl weergegeven op het scherm zodat de gebruiker dergelijke

elementen eenvoudig kan vinden (elementen met een hoek kleiner dan 5° kunnen soms tot onnauwkeurige resultaten leiden). De functie Netverfijning wordt vervolgens aanbevolen om een beter net te genereren.

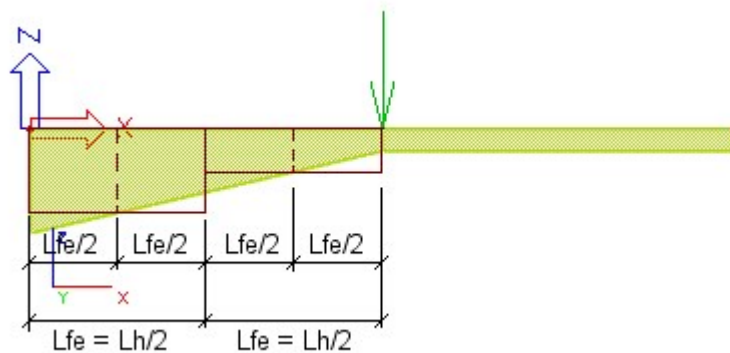
Analysis of a haunch versus mesh size

The following chapter is currently available only in English.

For haunch, the division of members into finite elements may play a significant role.

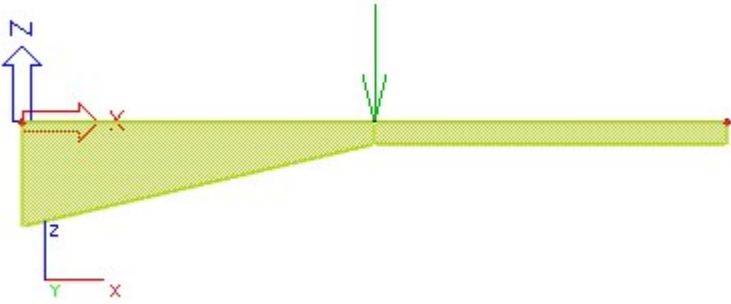
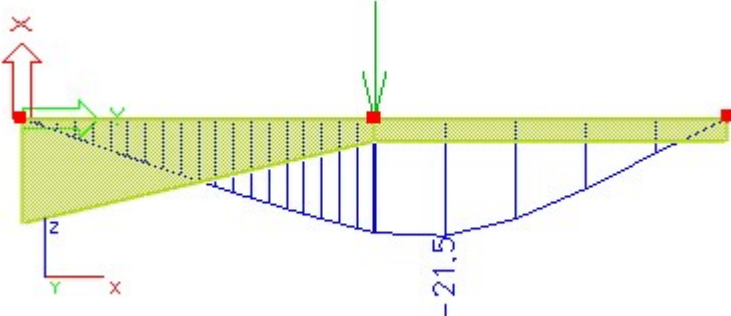
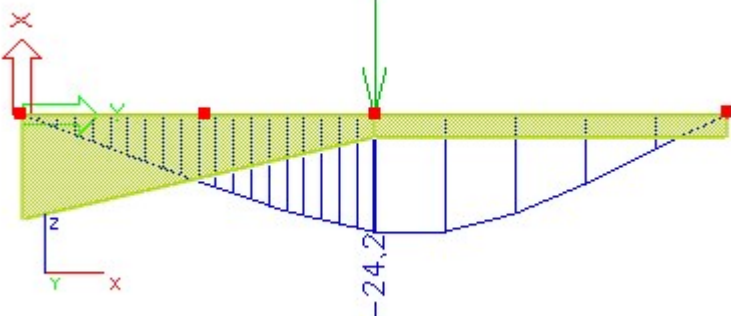
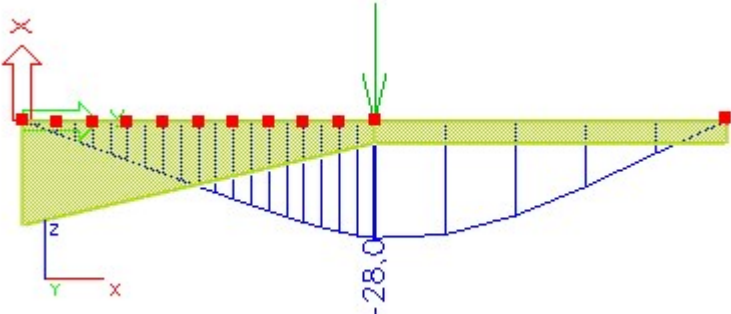
A haunch is an element of a variable cross-section. A 1D finite element used in SCIA Engineer, on the other hand, is an element of a constant cross-section. Therefore, the effect of the varying cross-section (most often of a varying depth of the cross-section) must be modelled by means of a finer finite element mesh.

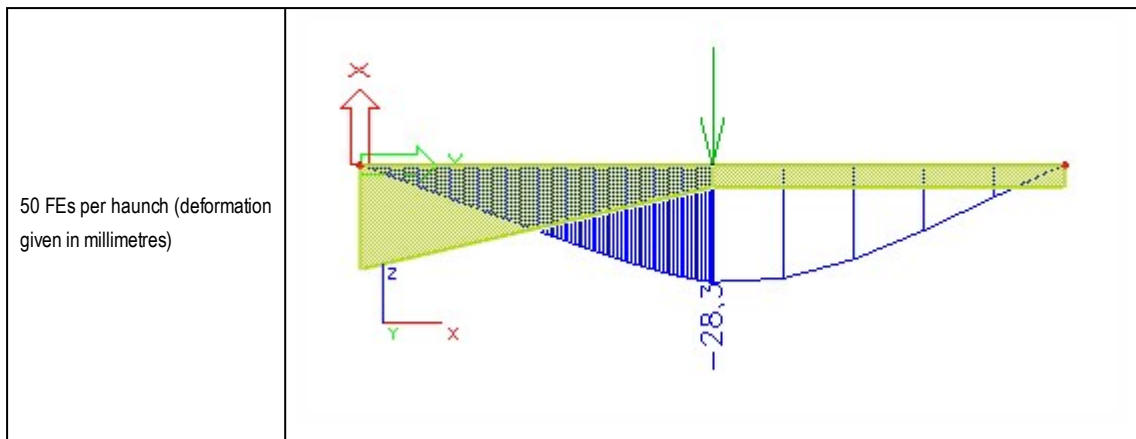
The practical application is shown in the figure below.



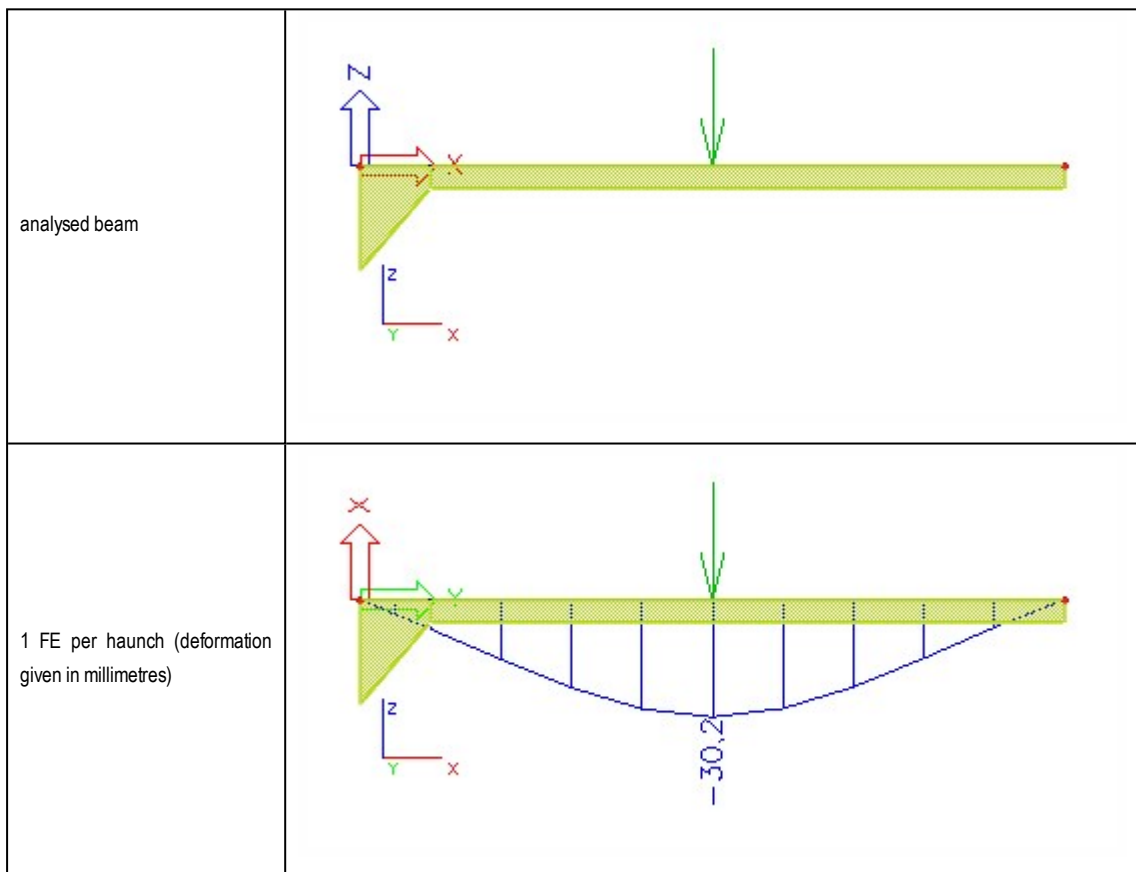
The example shows a beam with a haunch stretching over a half of total beam length. Let's assume that the division is set to "2 finite elements per a haunch". When the finite element mesh is being generated, each haunch is cut into the specified number of segments, i.e. into two segments in our example. Then, the dimensions of the cross-section in the middle of each of the segments are calculated. These dimensions are used to create an ideal cross-section of the corresponding finite element.

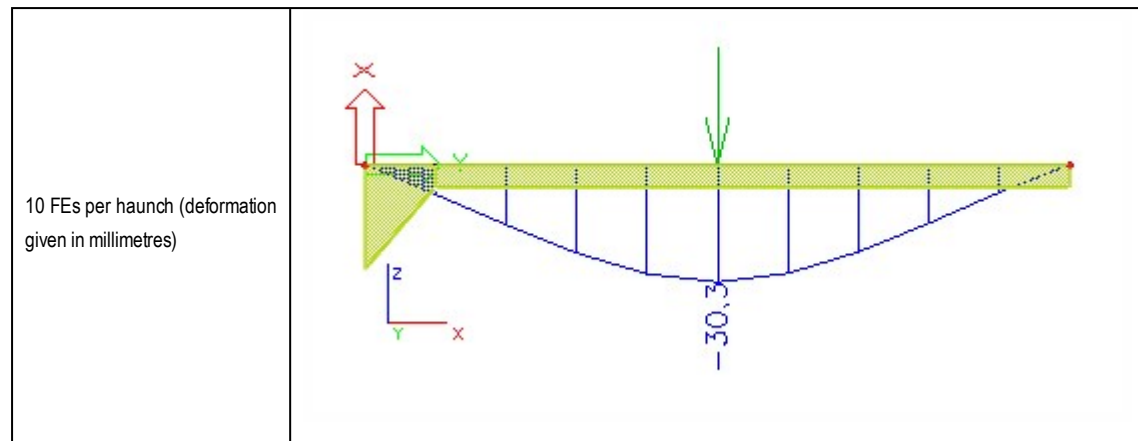
The approach presented above means, that the higher the number of finite elements per a haunch is, the more realistic model of the haunch is obtained. On the other hand, from a practical point of view, it is not necessary to generate "over-precise" haunches. The gain in the numerical precision is not in proportion to the number of finite elements per haunch. There is a big difference in the precision of results for very coarse division and for considerably fine division. But the difference between the considerably fine division and extremely fine division is almost negligible. Compare the deformation calculated for division equal to 1, 2, 10 and 50 finite elements per haunch.

analysed beam	
1 FE per haunch (deformation given in millimetres)	
2 FEs per haunch (deformation given in millimetres)	
10 FEs per haunch (deformation given in millimetres)	



What's more, the above stated facts are not applicable to all cases. What also influences the "reasonable" division is the relative length of the haunch. If the haunch extends along a considerably smaller part of the beam, the required number of finite elements per haunch decreases. See another example.





Datum van de laatste herziening: 15/02/2006

Analysis of a haunch with reference to eccentric elements



The following chapter is currently available only in English.

By default, a haunch is idealised by a set of finite elements that vary in cross-section from one element to another and whose middle axes lie in one line. This idealisation corresponds fully with a haunch whose midline is straight and whose both surfaces are inclined (see Fig.).

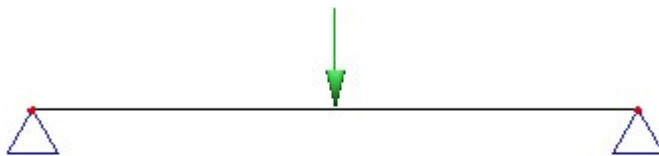


In practice, however, one more often comes across a haunch with an aligned top or bottom surface (see Fig.).

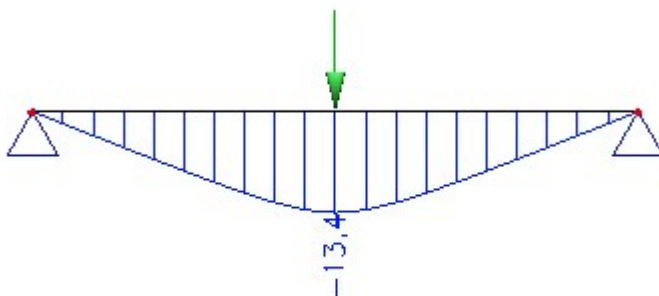


In this second case, the midline of the beam is not a straight line but it resembles an arch. This produces an arch effect whose practical outcome is shown in the following set of pictures.

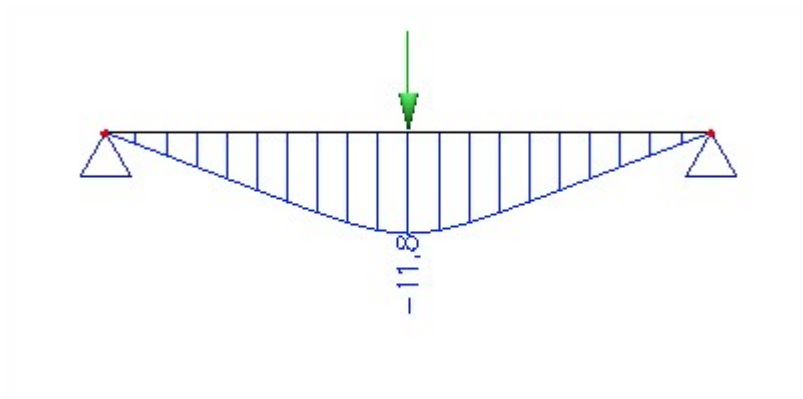
Let's assume a simply supported beam with both ends pinned subjected to a concentrated force load located in the middle of the span.



The first finite element model (option "Generate eccentric elements on haunches, arbitrary beams" is OFF) gives displacement in the middle of the span equal to 13.4 mm.



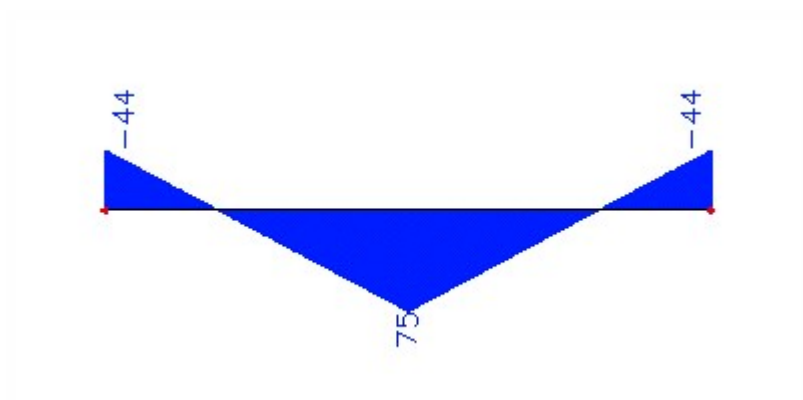
If however, the option "Generate eccentric elements on haunches, arbitrary beams" is set ON, the result displacement measured in the same place is only 11.8 mm.



The difference is about 12 percent, which is quite significant.



One must be aware of a "side effect" of the latter approach. Consider once again our model example of a beam pinned on both ends. None of the hinges provides for a horizontal movement. The midline of the beam is an "arch-like" curve and this means that under given loading conditions axial force appears in the beam. As there is an eccentricity introduced into the model, there will be a bending moment in both end-points of the beam. The moment in the support will be equal to the product of calculated axial force and introduced eccentricity.



Axial force diagram looks like:



The depth of the haunch on its left-most side is equal to 1 metre. An easy calculation gives:

axial force * eccentricity equal to a half of the haunch depth = bending moment

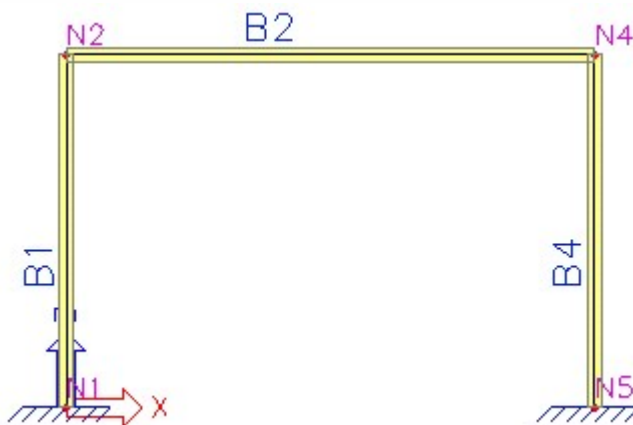
$$(88) * (1/2 * 1.0) = 44$$

Natural vibration analysis versus mesh size

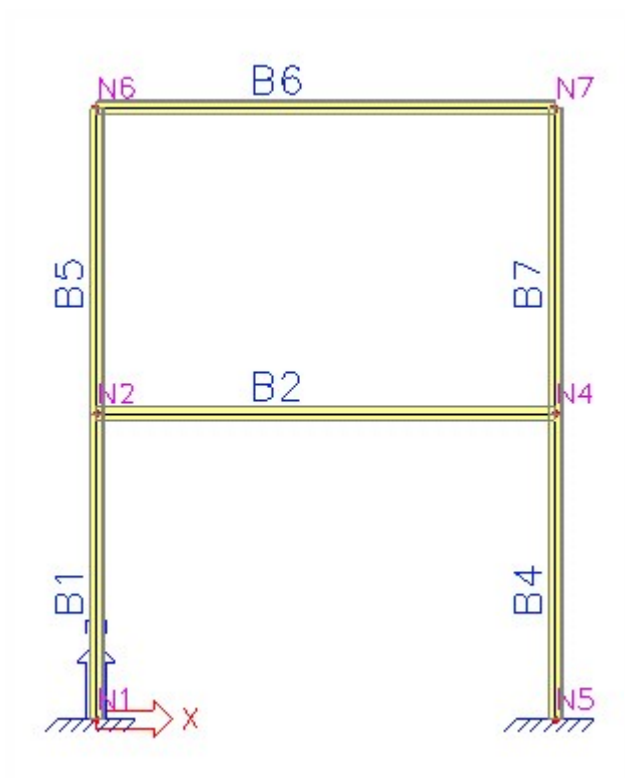


The following chapter is currently available only in English.

A natural vibration calculation is not a very complex problem. Nevertheless, one important point should be emphasised. In order to obtain greater number of eigenmodes (and natural frequencies as well) finer mesh of finite elements must be used. This must be fulfilled for both beam and plane elements. The effect of mesh density will be demonstrated on a simple planar frame.



The frame consists of three beam members. The default mesh division (i.e. the generation of a single finite element per a beam) would lead to a numerical model containing there are three finite elements and four nodes from which two nodes are supported. The structure has six degrees of freedom if solved as a 2D problem (Frame XZ project). The degrees of freedom are a vertical translation, a horizontal translation and a rotation in each of the corners. Therefore, maximally six eigenmodes may be calculated for such a structure. If more eigenmodes than degrees of freedom are required a warning is issued and the calculation is terminated. Moreover, the calculation is abnormally terminated even if six eigenmodes are required since the algorithm works internally with increased number of eigenmodes. The fact that the higher eigenmodes are not calculated in our example has a significant advantage. If they were calculated they would show a significant numerical error caused by the course finite element mesh. Thus, the calculated results for the higher eigenmodes would be practically unusable. As a result, if higher natural frequencies should be calculated, finer mesh must be generated for the structure. The comparison of results for both coarse and fine finite element mesh is shown below. It can be clearly seen that while the first eigenmode is almost identical for both variants the other one differs.



The effect of the finite element size is now even more significant as one frequency has been skipped in the calculation performed for the single-element-per-beam division.

course mesh 1 FE per beam)					
	Eigen frequencies				
	Eigen frequencies				
	Mass combination : CM1				
	N	f	omega	omega^2	T
	-	[Hz]	[1/sec]	[1/sec^2]	[sec]
	1	4,67	29,31	859,29	0,21
	2	15,92	100,03	10005,28	0,06
	3	29,65	186,28	34701,86	0,03
	4	44,89	282,01	79531,66	0,02
					

finer mesh 4 FEs per beam)					
	Eigen frequencies				
	Eigen frequencies				
	Mass combination : CM1				
	N	f	omega	omega^2	T
	-	[Hz]	[1/sec]	[1/sec^2]	[sec]
	1	4,66	29,30	858,43	0,21
	2	15,87	99,72	9943,36	0,06
	3	23,85	149,82	22446,86	0,04
	4	29,23	183,68	33736,88	0,03
					

Datum van de laatste herziening: 15/02/2006

Analysis of a beam on elastic foundation versus mesh size



The following chapter is currently available only in English.

As stated earlier, finite element mesh where one 1D finite element corresponds to one beam member is satisfactory as far as the precision of results is concerned. However, and it was stated as well, there are exceptions to this rule.

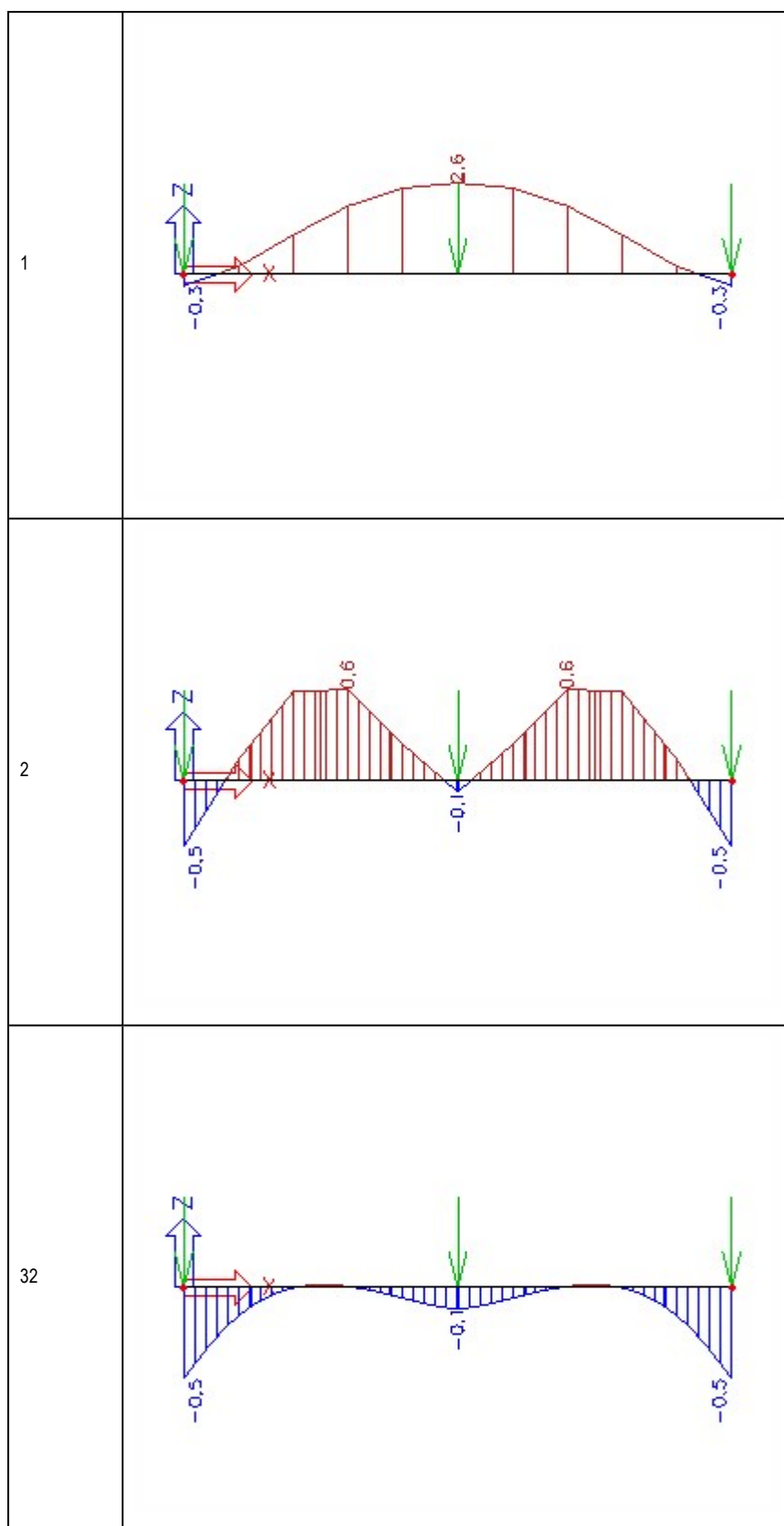
One of the exceptions is a beam laid on elastic foundation. The following table compares results for three different finite element divisions.

The table shown diagrams of vertical displacement, bending moment and shear force for three different meshes. The first one has got only one finite element on the beam. The other one has got two elements generated on the beam. The last one then shows results for a very fine mesh. It is clear that the distribution of both displacement and internal forces is considerably affected by the "coarseness" of the mesh. The reason is that for a beam supported by a foundation strip, the deflection curve (displacement diagram) is no longer a cubic parabola applied in the implemented finite element.

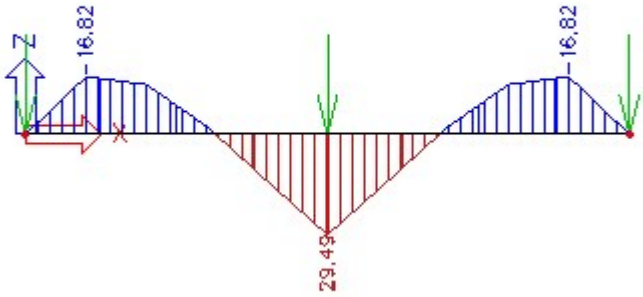
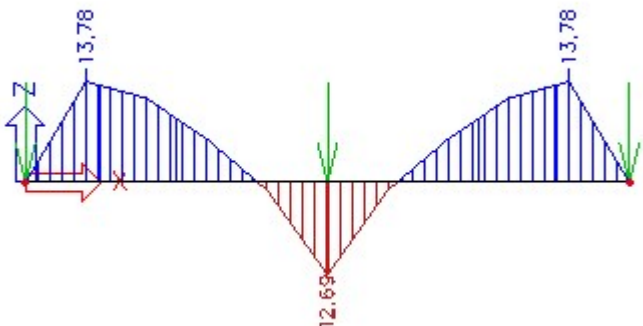
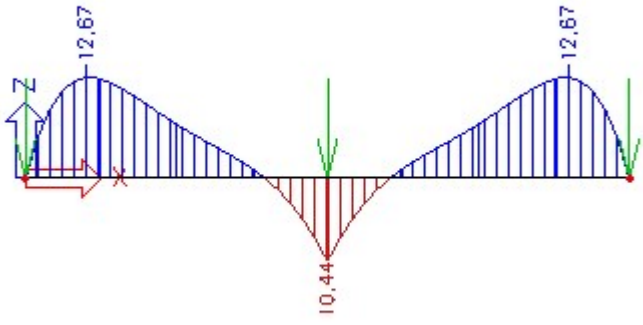
Therefore, it is important to remember that the finite element mesh fully sufficient for "standard" beams is completely unsuitable for analysis of members on foundation. The default settings reflect this phenomenon and are tailored for most of common structures. In some special cases however, additional, user-made, tuning of the mesh generation parameters may be necessary in order to obtain relevant and accurate results.

Vertical displacement

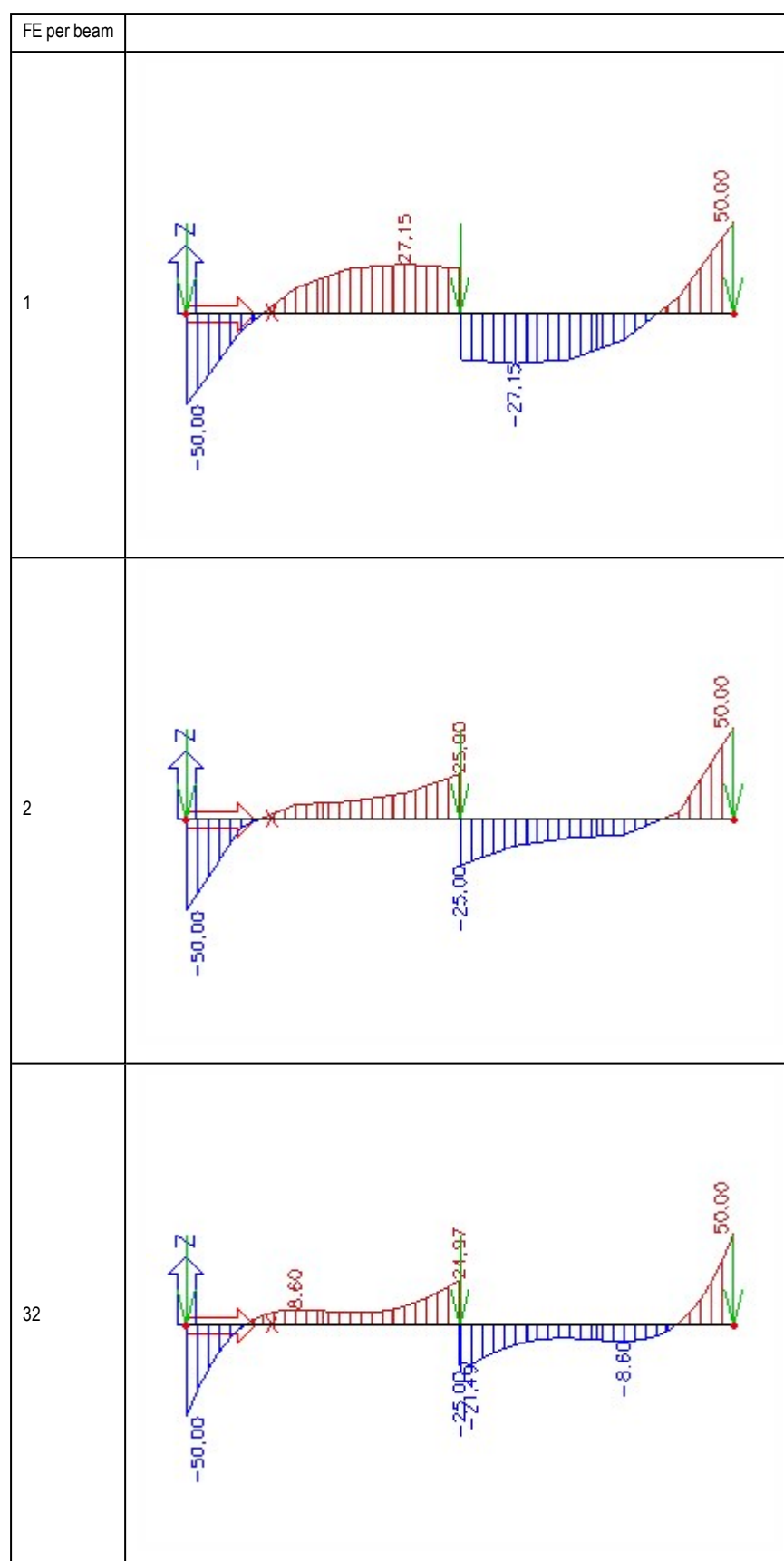
FE per beam	
-------------	--



Bending moment

FE per beam	
1	
2	
32	

Shear force



Datum van de laatste herziening: 15/02/2006

Netverfijning

Hoe fijner het eindige elementennet is, hoe nauwkeuriger de verkregen resultaten zijn (d.w.z., dichter bij de theoretisch correcte waarden) en hoe tijdrovender de oplossing is en hoe meer schrijfruimte nodig is, zowel tijdens de berekening als voor de opslag van de resultaten. De netgrootte moet worden aangepast betreffende de belasting waaraan de constructie is onderworpen en de vereisten van de berekening in rekening nemend.

De generatie van het net is gebaseerd op de aangepaste grootte voor 2D elementen. De generator maakt dergelijke elementen waarvan de randgrootte zo dicht mogelijk bij de aangepaste waarde is. Ook de verdeling van plaat / schaal grenzen en interne randen is hierop gebaseerd. Alle interne knopen of platen / schalen worden ook in rekening genomen.

Het net moet fijner worden gemaakt op bepaalde gebieden. Het net kan worden verfijnd in een rond gebied rond een specifiek punt, in een band lang een gedefinieerde lijn of over de gehele plaat / schaal.

Wanneer twee verfijnde gebieden ergens overlappen, wordt de kleine elementgrootte gebruikt. Het verfijnde gebied hoeft niet volledig binnen de "master" plaat / schaal te vallen. Alleen een gedeelte van het verfijnde gebied kan hierbinnen zijn gelokaliseerd.

Verfijning rond een knoop

Het verfijning gebied is rond met zijn centrum in een specifiek punt. De eindige elementgrootte buiten de cirkel is de standaard FE grootte voor 2D elementen aangepast in het [EE net instellingen dialoogscherm](#). De elementgrootte in het centrum van de cirkel is de gegeven verfijnde waarde. De grootte van elementen hier tussenin varieert lineair tussen de twee grenzen.

Naam	Identificeert de verfijning.
Radius	Definieert de radius van een rond gebied waar het net zal worden verfijnd.
Verhouding	Definieert de verhouding tussen de gemiddelde element randgrootte in het centrum van het verfijningsgebied en de gemiddelde vooraf ingestelde elementgrootte.
dx, dy, dz	Definieert mogelijke verschuiving van het centrum van het verfijningsgebied vanaf het gespecificeerde punt. Dus het verfijningsgebied kan overal in de constructie worden geplaatst.

De procedure voor de aanpassing van knoopverfijning

1. Roep de functie **Knoop netverfijning** op door gebruik te maken van de menuboom functie **Berekening, net > Locale netverfijning > Knoop netverfijning**.
2. Pas de parameters aan (zie hierboven).
3. Bevestig met **[OK]**.
4. Selecteer knopen waar de verfijning zou moeten worden gebruikt.
5. Sluit de functie.

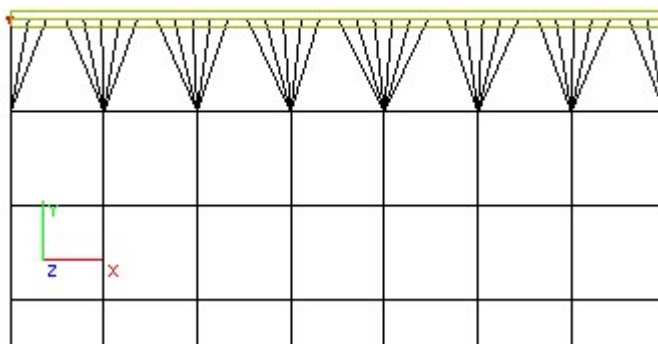
Verfijning langs een lijn

De eindige element grootte wordt verminderd langs de gespecificeerde lijn.

Naam	Identificeert de verfijning.
Grootte	Definieert de grootte van verfijnde elementen.



Opmerking: Wanneer dit type verfijning wordt gebruikt zonder de juiste aandacht kan dit resulteren in echt "vreemde" vormen van eindige elementen langs de geselecteerde lijn. Dit kan vooraf gebeuren wanneer de grootte langs de lijn te ver ligt van de standaard elementgrootte die wordt gebruikt voor de andere randen van de elementen langs de geselecteerde lijn (zie de figuur hieronder).



De procedure voor de aanpassing van lijnverfijning

1. Roep de functie **Lijn netverfijning** op door gebruik te maken van de menuboom functie **Berekening, net > Locale netverfijning > Lijn netverfijning**.
2. Pas de parameters aan (zie hierboven).
3. Bevestig met **[OK]**.
4. Selecteer de lijn waarlang de verfijning zou moeten worden gebruikt.
5. Sluit de functie.

Verfijning over een gebied

De eindige element grootte wordt verminderd over een gespecificeerd gebied.

Naam	Identificeert de verfijning.
Grootte	Definieert de grootte van verfijnde elementen.

De procedure voor de aanpassing van lijnverfijning

1. Roep de functie **Lijn netverfijning** op door gebruik te maken van de menuboom functie **Berekening, net > Locale netverfijning > Lijn netverfijning**.
2. Pas de parameters aan (zie hierboven).
3. Bevestig met **[OK]**.
4. Selecteer de gebieden waarover de verfijning zou moeten worden gebruikt.
5. Sluit de functie.

Berekeningstypen

Algemene berekeningsparameters

Ieder [type berekening](#) kan worden gecontroleerd door middel van een aantal parameters.

Geavanceerde solver opties	Wanneer deze optie is ingeschakeld, kunt u specificeren welke belastinggevallen of belastinggevalcombinatie in het geval van een andere dan lineaire berekening, moeten worden berekend. Anders worden alle niet-berekende belastinggevallen of combinaties altijd berekend.
Juiste EEM berekening van doorsnede eigenschappen	Wanneer deze optie is ingeschakeld, worden torsieconstante en afschuifrelaxatie berekend door middel van de eindige elementen methode voor doorsneden gedefinieerd als (i) algemene doorsnede, (ii) geometrische vormen of (iii) houten doorsneden.
Negeer dwarskrachtvervormingen	Wanneer deze optie ingeschakeld is, wordt de transversale afschuifvervorming genegeerd. Met andere woorden, deze optie AAN betekent dat de Kirchhoff benadering wordt toegepast (een normaal is altijd loodrecht op de lijn van vervorming). Als de optie uitgeschakeld is, betekent dit dat de Mindlin benadering wordt toegepast (een normaal is niet loodrecht op de lijn van vervorming).
Type solver	Het solvertypen Direct of Iteratief kan worden geselecteerd.
Aantal sneden op gemiddelde staaf	Definieert het aantal sneden voor evaluatie van resultaten op een 1D-staaf van "gemiddelde lengte". De snede wordt altijd gemaakt in beide eindpunten en onder geconcentreerde belastingen. De gemiddelde lengte wordt bepaald uit de werkelijke lengte. Kortere 1D-staven bevatten minder sneden terwijl langere 1D-staven meer sneden bevatten.
Maximaal toelaatbare verplaatsing	Wanneer de hier gespecificeerde maximale waarde van verplaatsing wordt overschreden, wordt de gebruiker gevraagd te bevestigen dat hij/zij nog steeds de resultaten wil bekijken.
Maximaal toelaatbare rotatie	Wanneer de hier gespecificeerde maximale waarde van rotatie wordt overschreden, wordt de gebruiker gevraagd te bevestigen dat hij/zij nog steeds de resultaten wil bekijken.
Aantal diktes van plaatrib	Deze parameter is relevant voor platen met ribben. Als de effectieve breedte is gedefinieerd met de optie standaard , dan definieert deze parameter de vermenigvuldiging. De effectieve plaatbreedte = ribbreedte x deze parameter.

Opmerking: De aanpassing van deze parameters kan de lay-out van het [berekeningsdialoogvenster](#) beïnvloeden, die wordt geopend op het scherm wanneer een berekening wordt gestart.

Number of result sections per member



The following chapter is currently available only in English.

The principle of finite element method is that the solution of the problem (in other words, the internal forces and deformations in the analysed structure) is given in finite number of points, i.e. in nodes of finite elements. These values may be further processed and result values for intermediate points of individual finite elements may be interpolated. In SCIA Engineer the user may decide how many intermediate points should be evaluated. This is made by means of solver option: **Number of sections on average member**.

When adjusting this option, one should remember that:

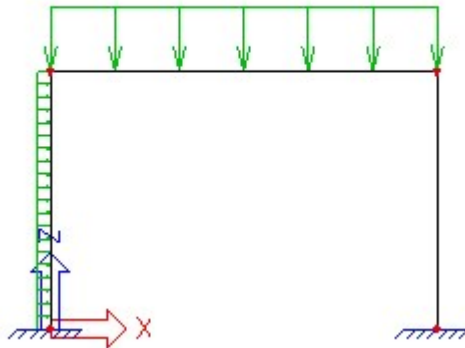
too few intermediate points:

- generates little data, saves the computer memory, increases the speed of the programme,
- may more or less distort the results.

too many intermediate points:

- generates a huge amount of data and may lead to slower response of the programme,
- given more accurate distribution of result quantities.

Let's consider a simple frame subject to load as shown in the figure below.



The effect of number of result sections per member is shown on moment diagrams in the enclosed table. It can be seen that very course division may result in a completely distorted distribution of the result quantity. On the other hand, too fine division gives nicer picture indeed, but does not contribute to the real essence of the result.

2 sections per beam	
5 sections per beam	
50 sections per beam	

The programme remembers some of the previously made settings and may combine them with the current setting. It may happen that the currently adjusted number of result sections per member has no effect on the display of result diagrams. It will be most likely due to the fact that a different, finer division has been used before or for another calculation type. If this happens and if the reduction of the number of result sections is needed, all the results must be cleared from the computer memory and calculation repeated for the required value of the parameter. Use function **Tools > Cleaner** and option **General > All Results** to remove any possible remembered data from the memory.

Statisch lineaire berekening

Bij het uitvoeren van de statisch lineaire berekening, kan de gebruiker de [algemene berekening parameter](#) specificeren om de berekeningmethode en –proces te beheersen.

Statische niet-lineaire berekening

Als toevoeging aan [algemene parameters](#) die de berekening controleren, stelt de niet-lineaire berekening de gebruiker in staat om toegevoegde opties te definiëren.

Maximale iteraties	Specificeert het aantal iteraties voor de niet-lineaire berekening. Deze waarde wordt alleen voor de Newton-Raphson methode in rekening genomen. Voor de Timoshenko methode, wordt het aantal iteraties automatisch ingesteld op 2. De beëindiging van de berekening wordt gecontroleerd door middel van convergentie nauwkeurigheid of door middel van het gegeven maximale aantal iteraties. Wanneer de grens is bereikt, wordt de berekening gestopt. Wanneer dit gebeurt, is het aan de gebruiker de verkregen resultaten te evalueren en te beslissen of (i) het maximale aantal iteraties moet worden vermeerderd of (ii) de resultaten kunnen worden geaccepteerd. Bijvoorbeeld, wanneer de oplossing schommelt, zal een toename van het aantal iteraties niet helpen.
Plastische scharnier code	Wanneer deze optie AAN staat, houdt de niet-lineaire berekening rekening met plastische scharnieren. Het is mogelijk om de benodigde nationale standaard te selecteren die zal worden gebruikt om de grensmomenten te reduceren. Wanneer geen standaard is geselecteerd, wordt geen reductie uitgevoerd.
Geometrische niet-lineariteit	Wanneer deze optie AAN is, worden de tweede orde effecten tijdens de berekening beschouwd. Het is mogelijk om of de Timoshenko of de Newton-Raphson methode te selecteren. Voor beide methoden is de exacte oplossing van liggers geïmplementeerd. Het houdt rekening met normaalkrachten en dwarskracht vervorming voor iedere vorm van belasting. Vervorming van interne krachten in de vervormde ligger-as is ingesloten.
Aantal incrementen	Deze parameter is alleen toegepast voor de Newton-Raphson en Timoshenko methode. De waarden voor individuele methoden zijn onafhankelijk en onthouden door het programma. Daarom, wanneer u 1 increment voor de Timoshenko methode aanpast en vier incrementen voor de Newton-Raphson methode, zal deze parameter veranderen iedere keer wanneer u wisselt van de ene naar de andere methode. Normaliter geeft één increment voldoende resultaten. Wanneer de vervorming groot is, toont de berekening een waarschuwing en kan het aantal incrementen worden verhoogd. Hoe groter de waarde is, hoe langer het duurt om de berekening te voltooien.

Grenzen van de berekening

Totaal aantal knopen en eindige elementen	onbeperkt
Totaal aantal niet-lineaire combinaties	1000
Maximaal aantal iteraties (in één increment)	999
Maximaal aantal incrementen	99



Opmerking: Statische niet-lineaire berekening kan ALLEEN worden uitgevoerd nadat de statische berekening van hetzelfde project met succes is uitgevoerd. Met andere woorden, niet-lineaire berekening is een twee-stappen procedure: (i) lineaire berekening moet zijn voltooid, (ii) niet-lineaire berekening kan worden gestart.

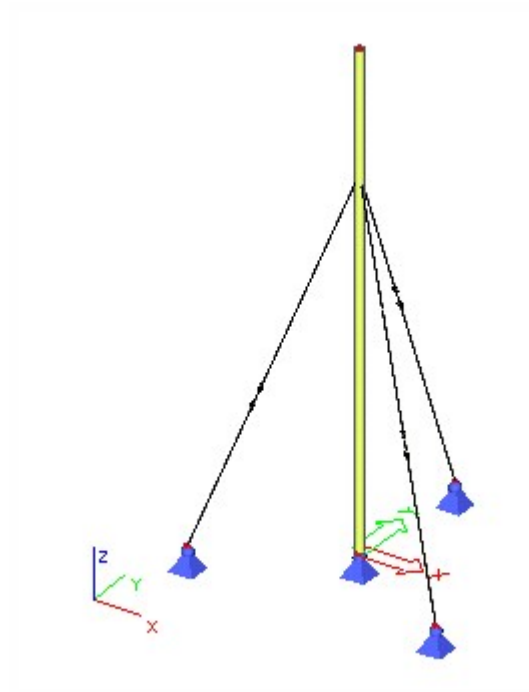
Sample analysis - guyed mast



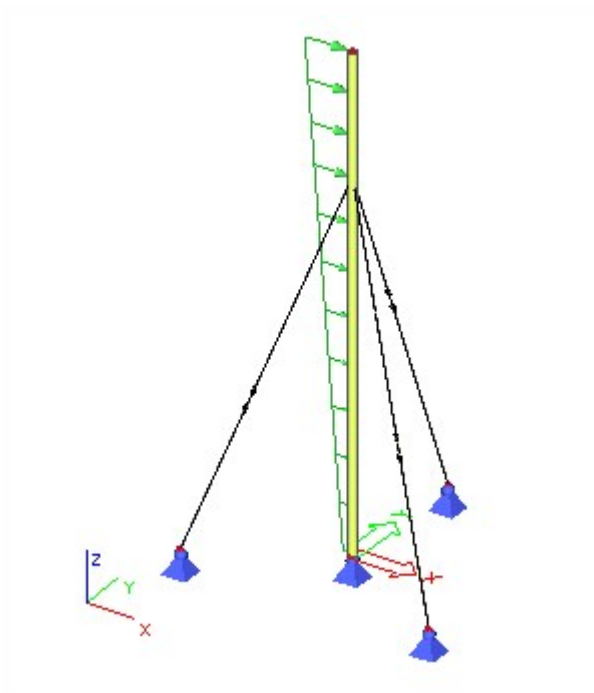
The following chapter is currently available only in English.

Structure

A mast with three guy ropes. A steel tubular section has been used for a column shaft. Ropes are modelled as steel bars with a sectional area equal to the sectional area of the rope. The structure is subject to dead load and to the effect of wind.



The load scheme is in the picture below.



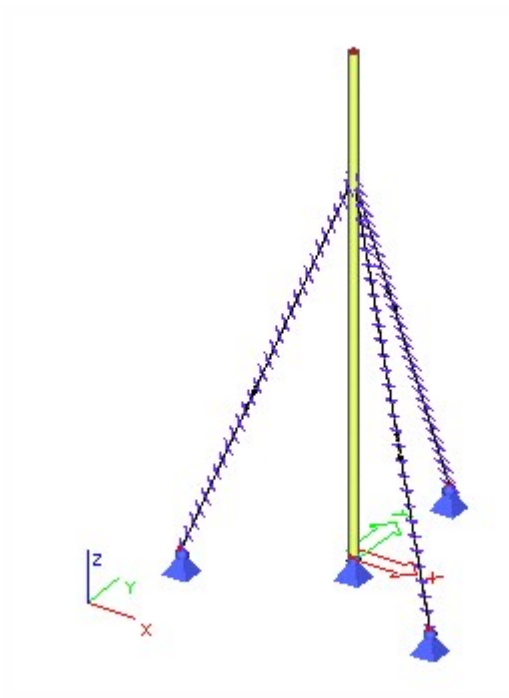
Aim of the analysis

The aim is to examine a deformation shape and internal forces for the given load conditions.

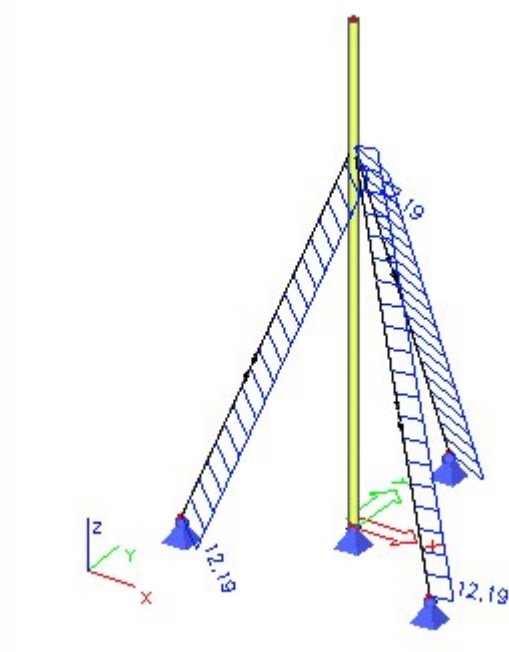
Analysis

It is quite obvious that horizontal stiffness of such a structure depends on stiffness of the ropes. In order to calculate with realistic rope stiffness, a deflection of ropes due to their self-weight must be included into the analysis. A slacked rope has significantly lower stiffness than a straight rope (e.g. a rope lying on a flat pad or a rope hanging vertically). Therefore, a full attention should be paid to proper modelling of the ropes with regard to their 'slackness' (self-weight deflection).

The 'slackness' of ropes, of course, depends on their pre-stressing. The problem of guessing the proper pre-stressing may be an iterative process based mainly on engineer's experience. The pre-stressing in our example has been introduced by means of temperature load – see the figure below.



A fine finite element mesh has been used to obtain high quality results with respect to the deflection of ropes. The calculation of axial forces representing the pre-stressing due to thermal load has been carried out as linear calculation. The following picture shows the resultant axial forces.

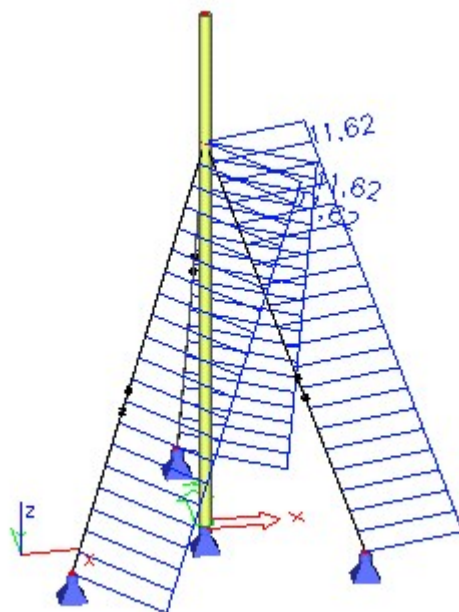
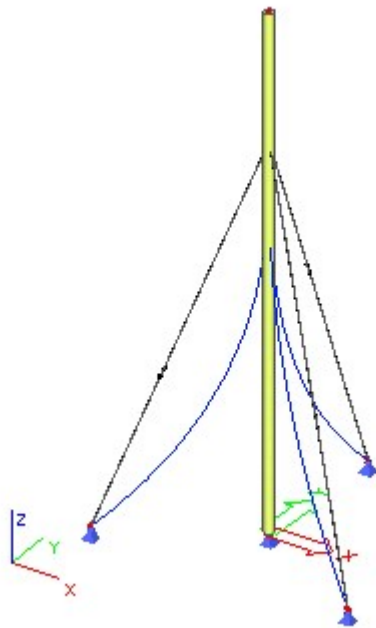


Let's use these axial forces as the pre-stressing and use them for a successive calculation for the dead load. In other word, let's start non-linear calculation with the pre-stressing taken into account.



This calculation procedure corresponds with the following idea about a construction process. First, the structure is assembled in a state of weightlessness and is pre-stressed in this state. Then the structure is subject to the effect of gravity.

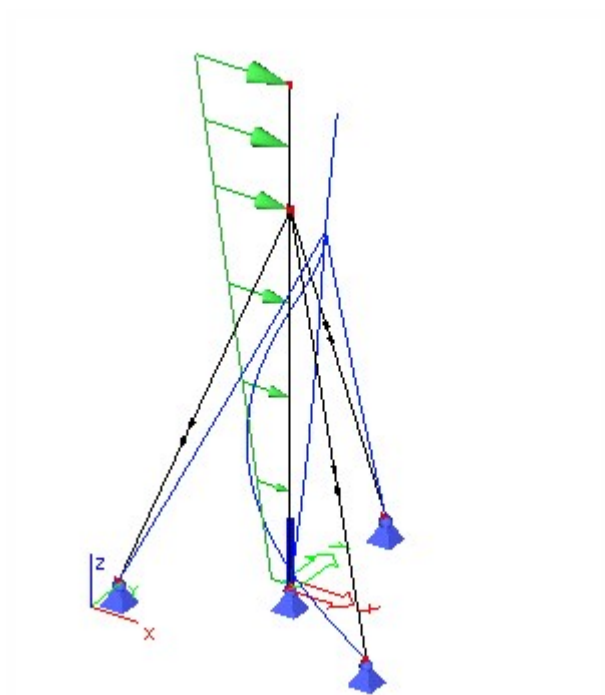
The deformation shape and axial force diagram is shown in the following figure. The axial forces are the sum of axial forces produced by pre-stressing and axial forces due to self-weight.



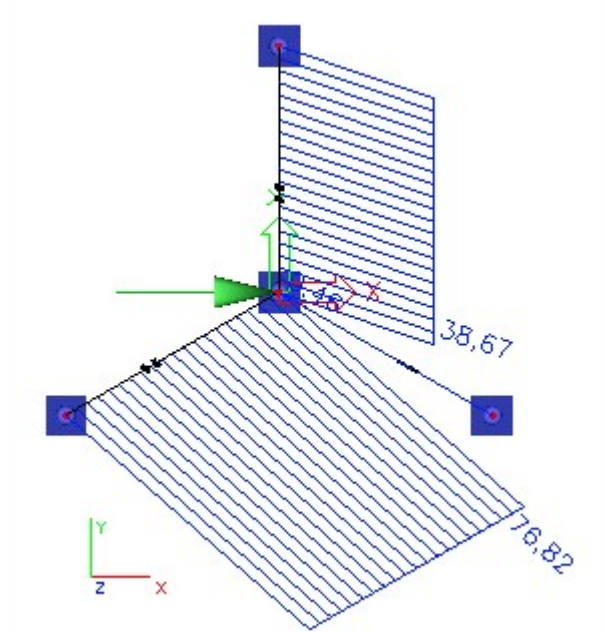
As a next step, the wind calculation has been performed. 'Tightening' of ropes on the windward side results in increased stiffness of the ropes on that side and simultaneous slacking of the ropes on the leeward side leads to dramatically decreased stiffness of the ropes there.

The superposition principle cannot be applied in the non-linear analysis. Therefore, the effect of the self-weight and the wind cannot be analysed separately and then combined in the postprocessor. A combination must be created in advance and the calculation must be carried out for this non-linear combination.

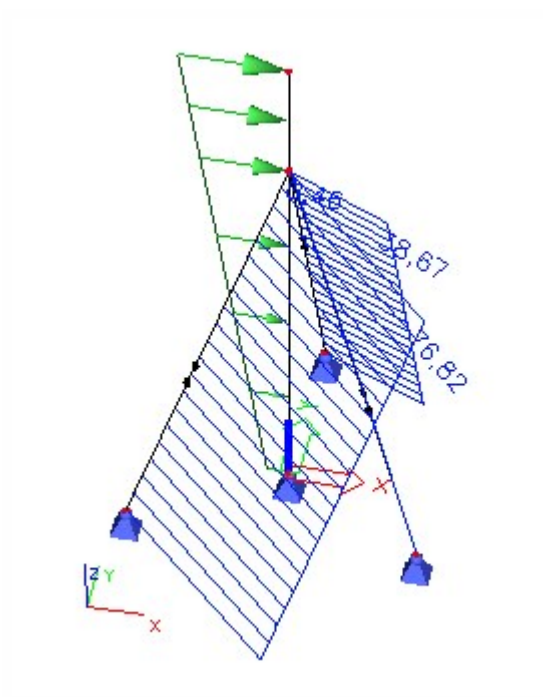
The resultant deformation shape is brought in the picture below.



And the next figure shows distribution of the axial force.



Below there is another view of axial force diagrams.



Datum van de laatste herziening: 07/10/2013

Initial stress options



The following chapter is currently available only in English.

A beam of the analysed structure may be subject to an initial stress. This pre-stress may be defined in several ways:

The approach can be adjusted in the Solver options setup dialogue.

Initial stress

If ON, some initial stress will be defined.

Initial stress as input

If ON, the initial stress is specified by a fixed user-input value.

If OFF, see below.

Stress from load case

The initial stress may be calculated automatically from the results of selected load case. The results of linear static calculation for the specified load cases are used to determine the initial stress in the beam.

Datum van de laatste herziening: 07/10/2013

Initiële vervorming en kromming

Initial deformation and curvature



The following chapter is currently available only in English.

If required, an initial deformation of analysed structure can be introduced. There are various approaches in SCIA Engineer to do so.

None

The structure is ideal without any imperfections.

Simple inclination

The imperfection is expressed in the form of a simple inclination. The inclination may be defined in millimetres per a metre of height of the structure. It means that only horizontal inclination in the global X and Y direction may be specified. The inclination is linearly proportion to the height of the building.

This option is applicable mainly for high-rise buildings. It has no or minimal influence on horizontal structures.

Inclination + curvature of beams

If this option is selected, the initial deformation may be defined the same way as above PLUS the curvature of beams may be specified as well. The curvature is the same for all the beams in the structure.

Inclination functions

The initial imperfection is defined by a function (or curve). The user inputs the curve by means of height-to-imperfection diagram.

This option is applicable mainly for high-rise buildings. It has no or minimal influence on horizontal structures.

Functions + curvature of beams

The initial imperfection is expressed as a sum of inclination function and curvature. It is analogous to option **Inclination and curvature of beams**.

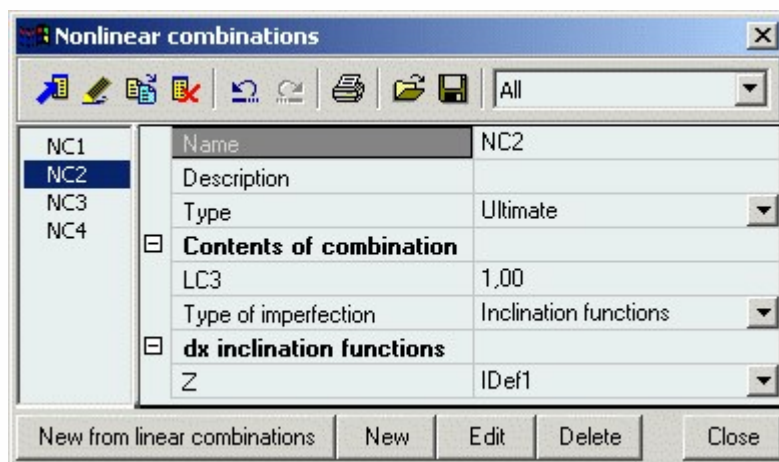
Deformation from load case

This option requires two-step calculation. First, a calculation for a required load case must be performed. The deformation due to this load case is then used as the initial imperfection for further calculation.

Buckling shape

This option requires two-step calculation. First, a stability calculation must be performed. The calculated buckling shape is then used as the initial imperfection for further calculation.

Regardless of the approach, the initial imperfection can be defined for a non-linear combination only. It is one of the parameters that the user may define in the **Non-linear combination manager**.





The calculated and displayed deformation is ALWAYS measured from the imperfect model, i.e. it does not represent the total deformation from the ideal shape, but the overall deformation from the imperfect shape.



Calculations taking account of any type of imperfection are non-linear calculations and as that they are sensitive to the size of finite elements. Or to be precise, they are sensitive to the number of finite elements per a member. The user MUST remember that a division giving just one finite element per a beam is NOT sufficient and may give completely misleading results.

Datum van de laatste herziening: 07/10/2013

Simple inclination



The following chapter is currently available only in English.

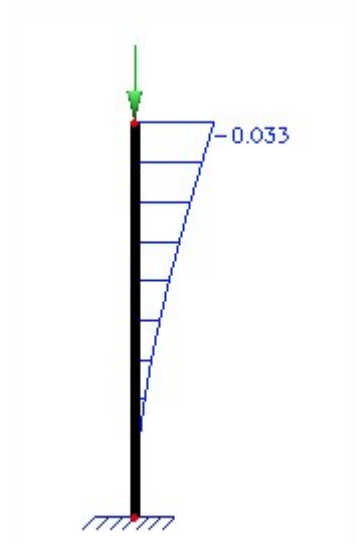
Simple inclination simply defines how much the structure is inclined to one side. The inclination is applicable to vertical structures only. It defines an inclination in horizontal direction per a unit of height. The inclination may be defined in the direction of global axes X and Y.

As an example, let's assume a vertical cantilever subject to vertical concentrated force.

If no inclination is defined, the horizontal displacement is zero.



If, however, a simple inclination is input, the result is affected by this imperfection and the column's horizontal displacement is non-zero.



Datum van de laatste herziening: 07/10/2013

Inclination and curvature of beams



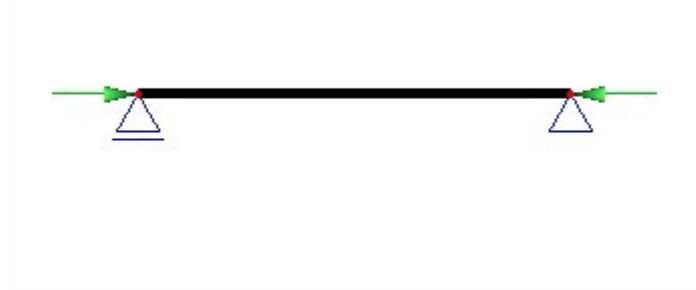
The following chapter is currently available only in English.

A [simple inclination](#) may be combined with an initial curvature of beams. It is also possible to define zero inclination and use only the curvature as a factor determining the initial imperfection.

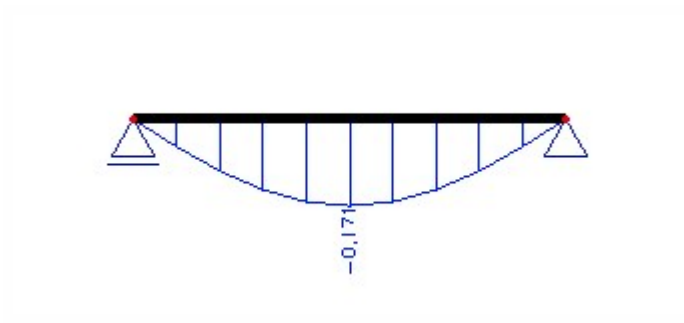
If specified, the inclination is considered the same way as if it is used as the [only source of imperfection](#).

The given curvature is considered for all the beams in the structure. In other words, all the beams are subject to the same initial curvature. The programme automatically determines which direction of curvature is critical and uses that direction for calculation. The curvature is taken into account in all beams in the structure regardless of their spatial orientation. Unlike the [simple inclination](#), it therefore affects even horizontal beams.

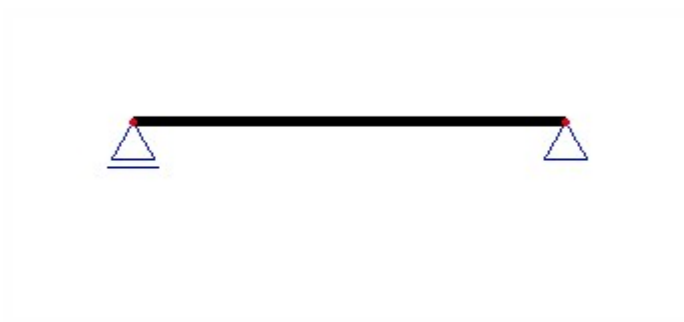
Let's assume a simply supported beam whose initial imperfection will be defined solely by means of the curvature. The beam is axially compressed by means of two concentrated forces.



If the curvature is adjusted to a non-zero value, the final vertical displacement of the beam is also non-zero – see the picture.



If, on the other hand, the curvature is not applied (i.e. is set to zero), the beam (which is ideally straight) remains straight even when subject to the pair of axially acting forces.



Datum van de laatste herziening: 07/10/2013

Inclination functions

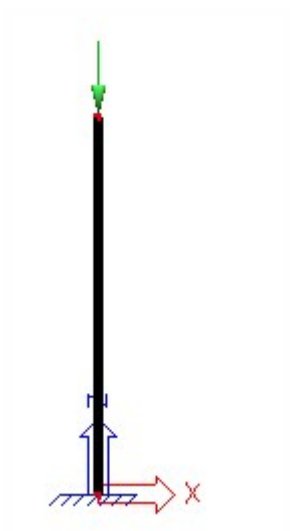


The following chapter is currently available only in English.

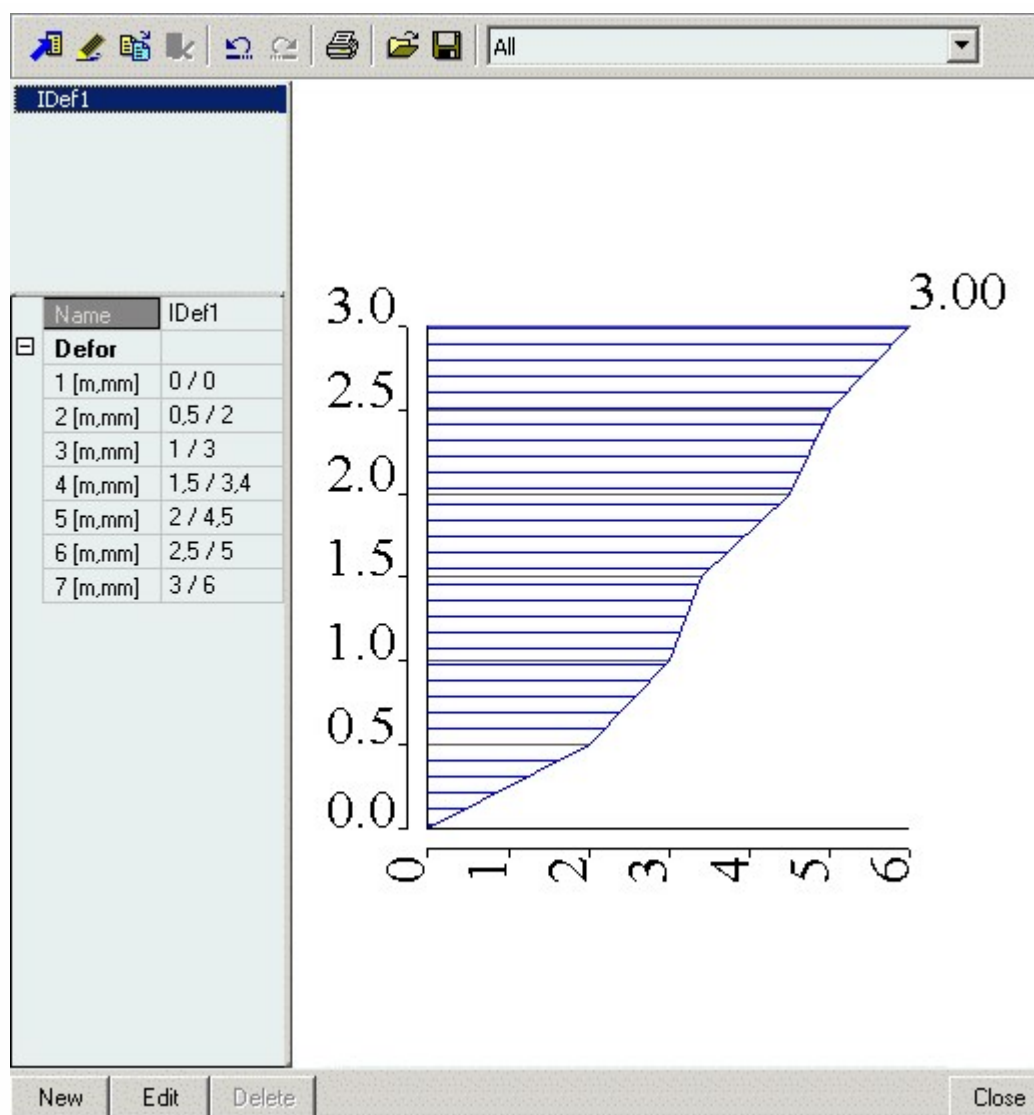
The inclination function may be considered similar to the [simple inclination](#). It is applicable for vertical structures and it defines the horizontal inclination of the structure in the direction of global axes X and Y.

The inclination function is defined by means of an inclination-to-height curve. The curve is then assigned to the appropriate non-linear combination.

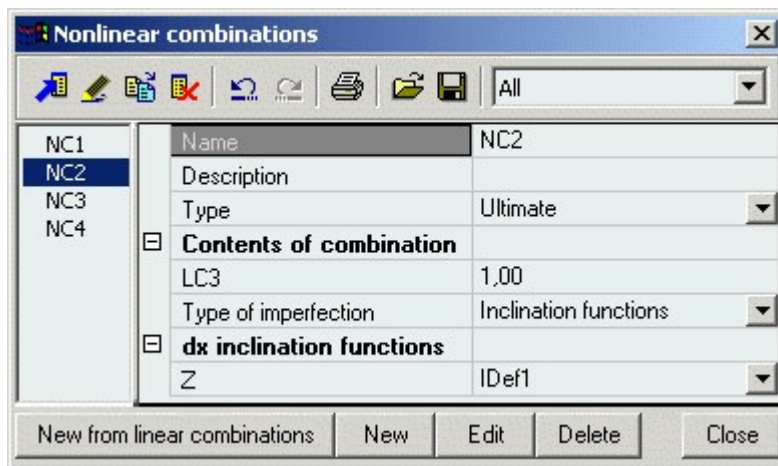
Let's assume a single vertical column fixed at its foot. The column is subject to a vertical force.



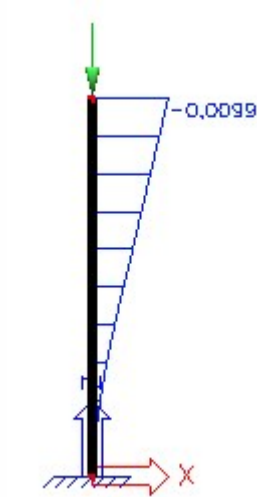
Let's define an inclination curve in the **Initial deformations manager**.



Let's create a non-linear combination, adjust type of imperfection to **Inclination** function and select the previously defined curve.

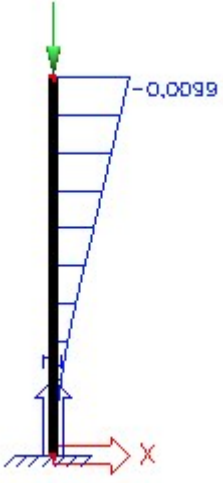
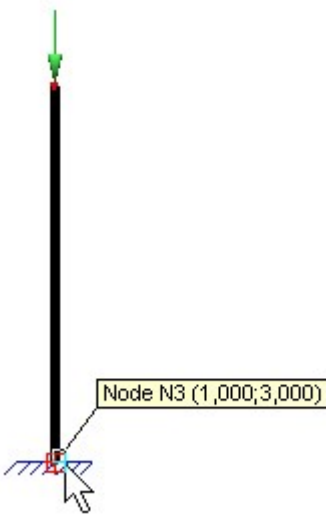


The calculated horizontal displacement of the column will be affected by the imperfection.



It must be emphasised here that the inclination function is defined in absolute co-ordinates, i.e. in co-ordinates of the global co-ordinate system. Therefore, in order to successfully introduce an inclination defined by an initial deformation curve, the user must ensure that the curve is defined at the level corresponding to global Z co-ordinates of the structure – see the table below.

The curve of Initial deformation is defined as above.	The curve is defined for the interval <0 – 3.0> (measured along the global Z axis).
Variant A The column foot is in the origin of the global co-ordinate system, i.e. its vertical co-ordinate is equal to 0.0 (zero).	The result is affected by the inclination curve.

	
Variant B The column foot is in the point whose global vertical co-ordinate is equal to 3.0.	The result is NOT affected by the inclination curve as the curve definition ends just at the foot of the column and therefore the column is not subject to any inclination. 

Datum van de laatste herziening: 07/10/2013

Inclination function and curvature of beams



The following chapter is currently available only in English.

The principle here is analogous to a [simple inclination combined with a beam curvature](#). The only difference is that instead of a simple inclination expressed by a single number, the user can define a [nonlinear inclination curve](#).

Datum van de laatste herziening: 07/10/2013

Deformation from load case



The following chapter is currently available only in English.

Quite often it may happen that some of the loads are acting on a structure before any other load is imposed. In addition, it is possible that this initial load leads to significant imperfections that may considerably affect the static behaviour of the structure.

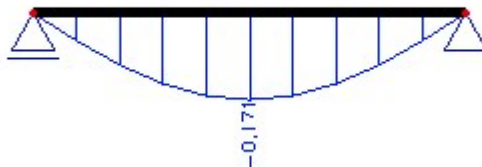
A typical example is a rope structure, i.e. a structure whose parts are suspended on ropes or cables. Just the self-weight may cause a significant deflection of these ropes or cables. Also slender steel beams are a good example.

Example

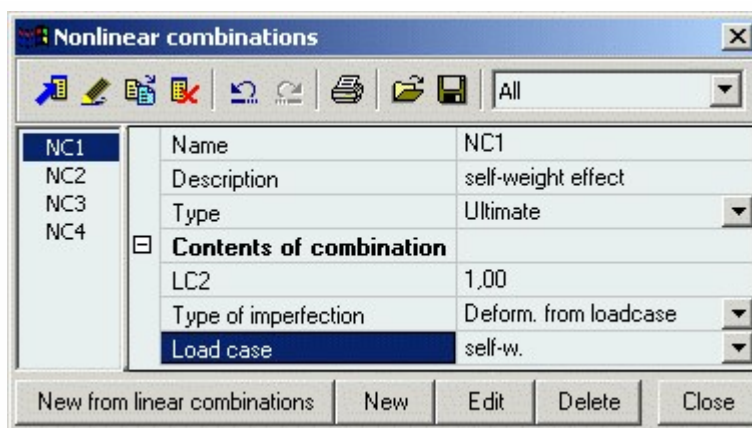
Let's consider a simply supported beam subject to two horizontal forces that compress the beam.



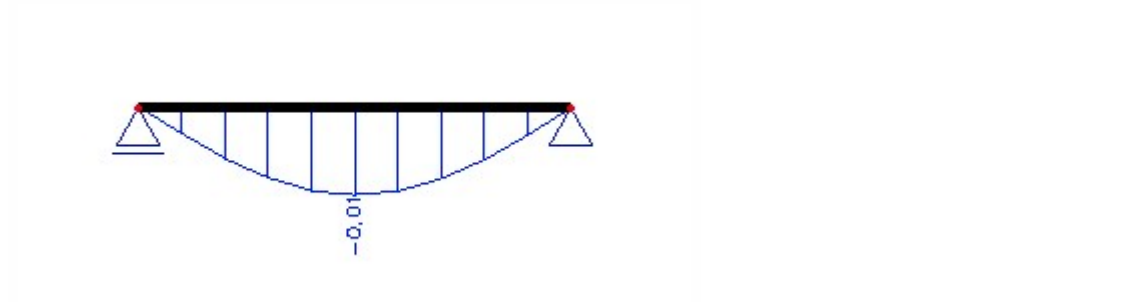
Let's assume that the beam is slender and that just the weight of the material would cause a significant deflection. The first calculation is therefore made for "self-weight load case" only. Its results are shown below.



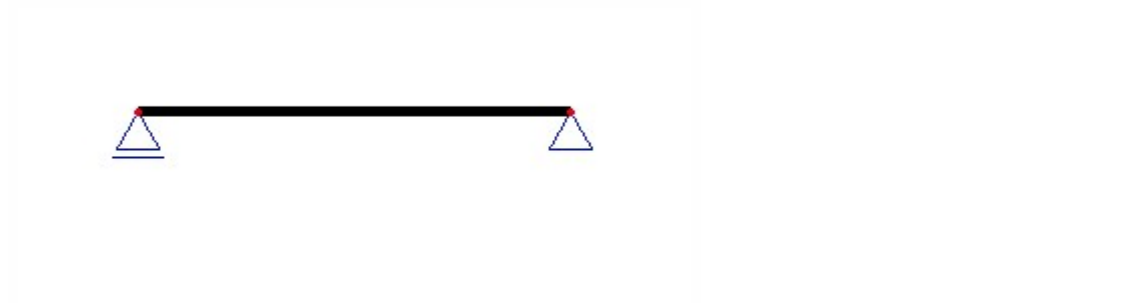
The obtained result (for the self-weight) can be then selected in the **Non-linear combination manager** as the source of the initial imperfection.



The final non-linear calculation then gives results taking account of the pre-deformation.



If the initial imperfection had not been taken into account at all in our sample structure, the results would have been completely different. The beam, ideally straight and subject to axial load only, would show no deformation perpendicular to the longitudinal axis.



Usually (but not exclusively), a static linear calculation is sufficient enough for the determination of the initial imperfection due to a specific load case. Subsequent calculation whose aim is to take account of the initial imperfection, however, must already be a non-linear one.



The calculated and displayed deformation is ALWAYS measured from the imperfect model, i.e. it does not represent the total deformation from the ideal shape, but the overall deformation from the imperfect shape.

Datum van de laatste herziening: 07/10/2013

Dynamische eigenfrequentie berekening

Als toevoeging aan [algemene parameters](#) die de berekening controleren, stelt de dynamische berekening de gebruiker in staat om toegevoegde opties te definiëren.

Aantal eigen waarden	Hier kan de gebruiker specificeren hoeveel eigen frequenties zouden moeten worden berekend.
-----------------------------	---

Berekening voor geselecteerde massa combinaties

Wanneer de [algemene optie](#) **Geavanceerde oplosser optie** AAN is, kan de gebruiker specificeren welke massa combinaties zullen worden berekend. Ander worden alle niet-berekenden altijd berekend.



Opmerking: De dynamische berekening kan alleen voor massa combinaties worden uitgevoerd.

Dynamisch versterkte harmonische vibratie

De principes van hoe Scia Engineer omgaat met een constructie onderworpen aan een harmonische belasting wordt gegeven in de hoofdstukken:

- [Belastingen > Belastingstypen > Dynamische belastingen > Harmonische belasting](#)
- [Belastingen > Belastingsgevallen > Dynamische belastingsgevallen > Het harmonische belastingsgeval definiëren](#)
- [Resultaten > De resultaten voor harmonische belasting evalueren](#)

En het hart van de dynamische berekeningen wordt neergelegd in:

- [Belastingen > Belastingsgevallen > Dynamische belastingsgevallen > Dynamische belastingsgevallen](#)
- [Belastingen > Belastingsgevallen > Dynamische belastingsgevallen > Een nieuwe dynamisch belastingsgeval definiëren](#)

Harmonische bandbreedteanalyse

Harmonische bandbreedteanalyse = Harmonische analyse uitgevoerd als meervoudige analyse op een reeks frequenties.

Omschrijving

Deze berekening biedt een nieuwe manier voor het omgaan met berekeningen in harmonische analyses. Er worden meerdere analyses uitgevoerd op een bereik van frequenties. Harmonische analyse is mogelijk voor een frequentiebereik dat door de gebruiker wordt ingesteld. In de standaard harmonische analyse zijn de krachten en frequentie gedefinieerd. Bij dit type analyse (de harmonische bandbreedteanalyse) varieert de frequentie van de harmonische kracht over een bepaald bereik en wordt de harmonische analyse uitgevoerd voor meerdere waarden in het desbetreffende bereik.

Om te beantwoorden aan de behoeften van dit berekeningstype is een nieuw type belastinggeval (harmonische bandbreedteanalyse) geïntroduceerd in Scia Engineer. De eigenschappen van dit belastinggeval lijken erg op die van het standaard harmonische belastinggeval. In plaats van de frequentie zijn er echter 5 nieuwe parameters: A , $n1$, $n2$, C en N (zie verderop voor een beschrijving). De invoer van belastingen is hetzelfde als bij standaard harmonische belastinggevallen.

Scia Engineer genereert een set van extra belastinggevallen:

1. één set F-hoofdfrequenties (aantal $n = n2 - n1 + 1$) en
2. n sets secundaire frequenties (elk met $2N$ onderdelen).

De secundaire belastinggevallen zijn de standaard harmonische belastinggevallen van Scia Engineer en hebben standaardresultaten.

De resultaten van de hoofdbelastinggevallen worden met de standaardafwijkmingsmethode (RMS) berekend op basis van de overeenkomstige set secundaire belastinggevallen.

Scia Engineer genereert de volgende resultaatklassen:

1. één met alle hoofdbelastinggevallen en
2. n met de sets secundaire belastinggevallen.

Uitvoer van resultaten

Alfanumerieke uitvoer

Alle resultaten van de hoofd- en secundaire belastinggevallen worden weergegeven op de standaardmanier van Scia Engineer: in resultaat tabellen op basis van de gegenereerde resultaatklassen.

Grafische uitvoer

De resultaten van de hoofdfrequenties of de resultaten van de banden rond de hoofdfrequentie kunnen ook grafisch worden weergegeven in de vorm van een diagram. Hiervoor is een nieuw gereedschap geïntegreerd in Scia Engineer.

Herlezen (vernieuwen) na wijziging van de constructie en andere invoerwaarden

Wanneer u parameter $n1$, $n2$ of N wijzigt, worden alle gegenereerde belastinggevallen en resultaatklassen verwijderd, en zijn alle documentonderdelen met bandanalyse-belastinggevallen niet meer geldig. Als andere projectgegevens worden gewijzigd, blijven alle gegenereerde onderdelen aanwezig in het project en wordt de inhoud ervan bijgewerkt na de volgende berekening.

(Beknopte) theoretische achtergrond

De gebruiker definieert de constanten A , $n1$, $n2$, C en N .

De standaardwaarden zijn: $A = 2$, $n1 = 6$, $n2 = 30$, $C = 3$, $N = 10$.

Op basis van deze gegevens wordt een geometrische reeks gegenereerd met behulp van de volgende formule:

$$F_i = A^{n/C}$$

waarbij n varieert van $n1$ tot $n2$ in stappen van 1.

Het resultaat is een reeks zogeheten F-hoofdfrequenties. De standaardset is: 4,00; 5,04; 6,35; 8,00; 10,08; enz. Rond elk van deze waarden wordt een interval $F_i - F_i$ gedefinieerd:

$$\begin{aligned} F_{i-} &= A^{(n-1/2)/C} \\ F_{i+} &= A^{(n+1/2)/C} \end{aligned}$$

Het interval $[F_i - F_i]$ wordt nu in N stappen verdeeld om de secundaire "f"-frequenties te genereren.

Voor elke waarde van "f" wordt een harmonische analyse uitgevoerd. De verplaatsing of interne kracht in een specifieke knoop in een bepaalde richting wordt berekend, wat N resultaatwaarden oplevert. Hetzelfde vindt plaats voor het interval $[F_i - F_i]$. Op basis van deze $2N$ -waarden wordt één waarde berekend met de standaardafwijkmingsmethode (RMS), waarna deze wordt toegewezen aan de F-hoofdfrequentie.

Combinatie met andere belastinggevallen

De resultaten van deze analyse kunnen niet worden gecombineerd met andere statische en dynamische analyses.

Invoer van het belastinggeval voor de harmonische bandbreedteanalyse

De invoer van het belastinggeval voor de harmonische bandbreedteanalyse stelt soortgelijke voorwaarden als andere dynamische belastinggevallen.

Procedure voor het definiëren van een nieuw belastinggeval voor de harmonische bandbreedteanalyse

1. Selecteer **Dynamica** en **Harmonische bandbreedteanalyse** op het tabblad **Functionaliteit** van het dialoogvenster **Projectinstellingen**.
2. Definieer ten minste één **Massagroep** en ten minste één **Combinatie van massagroepen** in de tak **Dynamica** van de menuboom.
3. Vervolgens kunt u de [Belastinggevalmanager](#) openen en [een nieuw belastinggeval invoeren](#) voor de harmonische bandbreedteanalyse.
4. Selecteer de volgende opties en definieer de overeenkomstige parameters:
 - a. **Actiotype = variabel**
 - b. **Lastgroep = afhankelijk van uw project**
 - c. **Belastingtype = dynamisch**
 - d. **Omschrijving = Harmonische bandbreedteanalyse**
 - e. **Parameters = afhankelijk van uw project**
 - f. **'Master'-belastinggeval = geen, of afhankelijk van uw project**
 - g. **Massacombinatie = afhankelijk van uw project**
5. Wanneer u klaar bent, sluit u de Belastinggevalmanager.



Opmerking: voordat de berekening is uitgevoerd, geeft de Belastinggevalmanager alleen deze invoerbelastinggevallen weer. Alle automatisch gegenereerde belastinggevallen die zijn gegenereerd volgens de hierboven gegeven omschrijving, worden pas aan de Belastinggevalmanager toegevoegd nadat de berekening is uitgevoerd.

Voorbeeld

De lijst van belastinggevallen kan er als volgt uitzien nadat u de harmonische bandbreedteanalyse heeft uitgevoerd:

BA1-4 - 1.20
BA1-3 - 1.22
BA1-2 - 1.23
BA1-1 - 1.25
BA1-F1 - 1.26
BA1+1 - 1.28
BA1+2 - 1.29
BA1+3 - 1.31
BA1+4 - 1.32

Deze afbeelding bevat een deel van de lijst van belastinggevallen. Er is één hoofdfrequentie (BA1-F1) en er zijn acht secundaire frequenties (BA1-4, BA1-3, BA1-2, BA1-1, BA1+1, BA1+2, BA1+3 en BA1+4).

De harmonische bandbreedteanalyse uitvoeren

Als u de harmonische bandbreedteanalyse wilt starten, moet u de statische lineaire berekening uitvoeren.



Opmerking: net als bij andere dynamische berekeningen moet u opletten met de grootte van de eindige elementen. Dit is ook het geval bij eenvoudige constructies met slechts enkele staven. De analyse vereist mogelijk een bepaald aantal eindige elementen voor de berekening van het totale aantal vereiste banden.

De resultaten van de harmonische bandbreedteanalyse weergeven

Er is een speciale weergavemodus voor de resultaten van de harmonische bandbreedteanalyse. Deze modus is beschikbaar bij de volgende functies van de service **Resultaten**:

- Staven > Interne krachten,
- 2D-elementen > Knoopvervormingen,
- 2D-elementen > Interne krachten.

In deze modus verschijnt een nieuw onderdeel (parameter) in het eigenschappenvenster. Dit onderdeel heeft de naam **Tekstuitvoer**. U kunt kiezen uit twee opties: (i) **Tekst** of (ii) **Grafiek**.

Als u de optie **Tekst** selecteert, worden de resultaten op de normale manier weergegeven, d.w.z. met het diagram in het grafische venster en de alfanumerische tabel in het voorbeeldvenster.

Als u de optie **Grafiek** selecteert, wordt een speciaal diagram in het voorbeeldvenster getekend. Voor deze optie wordt een extra onderdeel toegevoegd aan het eigenschappenvenster: **Selectiegereedschap**. Met dit gereedschap, dat u activeert door op de knop met drie puntjes [...] te klikken, kunt u de staven of platen en knopen selecteren waarvoor het diagram moet worden weergegeven.

Dit laatste wordt gedemonstreerd met een paar voorbeelden.

Voorbeeld 1 - Instellingen voor grafisch resultaat bij hoofdfrequenties op een bepaalde netknoop:

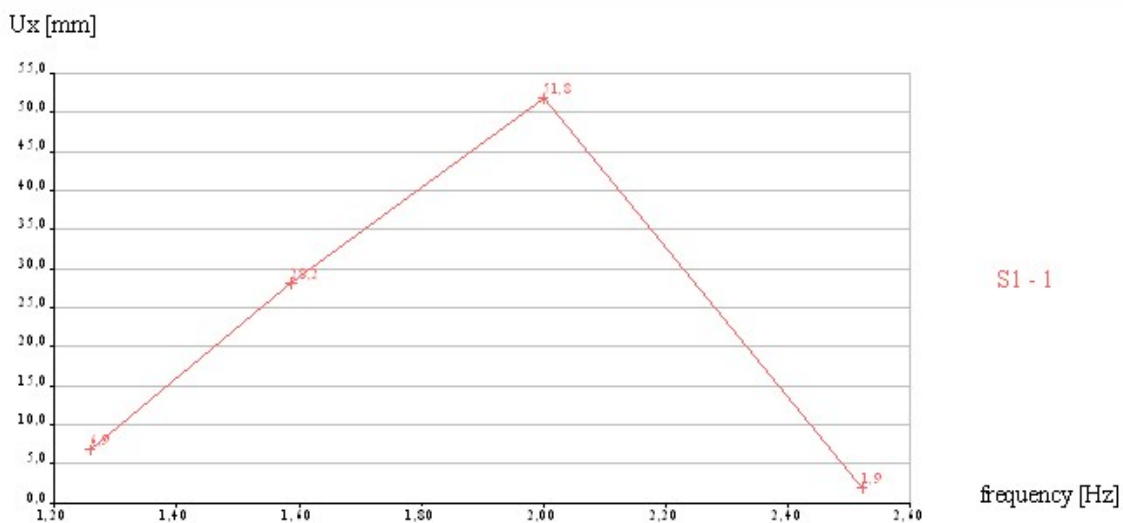
Functie: Knoopvervormingen

Lasttypen: Klasse

Klasse: Hoofd

Tekstuitvoer: Grafiek

Selectiegereedschap: S1, knoopnr. 1.



Voorbeeld 2 - Instellingen voor grafisch resultaat bij hoofdfrequenties op een bepaalde netknoop:

Functie: Knoopvervormingen

Lasttypen: Klasse

Klasse: Sec3

Tekstuitvoer: Grafiek

Selectiegereedschap: S1, knooppnr. 1.

Let op: voor een band wordt naast de vervormingskromme ook de standaardafwijking (RMS) getekend.



Voorbeeld 3 - Instellingen voor omhullende grafisch resultaat bij hoofdbandfrequenties wanneer alle knopen zijn geselecteerd:

Functie: Knoopvervormingen

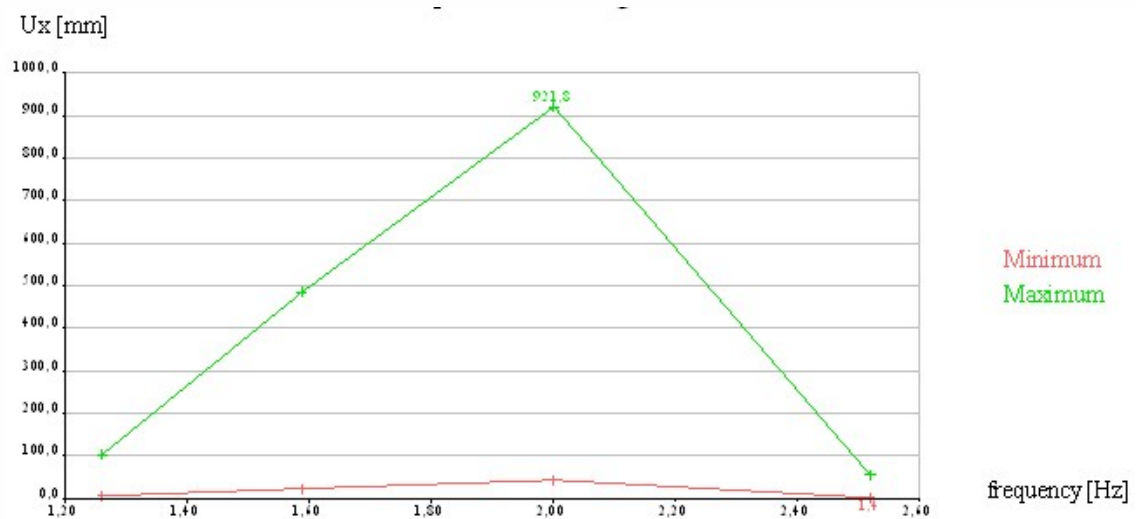
Lasttypen: Klasse

Klasse: Hoofd

Tekstuitvoer: Grafiek

Selectiegereedschap: alle staven (standaard zijn alle knopen geselecteerd)

Extremen: Globaal



Voorbeeld 4 - Instellingen voor grafisch resultaat bij hoofdbandfrequenties voor alle knopen die zijn weergegeven in hetzelfde diagram:

Functie: Knoopvervormingen

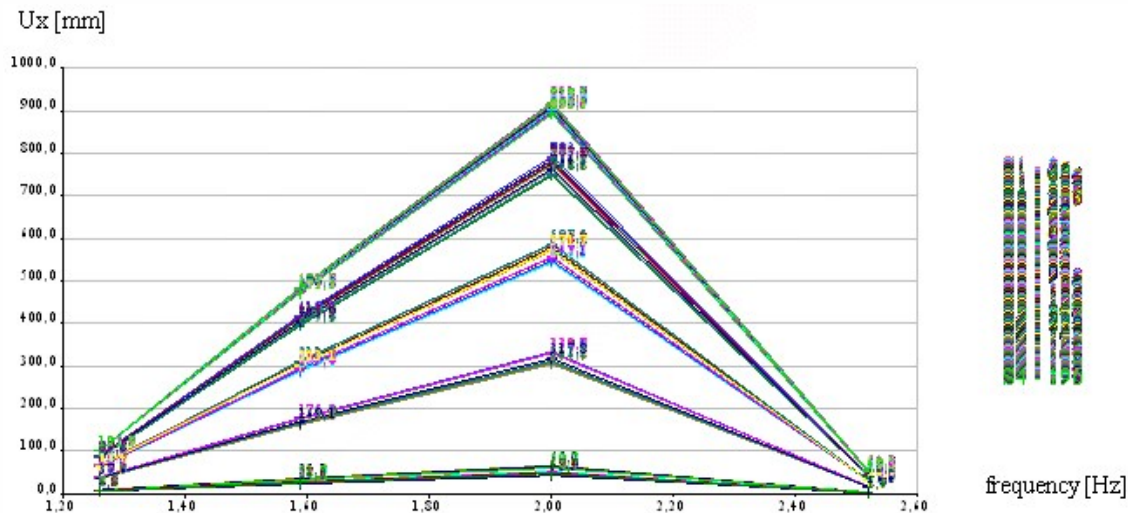
Lasttypen: Klasse

Klasse: Hoofd

Tekstuitvoer: Grafiek

Selectiegereedschap: alle staven (standaard zijn alle knopen geselecteerd)

Extremen: geen



Calculation model for dynamic analysis



The following chapter is currently available only in English.

When a static analysis is being performed, there are usually no problems with the creation of a satisfactory model of the analysed structure. BUT, in dynamic analysis we have to think about the problem a bit more. Here's why.

Statics deals with the equilibrium of the structure

The imposed load and internal forces arising due to the elastic deformation of the structure must be balanced. In dynamics, the equilibrium is also required, but now with additional forces – inertial and damping.

Inertial forces

At school, they taught us about Newton Law – force is equal to mass multiplied by acceleration. This means that if the masses of a structure move with acceleration, inertial forces act on the structure. In order to analyse dynamic behaviour of the structure, we have to complete the calculation model and add data related to masses in the structure.

Damping forces

Nature has provided us with an invaluable principle. As soon as anything starts to move, it is stopped in a while. Against the motion the resistance of environment is acting – external and internal friction. The mechanical energy is transformed into

another form, usually into the thermal one. In civil engineering practice, structures of higher damping capacity are more suitable – the higher damping capacity, the lower vibration. Steel structures have lower damping capacity than concrete or wooden ones. It is generally difficult to take damping forces into account in calculation. The user's point of view is that this task is rather simply s/he just defines a damping coefficient, e.g. logarithmic decrement. But nothing is as simple as it may seem to be. We've got just one coefficient, but its precision is rather arguable.

To conclude, dynamic calculations differ from static ones in one principle point. We do not seek only the equilibrium between imposed load and internal forces, but we also introduce inertial and damping forces. The outcome is that we have to complete the calculation model created for a static analysis with other data:

- masses in the structure (used for determination of inertial forces)
- damping data (for calculation of damping forces)

Method of decomposition into eigemodes

Dynamic calculations in SCIA Engineer are based on method of decomposition into eigemodes (called modal analysis). The basic task is therefore the solution of free vibration problem. The calculation finds eigenfrequencies and eigenmodes.

There exist bizarre conceptions among structural engineers of what the eigenfrequency and eigenmode actually is. It is important to realise that free vibration gives us only the conception of structure properties and allows us to predict the behaviour under time varying load conditions. In nature, each body prefers to remain in a standstill. If forced to move, it prefers the way requiring minimal energy consumption. These ways of motion are called eigenmodes. The eigenmodes do not represent the actual deformation of the structure. They only show deformation that is "natural" for the structure. This is why the magnitudes of calculated displacement and internal forces are dimensionless numbers. The numbers provided are orthonormed, i.e. they have a particular relation to the masses in the structure. The absolute value of the individual numbers is not important. What matter is their mutual proportion.

Let's assume that there is an engine mounted on a structure. The engine is equipped with a eccentrically connected parts revolving with frequency of 8 Hz. We determine that eigenfrequency of the structure is 7.7 Hz. This information means that it is natural for the structure to vibrate close to 8 Hz and that the applied load is too dangerous. The eigenmode corresponding to frequency 7.7 Hz can inform us only about the mode of the vibration. In other words, it can show us where the displacement due to vibration will be largest and where minimal. It suggests nothing about the real size of displacement or internal forces. These pieces of information can only be obtained from the calculation of the structure subjected to a particular load.

In order to consider the effect of inertial forces, we have to add masses to the calculation model. We can choose from concentrated masses in nodes or concentrated point and linear masses on beams.

In SCIA Engineer a concept of consistent mass matrix has been applied. This concept means that not only diagonal elements of mass matrix are considered in the calculation. Consequently, this solution is more precise than for matrix called lumped mass matrix. This advantage is significant e.g. when rigid arms are used in the model.

Self-weight of the structure due to cross-sections and material is not input. It is taken into account automatically. We only input masses attached to the structure, masses that will move with the structure when it moves. So be careful with suspended loads hanging on longer suspensions. Problems may arise with imposed load on floors, charges of tanks and other masses that may or may not be present. A safe side does not exist, which was already stated earlier. A very useful option in SCIA Engineer is the generation of masses from defined static load.

Masses on the structure may be sorted into several groups that can be combined in mass combinations in a way similar to standard load cases. For simple structures where all the masses are in a single group, this approach may be a small complication. On the other hand, it will be considerably advantageous for more complex structures. Masses in individual groups may be defined in nodes or on beams. The latter may be either concentrated or distributed.

The next step in the specification of mass distribution across the structure is the definition of mass groups. The combination then defines the masses in the dynamic calculation model. The combinations are input the same way as static load case combinations. We select appropriate mass groups and specify their coefficient. Why is this needed?

Let's consider an example of a structure supporting a large liquid tank. The amount of liquid in the tank will range between two limits: from an empty tank to a full tank. The dynamic behaviour of the structure will be different for the two limit states. If we need to perform a seismic analysis, we do not know when the earthquake happens. It is therefore suitable to evaluate both limit states, but also an intermediate one with the tank e.g. half full. It would mean three separate calculations. In SCIA Engineer however, we just need to define three mass combinations and run one calculation. We include all the masses corresponding to a full tank into one mass group. Then we define three combinations. The first one will contain the mentioned group with coefficient equal to 1.0. The second one will contain the mentioned group with coefficient equal to 0.5. And the third combination will not contain the group at all.

Other examples:

- Bridge – dynamic analysis of an "empty" bridge and bridge loaded with a vehicle or train (even though the mass of larger bridges is significantly bigger than the mass of vehicles),
- Building frame – response to vibration for various distribution of floor variable load.

The calculation of eigenmodes is usually carried out together with a static calculation. Each of the eigenmodes refers to a particular calculation model that is defined by means of a combination of mass groups and a corresponding model for static analysis.

The calculation of eigenmodes and eigenfrequencies is made on the finite element model of the structure. The structure is discretised, which means that instead of a general structure with an infinite number of degrees of freedom, a calculation model with a finite number of degrees of freedom is analysed. The number of degrees of freedom can be normally determined by a simple multiplication: number of nodes is multiplied by the number of possible displacements in the node (translation, rotation). It is important to know that the accuracy of the model is in proportion to the "precision of discretisation", i.e. to the number of elements of the finite element mesh. This refinement has almost no practical reason in static calculations. However, for dynamic and non-linear analyses, it significantly affects the accuracy of results (but also the calculation's time consumption).

The user must decide what number of eigenfrequencies should be calculated. The frequencies are always calculated from the lowest one. Generally, the number of frequencies that can be calculated for a discretised model is equal to the number of degrees of freedom. Due to the applied method, this is not always true in SCIA Engineer. Another problem is that the higher the frequency is, the less accuracy is achieved. Therefore, it is sensible to calculate only a few lowest frequencies. Usually, it is good enough to select the number frequencies as 1/20 to 1/10 of the number of degrees of freedom. On the other hand, it is not practical to select too high number of frequencies because it prolongs the calculation non-proportionally. Once again, no precise and strict limit can be established, but it can be said that 20 frequencies are usually sufficient even for excessive projects.

See also chapter [Natural vibration analysis versus mesh size](#).

In eigenfrequency problem, the following equation system is solved:

$$\mathbf{M} \cdot \ddot{\mathbf{r}} + \mathbf{K} \cdot \mathbf{r} = \mathbf{0}$$

where:

$\mathbf{r}$ is the vector of translations and rotations in nodes,

$\ddot{\mathbf{r}}$ is the vector of corresponding accelerations,

$\mathbf{K}$ is the stiffness matrix assembled already for static calculation,

$\mathbf{M}$ is the mass matrix assembled during the dynamic calculation.

The solution itself is carried out by means of subspace iteration method.

Dynamische seismische berekening

De principes van hoe Scia Engineer omgaat met een constructie onderworpen aan een harmonische belasting wordt gegeven in de hoofdstukken:

- [Belastingen > Belastingtypes > Dynamische Belastingen > Seismische belasting](#)
- [Belastingen > Belastingsgevallen > Dynamische belastingsgevallen > Het seismische belastingsgeval definiëren](#)

En het hart van de dynamische berekeningen wordt neergelegd in:

- [Belastingen > Belastingsgevallen > Dynamische belastingsgevallen > Dynamische belastingsgevallen](#)
- [Belastingen > Belastingsgevallen > Dynamische belastingsgevallen > Een nieuw dynamisch belastingsgeval definiëren](#)

Knikanalyse

Aanpassing van de [algemene parameters](#) kan de berekening controleren.

Berekening voor de geselecteerde stabiliteit combinaties

Wanneer de [algemene optie](#) **Geavanceerde oplosser optie AAN** is, kan de gebruiker specificeren welke stabiliteit combinaties zullen worden berekend. Ander worden alle niet-berekenden altijd berekend.



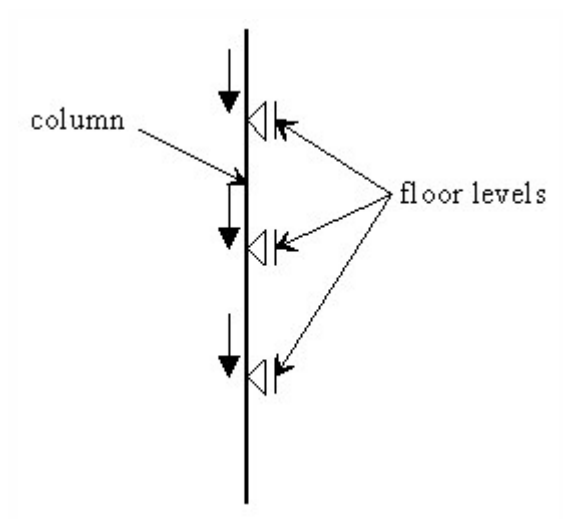
Opmerking: De knikberekening kan alleen worden uitgevoerd voor stabiliteit combinaties.

Sample analysis - column

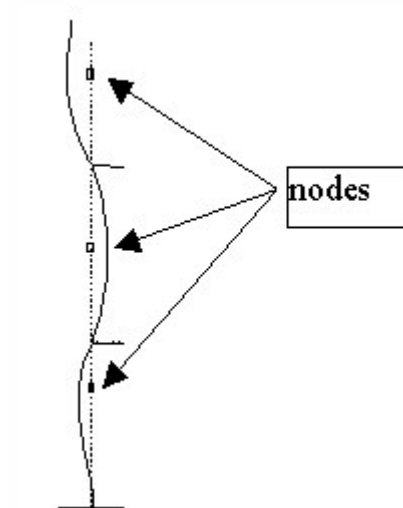


The following chapter is currently available only in English.

Similarly to dynamics, calculation of buckling depends on the finite element mesh. The effect of mesh density will be demonstrated on an analysis of a frame column that is supported in a horizontal direction by wind stiffeners at the floor levels (see figure).

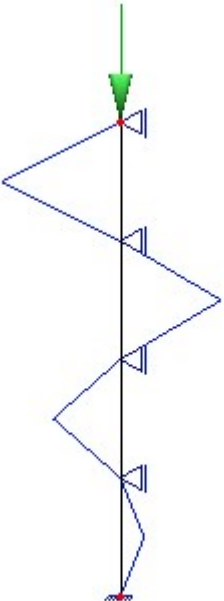
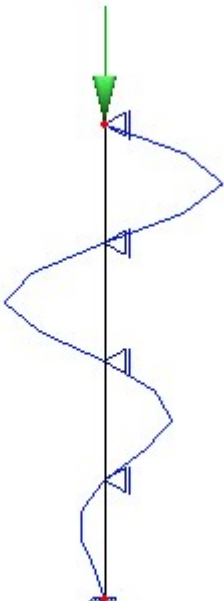


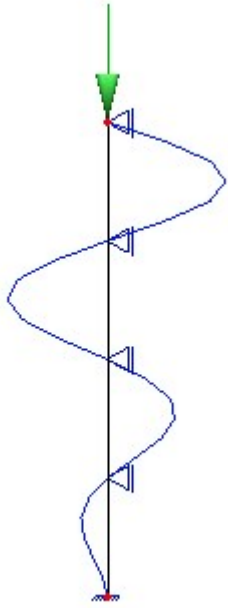
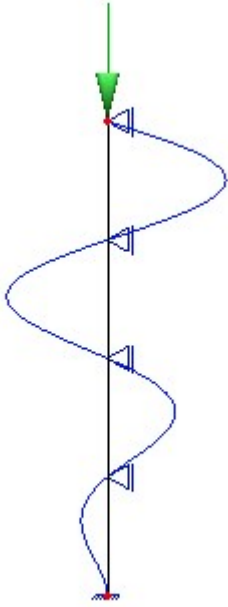
The supposed shape of buckling is in the following figure.



If the usual mesh size, i.e. one finite element per one beam, is used, the model has no degrees of freedom for horizontal translations in the middle of heights of individual floors, which prevents the buckling. Because, however, rotations in floor levels are not constrained even such a poor model would eventually buckle. But, the result would show a significant numerical error. The coarse division (one element per a floor) gives the critical multiple that is equal to 213, while a variant with nodes in the middle of the heights gives the multiple of 163. It is definitely clear that the difference is not negligible.

The following pictures demonstrate the above said facts. They also show that once an FE node is in the middle of the floor, further refinement of the mesh gives only small improvement in results.

4 finite elements per column, i.e. 1 FE per floor critical multiple = 213	 The diagram shows a vertical column fixed at the bottom and free at the top. A green arrow points downwards from the top, representing a load. The column is divided into four segments by three horizontal lines. The buckling mode shape is shown as a blue line that oscillates between the vertical axis. The shape has three inflection points, one in each segment, and the maximum deflection occurs at the top of the column.
8 finite elements per column, i.e. 2 FEs per floor critical multiple = 163	 The diagram shows a vertical column fixed at the bottom and free at the top. A green arrow points downwards from the top, representing a load. The column is divided into eight segments by seven horizontal lines. The buckling mode shape is shown as a blue line that oscillates between the vertical axis. The shape has seven inflection points, one in each segment, and the maximum deflection occurs at the top of the column.

10 finite elements per column critical multiple = 161	
50 finite elements per column critical multiple = 160	

Datum van de laatste herziening: 15/02/2006

Niet-lineaire stabiliteitsberekening

Niet-lineaire stabiliteit wordt in zijn eerste fase berekend als een normale niet-lineaire berekening door gebruik te maken van de N-R methode. De belasting wordt verhoogd in stappen, maar de verhoging stopt niet bij de belastingintensiteit gedefinieerd door de niet-lineaire combinatie en gaat verder tot de singulariteit is bereikt. Dan gaat de oplossing terug naar de laatste regelmatige toestand en de kritische belastingintensiteit wordt gevonden op basis van deze toestand door middel van eigen waarden, d.w.z. een verfijnde oplossing wordt gezocht in het interval tussen de laatste regelmatige en de singuliere toestand. De nauwkeurigheid van de oplossing wordt daarom bepaald door het aantal belastingverhogingen. De

belastingintensiteit gedefinieerd in de niet-lineaire combinatie heeft twee betekenissen. Allereerst, wanneer gedeeld door het aantal verhogingen, specificeert de intensiteit de omvang van de belastingverhoging, en ten tweede wordt de berekende coëfficiënt van de kritische belasting er alleen aan gerelateerd.

Niet-gelijkmatige damping

Dit type berekening is een dynamische berekening waarin niet-gelijkmatige damping op staven en steunpunten is opgenomen.

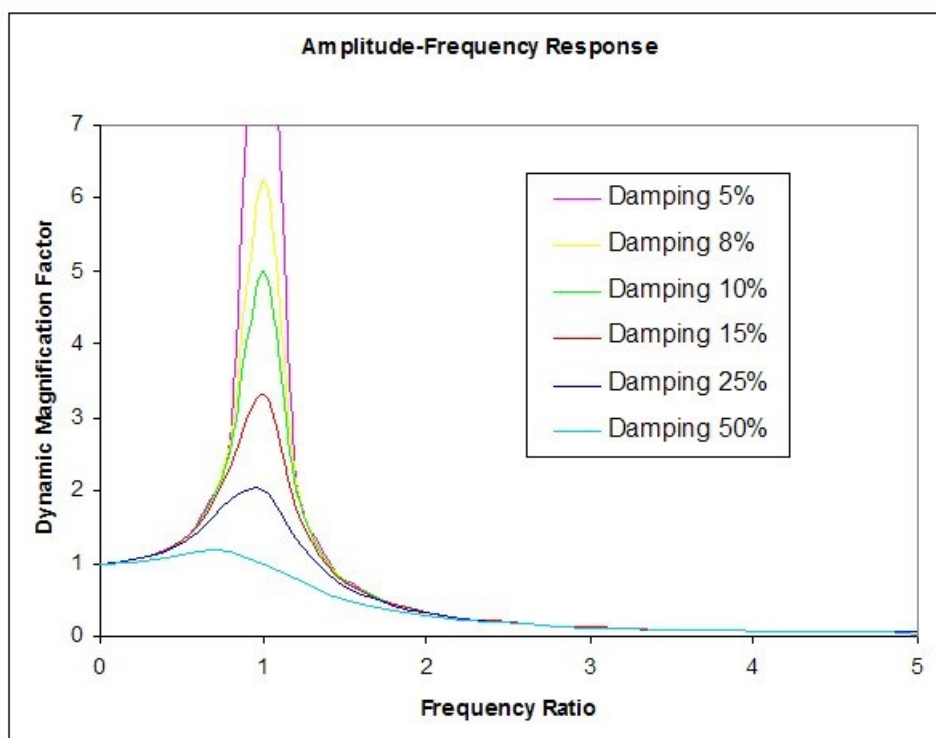
Het is mogelijk om een dempingswaarde in te voeren voor elke 1D-staaf en elk 2D-element. Dit kan (i) relatieve damping, (ii) logaritmisches vermindering of (iii) Rayleigh-damping zijn. Bovendien kan een demper worden ingevoerd in richting X, Y, Z van een flexibel knoopsteunpunt.

Als een dynamische berekening (seismisch + harmonisch) wordt uitgevoerd en "Dampinggroep" is gedefinieerd voor het belastinggeval, houdt Scia Engineer rekening met de niet-gelijkmatige damping van de staven en steunpunten. De modale relatieve damping voor elke richting (d.w.z. het dempingspercentage voor elke modus en elke richting) wordt automatisch berekend voor elk belastinggeval.

Aan alle 1D-staven en 2D-elementen moet een dempingswaarde zijn toegekend voordat de berekening wordt gestart. Anders wordt de standaardwaarde gebruikt. De invoer van damping in steunpunten is alleen mogelijk in de GCS-richtingen.

Achtergrondinformatie

Het effect van damping is aanzienlijk in de buurt van resonantie. Het verschijnsel resonantie doet zich voor wanneer de frequentie van de trillingsbron (=stuurfrequentie) overeenkomt met de eigenfrequentie van het systeem. In dit geval worden grote vervormingen verwacht, die schade aan de constructie kunnen veroorzaken. Damping van het systeem is een oplossing om dit te voorkomen.



Het beroemdste voorbeeld van resonantie was het instorten van de Tacoma Narrows Bridge in de staat Washington in 1940. Vanwege de hoge windsnelheden begon deze brug eerst draaiend te trillen. Vervolgens verkregen de trillingen de natuurlijke resonantiefrequentie van de brug, waardoor de amplitude toenam.

De Erasmusbrug in Rotterdam werd ook gevaarlijk vanwege resonantie veroorzaakt door trillingen in de kabels. Om dit in de toekomst te voorkomen, zijn hydraulische dempers aangebracht.

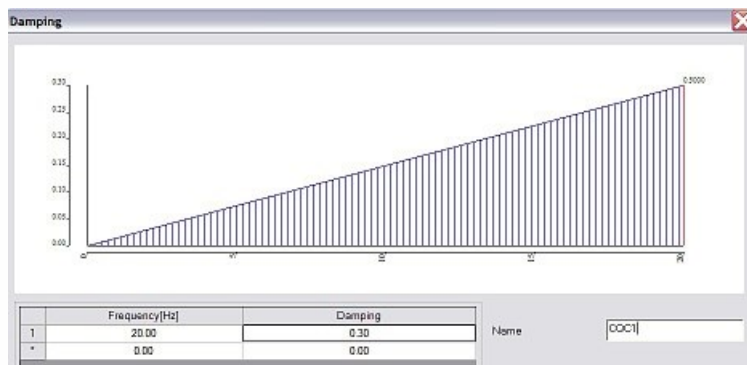
In Scia Engineer zijn andere dempingsmethoden voorhanden.

Allereerst kunt u gelijkmatige damping invoeren, die van invloed is op de hele constructie. Met de dempingswaarde wordt bijvoorbeeld rekening gehouden in de harmonische berekening door middel van de logaritmische vermindering:

$$\Lambda = \frac{2\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}$$

waarbij ξ de dempingverhouding van de constructie is.

Voor de CQC-methode in een seismische berekening is het ook mogelijk een dempingscurve te definiëren:



Ten derde wordt de functionaliteit niet-proportionele damping aangeboden in Scia Engineer.

Damping kan verschillende oorzaken hebben. Het onderdeel dat altijd aanwezig is, is structurele damping. Structurele damping wordt veroorzaakt door hysteresis in het materiaal: de omzetting van kleine hoeveelheden energie in warmte voor elke trillingscyclus, mogelijk vermeerderd door wrijving tussen interne delen.

Andere oorzaken kunnen de funderingsbedding van het gebouw en de aerodynamische damping als gevolg van de afleiding van energie door de lucht zijn. In veel gevallen wordt damping vergroot door kunstmatige dempers aan de constructie toe te voegen.

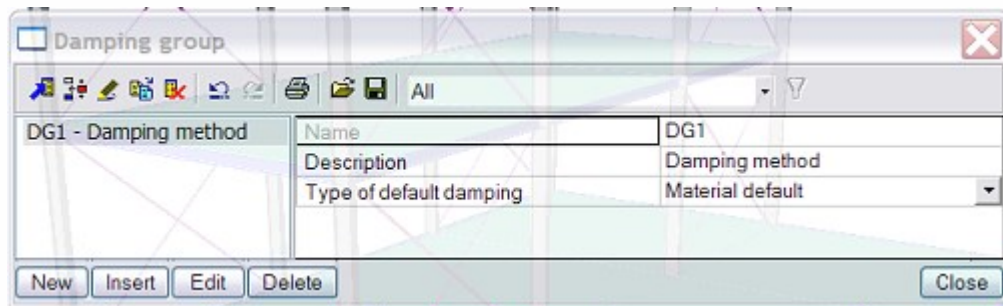
Met niet-proportionele damping kunt u handmatig dempers in het systeem invoeren en ook de invloed van de damping van het materiaal berekenen. Constructiesystemen die bestaan uit verscheidene constructie-elementen met verschillende eigenschappen kunnen veel niet-proportionele damping hebben.

Niet-proportionele damping

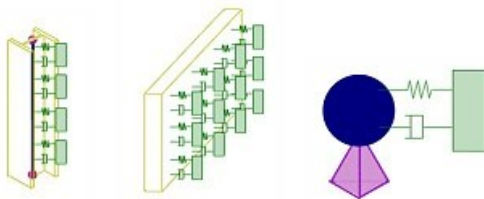
De module niet-proportionele damping biedt een oplossing om rekening te houden met de natuurlijke damping van verschillende soorten materialen in de constructie. De logaritmische vermindering van staal verschilt bijvoorbeeld van die van beton, als gevolg van een andere waarde voor de dempingsverhouding.

Bovendien kunt u handmatig dempers (door middel van dempingsverhoudingen) toekennen aan verschillende elementen van het systeem.

Als er geen dempingsverhouding wordt ingevoerd voor een element, wordt een standaardwaarde gebruikt. Er wordt rekening gehouden met een standaard materiaaldemping of een globale standaard voor demping, afhankelijk van de door u gekozen instelling.



In Scia Engineer kan demping worden gespecificeerd op 1D-staven, 2D-elementen en steunen.



De demping van elk van deze elementen (of substructuren) wordt gebruikt om een modale dempingsverhouding te berekenen voor de hele constructie voor elke eigenwaarde. In de literatuur wordt dit beschreven als samengestelde demping.

Samengestelde demping wordt gebruikt in gedeeltelijk geboude, gedeeltelijk gelaste stalen constructies, gemengde staal-betonconstructies, constructies op bedding, ...

Voor structurele systemen die bestaan uit substructuren met verschillende dempingseigenschappen kan de samengestelde dempingsmatrix C worden verkregen door een juiste superpositie van dempingsmatrices C_i voor de afzonderlijke substructuren:

$$C = \sum_{i=1}^N C_i$$

Waarbij:

C_i = de dempingsmatrix voor de i -de substructuur in het globale coördinatenstelsel.

N = het aantal substructuren dat wordt samengesteld.

Er kunnen verschillende manieren van beschrijven van demping worden toegepast:

Rayleigh demping

In deze methode wordt de dempingsmatrix gevormd door een lineaire combinatie van de massa en de stijfheidsmatrices

$$C_i = \alpha_i \cdot M_i + \beta_i \cdot K_i$$

Stijfheidgewogen damping

Voor constructies die bestaan uit grote componenten met verschillende dampingeigenschappen kunnen de samengestelde modale dampingswaarden worden berekend met de elastische energie van de constructie:

$$\xi_j = \frac{\sum_{i=1}^N \xi_i \cdot E_i}{E}$$

Steunpuntsdamping

Naast de damping van 1D-staven en 2D-elementen kunt u bij Scia Engineer ook een demper invoeren op een flexibel knooppunt. De modale dampingsverhouding ξ_j wordt berekend met de volgende formule:

$$\xi_j = \text{Alpha} \cdot \frac{\Phi_{s,j}^T \cdot \left[\sum_s C_s \right] \cdot \Phi_{s,j}}{4 \cdot \omega_j}$$

Demperinstelling

Via de demperinstelling kunt u algemene standaardinstellingen invoeren.

Basiswaarde - logaritisch decrement	De standaardwaarde van het logaritische decrement.
Alpha factor voor ondersteuning	De factor voor ondersteuning. Moet >0 zijn. De standaardwaarde is 1.
Maximale modale damping	Wordt gebruikt om de berekende damping te beperken. De standaardwaarde is 30%.

Een nieuwe dampinggroep definiëren

Procedure voor het definiëren van een nieuwe dampinggroep

1. Selecteer de opties **Dynamica** en **Niet-proportionele damping** op het tabblad **Functionaliteit** van het dialoogvenster **Projectinstellingen**.
2. Open de service **Dynamica**.
3. Activeer de functie **Dampinggroep**.
4. De **Dampinggroepmanager** wordt geopend.
5. Klik op de knop **[Nieuw]**.

6. Een nieuwe dempinggroep wordt toegevoegd aan de lijst van gedefinieerde groepen.
7. Indien nodig wijzigt u de naam en/of andere parameters voor de groepen.

Parameters voor dempinggroepen

Naam	Specificeert de naam van de groep.
Omschrijving	Biedt een korte omschrijving van de groep.
Type Standaard Demping	Globale standaard De standaardwaarden worden overgenomen uit Demperinstelling. Materiaal standaard De standaardwaarden worden overgenomen uit de materiaaleigenschappen.

Een nieuwe demper definiëren

Een demper kan worden gedefinieerd in een steunpunt, op een staafelement of op een plaat.

Procedure voor het definiëren van een nieuwe demper

1. Open de service **Dynamica**.
2. Activeer de functie **Dempers**.
3. Als nog geen demping is gedefinieerd, wordt de **Dempinggroepmanager** geopend. Definieer ten minste één dempinggroep.
4. De tak **Dempers** wordt geopend op de menubalk.
5. Selecteer en activeer de functie voor het gewenste dempertype:
 - a. **1D-demping**,
 - b. **2D-demping**,
 - c. **Knoopdemping**.
6. Vul de parameters in.
7. Selecteer het staafelement/de plaat/het steunpunt waar de demper moet worden geïnstalleerd.
8. Beëindig de functie.

1D-demping

Naam	Specificeert de naam van de demper.
Type	Selecteer het type dempingparameter. Logaritmisch decrement Relatieve demping Rayleigh-demping
Waarde	Specificeert de waarde van de parameter die u in het vorige onderdeel heeft geselecteerd.
Alpha / Beta	Opmerking: voor Rayleigh-demping moeten twee parameters worden gedefinieerd. Voor de overige twee typen hoeft maar één waarde te worden gedefinieerd.

2D-damping

Naam	Specificeert de naam van de demper.
Type	Selecteer het type dampingparameter. Logaritmisch decrement Relatieve damping Rayleigh-damping
Waarde	Specificeert de waarde van de parameter die u in het vorige onderdeel heeft geselecteerd.
Alpha / Beta	Opmerking: voor Rayleigh-damping moeten twee parameters worden gedefinieerd. Voor de overige twee typen hoeft maar één waarde te worden gedefinieerd.

Knoopdamping

Naam	Specificeert de naam van de demper.
Damping X	Definieert de damping in individuele richtingen van het globale coördinatensysteem.
Damping Y	
Damping Z	

De berekening uitvoeren

De berekening parameters aanpassen

De procedure voor het aanpassen van berekening parameters

1. Open het dialoogschermb **Solver instellingen**
 - a. gebruik de menufunctie **Instellingen > Solver**,
 - b. of gebruik de menuboom functie **Berekening > Solver instellingen**.
2. Het **dialoogschermbInstellingen** wordt geopend op het scherm.
3. Pas de [parameters](#) aan.
4. Bevestig met de **[OK]** knop.



Opmerking: De aanpassing van deze parameters kan de lay-out van het berekening dialoogschermb beïnvloeden, die op het scherm opent wanneer een berekening wordt gestart.

De berekening uitvoeren

De procedure voor het uitvoeren van de berekening

1. Roep de functie **Berekening** op:
 - a. door gebruik te maken van de menufunctie **Boom > Berekening, Net > Berekening**,
 - b. of door gebruik te maken van de menufunctie **Berekening, Net > Berekening**.
2. Het Dialoogschermb berekening instellingen opent op het scherm (zie hieronder).
3. Pas de parameters voor de berekening aan.
4. Bevestig met **[OK]**.
5. De berekening wordt gestart en het [Dialoogschermb](#) solver rapport wordt geopend op het scherm (voor kleine modellen kan het dialoogschermb alleen kort verschijnen).
6. Wanneer de berekening is voltooid, sluit het dialoogschermb berekeningsrapport.
7. Ga verder naar de [evaluatie van resultaten](#).



Opmerking: Alle berekening parameters kunnen worden aangepast in het [Dialoogschermb solver Instellingen](#).

Controleren en herzien van het berekeningsproces

Wanneer een berekening is opgestart, verschijnt een **dialogoscherm oplosser rapport** op het scherm.

Voor kleine modellen kan het dialogoscherm slechts kort op het scherm verschijnen en weer verdwijnen.

Bij het beëindigen van de berekening toont het programma het dialogoscherm met het resultaat van de berekening.

Wanneer alles OK is, kan het **Dialoogschermoplosser rapport** worden gesloten en de gebruiker kan verdergaan naar de evaluatie van resultaten. Wanneer iets fout gaat tijdens de berekening, wordt een boodschap weergegeven en is het aan de gebruiker om [de situatie op te lossen](#).

De herhaalde berekeningen uitvoeren

Het kan zeer vaak nodig zijn de berekening te herhalen met dezelfde berekeningsinstellingen. Het is mogelijk een [normale berekening](#) te herhalen. Hiernaast biedt Scia Engineer een functie **Verborgene berekening**. Deze functie start de berekening zonder het tonen van informatie op het scherm. Wanneer de berekening is beëindigd, worden alle mogelijke open vensters met weergegeven resultaten automatisch geregenereerd.

De **Verborgene berekening** kan worden uitgevoerd door middel van:

- de menufunctie **Boom > Berekening, Net > Verborgene berekening**,
- of de menuboom functie **Berekening, Net > Verborgene berekening**,
- of de knop [**Verborgene berekening**] () op de knoppenbalk **Project**.



Opmerking: Als er slecht een type berekening beschikbaar is, bijvoorbeeld 'lineair elastisch', dan draait de berekening slechts op de achtergrond. Als echter twee of meerdere berekeningen mogelijk zijn (afhankelijk van het project en de Solver instellingen), dan wordt het dialoogvenster Solver getoond en dient u het juiste type berekening te kiezen.

De instabiliteit van het model herstellen

Het kan voorkomen dat het model zo is gedefinieerd dat de numerieke oplossing onmogelijk is. Meestal kan een soort numerieke instabiliteit voorkomen door vergissingen in de definiëring van grensomstandigheden.

Maximale verplaatsing is bereikt

Het eerste geval is dat de numerieke oplossing zelf correct was, maar de resultaten verstoord leken. Deze situatie kan worden getoond in de controle van [maximaal toegestane waarde van verplaatsing en rotatie](#). Wanneer de aangepaste waarden worden overschreden, wordt een waarschuwing gegeven.

De resultaten kunnen worden herzien, zelfs wanneer deze situatie voorkomt. Het is aan de ervaring van de gebruiker om te beslissen of de constructie zo zacht is en de grote vervorming redelijk is of dat een vergissing is gemaakt in de definiëring van het model.

Het punt waar de maximale verplaatsing is gevonden wordt opgesomd in het waarschuwing dialogoscherm.



Singuliere stijfheidmatrix

Wanneer de stijfheidmatrix singulier is, kan de oplossing helemaal niet worden verkregen. De gebruiker wordt geïnformeerd over de problematische plek in het model. De plek wordt aangegeven in het waarschuwing dialoogscherf.



Oplossingsmethoden

Directe oplossing

Dit is een standaard Cholesky oplossing gebaseerd op een ontleding van de matrix van het systeem. Het voordeel is dat het verschillende rechte zijdes tegelijkertijd kan oplossen. Dit type oplossing is vooral effectief voor kleine en middel-grote problemen wanneer diskette-wisselen niet nodig is. De grens hangt af van de grootte van het probleem en de grootte van het beschikbare RAM geheugen.

Het kan worden gezegd dat deze oplossing handiger is voor de meeste problemen.

Het nadeel van deze oplossing kan naar boven komen bij extreem grote problemen. De berekeningstijd kan aanzienlijk toenemen wanneer de RAM grootte niet voldoende is. Bovendien kan het probleem helemaal niet opgelost worden wanneer de beschikbare schijfruimte niet groot genoeg is.

Wanneer het probleem groot is en van slechte numerieke conditie, kan de afrondingsfout zo groot zijn dat het de acceptabele grens overschrijdt. Dit kan resulteren in onbalans tussen resultaten van belasting en reacties. Het verschil tussen de totale sommen van de belastingen en reacties moeten niet groter zijn dan rond 0.5%. Maar zelfs de waarde van 0.1% suggereert dat de resultaten verdacht kunnen zijn.



Over het algemeen zou de directe oplosser alleen worden gebruikt voor ligger constructies (zonder 2D staven) of vlakke constructies samengesteld uit 2D staven (d.w.z. een plaat of een wand).



In andere gevallen zou de directe oplosser moeten worden gebruikt als een standaard oplossingsmethode. De toepassing van een iteratieve oplossing hangt af van het totale aantal knopen, bandbreedte en de hoeveelheid geheugen van de desbetreffende computer. Wanneer de directe oplossing leidt tot een overmatige schijfwisseling, wordt het proces aanzienlijk vertraagd en moet de iteratieve oplossing in werk worden gesteld. Deze oplosser vereist niet zo veel geheugen – 150.000 knopen heeft ongeveer 250 MB RAM nodig. Een andere reden voor de toepassing van de iteratieve oplossing kan een slechte vastigheid van het vergelijkingssysteem zijn. Deze numerieke problemen kunnen resulteren in een discrepantie tussen de totale belasting en de som van reacties. Wanneer dit verschil groter is dan 5%, wordt een waarschuwing getoond en de directe oplosser zou moeten worden vervangen door een iteratieve.

Iteratieve oplossing

De onvolledige Cholesky verenigde gradiënt methode wordt toegepast.

Zijn voordeel is minimale aanspraak op de RAM en schijf. Daarom is de oplossing vooral handig voor extreem grote problemen die niet kunnen worden opgelost door middel van de [directe oplossing](#) of waarvan de berekeningstijd enorm zou zijn voor dat type oplossing door overmatige schijf operaties.

Een ander voordeel is dat door de mogelijkheid van continue verbetering van de nauwkeurigheid, de methode in staat is om een technisch nauwkeurige oplossing te vinden, zelfs voor vergelijkingssystemen die numeriek onstabiel zouden zijn in de directe oplossing.

Het nadeel is dat de methode alleen één rechte zijde tegelijkertijd kan verwerken en dit vergroot de tijd die nodig is voor vergelijkingssystemen met verschillende rechte zijden.



Opmerking: Zie de opmerking in de [Directe oplossing](#).

Timoshenko methode

Het algoritme is gebaseerd op de exacte Timoshenko's oplossing van een ligger. De normaalkracht wordt als constant aangenomen tijdens de vervorming. Daarom is de methode toepasbaar voor constructies waar het verschil in normaalkracht wordt verkregen door 1^e orde en 2^e orde berekening is te verwaarlozen (zogenoemd goed gedefinieerde constructies). Dit klopt vooral voor raamwerken, gebouwen, enz. waarvoor de methode de meest effectieve optie is.

De methode is toepasbaar voor constructies waar de rotaties niet de 8° overschrijdt.

De methode neemt kleine vervormingen, kleine rotaties en kleine rekken aan.

Wanneer liggers van de constructie niet in contact zijn met de grond en tegelijkertijd geen ribben of schalen vormen, is geen fijne verdeling van liggers in eindige elementen nodig. Wanneer de normaalkracht lager is dan de kritische kracht, is deze oplossing robuust. De methode heeft alleen twee stappen nodig, wat zorgt voor een grote efficiëntie van de methode.

De eerste stap dient alleen voor de oplossing van normaalkracht. De tweede stap gebruikt de bepaalde normaalkracht voor de Timoshenko's nauwkeurige oplossing. De oorspronkelijke Timoshenko's is in Scia Engineer gegeneraliseerd en de afschuifvervormingen kunnen in rekening worden genomen.

Newton-Raphson methode

Het algoritme is gebaseerd op de Newton-Raphson methode voor de oplossing van niet-lineaire problemen. De methode is robuust voor de meeste problemen. Het kan echter falen in de buurt van verbogen punten of belasting diagram. Dit kan bijvoorbeeld voorkomen bij gedrukte liggers onderworpen aan een kleine excentriciteit of kleine transversale belasting. Behalve voor het genoemde voorbeeld, kan de methode worden toegepast voor een grote range problemen. Het zorgt voor oplossing van extreem grote vervormingen.

De belasting werkend op de constructie kan worden opgedeeld in verschillende stappen. Het standaard aantal stappen is acht. Wanneer dit aantal niet voldoende is, toont het programma een waarschuwing.

De rotatie bereikt in één increment zou 5° niet mogen overschrijden.

De nauwkeurigheid van de methode kan worden vergroot door verfijning van het eindige elementen net of door de toename van het totale aantal incrementen. Bijvoorbeeld, de oplossing van een enkele ligger opgedeeld in een enkele eindig element zal geen voldoende resultaten geven.

In sommige specifieke gevallen, kan een groot aantal incrementen zelfs problemen oplossen die neigen naar in singuliere oplossing welke typisch is voor de analyse van post-critische toestanden.

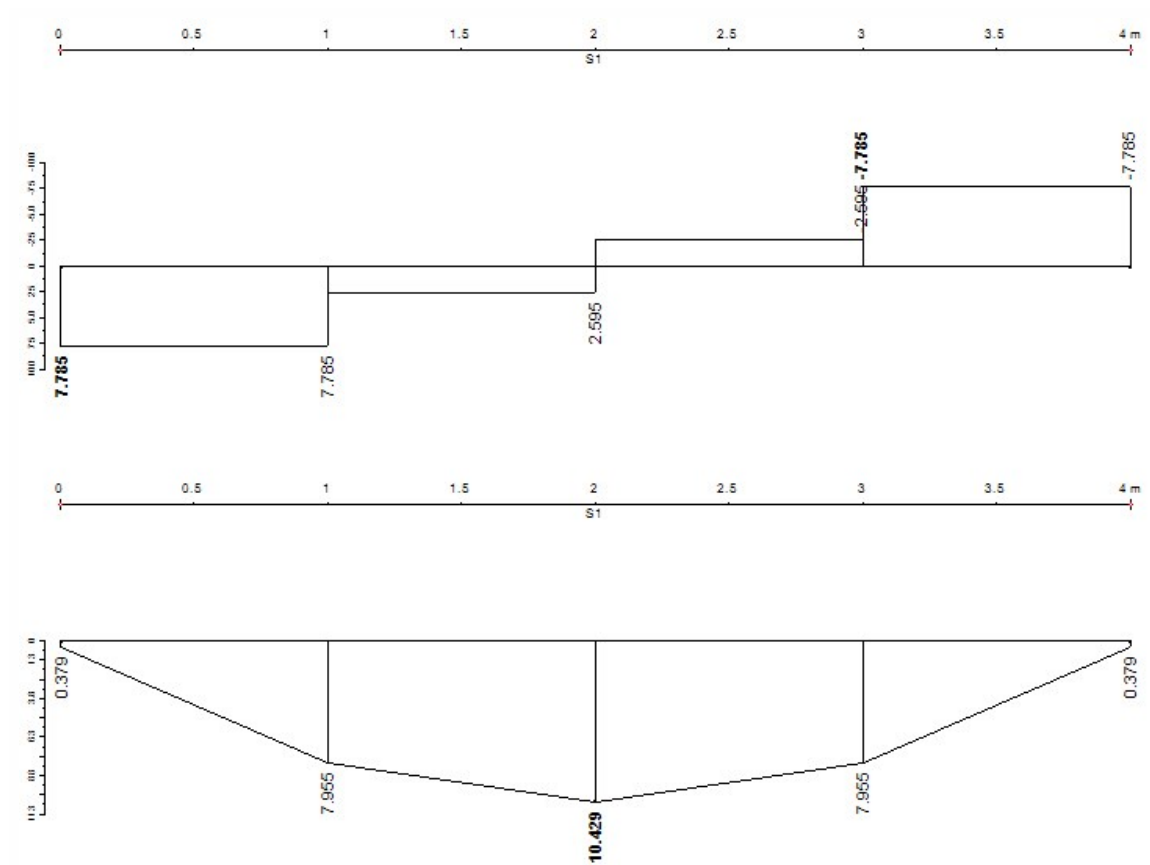


Opmerking: Deze methode vereist dat een ligger wordt opgedeeld in minstens vier (4) eindige elementen. Normaal gesproken wordt een dergelijke verdeling automatisch aangepast wanneer een Newton-Raphson methode is geselecteerd voor berekening.

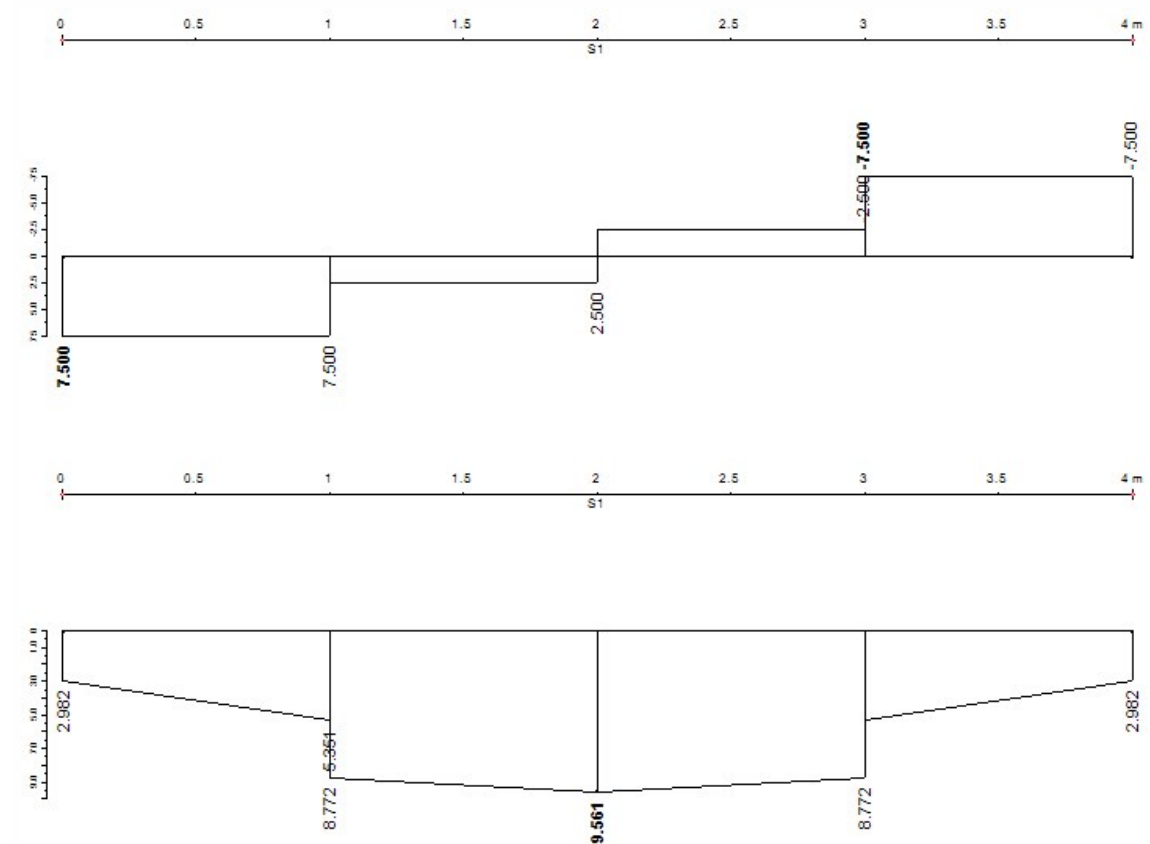
Vereffening van niet-gemiddelde waarden

De solver berekent intern de interne krachten in integratiepunten en aan het einde worden de berekende waarden geëxtrapoleerd van de integratiepunten naar de knopen van het 2D-element met de formules voor een hyperbolische paraboloïde. Deze waarden worden vervolgens de niet-gemiddelde knoopwaarden genoemd. Vereffening van de niet-gemiddelde waarden wordt getoond op een berekening van een lijfplaat met de afmetingen 4x3 m. De lijfplaat wordt eenvoudigweg ondersteund langs de korte randen, de Poisson coëfficiënt $\mu = 0$, en last $p = 5 \text{ kNm}^{-2}$. De lijfplaat wordt verdeeld in 4×3 eindige elementen en wordt berekend met de theorie van Kirchhoff e Mindlin. De afbeelding geeft de langsdoorsnede weer in het midden van de lijfplaat.

De verdeling van v_x en m_x volgens Kirchhoff, niet-gemiddelde waarden berekend door de solver



De verdeling van v_x en m_x volgens Mindlin, niet-gemiddelde waarden berekend door de solver

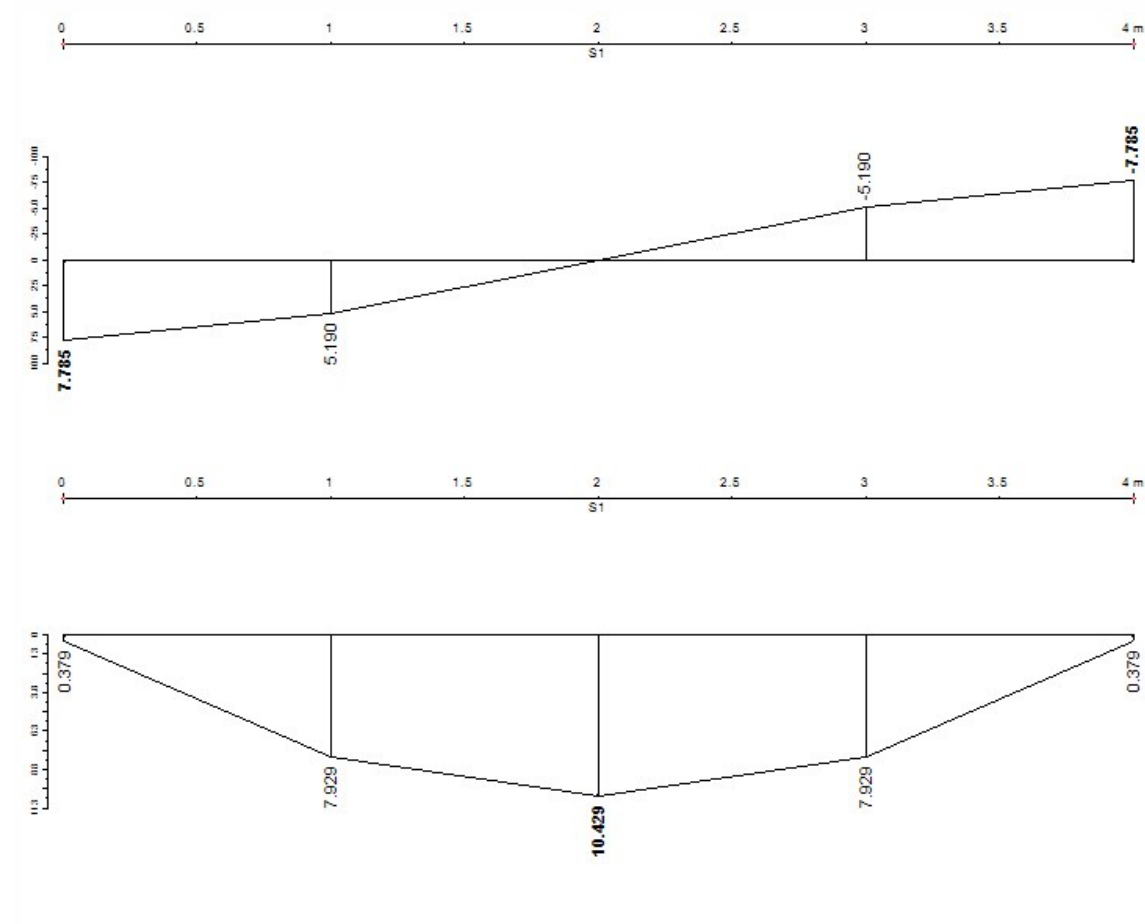


De volgende algoritmen worden gebruikt voor de gemiddelde waarden in de knopen:

a) *Standaard gemiddelde*

De knoopwaarde wordt verkregen als een wiskundig gemiddelde van de waarden in de naastgelegen geselecteerde 2D-elementen. Wanneer de optie "gemiddelde waarden op 2D macro's" is geselecteerd, worden de waarden van de naastgelegen 2D-elementen alleen gemiddeld als de elementen zich bevinden op één 2D macro, aan dezelfde kant van een mogelijke interne rand en als de knoop niet door de gebruiker is gedefinieerd als een interne knoop. In die gevallen worden de waarden niet gemiddeld en treedt er discontinuïteit in de verdeling van interne krachten op.

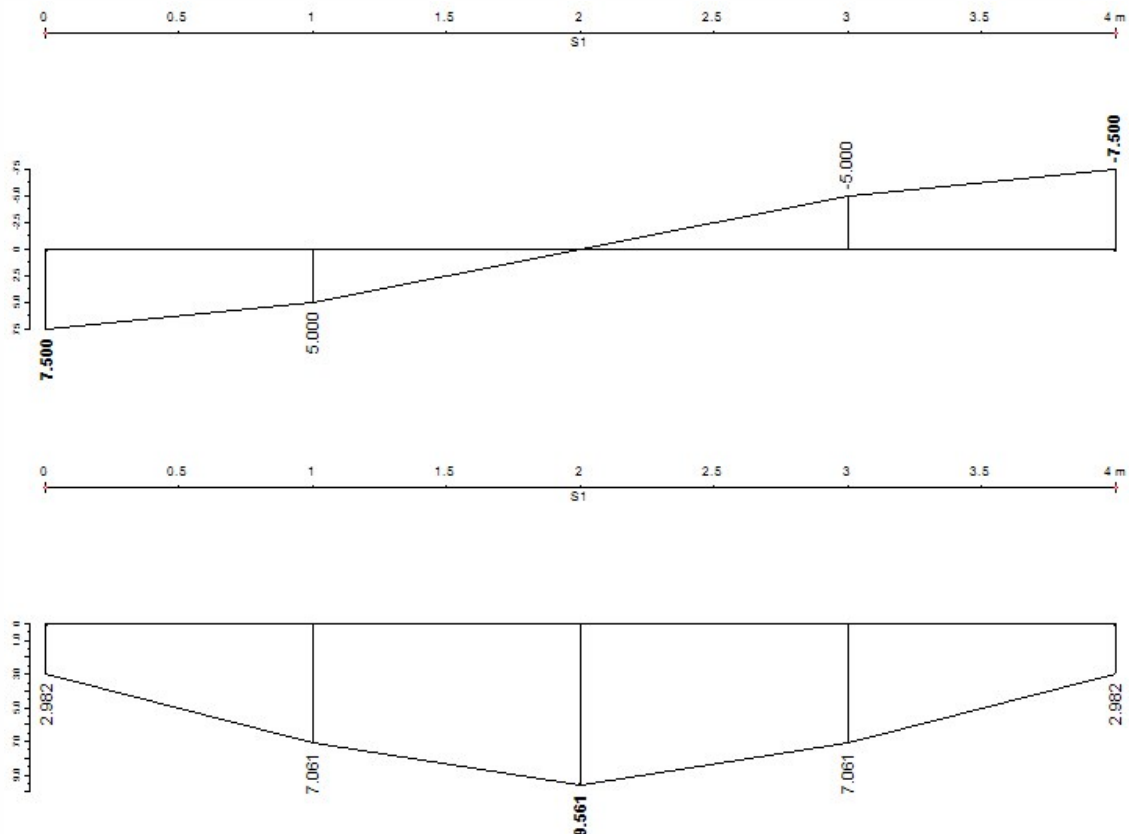
Verdeling van vx en mx volgens Kirchhoff, gemiddelde waarden



Bijvoorbeeld:

$$v_x(1) = \frac{7.785 + 2.595}{2} = 5.19$$

$$m_x(1) = \frac{7.954 + 7.904}{2} = 7.929$$

Verdeling van v_x en m_x volgens Mindlin, gemiddelde waarden

Bijvoorbeeld:

$$v_x(1) = \frac{7.5 + 2.5}{2} = 5$$

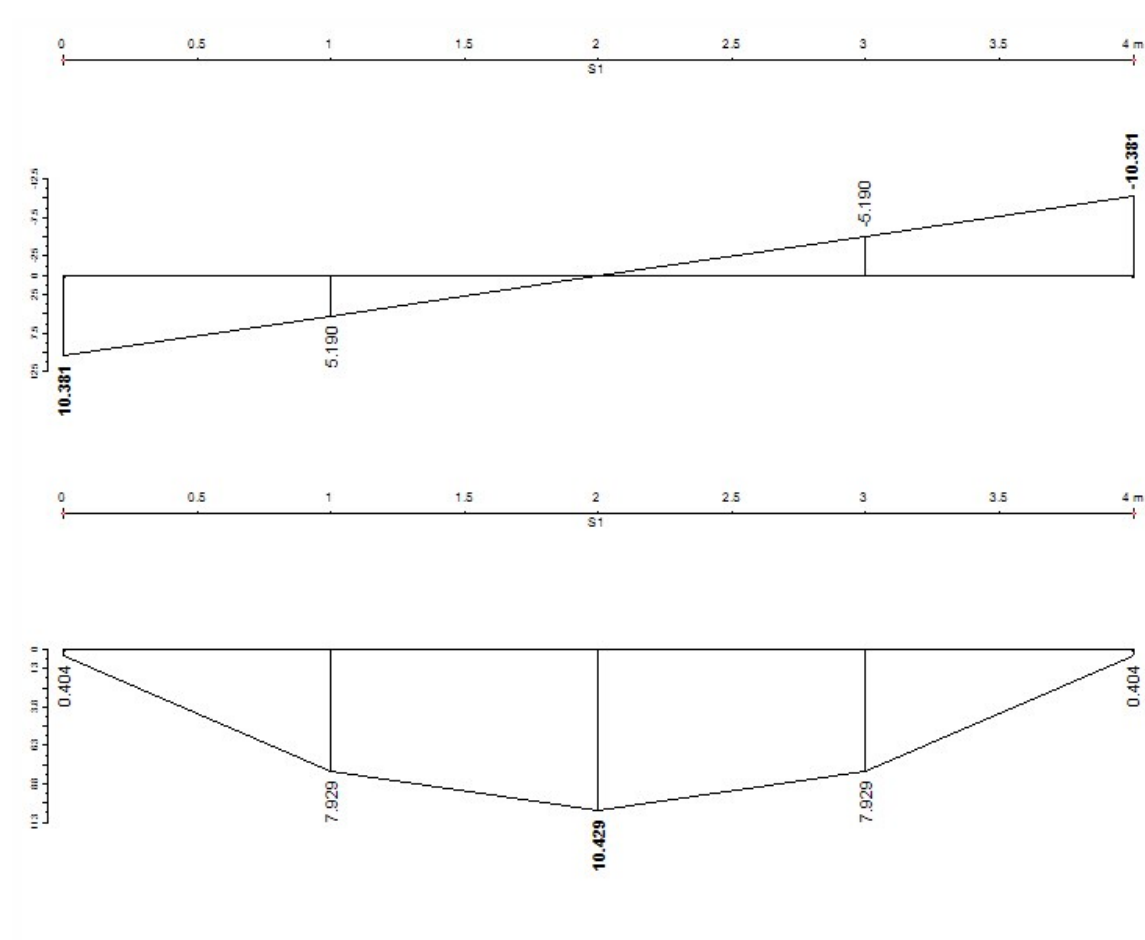
$$m_x(1) = \frac{8.772 + 5.351}{2} = 7.061$$

b) Vereffening langs randen

In de vorige afbeeldingen is te zien dat de standaard middeling resulteert in stapsgewijze veranderingen van de waarden langs de randen van de constructie. Dit is het gevolg van het feit dat er niets is waarmee de waarde van de rand kan worden gemiddeld. Daarom wordt langs de randen een andere benadering gebruikt.

Wanneer de optie "gemiddelde waarden op de volledige constructie" wordt geselecteerd, worden de knopen op een 2D macrorand die niet verbonden is met een andere 2D macro of die verbonden is met een macro die niet is geselecteerd, geacht de rand te zijn van de constructie. Wanneer de optie "gemiddelde waarden op 2D macro's" wordt geselecteerd, worden de knopen op alle randen van 2D macro's, knopen op interne randen en interne knopen gedefinieerd door de gebruiker, geacht de rand van de constructie te zijn. In deze situaties vindt het middelen plaats in twee stappen. In de eerste stap wordt de gemiddelde knooplast berekend in knopen die zich niet aan de rand van de constructie bevinden. Vervolgens worden de waarden in de knopen van elementen aan de rand van de constructie berekend met een zodanig algoritme dat de oorspronkelijke waarde in het midden van het element bewaard blijft. In de tweede stap wordt de gemiddelde knooplast berekend in knopen die zich aan de rand van de constructie bevinden.

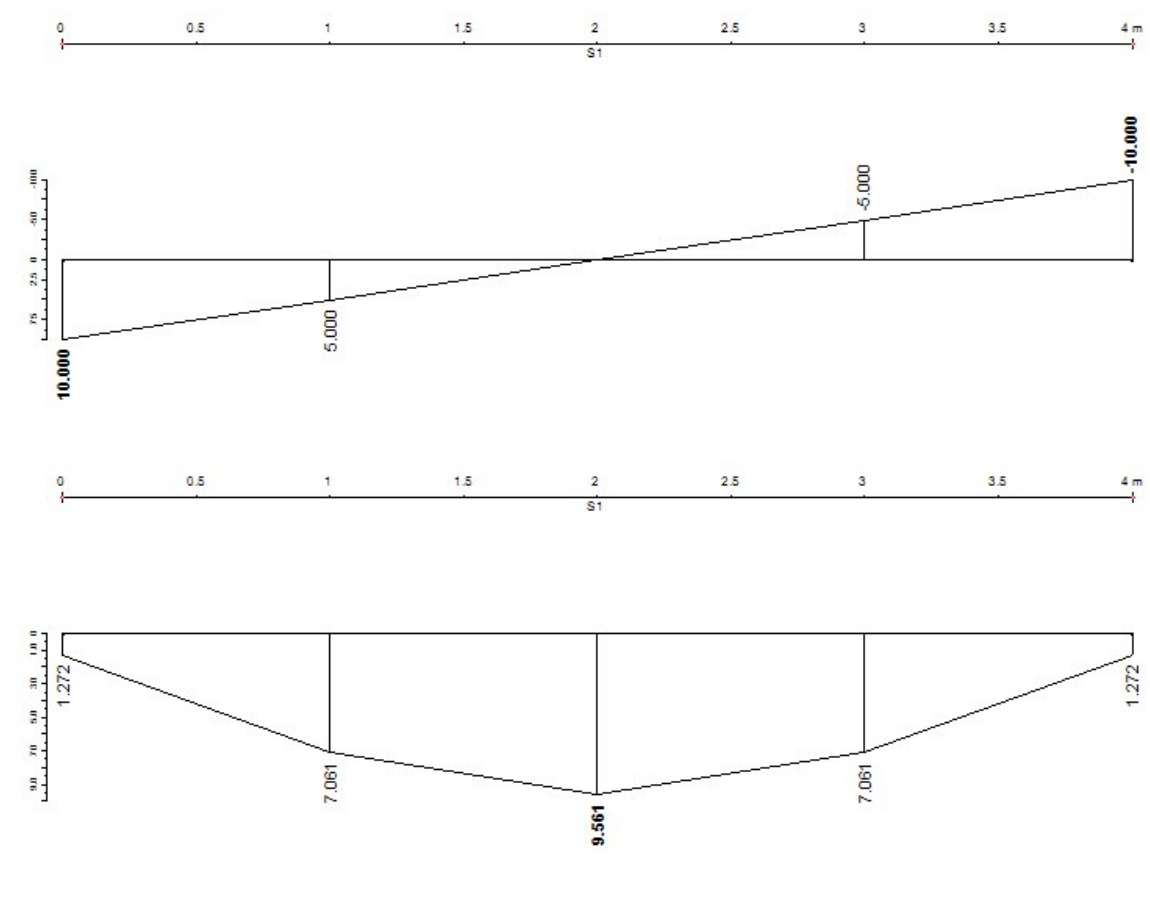
Verdeling van v_x en m_x volgens Kirchhoff, vereffening langs randen



$$v_x(0) = 7.785 + (7.785 - 5.19) = 10.381$$

$$m_x(0.5) = \frac{(7.954 + 0.379)}{2} = 4.167$$

$$m_x(0) = 4.167 + (4.167 - 7.929) = 0.404$$

Verdeling van v_x en m_x volgens Mindlin, vereffening langs randen

$$v_x(0) = 7.5 + (7.5 - 5) = 10$$

$$m_x(0.5) = \frac{(5.351 + 2.982)}{2} = 4.167$$

$$m_x(0) = 4.167 + (4.167 - 7.061) = 1.272$$

c) Dwarskrachten

Met de theorie van Kirchhoff worden de dwarskrachten berekend als de derde afgeleide van de doorbuiging:

$$v_x = -\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \left(\frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} \right)$$

$$v_y = -\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \left(\frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} \right)$$

Wanneer de derde afgeleide wordt berekend, treedt er een significant verlies van nauwkeurigheid op. Daarom worden de waarden van dwarskrachten berekend door de solver met behulp van de theorie van Kirchhoff niet gebruikt en worden ze berekend met een verbeterde benadering waarbij gebruik wordt gemaakt van de afgeleiden van momenten:

$$v_x = \frac{\partial m_x}{\partial x} + \frac{\partial m_{xy}}{\partial y}$$

$$v_y = \frac{\partial m_y}{\partial y} + \frac{\partial m_{xy}}{\partial x}$$

De formules gebruiken de momentwaarden m_x , m_y , m_{xy} gemiddeld via stappen (a) en (b), hetgeen leidt tot nauwkeurigere waarden van dwarskrachten dan met de solver worden verkregen.

In de theorie van Mindlin worden de dwarskrachten berekend als de eerste afgeleide van de doorbuiging.

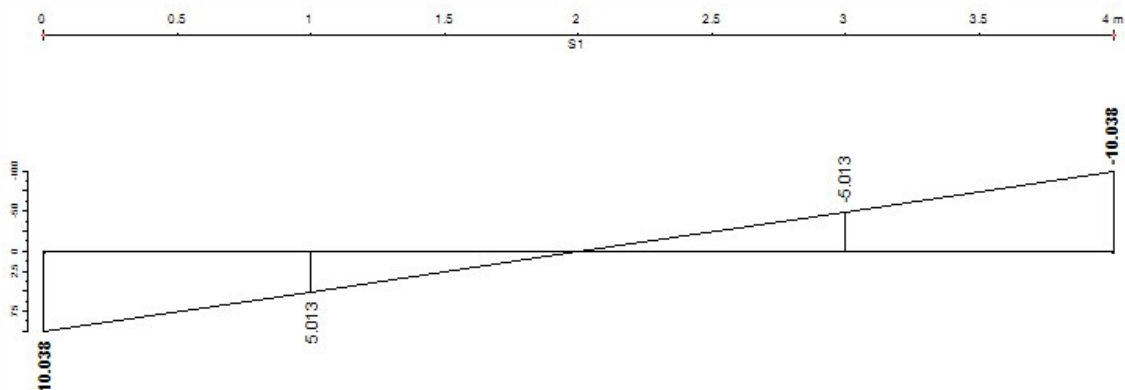
$$v_x = \frac{5Gh}{6} \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \Phi_y \right)$$

$$v_y = \frac{5Gh}{6} \left(\frac{\partial w}{\partial y} - \Phi_x \right),$$

deze waarden worden bepaald door de solver en worden direct gebruikt.

De dwarskrachten worden vervolgens gemiddeld, volgens de geselecteerde optie, via stappen (a) en (s).

Verdeling van v_x volgens Kirchhoff, gemiddelde waarden, vereffening langs randen, waarden verkregen als afgeleiden van momenten



$$v_x(0)^+ = v_x(1)^- = 7.929 - 0.404 = 7.525$$

$$v_x(1)^+ = v_x(2)^- = 10.429 - 7.929 = 2.5$$

$$v_x(1) = \frac{7.525 + 2.5}{2} = 5.013$$

$$v_x(0) = 7.525 + 7.525 - 5.013 = 10.038$$

d) Momenten

De waarden van momenten in de integratiepunten komen weliswaar overeen met de theorie, maar de extrapolatie ervan naar knopen met behulp van de hyperbolische paraboloïde leidt tot enig verlies van nauwkeurigheid. De reden is dat de hyperbolische paraboloïde de verdeling van de momenten over het element niet met voldoende precisie vervangt. Bij de berekening van de waarden van momenten in knopen wordt een verbeterd algoritme gebruikt, dat de hyperbolische paraboloïde extrapolatie vervangt door een geavanceerd dwarskracht-integrale methode. Aangezien de verdeling van

dwarskrachten over het oppervlak van het element wordt geacht de vorm te volgen van de hyperbolische paraboloid (oppervlak van de tweede orde), geeft de integraal van dit oppervlak een oppervlak van de derde orde weer, die de momentenverdeling benadert met meer nauwkeurigheid. Dit is gebaseerd op de bovengenoemde formules voor het berekenen van dwarskrachten met behulp van de afgeleide van momenten. Momenten worden vervolgens geschreven op basis van deze formules:

$$m_x = \int \left(v_x - \frac{\partial m_{xy}}{\partial y} \right) dx + m_{x,0}$$

$$m_y = \int \left(v_y - \frac{\partial m_{xy}}{\partial x} \right) dy + m_{y,0}$$

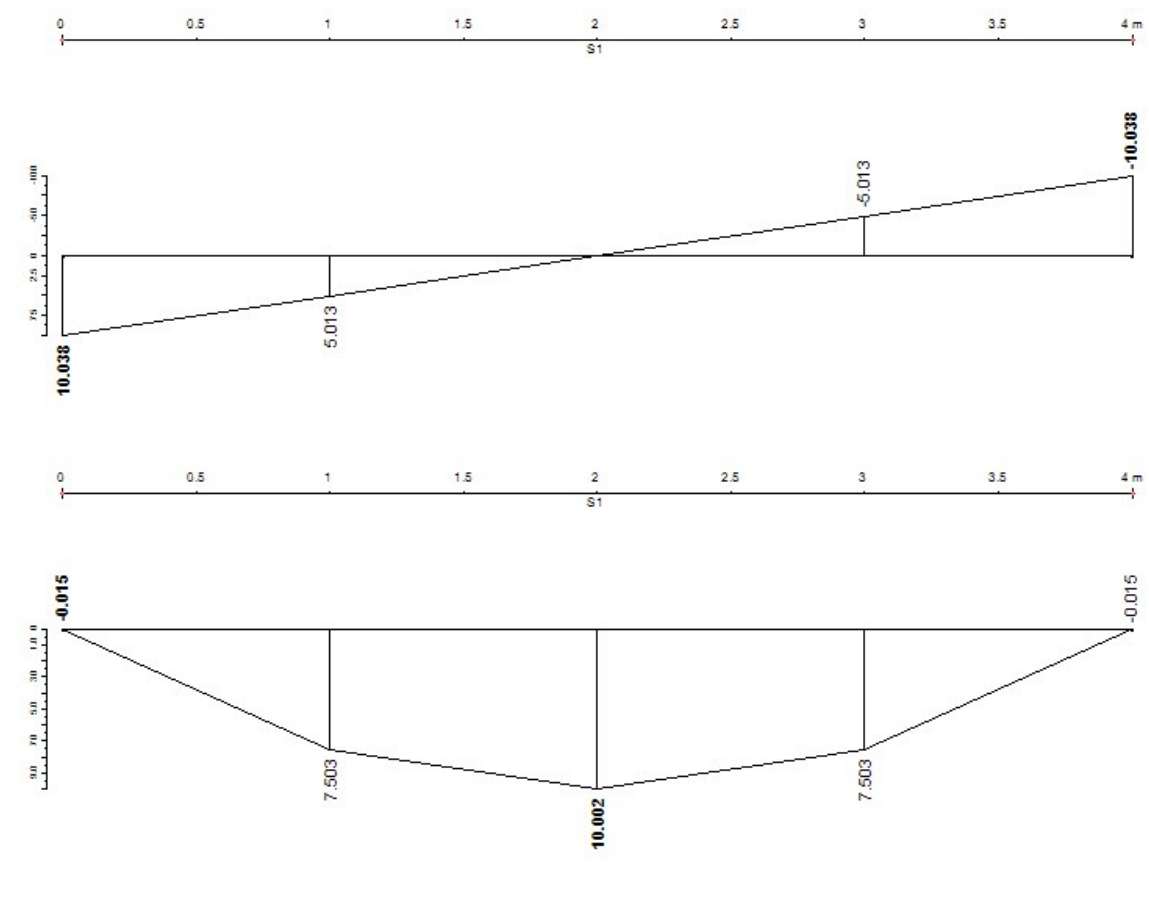
Integratieconstanten $m_{x,0}$, $m_{y,0}$ worden berekend op basis van de conditie van de waarde in het midden van het element.

$$m_{x,C} = \frac{\int m_x dS}{S}$$

$$m_{y,C} = \frac{\int m_y dS}{S}$$

waarbij S het oppervlak van het element is. De waarden van interne krachten worden berekend met stappen (a), (b) en (c), de integralen worden geëvalueerd met behulp van numerieke integratie. De verkregen waarden van momenten in knopen worden daarna, met behulp van de geselecteerde middelingsoptie, gemiddeld volgens stap (a).

Verdeling van v_x en m_x volgens Kirchhoff, vereffening langs randen, momenten verkregen door integratie van dwarskrachten



Bijvoorbeeld:

Eerste element

$$v_x(x) = 10.038 - 5.025x$$

$$m_x(x) = \int v_x dx + m_{x,0} = 10.038x - \frac{5.025}{2}x^2 + m_{x,0}$$

$$m_{x,c} = m_x(0.5) = 4.167 = \int_0^1 10.038x - \frac{5.025}{2}x^2 + m_{x,0} =$$

$$\left[\frac{10.038}{2}x^2 - \frac{5.025}{6}x^3 + m_{x,0}x \right]_0^1 = 4.182 + m_{x,0}$$

$$m_{x,0} = m_x(0) = 4.167 - 4.182 = -0.015$$

$$m_x(1)^- = 10.038 - \frac{5.025}{2} - 0.015 = 7.511$$

Tweede element

$$v_x(x) = 5.013 - 5.013x$$

$$m_x(x) = \int v_x dx + m_{x,0} = 5.013x - \frac{5.013}{2}x^2 + m_{x,0}$$

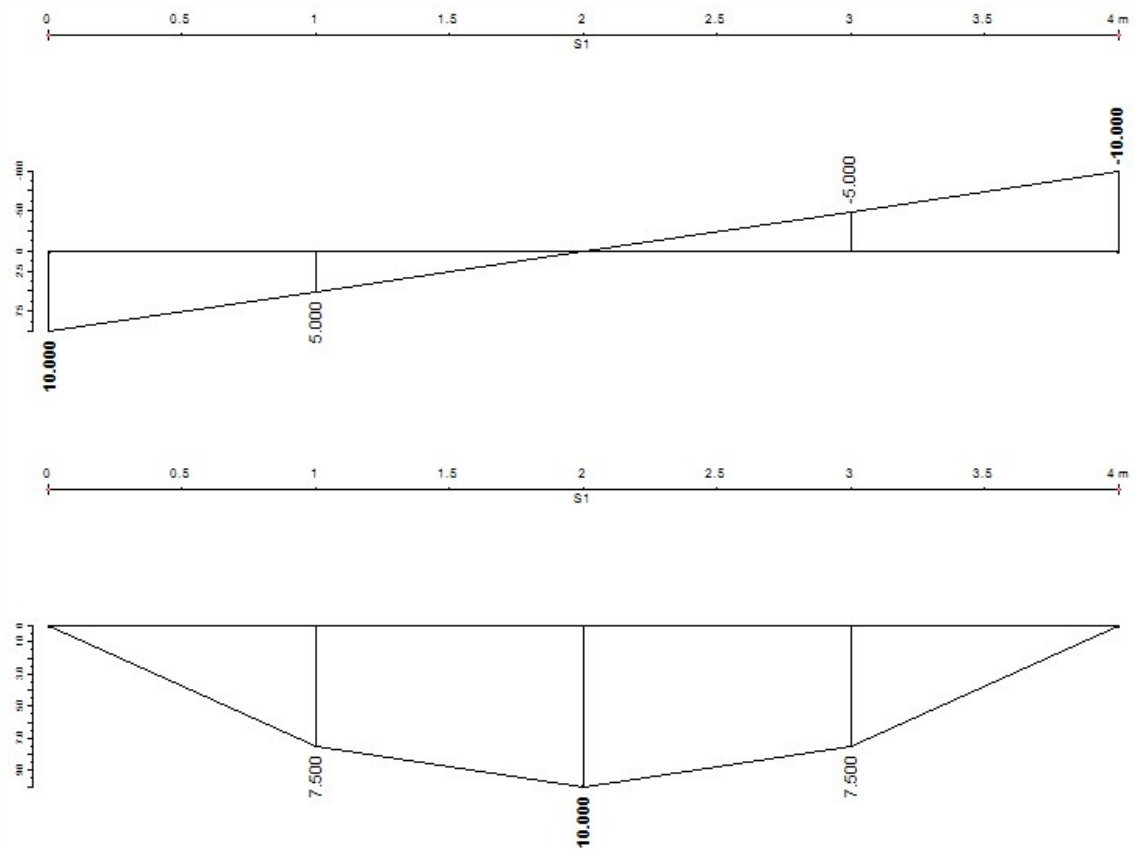
$$m_{x,c} = m_x(1.5) = 9.167 = \int_0^1 5.013x - \frac{5.013}{2}x^2 + m_{x,0} =$$

$$\left[\frac{5.013}{2}x^2 - \frac{5.013}{6}x^3 + m_{x,0}x \right]_0^1 = 1.671 + m_{x,0}$$

$$m_{x,0} = m_x(1)^+ = 9.167 - 1.671 = 7.496$$

$$m_x(1) = \frac{m_x(1)^- + m_x(1)^+}{2} = \frac{7.511 + 7.496}{2} = 7.503$$

Verdeling van v_x en m_x volgens Mindlin, vereffening langs randen, momenten verkregen door integratie van dwarskrachten



Bijvoorbeeld:

Eerste element

$$v_x(x) = 10 - 5x$$

$$m_x(x) = \int v_x dx + m_{x,0} = 10x - \frac{5}{2}x^2 + m_{x,0}$$

$$m_{x,c} = m_x(0.5) = 4.167 = \int_0^1 10x - \frac{5}{2}x^2 + m_{x,0} =$$

$$\left[\frac{10}{2}x^2 - \frac{5}{6}x^3 + m_{x,0}x \right]_0^1 = 4.167 + m_{x,0}$$

$$m_{x,0} = m_x(0) = 4.167 - 4.167 = 0$$

$$m_x(1)^- = 10 - \frac{5}{2} + 0 = 7.5$$

Tweede element

$$v_x(x) = 5 - 5x$$

$$m_x(x) = \int v_x dx + m_{x,0} = 5x - \frac{5}{2}x^2 + m_{x,0}$$

$$m_{x,c} = m_x(1.5) = 9.167 = \int_0^1 5x - \frac{5}{2}x^2 + m_{x,0} =$$

$$\left[\frac{5}{2}x^2 - \frac{5}{6}x^3 + m_{x,0}x \right]_0^1 = 1.667 + m_{x,0}$$

$$m_{x,0} = m_x(1)^+ = 9.167 - 1.667 = 7.5$$

$$m_x(1) = \frac{m_x(1)^- + m_x(1)^+}{2} = \frac{7.5 + 7.5}{2} = 7.5$$

Initiële vervormingen

Introductie van initiële vervormingen

De initiële vervorming kan worden gebruikt in niet-lineaire berekening om de vorm van de constructie aan het begin van de analyse te definiëren. Op die manier kan een staat van aanvangsimperfectie van de vorm gemakkelijk worden gemodelleerd.

Initiële vervorming-manager

De initiële voorkrommingen kunnen worden gedefinieerd en bewerkt in de **Initiële vervorming-manager**. Deze manager is een van de vele [database-managers](#) van Scia Engineer. Zijn [werking en lay-out zijn analoog aan andere database-managers](#).

In de **Initiële vervorming-manager** kan de gebruiker:

- een nieuwe initiële voorkromming definiëren,
- een bestaande initiële voorkromming bewerken,
- een bestaande initiële voorkromming kopiëren,
- een bestaande initiële voorkromming verwijderen,
- de bestaande initiële voorkromming opslaan in een extern bestand.

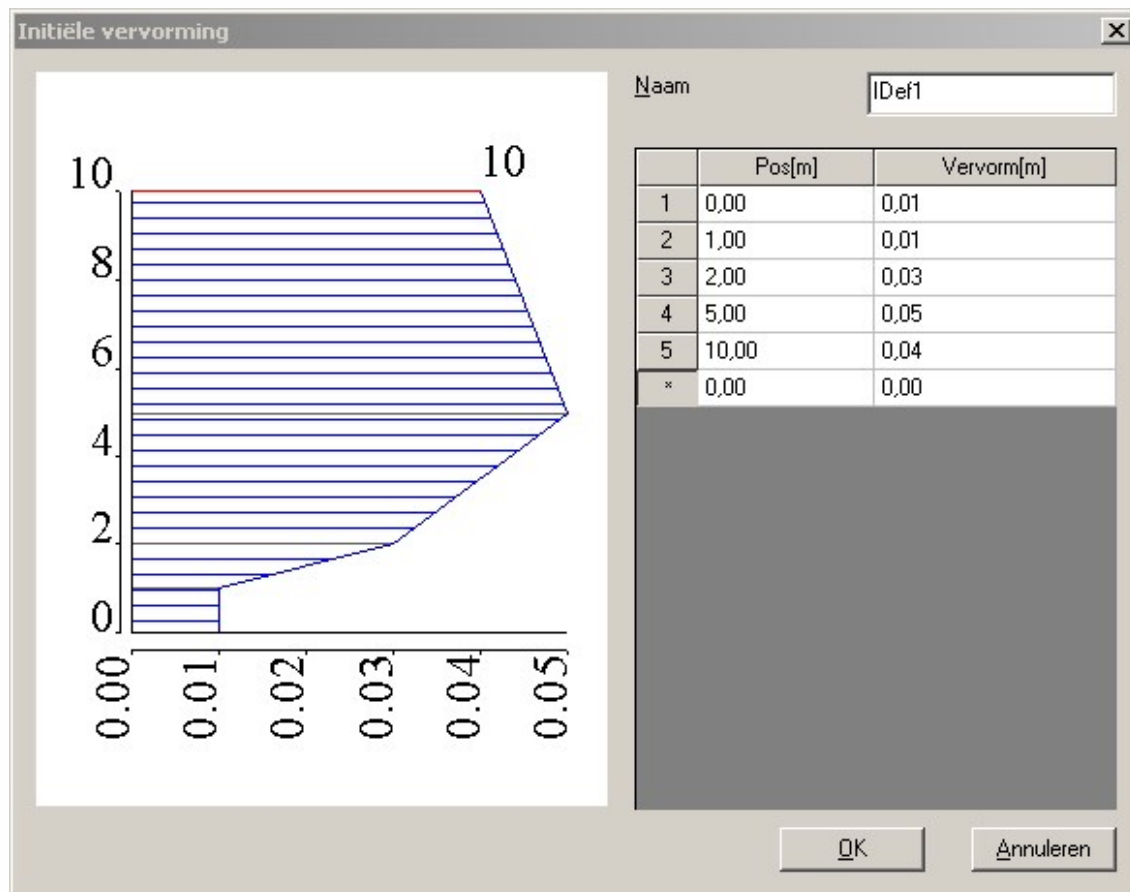
De **Initiële vervorming-manager** kan op twee manieren worden geopend:

- door gebruik te maken van de menuboom functie **Bibliotheken > Initiële vervormingen**,
- door gebruik te maken van de menufunctie **Bibliotheken > Initiële vervormingen**.

Initiële voorkromming

De initiële vervorming wordt gedefinieerd in het bewerken dialoogschermb door middel van een positionele voorkromming.

De grafiek kan worden gedefinieerd door een eenvoudig te gebruiken dialoogschermb.



De gebruiker hoeft maar paren van overeenkomende waarden voor de plaats en vervorming in te typen. De grafiek wordt naast de tabel weergegeven met de plaats op de verticale as en de vervorming op de horizontale as.

De grafiek kan dan later worden toegewezen aan de benodigde richting bij de definitie van een [niet-lineaire combinatie](#).

Een nieuwe initiële voorkromming definiëren

De procedure voor de definitie van een nieuwe initiële voorkromming

1. Open de [Initiële vervorming-manager](#).
2. Klik de knop **[Nieuw]** aan om een nieuwe grafiek in te voeren.
3. Een nieuwe grafiek wordt toegevoegd aan de lijst van gedefinieerde grafieken.
4. Selecteer de nieuwe grafiek.
5. Klik op de knop **[Bewerken]** om het [bewerken dialoogscher](#) te openen.
6. Type in het bewerken dialoogscher het type van de paren van overeenkomende waarden voor de positionele voorkromming
7. Bevestig met **[OK]**.
8. Herhaal de stappen 2 tot 7 zo vaak als nodig.
9. Sluit de manager.

De initiële vervorming toepassen

De initiële voorkromming kan worden gebruikt in een niet-lineaire combinatie om de bij aanvang imperfecte vorm van de constructie te definiëren.

De procedure voor de toepassing van de initiële voorkromming

1. Maak een nieuwe [niet-lineaire combinatie](#) of bewerk een bestaande.
2. Stel het onderdeel **Type imperfectie** in op een optie die de invoer van een initiële voorkromming nodig heeft (d.w.z. of **Functies + kromming op staven** of **Helling functies**).
3. Kies in de juiste onderdelen de benodigde initiële voorkromming (iedere richting kan een verschillende initiële voorkromming gebruiken).
4. Beëindig de definiëring of de bewerking van een niet-lineaire combinatie.
5. Gebruik de combinatie voor berekening.

Soil-In

Introduction



The following chapter is currently available only in English.

The analysis of foundation structures is challenged by the problem of modelling of the part of the foundation that is in contact with subsoil. The best solution is to use 2D model of the subsoil that properly represents the deformation properties of the whole under-foundation massif by means of surface model. The properties of such model are expressed by what is called interaction parameters marked C. These parameters are assigned directly to structure elements that are in contact with the subsoil and they influence the stiffness matrix.

To simplify the matter, we may imagine that C is the characteristics of elastic, more precisely pseudo-elastic, links, or surface spring constants that change according to the actual state of the analysed system. We may also use the professional slang that calls it "support on C parameters", which is the generalisation of standard Winkler idea of the supporting in the form of thick liquid $g = C_1$ (MNm⁻³) or in the form of infinitely dense system of vertical springs. The generalisation is very important and deals mainly with the consideration of significant shear distribution in the subsoil that is neglected by Winkler model. The parameters of the interaction between the foundation and the subsoil depends on the distribution and loading level, or the contact stress between the structure surface and the surrounding subsoil, on the geometry of the footing surface and on mechanical properties of the soil.

Calculation module Soil-in takes account of all the mentioned dependencies.

As the C parameters influence the contact stress and vice versa – the distribution of the contact stress have impact on the settlement of the footing surface and thus the C parameters, it is necessary to use an iterative solution.

The influence of subsoil in the vicinity of the structure

The modelling of the interaction between a structure and subsoil requires that the influence of the subsoil outside of the structure be taken into account. This outside-subsoil supports the edges of the foundation slab due to shear stiffness. In the past, special procedures were recommended to model this phenomenon. The current versions of Scia Engineer employ a sophisticated solution whose principle is described in the following paragraph.

The program automatically adds to the edge of the analysed foundation slab springs that approximately substitute the effect of what is termed support elements (1 to 2 metre wide strip located along the edges of the foundation slab, the thickness of this strip is almost zero). The solution obtained through this approach takes into account the effect of the subsoil outside (in the vicinity) of the analysed foundation slab.

In comparison with a solution without such springs, the results obtained with the springs gives smaller deformation of the foundation-slab edges which means larger bending moments in the foundation slab.

The springs oriented in the global z-direction are assigned to all edge nodes except the situation when a node already has another spring assigned or if a rotation of a node is specified. In that case, the program assumes that the user has already defined a special type of support and that it is not wanted to alter that special configuration automatically on the background.

These exceptions can be used to deliberately suppress the implementation of edge-springs along certain lines. The user can define very small line springs along required lines (edges) and thus eliminate the effect of the surrounding subsoil (e.g. if a sheet pile wall is installed).

Soil-in output

The results from the soil-in iteration are the C parameters C_{1z} , C_{2x} and C_{2y} .

Parameters C_{1x} and C_{1y} are always defined by the user.

C_{1z} - resistance of environment against w_P (mm) [C_{1z} in MN/m³]

C_{2x} - resistance of environment against w_P/x_P (mm/m) [C_{2x} in MN/m]

C_{2y} - resistance of environment against w_P/y_P (mm/m) [C_{2y} in MN/m]

C_{1x} - resistance of environment against u_P (mm) [C_{1x} in MN/m³]

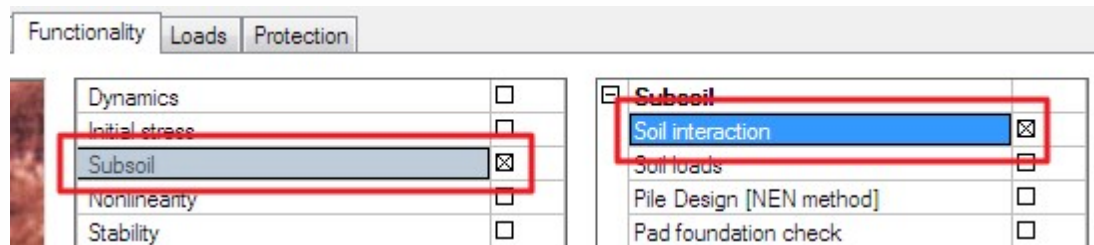
C_{1y} - resistance of environment against v_P (mm) [C_{1y} in MN/m³]



Usually, C_{2x} is considered equal to C_{2y} and C_{1x} equal to C_{1y} , because the calculation is done by so called isotropic variant of the calculation of C_2 parameter.

The soil-in calculation is available when the specific functionality is active.

Check Subsoil on the left part and the Soil interaction on the right part of the functionality tab:



The Soil interaction is available only for Plate XY and General XYZ type of project.

C parameters (explanation from theoretical background of FEM solver)

C₁ - Parameters of the interaction of the foundation with the surface 2D model of the subsoil in physical relation containing components of displacement u , v , w .

Winkler formula for vertical components:

$$\sigma_z = r \text{ [kPa]} = C_{1z}^s \text{ [MNm}^{-3}\text{]} \cdot w \text{ [mm]}$$

Winkler formula for horizontal shear components:

$$\tau_{xz} = s_x \text{ [kPa]} = C_{1x}^s \text{ [MNm}^{-3}\text{]} \cdot u \text{ [mm]}$$

$$\tau_{xy} = s_y \text{ [kPa]} = C_{1y}^s \text{ [MNm}^{-3}\text{]} \cdot v \text{ [mm]}$$

C₂ - Parameters of interaction of the foundation with the surface 2D model of the subsoil in physical relations containing the first derivative of settlement.

Paternal formula for shear forces:

$$t_x \text{ [kNm}^{-1}\text{]} = C_{2x}^s \text{ [MNm}^{-1}\text{]} \cdot \partial w / \partial x \text{ [mm/m]}$$

$$t_y \text{ [kNm}^{-1}\text{]} = C_{2y}^s \text{ [MNm}^{-1}\text{]} \cdot \partial w / \partial y \text{ [mm/m]}$$

C_{1z} - foundation compression modulus of the Winkler type, expressing resistance to the vertical displacement of the subsoil surface.

C_{2x}, C_{2y}, C_{2xy} - foundation shear modulus expressing resistance to the shear components in the x and y direction of the subsoil surface, generally different in positive and negative shears g_{xy}, g_{yz} (dilatancy and contractancy effects).

Pasternak G_p modulus is our C_2 .

Pasternak differential equation:

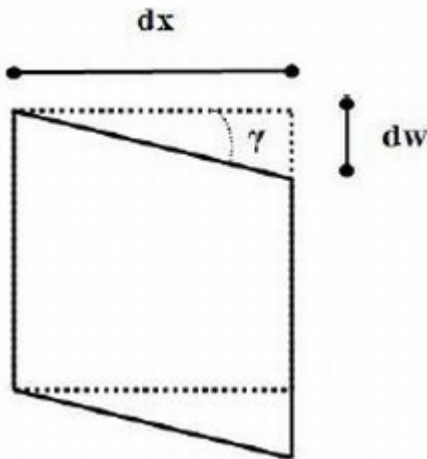
$$p = wk - G_p \frac{d^2 w}{dx^2}$$

p - pressure

k - modulus of sub-grade reaction

G_p - shear modulus of the shear layer and it is related to rotation in the differential equation.

Rotation of the surface = bevel dw/dx (see the picture)



w - displacement

g - shear strain

Support on surface



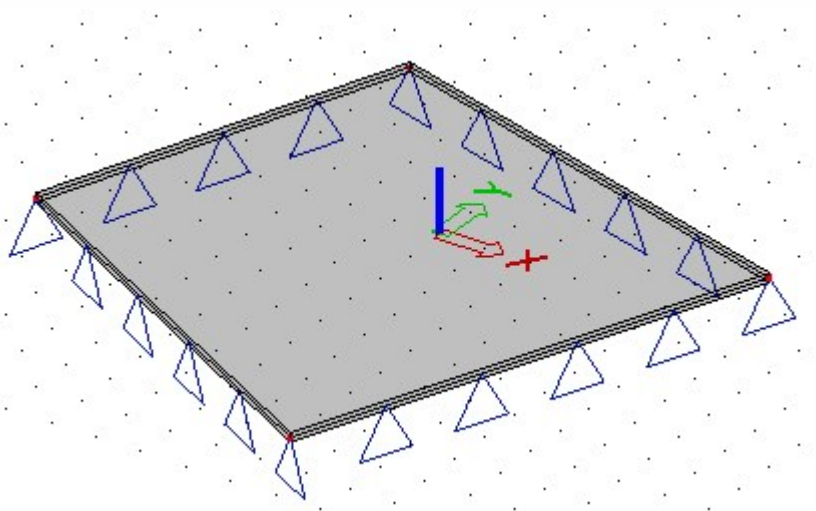
The following chapter is currently available only in English.

The interaction between the structure and subsoil is calculated if the structure is put on a support of "Soilin" type.

The procedure to define a new Soilin support

1. Create the structure to be supported.
2. Open service Structure.
3. Start function Support > Surface (el. foundation).

4. Adjust the parameters (see chapter Surface support on slab).
5. Confirm with [OK].
6. Select the slab (groundslab) or slabs that should be supported with this type of support

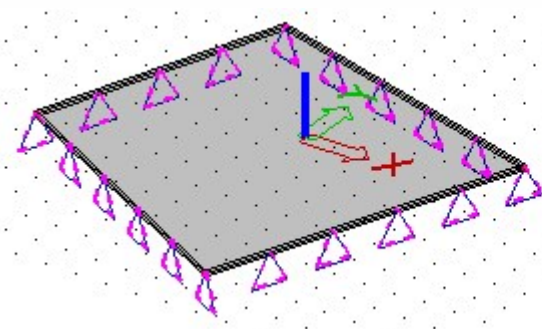


If the ground-slab is not horizontal, one should be aware of the following:

The correct calculation of C parameters assumes that the structure that is in contact with subsoil is more or less horizontal. Technically speaking, the inclination of the footing surface up to 5 to 8 degrees can be allowed. Program is capable of dealing with footing surface in several z-levels, but the results are acceptable only if the z-levels are within certain limits – see the following literature (in Czech):

- Kolář V.: Matematické modelování geomechanických úloh. Skriptum pro postgraduální studium FAST VUT Brno, 1990, 60 str.
- Buček J., Kolář V., Obruča J: Manuál k programu SOILIN, FEM consulting Brno, 1993
- Buček J., Kolář V.: Iterační výpočet NE-XX - SOILIN, FEM consulting Brno, 1995
- Kolář V.: Statické výpočty základových konstrukcí. Knihovna Aktualit České matice technické Praha, ed. plán 1994.
- Kolář V.: Teoretický manuál FEM-Z k programům DEFOR a NE-XX, seminář FEM consulting s.r.o., 5. - 6.10.1993 v Brně.

The surface support properties



Properties	
Surface support on surface (1)	
Name	SS1
Type	Soilin
2D member	S1

Name: Specifies the name of the support.

Type: Defines the type of support – see below.

Subsoil: If necessary for the selected type, this item specifies the subsoil parameters.

Type

Individual:

A particular subsoil type is assigned to the slab.

The subsoil is defined by means of C parameters. These user-defined C parameters are used for the calculation (of e.g. contact stress in the footing surface)

Soil-in:

For such a support, the interaction of the structure with the foundation subsoil is carried out by means of SOIL-IN module.

Parameters C1z, C2x, C2y are calculated by SOIL-IN module.

Both:

Both of the above mentioned types are combined on the same slab.

The user defines which C parameters will be user-defined and which ones will be calculated by SOIL-IN module.

Parameters can be defined in subsoil properties. Those C parameters that are input in the subsoil-property dialogue as zero, will be calculated by the SOIL-IN module. Nonzero parameters will be taken as they are input.



The additional springs are automatically added on the edges if soilin calculation doesn't recognize additional plates around the support. See chapter [Advanced tips](#).

Subsoil in the 3D model



The following chapter is currently available only in English.

The subsoil in the 3D window is defined as a soil surface and soil borehole. The geologic profile is defined for each soil borehole. The position and the composition of the geologic profiles provide information about subsoil.

Soil borehole

The borehole is available in the project only when the functionality Soil interaction is checked.

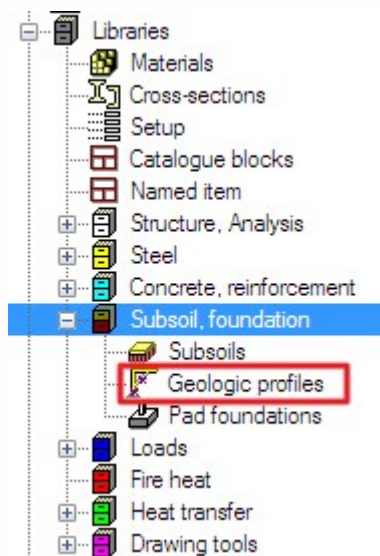
Soil types according to ČSN EN 73 1001

<u>Fine-grained soils</u>		<u>Sands</u>	<u>Gravel</u>
F1(MG)	loam, fine-grained	S1(SW)	G1(GW)
F2 (CG)	clay, gravelly	S2(SP)	G2(GP)
F3 (MS)	loam, sandy	S3(S-F)	G3(G-F)
F4 (CS)	clay, sandy	S4(SM)	G4(GM)
F5 (ML)	loam, small plasticity	S5(SC)	G5(GS)
F5 (MI)	loam, middle plasticity		
F6 (CL)	clay, small plasticity		
F6 (CI)	clay, middle plasticity		
F7 (MH)	loam, high plasticity		
F7 (MV)	loam, very high plasticity		
F7 (CH)	loam, extremely high plasticity		
F8 (CV)	clay, very high plasticity		
F8 (CE)	clay, extremely high plasticity		

ticity

Geologic profile

All profiles are saved to the Geologic profiles library. The geologic profiles can be imported or exported by the DB4 format.



The borehole profile is defined as a simple grid with the preview. Each row represents one layer of soil with the same properties.

Geologic profile

Thickness = 1.40[m], Edef = 30.00[MN/m²], Weight = 18.50[kN/m³]
 Thickness = 1.60[m], Edef = 30.00[MN/m²], Weight = 19.50[kN/m³]
 Thickness = 0.01[m], Edef = 42.00[MN/m²], Weight = 19.00[kN/m³]
 Thickness = 2.00[m], Edef = 50.00[MN/m²], Weight = 19.00[kN/m³]
 Thickness = 2.60[m], Edef = 20.00[MN/m²], Weight = 17.50[kN/m³]
 Thickness = 5.00[m], Edef = 20.00[MN/m²], Weight = 17.50[kN/m³]
 Thickness = 4.00[m], Edef = 20.00[MN/m²], Weight = 17.50[kN/m³]

	Name	Thickness [m]	Edef [MN/m ²]	Poisson	Dry weight [kN/m ³]	Wet weight [kN/m ³]	m
1	násyp štěrku	1,40	30,00	0,350	18,50	18,50	0..
2	štěrku hlinitý...	1,60	30,00	0,300	19,50	19,50	0..
3	štěrku	0,01	42,00	0,250	19,00	19,00	0..
4	štěrku G3 st...	2,00	50,00	0,250	19,00	19,00	0..
5	písek S3 s...	2,60	20,00	0,300	17,50	17,50	0..
6	písek S3 h...	5,00	20,00	0,300	17,50	17,50	0..

Water height 5,000 m Name V3

☒ Non-compressible subsoil below the last inputted layer

OK Cancel

Each layer is defined by the soil parameters:

Name:

Specify the name of the layer

Thickness (m):

thickness of the layer

 E_{def} :

The module of deformation E_{def} is defined as deformation characteristic of the soil. It is a ratio of the normal stress increment to the increment a linear transformation. For geotechnical categories 1 and 2 the indicative value from e.g. ČSN 73 1001 can be used, for category 3 a survey should be carried out to provide for the value.

The value E_m from Eurocode 7 can be used instead of E_{def} .

E_{def} according to ČSN 73 1001:

Class of the subsoil	E_{def} (MPa)
F6-F8 (soft, medium consistency)	1,5-4
F6-F8 (stiff consistency)	6-8
F6-F8 (hard consistency)	10-15
F3-F5 (soft, medium consistency)	3-5
F3-F5 (stiff consistency)	8-10
F3-F4 (hard consistency)	based on survey
F5 (hard consistency)	10-20
F1, F2 (soft, medium consistency)	5-15
F1, F2 (stiff consistency)	12-25
F1, F2 (hard consistency)	based on survey
S4, S5	5-12
S3	12-19
S2	15-35
S1	30-60
G5	40-60
G4	60-80
G3	80-90
G2	100-190
G1	250-390
R6	10-75
R5	20-250
R4	40-750
R3	70-2500
R2	130-7500
R1	250-25000

The E_{def} for R is derived from the number of discontinuous parts in the soil.

Poisson:

Poisson's ratio, coefficient of transverse deformation, an indicative value or experimentally found value can be used, predefined range is 0 – 0.5

Poisson according to ČSN 73 1001:

Class of the subsoil	Poisson ν
F8 (soft, medium, stiff consistency)	0,42
F8 (hard consistency)	based on survey
F5-F7 (soft, medium, stiff consistency)	0,40
F5-F7 (hard consistency)	based on survey
F1-F4 (soft, medium, stiff consistency)	0,35
F1-F4 (hard consistency)	based on survey
S5	0,35
S4, S3	0,30
S1, S2	0,28
G4, G5	0,30
G3	0,25
G1, G2	0,20
R6	0,40-0,25
R4, R5	0,30-0,20
R3	0,25-0,15
R1, R2	0,20-0,10

Dry weight:

weight for the dry soil, normally within the range from 18 to 23 kN/m³, range is 0 – 10000000000 kN/m³

Wet weight:

weight for the wet (saturated) soil, this value is mostly about 2-3 kN/m³ higher than the dry weight, range of the values is 10 – 10000000 kN/m³

m coefficient:

structural strength coefficient, according to the Eurocode7 is 0,2 (ČSN 73 1001 defines a table). The m coefficient may be modified for the whole Eurocode.

Coefficient m according to ČSN 73 1001:

Class of the subsoil	m
F1-F8 with $E_{def} < 4 \text{ MPa}$, not over consolidated and soft or solid consistency R1, R2 and R4, R5 not affected by erosion	0,1
F1-F8 which don't belong to the first group S1, S2, G1, G2 under the water level R3	0,2
S1, S2, G1, G2 above the water level S3-S5 G3-G5 R4, R5 which don't belong to the first group	0,3
R6	0,4
Loess, loess loam	0,5



Geologic profile must be defined up to such a depth where the bearing pressure is still active, otherwise the program does not have sufficient information.

The defined parameters are displayed in the library as properties.

V3	
Name	V3
Water height [m]	5,000
Non-compress...	☒
Layers	
1	
Layer's name	násyp štěrku
Thickness ...	1,400
Edef [MN/...	3,0000e+01
Poisson	0,35
Dry weight ...	18,5
Wet weight...	18,5
m	0,2

The height of the underground water is defined by the value in the properties. It is a positive value but it represents the depth.

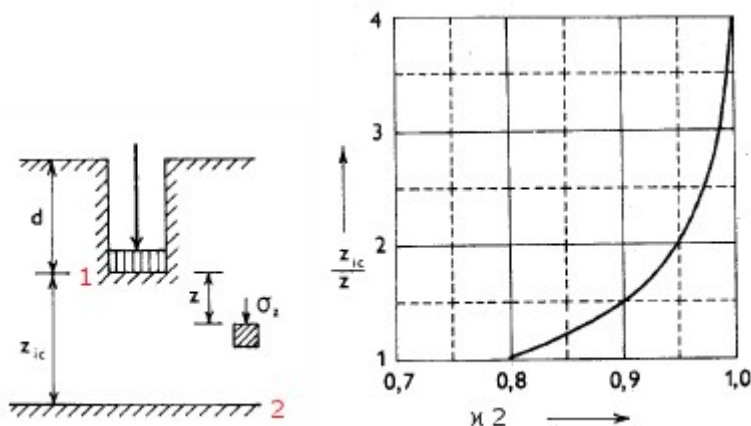
Non-compressible subsoil below the last inputted layer

☐ Non-compressible subsoil below the last inputted layer

The checkbox “Non-compressible ...” can be used if the soil below the last layer is non-compressible. The system applies coefficient of depth reduction κ_2 in this case (calculation of κ_2 can be found in ČSN 73 1001, art. 80). This option is recommended when the non-compressible layer is placed in a small depth under the borehole.

Calculation of κ_2 according to ČSN 73 1001:

$$\kappa_2 = 1 - \exp\left(\left(\frac{z_{ic}}{z}\right) \ln 0,25 + \ln 0,8\right)$$



1 – foundation base

2 – non-compressible layer

z_{ic} – is the depth under the foundation base to the non-compressible layer

z – is the depth from the foundation base to the level where the contact stress σ_z should be calculated

The contact stress σ_z will be calculated by the reduced depth $z_{r2} = \kappa_2 \cdot z$ where z is the depth under the foundation base.

Properties of the borehole profile

Properties

Borehole profile (1)

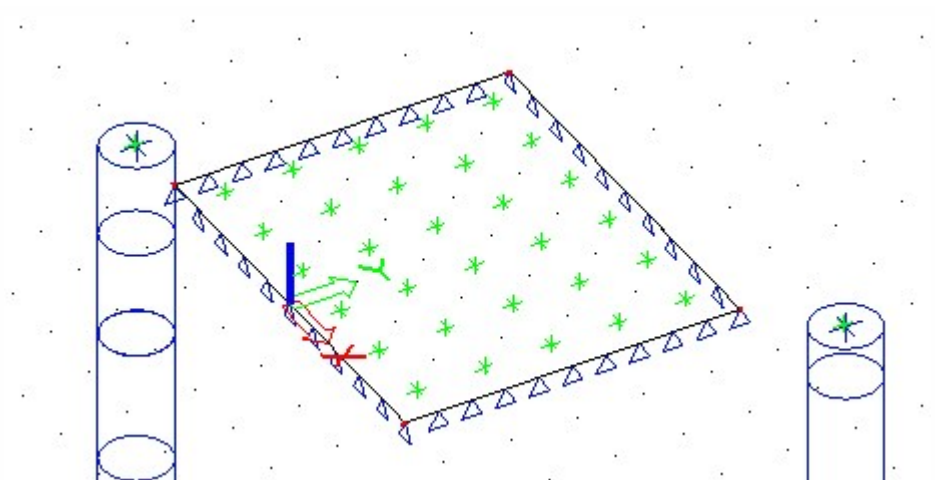
Name	BH1
Coord X [m]	0,000
Coord Y [m]	-2,000
Coord Z [m]	0,000
Results only	☐
Geological profile	V3

The borehole is defined by the geologic profile and the inserting point in the 3D window. The properties contain only name, its coordinates, the borehole profile and the checkbox Results only.

Settlement input data

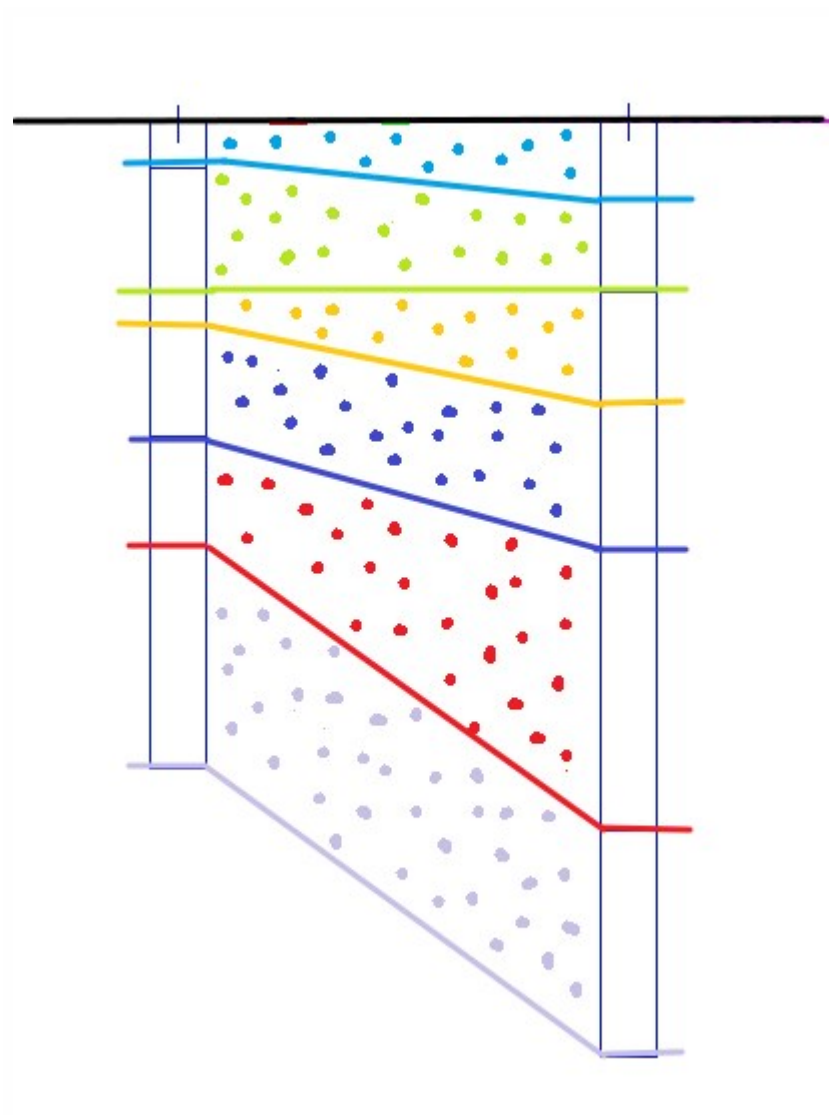
Settlement is calculated for each mesh element (in its center of gravity) and for each borehole inserting point. The checkbox Results only exclude a borehole inserting point from the input data. It means that the point is used for the calculation of settlement but the geologic profile is not taken into account for the layers approximation.

The nodes for the settlement calculation (green vertexes):



Layers approximation

When more borehole profiles are used in the project then it must fulfil one important condition – the same number of layers. This is required because of the soil-in approximation.

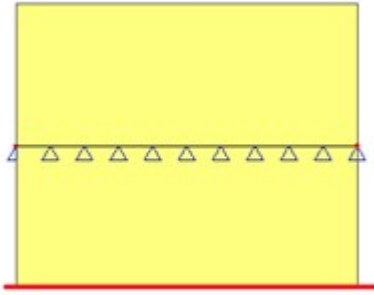


If there is some layer missing in one borehole, then it can be substituted by layer with minimum thickness – e.g. 1mm. The soil in has appropriate number of layers for approximation.

Foundation base

The level of the foundation base is considered on the bottom surface of the plate. The eccentricities are also taken into account.

Even the extrem example as this one place the foundation base to the bottom surface.



The red line indicates the foundation base.

Soil surface

Soil surface is a tool for initial approximation of subsoil surface and layers between boreholes.

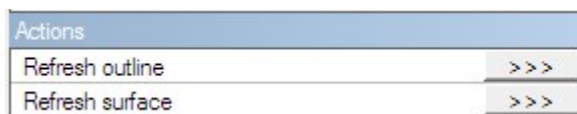
Surface is calculated automatically according to inserted structure and inserted boreholes.

If it is deleted then it is automatically regenerated before the calculation starts.

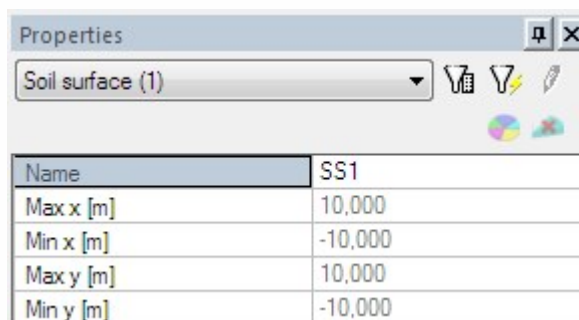
Surface has its borders at least 10m outside the structure.

The surface is editable by 2 action buttons:

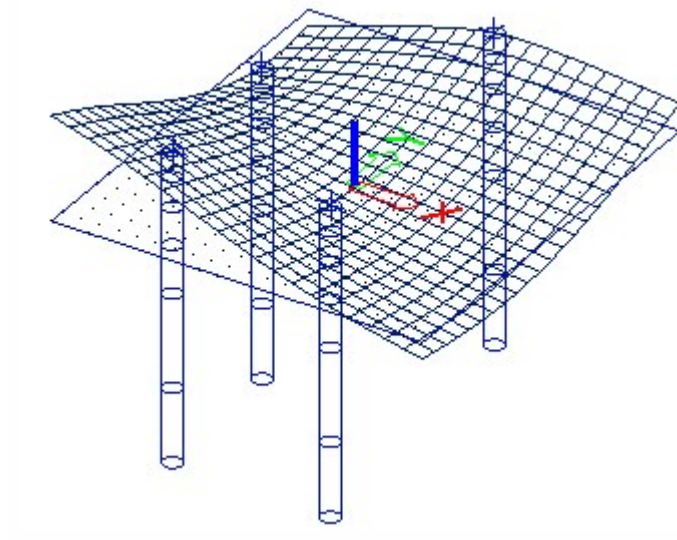
- Refresh outline: it recalculates the border
- Refresh surface: it recalculate the mesh of the surface



The properties of the surface are simple. Just a name and sizes:

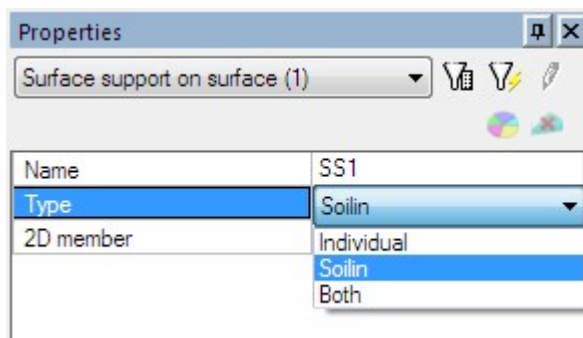


It is possible to display deformed subsoil surface. It is created by several boreholes with different Z coordinates. The mesh is used only for displaying of terrain, it is not used for the calculation.



Surface support

The surface support is basic structure object for soil-in. The support type is defined by combobox with 3 items.



Individual:

the C parameters are defined by user in the Subsoil manually (all of them). They are used for calculation. (e.g. contact stresses of the foundation surface)

Soilin:

system calculates C parameters (C_{1z} , C_{2x} , C_{2y}) – this type is required for the complete soil-in calculation, C_{1x} and C_{1y} are taken from the solver setup

Both:

system calculates C_{1z} , C_{2x} and C_{2y} if they are set to zero in the Subsoil; the rest is taken from the Subsoil. This item is used rarely only for a very special cases.

Soil-in type

The only type which doesn't use the data from the Subsoil library. All initial values of C parameters are defined by the Solver setup. C_{1x} and C_{1y} are taken from this setup as the results and the rest is calculated by the Soil-in.

The initial values could influence a bit the calculation convergence but their major importance is for setting of non-compressible stiffnesses. These values are 100 times higher than the initial values. That's why a reduction of initial values (e.g. 10 times) can help in a convergence problems (higher depth, small loading, etc.)

Solver setup	
Name	
Solver	
Coefficient for reinforcement	1
Soil	
Soil combination	CO1
Max soil interaction step	10
Size of soil surface element [m]	0.500
C1x [MN/m ³]	1.0000e-01
C1y [MN/m ³]	1.0000e-01
C1z [MN/m ³]	1.0000e+01
C2x [MN/m]	5.0000e+00
C2y [MN/m]	5.0000e+00

Individual type

C_{1z} , C_{2x} , C_{2y} parameters are taken from the Subsoil library. It is predefined by the user. The calculation of Soil-in won't start in this case.

Both type

Soil-in calculates C_{1z} , C_{2x} and C_{2y} only when they are set to the zero value by the user.

The parameters with any other value are taken from the library.

Example with type Both:

C1z	Flexible
Stiffness [MN/m ³]	5.0000e+01
C2x [MN/m]	3.0000e+01
C2y [MN/m]	0.0000e+00

In this case the C_{2y} parameter is calculated by soil-in. This item could be used only in a case when the soil-in would calculate any extreme values of C_2 parameters. It is a very sporadic case.

The type Both is not too common and it was introduced mainly for two reasons:

First, I use type Soil-in but I want to have different friction in different parts of the structure. Therefore, the solver setup dialogue is not enough for me, because is just one value can be adjusted there for the friction. Therefore, I can use type Both and thus I am able to define several subsoils with non-zero constants C_{1x} and C_{1y} with all other parameters adjusted to zero. When the Soil-in module runs, the non-zero constants C_{1x} and C_{1y} are of higher priority than those determined by the solver and are applied. Other "zero" values indicate that the values determined by the solver are applied.

Second, sometimes it may be necessary to "suppress" higher values of shear (C_{2x} , C_{2y}) calculated by Soil-in module. This may happen e.g. when a new plate is modelled on an old one and the old plate is defined as the first layer of the subsoil. It is a correct and proper solution, but as E modules of soil and concrete are dramatically different, the Soil-in module calculates high C_2 parameters. Consequently, the stiffness of the foundation slab in the model is bigger than if the two slabs were "joined" together and input as a homogenous monolith. Therefore, C_2 parameters may be reduced artificially. This can be achieved in type Both. I define the subsoil with zero C_{1z} (it will be determined by the Soil-in module) and other non-zero parameters (C_2 and friction). Thus the Soil-in module will provide only for C_{1z} parameter.

Subsoil library

The subsoil contains parameters which can be defined by the user or calculated by soil-in.

Parameters C_{1x} and C_{1y} are always defined by the user.

Name	Sub 1
Description	
C1x [MN/m ³]	5,0000e+01
C1y [MN/m ³]	5,0000e+01
C1z	Flexible
Stiffness [MN/m ³]	5,0000e+01
C2x [MN/m]	3,0000e+01
C2y [MN/m]	3,0000e+01
Parameters for check	
Type	Undrained
Water/air in clay subgrade	☐
Specific weight [kg/m ³]	0,0
Fi' [deg]	0,00
Sigma oc [MPa]	0,0
c' [MPa]	0,0
cu [MPa]	0,0

Required parameters for Soil-in calculation



The following chapter is currently available only in English.

What all must be defined:

- Project with at least one borehole with predefined geologic profile
- Structure with surface support type Soilin or Both
- Load
- Combination type Linear (ULS or SLS)

Soil-in settings in the Solver setup

Solver	
Name	
Run one nonlinear combination	☐
Neglect shear force deformation ($A_y, A_z \gg A$)	☐
Bending theory of plate/shell analysis	Mindlin
Type of solver	Direct
Number of thicknesses of rib plate	20
Number of sections on average member	10
Maximal acceptable translation [mm]	1000,0
Maximal acceptable rotation [mrad]	100,0
Print time in Calculation Protocol	☒
Coefficient for reinforcement	1
Soil	
Soil combination	CO1
Max soil interaction step	10
Size of soil surface element [m]	0,500
C1x [MN/m ³]	1,0000e-01
C1y [MN/m ³]	1,0000e-01
C1z [MN/m ³]	1,0000e+01
C2x [MN/m]	5,0000e+00
C2y [MN/m]	5,0000e+00

Soil combination:

linear combination which is used for the soil-in calculation.

Even though it is not an exact solution, for practical reasons the C parameters are not calculated separately for each load case or each load case combination. The user must specify one particular reference combination that is used to calculate the C parameters. The calculated C parameters are then applied in all remaining defined load cases and combinations.

Max soil interaction step:

number of iteration cycles (when the program stops iterations if there are still no proper C parameter calculated, in case that results diverge), the max. limit is 99 steps

Size of soil surface element:

define size of element of surface mesh. It is used for displaying of terrain.

C_{1x}:

the parameter defined by the user

C_{1y}:

the parameter defined by the user

C_{1z}:

initial value for soil-in (if the support type is Soilin)

C_{2x}:

initial value for soil-in (if the support type is Soilin)

C_{2y}:

initial value for soil-in (if the support type is Soilin)

The source of not calculated parameters depends on the support type. It is described in the previous chapter.

Soil-in calculation



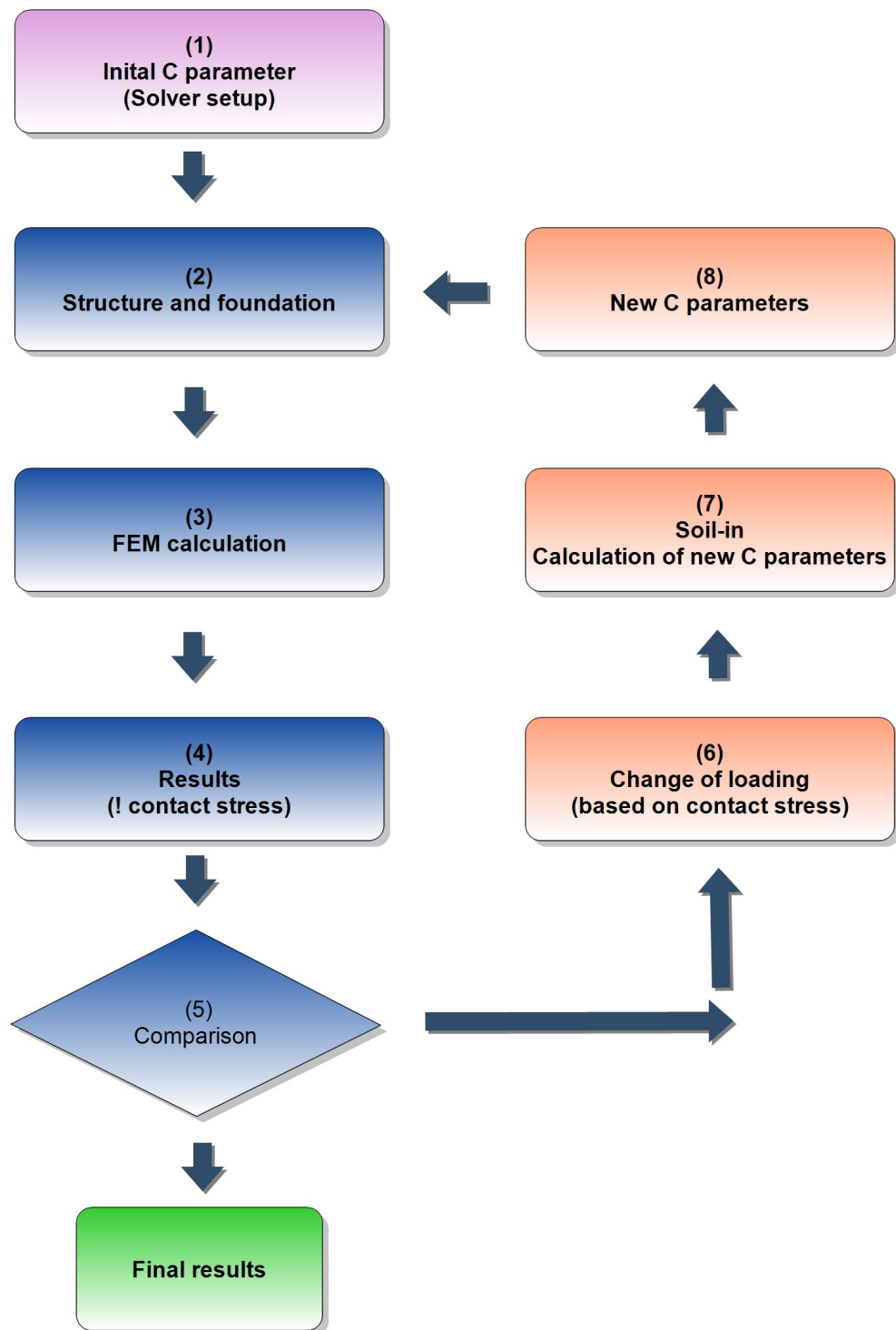
The following chapter is currently available only in English.

Soil-in iterative cycle

The values from the top structure and the foundation are calculated by FEM. The values are used as the source data for the soil-in.

The iterative process is finished when the contact stress σ_z and displacement u_z does not change significantly in the two subsequent iterations. The special quadratic norms are evaluated in the each iteration cycle to find out if this condition is fulfilled.

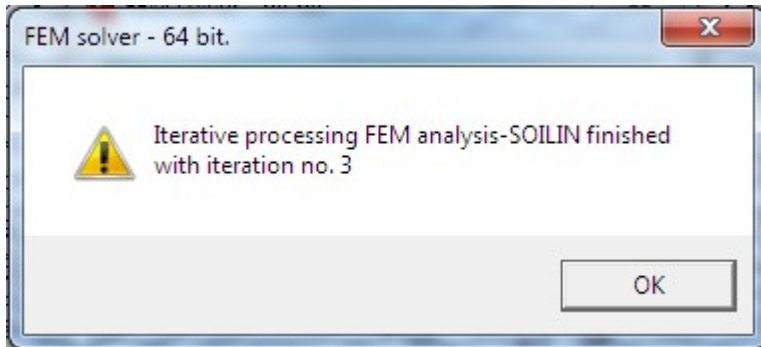
Diagram of the iterative cycle:



1. The values are taken from the solver setup, predefined by the user.
2. Data from the structure and its foundation.
3. FEM calculation – important results for soil-in contact stress σ_z and displacement u_z .
4. The results of i iteration.

5. Comparison of the in contact stress σ_z and u_z – it is based on the quadratic norms, when it does not change significantly, then the calculation is done and Scia Engineer displays results.
6. 1st step of soil-in – the contact stress is recalculated to the new loading.
7. 2nd step of soil-in – the C parameters are recalculated, new loading is taken from the previous step.
8. 3rd step of soil-in – final C parameters from soil-in - the new input data.
9. New C parameters are used for the next FEM calculation.

There is a message when the last iteration is done.



Quadratic norm to compare the results from the last and the previous iteration

The calculation of the settlement of the subsoil and subsequent determination of the C parameters is performed in a standard way using an iterative process. The result of this process is the state in which the contact stress or displacement u_z in two subsequent iterations does not change significantly. For that reason, the following quadratic norms are evaluated in every j-th iteration:

$$\varepsilon_{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\sigma_{z,i,j} - \sigma_{z,i,j-1} \right)^2 A_i}{\sum_{i=1}^n \left| \sigma_{z,i,j} \cdot \sigma_{z,i,j-1} \right| A_i}$$

$$\varepsilon_u = \frac{\sum_{i=1}^n \left(u_{z,i,j} - u_{z,i,j-1} \right)^2 A_i}{\sum_{i=1}^n \left| u_{z,i,j} \cdot u_{z,i,j-1} \right| A_i}$$

Where:

nnumber of nodes

$\sigma_{z,i}$ contact stress in node i

A_i area corresponding to node i

$u_{z,i}$ global displacement of node i in the z-direction

The iterative calculation is stopped if $\varepsilon_\sigma < 0,001$ or $\varepsilon_u < 0,001$

Theory about the derivation process

In this text we limit ourselves to a brief derivation for the purpose of the explanation that will follow:

1. The formula for the potential energy of internal forces of the 3D model has the following form:

$$\Pi_{3D}^i = \frac{1}{2} \int_V \underline{\underline{\sigma}}^T \underline{\underline{\epsilon}} dV = \frac{1}{2} \int_V \underline{\underline{\epsilon}}^T \underline{\underline{D}} \underline{\underline{\epsilon}} dV$$

2. Neglecting the effect of horizontal components of deformation, we get the following vectors:

$$\underline{\underline{\sigma}} = \left[\sigma_z, \tau_{zx}, \tau_{yz} \right]^T = \underline{\underline{D}} \underline{\underline{\epsilon}}$$

$$\underline{\underline{\epsilon}} = \left[\varepsilon_z, \gamma_{zx}, \gamma_{yz} \right]^T = \left[\frac{\partial w}{\partial z}, \frac{\partial w}{\partial x}, \frac{\partial w}{\partial y} \right]^T$$

3. This means the corresponding simplification of the matrix of physical constants D.

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} E_z & 0 & 0 \\ 0 & G & 0 \\ 0 & 0 & G \end{bmatrix}$$

4. In order to be able to reduce the problem from 3D to 2D, it is necessary to integrate formula 1) over the z-axis. For this reason, a certain "damping function" f_z is introduced and it is defined by the ratio of the settlement in the given depth to the settlement of the surface $w_0(x, y)$.

$$f(z) = \frac{w(x, y, z)}{w_0(x, y)}$$

5. Modifying formulas from step 2) we get:

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \left[w_0(x, y) \frac{\partial f(z)}{\partial z}, \frac{\partial w_0(x, y)}{\partial x} f(z), \frac{\partial w_0(x, y)}{\partial y} f(z) \right]^T$$

6. Substituting formula from step 5) into the formula for the potential energy of body $V = \Omega H$, where Ω is the extent of the 2D model and H is the depth of the deformed zone of the 3D model, we obtain the following formula:

$$\begin{aligned} \Pi_{2D}^i &= \Pi_{3D}^i = \frac{1}{2} \int_V \left[\sigma_z \varepsilon_z + \tau_{zx} \gamma_{zx} + \tau_{yz} \gamma_{yz} \right] dV = \\ &= \frac{1}{2} \int_V \left[\varepsilon_z^2 E_z + (\gamma_{zx}^2 + \gamma_{yz}^2) G \right] dV = \\ &= \frac{1}{2} \int_{\Omega} \left[w_0^2 \int_0^H E_z \left(\frac{\partial f}{\partial z} \right)^2 dz + \left(\frac{\partial w_0}{\partial x} \right)^2 \int_0^H f^2 G dz + \left(\frac{\partial w_0}{\partial y} \right)^2 \int_0^H f^2 G dz \right] d\Omega \end{aligned}$$

7. Integrating over z , we get the formula for the potential energy of internal forces of the 2D model with two parameters C_1^S and C_2^S :

$$\Pi_{2D}^i = \frac{1}{2} \iint_{\Omega} \left[C_{1z}^S w_0^2(x, y) + C_{2x}^S \left(\frac{\partial w_0(x, y)}{\partial x} \right)^2 + C_{2y}^S \left(\frac{\partial w_0(x, y)}{\partial y} \right)^2 \right] d\Omega$$

8. Comparing formulas from step 6) and 7), we can define the relation between the parameters of the general (3D) and surface (2D) model:

$$C_{1z}^S = \int_0^H E_z \left(\frac{\partial f(z)}{\partial z} \right)^2 dz \quad C_{2x}^S = C_{2y}^S = \int_0^H G f^2(z) dz$$

Conclusion:

It is also possible to eliminate the automatic calculation of some C parameters and define them manually. This can be achieved by special adjustment of the subsoil parameters and set the type to Both (!).

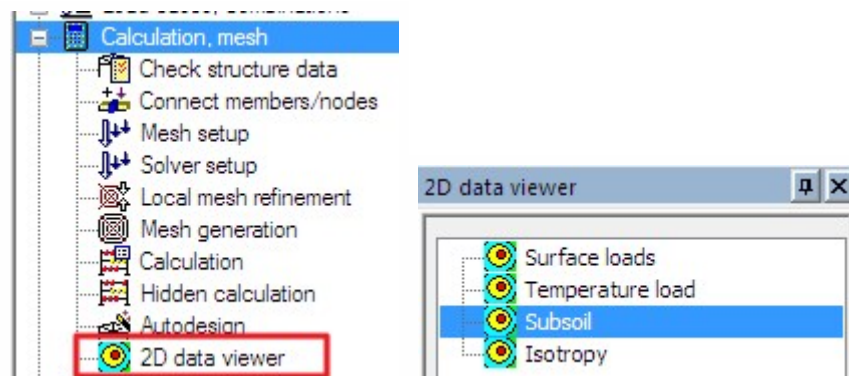
The results of soil-in



The following chapter is currently available only in English.

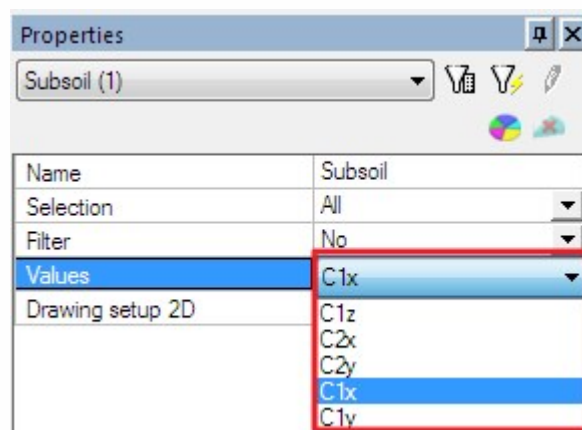
2D data viewer

The soil-in results are available in two different services. In the “Calculation, mesh” service is 2D data viewer. There are results for Subsoil.

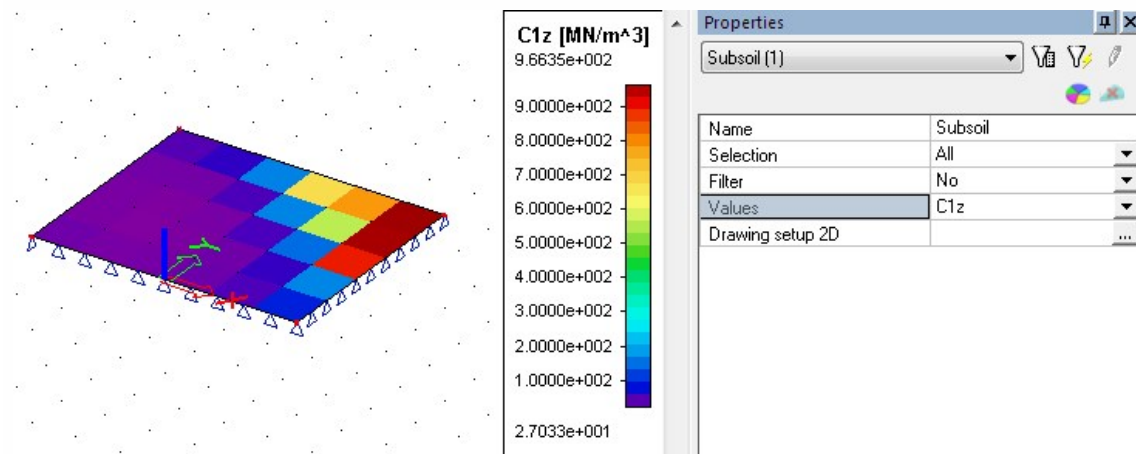


The C parameters are calculated for the mesh on the 2D member. It is displayed by the colour planes.

The results can be displayed for each of C parameters.



The example of calculated C1z:

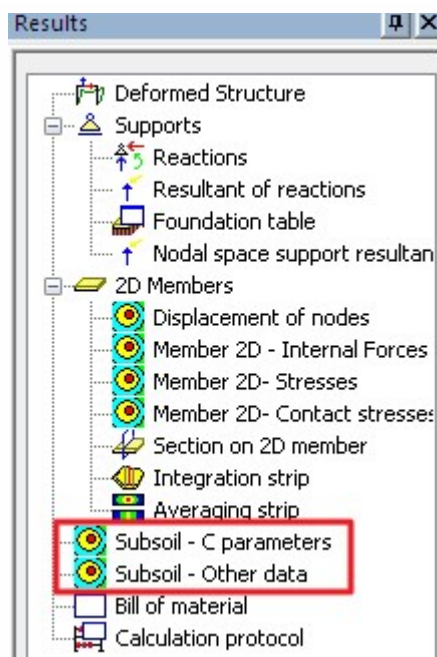


The preview with C parameters in the table can be also displayed in the 2D data viewer.

Results

The service results contain two result previews:

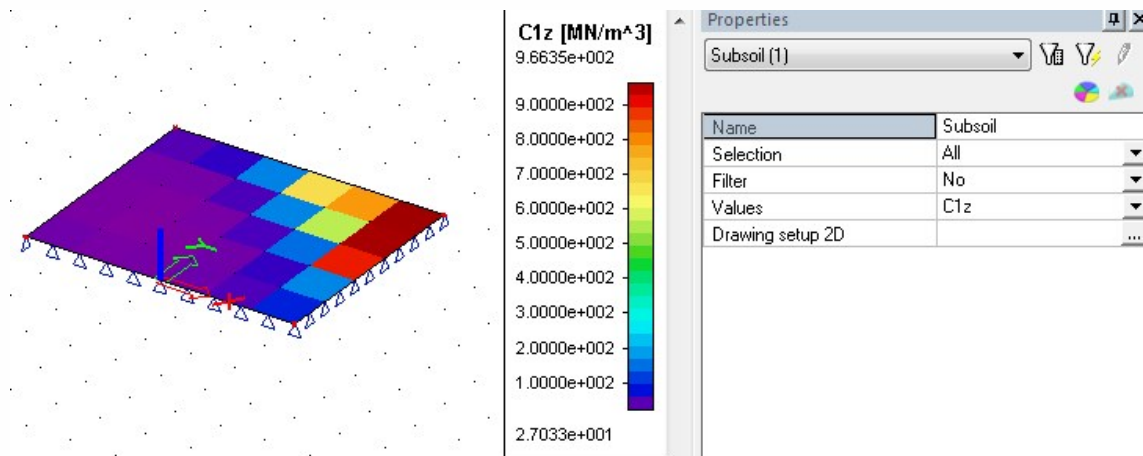
- Subsoil – C parameters
- Subsoil – Other data – this displays settlement (table and diagram for each node)



C parameter results

When the Soilin type of the support is used then the preview Subsoil – C parameters displays the same results as 2D data viewer.

When the Both type of the support is used then the preview Subsoil – C parameters displays results of the soilin calculation and the 2D data viewer display data from the Subsoil library.



Preview

100 % default

Subsoil

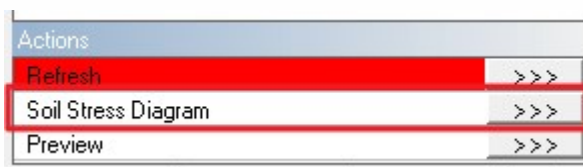
Selection : All
 Combinations : CO1

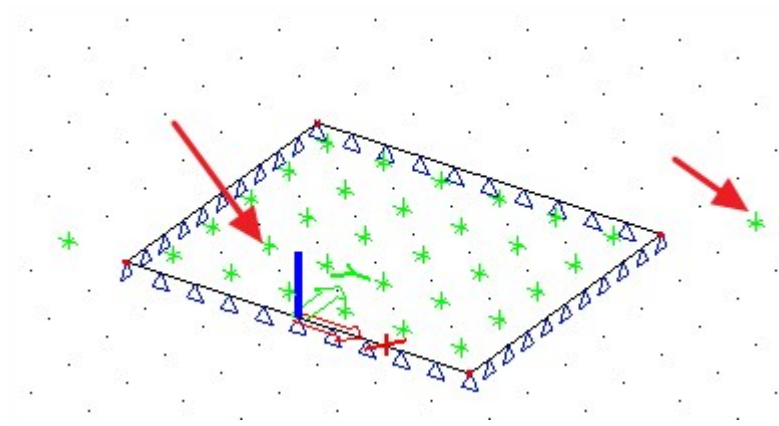
Element	Element 2D	C1z [MN/m ³]	C2x [MN/m]	C2y [MN/m]
1	1	4,6302e+01	4,2853e+00	4,2853e+00
2	2	5,9524e+01	5,1483e+00	5,1483e+00
3	3	1,6604e+02	2,3392e+00	2,3392e+00
4	4	6,7508e+02	1,1691e+00	1,1691e+00
5	5	7,8548e+02	1,7111e+00	1,7111e+00
6	6	9,6635e+02	1,6222e+00	1,6222e+00
7	7	3,3599e+01	5,4404e+00	5,4404e+00
8	8	3.3604e+01	6.6200e+00	6.6200e+00

Element

Soil stress diagram

The "Subsoil – Other data" allow to display Soil structure strength diagram for calculated points. The points are displayed by the action button "Soil stress diagram".



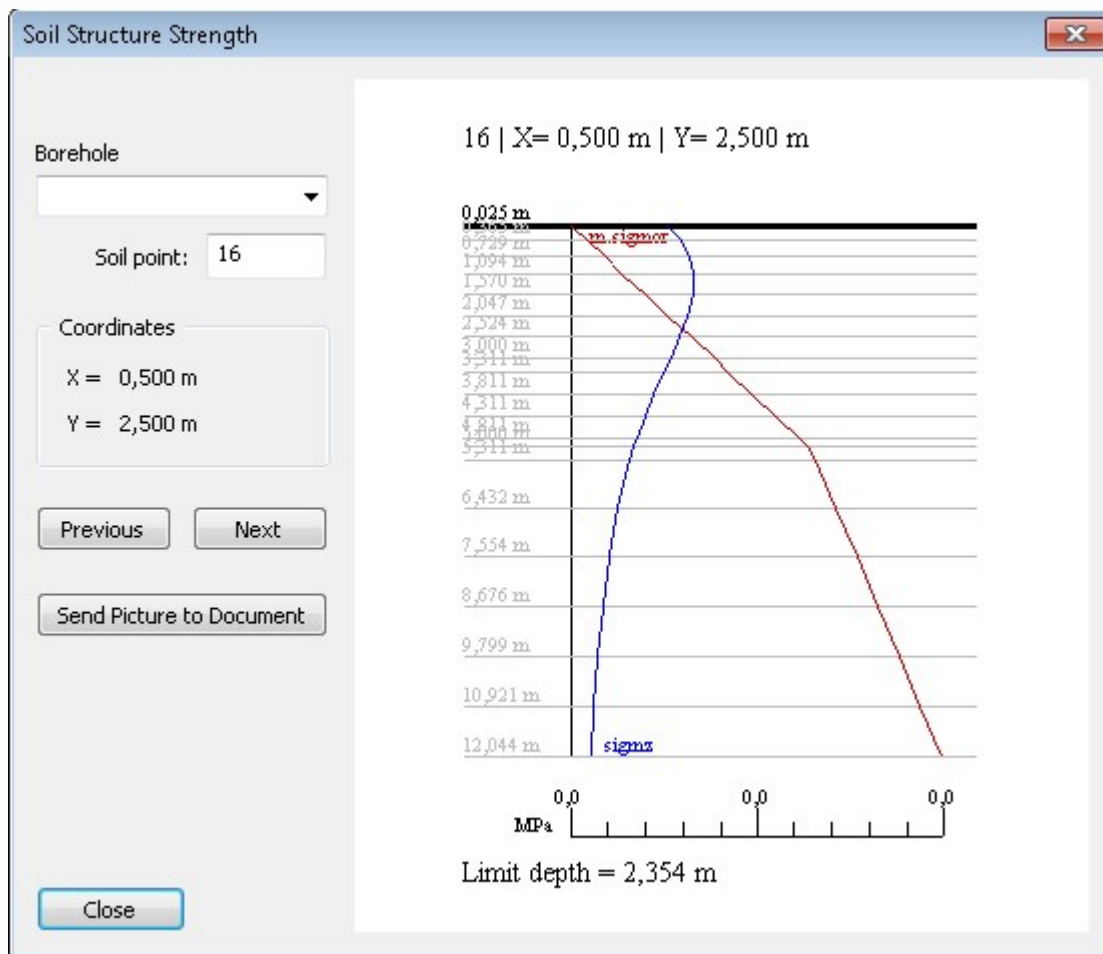


Green vertexes on the plate are centres of elements from 2D mesh. Two green vertexes outside the plate are inserting points from boreholes.

Points are displayed as a green vertex. The vertical axial components of stress and the structure strength (consequently the depth of the deformed subsoil zone) can be displayed for all points from the 2D mesh and for the inserting points of the boreholes. User just selects the point and the diagram is displayed.

If the borehole is defined as “Results only”, then the point is available for displaying the diagram.

Example of the dialogue Soil Structure Strength:



Previous:

Display the Soil Structure Strength for the previous node

Next:

Display the Soil Structure Strength for the next node

Borehole:

Display the Soil Structure Strength for the selected borehole inserting point

Soil point:

Node number

 $m \cdot \sigma_{or}$:

The original soil stress

 σ_{z} :

The overstress

See more about [Soil Structure Strength diagram here.](#)



There are two lines - $m \cdot \sigma_{or}$ and σ_{z} . According to theory, settlement will occur if $\sigma_{z} > m \cdot \sigma_{or}$.

Settlement table

The table is displayed in the Subsoil – other data results. The preview table contain values w for each node.

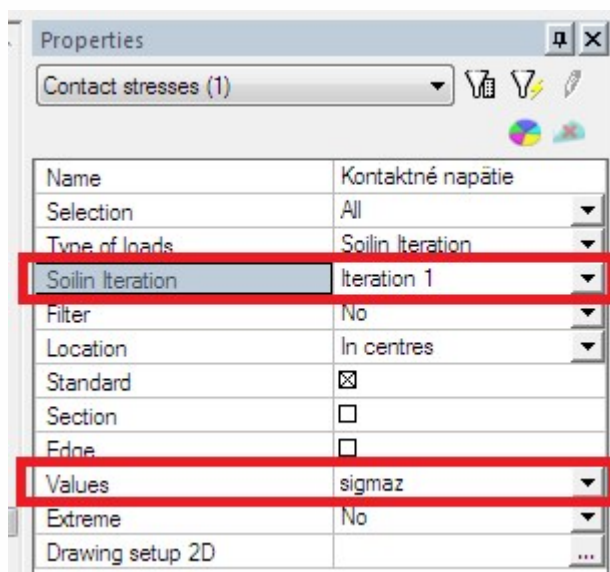
The settlement w is different from displacement u_z of the foundation plate because w is calculated without stiffness of structure and from the penultimate iteration. Therefore it is useful to watch values w only outside the foundation.

Preview			
100 %			
Subsoil - Other data			
Selection : All			
Combinations : CO1			
Element	X [m]	Y [m]	w [mm]
1	-2,500	4,500	0,4
2	-1,500	4,500	0,2
3	-0,500	4,500	0,0
4	0,500	4,500	0,0
5	1,500	4,500	0,0
6	2,500	4,500	0,0
7	-2,500	3,500	0,8
8	-1,500	3,500	0,6
9	-0,500	3,500	0,3

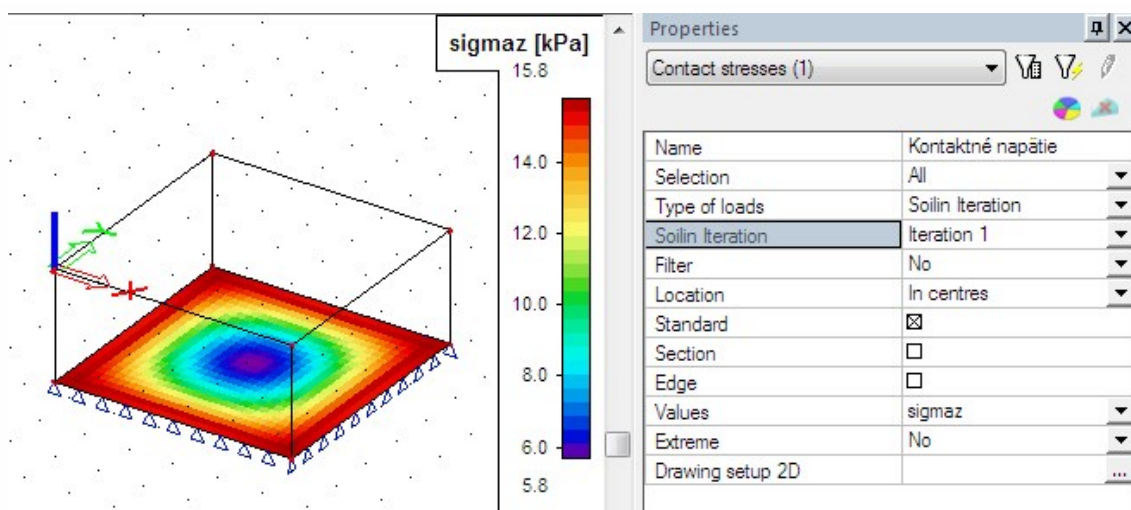
Results for each iteration cycle

When the soil-in won't finish its iteration process in a standard way, the calculation ends after the predefined number of cycles (the solver setup). User can display the contact stresses on the plate for each cycle separately so he is able to find the problem.

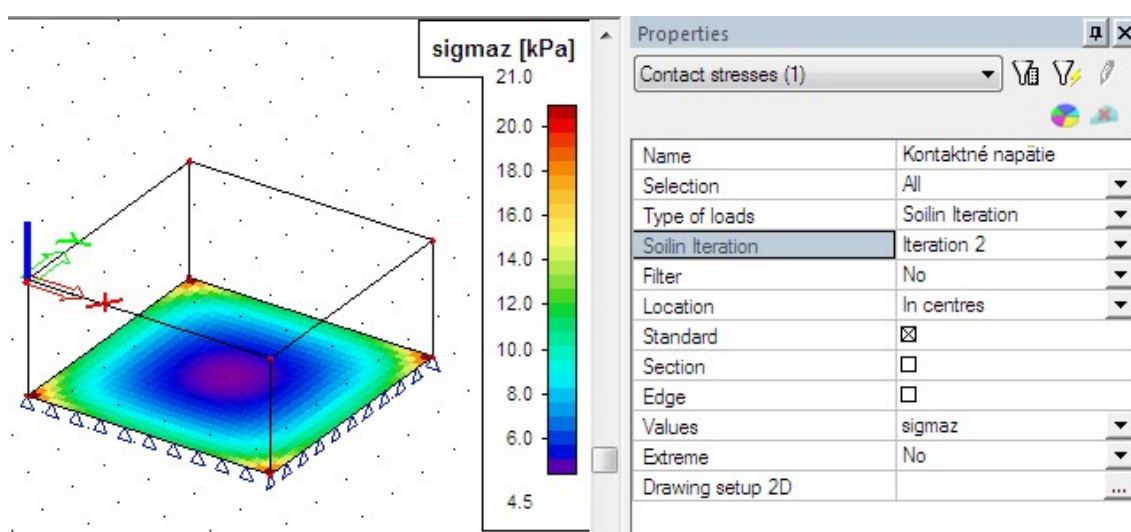
The calculated contact stresses for each iteration cycle can be found in the results.



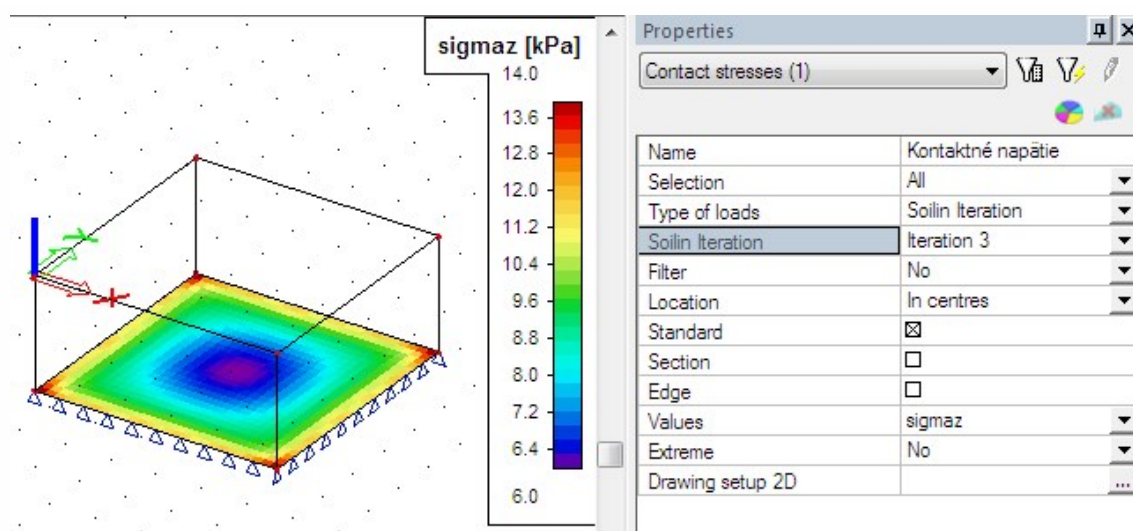
The first iteration cycle



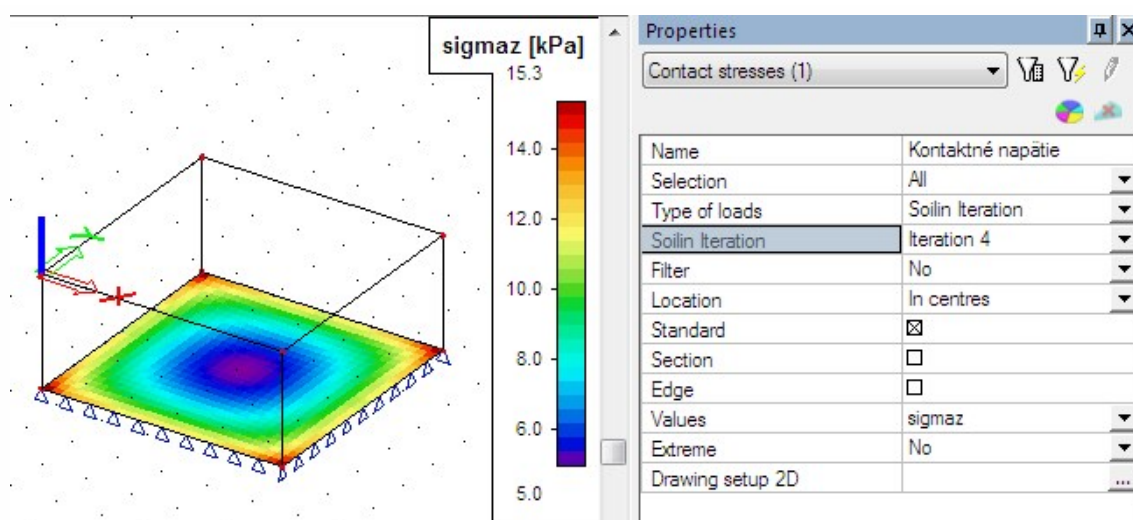
The second iteration cycle



The third iteration cycle



The fourth iteration cycle



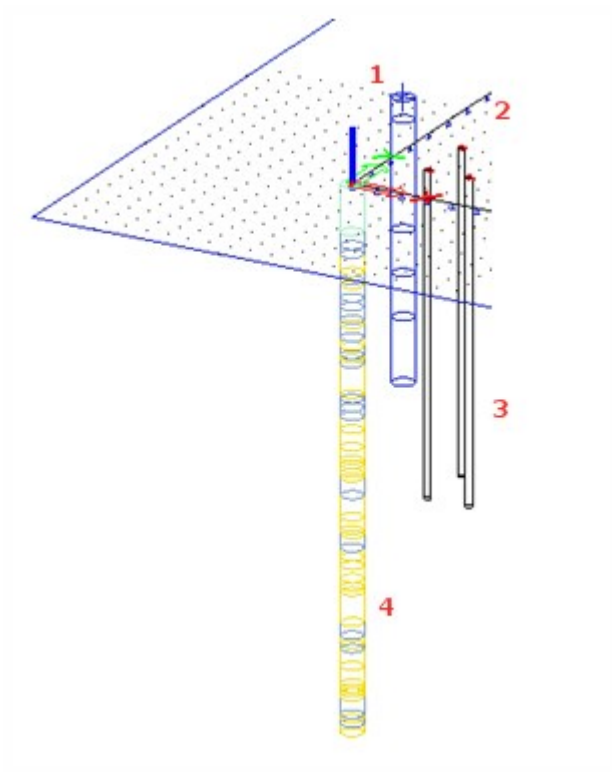
The additional springs are automatically added on the edges if soilin calculation doesn't recognize additional plates around the support. See chapter [Advanced tips](#).

Soil-in and Pile design

The following chapter is currently available only in English.

Soil-in is a tool for calculation stiffness of the subsoil half-space. The pile is a type of support. Soil-in and piles can be used in one project and system will calculate it together.

Soil-in and Piles are using two different types of boreholes. Piles are based on the CPT profiles; soil-in boreholes are user-defined by layers. Both types of boreholes must be inserted in the project if the user wants to calculate soil-in and pile design.



1. Borehole profile for soil-in
2. Surface support for soil-in
3. Piles for Pile design
4. CPT profile for Pile design

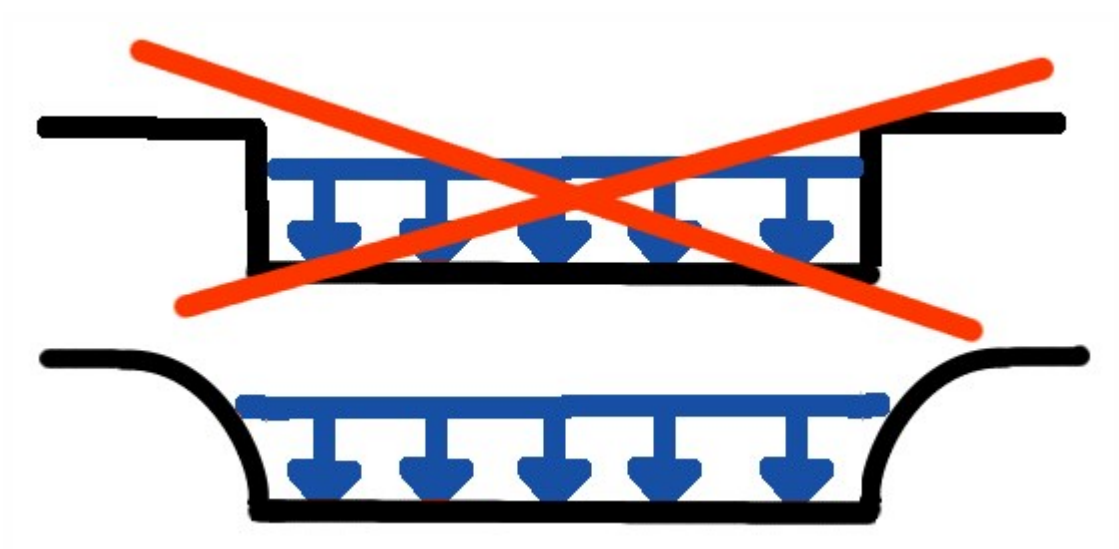
Advanced tips



The following chapter is currently available only in English.

The effect of the subsoil outside the structure

The nearest subsoil around the loaded structure is also affected by its settlement. The better realistic picture how it works in the reality is displayed below.

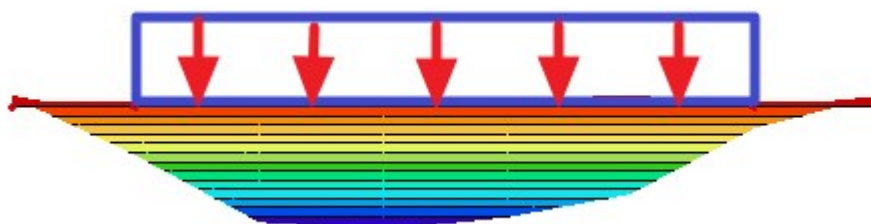


Calculation of the nearest surrounding of the structure is a specific use case. It is recommended to add one more plate to the structure for this purpose – additional subsoil element.

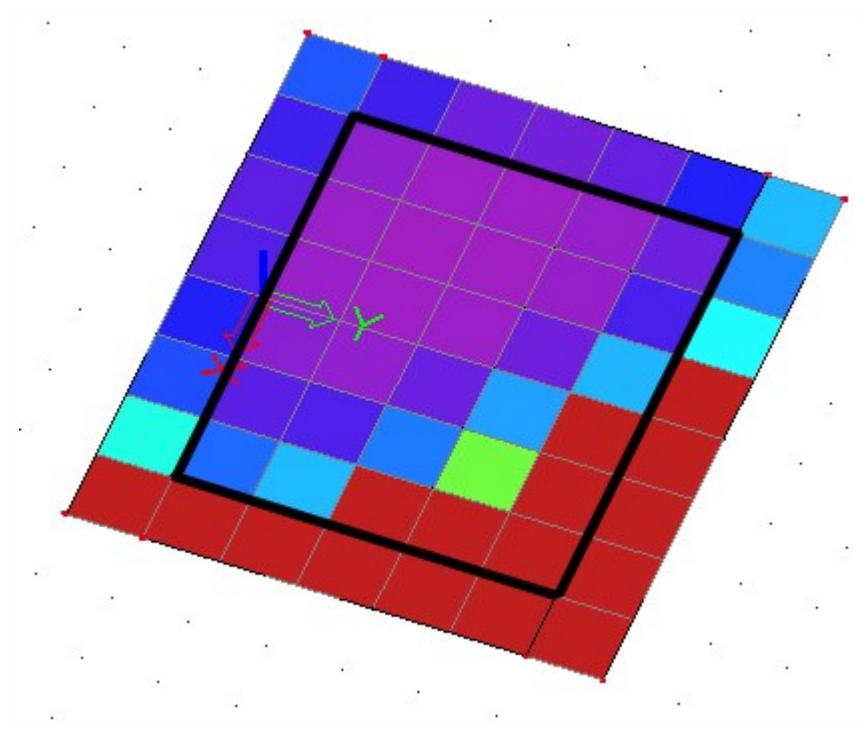
The new plate should be inserted with the minimum thickness (e.g. 0,01mm) and placed next to the foundation.

The C parameters for this affected subsoil around the structure are calculated this way also.

The deformed subsoil calculated by the Scia Engineer:



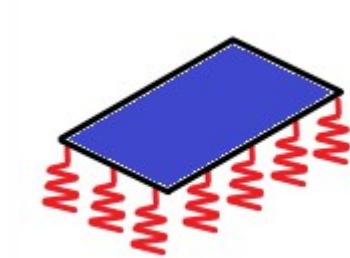
Calculated C parameters:



The structure is marked by the black rectangle and around this is one more plate - surrounding plate – with thickness 0,001mm.

Automatic calculation of the edge supports

When user don't use any subsoil elements then the program will eliminate the neglect of the subsoil on edges by an automatic inserting of vertical supports on the foundation edges.



The calculation of those supports is based on already known C parameters. The program try to support the plate in the same way as it should be supported by the subsoil itself. This leads to approximate model where the sum of reaction is contact stress with reactions in those nodes.

This solution can be sometimes undesirable – e.g. if there is a second foundation near by the calculated one or there is some other support under or near the foundation edge.

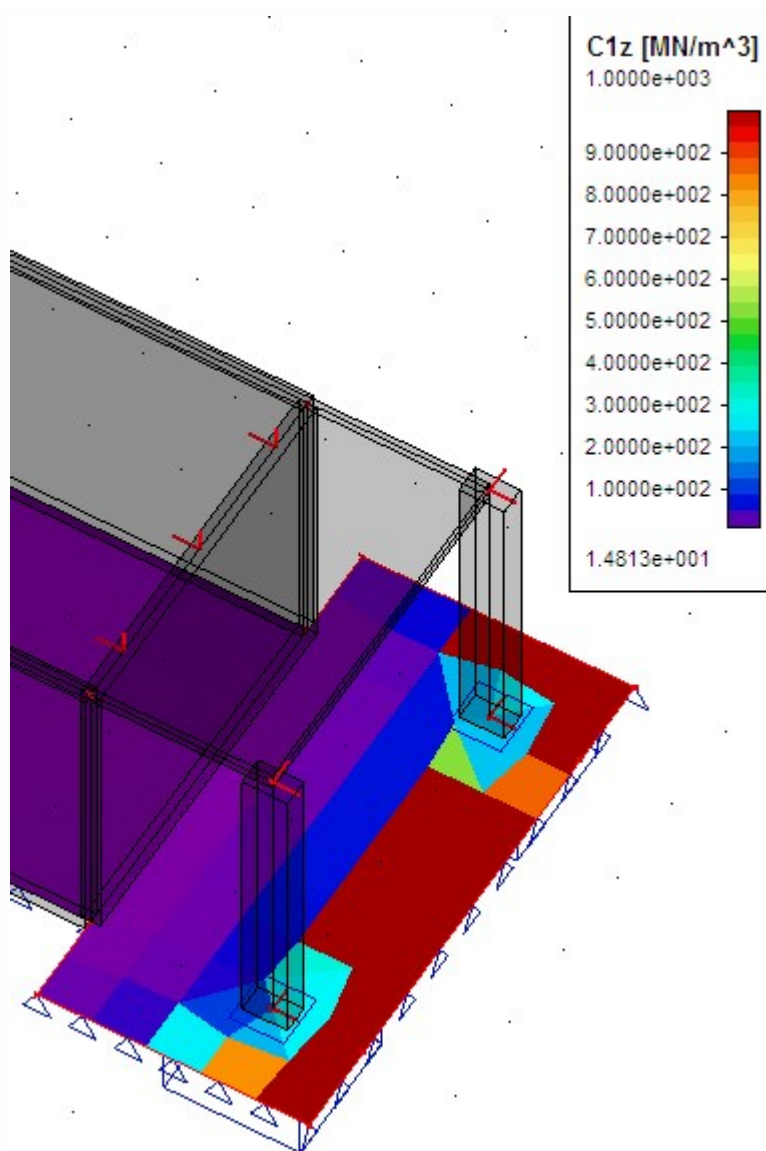
This automatic input can be avoided manually. User can insert a spring with a small stiffness on the plate edges and then the system won't use automatic input of vertical supports. This could be the additional subsoil elements.

Pad foundation and soil-in

The pad foundation is not connected with the soil-in calculation.

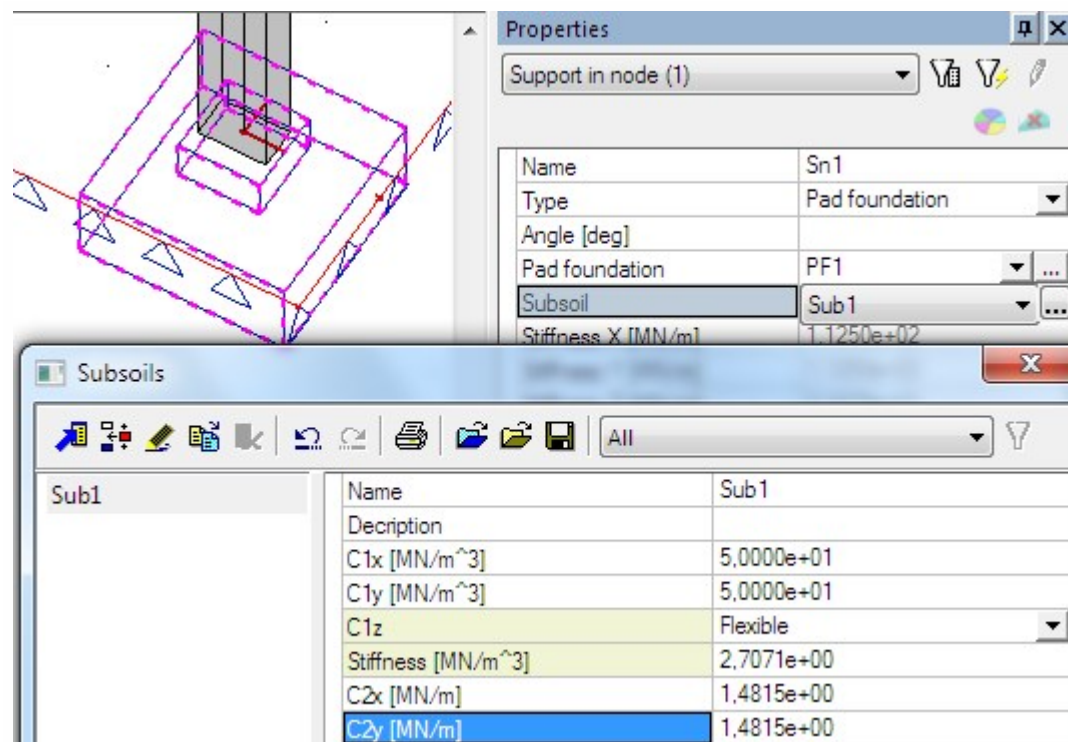
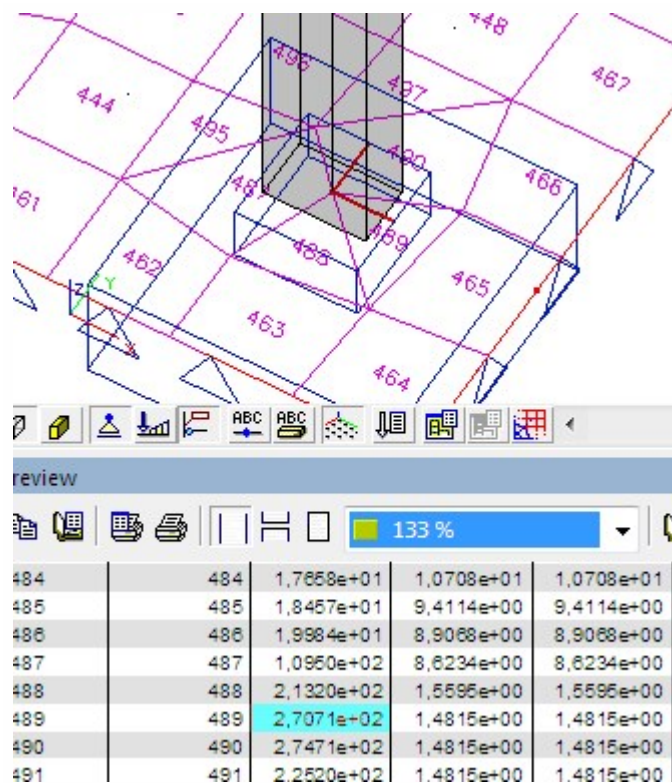
How to use soil-in for the pad foundation check:

1. Create additional structure to calculate the C parameters in the nearest surrounding (it is described in the previous tip)



Calculated C parameters on the surrounding plate → C parameters for the pad foundation

2. Calculated C parameters can be used in the Subsoil library. Put the values from the table to the Subsoil library.



- Run the linear calculation again.
- Check the pad foundation in a standard way.

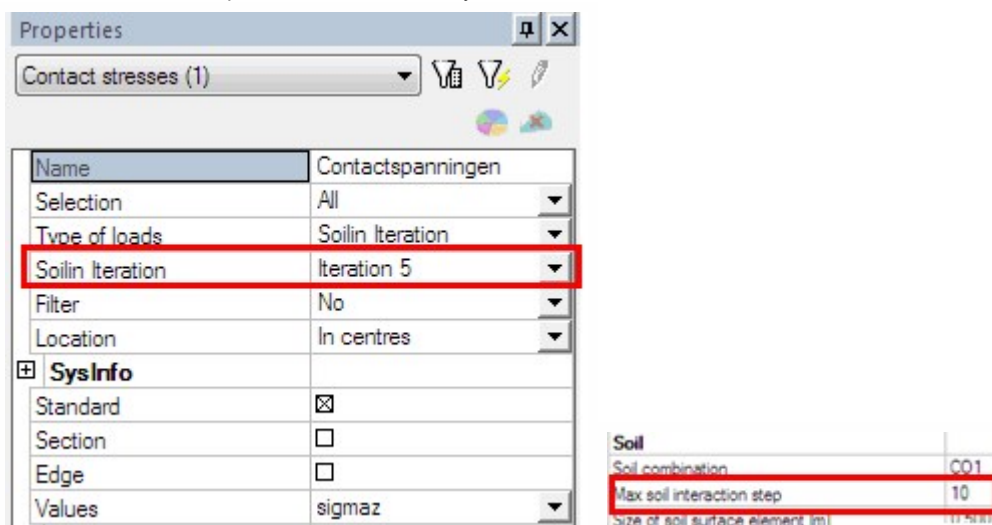
What if the model is correct but the iteration is not finished

Sometimes the model is correct but some circumstances may cause unfinished iterative process. The results in cycles don't lead to one set of C parameters but on the contrary, the results are more and more different.

This can be caused by some tensions in the foundation plate, specific foundation members and similar problems.

How to solve those problems:

1. It is necessary to check the model. It must be correct – the mesh elements are not triangular, the element's Z axis is upward, the foundation plate must be under the soil surface and so on.
2. Check the iteration cycles in results – contact stresses, type of loads – soilin iteration.
First few iteration cycles will be probably quite OK and after some time the results become messy.
Find one cycle (between those correct ones) where the results seem to be close to the reality – e.g. 5th cycle. Use this value in the solver setup for number of iteration cycles.

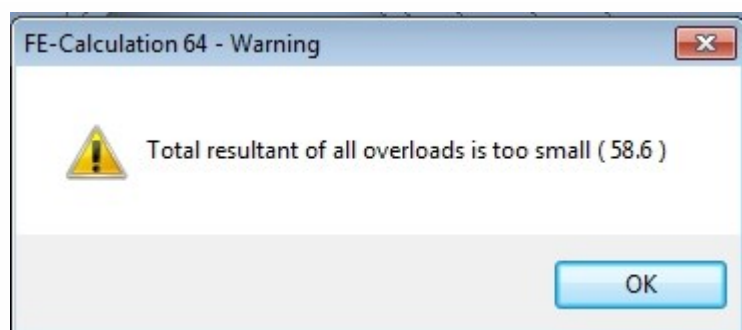


3. Start the linear calculation again, it will be finished after the 5th iteration cycle with results most closest to the reality.
The correct cycle is between 2nd and 5th cycle in the most cases.

What if the load is wrongly inserted?

When the plate is not in compression, then soilin cannot be calculated properly.

There could be a message about wrong total resultant:



This may happen when loads are from the bottom to the top, or when there is some change in local LCS of the plate.

What if the symmetrical structure gives non-symmetrical results?

This may happen when additional subsoil elements are not added around the structure.

Also when the soilin didn't find the correct result and calculation is stopped too soon. (For example when solver setup defines only few soilin cycles.)

How to use additional plates

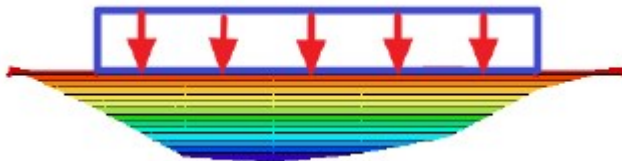


The following chapter is currently available only in English.

Soilin is a tool which calculates C parameters of the subsoil under the surface support. Using the additional plates around the support provides more realistic results.

About C parameters:

1. C parameters are parameters of interaction, so their value depends on the structure, load, stiffness and subsoil. Change in any of those parts causes different C parameters.
2. The whole plate is supported vertically by the soil stiffness – parameter C_1 (winkler) and also in the shear direction – parameter C_2 (pasternak).
3. The plate edges are more supported by the C_2 parameters because it is affected by neglecting.
4. The area around the support is affected by the shear stiffness of the soil and the decrease basin is created.

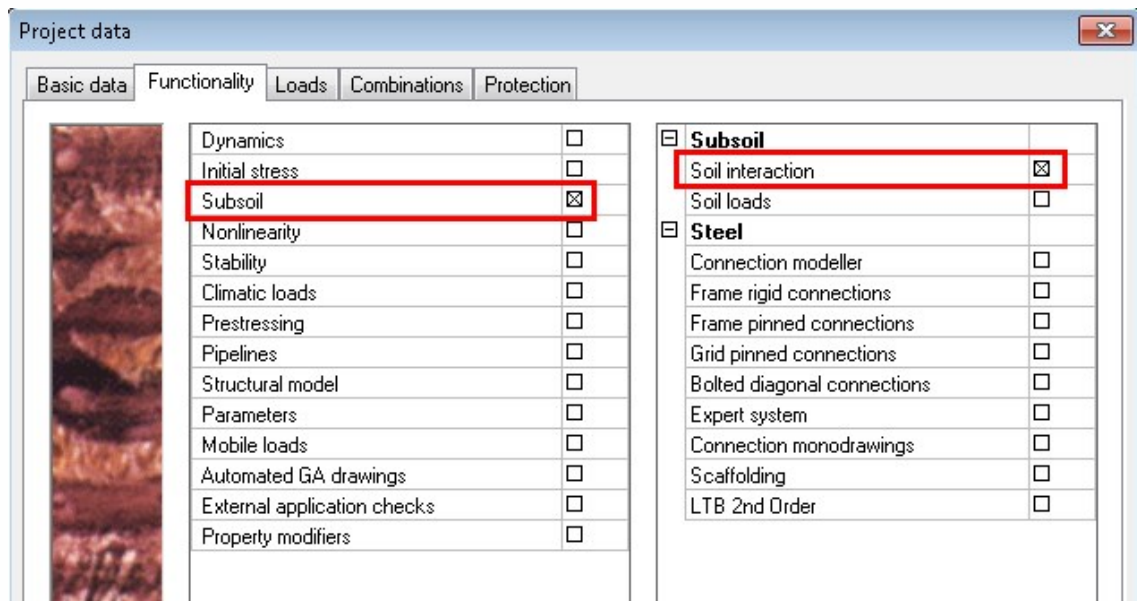


5. The decrease basin can be substituted by spring supports around the plate – this is done automatically in Scia Engineer when user don't add plates around.
6. When user uses the plates around the support, the springs are not added and the C parameters are calculated for the whole area.

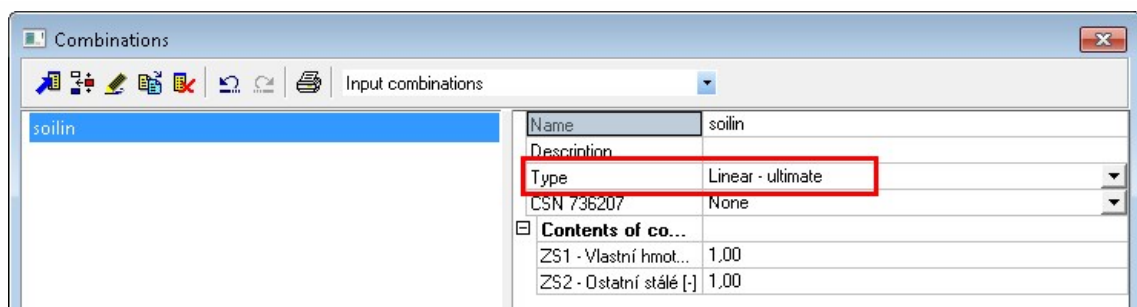
-> The next text describes how to create plates around the support - additional plates.

Settings for soilin calculation

1. The functionality Subsoil and Soil iteration must be checked.



2. One combination must be linear - this combination is used for soilin calculation.

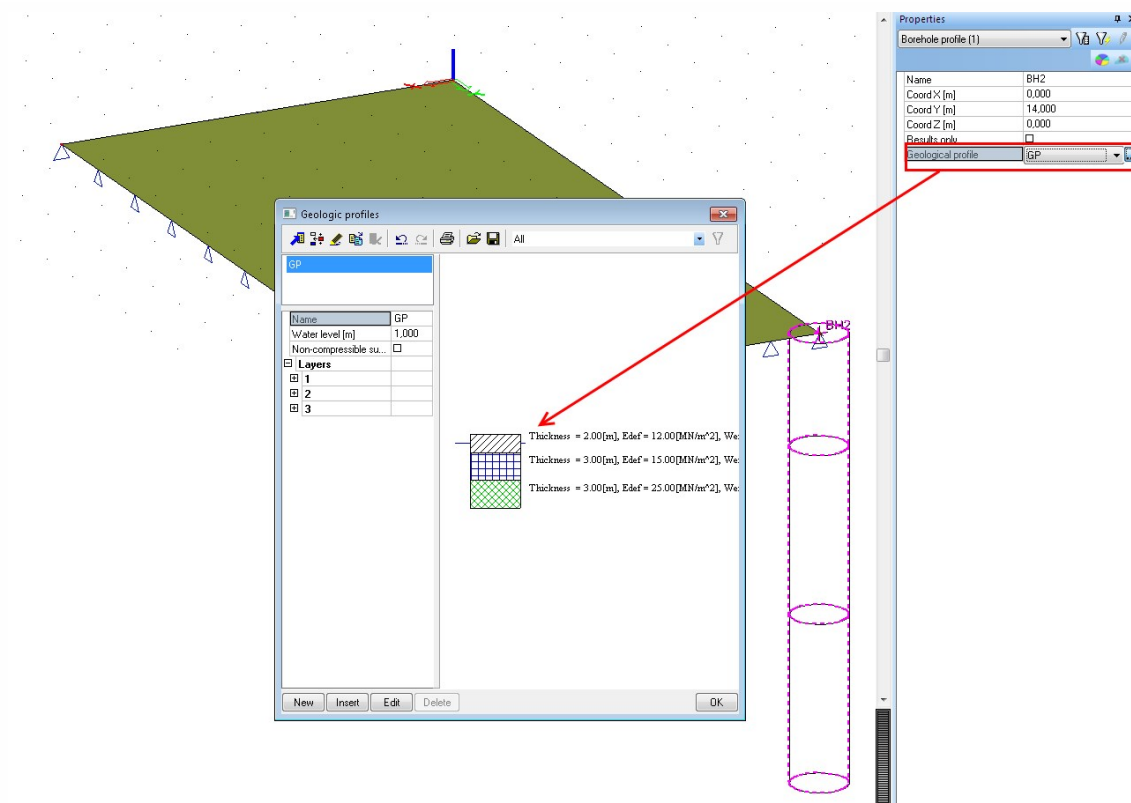


3. This linear combination must be selected in Solver setup to run soilin with it.

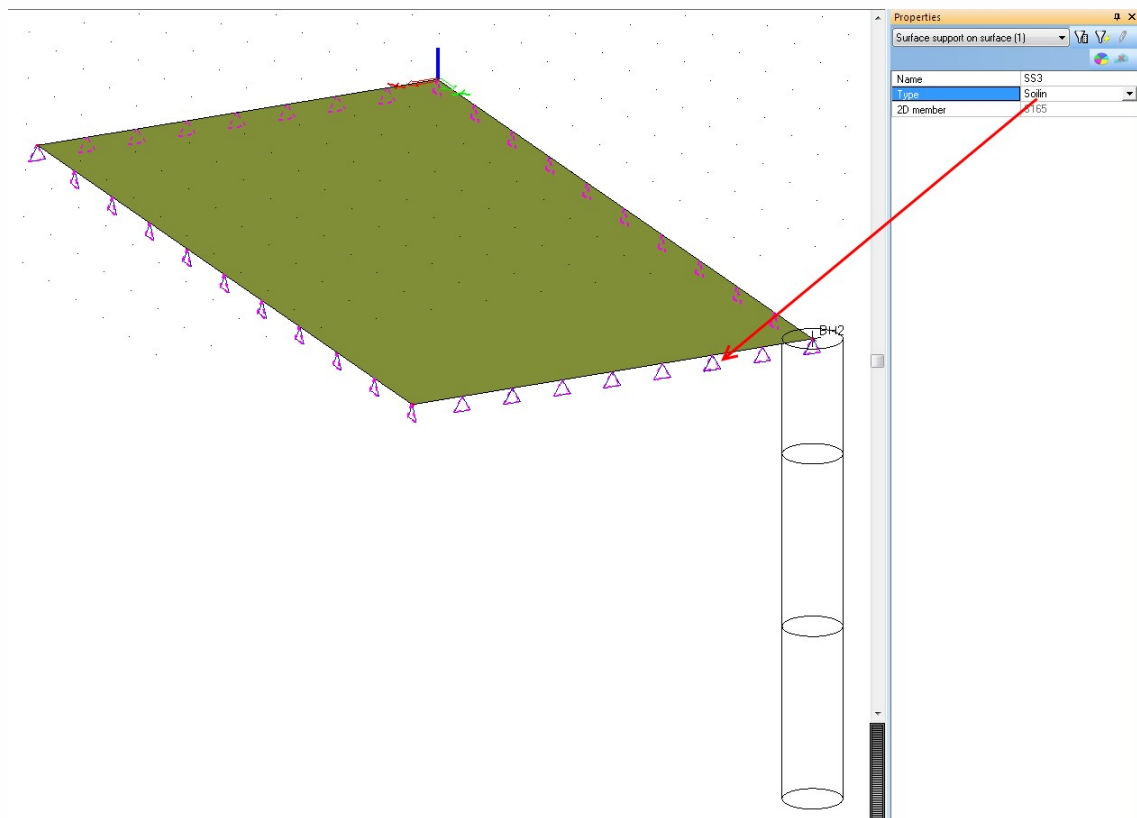
Solver setup

Name	
Solver	
Run one nonlinear combination	☐
Neglect shear force deformation ($A_y, A_z \gg A$)	☐
Bending theory of plate/shell analysis	Mindlin
Type of solver	Direct
Number of thicknesses of rib plate	20
Number of sections on average member	10
Maximal acceptable translation [mm]	1000,0
Maximal acceptable rotation [mrad]	100,0
Print time in Calculation Protocol	☒
Coefficient for reinforcement	1
Soil	
Soil combination	soilin
Max soil interaction step	5
Size of soil surface element [m]	0,500
C1x [MN/m ³]	1,0000e-01
C1y [MN/m ³]	1,0000e-01
C1z [MN/m ³]	1,0000e+01
C2x [MN/m]	5,0000e+00
C2y [MN/m]	5,0000e+00

4. The project must contain borehole with geologic profile.

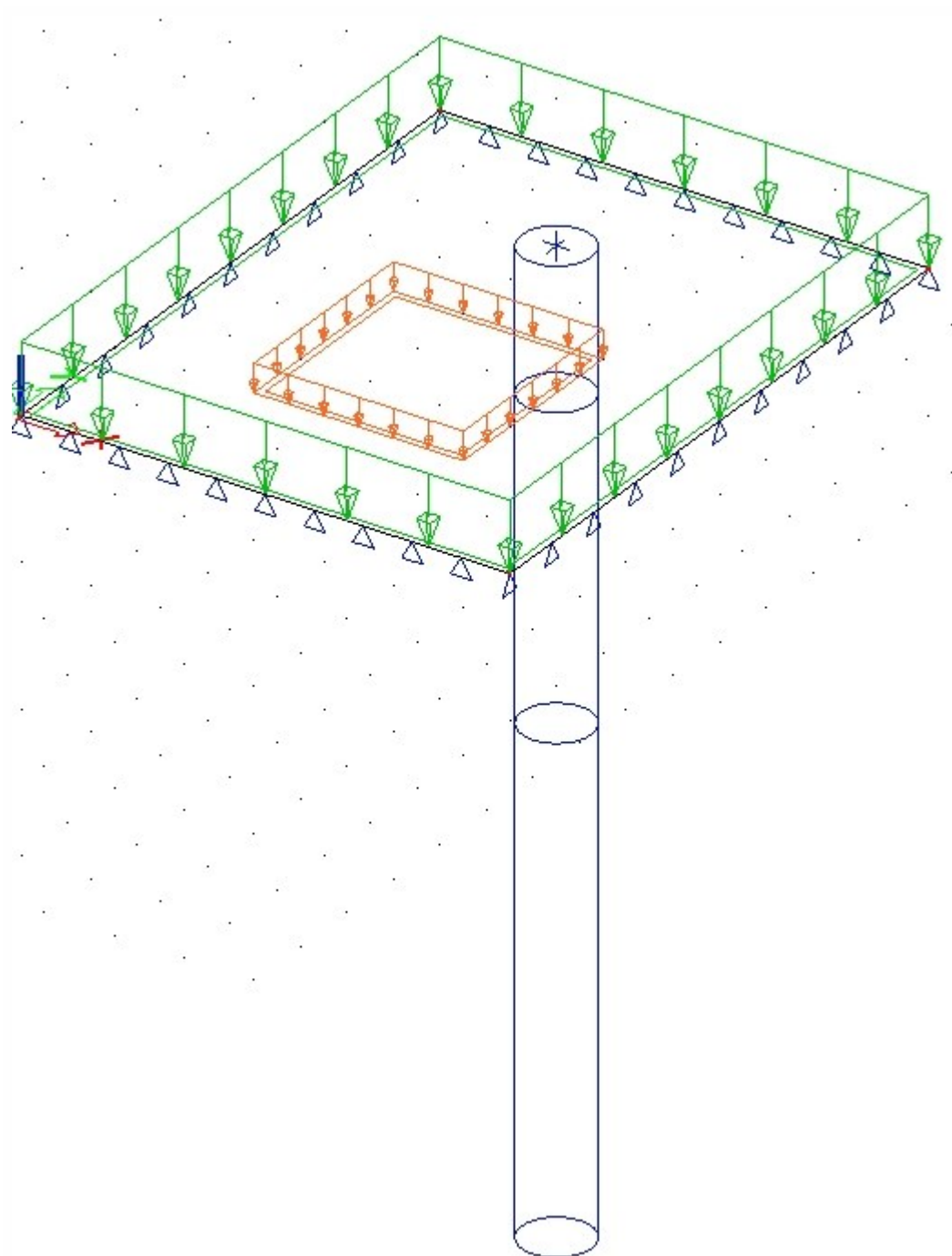


- The project must contain surface support type soilin.

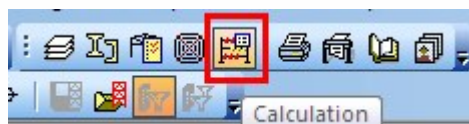


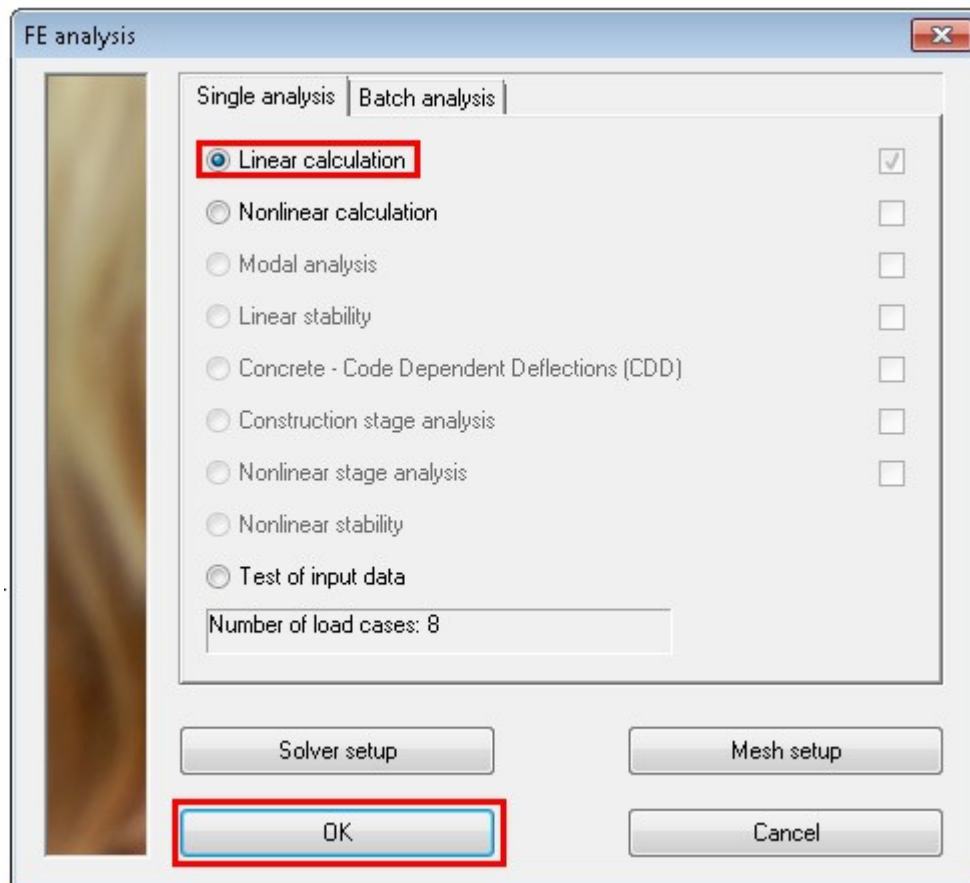
How to calculate the plate without soilin

- Open the project "[soilin_start.esa](#)".
- There is one plate with the surface support type Individual. This type of the support has a constant parameters C_1 and C_2 .

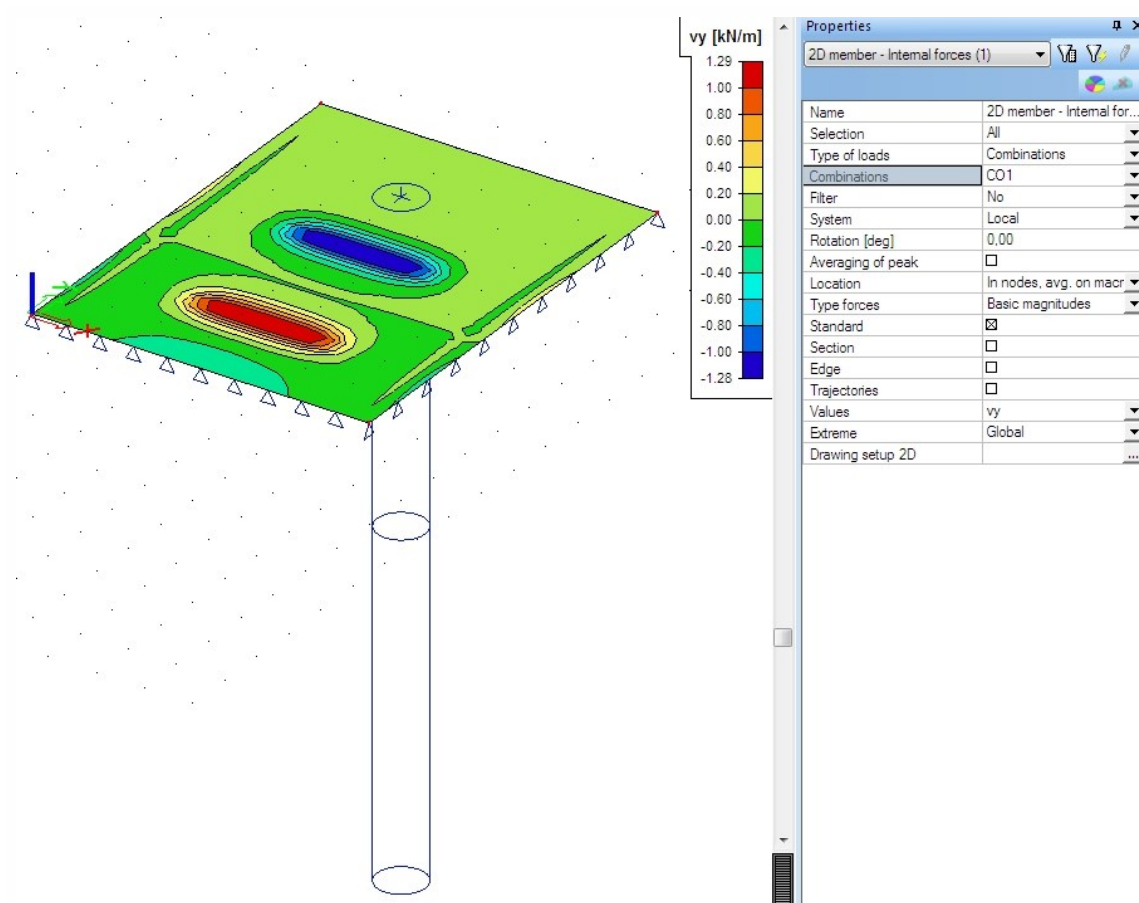


3. Run the linear calculation with the default settings.



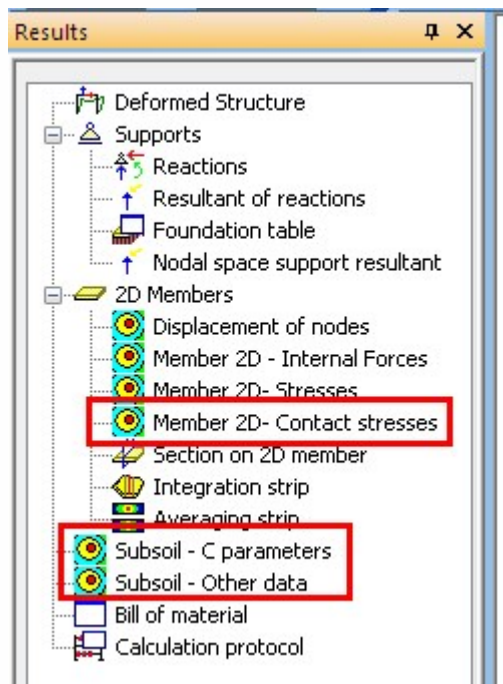


4. Go to the service Results. Display the results for internal forces. There are no results for C parameters.
5. Internal forces - for example v_y :

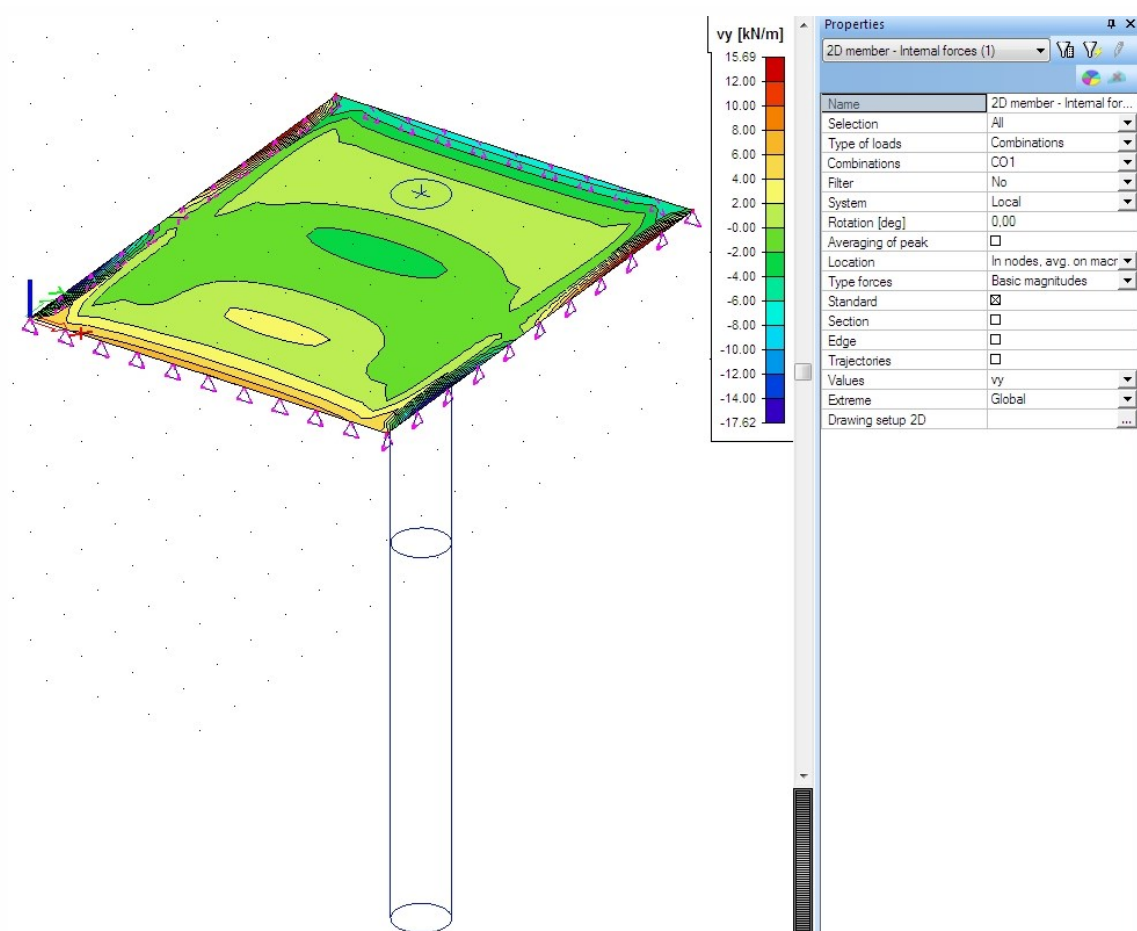


How to calculate the plate with soilin.

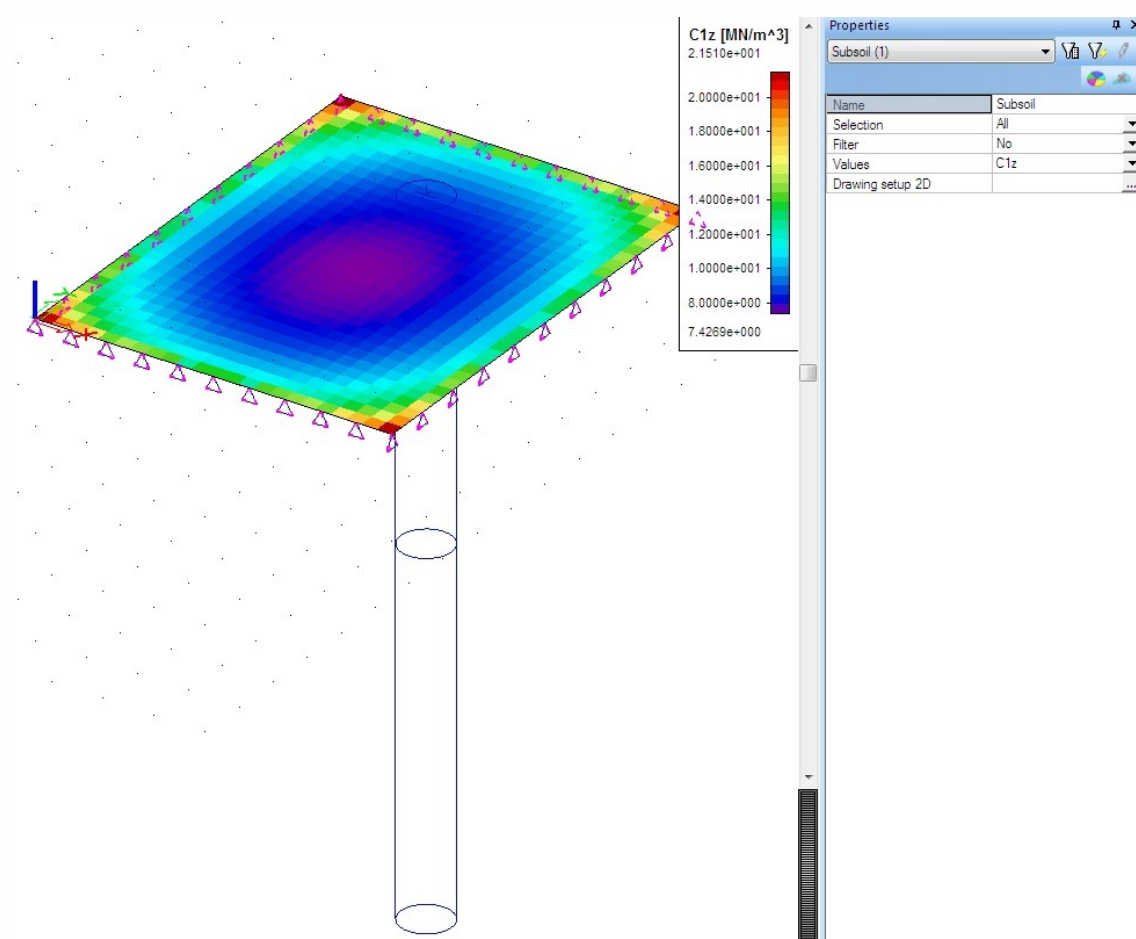
1. Change the support type to soilin.
2. Run the linear calculation again.
3. Go to the service Results. Display the results for internal forces and soilin for combination C01.



4. Internal forces - v_y :



5. Subsoil - C parameters - parameter C1z:



6. Subsoil - Other data (see the preview with the table for the settlement):

Preview

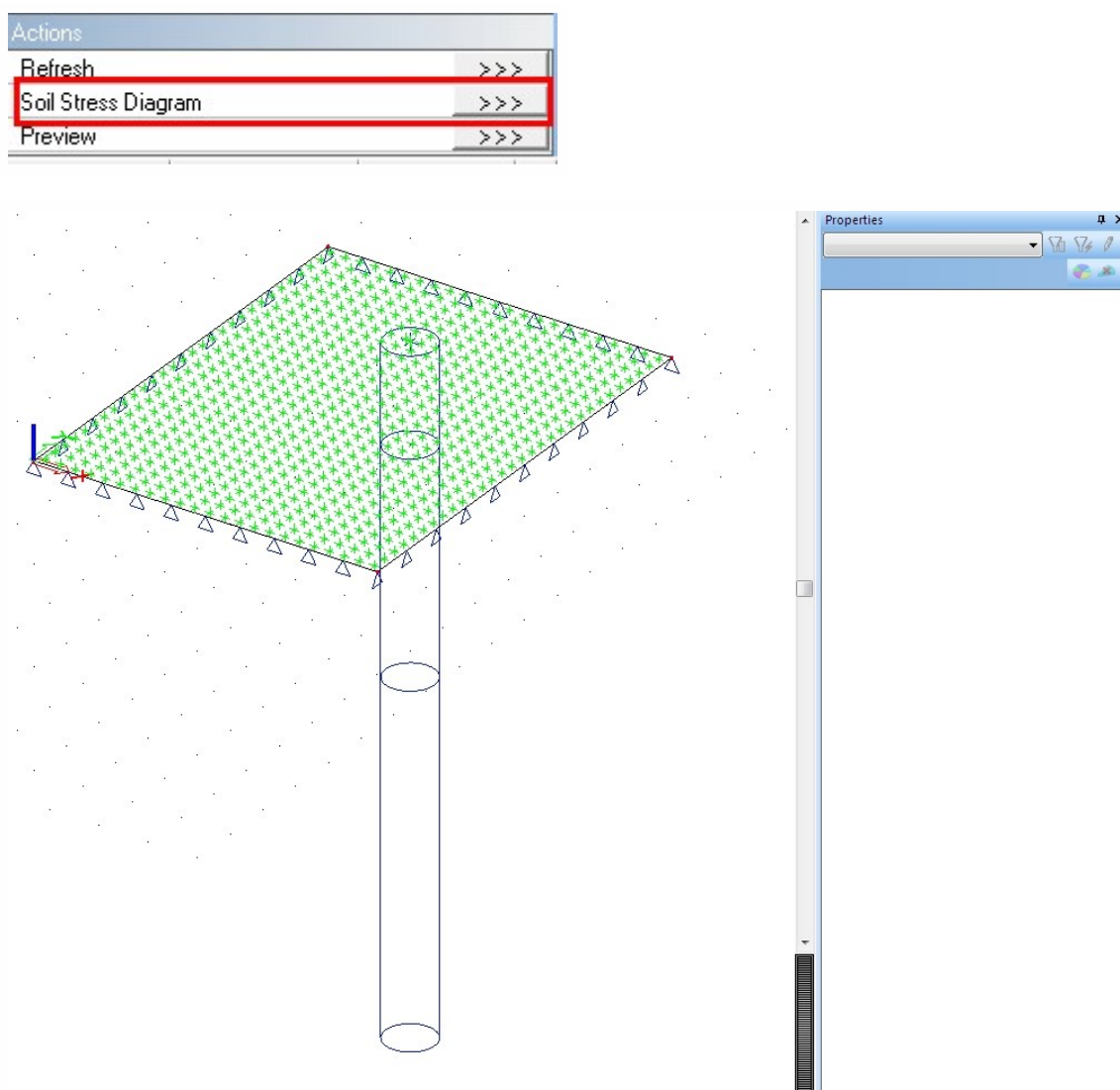
120 %

Subsoil - Other data

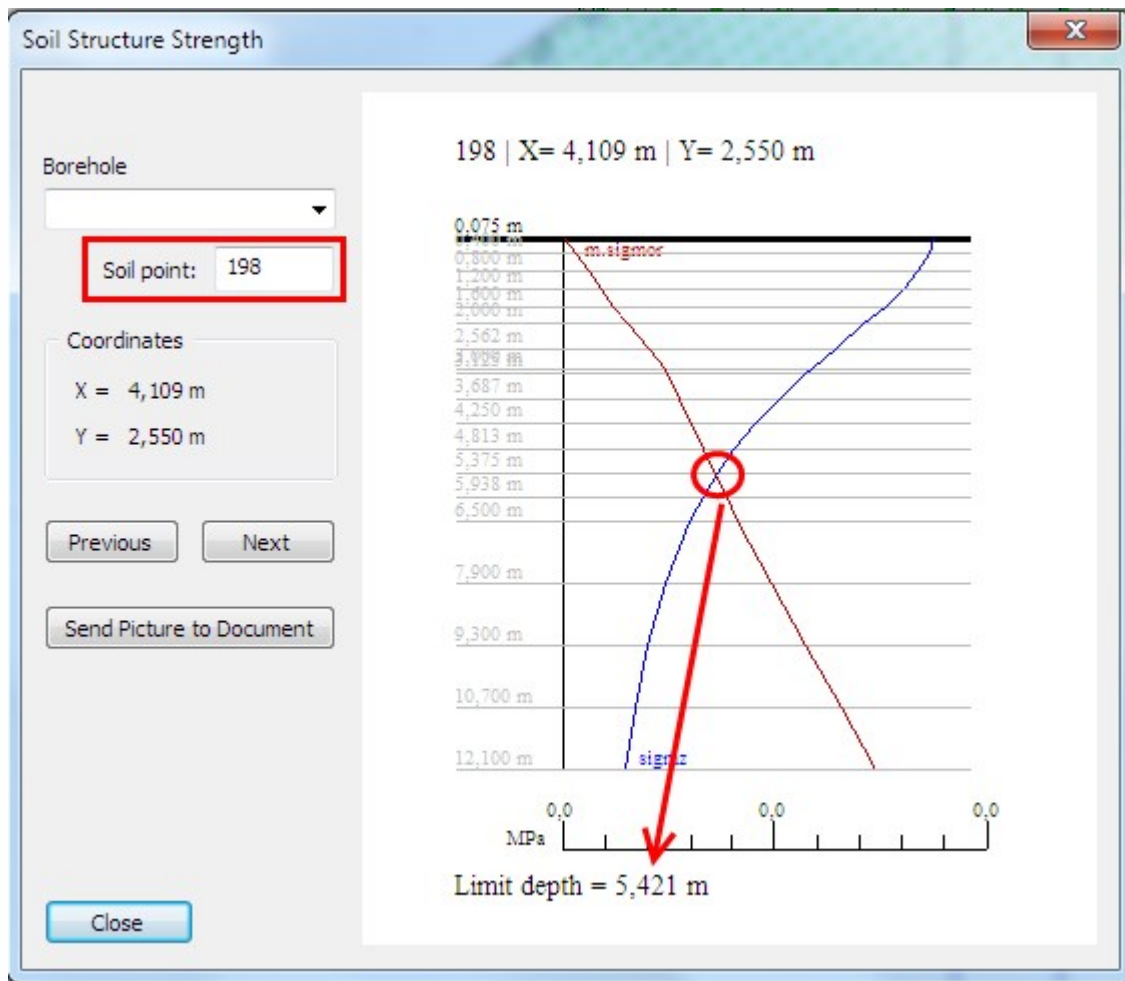
Selection : All
Combinations : CO1

Element	X [m]	Y [m]	w [mm]
1	0,152	0,150	0,7
2	0,457	0,150	1,1
3	0,761	0,150	1,5
4	1,065	0,150	1,8
5	1,370	0,150	1,4
6	1,674	0,150	2,0
7	1,978	0,150	2,2
8	2,283	0,150	2,4
9	2,587	0,150	2,3
10	2,891	0,150	1,8
11	3,196	0,150	2,4
12	3,500	0,150	2,4
13	3,804	0,150	2,4
14	4,109	0,150	1,8
15	4,413	0,150	2,4
16	4,717	0,150	2,3
17	5,022	0,150	2,2
18	5,326	0,150	1,9

7. Subsoil - Other data - use the action button "Soil Stress Diagram" and select one green vertex:



8. A new dialogue appears - there is a stress diagram for the selected mesh element:

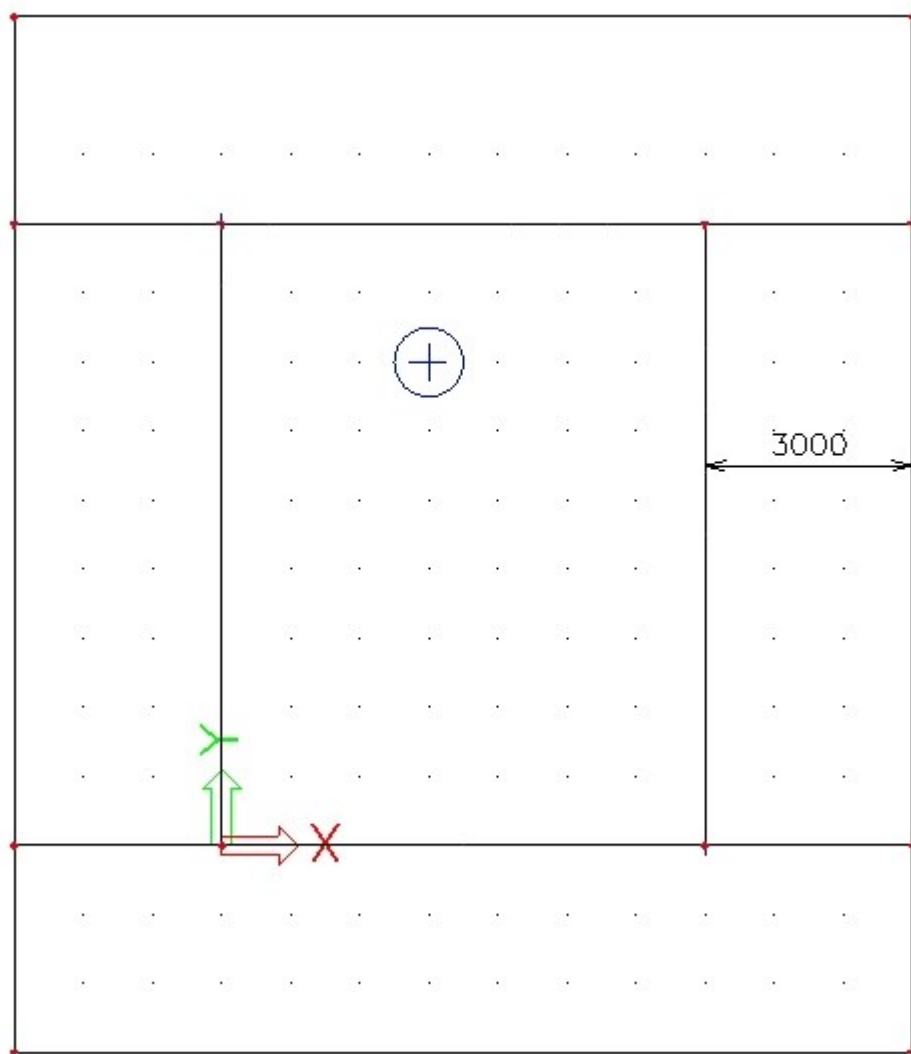


9. Close the dialogue.
10. Use ESC to finish the action.

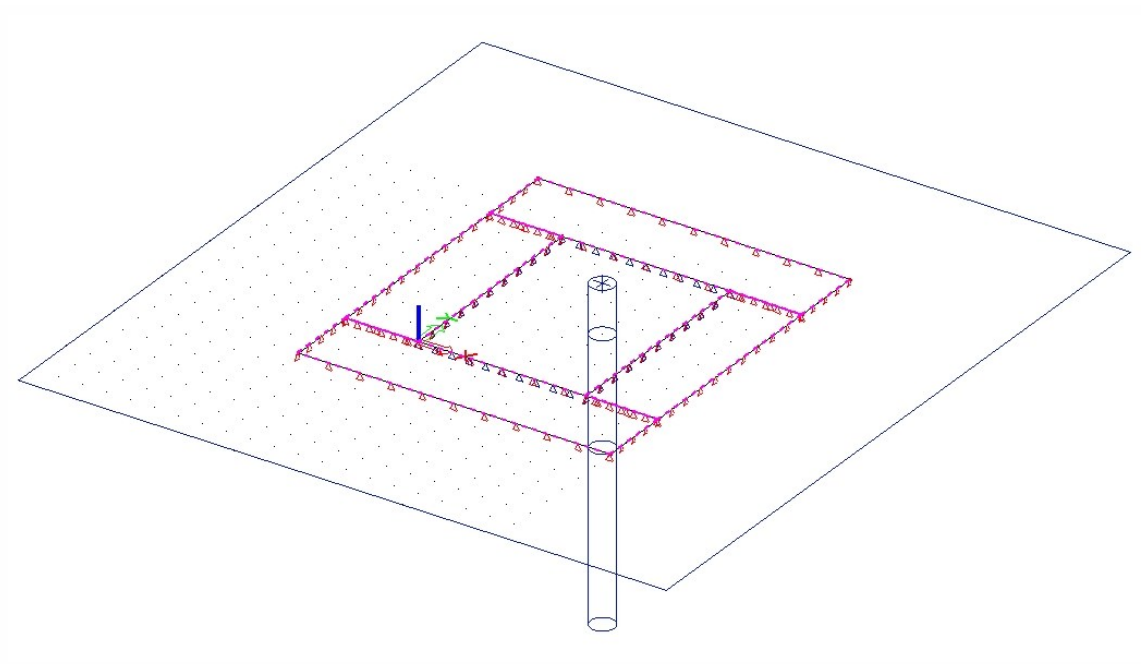
The edges of the plate are supported by springs automatically.

How to create the additional plates around

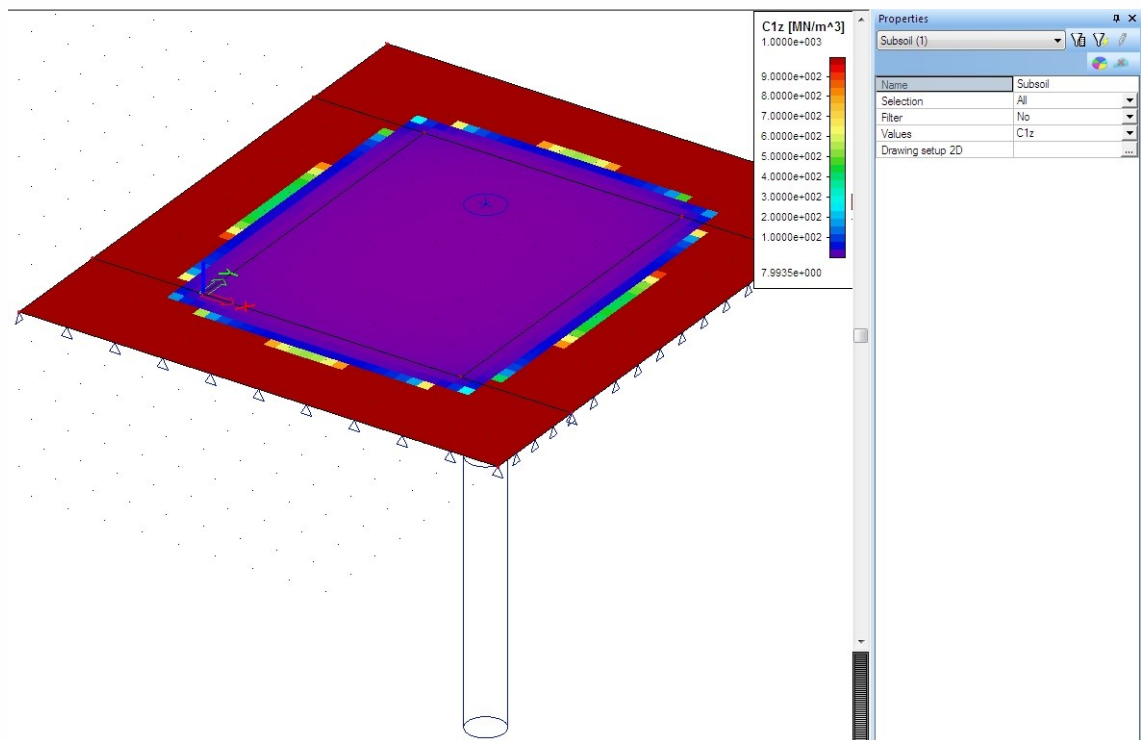
1. Use the same project.
2. Open the Structure service and start the command for inserting a new plate.
3. Set the thickness of the plate to 1mm.
4. Create 4 plates around the surface support according to the picture. The width from the original plate is 3m.



5. Add the surface support type soilin on those plates.



6. Run the linear calculation with the same settings again.
7. Go to the service Results. Display the results for soilin.
8. Subsoil - C parameters - parameter C1z:



9. Subsoil - Other data (see the preview with the table for settlement):

Preview

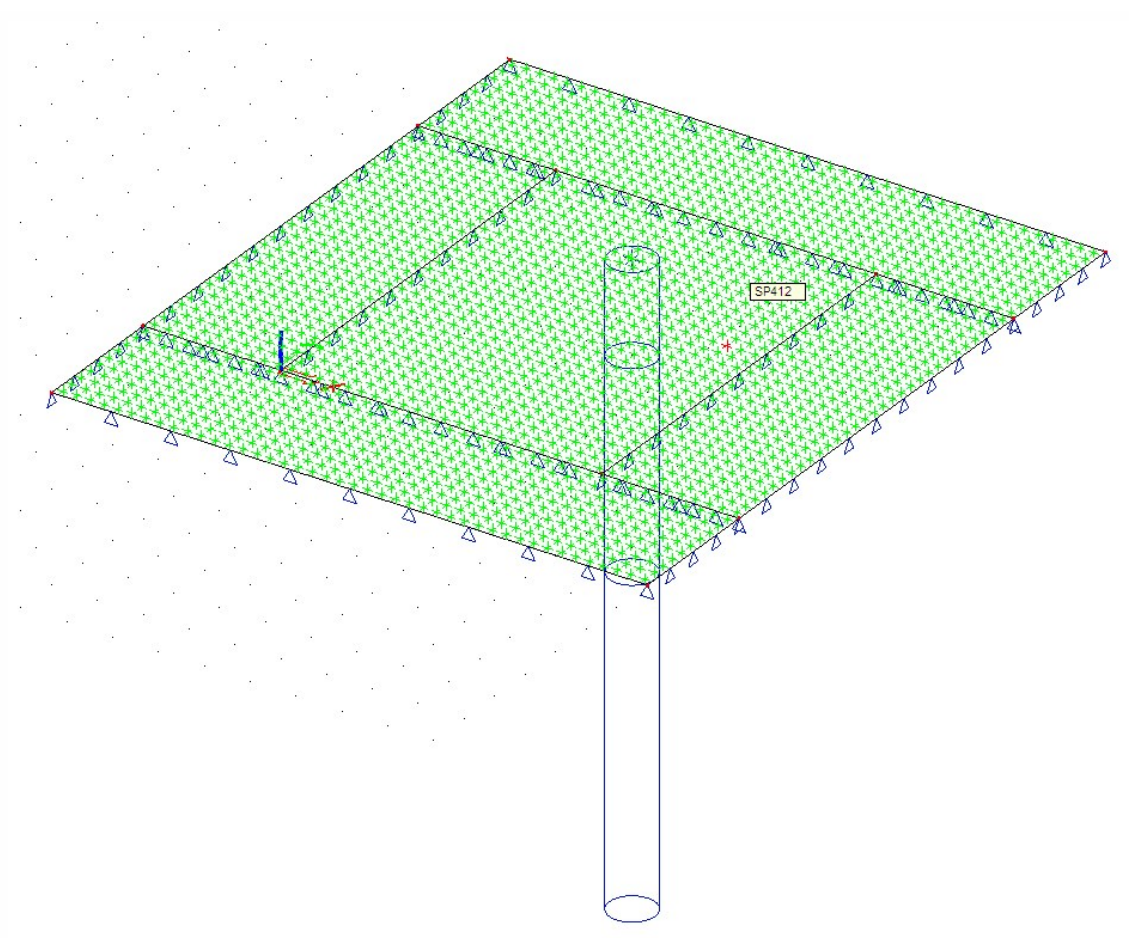
120 %

Subsoil - Other data

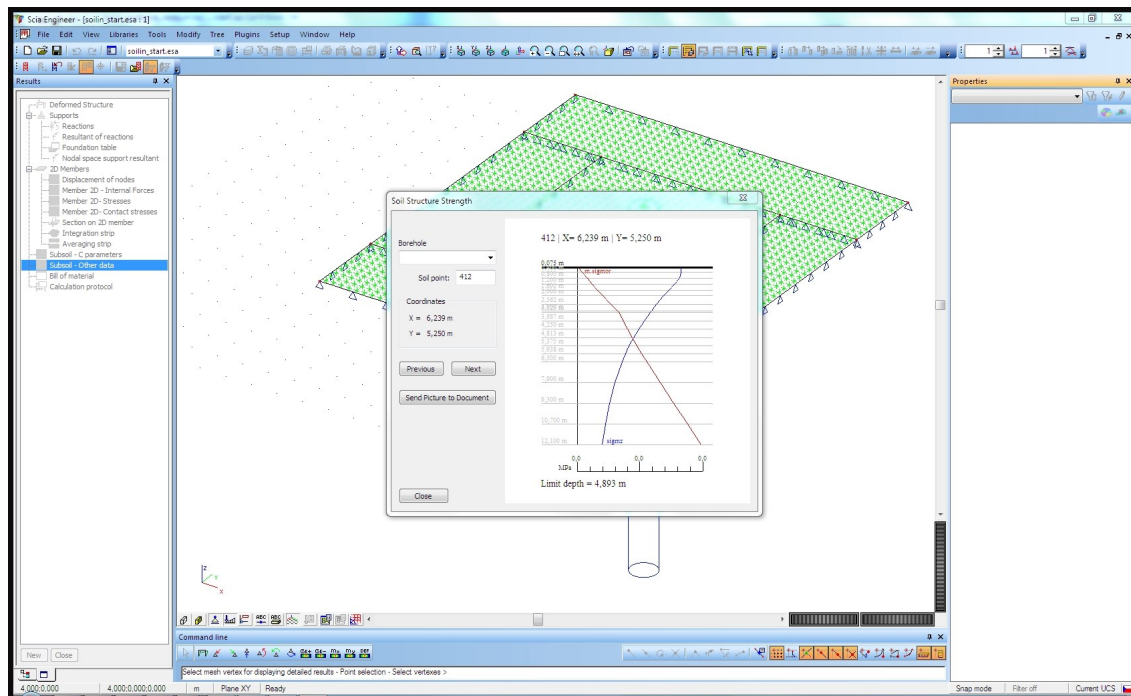
Selection : All
Combinations : CO1

Element	X [m]	Y [m]	w [mm]
1	0,152	0,150	0,8
2	0,457	0,150	0,8
3	0,761	0,150	1,1
4	1,065	0,150	1,3
5	1,370	0,150	1,4
6	1,674	0,150	1,6
7	1,978	0,150	1,7
8	2,283	0,150	1,8
9	2,587	0,150	1,8
10	2,891	0,150	1,9
11	3,196	0,150	1,9
12	3,500	0,150	1,9
13	3,804	0,150	1,9
14	4,109	0,150	1,9
15	4,413	0,150	1,9
16	4,717	0,150	1,8
17	5,022	0,150	1,7
18	5,326	0,150	1,6

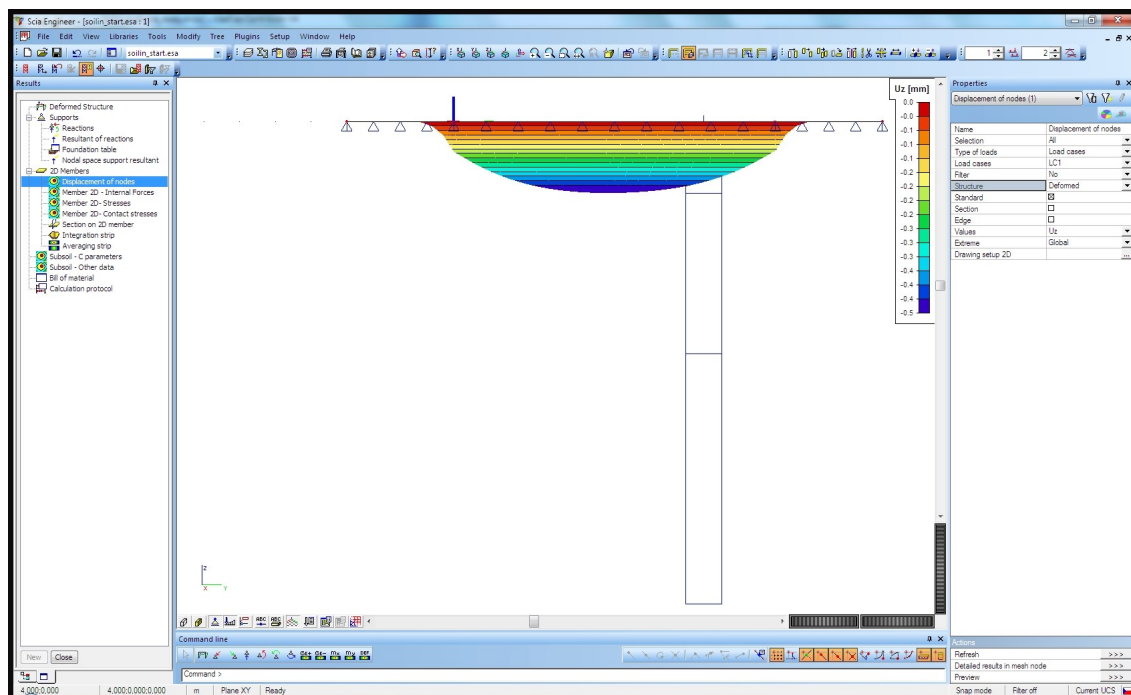
10. Subsoil - Other data - use the action button "Soil Stress Diagram" and select one green vertex:



11. Stress diagram for selected mesh element:



12. Close the dialogue.
13. Use ESC to finish the action.
14. The interesting results are deformations.
15. See the result "Displacement of nodes", value Uz on Deformed structure:



The deformed structure shows the degrease basin.

16. The result is in project "[soilin_finished.esa](#)".

Seismische analyse van gebouwen

Inleiding

Scia Engineer is algemene 3D-software voor structurele analyse waarmee u de meeste civiele-techniekstructuren uitgebreid kunt analyseren. Voor het specifieke gebied van het seismische ontwerp van gebouwen zijn echter specifieke hulpmiddelen vereist om de efficiëntie van dit proces te verbeteren. De hulpmiddelen die in dit document zijn beschreven, zijn hoofdzakelijk bedoeld voor een effectieve vormgeving en analyse van gebouwen bij seismische activiteit.

Het algehele seismische gedrag van een gebouw kan vaak nauwkeurig worden geanalyseerd door elke verdieping te beschouwen als massa die is verbonden met aangrenzende verdiepingen via wanden en kolommen. Daarom wordt het concept van verdiepingen veel gebruikt in deze context. Verschillende aspecten van gegevensinvoer en analysemodellen, resultaatuitvoer en ontwerpfunctionaliteit zijn rechtstreeks gekoppeld aan de verdiepingen van een gebouw.

De IRS-analyse (Improved Reduced System) wordt gebruikt voor de berekening van eigenmodes van de structuur. Met deze techniek kan het aantal vrijheidsgraden voor een groot net met eindige elementen drastisch worden beperkt. Hierdoor neemt de berekeningstijd ook aanzienlijk af. Bovendien worden de meeste lokale vibratiemodi, die niet relevant zijn voor de algehele seismische reactie van de structuur, niet weergegeven in de resultaten, in tegenstelling tot de standaard FE-analyse.

Verdiepingsresultaten geven een synthetische weergave van de resultaten in elke verdieping. Verplaatsingen, acceleraties, interne krachten en resulterende krachten kunnen worden weergegeven per verdieping, als bulkwaarden voor elke verdieping of als gedetailleerde resultaten voor elke wand en kolom. Deze functie kan ook worden gebruikt voor snelle en uitgebreide uitvoer van neerkomende belastingen.

Bij de meeste seismische ontwerpcodes moet rekening worden gehouden met torsie-effecten vanwege buitengewone massa-excentriciteit. Op basis van verdiepingsgegevens kunnen de effecten van buitengewone excentriciteit worden opgenomen in het model via verschillende methoden.

Beperkt analysemodel

Inleiding: de gewijzigde IRS-methode

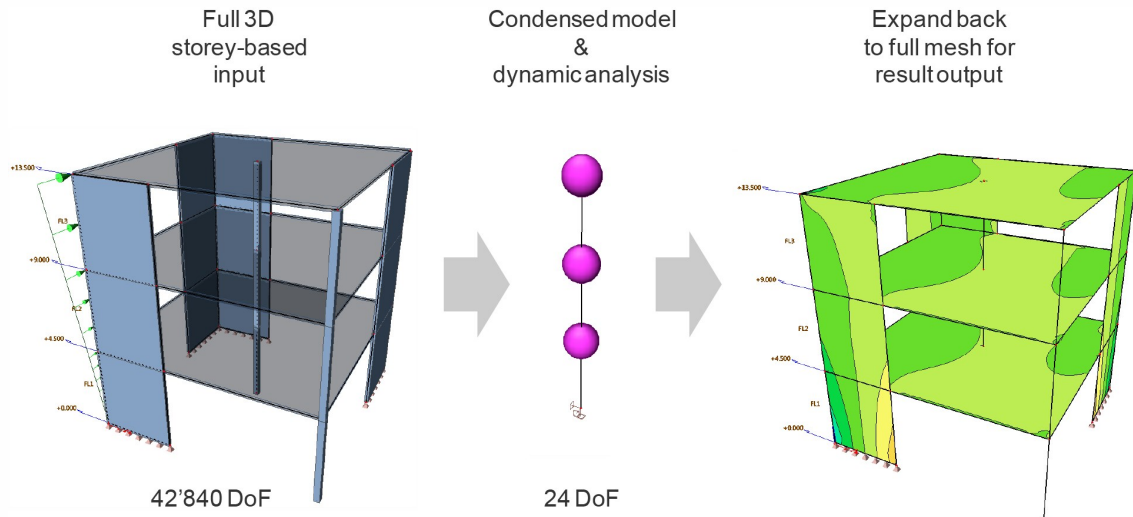
De huidige tendens in de structurele FE-analyse is het gebruik van een volledig 3D-model van de desbetreffende structuur. Scia Engineer voldoet aan dit principe, omdat structuren meestal worden gemodelleerd in 3D met balk- en schaal-elementen, inclusief gebouwen.

Wanneer een gedetailleerd 3D-model gereed is voor de statische analyse van een structuur, kunt u dit natuurlijk ook gebruiken voor de dynamische analyse en met name voor het seismische ontwerp. Een veelvoorkomend probleem bij het volledige 3D-model is dat er bij het seismische ontwerp voornamelijk rekening wordt gehouden met het algehele gedrag van de structuur, terwijl het volledige net van de structuur veel informatie geeft over lokaal gedrag. Met name bij de modale analyse worden via het volledige net lokale vibratiemodi weergegeven, die niet relevant zijn voor de algehele seismische reactie van de structuur. Het lijkt dus logisch om een ander, beperkt net te gebruiken voor de dynamische analyse.

Via bekende matrixcondensatietechnieken (Guyan-reductie, ook wel statische condensatie [1] genoemd) kan op efficiënte wijze een gereduceerd systeem worden verkregen, maar deze methoden zijn niet erg geschikt voor de dynamische analyse. Er is een IRS-methode (Improved Reduced System) ontwikkeld [2] waarbij niet alleen rekening wordt gehouden met de stijfheidmatrix van het systeem, maar ook met de massamatrix gedurende het condensatieproces. Er is aangetoond dat deze methode uitstekende resultaten voor de dynamische analyse oplevert, met zowel de modale analyse als methoden voor directe-tijdintegratie.

Voor het geïmplementeerde algoritme in Scia Engineer is de IRS-methode gebruikt die uit drie stappen bestaat:

1. De IRS-methode wordt gebruikt voor het comprimeren van het net van het analysemodel.
2. De modale analyse wordt uitgevoerd met het beperkte net, dat meestal 1000 keer minder vrijheidsgraden heeft dan het oorspronkelijke volledige net. Hierdoor wordt de berekening van eigenwaarden aanzienlijk sneller voor grote structuren en kunnen ongewenste lokale modi worden vermeden. Het tweede punt is met name interessant voor de seismische analyse.
3. De resultaten van het gereduceerde systeem worden uitgevouwen naar het oorspronkelijke volledige net, zodat u de uitvoer van gedetailleerde resultaten kunt bekijken in de volledige structuur.



IRS-analyse tegenover scheidingswanden

Het ontwerpen van dekplaten als scheidingswanden in een gebouw voor seismische analyse is een veelgebruikte techniek. Dit heeft verschillende doelen:

1. de eliminatie van irrelevante, lokale buigvibratiemodi in de platen
2. de eliminatie van ongewenste raamwerkeffecten van het structurele gedrag
3. kortere berekeningstijd
4. eenvoudige verwerking van massaexcentriciteiten voor elk dek

Items 1, 3 en 4 worden rechtstreeks verwerkt met de IRS-analyse:

- lokale modi in alle structurele elementen worden impliciet verwijderd vanwege de eliminatie van ongewenste vrijheidsgraden. Lokale modi kunnen natuurlijk gedetailleerder worden geanalyseerd door meer reductieknoppen toe te voegen, maar het is bij seismische analyses met name van belang dat alleen de knopen die echt nodig zijn, in het beperkte model behouden blijven om het normale seismische gedrag van een gebouw na te bootsen. De gebruiker kiest uiteindelijk de reductiepunten zo dat de gewenste eigenmodes worden verkregen.
- de berekeningstijd wordt minder vanwege de drastische beperking van het aantal vrijheidsgraden. In feite is de beperking nog belangrijker dan bij scheidingswanden, omdat ondersteunende elementen ook worden gecomprimeerd.
- in de IRS-analyse wordt een volledige massamatrix gebruikt, zodat de massaexcentriciteit exact kan worden geïmplementeerd in elke knoop van het gereduceerde systeem.

Item 2, het verwijderen van raamwerkeffecten, wordt niet verwerkt in de IRS-analyse, omdat het mechanische gedrag van de structuur niet wordt gewijzigd. Aangezien ongewenste lokale buigmodi echter impliciet worden verwijderd uit het gereduceerde systeem, kunnen zogenaamde flexibele scheidingswanden eenvoudig worden gesimuleerd door de buigstijfheid van dekplaten aanzienlijk te verminderen. Dit zorgt niet alleen voor klassiek scheidingswandgedrag vanwege de zeer lage

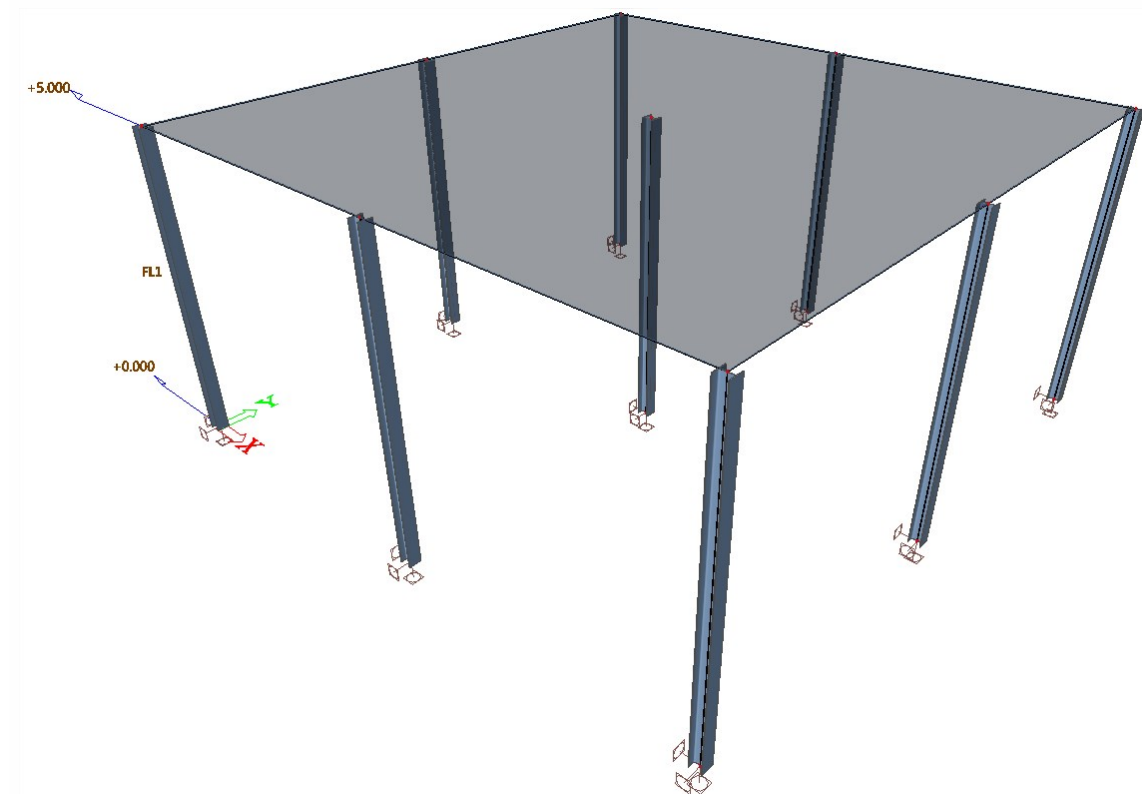
buigstijfheid, maar ook voor het tussenliggende gedrag, waarbij de buigstijfheid niet zo drastisch wordt beperkt en raamwerkeffecten dus worden beperkt, maar niet volledig worden verwijderd.

Criteria

Voorbeeld 1: eenvoudig platform

De structuur is een eenvoudig platform met 9 stalen kolommen en een dunne plaat aan de bovenkant. Dit academische voorbeeld dient alleen ter illustratie van enkele aspecten van de methode.

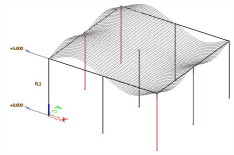
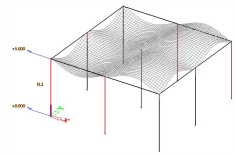
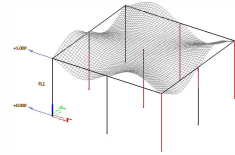
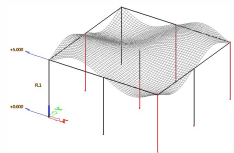
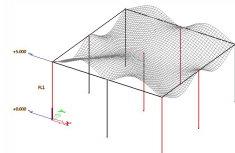
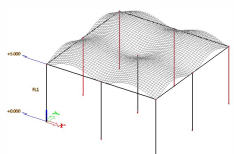
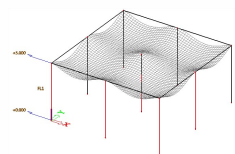
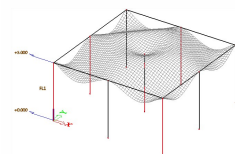
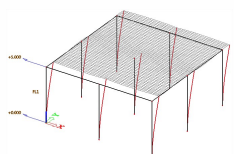
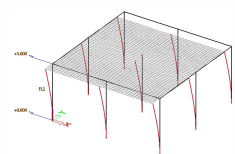
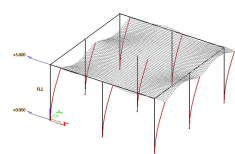
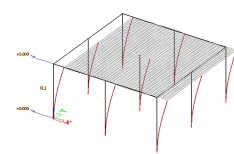
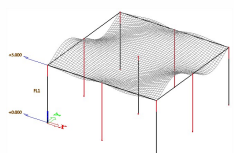
Het beperkte model bestaat uit twee R-knopen, die zich aan de boven- en onderkant van de middelste kolom bevinden.



In de onderstaande tabel ziet u de natuurlijke frequenties en eigenvormen voor de volledige netanalyse en de IRS-analyse. De eerste 11 modi worden weergegeven voor de volledige netanalyse, samen met de bijbehorende modi van de IRS-analyse.

Zoals verwacht zitten er gaten in de IRS-lijst, omdat met de vrijheidsgraad van het beperkte model niet alle buigmodi van de plaat kunnen worden aangegeven. Deze modi zijn sowieso niet relevant voor het seismische gedrag van de structuur. Afgezien van de wijziging in het teken voor de meeste eigenmodes, is het duidelijk dat de frequentie en modusvorm goed overeenkomen voor eigenmodes die belangrijk zijn voor seismisch gedrag.

Volledige netanalyse	IRS-analyse	Volledige netanalyse	IRS-analyse
Modus 1 – 1,15 Hz 	Modus 1 – 1,17 Hz 	Modus 7 – 2,10 Hz 	N.v.t.

Volledige netanalyse	IRS-analyse	Volledige netanalyse	IRS-analyse
Modus 2 – 1,15 Hz 	Modus 2 – 1,17 Hz 	Modus 8 – 2,15 Hz 	N.v.t.
Modus 3 – 1,21 Hz 	N.v.t.	Modus 9 – 2,27 Hz 	N.v.t.
Modus 4 – 1,23 Hz 	Modus 3 – 1,23 Hz 	Modus 10 – 2,30 Hz 	N.v.t.
Modus 5 – 1,42 Hz 	Modus 4 – 1,42 Hz 	Modus 11 – 2,32 Hz 	Modus 5 – 2,32 Hz 
Modus 6 – 2,10 Hz 	N.v.t.		

In de volgende tabel worden de modale massa's voor beide modellen weergegeven. Belangrijke modi voor seismisch gedrag gaan tot modus 11 voor de volledige netanalyse. Voor de IRS-analyse zijn deze gegroepeerd aan het begin van de lijst. De eerste twee modi zijn echte buigmodi, die zeker niet optreden in een gebouw.

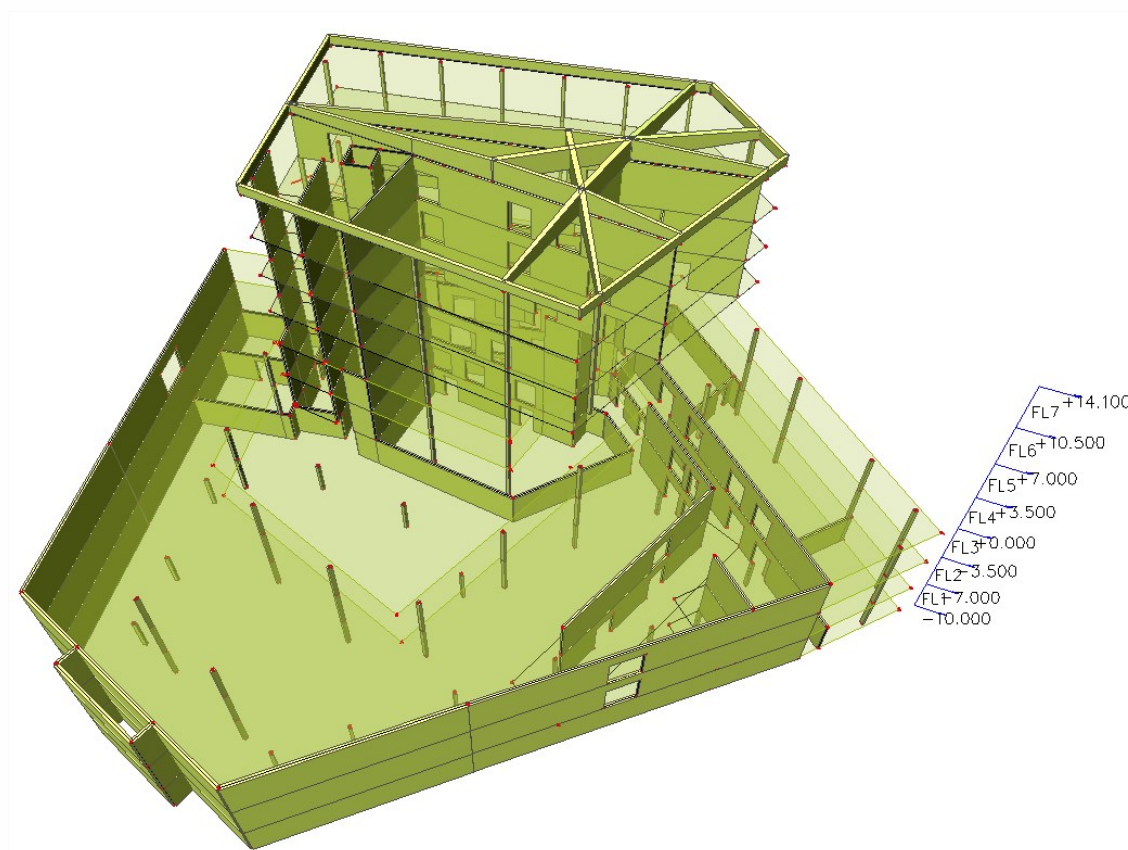
Een ander belangrijk punt is dat de verkregen totale modale massa hoger is met de IRS-analyse. De 12 weergegeven modi duiden alle eigenmodes van het beperkte model aan, omdat dit 12 vrijheidsgraden heeft. Daarom wordt met de IRS-analyse 100% van de massa verkregen. Bij de volledige netanalyse is het normaal dat de verkregen modale massa lager is, omdat er veel meer modi zijn dan de modi die hier worden genoemd.

Volledige netanalyse					IRS-analyse				
Modus	Freq.	Wxi/	Wyj/	Wzi/	Modus	Freq.	Wxi/	Wyj/	Wzi/
	[Hz]	Wxtot	Wytot	Wztot		[Hz]	Wxtot	Wytot	Wztot
1	1.15	0	0.0001	0	1	1.17	0	0.0003	0

Volledige netanalyse					IRS-analyse				
2	1.15	0	0	0	2	1.17	0	0	0
3	1.21	0	0	0	3	1.23	0	0	0.8934
4	1.23	0	0	0.887	4	1.42	0	0.9987	0
5	1.42	0	0.9981	0	5	2.32	0.999	0	0
6	2.10	0	0.0001	0	6	2.71	0	0	0
7	2.10	0.0004	0	0	7	130.72	0	0.001	0
8	2.15	0	0	0	8	205.43	0.001	0	0
9	2.27	0	0	0	9	248.14	0	0	0
10	2.30	0	0	0.0001	10	413.53	0	0	0.1066
11	2.32	0.9644	0	0	11	711.66	0	0	0
12	2.47	0	0.0011	0	12	737.23	0	0	0
		0.9648	0.9994	0.8871			1.00	1.00	1.00

Voorbeeld 2: Gebouw met zeven verdiepingen

In dit voorbeeld wordt uitgegaan van een echt gebouw met zeven verdiepingen. Bij het maken van het model voor de seismische analyse van de statische vormgeving zijn er geen specifieke vereenvoudigingen aangebracht.



Gebouw van ACPC, Fribourg, Zwitserland

Met toestemming van GIBES Engineering Group, Lausanne, Zwitserland

	Volledige netanalyse	IRS-analyse
Vrijheidsgraden	152'988	48
Gevraagde modi	320	48
Totale tijd: gegevensgeneratie, modale analyse, seismische analyse	31'27"	5'17"
Verkregen totale modale massa (X/Y/Z)	90% / 94% / 78%	95% / 96% / 98%
Aantal belangrijkste modi waarmee 90% van de modale massa wordt verkregen	187 / 103 / >320	14 / 17 / 8

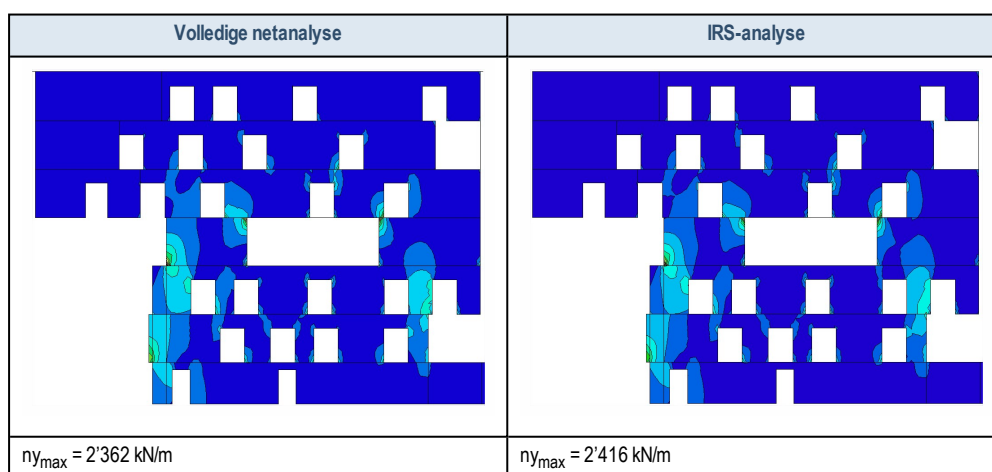


Opmerking: 320 is het aantal eigenmodes dat in dit geval is vereist om 90% van de totale modale massa te verkrijgen in de X- en Y-richting. Voor de verticale richting zouden er meer dan 400 modi nodig zijn (niet berekend).

	Volledige netanalyse		IRS-analyse	
1 ^e belangrijkste modus in X-richting	3,12 Hz (3)	32.2%	3,12 Hz (3)	33.0%
2 ^e belangrijkste modus in X-richting	7,38 Hz (18)	8.4%	14,56 Hz (30)	11.5%
1 ^e belangrijkste modus in Y-richting	1,71 Hz (1)	20.7%	1,71 Hz (1)	20.7%
2 ^e belangrijkste modus in Y-richting	2,44 Hz (2)	13.2%	2,44 Hz (2)	13.2%
1 ^e belangrijkste modus in Z-richting	5,16 Hz (7)	9.6%	115,57 Hz (46)	36.4%
2 ^e belangrijkste modus in Z-richting	5,14 Hz (6)	7.0%	5,60 Hz (7)	19.1%

Informatie over de Z-richting: eigenmode 46 @ 115 Hz wordt niet weergegeven in de volledige netanalyse, omdat de laatst berekende modus (320) slechts 29 Hz bereikt. Deze modus is sowieso niet relevant voor de seismische analyse, omdat deze zich volledig buiten het frequentiebereik van een aardbeving bevindt. De modi nr. 7 in beide modellen hebben vrijwel dezelfde vervorming, hoewel de frequenties enigszins verschillen.

De uiteindelijke interne krachten na modale superpositie voor de seismische analyse hebben bijna dezelfde resultaten. In de hoofdwand van de structuur (onderstaande afbeelding) verschillen de piekwaarden van de verticale membraankracht n_y slechts 2%. De gehele resultaatverdeling is bijna identiek.



Het IRS-model gebruiken in Scia Engineer

In tegenstelling tot de klassieke modale analyse, waarin meestal een samengevoegde massamatrix wordt gebruikt (alleen diagonale termen zijn niet nul), wordt bij het gereduceerde systeem een volledige massamatrix gebruikt, met niet-nulwaarden buiten de diagonaal. Dit betekent dat massaexcentriciteiten eenvoudig kunnen worden verwerkt door het gereduceerde systeem. Aangezien het gereduceerde systeem erg klein is, kan de volledige massamatrix worden gebruikt.

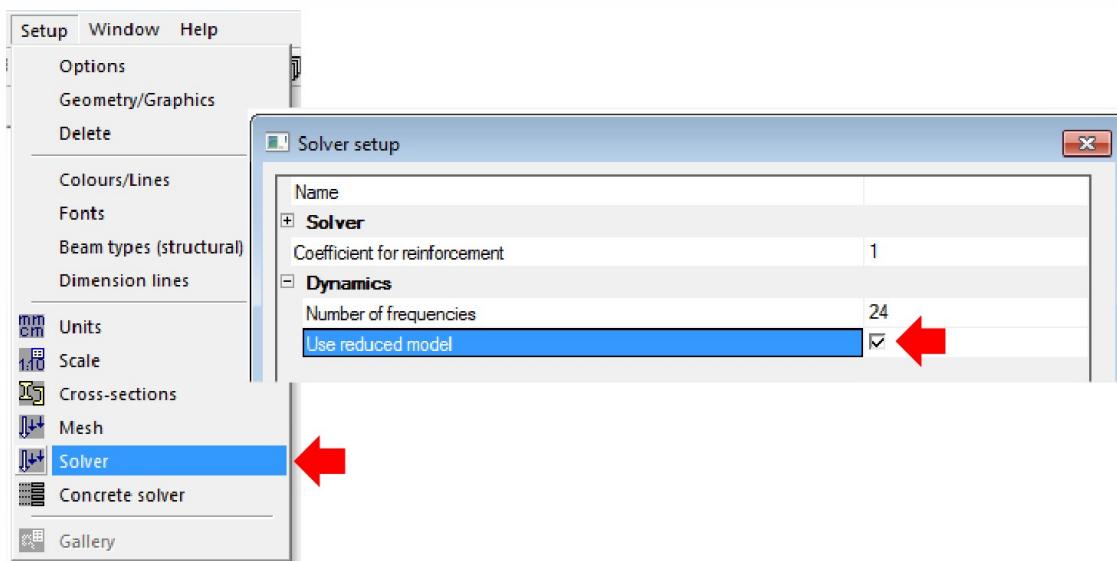
Daarom hoeven de reductiepunten, ook wel R-knopen genoemd, waaruit het beperkte model is opgebouwd, zich niet te bevinden in een bepaalde positie, zoals het massacentrum van elke verdieping. Aangezien de structuur mogelijk vaker moet worden berekend met verschillende distributies van de massa's, wijkt het massacentrum van elke verdieping waarschijnlijk enigszins af, afhankelijk van de geselecteerde massacombinatie. Dankzij het gebruik van een volledige massamatrix, kunnen dezelfde R-knopen in alle gevallen worden gebruikt.

Tijdens de analyse wordt het beperkte model automatisch berekend via het volledige net. Elke knoop van het volledige net wordt toegewezen aan de dichtstbijzijnde R-knoop van het beperkte model.

U definieert hoeveel R-knopen worden gebruikt voor de analyse en dus hoeveel vrijheidsgraden het beperkte model krijgt. Voor de seismische analyse van gebouwen bestaat het normale beperkte model uit 1 R-knoop per verdieping, dat wil zeggen per dekplaat.

Het beperkte model inschakelen

Eerst moet de analyse van het beperkte model worden ingeschakeld in het project. Hiervoor tikt u op de optie Beperkt model gebruiken in de instellingen van de oplosser.

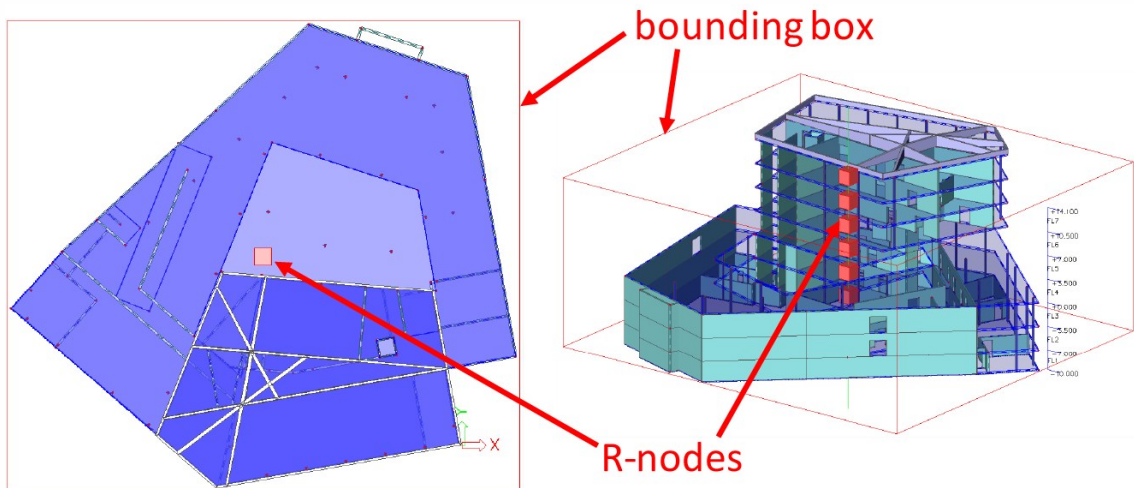


Definitie van de R-knopen

In Scia Engineer 2013 wordt het beperkte model rechtstreeks gedefinieerd vanuit de verdiepingsgegevens.

Verdiepingen moeten worden gedefinieerd in het model. Het beperkte analysemodel wordt automatisch gemaakt door één R-knoop per verdieping te maken. Dit betekent dat het beperkte analysemodel geldig is voor gebouwen met één dekplaat per verdieping. Elke dekplaat kan zijn gemaakt van verschillende 2D-elementen.

Er wordt automatisch een R-knoop op elke verdieping geplaatst, in het midden van het begrenzingsvak van de structuur:

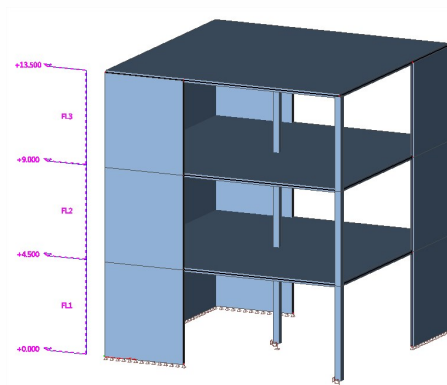


Opmerking: dit is een voorbeeldtekening. R-knopen worden niet weergegeven in Scia Engineer.

Verdere ontwikkeling wordt gepland, waarbij u een geavanceerdere indeling van R-knopen kunt gebruiken, dat wil zeggen meerdere R-knopen per verdieping. In Scia Engineer 2013.0 kunt u één R-knoop per verdieping gebruiken.

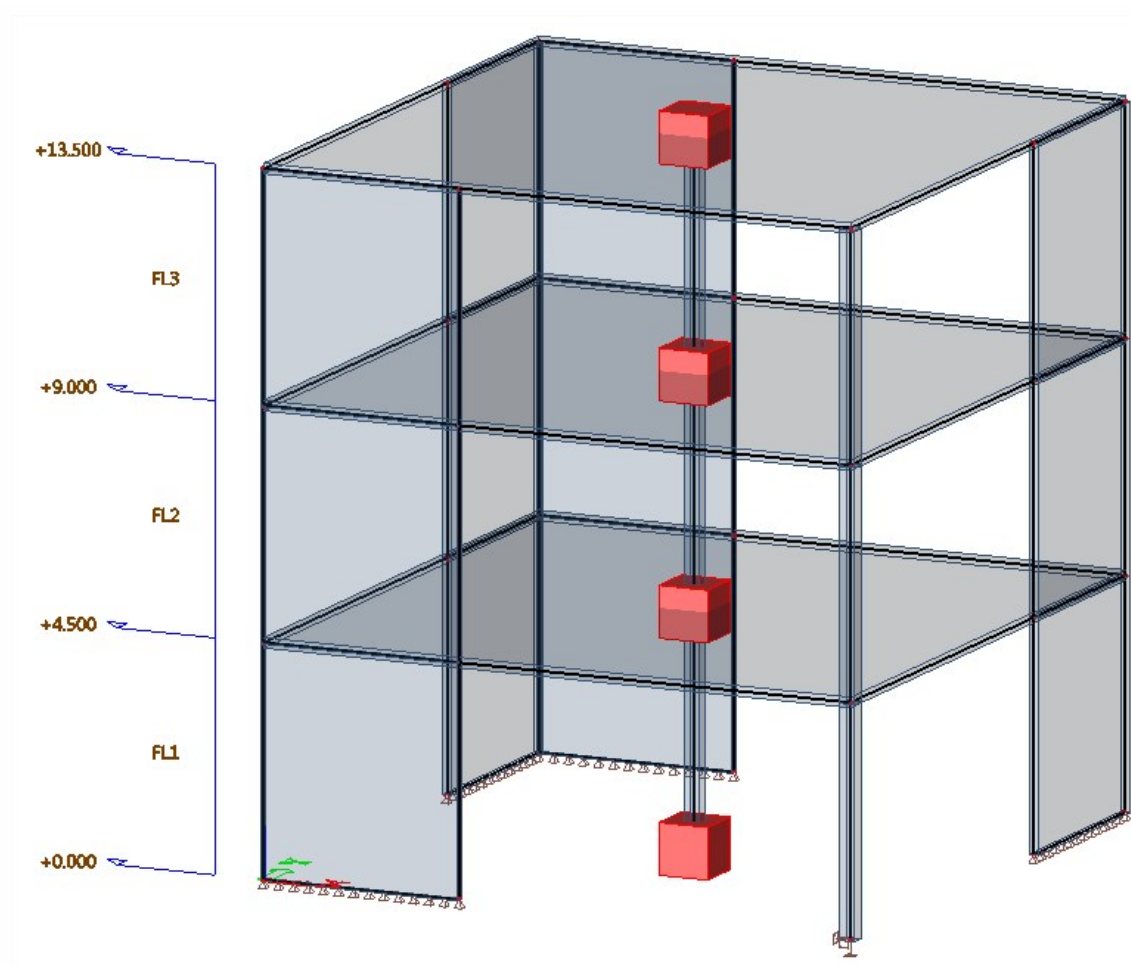
U kunt R-knopen ook op een willekeurig niveau van elke verdieping plaatsen. Met de verdiepingseigenschap Niveau van reductiepunt kunt u de exacte hoogte van het reductiepunt voor elke verdieping afzonderlijk selecteren. 0 komt overeen met de onderkant van de verdieping, 1 met de bovenkant van de verdieping.

Properties	
Storey (4)	
Description	
Allocation type	All inside
Include members on top	☐ no
Include members on bottom	☒ yes
Current used activity	☒ yes
Level of reduction point	0.000

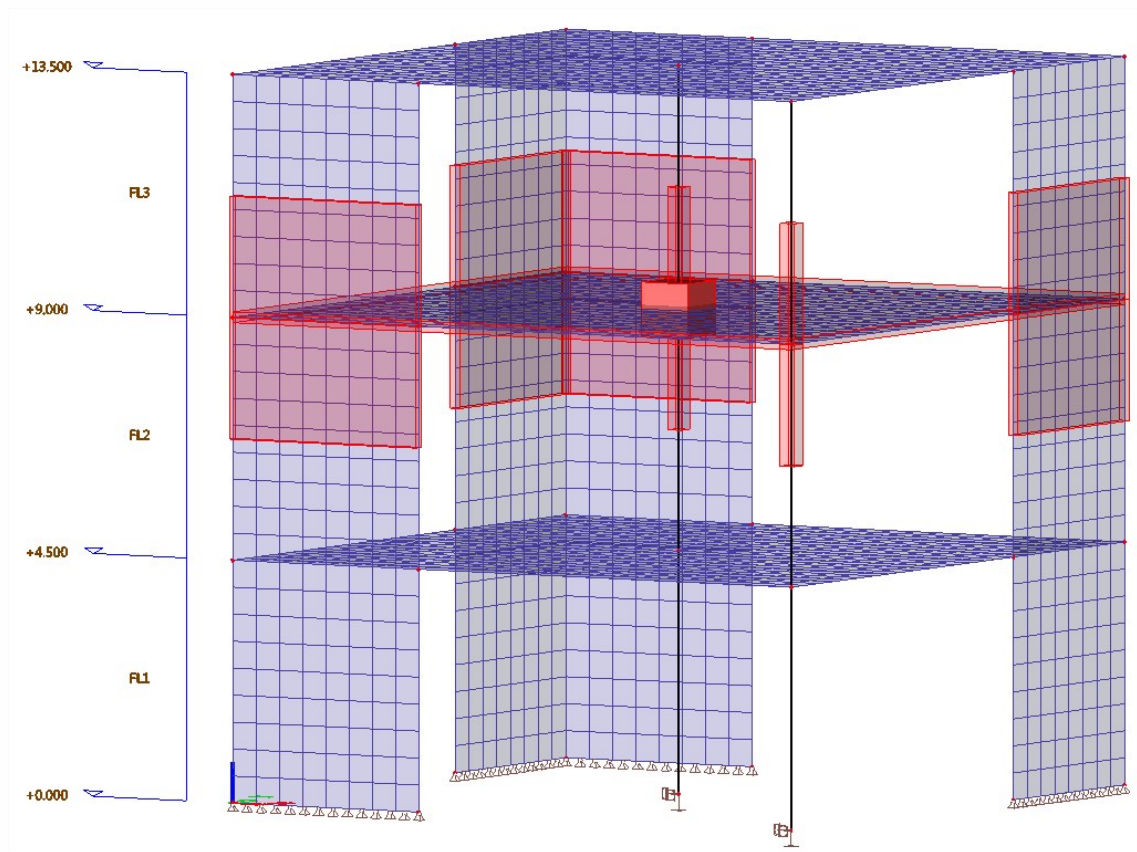


Met de standaardinstellingen (zie hierboven) bevindt de dekplaat van elke verdieping zich aan de onderkant van de verdieping. Dit geldt ook voor de bijbehorende R-knoop. U wordt aangeraden deze instelling niet te wijzigen.

Zoals eerder is beschreven, worden R-knopen op elke verdieping geplaatst, op het opgegeven niveau in het midden van de structuur (alle R-knopen bevinden op dezelfde verticale as).



Tijdens de analyse wordt het beperkte model automatisch gegenereerd via het volledige net van de structuur. Elke knoop van het volledige net wordt toegewezen aan de dichtstbijzijnde R-knoop. In een normale gebouwconfiguratie betekent dit dat voor elke R-knoop de stijfheid, belastingen en massa's van de overeenkomende dekplaat wordt overgenomen, vanaf de bovenste helft van de ondersteunende elementen onder de plaat en vanaf de onderste helft van de ondersteunende elementen boven de plaat.



De analyse uitvoeren en de resultaatuitvoer bekijken

Wanneer de gegevens zijn voorbereid, wordt de analyse op precies dezelfde manier uitgevoerd als een standaardanalyse.

In Scia Engineer 2013 wordt de IRS-analyse alleen gebruikt voor de berekening van de eigenmodes van de structuur. Op basis van deze eigenmodes wordt de werkelijke berekening van seismische belastinggevallen uitgevoerd op het oorspronkelijke, volledige net.

Het gebruik van de IRS-analyse wordt weergegeven in het berekeningsprotocol:

Calculation protocol	
Solution of Free Vibration	
Number of 2D elements	28781
Number of 1D elements	778
Number of mesh nodes	25498
Number of equations	152988
Combination of mass groups	MC 1 exc0
Number of frequencies	48
Method	Lanczos
Bending theory	Mindlin
Type of analysis model	Standard using improved reduced system (IRS)
Start of calculation	12.04.2013 17:07
End of calculation	12.04.2013 17:07

Na een IRS-analyse zijn er twee typen resultaten beschikbaar:

- De resultaten van het beperkte model worden automatisch uitgevouwen naar het oorspronkelijke net en kunnen worden geopend via de standaarduitvoer. Dit wordt hier niet beschreven.

- Bepaalde specifieke resultaten die rechtstreeks afkomstig zijn van het beperkte model, zijn beschikbaar in de nieuwe resultaatsservice Overzicht van verdiepingsresultaten (zie het volgende hoofdstuk). Hierin wordt voornamelijk informatie gegeven over de massa's, verplaatsingen en versnellingen op elke verdieping in het beperkte model.

Verdiepingsresultaten

Inleiding

Scia Engineer 2013 bevat twee nieuwe resultaatsservices, speciaal ontworpen voor gebouwen.

De service Overzicht van verdiepingsresultaten geeft resultaten die rechtstreeks zijn gegenereerd door de IRS-analyse (zie het vorige hoofdstuk). Deze service is momenteel gericht op de resultaatuitvoer voor de seismische analyse van gebouwen. Er worden afzonderlijke resultaten weergegeven per verdieping, zoals massa, positie van het massacentrum, verplaatsing, versnelling...

De service Gedetailleerde verdiepingsresultaten geeft resultaten van de volledige netanalyse. Deze kan momenteel worden gebruikt voor resultaten van lineaire analyses, al dan niet met dynamische analyse of IRS-analyse. Er worden resultaten gegeven voor alle ondersteunende elementen, waarbij u eenvoudig elementen per verdieping kunt selecteren. Wanden en kolommen kunnen op dezelfde tekening worden aangegeven. Veelvoorkomende resultaten zijn: interne krachten, resultaten per wand of per verdieping...



Tip: voordat u de gedetailleerde verdiepingsresultaten gebruikt, moet u controleren of alle ondersteunende elementen van het gebouw juist zijn toegewezen aan verdiepingen. Deze gegevens zijn essentieel voor de juiste verwerking van verdiepingsresultaten.

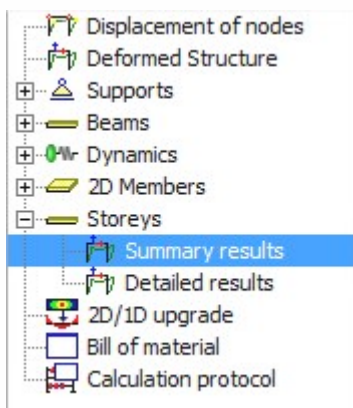
Overzicht van verdiepingsresultaten

Deze service geeft resultaten die rechtstreeks zijn gegenereerd door de IRS-analyse (zie het vorige hoofdstuk). Deze service is momenteel gericht op de resultaatuitvoer voor de seismische analyse van gebouwen. Er worden afzonderlijke resultaten weergegeven per verdieping, zoals massa, positie van het massacentrum, verplaatsing, versnelling...

Vereisten voor het gebruik van Overzicht van verdiepingsresultaten:

- Er moeten verdiepingen zijn gedefinieerd (vereiste voor het gebruik van het beperkte analysemodel).
- Het beperkte model moet zijn ingeschakeld in de instellingen van de oplosser (zie hoofdstuk 2).

U kunt de service vinden in de service Resultaten. Deze is pas beschikbaar nadat u een geslaagde dynamische analyse hebt uitgevoerd met het beperkte model.



Uitvoerinstellingen

De uitvoerinstellingen worden hier weergegeven op basis van de verschillende typen resultaten die kunnen worden verkregen via deze service. Er zijn drie typen resultaten:

- Verdiepingsgegevens
- Verplaatsingen
- Versnellingen

Resultaattype *Verdiepingsgegevens*

Verdiepingsgegevens is alleen beschikbaar voor massacombinaties. Hiermee worden voor elke verdieping de totale massa en de coördinaten van het massacentrum weergegeven.

Type belastingen

Selectie van het type belasting

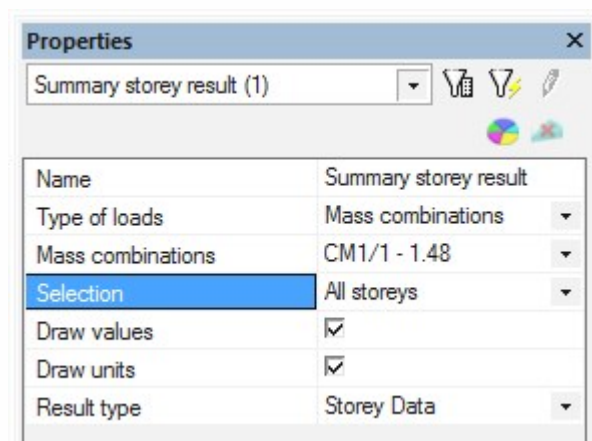
Massacombinaties

Selectie van de combinatie van massagroepen of eigenmode voor een bepaalde combinatie van massagroepen.

Selectie

Type selectie. De opties zijn:

- Alle verdiepingen
- Benoemde selectie
- Eén verdieping



Benoemde selectie

Benoemde selectie die een set verdiepingen bevat. Alleen als Selectie = Benoemde selectie

Verdieping

Vervolgkeuzemenu voor de selectie van één verdieping. Alleen als Selectie = Eén verdieping

Waarden tekenen

Schakel dit vakje in om waarden te tekenen op de tekening.

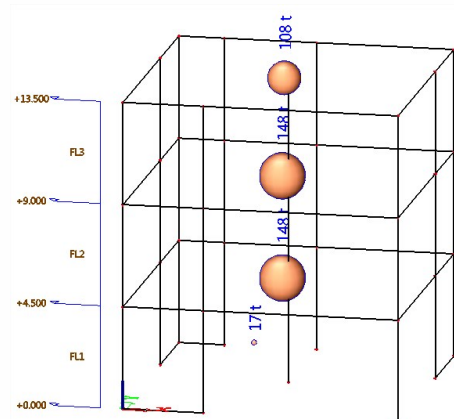
Eenheden tekenen

Schakel dit vakje in om waarden en de bijbehorende eenheden te tekenen op de tekening.

Resultaattype

Typen resultaten. De opties zijn:

- Verplaatsingen
- Versnellingen
- Verdiepingsgegevens



Summary storey result

Storey Data:

Eigen solution, Extreme: No, System: Principal
Selection: All

Mass combinations : CM1/1 - 1.48

Name	M [t]	XG [m]	YG [m]	ZG [m]
FL1	17	4.157	7.704	1.250
FL2	148	5.663	6.350	4.500
FL3	148	5.663	6.350	9.000
FL4	108	5.769	6.240	13.343

Resultaattypen Verplaatsingen en Versnellingen

Verplaatsingen en Versnellingen zijn beschikbaar voor eigenmodes en seismische belastinggevallen. De waarden van de onderdelen van verplaatsingen en versnellingen worden in het massacentrum van elke verdieping gegeven.

De resultaten voor massacombinaties zijn onbewerkte, genormaliseerde resultaten van de modale analyse, zonder invloed van het responspectrum.

Resultaten voor seismische belastinggevallen zijn waarden na modale superpositie.

Type belastingen

Selectie van het type belasting

- Massacombinaties
- Belastinggevallen

Massacombinaties

Lijst met beschikbare eigenmodes voor elke berekende combinatie van massagroepen. Alleen als Type belastingen = Massacombinaties

Belastinggeval

Lijst met beschikbare seismische belastinggevallen. Alleen als Type belastingen = Belastinggevallen

Selectie

Type selectie. De opties zijn:

- Alle verdiepingen
- Benoemde selectie
- Eén verdieping

Benoemde selectie

Benoemde selectie die een set verdiepingen bevat. Alleen als Selectie = Benoemde selectie

Verdieping

Vervolgkeuzemenu voor de selectie van één verdieping. Alleen als Selectie = Eén verdieping

Extreem

Filter voor extreme resultaten. De opties zijn:

- Nee
- Sectie (alleen relevant voor seismische belastinggevallen)
- Element (alleen relevant voor seismische belastinggevallen)
- Algemeen

Waarden tekenen

Schakel dit vakje in om waarden te tekenen op de tekening.

Eenheden tekenen

Schakel dit vakje in om waarden en de bijbehorende eenheden te tekenen op de tekening.

Resultaattype

Typen resultaten. De opties zijn:

- Verplaatsingen
- Versnellingen
- Verdiepingsgegevens

Name	Summary storey result
Type of loads	Mass combinations
Mass combinations	CM1/1 - 1.48
Selection	All storeys
Extreme	No
Draw values	☒
Draw units	☒
Result type	Displacements
Values	Ux
+ Additional values	
+ Limit values	

Waarden

Hoofdonderdeel dat moet worden weergegeven

voor Resultaattype = Verplaatsingen

Ux, Uy, Uz: verplaatsing bij het massacentrum op basis van GCS-assen

Phix, Phiy, Phiz: rotatie in het massacentrum rond GCS-assen

voor Resultaattype = Versnellingen

Ax, Ay, Az: versnelling bij het massacentrum op basis van GCS-assen

AlphaX, AlphaY, AlphaZ: rotatieversnelling in het massacentrum rond GCS-assen

Summary storey result

Storey Displacements:

Eigen solution, Extreme: No, System: Principal

Selection: All

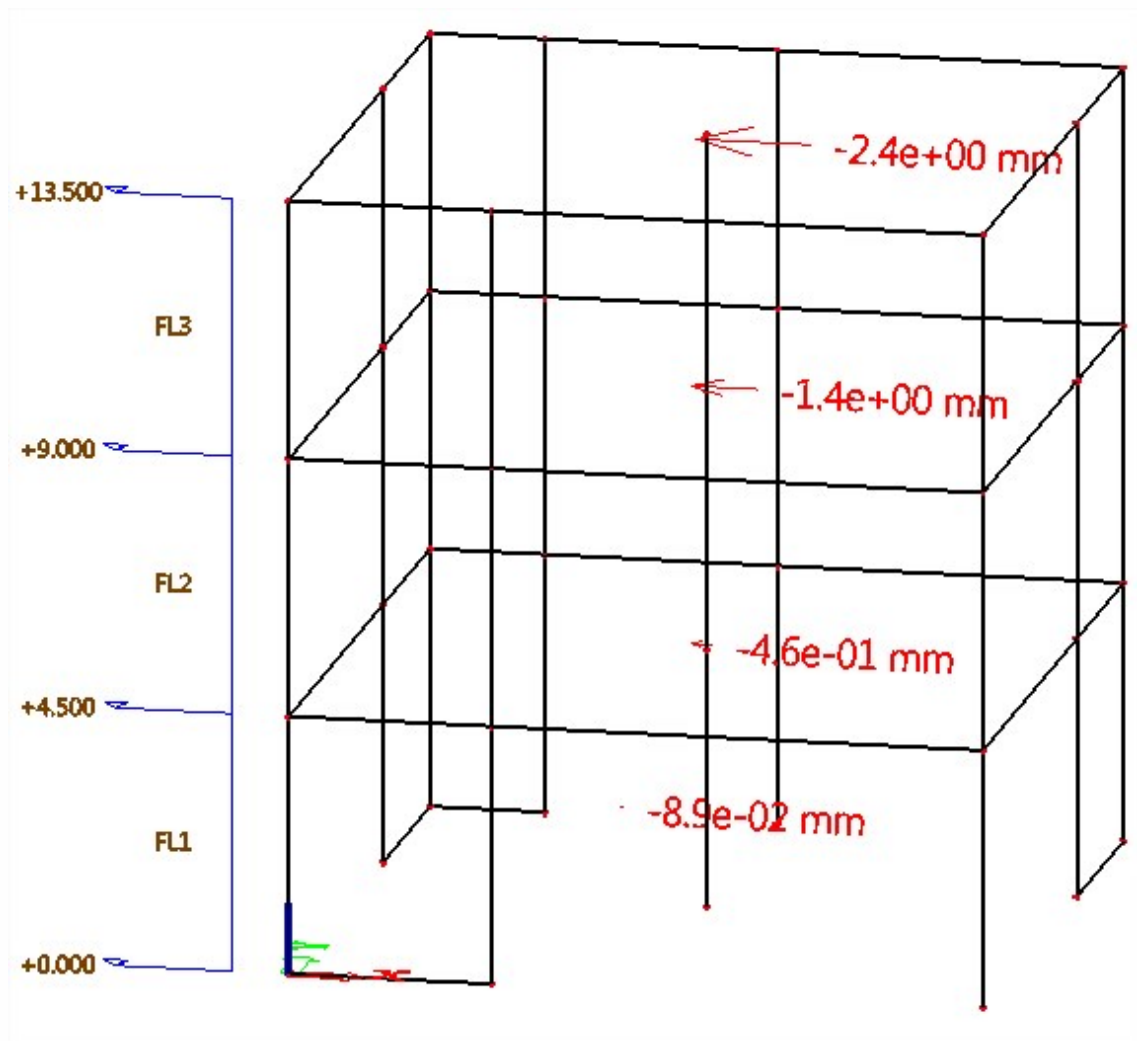
Mass combinations : CM1/1 - 1.48

Name	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Phix [mrad]	Phiy [mrad]	Phiz [mrad]
FL1	-8.9e-02	1.6e-02	-4.5e-04	-9.2e-04	-1.9e-03	1.9e-03
FL2	-4.6e-01	1.1e-01	4.3e-02	-7.6e-03	-6.5e-03	5.3e-03
FL3	-1.4e+00	3.5e-01	6.3e-02	-1.1e-02	-9.5e-03	1.3e-02
FL4	-2.4e+00	6.2e-01	7.1e-02	-1.2e-02	-8.2e-03	1.9e-02

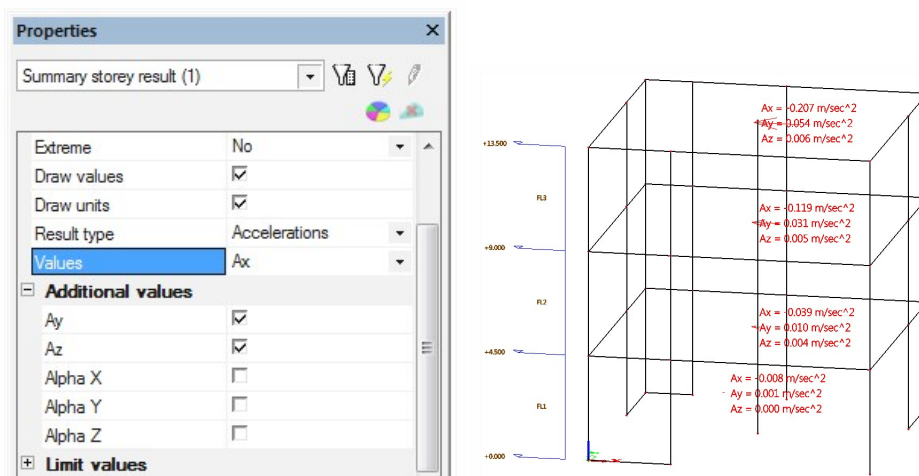
Extra waarden

hiermee kunt u meerdere resultaatonderdelen tegelijk op de tekening weergeven.

Wanneer alleen het hoofdonderdeel is geselecteerd (er is geen extra waarde ingeschakeld), wordt het geselecteerde onderdeel in de overeenkomende richting getekend.



Wanneer u een of meer extra waarden inschakelt, worden alle geselecteerde onderdelen in het venster weer-gegeven voor betere leesbaarheid.



Limietwaarden

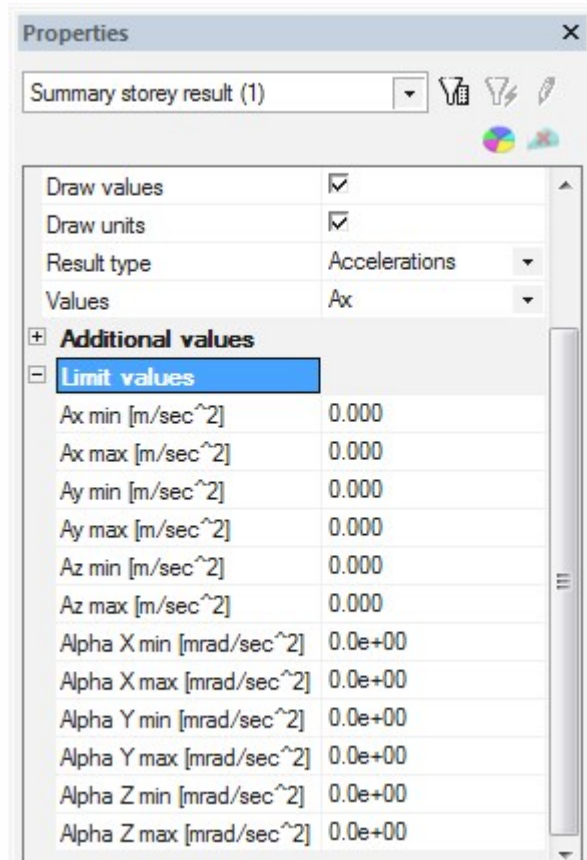
Voor elk resultaatonderdeel kunt u de minimum- en maximumwaarde opgeven voor kleurcodering op de tekening. U kunt de kleuren configureren via Instellingen > Kleuren/lijnen.

De standaardkleurcodering is als volgt:

Waarden die lager zijn dan $V_{\min}$, worden rood weergegeven.

Waarden tussen $V_{\min}$ en $V_{\max}$ worden grijs weergegeven.

Waarden die hoger zijn dan $V_{\max}$, worden blauw weergegeven.



Gedetailleerde verdiepingsresultaten

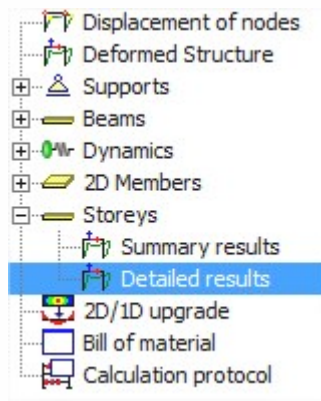
Deze service geeft resultaten uit de volledige netanalyse. Deze kan worden gebruikt voor resultaten van lineaire analyses, al dan niet met dynamische analyse of IRS-analyse. Er worden resultaten gegeven voor alle ondersteunende elementen, waarbij u eenvoudig elementen per verdieping kunt selecteren. Wanden en kolommen kunnen op dezelfde tekening worden aangegeven.

Veelvoorkomende resultaten zijn: interne krachten, resultanten per wand of per verdieping...

Vereisten voor het gebruik van Overzicht van verdiepingsresultaten:

- Er moeten verdiepingen zijn gedefinieerd
- De ondersteunende elementen moeten juist aan verdiepingen zijn toegewezen.

U kunt de service vinden in de service Resultaten. Deze is pas beschikbaar na een geslaagde analyse als er verdiepingen zijn gedefinieerd.



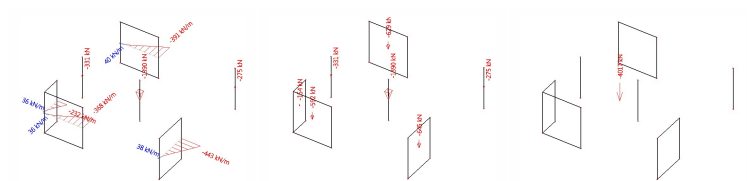
Uitvoerininstellingen

Er zijn twee hoofdtypen resultaten beschikbaar in deze service:

- Interne krachten in ondersteunende elementen
- Resulterende krachten

Voor resulterende krachten kunt u de locatie selecteren:

- Per element: de resulterende krachten voor elk ondersteunend element worden afzonderlijk berekend.
- Per verdieping: de resulterende krachten voor elke volledige verdieping worden tegelijk berekend, waarbij 1D- en 2D-elementen worden gecombineerd.



Resultaattype Interne krachten:

Properties

Detailed storey result (1)

Name	Detailed storey result
Type of loads	Combinations
Combinations	ULS
Envelope	Maximum
Selection	Single storey
Storey	FL1
Section level	User defined
User defined section level	0.4
Filter	No
System	Principal
Extreme	Member
Draw values	☒
Draw units	☒
Result type	Internal forces
Values on beams	N
+ Additional values	
+ Limit values	
Values on slabs	ny
+ Additional values	
+ Limit values	
Diagram	Precise
Draw diagram	Section plane
Display total value	☐
Display average value	☐

Actions

Refresh >>>

Preview >>>

Type belastingen

Selectie van het type belasting

- Belastinggevallen
- Combinaties
- Klasse

Belastinggevallen

Lijst met beschikbare belastinggevallen. Alleen als Type belastingen = Belastinggevallen

Combinaties

Lijst met beschikbare combinaties van belastinggevallen. Alleen als Type belastingen = Combinaties

Klasse

Lijst met beschikbare resultaatklassen. Alleen als Type belastingen = Klasse

Bereik

Maximum/Minimum: selecteer de maximum- of minimumwaarde van een bereik. Alleen als Type belastingen = Combinaties of Klasse

Selectie

Type selectie. De opties zijn:

- Alle verdiepingen
- Benoemde selectie
- Eén verdieping

Benoemde selectie

Benoemde selectie die een set verdiepingen bevat. Alleen als Selectie = Benoemde selectie

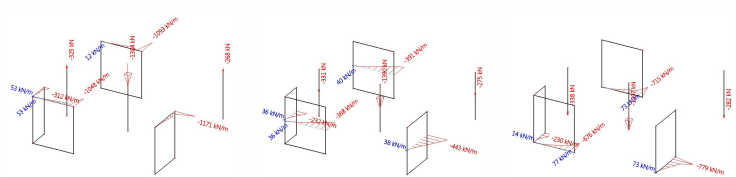
Verdieping

Vervolgkeuzemenu voor de selectie van één verdieping. Alleen als Selectie = Eén verdieping

Sectieniveau

Het niveau waarop de sectie moet worden gemaakt langs de ondersteunende elementen op elke verdieping. De opties zijn:

- Boven (sectie aan de bovenkant van elke verdieping)
- Midden (sectie op het midden van de hoogte van elke verdieping)
- Onder (sectie aan de onderkant van elke verdieping)
- Door gebruiker gedefinieerd



Door gebruiker gedefinieerd sectieniveau

Het niveau van de sectie op elke verdieping. 0 = onderkant van de verdieping, 1 = bovenkant van de verdieping

Filteren

Ondersteunende leden filteren voor de uitvoeren. De opties zijn:

- Nee
- Jokerteken
- Materiaal
- Dikte/doorsnede
- Laag

Jokerteken

Jokerteken voor het filteren van elementen op naam. Alleen als Filteren = Jokerteken

Materiaal

Een lijst met beschikbare materialen voor het filteren van elementen op materiaal. Alleen als Filteren = Materiaal

Dikte

Waarde van de dikte voor het filteren van elementen op dikte. Alleen als Filteren = Dikte/doorsnede. 0 = alle dikte-waarden

Doorsnede

Een lijst met beschikbare doorsneden voor het filteren van elementen. Alleen als Filteren = Dikte/doorsnede

Laag

Een lijst met beschikbare lagen voor het filteren van elementen. Alleen als Filteren = Laag

Systeem

Selectie van het coördinatensysteem voor de uitvoer van interne krachten in 1D-elementen. De opties zijn:

- hoofd (hoofdassen van de doorsnede)
- LCS (LCS van het 1D-element)

Voor 2D-elementen wordt altijd het LCS gebruikt.

Extreem

Filter voor extreme resultaten. De opties zijn:

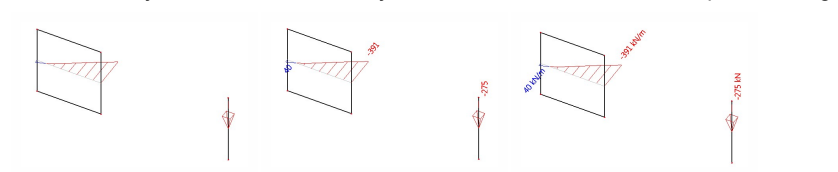
- Nee
- Sectie
- Element
- Algemeen

Waarden tekenen

Schakel dit vakje in om waarden te tekenen op de tekening.

Eenheden tekenen

Schakel dit vakje in om waarden en de bijbehorende eenheden te tekenen op de tekening.



Resultaattype

Selectie van resultaattype. De opties zijn:

- Interne krachten
- Resulterende krachten

Waarden van balken

Het hoofdonderdeel dat moet worden weergegeven voor 1D-elementen (kolommen). De opties zijn:

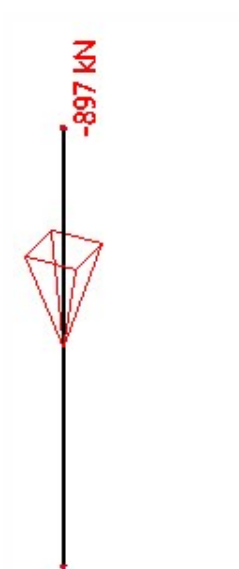
- N = normaalkracht
- V_y = afschuifkracht op basis van de Y-as van het geselecteerde systeem
- V_z = afschuifkracht op basis van de Z-as van het geselecteerde systeem
- M_x = torsiemoment
- M_y = buigmoment rond de Y-as van het geselecteerde systeem
- M_z = buigmoment rond de Z-as van het geselecteerde systeem

Extra waarden

hiermee kunt u meerdere resultaatonderdelen tegelijk op de tekening weergegeven voor 1D-elementen. De opties zijn: zie Waarden van balken

Wanneer alleen het hoofdonderdeel is geselecteerd (er is geen extra waarde ingeschakeld), wordt het geselecteerde onderdeel in de overeenkomende richting getekend.

Wanneer u een of meer extra waarden inschakelt, worden alle geselecteerde onderdelen in het venster weergegeven voor betere leesbaarheid.



Limietwaarden

Voor elk resultaatonderdeel voor 1D-elementen kunt u de minimum- en maximumwaarde opgeven voor kleur-codering op de tekening. U kunt de kleuren configureren via Instellingen > Kleuren/lijnen.

De standaardkleurcodering is als volgt:

Waarden die lager zijn dan $V_{\min}$, worden rood weergegeven.

Waarden tussen $V_{\min}$ en $V_{\max}$ worden grijs weergegeven.

Waarden die hoger zijn dan $V_{\max}$, worden blauw weergegeven.

Waarden van platen

Het hoofdonderdeel dat moet worden weergegeven voor 2D-elementen (wanden). De opties zijn:

- n_x = normaalkracht van membraan in X-richting van element-LCS
- n_y = normaalkracht van membraan in Y-richting van element-LCS
- n_{xy} = afschuifkracht van membraan in element-LCS
- m_x = buigmoment rond X-as van element-LCS
- m_y = buigmoment rond Y-as van element-LCS
- m_{xy} = torsiemoment op basis van element-LCS
- v_x = afschuifkracht op basis van X-as van element-LCS
- v_y = afschuifkracht op basis van Y-as van element-LCS

Detailed storey result

Linear calculation, Extreme: Global, System: Principal

Selection: FL1

Load cases: SW

Columns:

Name	Storey	x [m]	y [m]	z [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B37	FL1	12.000	0.000	2.250	-184.63	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
B22	FL1	6.000	6.000	2.250	-897.21	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
B40	FL1	6.000	12.000	2.250	-219.44	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00

Walls:

Name	Storey	x [m]	y [m]	z [m]	nx [kN/m]	ny [kN/m]	nxy [kN/m]	mxx [kNm/m]	my [kNm/m]	mxy [kNm/m]	vx [kN/m]	vy [kN/m]
S7	FL1	0.000	10.000	2.250	-3.67	-121.42	0.07	-0.02	0.81	0.02	0.37	0.00
S10	FL1	1.000	12.000	2.250	0.42	-77.63	0.28	-0.30	-1.12	0.01	0.41	-0.01
S15	FL1	3.500	0.000	2.250	0.29	-305.21	-0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.02
S4	FL1	12.000	12.000	2.250	0.39	31.67	-0.32	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.05
S15	FL1	1.000	0.000	2.250	-1.44	-71.84	-2.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00
S7	FL1	0.000	9.000	2.250	-1.84	-193.64	2.77	-0.08	0.59	0.01	0.12	0.00
S7	FL1	0.000	12.000	2.250	-0.22	27.48	-1.38	0.89	1.33	0.00	0.57	-0.69
S10	FL1	2.000	12.000	2.250	-0.08	-178.29	-0.09	0.00	-1.13	0.02	0.06	-0.12
S4	FL1	12.000	11.500	2.250	-0.75	-10.64	-1.09	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.02
S15	FL1	0.500	0.000	2.250	-0.65	-21.74	-1.17	0.01	0.00	0.03	0.00	-0.05
S7	FL1	0.000	8.000	2.250	0.39	-257.90	-0.01	0.00	0.48	0.00	-0.06	0.01
S7	FL1	0.000	11.500	2.250	-1.51	-10.79	-1.13	0.59	1.22	0.03	0.66	0.14
S10	FL1	0.000	12.000	2.250	-0.32	28.23	1.02	-0.90	-1.09	0.00	0.41	0.47

Extra waarden

hiermee kunt u meerdere resultaatonderdelen tegelijk op de tekening weergeven voor 2D-elementen. De opties zijn: zie Waarden van platen

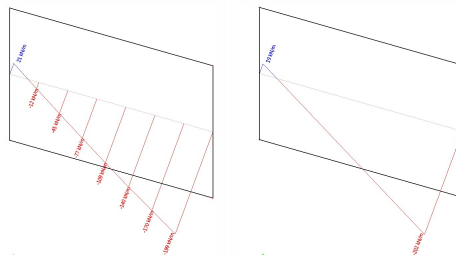
Limietwaarden

Voor elk resultaatonderdeel voor 2D-elementen kunt u de minimum- en maximumwaarde opgeven voor kleur-codering op de tekening. Zie de uitgebreide beschrijving hierboven.

Diagram

De stijl van het diagram voor interne krachten in 2D-elementen. De opties zijn:

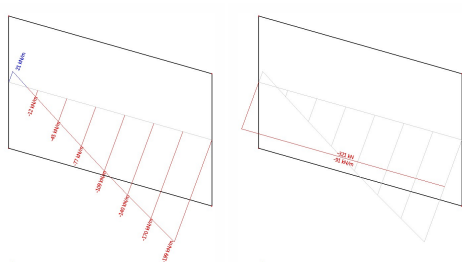
- Precies: onbewerkte, berekende resultaten zonder aanpassing
- Trapezoïdaal: trapezoïdale regressie van diagram voor elk 2D-element afzonderlijk
- Geen: het diagram is verborgen

**Totale waarde weergegeven**

Wanneer de optie is ingeschakeld, wordt de integrale waarde van het weergegeven diagram voor elk 2D-element afzonderlijk aangegeven

Gemiddelde waarde weergegeven

Wanneer de optie is ingeschakeld, wordt de gemiddelde waarde van het weergegeven diagram aangegeven en wordt het overeenkomende uniforme diagram voor elk 2D-element afzonderlijk getekend.



Resultaattype Resulterende krachten – Locatie per element

Properties

Detailed storey result (1)

Name	Detailed storey result
Type of loads	Combinations
Combinations	ULS
Envelope	Maximum
Selection	All storeys
Section level	Top
Filter	No
System	Principal
Extreme	Member
Draw values	☒
Draw units	☒
Result type	Resulting Forces
Location	By member
Values	N

+ Additional values

+ Limit values

Actions

Refresh

>>>

Preview

>>>

Hier worden alleen instellingen weergegeven die anders werken dan in de vorige alinea is beschreven. Zie de vorige alinea Interne krachten voor informatie over instellingen die hier niet worden beschreven.

Resultaattype

Selectie van resultaattype. De opties zijn:

- Interne krachten
- Resulterende krachten

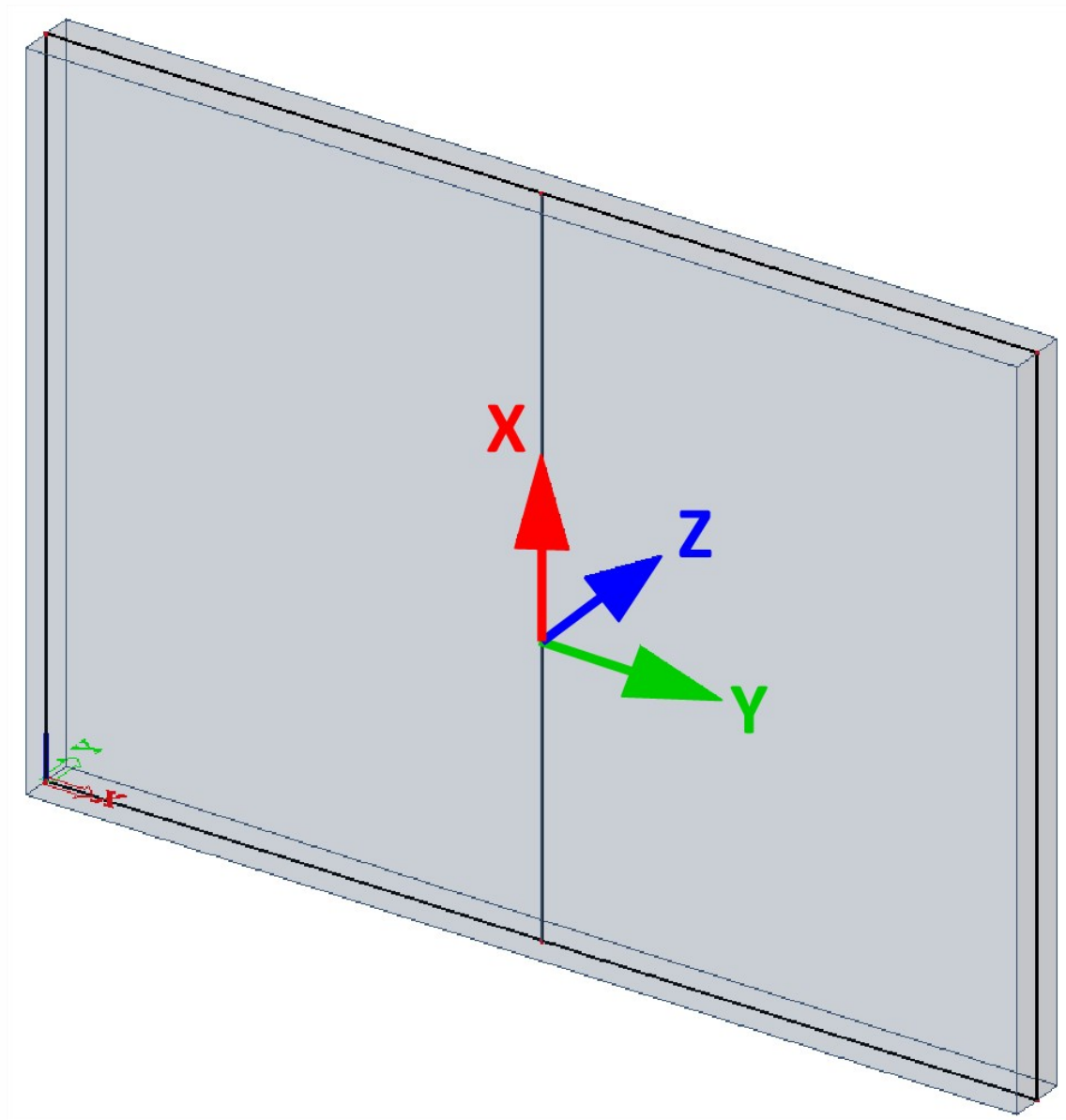
Locatie

Selectie van locatietype voor resulterende krachten. De opties zijn:

- Per element: de resulterende krachten worden berekend voor elk wandelement afzonderlijk.
- Per verdieping: de resulterende krachten worden berekend voor elke verdieping, waarbij rekening wordt gehouden met alle ondersteunende elementen tegelijk. 1D-elementen (kolommen) en 2D-elementen (wanden) worden samen in de berekening meegenomen.

Resulterende krachten in 1D-elementen (kolommen) zijn gelijk aan interne krachten in 1D-elementen.

Met resulterende krachten in 2D-elementen (wanden) wordt de resultante in het midden van elke wand berekend op basis van een speciaal lokaal coördinatensysteem, ongeacht de instelling van de systeemitvoer. Het gebruikte coördinatensysteem is hetzelfde als het LCS van een verticale rib die in het midden van de wand is geplaatst. Daarnaast is het hetzelfde coördinatensysteem dat wordt gebruikt voor integratiestrips.



- De lokale X-as is verticaal, omhoog.
- De lokale Z-as is gelijk aan het Z-LCS van de wand.
- $Y = Z \wedge X$

Op deze manier kunnen resulterende krachten in wanden eenvoudig samen in één tekening worden weergegeven, consistent met de interne krachten in kolommen.

Resultaatype Resulterende krachten – Locatie per verdieping

Properties	
Detailed storey result (1)	
Name	Detailed storey result
Type of loads	Combinations
Combinations	ULS
Envelope	Maximum
Selection	All storeys
Section level	Top
Filter	No
System	GCS
Extreme	Member
Draw values	☒
Draw units	☒
Result type	Resulting Forces
Location	By storey
Values	Fx
+ Additional values	
+ Limit values	
Actions	
Refresh	>>>
Preview	>>>

Hier worden alleen instellingen weergegeven die anders werken dan in de alinea Interne krachten is beschreven. Zie de alinea Interne krachten voor informatie over instellingen die hier niet worden beschreven.

Resultaatype

Selectie van resultaatype. De opties zijn:

- Interne krachten
- Resulterende krachten

Locatie

Selectie van locatietype voor resulterende krachten. De opties zijn:

- Per element: de resulterende krachten worden berekend voor elk wandelement afzonderlijk.
- Per verdieping: de resulterende krachten worden berekend voor elke verdieping, waarbij rekening wordt gehouden met alle ondersteunende elementen tegelijk. 1D-elementen (kolommen) en 2D-elementen (wanden) worden samen in de berekening meegenomen.

Systeem

Selectie van het coördinatensysteem voor de uitvoer van resulterende krachten per verdieping. De opties zijn:

- GCS
- UCS

UCS

Selectie van een UCS in de UCS-bibliotheek, dat wordt gebruikt als verwijzingssysteem voor de uitvoer van resulterende krachten per verdieping.

Waarden

Hoofdonderdeel van resulterende kracht. De opties zijn:

F_x , F_y , F_z = resulterende kracht op basis van de X-, Y-, Z-as van het geselecteerde coördinatensysteem

M_x , M_y , M_z = resulterend moment rond X-, Y-, Z-as van het geselecteerde coördinatensysteem

Voorbeelden

Uitvoer van totale verticale krachten op alle verdiepingen

Properties

Detailed storey result (1)

Name

Detailed storey result

Type of loads

Load cases

Load cases

SW

Selection

All storeys

Section level

Middle

Filter

No

System

GCS

Extreme

No

Draw values

☒

Draw units

☒

Result type

Resulting Forces

Location

By storey

Values

Fz

Additional values

☐

Limit values

☐

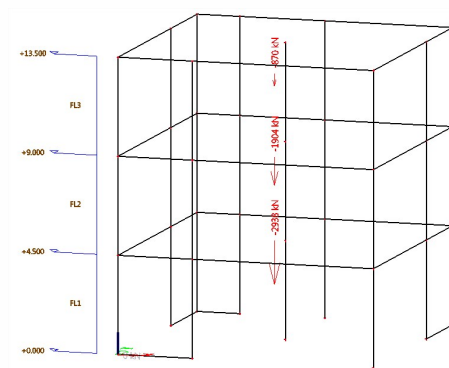
Actions

Refresh

>>>

Preview

>>>



Detailed storey result

Linear calculation, Extreme: No, System: GCS

Selection: All

Load cases : SW

Resulting Forces:

Name	x [m]	y [m]	z [m]	F_x [kN]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
FL1	5.089	7.291	2.250	0	-1	-2938	2523.04	-1453.16	4.09
FL2	5.089	7.291	6.750	0	0	-1904	1696.02	-1000.61	-0.37
FL3	5.089	7.291	11.250	0	0	-870	868.77	-548.10	-0.95
FL4	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0.00	0.00	0.00

Interne krachten in alle ondersteunende elementen van een verdieping

Properties

Detailed storey result (1)

Name	Detailed storey result
Type of loads	Load cases
Load cases	SW
Selection	Single storey
Storey	FL1
Section level	Middle
Filter	No
System	Principal
Extreme	Member
Draw values	☒
Draw units	☒
Result type	Internal forces
Values on beams	N
+ Additional values	
+ Limit values	
Values on slabs	ny
+ Additional values	
+ Limit values	
Diagram	Precise
Draw diagram	Section plane
Display total value	☐
Display average value	☐

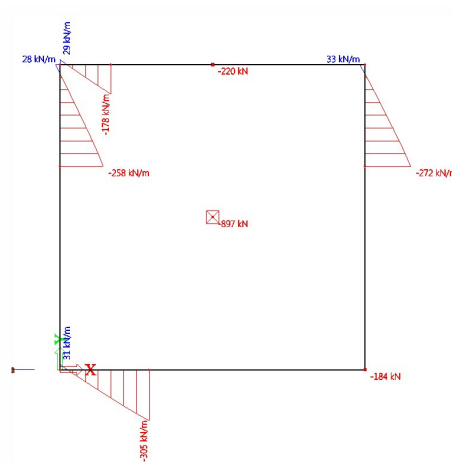
Actions

Refresh

>>>

Preview

>>>



Gemiddelde krachten in alle ondersteunde elementen van een verdieping

Properties

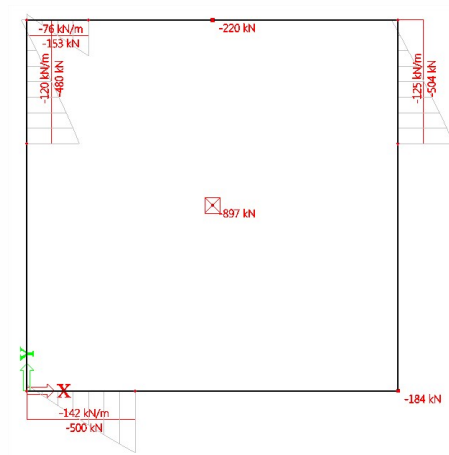
Detailed storey result (1)

Name	Detailed storey result
Type of loads	Load cases
Load cases	SW
Selection	Single storey
Storey	FL1
Section level	Middle
Filter	No
System	Principal
Extreme	Member
Draw values	☒
Draw units	☒
Result type	Internal forces
Values on beams	N
+ Additional values	
+ Limit values	
Values on slabs	ny
+ Additional values	
+ Limit values	
Diagram	Precise
Draw diagram	Section plane
Display total value	☒
Display average value	☒

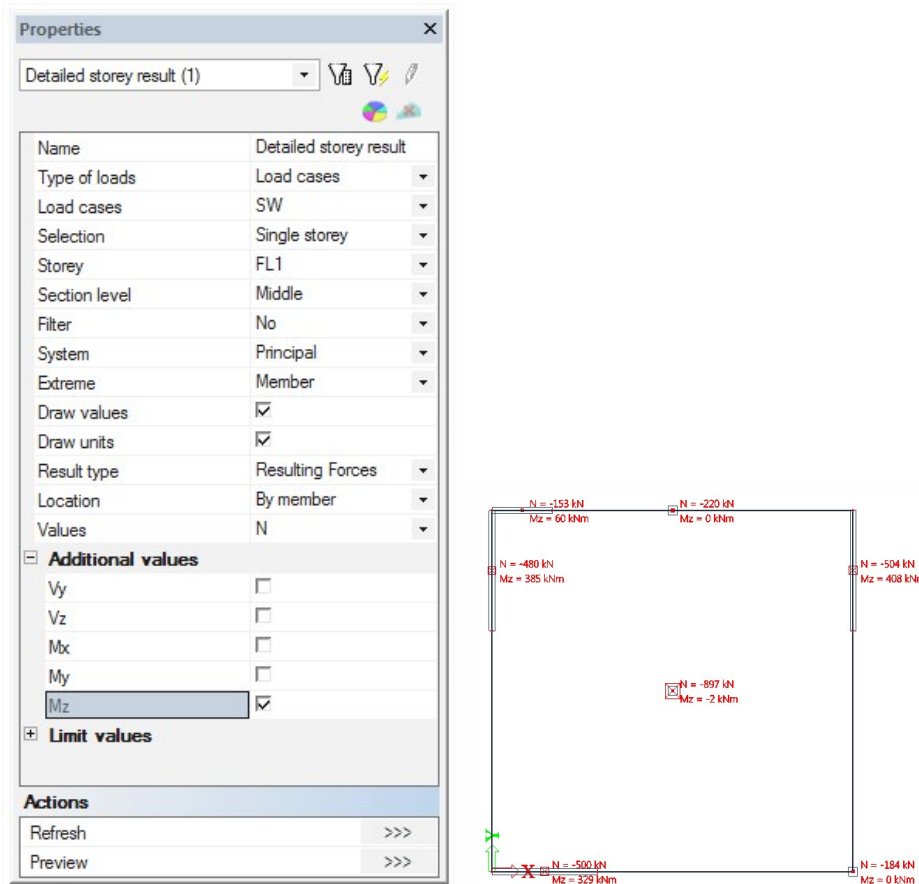
Actions

Refresh >>>

Preview >>>



Resulterende krachten in alle elementen van een verdieping



Detailed storey result

Linear calculation, Extreme: Member, System: Principal

Selection: FL1

Load cases: SW

Resulting Forces:

Name	Storey	x [m]	y [m]	z [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
S4	FL1	12.000	10.000	2.250	-504	-2	0	0.01	0.00	408.43
S7	FL1	0.000	10.000	2.250	-480	0	0	0.29	3.41	385.44
S10	FL1	1.000	12.000	2.250	-153	1	0	-0.02	-2.23	60.11
S15	FL1	1.750	0.000	2.250	-500	-1	0	0.02	0.00	329.18
B22	FL1	6.000	6.000	2.250	-897	-2	0	0.01	-1.06	-2.39
B37	FL1	12.000	0.000	2.250	-184	0	0	0.01	0.00	0.00
B40	FL1	6.000	12.000	2.250	-220	0	0	0.01	0.00	0.00

Modale superpositie

Inleiding – theoretische achtergrond

Modale superpositie

De responspectrummethode is een van de meest gebruikte methoden voor de seismische analyse van structuren. Deze methode heeft veel voordelen ten opzichte van andere methoden:

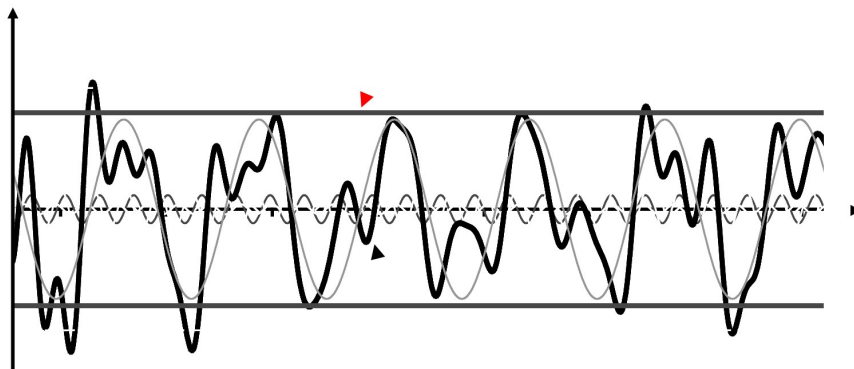
- In tegenstelling tot de methode met equivalente laterale krachten, wordt er rekening gehouden met verschillende vibratiemodi en wordt de structuur geanalyseerd zonder dat de geometrie is beperkt.
- In tegenstelling tot de expliciete, dynamische tijd-/geschiedenisanalyse, wordt er gekeken naar een hele reeks aardbevingen, zodat u over een bereik van mogelijke aardbevingen voor een bepaalde locatie beschikt. Bij een tijd-/geschiedenisanalyse wordt slechts gewerkt op basis van één aardbeving (één invoerversnellingsgrafiek).
- De berekeningskosten van de responspectrummethode zijn veel lager dan de kosten voor de tijd-/geschiedenisanalyse, met name wanneer er rekening moet worden gehouden met niet-lineariteiten.

Bij de responspectrummethode wordt een modale superpositie van de relevante eigenmodes van de structuur gebruikt. Met de methode kan wel de omvang van elke modus worden berekend, maar niet de faseverschuiving. De waarden van de faseverschuiving zijn afhankelijk van de werkelijke versnellingsgrafiek die wordt toegepast op de structuur. Aangezien met een responspectrum een groep versnellingsgrafieken wordt aangeduid, kunnen er geen unieke waarden worden gedefinieerd voor de faseverschuiving: deze variabelen zijn willekeurig.

Hier is het concept van modale superpositie van toepassing: met diverse statistische technieken kunnen bereikwaarden worden bepaald voor het werkelijke gedrag, zodat de kans op een aardbeving vrij nauwkeurig kan worden bepaald.

De meest gebruikte technieken zijn SRSS (Square Root of Sum of Squares) en CQC (Complete Quadratic Combination).

Response spectrum – envelope values



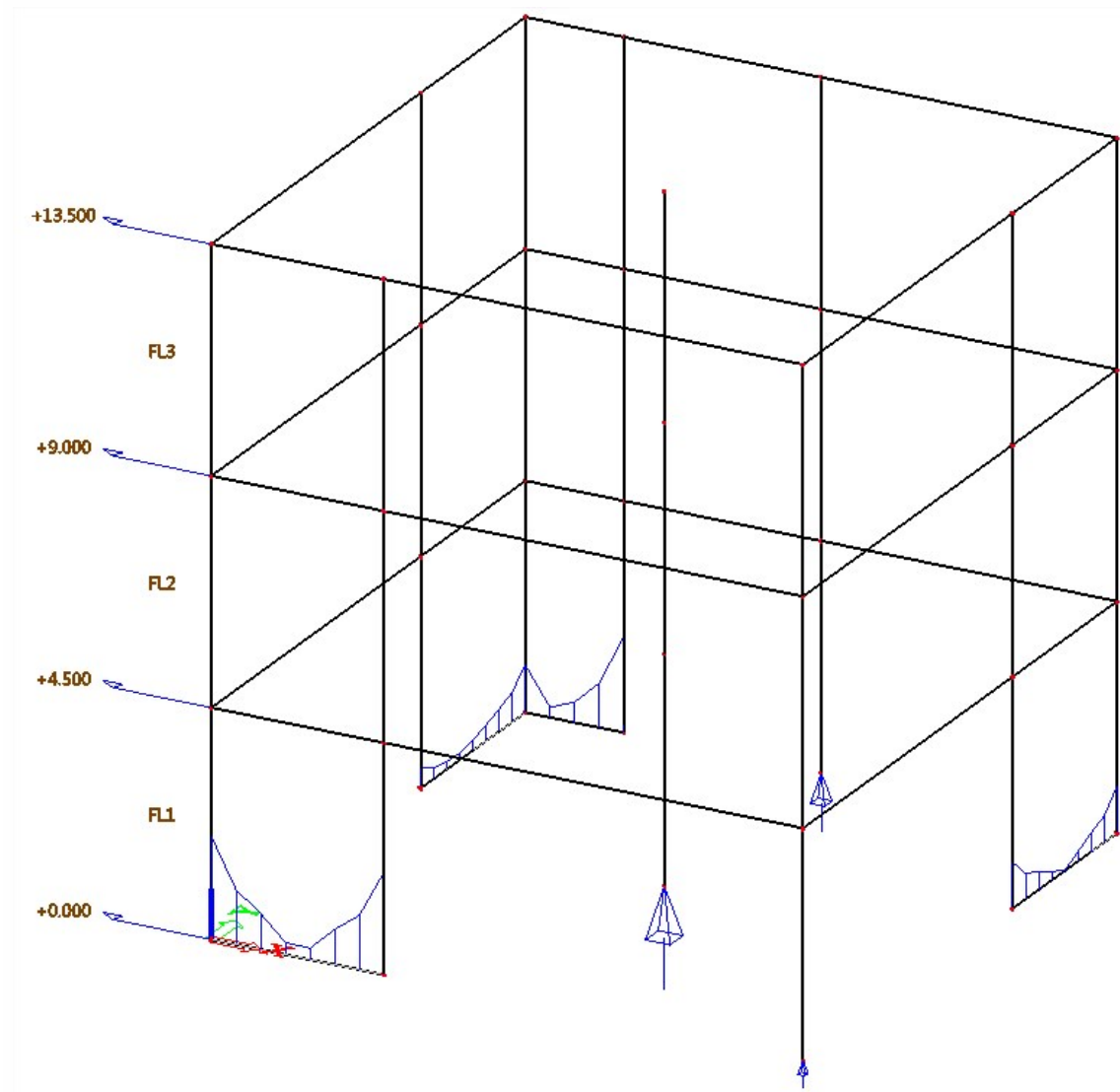
Real behaviour

Het voordeel van deze methoden zijn de eenvoudige ontwerpwaarden van alle resultaten (verplaatsingen, interne krachten...) zonder dat de werkelijke waarden voor de faseverschuiving bekend zijn, maar waarbij slechts een deel van de informatie beschikbaar is:

- De minimale en maximale waarden van een resultaat kunnen worden bepaald.
- Het werkelijke teken van een resultaat kan niet worden gedefinieerd.
- Het samenvallen van afzonderlijke resultaten kan niet worden gedefinieerd.

Het laatste punt hierboven is niet geheel nauwkeurig, omdat de waarschijnlijkheidsrelaties tussen relaties kunnen worden vastgesteld. Deze technieken worden momenteel echter niet veel in de praktijk gebruikt en worden niet in dit document beschreven.

Het ontbreken van de samenhang tussen resultaten en het teken van de resultaten is met name een probleem bij de berekening van resulterende krachten in afschuifwanden: het is niet mogelijk om een resultante te berekenen op basis van interne krachten na modale superpositie, omdat alle onbewerkte resultaten meestal positief zijn.

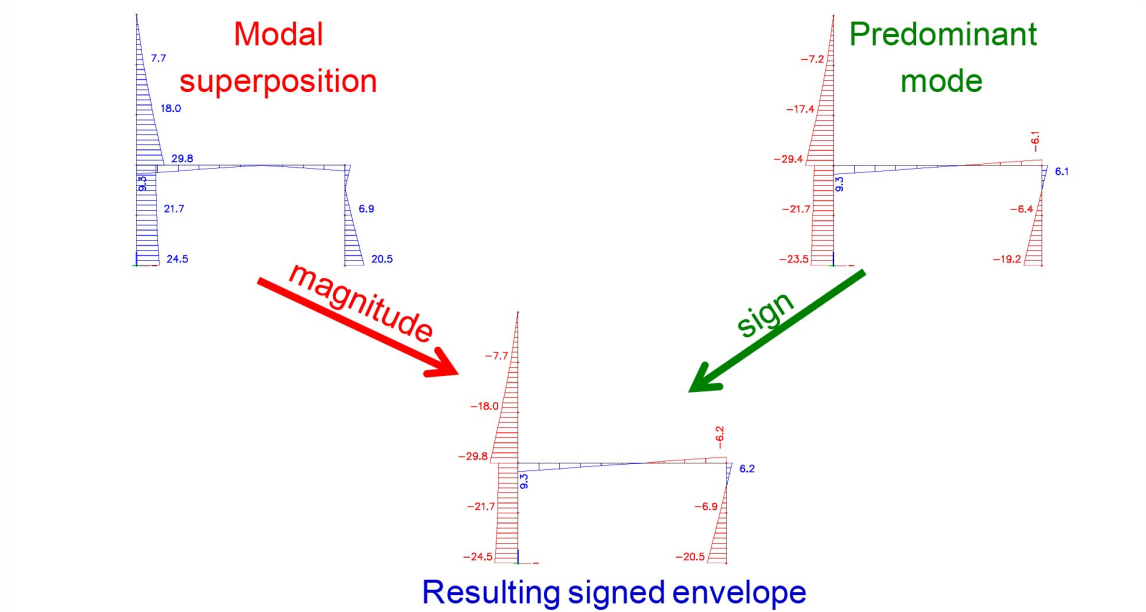


Als u resulterende krachten berekent in een van deze afschuifwanden, leidt dit meestal tot bijna-nulmomenten en veel te hoog geschatte normaalkrachten.

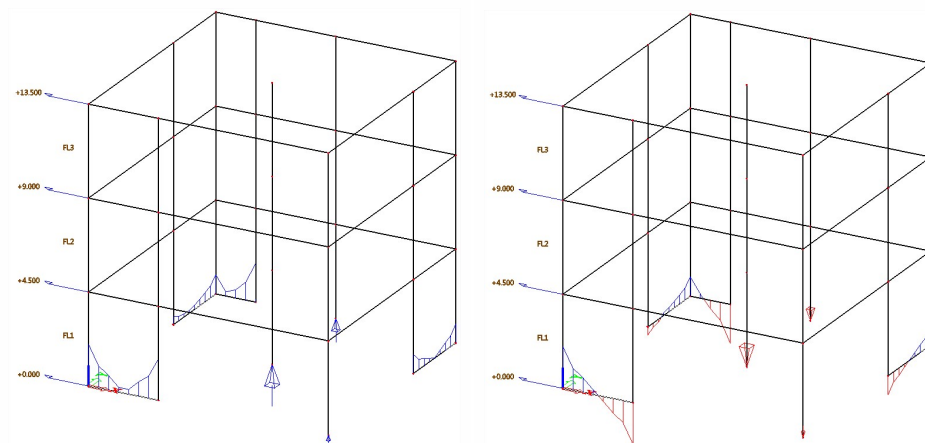
Invloedrijkste modus en gemarkeerde resultaten

Als u bruikbare waarden van resulterende krachten wilt verkrijgen, kunt u de zogenaamde methode voor gemarkeerde resultaten gebruiken.

Bij deze methode wordt een markeringsschema toegepast op de onbewerkte resultaten van de modale superpositie. Bij de klassieke benadering wordt de markering van de belangrijkste eigenmode gebruikt.



Als dit wordt toegepast op afschuifwanden, kunnen de interne krachten worden gemarkeerd, waardoor deze geschikt worden voor de berekening van resulterende krachten:



Modale superpositie van resultanten

De methode voor gemarkeerde resultaten kan worden beschouwd als een oplossing voor het verkrijgen van bruikbare resulterende krachten. Deze methode wordt 'berekening van resultanten met modale presuperpositie' genoemd. Dit is handig voor de berekening, omdat de modale superpositie slechts één keer hoeft te worden uitgevoerd voor alle lokale resultaten en de resultante rechtstreeks kan worden berekend op basis van een unieke set resultaten.

De nauwgezette methode voor de berekening van resultanten voor de responspectrummethode kan als volgt worden samengevat:

- De lokale interne krachten voor elke eigenmode berekenen
- De resulterende kracht voor elke eigenmode afzonderlijk berekenen
- De modale superpositie toepassen op de verkregen modale resulterende waarden

Deze methode wordt 'berekening van resultanten met modale postsuperpositie' genoemd.

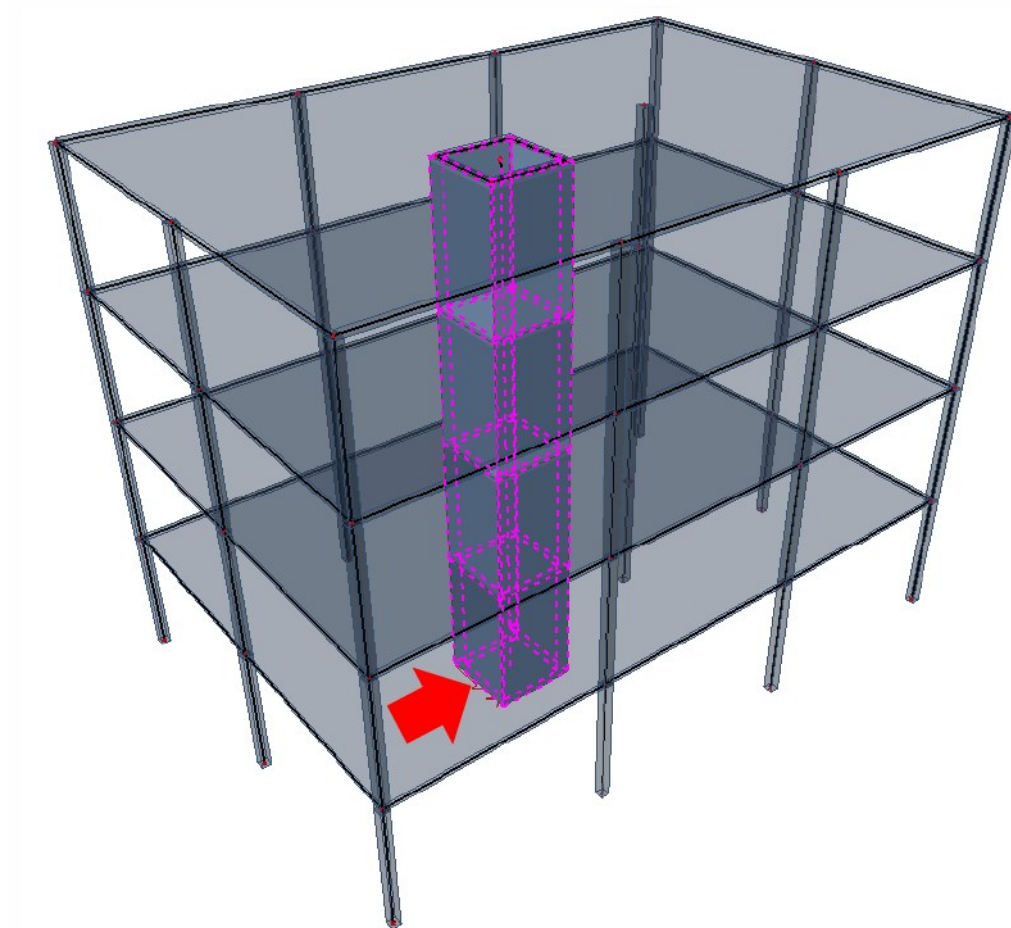
Op deze manier zijn er geen resultaatmarkeringen nodig om de juiste waarden van resulterende krachten te verkrijgen. Daarnaast zijn er gevallen waarbij de methode die in de vorige alinea is beschreven, te hoog geschatte resultaten geeft van

de meeste resultaatonderdelen en daardoor alleen als een benadering kan worden beschouwd. De methode die hier wordt beschreven, is duidelijk nauwkeuriger.

Zoals u in het volgende voorbeeld kunt zien, zijn structuren met het invloedrijkste torsiegedrag met name gevoelig voor dit fenomeen.

Belangrijke verschillen zijn zichtbaar in de meeste resultaatonderdelen bij gebruik van de berekening van resulterende krachten op basis van gemarkeerde resultaten met superpositie (maximaal vier keer het referentieresultaat).

Aan de andere kant liggen alle waarden die zijn verkregen via de modale superpositie van resulterende krachten die afzonderlijk voor elke modus zijn berekend, heel dicht bij het referentiemodel (maximaal verschil van 6%).



Krachten onder aan de kern	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
Resultante van resultaten die zijn gemarkeerd na superpositie	518	855	15	2509	2732	1691
Modale superpositie na de berekening van de resultante	249	198	26	1900	2394	1614
Referentiemodel (1D-element)	264	209	25	1911	2429	1640

Modale superpositie in Scia Engineer

Scia Engineer bevat alle methoden die hierboven zijn beschreven. Alle gerelateerde instellingen bevinden zich in de eigenschappen van het seismische belastinggeval.

Gemarkeerde resultaten

U kunt de markering van resultaten inschakelen met de instelling Invloedrijkste modus. U kunt de eigenmode die moet worden gebruikt als referentie voor de markering, automatisch of handmatig selecteren.

Predominant mode

Predominant mode ☒

Mode shape Automatic

Master load case Automatic

Mass combi

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

Met de automatische selectie van de modusvorm wordt de modus met de hoogste modale massa geselecteerd, ongeacht de werkelijke richting van de aardbeving. Dit is meestal juist voor 2D-modellen (2D-frames), maar vaak onjuist voor 3D-modellen. Voor 3D-modellen wordt u aangeraden de modusvorm handmatig te selecteren.

4.2.1.2 Modale superpositie van resultanten

Als u de berekening van resultanten via modale postsuperpositie wilt inschakelen, schakelt u de optie Geavanceerde modale superpositie voor seismische belastinggevallen inschakelen in de instellingen van de oplosser in.

Dynamics

Number of frequencies 24

Use reduced model ☐

Produce wall eigenmode results (needed for ECtools) ☐

Enable advanced modal superposition for seismic load cases ☒

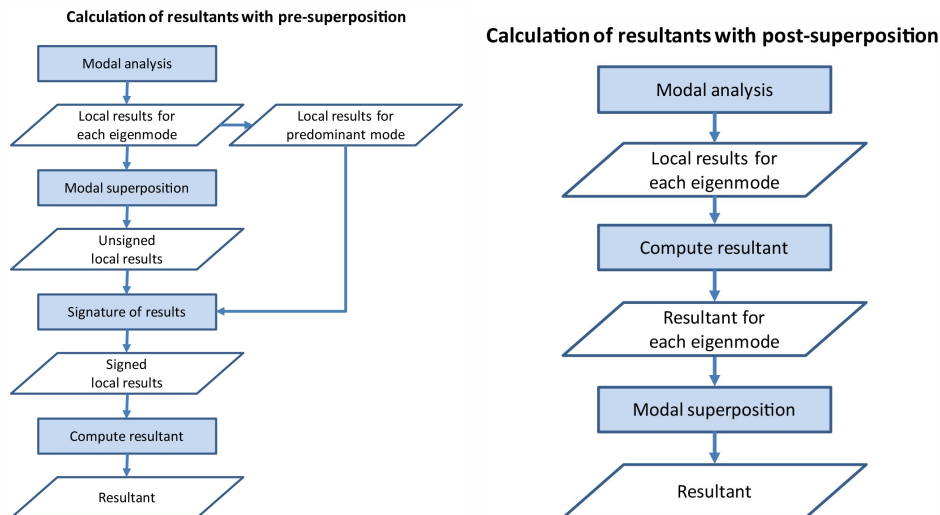
Deze optie is standaard

- ingeschakeld voor nieuwe projecten
- uitgeschakeld voor projecten die zijn gemaakt in eerdere versies van Scia Engineer

In de volgende tabel ziet u welke methode wordt gebruikt voor de berekening van resultanten.

Oplosserinstelling Geavanceerde modale superpositie voor seismische belastinggevallen inschakelen	Instelling van Invloedrijkste modus in seismisch belastinggeval	Methode die wordt gebruikt voor de berekening van resultanten
UIT	Alles	Presuperpositie
AAN	AAN	
	UIT	Postsuperpositie

In de onderstaande stroomdiagrammen wordt het proces voor beide methoden samengevat. Hoewel de post-superpositiemethode veel eenvoudiger lijkt dan de presuperpositiemethode, moeten alle bewerkingen die zijn gerelateerd aan lokale resultaten, ook worden uitgevoerd om lokale resultaten te verkrijgen voor seismische belastinggevallen. De bewerkingen worden niet aangegeven in het stroomdiagram, omdat deze in deze context niet relevant zijn.



Buitengewone excentriciteit

Inleiding

De meeste seismische normen vereisen dat constructies worden gecontroleerd op torsie als gevolg van massa-excentriciteit, inclusief een extra excentriciteit, de zogenoemde 'buitengewone excentriciteit'. Dit is nodig om onnauwkeurigheden tussen de modellering en de werkelijke constructie in aanmerking te kunnen nemen, naast het feit dat massa's die aan gebruiksbelastingen zijn gekoppeld gedurende de levensduur van de constructie kunnen variëren.

Voor de analyse moet onderscheid worden gemaakt tussen twee soorten excentriciteit: constructieve excentriciteit en buitengewone excentriciteit.

Constructieve excentriciteit is de offset tussen het midden van de massa en het midden van de stijfheid van de constructie. Dit is onderdeel van de constructie. In een vereenvoudigde seismische analyse met behulp van 2D-modellen (waarbij de X- en Y-richtingen meestal apart worden geanalyseerd) wordt de invloed van de constructieve excentriciteit in aanmerking genomen door de torsie-effecten handmatig over de constructie te verdelen. Meestal wordt er een extra veiligheidsfactor op de constructieve excentriciteit toegepast, om rekening te kunnen houden met onnauwkeurigheden die ontstaan door toepassing van die vereenvoudigde methode.

Bij gebruik van een 3D-modellering van de constructie wordt de constructieve excentriciteit automatisch in aanmerking genomen doordat de X en Y worden gekoppeld en gezamenlijk worden geanalyseerd. Hierdoor kunnen torsie-effecten direct in de analyse worden weergegeven en hoeven ze later niet handmatig te worden toegevoegd.

De buitengewone excentriciteit houdt rekening met onnauwkeurigheden in de verdeling van de massa's binnen de constructie. Meestal wordt dit in ontwerpnormen in aanmerking genomen als additionele massa-excentriciteit, die gedefinieerd wordt als een deel van de afmetingen van de constructie.

In Eurocode 8 wordt de buitengewone excentriciteit voor een bepaalde verdieping gedefinieerd als 5% van de breedte van de verdieping loodrecht op de richting van de werkende seismische actie.

In vereenvoudigde modelleringen waarin de constructieve excentriciteit expliciet wordt weergegeven, is het heel eenvoudig om de buitengewone excentriciteit in de berekening op te nemen. In algemene 3D-modelleringen wordt de constructieve excentriciteit niet als zodanig weergegeven en is het dus lastiger om de effecten ervan in aanmerking te nemen.

In Scia Engineer kan buitengewone excentriciteit dankzij het gebruik van het gecomprimeerde IRS-model eenvoudig worden geïntroduceerd, omdat het gecomprimeerde model slechts één R-knoop per verdieping gebruikt. De buitengewone excentriciteit kan als werkelijke massa-excentriciteit of als additionele torsieacties in aanmerking worden genomen (vereenvoudigde methode volgens de ontwerpnormen).

De methode waarbij werkelijke massa-excentriciteit in de modale analyse wordt gebruikt, is nog niet in Scia Engineer geïmplementeerd.



Op dit moment is alleen de vereenvoudigde methode beschikbaar, waarbij een additioneel torsiemoment wordt gebruikt.

De buitengewone excentriciteit definiëren

Buitengewone excentriciteit kan alleen samen met de beperkte modelanalyse worden gebruikt. Meer informatie over het inschakelen van dit model vindt u in [Het beperkte model inschakelen](#).

De instellingen voor buitengewone excentriciteit worden gedefinieerd in de eigenschappen van het in aanmerking genomen seismische belastingsgeval, in de subgroep 'Buitengewone excentriciteit'. Buitengewone excentriciteit is standaard uitgeschakeld.

Name	EQX1
Description	seismic load case - unsigned
Action type	Variable
LoadGroup	EQ
Load type	Dynamic
Specification	Seismicity
Parameters	
+ Direction X	
+ Direction Y	
+ Direction Z	
Acceleration factor	1
Overtuning [m]	0.000000
Accidental eccentricity	
Accidental eccentricity	Disabled
+ Type of superposition	
+ Unify eigenshapes	
+ Mode filtering	
Mass in analysis	Participating mass only
+ Predominant mode	
Master load case	None
Mass combi	CM1

De methode voor het berekenen van de buitengewone excentriciteit kan worden geselecteerd in de keuzelijst 'Buitengewone excentriciteit':

Disabled	▼
Disabled	
Linear distribution of accelerations	
Distribution of accelerations from eigenshape	
Accelerations from modal superposition	

Afhankelijk van de geselecteerde methode moeten verschillende instellingen worden gedefinieerd.

Excentriciteit

Waarde van de buitengewone excentriciteit, gedefinieerd als deel van de breedte van de in aanmerking genomen verdieping in de richting loodrecht op de seismische actie.

De meeste seismische ontwerpnormen specificeren een waarde van 0,05 voor deze verhouding (EN1998-1 § 4.3.2(1)P en formule (4.3)).

Modusvorm

Als de verdeling van versnellingen wordt berekend op basis van een modusvorm, moet de gebruiker opgeven welke modus voor dat doel moet worden gebruikt.

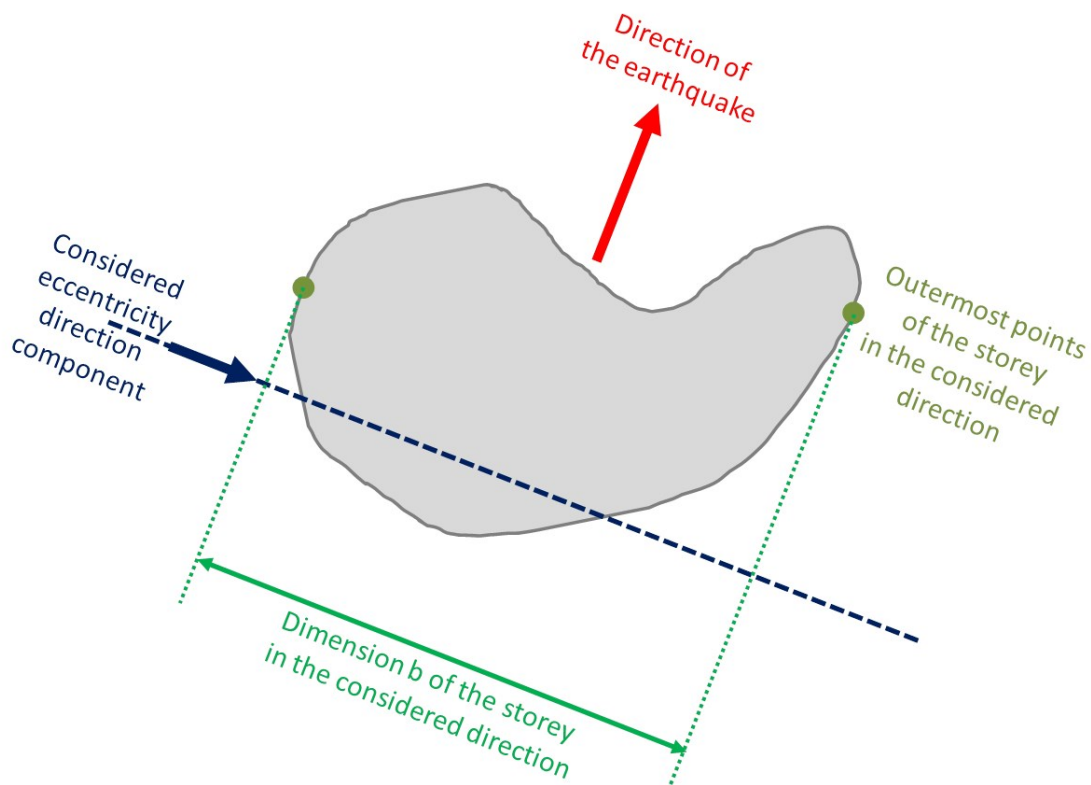
Belastingsgeval

Als de verdeling van versnellingen wordt berekend op basis van de vervormde vorm van de constructie onder de werking van statische belastingen, moet hier een statisch belastingsgeval worden opgegeven.

Deze instellingen worden hieronder meer in detail behandeld.

Waarde van de buitengewone excentriciteit

Ongeacht welke methode wordt geselecteerd, moet er een waarde voor de buitengewone excentriciteit worden opgegeven. Deze waarde wordt gedefinieerd als deel van de breedte van de in aanmerking genomen verdieping in de richting loodrecht op de seismische actie (EN1998-1 § 4.3.2(1)P).



Vervolgens wordt de werkelijke excentriciteit als volgt berekend:

$$e_{A,i} = e_{AR,i} \cdot b_i$$

waarbij $e_{AR,i}$ de door de gebruiker gedefinieerde waarde van de relatieve excentriciteit (bijv. 0,05) is, en b_i de breedte van de in aanmerking genomen verdieping is. Deze waarde wordt voor elke verdieping apart berekend.

De effecten van excentriciteit berekenen

De buitengewone excentriciteit wordt als volgt in aanmerking genomen:

Er wordt een dynamische analyse van de constructie zonder buitengewone excentriciteit uitgevoerd met behulp van de responspectrummethode.

De effecten van buitengewone excentriciteit worden toegevoegd door op de constructie rond de verticale as van elke verdieping statische torsiemomenten toe te passen. Deze methode wordt gedetailleerd beschreven in Eurocode 8 (EN1998-1 §4.3.3.3.3).

Het algemene uitgangspunt voor de berekening van torsiemomenten is als volgt:

$$F_j = F_{base} \cdot \frac{\alpha_j \cdot m_j}{\sum_k \alpha_k \cdot m_k}$$

$$M_{z,j} = F_j \cdot e_{A,j}$$

waarbij

F_j de horizontale kracht is die wordt uitgeoefend op verdieping j ;

F_{base} de totale horizontale kracht is die wordt uitgeoefend op de constructie (ook wel basisafschuiving genoemd) in de in aanmerking genomen aardbevingsrichting die verkregen is op basis van de responspectrumberekening van de constructie;

m_j de massa van verdieping j is;

α_j de verdeelsleutel van de versnellingen is; dit hangt af van de geselecteerde methode; op dit moment zijn er 3 methoden beschikbaar om de verdeling van versnellingen te definiëren (zie onder);

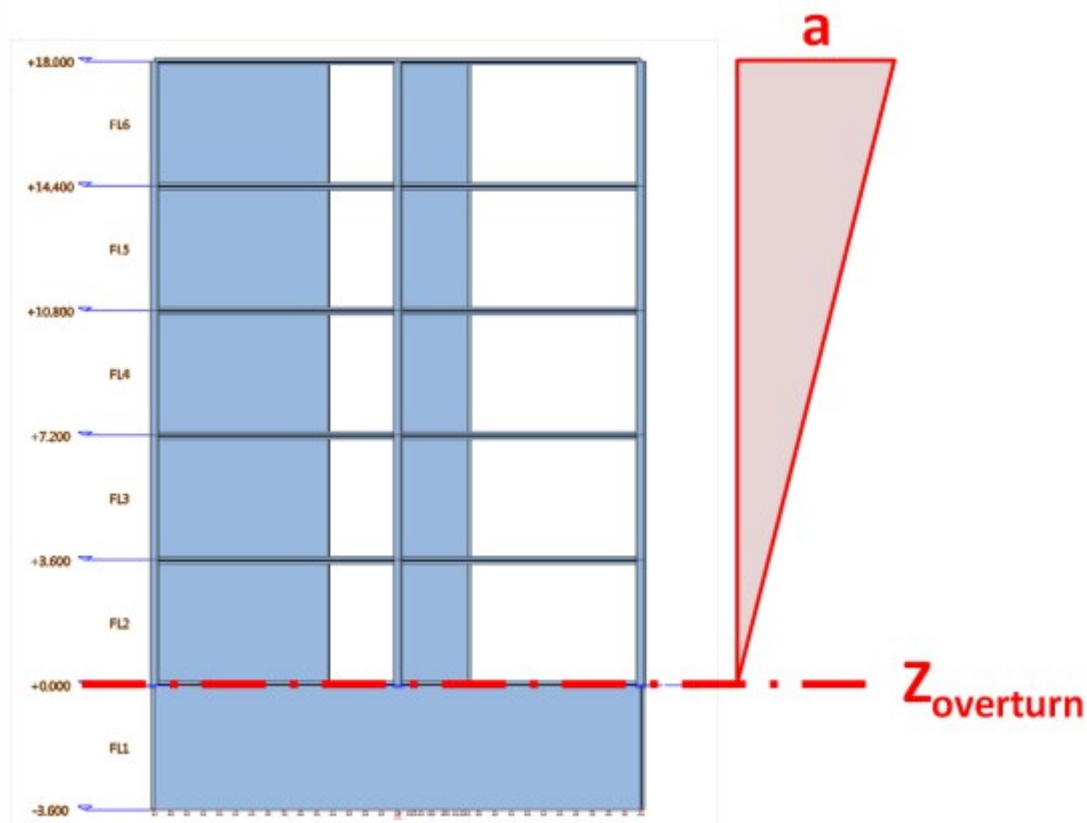
$e_{A,j}$ de buitengewone excentriciteit van verdieping j is, zoals gedefinieerd in de vorige paragraaf;

$M_{z,j}$ het toegepaste torsiemoment rond de Z-as van verdieping j is.

Lineaire verdeling van versnellingen

Accidental eccentricity	
Accidental eccentricity	Linear distribution of accelerations
Eccentricity	0.05

In dit geval wordt aangenomen dat de verdeling van versnelling lineair is, evenredig met de hoogte. Het referentieniveau is het kantelniveau dat in de eigenschappen van het seismische belastingsgeval is gedefinieerd.



$$\alpha_j = \max(z_j - z_{\text{overturn}}; 0)$$

waarbij z_j het niveau van het massacentrum van verdieping j is; zkanteling wordt door de gebruiker gedefinieerd in de eigenschappen van het seismische belastingsgeval.

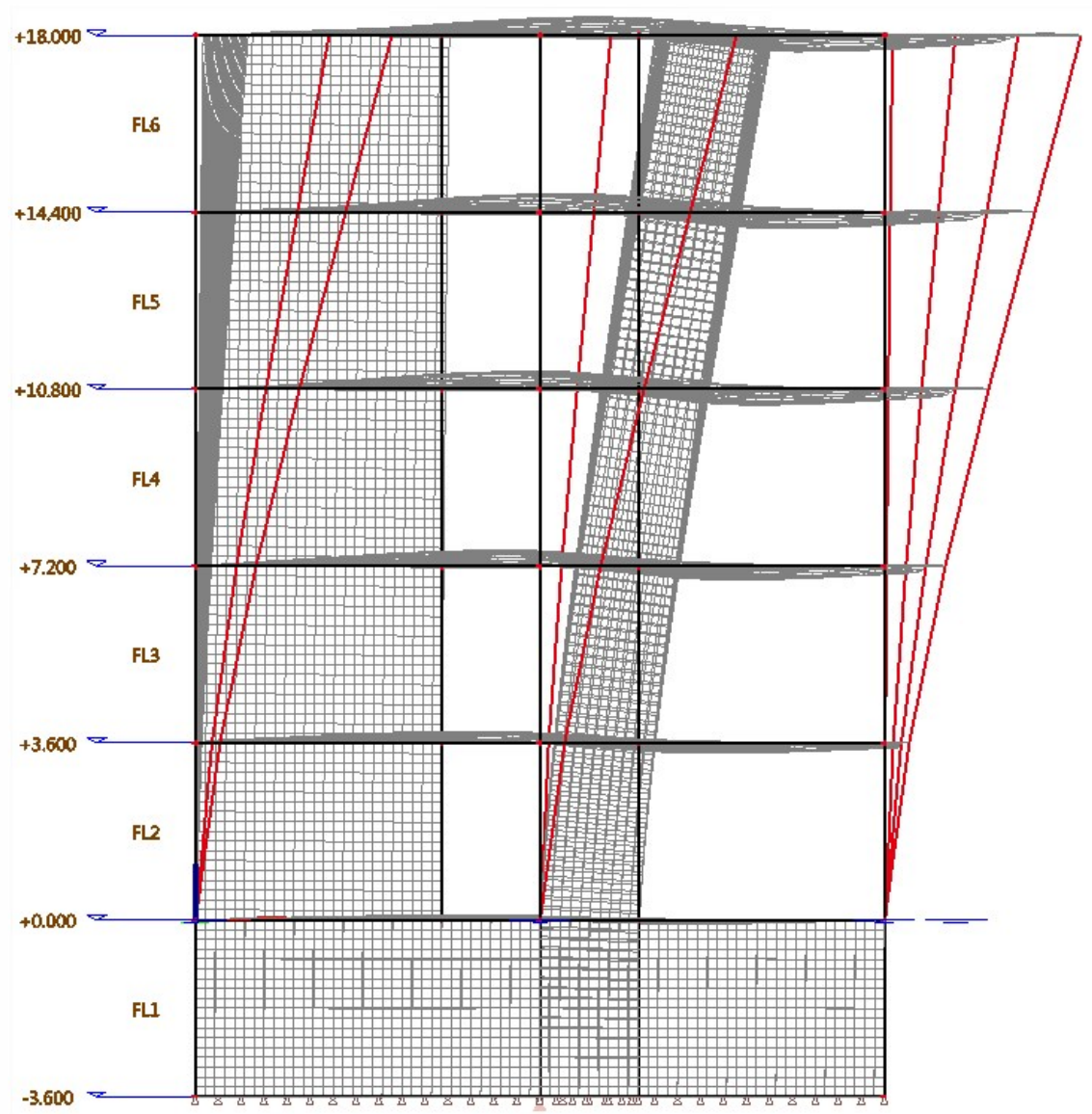
Deze methode komt overeen met de vereenvoudigde methode gedefinieerd in EN1998-1 § 4.3.3.2.3(3) en formule (4.11).

Verdeling van versnellingen uit eigenvorm

☐ Accidental eccentricity	
Accidental eccentricity	Distribution of accelerations from eigenshape ▼
Eccentricity	0.05
Mode shape	1 ▼

In dit geval wordt aangenomen dat de verdeling van versnellingen evenredig is met de verplaatsingen van de constructie in de relevante modusvorm. De gebruiker moet de referentiemodus (fundamentele modus) opgeven.

Wanneer de selectie van de modusvorm is ingesteld als 'automatisch', selecteert het programma de modus met de hoogste modale massa in de richting van de seismische actie.



$$\alpha_j = U_{G,j}$$

waarbij $U_{G,j}$ de modale verplaatsing is van het massacentrum van verdieping j in de richting van de seismische actie, verkregen op basis van de modale analyse van het beperkte model.

Dit is de voorkeursmethode in Eurocode 8, gedefinieerd in EN1998-1 § 4.3.3.2.3(2) en formule (4.10).

Versnellingen uit modale superpositie

Accidental eccentricity	
Accidental eccentricity	Accelerations from modal superposition
Eccentricity	0.05

In dit geval wordt er geen verdeelsleutel gebruikt. De versnellingen worden na de modale superpositie direct uit het seismische belastingsgeval verkregen. De krachten die op de verdiepingen worden uitgeoefend, worden als volgt verkregen:

$$F_j = a_{Gj} \cdot m_j$$

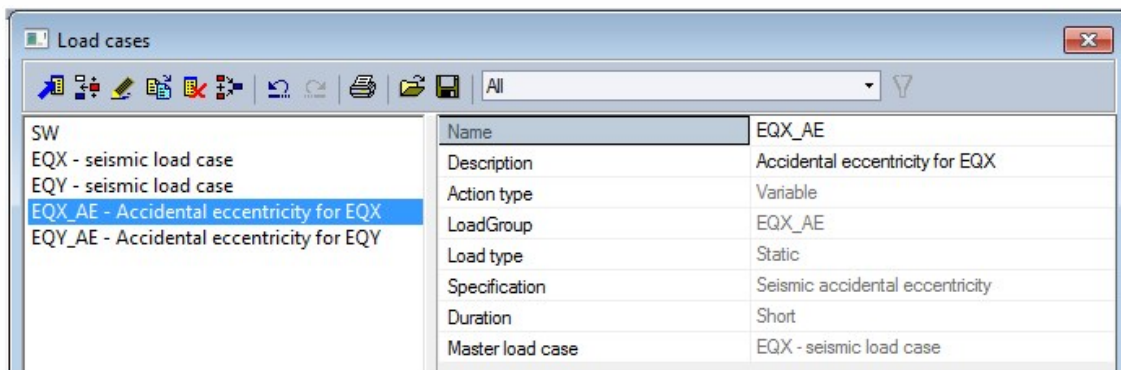
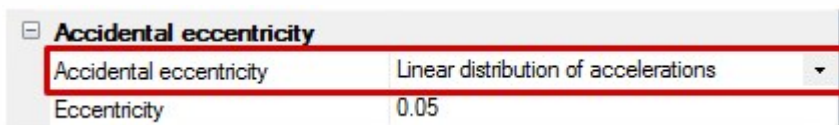
waarbij a_{Gj} de versnelling bij het massacentrum van verdieping j in de richting van de seismische actie is, verkregen op basis van de modale superpositie in het beperkte model.

Deze methode is niet beschreven in Eurocode 8. Het is een conservatievere methode dan de andere methoden, aangezien er een bereik van versnellingen wordt gebruikt in plaats van een verdeling van de resulterende basisafschuiving. Deze methode heeft echter als voordeel dat ook gevallen worden meegenomen waarin hogere volgordemodes voor buitengewone excentriciteit niet mogen worden genegeerd.

Analyse en resultaten van buitengewone excentriciteit

Belastingsgevallen met buitengewone excentriciteit

Wanneer buitengewone excentriciteit in een seismisch belastingsgeval wordt ingeschakeld, genereert het programma automatisch een belastingsgeval met buitengewone excentriciteit.



Belastingsgevallen met buitengewone excentriciteit zijn alleen-lezen en kunnen niet worden verwijderd. U kunt een belastingsgeval met buitengewone excentriciteit verwijderen door buitengewone excentriciteit in het bijbehorende seismische belastingsgeval uit te schakelen.

Alle eigenschappen van belastingsgevallen met buitengewone excentriciteit zijn alleen-lezen, behalve de naam en omschrijving (deze kunnen door de gebruiker worden bewerkt). De eigenschappen hebben de volgende standaardwaarden:

Naam

De naam van het seismische bronbelastingsgeval, met extra achtervoegsel '_AE'.

Omschrijving

'Buitengewone excentriciteit voor EQ*', waarbij EQ* de naam van het seismische bronbelastingsgeval is.

Actietype

Variabel.

Belastingsgroep

Zelfde als Naam; zie de volgende paragraaf voor meer informatie.

Belastingtype

Statisch; het torsie-effect wordt inderdaad berekend als een reeks statische belastingen (momenten) die op de constructie worden toegepast.

Specificatie

Seismische buitengewone excentriciteit.

Duur

Kort.

Hoofdbelastingsgeval

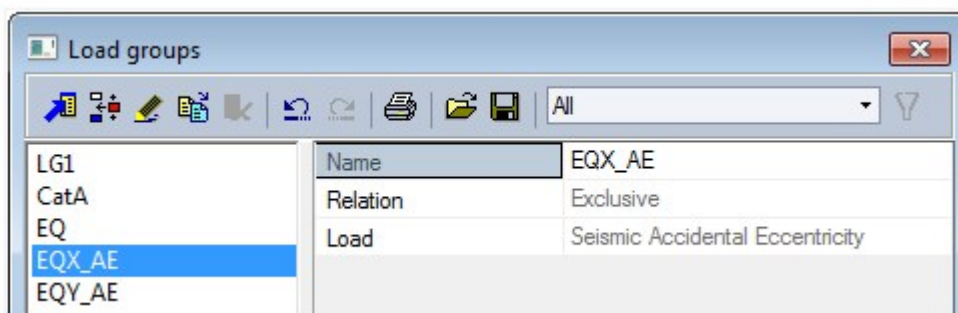
Het seismische bronbelastingsgeval; hierdoor wordt de buitengewone excentriciteit alleen in bereiken toegepast wanneer de overeenkomstige seismische actie ook in het bereik aanwezig is.

De inhoud van een belastingsgeval met buitengewone excentriciteit kan niet worden weergegeven of bewerkt. Er kunnen geen belastingen aan worden toegevoegd. De toegepaste momenten vanwege de buitengewone excentriciteit worden automatisch tijdens de analyse berekend.

De gegenereerde belastingsgevallen met buitengewone excentriciteit kunnen in seismische bereikcombinaties worden ingevoegd om de effecten van de buitengewone excentriciteit in aanmerking te kunnen nemen. De resultaten kunnen ook apart worden weergegeven, zodat ze kunnen worden gecontroleerd.

Belastingsgroepen

Voor elk seismisch belastingsgeval waarvoor het buitengewone effect is ingeschakeld, maakt het programma automatisch een alleen-lezen belastingsgroep met de volgende eigenschappen:



Naam

Zelfde als het corresponderende belastingsgeval met buitengewone excentriciteit.

Relatie

Zelfde als de relatie van de belastingsgroep van het seismische bronbelastingsgeval.

Belasting

Seismische buitengewone excentriciteit.

Deze belastingsgroep wordt automatisch toegewezen aan het corresponderende bijbehorende belastingsgeval met buitengewone excentriciteit.

Combinaties

Wanneer een belastingsgeval met buitengewone excentriciteit in een bereikcombinatie samen met het seismische bronbelastingsgeval wordt gebruikt, wordt het automatisch gecombineerd met de seismische actie, waaraan de tekens + en - worden toegewezen. Het belastingsgeval met buitengewone excentriciteit wordt niet in aanmerking genomen zonder het bijbehorende seismische bronbelastingsgeval.

De belastingsgevallen met buitengewone excentriciteit moeten handmatig aan combinaties worden toegevoegd.

Een veelvoorkomende praktijk situatie:

BG	Omschrijving	Mogelijke combinaties					
		1	2	3	4	5	6
SW	Eigen gewicht (statisch)	1	1	1	1	1	1
EQX	Seismisch belastingsgeval (dynamisch)	1	-1	1	-1	1	-1
EQX_AE	Belastingsgeval met buitengewone excentriciteit voor EQX (statisch)			1	1	-1	-1



NB: deze tabel toont het principe van combinatie, maar dit wordt niet strikt als zodanig toegepast. Wanneer in controles een seismische bereikcombinatie wordt gebruikt, gebruikt het programma ook andere cases, waarbij het teken van interne krachtcomponenten onafhankelijk worden omgezet om het niet-samenvallen van extremen na modale superpositie in de responspectrummethode in aanmerking te nemen.

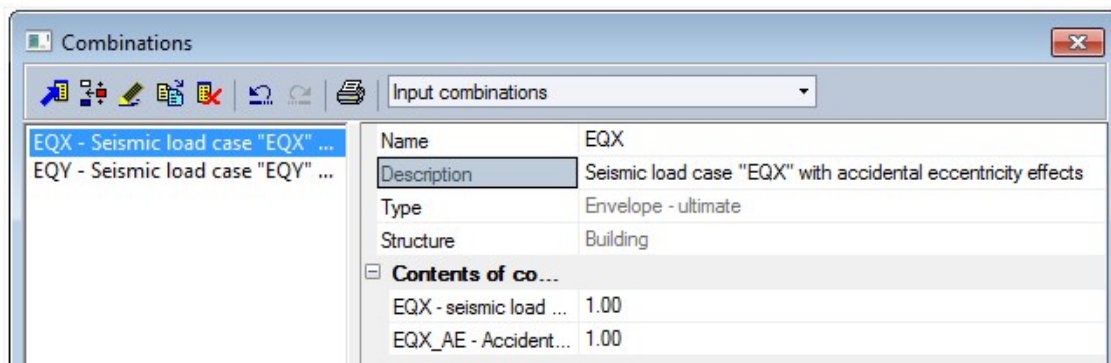


NB: wanneer u met seismische belastingsgevallen werkt, gebruik dan alleen 'bereik'- of 'norm'-combinaties, om de hierboven vermelde reden. Gebruik geen 'lineaire' combinaties en explodeer geen bereik- of normcombinaties naar lineair.

Gegenereerde combinaties

Zoals eerder besproken, moeten de belastingsgevallen met buitengewone excentriciteit handmatig aan belastingsgevalcombinaties worden toegevoegd.

Gemakshalve genereert het programma echter voor elk seismische belastingsgeval automatisch een bereikcombinatie die het seismische bronbelastingsgeval en het bijbehorende belastingsgeval met buitengewone excentriciteit bevat en de naam van het seismische bronbelastingsgeval heeft. Hierdoor kunnen de resultaten voor de volledige seismische actie makkelijk worden gecontroleerd, met inbegrip van de effecten van buitengewone excentriciteit.



Equivalent Lateral Forces (ELF)

Introduction

Seismic ELF analysis is the most well known method for the seismic analysis of structures. Although it is quite conservative, its simplicity makes it a very popular method for seismic design.

The ELF method is a static analysis method. However, using it in Scia Engineer requires the input of some data related to dynamic analysis: masses and at least one combination of mass groups must be defined, as the calculation of the seismic equivalent lateral forces is based on the distribution of masses in the structure. The calculation of storey forces is based on the definition of storeys as well as on the [reduced system](#), which must therefore be defined in order to allow using the ELF analysis.

ELF analysis is available as a subfeature of the seismic analysis and requires the same license.

Defining an ELF seismic load case

Pre-requisites - before creating an ELF seismic load case

- enable dynamics and seismic analysis in the project settings
- define masses and a combination of mass groups (same as for any dynamic load case)

- define storeys
- [enable the reduced model](#)

Then create an ELF seismic load case

- create a new load case
- select *Action type* = *Variable*
- select *Load type* = *Dynamic*
- select *Specification* = *Seismicity*

Load case	
Name	EQX1
Description	
Action type	Variable
Load group	EQ
Load type	Dynamic
Specification	Seismicity
Parameters	
Direction X ☒	
Response spectrum X	RS1
Factor X	1
Direction Y ☐	

Then, to the seismic load case to ELF, select the desired ELF method (disabled by default)

ELF method	
Disabled	
Linear distribution of accelerations	
Polynomial distribution of accelerations (ASCE 7-10 12.8.3)	
Distribution of accelerations from eigenshape	

At this point, most of the settings of a standard seismic load case will disappear from the dialogue, as many of them are relevant only for a dynamic response spectrum analysis. For an ELF load case, the following remain:

Direction X (resp. Y, Z)

Tickbox that enables the seismic action in the X (resp. Y, Z) direction

Response spectrum X (resp. Y, Z)

Selection of the seismic response spectrum for direction X (resp. Y, Z)

Factor X (resp. Y, Z)

Multiplying factor for the seismic action in direction X (resp. Y, Z)

Acceleration factor

Multiplying factor for the entire seismic action

Overtuning

Reference level for the calculation of overturning moments. Also used as reference level when using a linear distribution of accelerations

Accidental eccentricity

Accidental eccentricity settings act the same as previously described [here](#)

Mass combi

Mass combination selected for the calculation of the seismic action

Specific settings for an ELF seismic load case

ELF method

Defines how the distribution of accelerations will be calculated in the building. The various methods are detailed in the next section. The available choices are

Disabled

ELF calculation of the seismic load case is disabled, i.e. the load case will use dynamic response spectrum analysis

Linear distribution of accelerations

The acceleration is increasing linearly with the global Z coordinate, starting with zero at the overturning reference level (see above)

Polynomial distribution of accelerations (ASCE 7-10 12.8.3)

The acceleration is increasing according to a polynomial function, according to ASCE 7-10 code, starting with zero at the overturning reference level (see above)

Distribution of accelerations from eigenshape

The acceleration is distributed proportionally to the mode shape of an eigenmode selected by the user

Seismic force from

Defines how the total seismic force (base shear) is calculated. The available options depend on the selected ELF method.

Max acceleration of spectrum

The maximum acceleration of the selected response spectrum is used

Input fundamental period

The acceleration corresponding to a user input value of fundamental period is used

Selected eigenmode

The acceleration corresponding to the period of the user selected eigenmode is used; please note, that this implies a modal analysis of the structure

Fundamental period

User input fundamental period to be used for the calculation of the seismic force

Mode shape

Eigenmode to be used for the distribution of the accelerations and/or the calculation of the seismic force

Calculation of the Equivalent Lateral Forces

Equivalent Lateral Forces are applied as one concentrated force at the mass center of each storey of the building.

First, the total seismic force (base shear) is calculated. It is then distributed to the storeys according to the selected method. The same procedure is applied for each direction (X,Y,Z).

Calculation of the seismic force

The total seismic force F_{base} is calculated as follows

$$F_{base} = M_{tot} \cdot a_{ref} \cdot c_{dir} \cdot c_{acc}$$

where

M_{tot} is the total mass of the structure, obtained from the selected mass combination

a_{ref} is the reference acceleration, obtained from the selected seismic response spectrum

c_{dir} is the *direction factor* defined in the seismic load case settings

c_{acc} is the *acceleration factor* defined in the seismic load case settings

The value of a_{ref} is extracted from the response spectrum, according to the *Seismic force from* setting

Max acceleration of spectrum: the maximum value of acceleration defined in the selected spectrum

Input fundamental period: the value of acceleration corresponding to the period defined in the *Fundamental period* setting

Selected eigenmode: the value of acceleration corresponding to the period of the eigenmode selected in the *Mode shape* setting

Distribution of the seismic force to the storeys

The storey force for the j -th storey j is calculated as follows

$$F_j = F_{base} \cdot \frac{\alpha_j \cdot m_j}{\sum_k \alpha_k \cdot m_k}$$

where

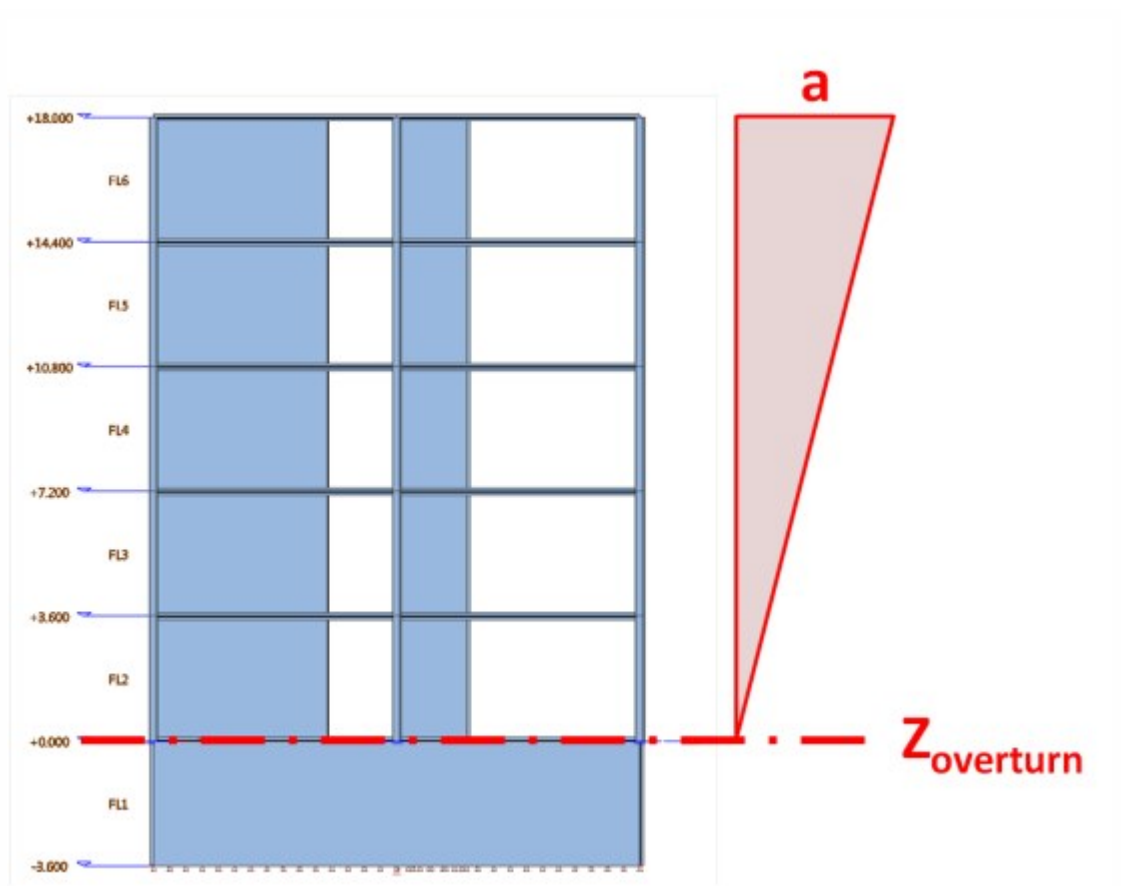
F_j is the horizontal force acting on storey j

F_{base} is the total horizontal force acting on the structure (see above)

m_j is the mass of storey j

α_j is the distribution key of the accelerations, according to the *ELF method* setting

Linear distribution of accelerations



$$\alpha_j = \max(z_j - z_{overtum}; 0)$$

where

z_j is the level of the mass center of storey j

$z_{overtum}$ is defined by the user in the properties of the seismic load case.

This method corresponds to the simplified approach defined in EN1998-1 § 4.3.3.2.3(3) and formula (4.11).

Polynomial distribution of accelerations

$$\alpha_j = (\max(z_j - z_{\text{overturn}}; 0))^k$$

$$k = 1 \leq \left(1 + \frac{T-0.5}{2}\right) \leq 2$$

where

z_j is the level of the mass center of storey j

z_{overturn} is defined by the user in the properties of the seismic load case

T is the reference fundamental period, depending on the selected *Seismic force from setting*:

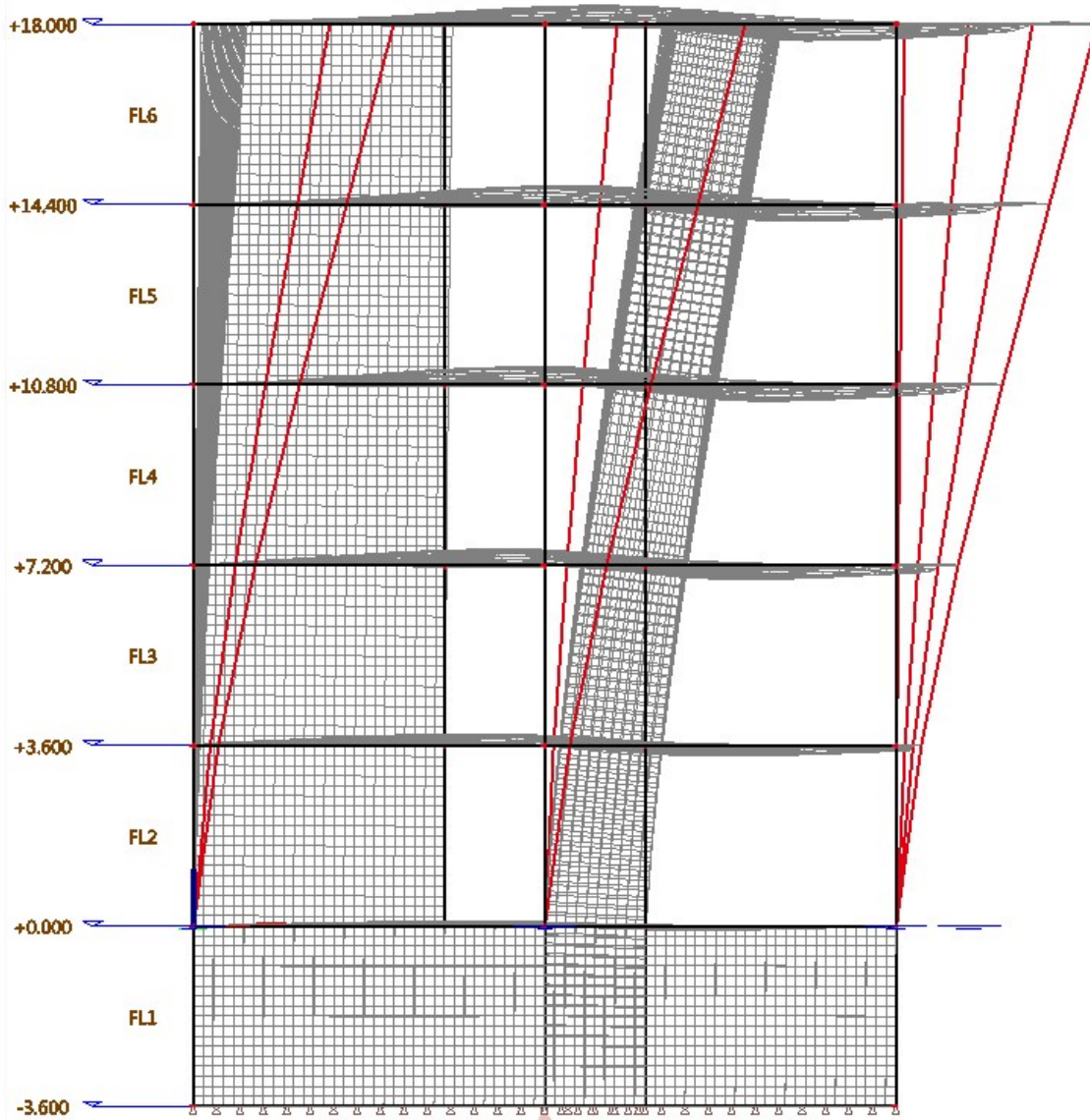
Max acceleration of spectrum: T is unknown, the conservative value $k=2$ is used

Input fundamental period: T is the period defined in the *Fundamental period* setting

Selected eigenmode: T is the period of the eigenmode selected in the *Mode shape* setting

This method corresponds to the approach defined in ASCE 7-10 12.8.3

Distribution of accelerations from eigenshape



$$\alpha_j = U_{G,j}$$

where

$U_{G,j}$ is the modal displacement of the mass center of storey j in the direction of the seismic action, obtained from modal analysis of the reduced model.

This is the preferred approach in Eurocode 8, defined in EN1998-1 § 4.3.3.2.3(2) and formula (4.10).

Application of the storey forces to the model

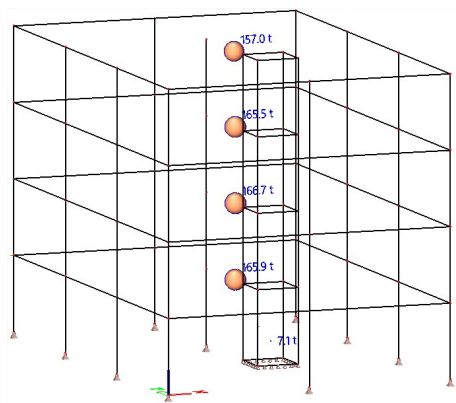
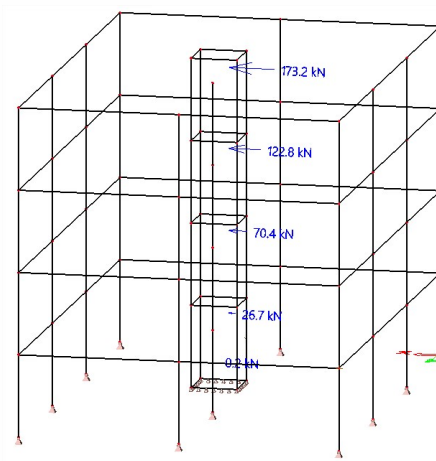
The calculated storey forces are applied to the structure using the reduced system. The transformation matrices of the IRS method allow to "smear" the concentrated storey forces in such a way that the resultant of each storey force is applied at the mass center of the corresponding storey. The loads are, however, applied in a distributed way to the entire storey, hence avoiding any numerical singularity, as would be the case if point loads would be applied in a conventional way.

Results

As an ELF load case is fundamentally a static load case, all standard result output can be used in Scia Engineer, without restriction. Also, because it is a static load case, none of the issues related to the loss of sign due to the modal superposition apply here.

Additionally, the [Summary Storey Results](#) service allows to display the storey forces applied to the structure.

Name	Summary storey result
Type of loads	Load cases
Load cases	EQX1
Selection	All storeys
Extreme	No
Draw values	☒
Draw units	☒
Result type	Storey data
Values	Ftot
Additional values	
Fx	☐
Fy	☐
Fz	☐
M	☐



Summary storey result

Storey data:

Linear calculation, Extreme: No, System: Principal

Selection: All

Load cases : EQX1

Equivalent Lateral Forces (ELF) settings

ELF method	Polynomial distribution of accelerations (ASCE 7-10 12.8.3)
Seismic force from	Selected eigenmode
Fundamental period [s]	1.28
Distribution factor k	1.39
Mode shape	1

Equivalent Lateral Forces (ELF) per storey

Name	M [t]	Zg [m]	Fx [kN]
FL1	7.1	0.993277	0.2
FL2	165.9	3.603689	26.7
FL3	166.7	7.204320	70.4
FL4	165.5	10.800000	122.8
FL5	157.0	14.354149	173.2
Total	662.2		393.4

Verwijzingen

[1]

Guyan, R.J., Reduction of Stiffness and Mass Matrices, AIAA Journal, Vol. 3, No. 2, February, 1965

[2]

O'Callahan, J., A Procedure for an Improved Reduced System (IRS) Model, Proceedings of the 7th International Modal Analysis Conference, Las Vegas, Nevada, February, 1989

[3]

EC-EN 1998-1, Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings

[4]

Kabeláč, J., Rossier, S., Reduction for High-Rise Buildings Seismic Analysis, 20th International Conference Engineering Mechanics, Svratka, Czech Republic, May, 2014

General Plastic Analysis



The following chapter is currently available only in English.

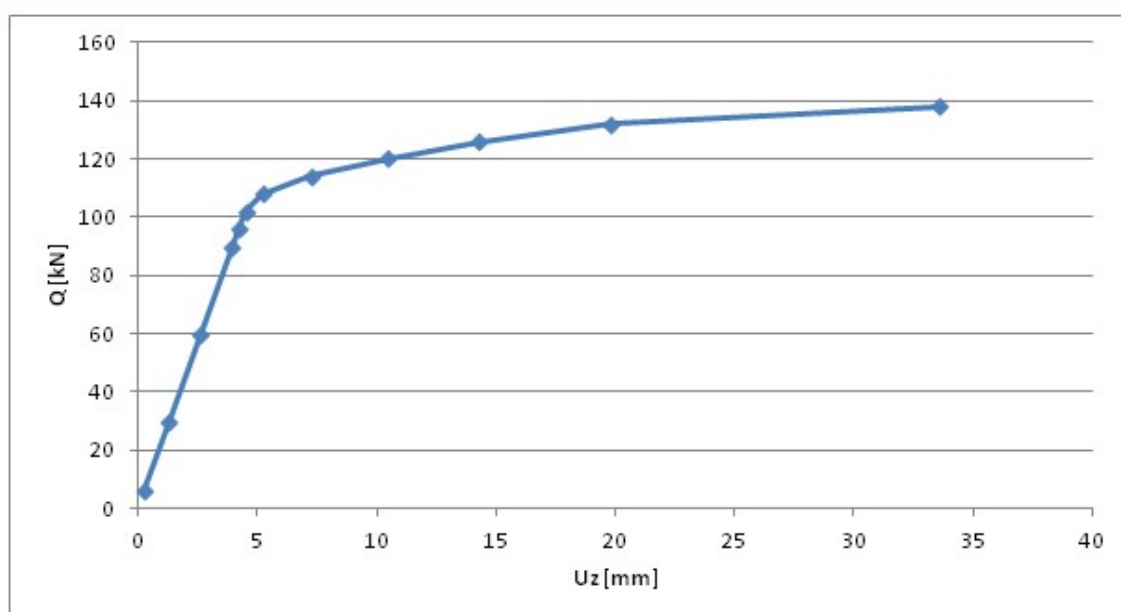
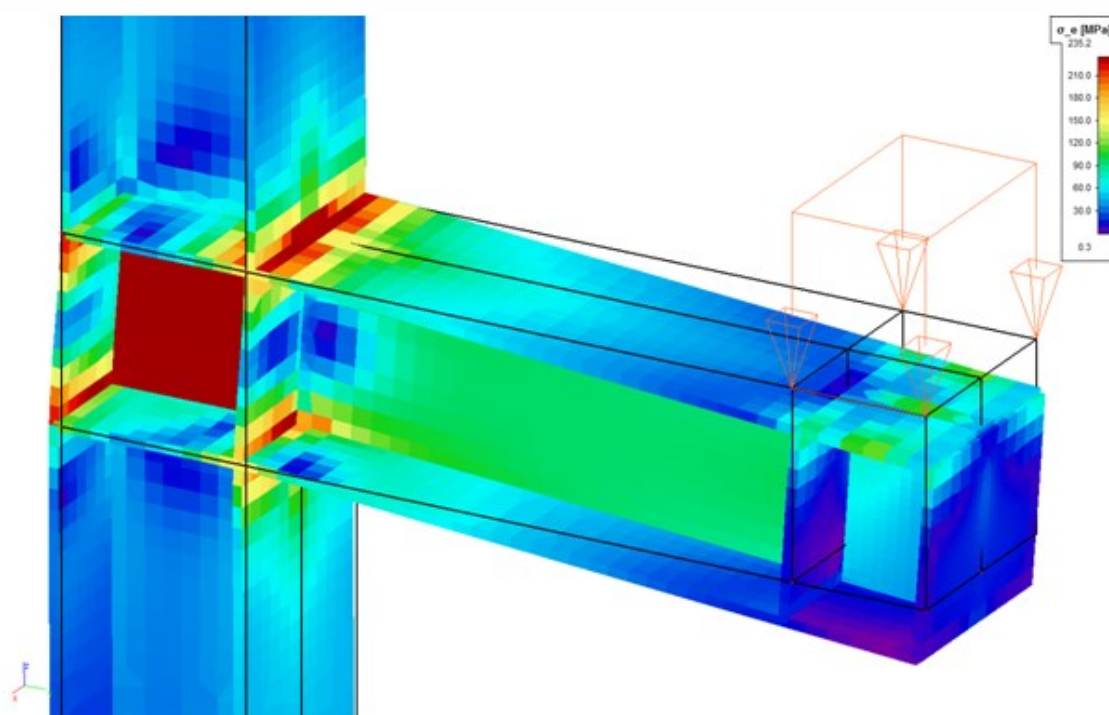
A general plastic analysis can be carried out in Scia Engineer for any 2D members (plates, walls, shells).

The von Mises yield condition is currently available, which is suitable for ductile materials in general, such as metals (steel, aluminium...). It is a symmetric behaviour, acting in the same way in tension and compression, with or without hardening in the plastic branch. More types of plastic behaviours will be added in further versions.

The plastic behaviour of materials may be combined with other types of non-linearity in Scia Engineer. For instance, plasticity, press only supports and large displacement analysis can be used together. Tension only 1D members with a plastic limit forces may be used to model the behaviour of bolts in a connection.

The typical first application of general plasticity is the detailed analysis of non-standard steel construction connections, where simplified methods do not apply. It may however be applied to any structure that can be modelled using 2D members.

Plasticity is not supported yet for 1D members. Any beam or truss member that is present in the model will be considered as elastic.



Theoretical background

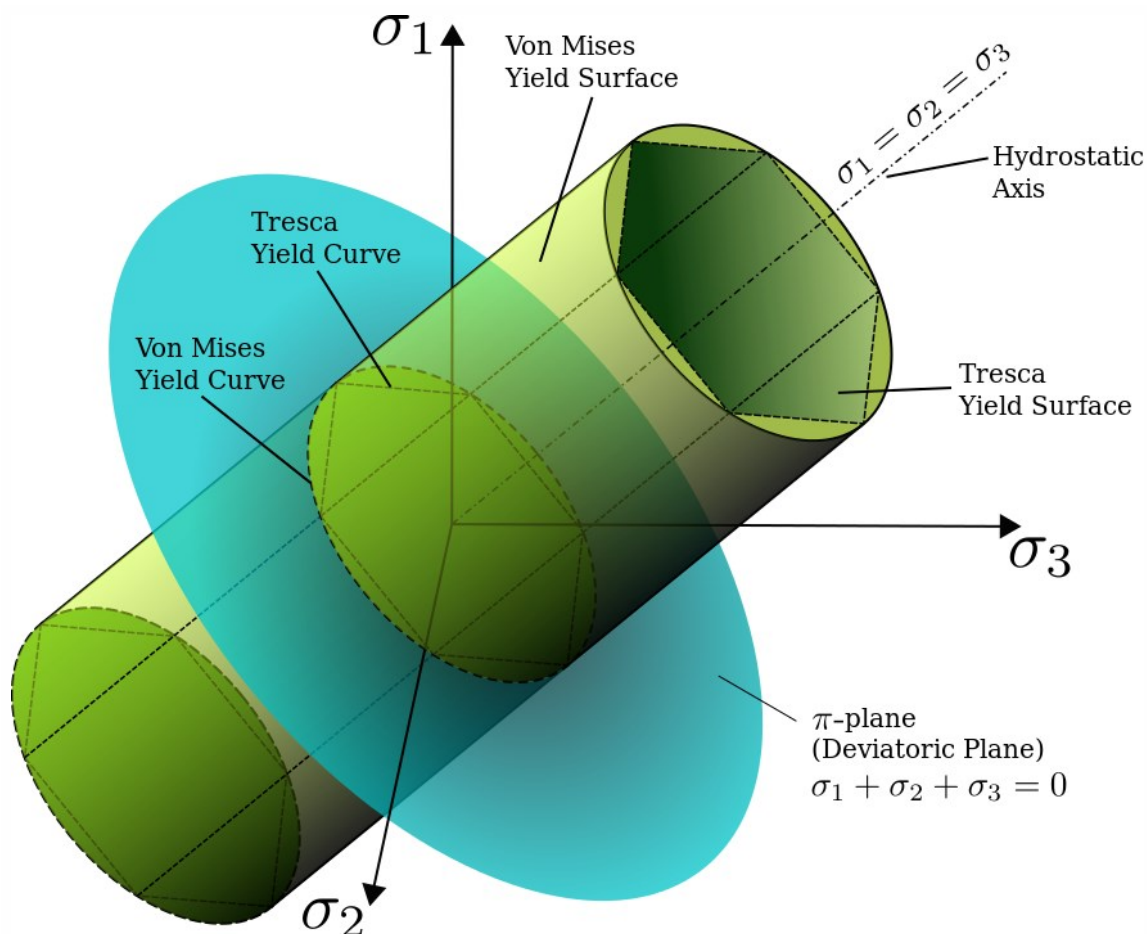
Von Mises yield criterion

The **von Mises yield criterion** suggests that the yielding of materials begins when the second deviatoric stress invariant J_2 reaches a critical value. For this reason, it is sometimes called the J_2 -plasticity or J_2 flow theory. It is part of a plasticity theory that applies best to ductile materials, such as metals. Prior to yield, material response is assumed to be elastic.

In materials science and engineering the von Mises yield criterion can be also formulated in terms of the von Mises stress or equivalent tensile stress, σ_E , a scalar stress value that can be computed from the Cauchy stress tensor. In this case, a material is said to start yielding when its von Mises stress reaches a critical value known as the yield strength, σ_y . The von Mises stress is used to predict yielding of materials under any loading condition from results of simple uniaxial tensile tests. The von Mises stress satisfies the property that two stress states with equal distortion energy have equal von Mises stress.

Because the von Mises yield criterion is independent of the first stress invariant, I_1 , it is applicable for the analysis of plastic deformation for ductile materials such as metals, as the onset of yield for these materials does not depend on the hydrostatic component of the stress tensor.

Although formulated by Maxwell in 1865, it is generally attributed to Richard Edler von Mises (1913). Tytus Maksymilian Huber (1904), in a paper in Polish, anticipated to some extent this criterion. This criterion is also referred to as the Maxwell–Huber–Hencky–von Mises theory.



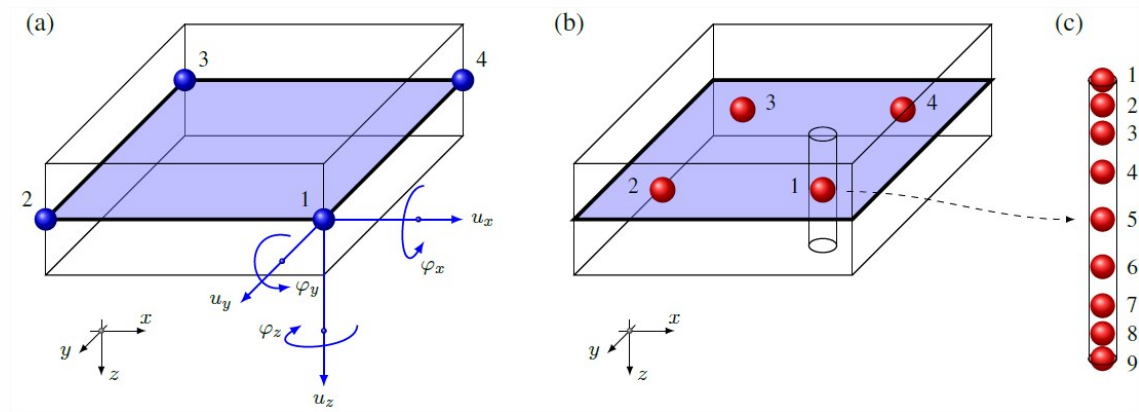
The formulation of the von Mises comparison stress in a general 3D stress-state is given by:

$$\sigma_E = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \left[(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2 + 6 \cdot (\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2) \right]}$$

source: Wikipedia http://en.wikipedia.org/wiki/Von_Mises_yield_criterion

Finite element model

Drilling rotations at each node is used for in-plane loading. This means that element has six degrees of freedom at each node and is therefore compatible with other types of elements (beam/solid elements). Within the element area the Gauss 2x2 quadrature points are used. Each of these Gauss quadrature points is realized by nine Gauss-Lobatto quadrature points throughout the thickness, so the four-node element has $2 \times 2 \times 9 = 36$ quadrature points in total. Due to these Gauss-Lobatto points the element can handle bending loading with high accuracy. In all of these points the nonlinear model is computed independently using the plane stress formulation. Linear transversal shear stiffness is assumed.



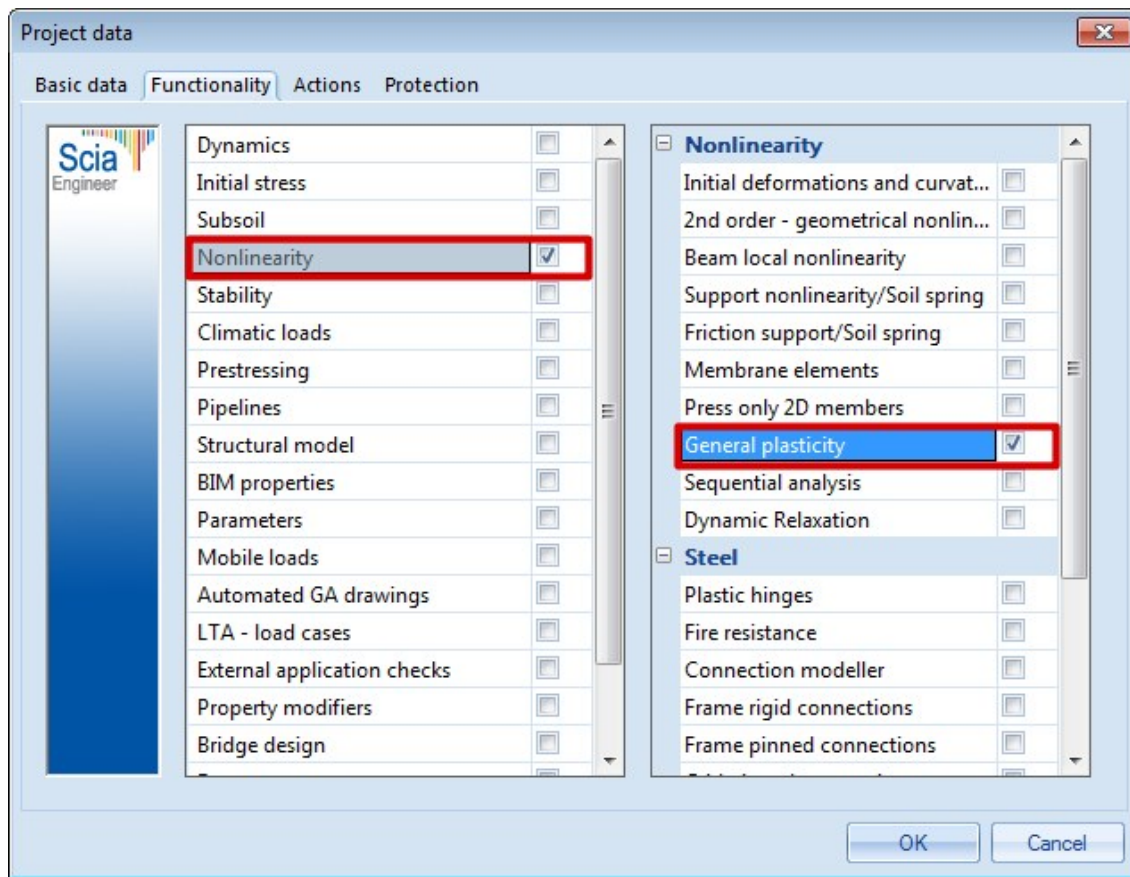
About Gauss-Lobatto quadrature: https://en.wikipedia.org/?title=Gaussian_quadrature

Using general plasticity in Scia Engineer

General plasticity is a specific type of non-linearity in Scia Engineer. After defining the suitable data in the project a non-linear analysis must be carried out to calculate the plastic behaviour of the structure. Please refer to the general information about non-linear analysis in Scia Engineer.

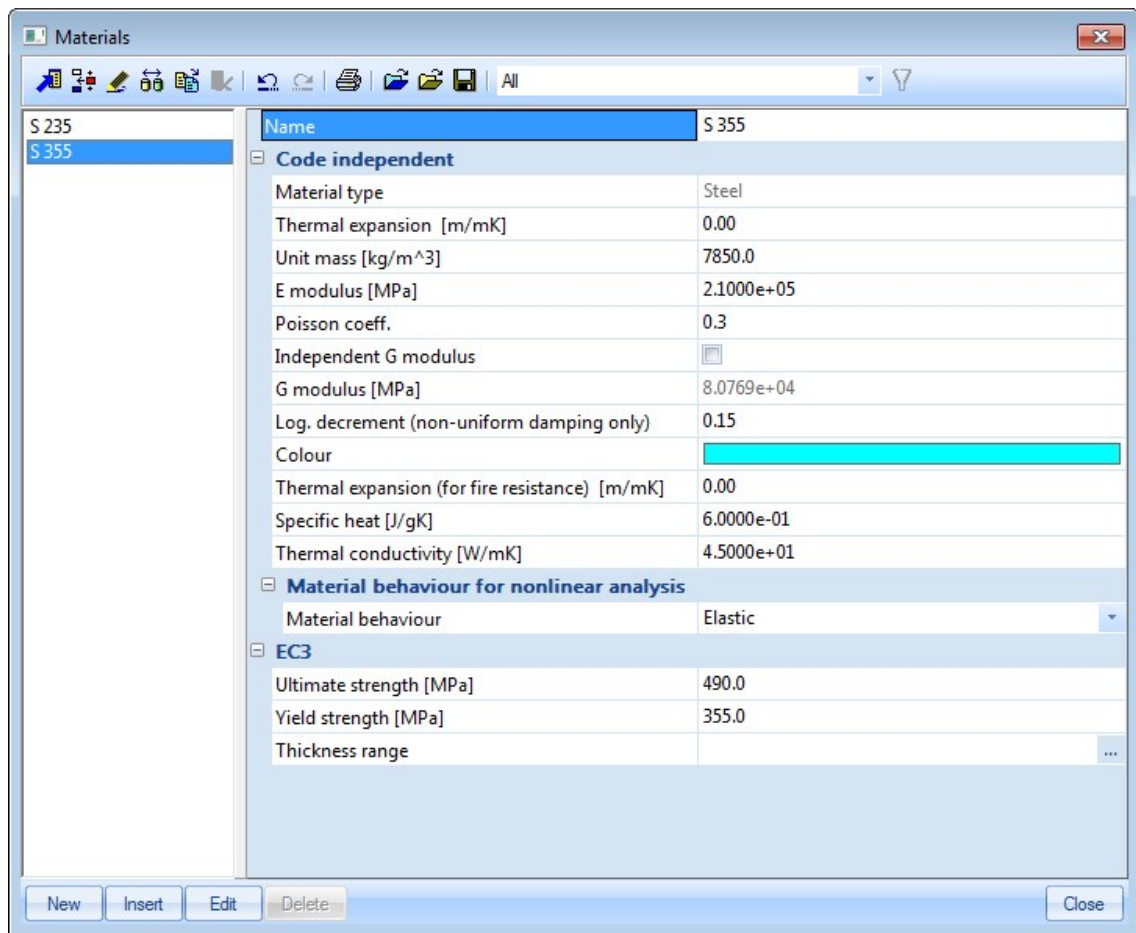
Project settings

General plasticity is a sub-functionality of non-linear analysis. In the project settings, in the *Functionality* tab, enable *Non-linearity* and *General plasticity*.



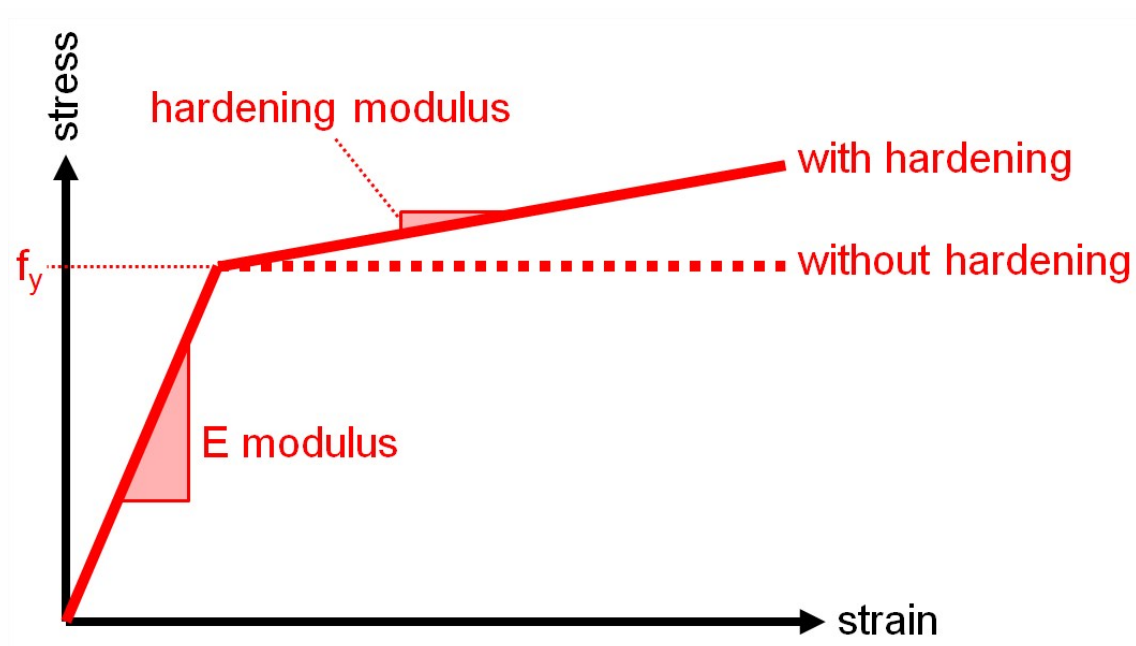
Nonlinear properties of materials

The non-linearity of materials is defined directly in the material library. See the property group *Material behaviour for non-linear analysis*. By default, all materials in the library are set as *elastic*. This means, that the selected material will behave elastically during a non-linear analysis. The plastic properties of materials are generic, code independent in Scia Engineer and are therefore available for any material, regardless of the selected design code.

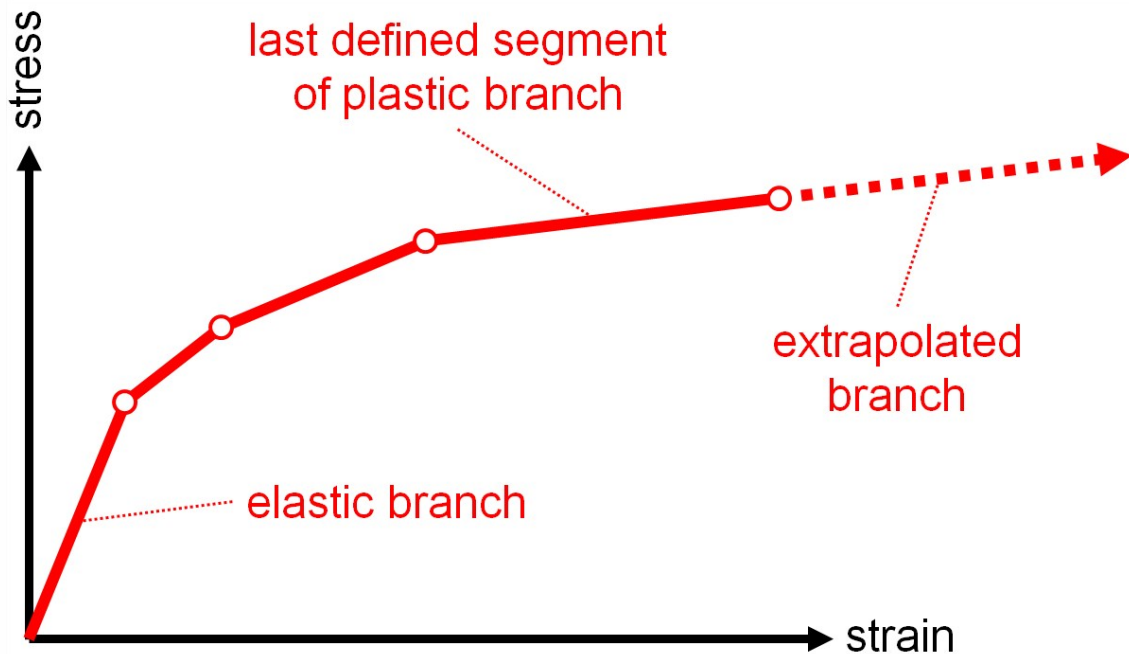


Plasticity can be enabled by selecting a type of plastic behaviour. Currently, the only available type is *isotropic elasto-plastic von Mises*. It corresponds to a bilinear stress-strain relationship, identical in tension and compression. The plastic branch may have a slope (hardening modulus) or not.

The stress-strain relationship is automatically generated from 3 parameters: Young's modulus (elastic part), yield stress for uniaxial tension and, optionally, hardening modulus (slope of the plastic branch).



Only the tension part of the diagram is defined, as it is related to a plastification condition in general 3D stress state in principal stress directions. Some plastification models allow for a different yield stress in compression, which is defined separately. There is no limit (ultimate) strain value for the analysis. When the actual strain value in the structure exceeds the defined diagram, the diagram is extrapolated, tangent to the last defined segment of the stress-strain relationship. The reason for that is, that the analysis would then fail and it would be impossible for the user to find where the problem is located in the structure. It is therefore preferable, that the analysis continues and that the user checks the obtain strain values after the analysis.



The following properties define the nonlinear behaviour of the material in the material library.

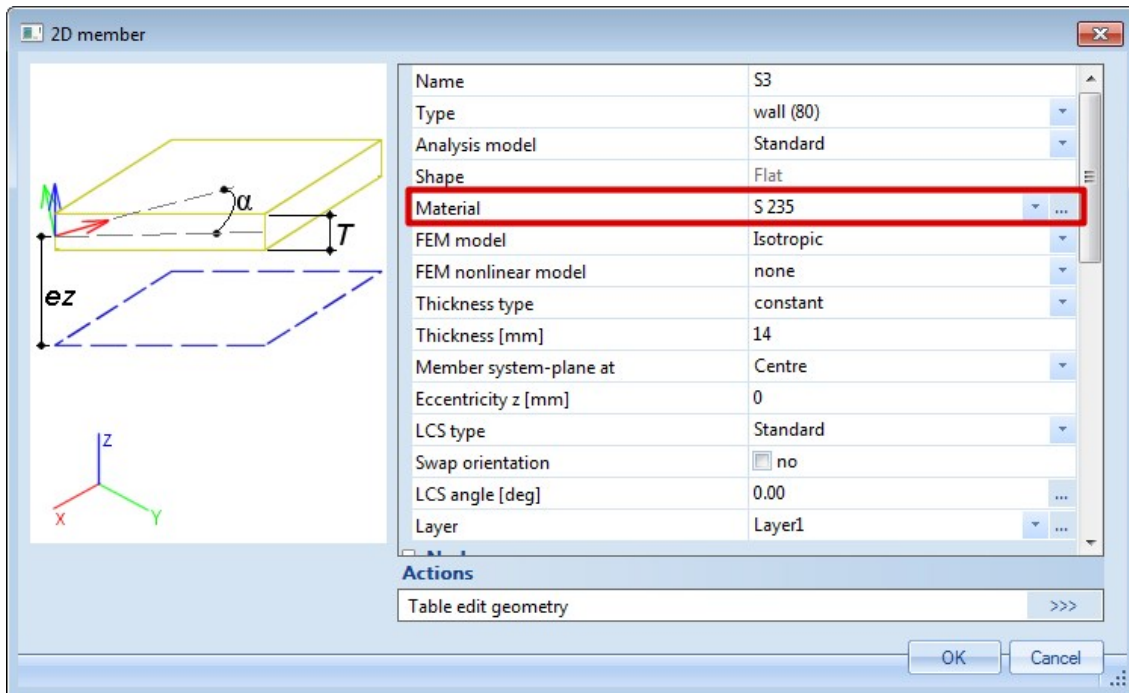
Materials	
Name	S 235
Code independent	
Material type	Steel
Thermal expansion [m/mK]	0.00
Unit mass [kg/m ³]	7850.0
E modulus [MPa]	2.1000e+05
Poisson coeff.	0.3
Independent G modulus	☐
G modulus [MPa]	8.0769e+04
Log. decrement (non-uniform damping only)	0.15
Colour	
Thermal expansion (for fire resistance) [m/mK]	0.00
Specific heat [J/gK]	6.0000e-01
Thermal conductivity [W/mK]	4.5000e+01
Material behaviour for nonlinear analysis	
Material behaviour	Isotropic elasto-plastic, von Mises
Input type	Elasto-plastic with hardening
Yield strength [MPa]	235.0
Hardening modulus [MPa]	2.1000e+01
EC3	
Ultimate strength [MPa]	360.0
Yield strength [MPa]	235.0
Thickness range	...

E modulus	Young's modulus of the material; it defines the slope of the elastic part of the stress-strain relationship
Material behaviour	selects the type of behaviour of the material in case of nonlinear analysis. The available types are currently: <i>elastic</i> <i>isotropic elasto-plastic, von Mises</i>
Input type	type of definition of the plastic branch of the stress-strain relationship. The available types are: <i>elasto-plastic</i>; in the plastic domain, the stress remains constant when the strain increases <i>elasto-plastic with hardening</i>; in the plastic domain, the stress increases with the strain
Yield strength	elastic limit for plastification due to shear (see von Mises theory)
Hardening modulus	slope of the plastic branch of the stress-strain relationship

Important: default values have been defined for the yield strength and the hardening modulus, as much as possible according to the corresponding design code of each material proposed in the system libraries. However, **those values should always be reviewed** before use.

Assigning plastic behaviour to a 2D member

To enable plastic behaviour on a 2D member, just assign to it a material whose plastic behaviour has been enabled. There is no other specific setting.



Although various types of non-linearity may be combined in the same project, it is not possible to cumulate several types of non-linearity on the same 2D member. The property *FEM non-linear model*, when combined with a plastic material, will behave as follows:

- Plastic material and *2D press-only* behaviour: the press-only behaviour will be ignored and the 2D member will behave as plastic
- Plastic material and *membrane* behaviour: the plastic behaviour will be ignored and the 2D member will behave as an elastic membrane

Additionally, a warning message will be displayed when starting the analysis, giving the same information about functionality conflicts.



Using a non-linear material in the properties of the cross-section of a 1D member will not affect the behaviour of that member. General plasticity is currently not supported for 1D members and the behaviour of the material will **remain elastic** for such member.

Plastische scharnieren

Introductie van plastische scharnieren

Wanneer een normale lineaire berekening wordt uitgevoerd en de grensspanning wordt bereikt in een deel van de constructie, moet de afmeting van kritische elementen worden vermeerderd. Wanneer echter rekening wordt gehouden met plastische scharnieren, zorgt de werking van de grensspanning ervoor dat plastische scharnieren worden ingevoegd op de juiste verbindingen en de berekening kan doorgaan met een volgende iteratiestap. De spanning wordt herverdeeld naar andere delen van de constructie en er wordt een beter gebruik van de algehele lastdragende capaciteit van de constructie verkregen.

Aan de andere kant zit er een risico aan deze benadering. Als een scharnier wordt toegevoegd aan de constructie, wordt de statische onbepaaldheid ervan verminderd. Als andere scharnieren worden toegevoegd, kan het gebeuren dat de constructie een mechanisme wordt. Dit zou leiden tot een ineenstorting van de constructie en de berekening wordt gestopt.

Plastische scharnieren kunnen dus worden gebruikt om de plastische betrouwbaarheidsmarge van de constructie te berekenen. De toegepaste belasting kan beetje bij beetje worden vermeerderd (bijv. door de belastinggevalcoëfficiënten in de belastinggevalcombinatie te vermeerderen) totdat de constructie ineenstort. Deze benadering kan worden gebruikt om de maximale belastingvermenigvuldiging die de constructie kan verdragen te berekenen.

Plastische scharnieren worden alleen aan einden van individuele 1D-staven beschouwd. Voor de berekening met plastische scharnieren wordt geen selectie van 1D-staven gemaakt. Wanneer dit type berekening wordt geselecteerd, worden alle 1D-staven in de constructie getest.

De berekening komt overeen met de berekening van [liggers met openingen](#). Alle 1D-staven in de constructie worden getest en wanneer de grensspanning wordt bereikt, wordt het plastische scharnier ingevoegd. Wanneer echter de spanning vermindert in de volgende iteratiestap, kan het plastische scharnier worden verwijderd.

De solverinstellingen bieden een onderdeel waarin een bepaalde nationale norm kan worden geselecteerd ter correctie van de grensmomenten. Als de optie Geen norm is geselecteerd, wordt de wijziging van de grensmomenten uitgevoerd als voor de optie EC (Eurocode).

Benaderingen beschreven in de normen [EC3](#), [DIN 18800](#) en [NEN](#) zijn geïmplementeerd in Scia Engineer.

Plastische scharnieren volgens EC3

As	Normaalkracht	$V \leq 0.5 V_{\text{Rd}}$	$V > 0.5 V_{\text{Rd}}$
yy	$N_{\text{Sd}} \leq 0.25 N_{\text{Rd}}$	$M_{\text{pl,y,Rd}}$	$M_{\text{pl,y,Rd}} (1-p)$
yy	$N_{\text{Sd}} > 0.25 N_{\text{Rd}}$	$M_{\text{pl,y,Rd}} 1.11 (1-n)$	$M_{\text{pl,y,Rd}} 1.11 (1-n-p)$
zz	$N_{\text{Sd}} \leq 0.25 N_{\text{Rd}}$	$M_{\text{pl,z,Rd}}$	$M_{\text{pl,z,Rd}} (1-p)$
zz	$N_{\text{Sd}} > 0.25 N_{\text{Rd}}$	$M_{\text{pl,z,Rd}} 1.56 \cdot (1-n)(n+0.6)$	$M_{\text{pl,z,Rd}} 1.56 \cdot (1-n-p)(0.6+n/(1-p))$

waar:

p	$(2 V_{\text{Sd}} / V_{\text{Rd}} - 1)^2$
-----	---

a	N_{Sd} / N_{Rd}
N_{Sd}	normaalkracht
V_{Sd}	dwarskracht
$M_{pl,y,Rd}$	volledig plastisch moment rond yy as
$M_{pl,z,Rd}$	volledig plastische moment rond zz as
V_{Rd}	plastische dwarskracht
N_{Rd}	plastische normaalkracht

Plastische scharnieren volgens DIN 18800

As	Normaalkracht	$V \leq 0.33 V_{pl,d}$	$V > 0.33 V_{pl,d}$
yy	$N \leq 0.10 N_{pl,d}$	$M_{pl,y,d}$	$M_{pl,y,d} (1.136 - 0.42 \rho)$
yy	$N > 0.10 N_{pl,d}$	$M_{pl,y,d} 1.111 (1 - n)$	$M_{pl,y,d} (1.25 - 1.113 n - 0.4125 \rho)$

As	Normaalkracht	$V \leq 0.25 V_{pl,d}$	$V > 0.25 V_{pl,d}$
zz	$N \leq 0.30 N_{pl,d}$	$M_{pl,z,d}$	$M_{pl,z,d} (1 - 0.82 \rho^2) / 0.95$
zz	$N > 0.30 N_{pl,d}$	$M_{pl,z,d} (1 - n^2) / 0.91$	$M_{pl,z,d} (1 - 0.95 n^2 - 0.75 \rho^2) / 0.87$

waar:

ρ	$V / V_{pl,d}$
a	$N / N_{pl,d}$
A	normaalkracht
V	dwarskracht
$M_{pl,y,d}$	volledig plastisch moment rond yy as
$M_{pl,z,d}$	volledig plastisch moment rond zz as
$V_{pl,d}$	plastische dwarskracht
$N_{pl,d}$	plastische normaalkracht

Plastische scharnieren volgens NEN

Voor IPE doorsneden

As	Conditie	
yy	$n / 0.18 + \rho \leq 1$	$M_{pl,y,d}$
yy	$a \leq 0.18$	$M_{pl,y,d}$
yy	$a > 0.18$	$M_{pl,y,d} 1.22 (1-n)$
yy	$\rho \leq 0.3$	$M_{pl,y,d}$
yy	$\rho > 0.3$	$M_{pl,y,d} (1.1 - 0.3 n)$
zz	$n \leq 0.36$	$M_{pl,z,d}$
zz	$n > 0.36$	$M_{pl,z,d} (1 - ((n - 0.36) / 0.64)^2)$
zz	$\rho \leq 0.3$	$M_{pl,z,d}$
zz	$\rho > 0.3$	$M_{pl,z,d} (1.1 - 0.3 n)$

Voor andere doorsneden

As	Conditie	
yy	$n / 0.10 + \rho \leq 1$	$M_{pl,y,d}$
yy	$n \leq 0.10$	$M_{pl,y,d}$
yy	$n > 0.10$	$M_{pl,y,d} 1.11 (1-n)$
yy	$\rho \leq 0.3$	$M_{pl,y,d}$
yy	$\rho > 0.3$	$M_{pl,y,d} (1.1 - 0.3 n)$
zz	$n \leq 0.20$	$M_{pl,z,d}$
zz	$n > 0.20$	$M_{pl,z,d} (1 - ((n - 0.20) / 0.80)^2)$
zz	$\rho \leq 0.3$	$M_{pl,z,d}$
zz	$\rho > 0.3$	$M_{pl,z,d} (1.1 - 0.3 n)$

waar:

ρ	$V / V_{pl,d}$
a	$N / N_{pl,d}$
A	normaalkracht
V	dwarskracht
$M_{pl,y,d}$	volledig plastisch moment rond yy as
$M_{pl,z,d}$	volledig plastisch moment rond zz as
$V_{pl,d}$	plastische dwarskracht
$N_{pl,d}$	plastische normaalkracht

Berekening met plastische scharnieren

Om de berekening die plastische scharnieren in rekening neemt uit te voeren, is het nodig om:

- **Niet-lineariteit** in het **Project Instellingen** dialoogscherf te selecteren,
- de benodigde **Plastische scharnier code** in het **Solver instellingen** dialoogscherf te selecteren,
- niet-lineaire belastinggeval combinatie / combinaties te definiëren,
- de lineaire berekening van de constructie succesvol voltooit te hebben,
- de lineaire berekening op te starten en een succesvolle oplossing te verkrijgen.

AutoDesign - Global optimization

Inleiding

In veel gevallen omvat het ontwerpen van gebouwen een doorsnede-berekening met slechts lichte variatie in bepaalde voor-gedefinieerde parameters, zoals de afmetingen van het gebouw, de belasting, de randvoorwaarden enzovoort. Vaak is het principe van de berekening in alle projecten hetzelfde. Als al deze principes op eenvoudige wijze kunnen worden gedefinieerd, geparameteriseerd en opgeslagen, kan het ontwerpen van een gebouw veel sneller dan bij de traditionele manier van engineering. In Scia Engineer kunnen constructies op eenvoudige wijze worden geparameteriseerd en opgeslagen in een bibliotheek, zodat ze ook in andere projecten kunnen worden gebruikt. Parameters zoals de hoogte van een snede, de lengte van een balk/kolom, overspanning, doorsnede-gegevens (inclusief opgebouwde secties) enzovoort, kunnen gemakkelijk worden gedefinieerd zonder de noodzaak van programmering of het gebruik van scripts. De ontwerper kan het vereiste constructie-element kiezen uit de bibliotheek en op eenvoudige wijze de randvoorwaarden, belastingen (wind, sneeuw, enz.) bewerken volgens een gekozen norm, waarna de normspecifieke combinaties automatisch worden toegepast om het ontwerpen van de constructie mogelijk te maken. Zodra de constructie is gedefinieerd, voeren de Auto-design-mogelijkheden van Scia Engineer automatisch de berekening uit en zoeken ze de optimale definitie van de constructie volgens de specifieke ontwerpregels die door de gebruiker zijn gekozen.

Stalen en betonnen staven kunnen afzonderlijk of binnen een gemeenschappelijke set elementen worden ontworpen, om te voldoen aan de criteria van de betreffende norm. De Autodesign-mogelijkheden in Scia Engineer bieden een hoge mate van flexibiliteit. Ze bieden de gebruikers verschillende niveaus van controle. Ze zorgen voor een aanzienlijke vermindering van de tijd die nodig is om de juiste profielen te selecteren. De gebruiker kan bijvoorbeeld de maximale controlewaarde en het type doorsnede, waaronder I-profielen, hoeken en gelaste profielen, selecteren. Scia Engineer bepaalt vervolgens het optimale profiel dat voldoet aan de normcontrole. Automatische profieloptimalisatie kan worden toegepast op alle parametrische en standaardprofielen. Voor parametrische profielen kiest de gebruiker welke parameter - hoogte, flensdikte of een andere - moet worden aangepast. Het programma geeft de controlewaarden grafisch weer in de 3D weergave van de constructie, waarbij kleuren een duidelijk overzicht geven van (over)gedimensioneerde en (on)toereikende delen van de constructie.

Principles of Autodesign

Zodra een constructie is ontworpen en berekend, is het tijd om controles uit te voeren, doorgaans gevolgd door een soort optimalisatie van het oorspronkelijke ontwerp. Scia Engineer heeft hiervoor een krachtig hulpmiddel. De optimalisatie van toegepaste profielen kan automatisch of semiautomatisch worden gedaan. Het proces van Autodesign resulteert in wat een economische en goede oplossing kan worden genoemd.

Autodesign vertegenwoordigt over het algemeen een complexe taak. Een volledige, complete en werkelijk "optimale" optimalisatie zou normaliter leiden tot een lang en vaak recursief proces. Daarom implementeert Scia Engineer een soort compromis.

Eén stap van Autodesign houdt rekening met slechts één doorsnede

Er kan één doorsnede tegelijk worden geoptimaliseerd. De gebruiker selecteert de doorsnede uit een lijst met alle doorsneden die in de constructie worden gebruikt.

Eén stap van Autodesign houdt alleen rekening met "geselecteerde" staven

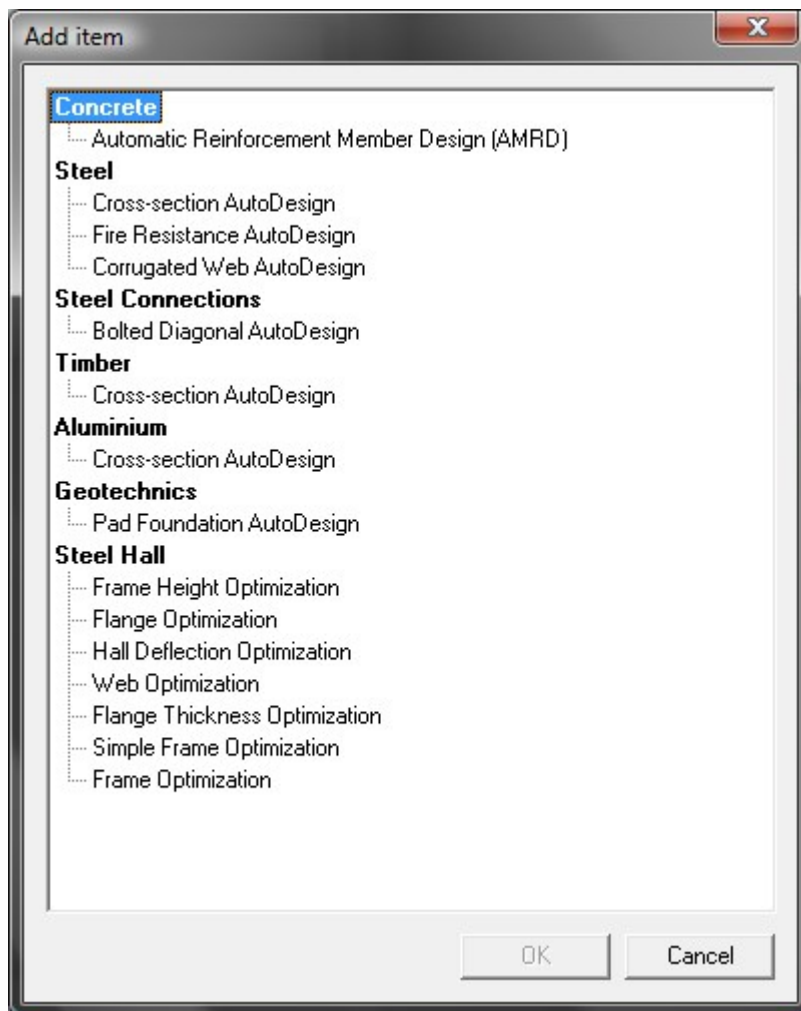
Het is mogelijk het Autodesign-proces te beperken tot slechts een set geselecteerde staven. De gebruiker kan een selectie maken, om aan te geven met welke balken van een bepaalde doorsnede rekening moet worden gehouden voor de berekeningen van Autodesign.

Eén stap van Autodesign is van invloed op de hele constructie

Zodra de geoptimaliseerde doorsnede is gevonden, wordt deze toegepast op ALLE staven in de constructie die van de opgegeven doorsnede zijn. Het maakt niet uit of de Autodesign-berekening beperkt bleef tot een geselecteerd aantal balken of niet. Het uiteindelijke effect van Autodesign is dat de oorspronkelijke doorsnede eenvoudigweg wordt vervangen door de nieuw (geoptimaliseerde) doorsnede.

Autodesign types

Binnen Scia Engineer zijn er verschillende mogelijkheden die u begeleiden tijdens het optimalisatieproces. De basisoptie is het gebruik van parameters. Wederom kan bijna elke entiteit in Scia Engineer worden bestreken door een parameter. Zodra een project is gedefinieerd en geanalyseerd, kan de gebruiker het project altijd als sjabloon opslaan, dat later opnieuw kan worden gebruikt. Een meer algemeen en zeer nuttig hulpmiddel is Autodesign. Hiermee kan de gebruiker verschillende delen van de constructie optimaliseren. Met de optimalisatie heeft men de mogelijkheid om relaties te definiëren tussen afmetingen en iteratiestappen op te geven. En 'last but not least' kunnen de gedefinieerde optimalisatiegroepen worden gecombineerd in Algemeen Autodesign om meerdere typen staven of de hele constructie te optimaliseren.



Met Scia Engineer kunt u de hele constructie of een bepaald deel ervan optimaliseren. De optimalisatie kan worden uitgevoerd voor stalen, betonnen, aluminium of houten constructies of voor stalen en houten delen van projecten met meerdere materialen. De meeste items daar betreffen de standaard Autodesign (doorsnede staal, hout, aluminium, brandwerendheid, controle geprofileerde lijfplaat), hetgeen de standaard Autodesign is van doorsneden die te vinden is in de betreffende staal-, aluminium- en andere services.

Er zijn verscheidene voordelen in de algemene Autodesign-functie boven het afzonderlijke Autodesign in services:

- De mogelijkheid om Autodesign toe te passen op meer dan één staaf tegelijk.
- De mogelijkheid om meer dan één type Autodesign tegelijk uit te voeren (staal, hout, beton, aluminium, enzovoort).
- De mogelijkheid om een iteratieve optimalisatie te gebruiken

Er wordt een aantal verschillende Autodesign-procedures genoemd in de volgende tabel:

Materiaal	Autodesign item
Beton	Automatische Praktische-wapening
Staal	Doorsnede Autodesign
Staal	Brandwerendheid Autodesign
Staal	Geprofileerde lijfplaat Autodesign
Staal	Overlappende gording/dwarsbalk Autodesign (alleen IBC-norm)
Staalverbinding	Geboute diagonaal Autodesign
Hout	Doorsnede Autodesign
Aluminium	Doorsnede Autodesign
Geotechniek	Fundering op staal Autodesign
Stalen hal	Inblock Autodesign item
Stalen hal	Raamwerk - Autodesign manager
Stalen hal	Raamwerk - drsn hoogte Autodesign
Stalen hal	Raamwerk - doorbuiging Autodesign
Stalen hal	Raamwerk - flens Autodesign
Stalen hal	Raamwerk - lijf Autodesign
Stalen hal	Raamwerk - flensdikte Autodesign

Het is eveneens mogelijk om meerdere van de bovenvermelde optimalisaties uit te voeren en de resultaten ervan te vergelijken. Het is aan u om de doorsnedetypen en geboute diagonaalverbinding te selecteren die relevant zijn voor uw werk. Het is ook uw verantwoordelijkheid om vooruit te denken en zoveel doorsnedetypen te ontwerpen en toe te wijzen aan 1D staven als nodig zijn voor een goed ontwerp en een juiste optimalisatie van het project.



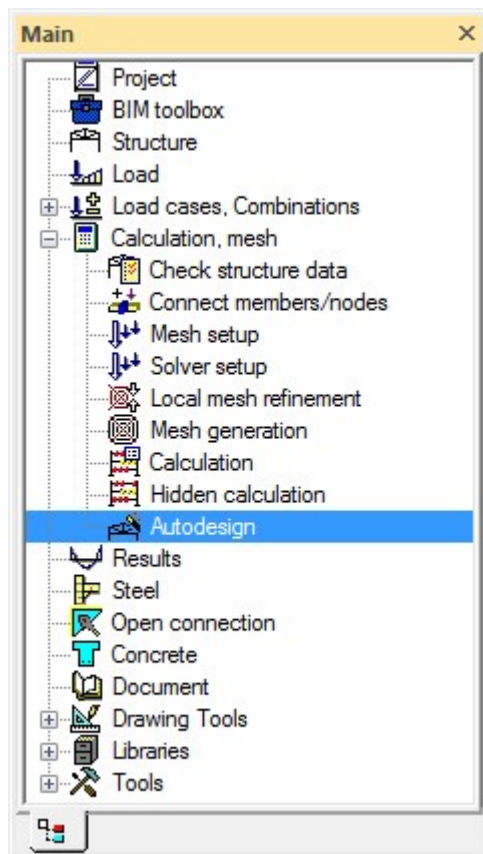
Opmerking: om Autodesign te kunnen uitvoeren, moet de berekening al zijn uitgevoerd.

Autodesign manager

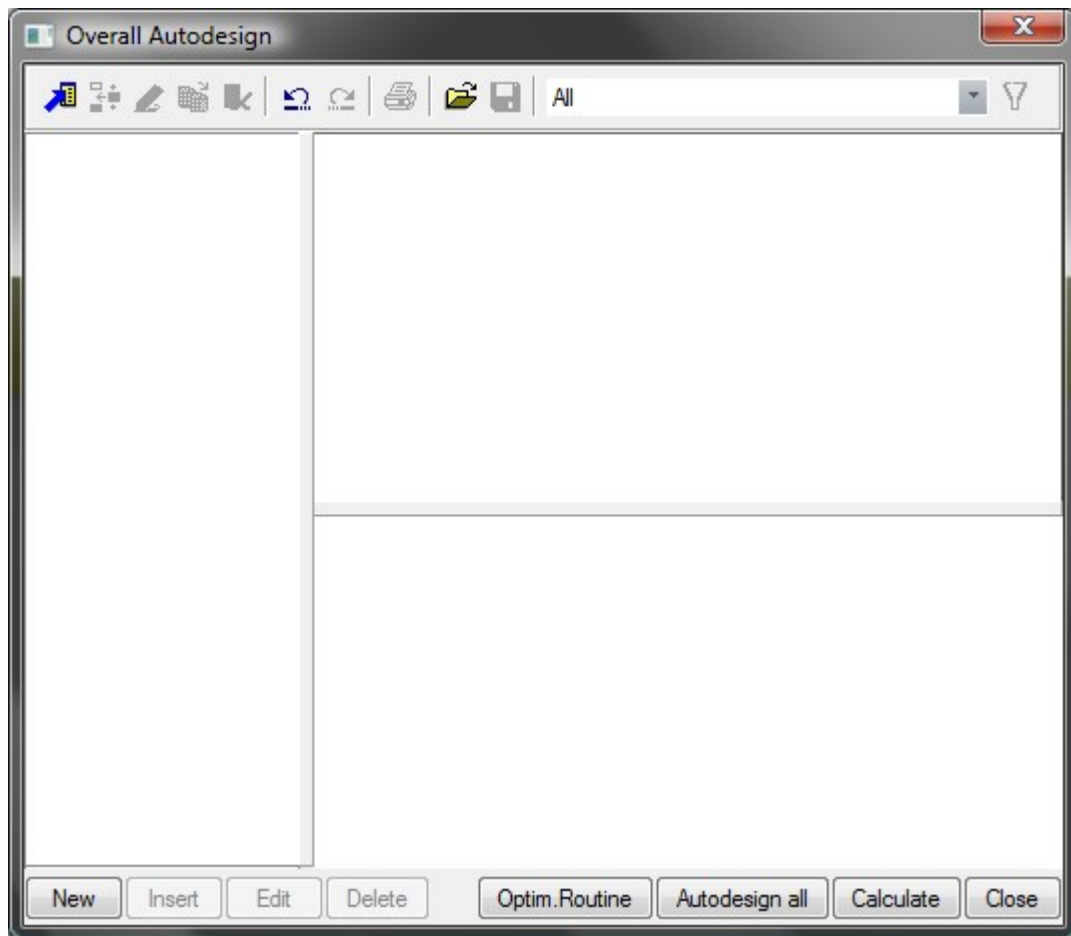
Zoals al gezegd in de inleiding, kunt u verschillende optimalisaties uitvoeren. U kunt Autodesign uitvoeren en de resultaten van verschillende delen van de constructie vergelijken, voor verschillende optimalisatietypen (zoals standaard- en brandwerendheidsnormcontroles). Hiervoor worden alle gedefinieerde optimalisaties opgeslagen in Autodesign manager. Zo hoeft u niet keer op keer alle Autodesign-criteria en -parameters te definiëren. Autodesign manager is een standaard Scia Engineer-databasemanager met de gebruikelijke voorzieningen en functies.

Procedure voor het openen van Autodesign manager

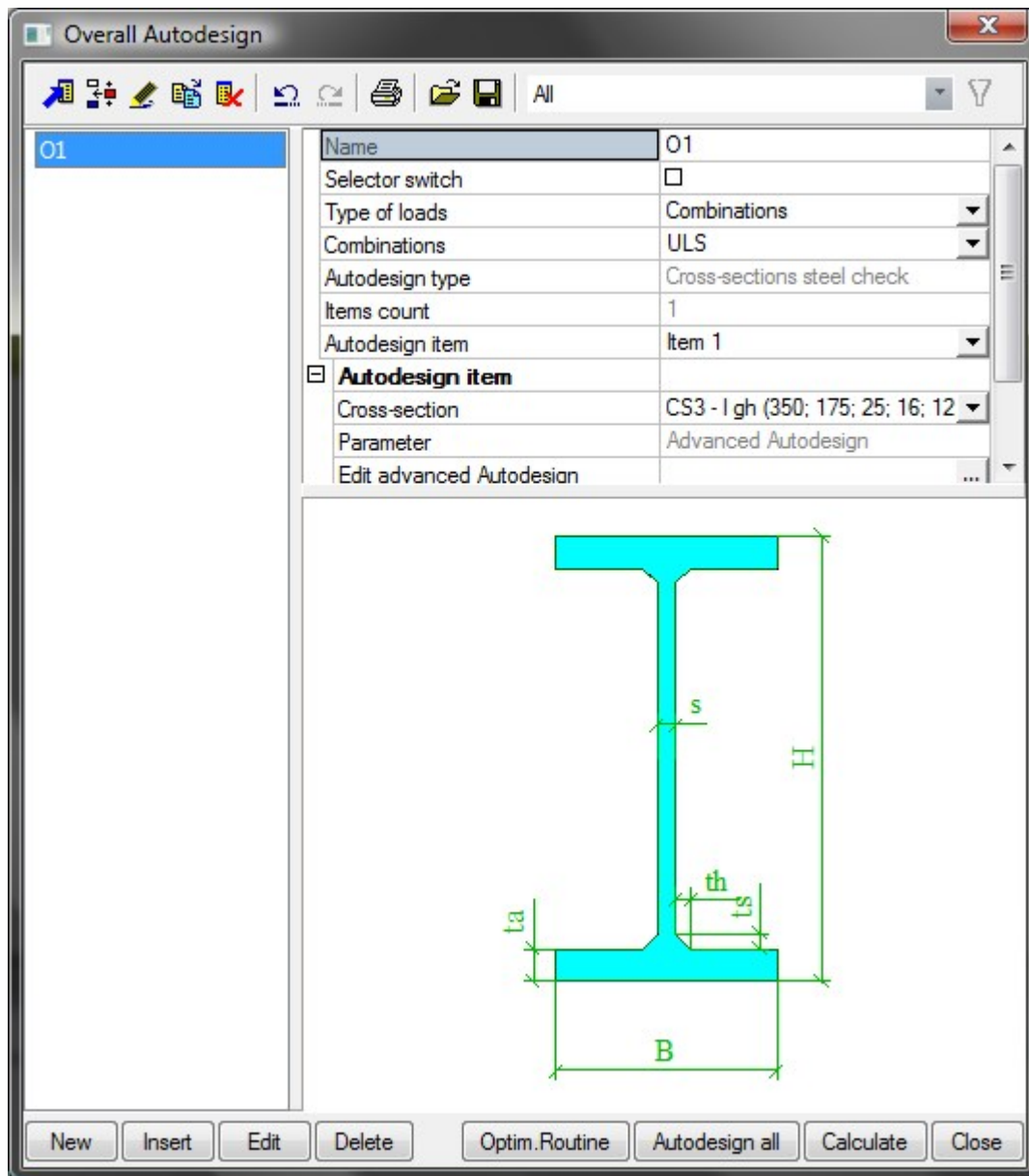
1. Open de service Berekening, net.
2. Activeer de functie Autodesign door erop te dubbelklikken.



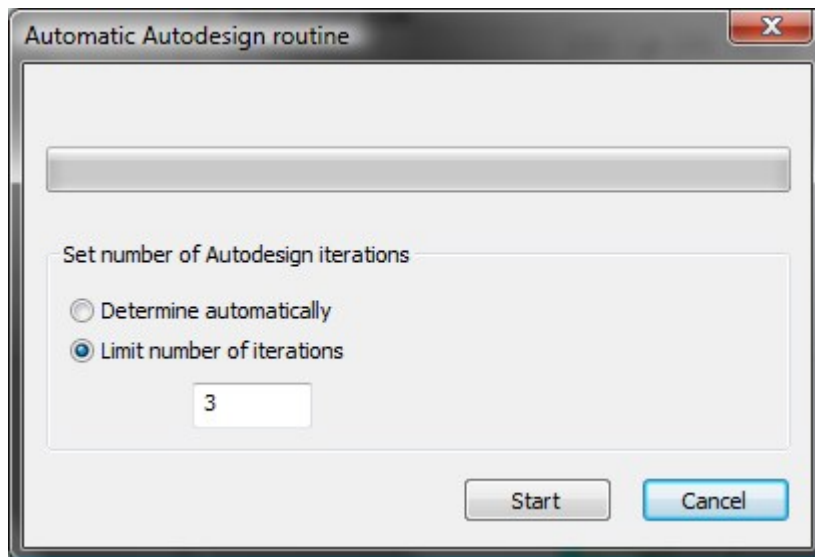
3. Autodesign manager wordt geopend. In eerste instantie is het een lege bibliotheek met standaard bibliotheekfuncties (lezen uit bestand, opslaan in bestand enzovoort).



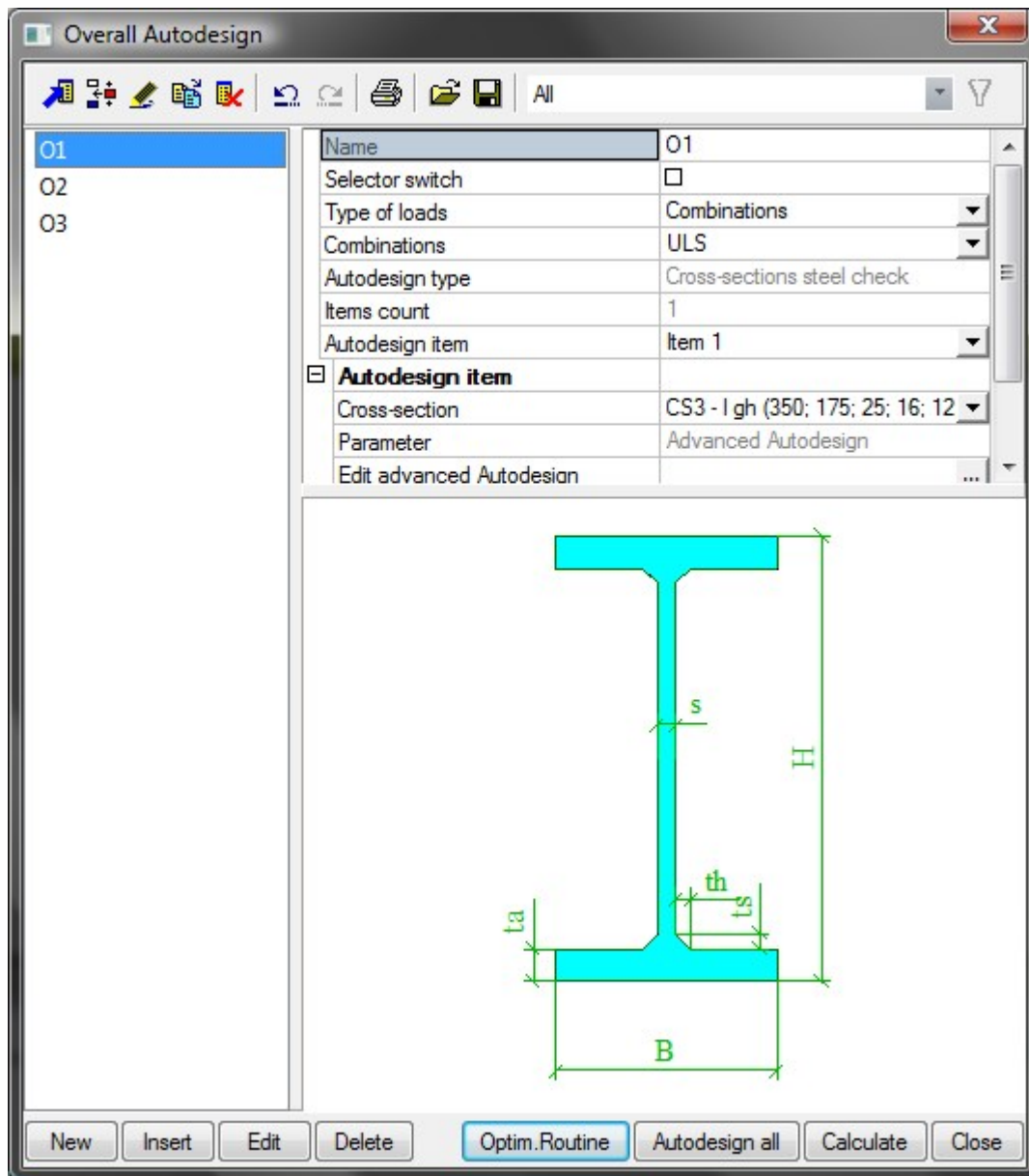
4. Na het definiëren van de procedure (zie het volgende hoofdstuk) wordt het volgende dialoogvenster weergegeven.



5. De gebruiker kan de geselecteerde Autodesign-functie optimaliseren met iteratief Autodesign door te klikken op Optim.Routine. Er zijn twee mogelijkheden voor het instellen van het aantal Autodesign-iteraties - Bepaal automatisch of voer Limiteer aantal iteraties in. We kunnen een aantal iteraties instellen voor de optimalisatie of we kunnen Scia Engineer laten itereren totdat een optimale oplossing is bereikt.



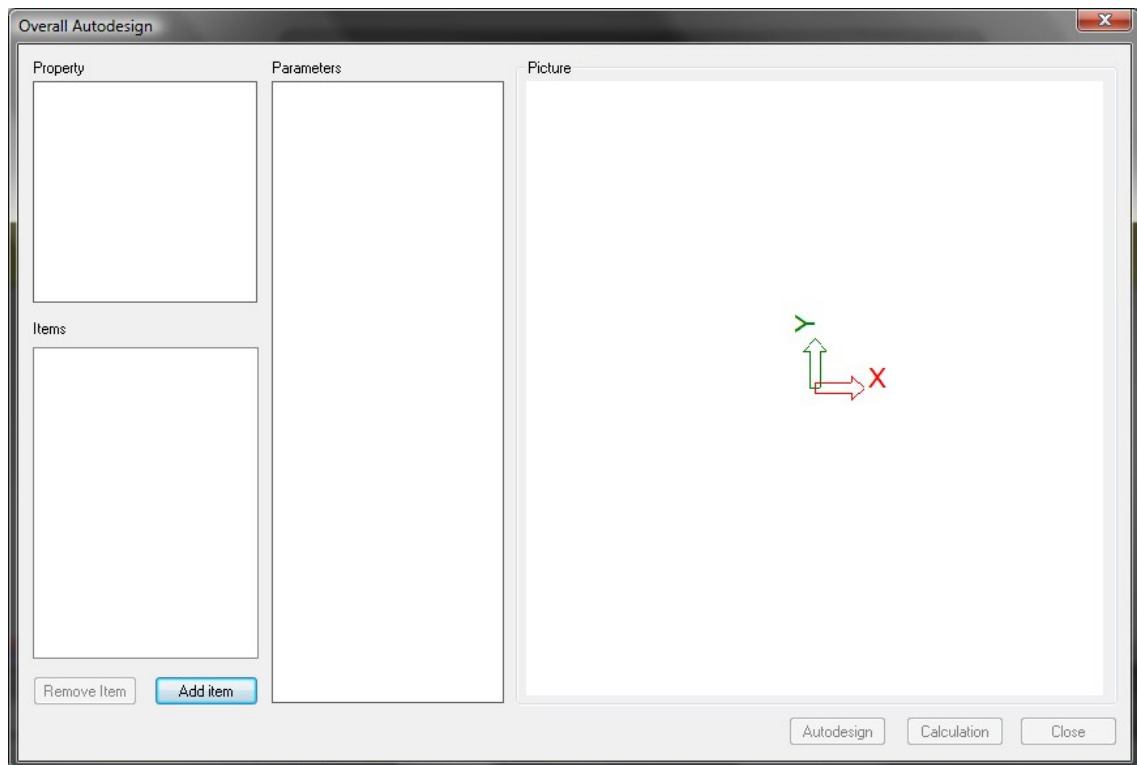
6. Er bestaat ook een mogelijkheid om alle Autodesign-functies in één stap uit te voeren met Autodesign alle.



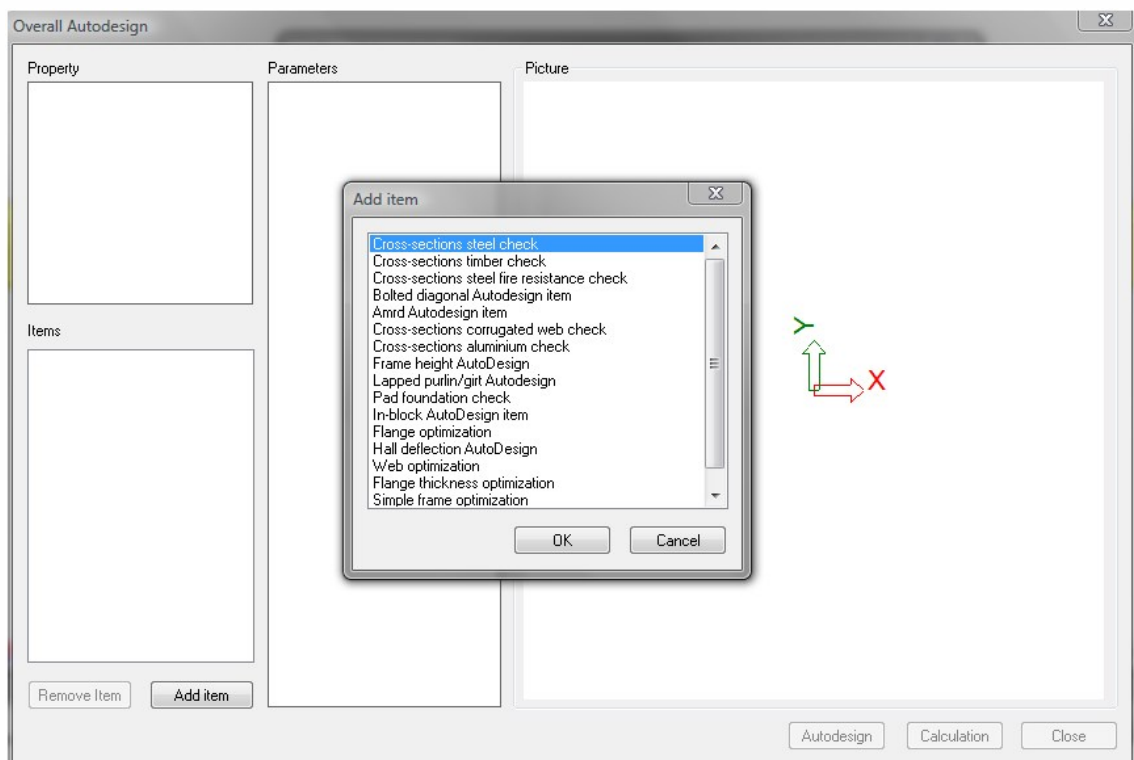
Een nieuwe optimalisatie definiëren

Procedure voor het definiëren en uitvoeren van een nieuwe optimalisatie

1. Start Autodesign manager.
2. Klik op [Nieuw] om het dialoogvenster Algemeen Autodesign te openen.

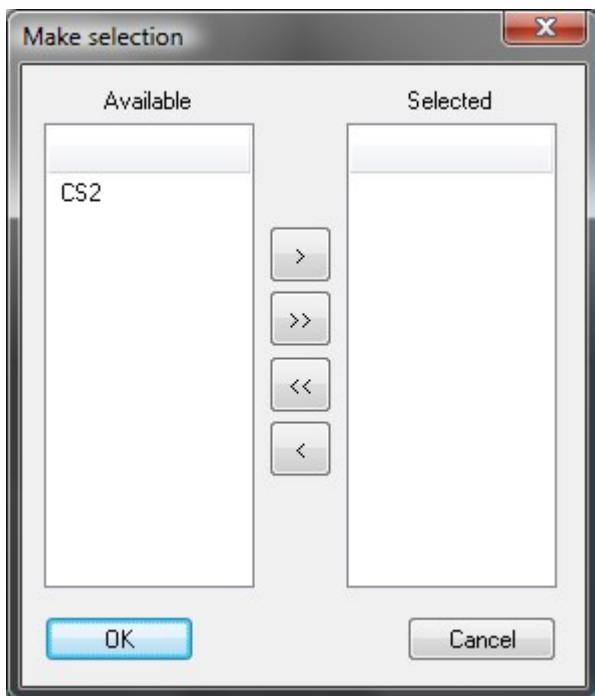


3. Met de knop Item toev. kan een nieuw item van een geoptimaliseerde constructie of constructieonderdeel worden toegevoegd.

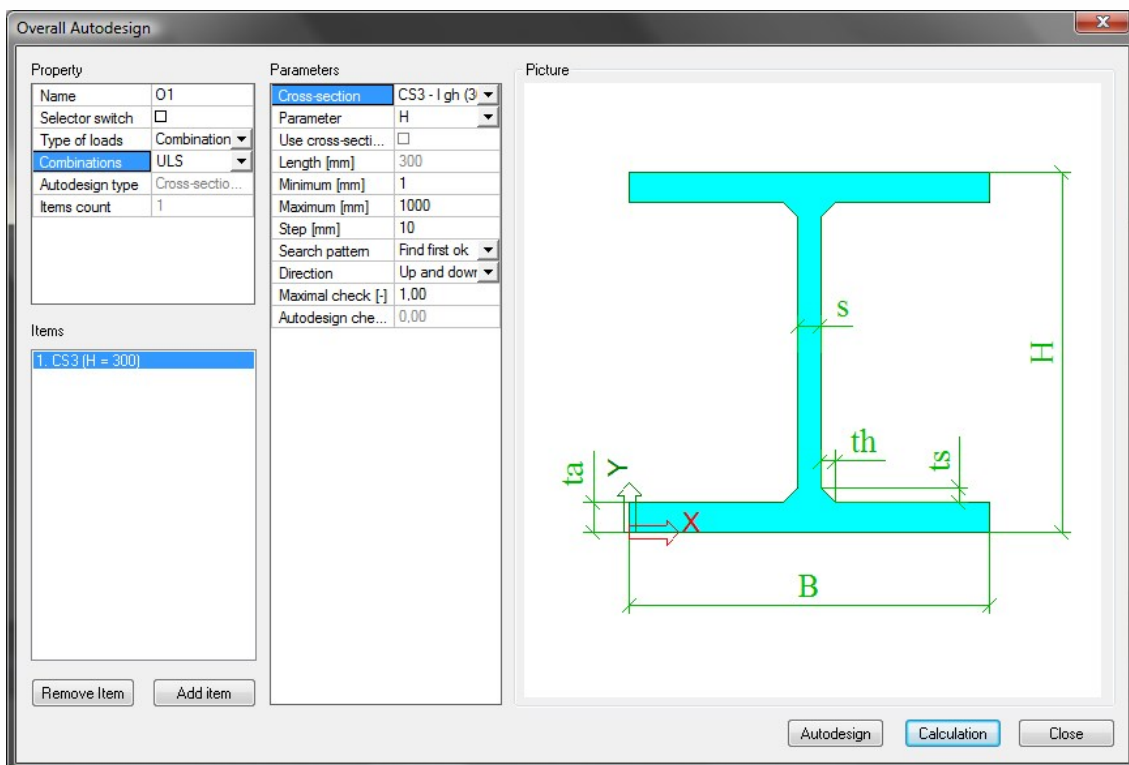


Opmerking - de basisfunctionaliteit van Autodesign wordt uitgelegd bij het eerste item Staal-doorsnede optimalisatie.

4. De gebruiker wordt gevraagd om een van de gebruikte doorsneden te selecteren om deze te optimaliseren.



5. Definieer de Autodesign-eigenschap, -parameters en -criteria.



6. Klik op [Autodesign] om de berekening uit te voeren en de resultaten ervan te bekijken.

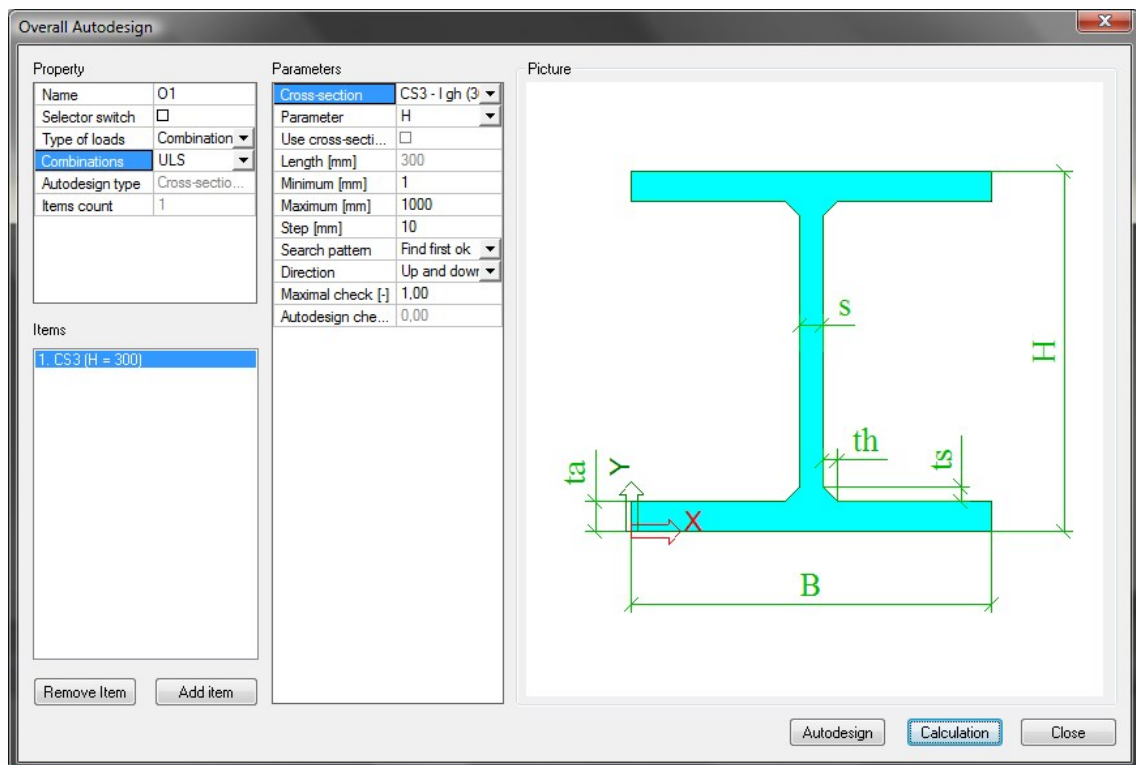
7. Klik zo nodig op [Berekening] om het model opnieuw te berekenen om de resultaten van de optimalisatie weer te geven.

8. Afhankelijk van uw behoeften en wensen kunt u stap 5 t/m 7 zo vaak herhalen als nodig is.

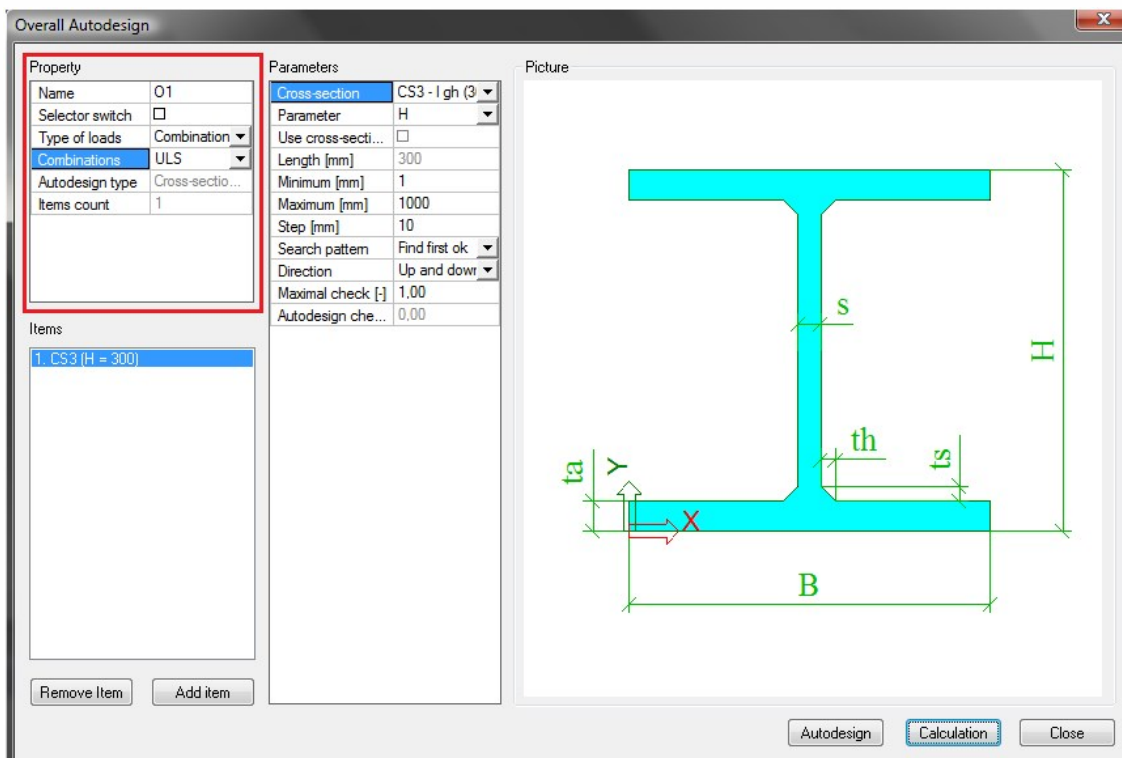
Opmerking: een puur herhalen van achtereenvolgens Autodesign en Berekening kan leiden tot een "oneindige" cyclus. Autodesign kan doorsnede "A" als optimaal vinden. Als u de berekening uitvoert, worden de interne krachten herverdeeld om de resultaten van Autodesign weer te geven. Als u nu Autodesign uitvoert, kan doorsnede "B" als optimaal worden gevonden. Bij een nieuwe herberekening worden de interne krachten wederom herverdeeld. Zo kan het gebeuren dat de volgende Autodesign-actie opnieuw doorsnede "A" als optimaal vindt. Enzovoort, enzovoort.

Autodesign-parameters en -criteria

In dit hoofdstuk worden gedetailleerd alle knoppen, instellingen en functionaliteit beschreven voor een gebruikelijke dunwandige geometrische doorsnede.



Eigenschap



Naam

Definieert de naam van de optimalisatie (criteria).

Keuzeschakelaar

Hiermee kunt u Autodesign-items parameteriseren met behulp van een bibliotheektype parameter

Type belasting

Autodesign kan worden uitgevoerd voor belastingsgevallen, combinaties van belastinggevallen, resultaatklassen enzovoort.

Belasting

Specificeert het betreffende belastinggeval, de combinatie enzovoort, waarvoor het geselecteerde type doorsnede wordt geoptimaliseerd.

Autodesign type (informatief)

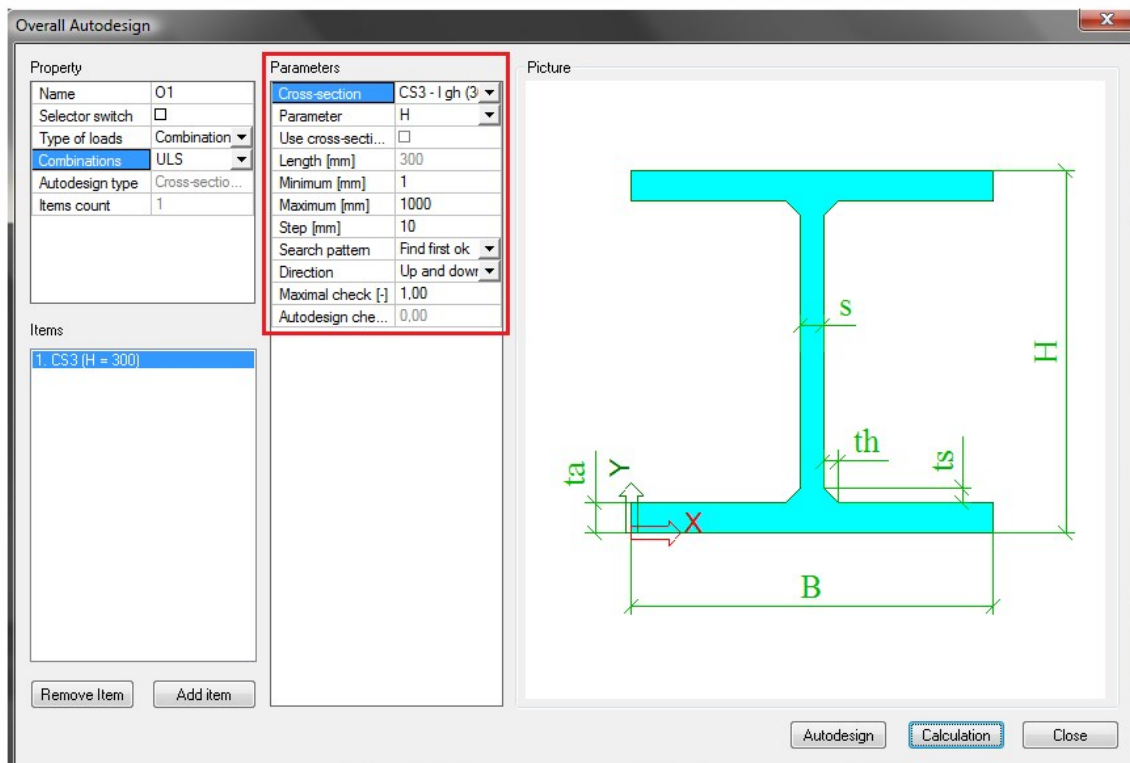
Duidt het type optimalisatie aan. In dit geval Staaldoorsnede optimalisatie

Aantal items (informatief)

Toont het aantal gedefinieerde Autodesign-items.

Parameters

De weergegeven parameters hangen af van het gebruikte type doorsnede.



Autodesign-parameters voor gewalste en koudgevormde doorsneden

De gebruiker kan het Autodesign-proces sturen met behulp van een set parameters.

Controleparameter

Maximale controle

Deze parameter zorgt ervoor dat het programma weet wat de maximaal toegestane waarde voor een bevredegende controle is.

Maximum eenheidscontrole

Dit item toont het resultaat van de maximale controle voor de geoptimaliseerde doorsnede.

Vormparameters voor Autodesign

Sorteer op hoogte

De volgorde van doorsneden is gebaseerd op de hoogte.

Sorteer op A

(in secties verdeeld gebied) De volgorde van doorsneden is gebaseerd op het in secties verdeelde gebied.

Sorteer op I_y (traagheidsmoment)

De volgorde van de doorsneden is gebaseerd op het traagheidsmoment.

Knoppen voor handmatig Autodesign

Profiel instellen

Met deze knop kan de gebruiker handmatig de vereiste waarde van de geselecteerde afmeting instellen (zie hierboven).

Volgende

Met deze knop kan de gebruiker zoeken naar de één stap kleinere doorsnede volgens de gedefinieerde vormparameters (zie hierboven).

Vorige

Met deze knop kan de gebruiker zoeken naar de één stap grotere doorsnede volgens de gedefinieerde vormparameters (zie hierboven).

Autodesign-parameters voor gelaste en volle doorsneden

De gebruiker kan het Autodesign-proces sturen met behulp van een set parameters.

Doorsnede

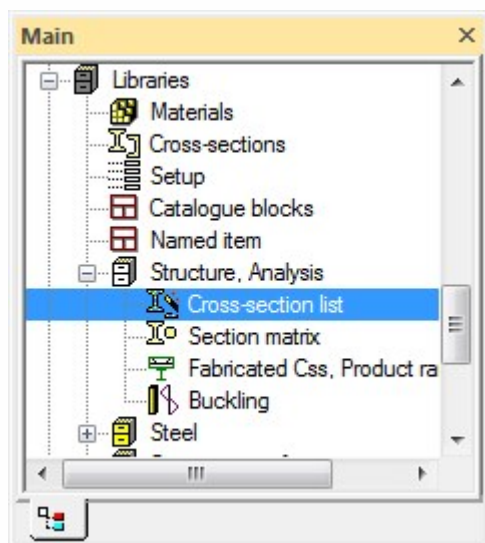
Definieert het type doorsnede dat moet worden geoptimaliseerd.

Parameter

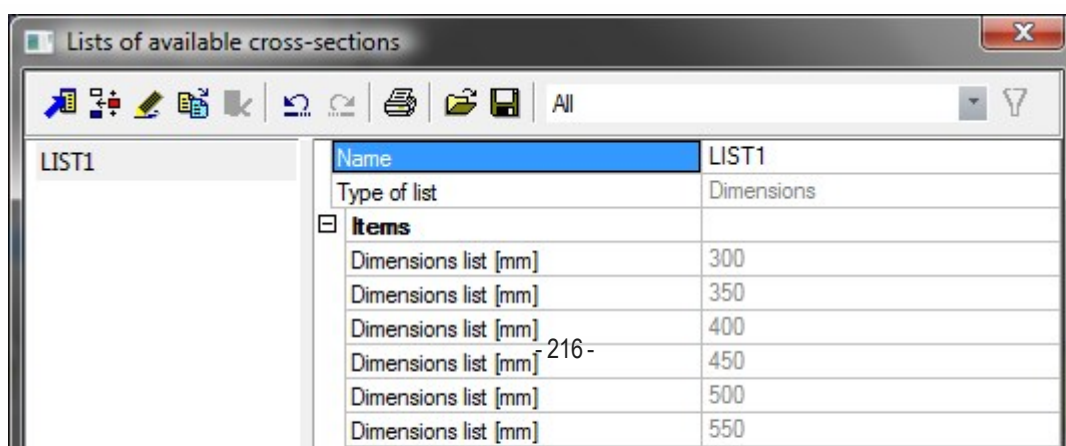
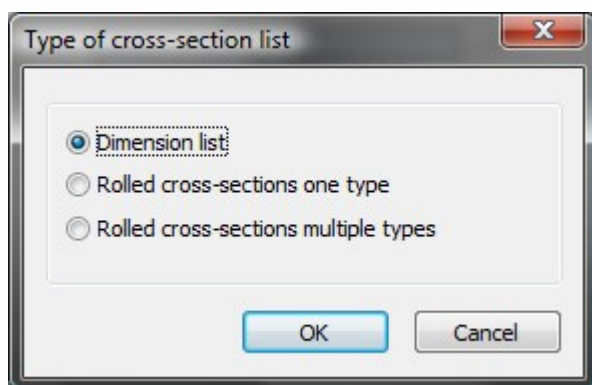
Selecteert de afmeting (bijv. profieldiepte, -breedte, enz.) die moet worden geoptimaliseerd. Alle afmetingen van het geoptimaliseerde item kunnen worden gekozen. Het geoptimaliseerde item wordt weergegeven in het gedeelte Items volgens de geselecteerde parameters (zie hierboven CS3 (H=300)). Er bestaat ook de mogelijkheid om Geavanceerd Autodesign te selecteren (zie voor meer informatie het hoofdstuk Bewerk Geavanceerd Autodesign).

Gebruik doorsnede lijst

Hiermee kunt u voorgedefinieerde waarden van één afmeting gebruiken volgens de lijst die is gedefinieerd in de bibliotheek Doorsnede lijst. Deze bibliotheek is opgeslagen in Bibliotheek > Constructie, Berekening > Doorsnede lijst.



Er kunnen drie typen doorsnedelijst worden gedefinieerd (zie de volgende afbeelding). Doorsnedelijst type Dimensie lijst kan alleen voor Autodesign worden gebruikt.



Lengte (informatief)

Toont de huidige grootte van de geselecteerde dimensie.

Minimum

Definieert de minimaal toepasbare grootte voor de geoptimaliseerde parameter.

Maximum

Definieert de maximaal toepasbare grootte voor de geoptimaliseerde parameter.

Stap

Definieert de stap voor Autodesign.

Zoekpatroon

Combo-box (Zoek eerste OK/Zoek uit alle) - optie die het mogelijk maakt de eerste oplossing te vinden die voldoet aan de vereisten of de beste uit alle oplossingen.

Richting

Combo-box (Hoger en lager/Hoger) - optie die de richting aangeeft voor het zoeken naar de geoptimaliseerd oplossing.

Maximale controle

Definieert de maximaal aanvaardbare waarde van de eenheidscontrole van de geoptimaliseerde doorsnede.

Autodesign controle (informatief)

Toont de eenheidscontrole voor de geoptimaliseerde verbinding.

Bewerk Geavanceerd Autodesign

Deze optie is alleen zichtbaar als Geavanceerd Autodesign is geselecteerd als parameter. Met Geavanceerd Autodesign kunnen verscheidene of alle parameters van een doorsnede in één stap worden geoptimaliseerd. Het is mogelijk afhankelijkheden tussen parameters te gebruiken alsmede een doorsnedelijst.

	Param.	Value	Autodesign	Related to	Ratio	List	Step	Min.	Max.
1	H	350	☒ Yes	No		LIST1			
2	B	175	☐ No	H	0.50	No			
3	ta	25	☐ No	No	1.00	No	0	25	25
4	s	20	☒ Yes	No		No	2	10	30
5	ts	12	☐ No	No	1.00	No	0	12	12
6	th	12	☐ No	No	1.00	No	0	12	12

Buttons: Select/Deselect All, Test relations, Test css lists, OK, Cancel

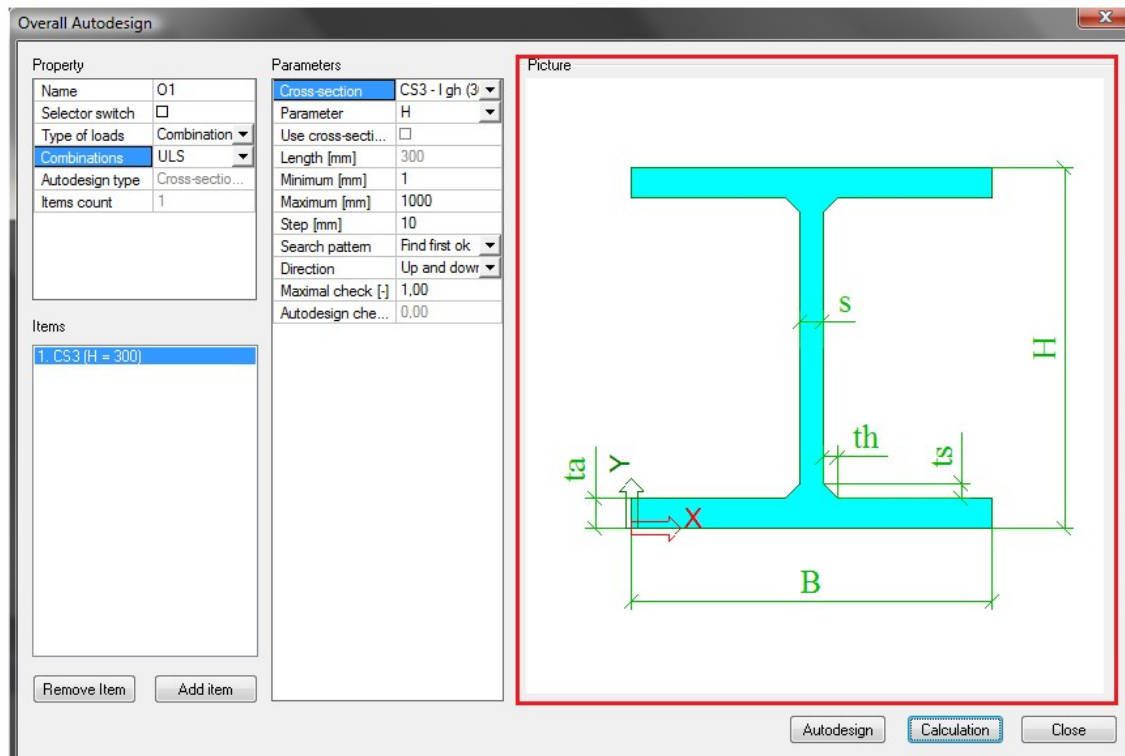
Alle items worden in de volgende tabel beschreven.

Onderdeel	Omschrijving
Parameter	Parameter die moet worden geoptimaliseerd
Waarde	Waarde van de geoptimaliseerde parameter
Autodesign	Selectievakje om aan te geven of de parameter wel of niet moet worden geoptimaliseerd. Inactief als Rel. tot is toegewezen aan sommige parameters
Rel. tot	Relatie tussen parameters. Selecteerde (afhankelijke) parameter kan worden geoptimaliseerd afhankelijk van de optimalisatie van de andere parameter. Inactief als Autodesign is JA.
Factor	Factor geeft de relatie aan tussen de geoptimaliseerde parameter en de afhankelijke parameter, zie hierboven (waarde B berekend als 0,5 x geoptimaliseerde waarde H). Inactief als Rel. tot is Nee.
Lijst	Koppeling naar bibliotheek Doorsnede lijst. De geselecteerde parameter kan worden geoptimaliseerd volgens de vereisten die

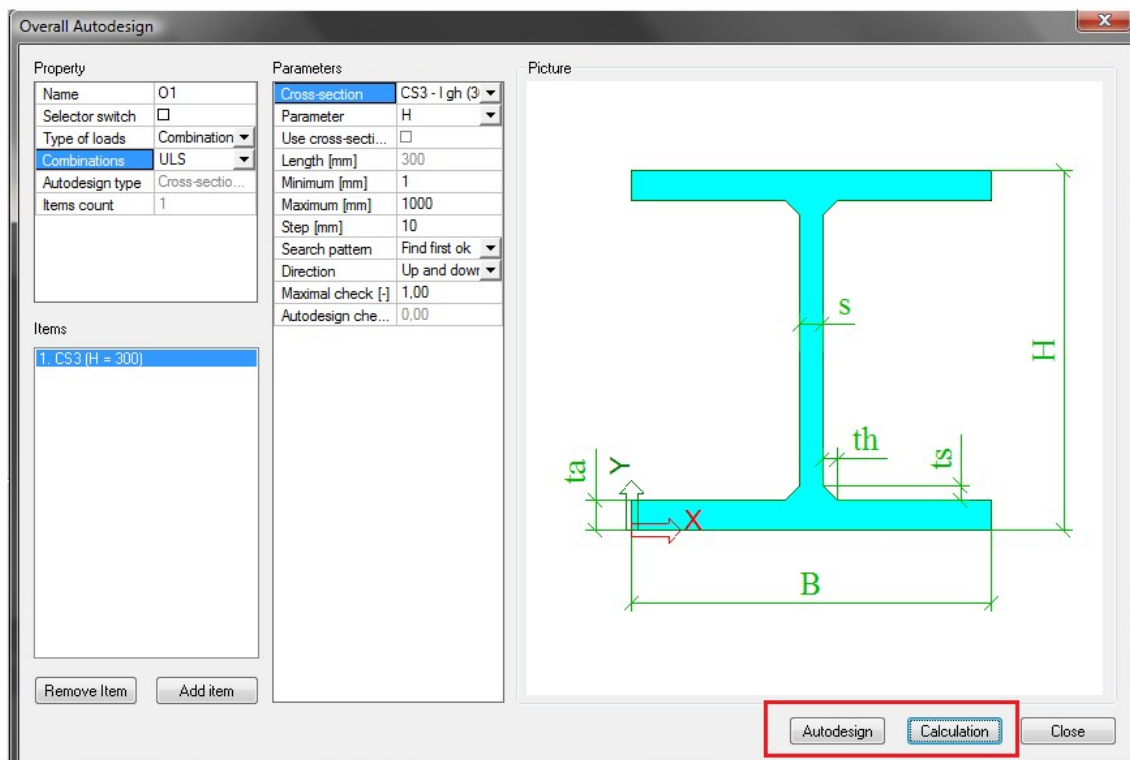
Onderdeel	Omschrijving
	zijn opgeslagen in de bibliotheek Doorsnede lijst (dimensie lijst).
Stap	Definieert de stap voor Autodesign
Min.	Definieert de minimaal toepasbare grootte voor de geoptimaliseerde parameter.
Max.	Definieert de maximaal toepasbare grootte voor de geoptimaliseerde parameter.

Afbeelding

De afbeelding toont de vorm van het geoptimaliseerde item (doorsnede, fundering op staal of het symbool van de geboute diagonaalverbinding enzovoort).



Bedieningsknoppen



Autodesign

Voert de optimalisatie uit voor de gedefinieerde Autodesign-items.

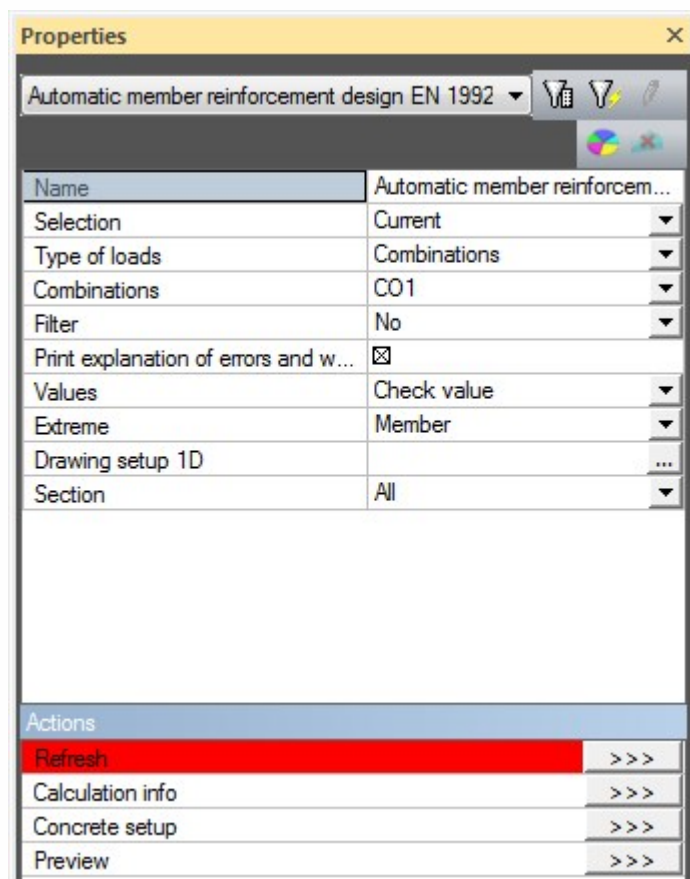
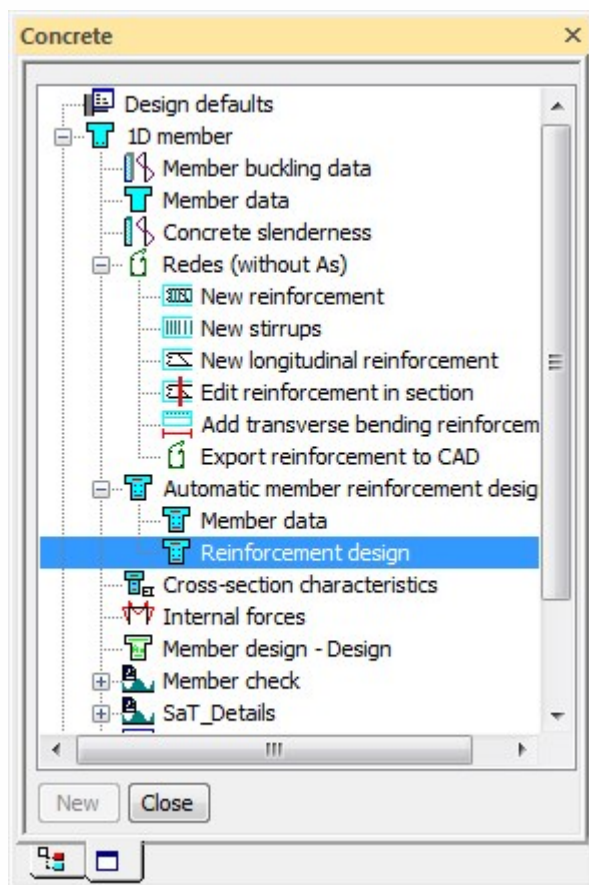
Berekening

Voert de berekening uit voor het geoptimaliseerde model.

Beton - Automatische Praktische-wapening

Autodesign van betondoorsnede is hetzelfde deel als Ontwerp As uitgevoerd in de standaard Beton > Automatische Praktische-wapening > Ontwerp As

Autodesign in service Beton



Als de gebruiker op de knop Herlees klikt, wordt dezelfde procedure van Autodesign uitgevoerd. Voor betonddoorsnede wordt de procedure Automatische Praktische-wapening genoemd. De niet-voorgespannen wapening wordt ontworpen in de geselecteerde staaf. Zowel langswapening als beugels worden ontworpen.

Theoretische achtergrond van Automatische Praktische-wapening

De niet-voorgespannen wapening in staven kan handmatig door de gebruiker of automatisch door het programma gedefinieerd worden.

Het programma ontwerpt de wapening in dat geval op basis van de parameters bepaald in:

- wapeningsjabloon,
- dialoogvenster Instellingen van service Beton,
- staafgegevens met betrekking tot het automatische ontwerp,
- handmatig gedefinieerde praktische wapening.

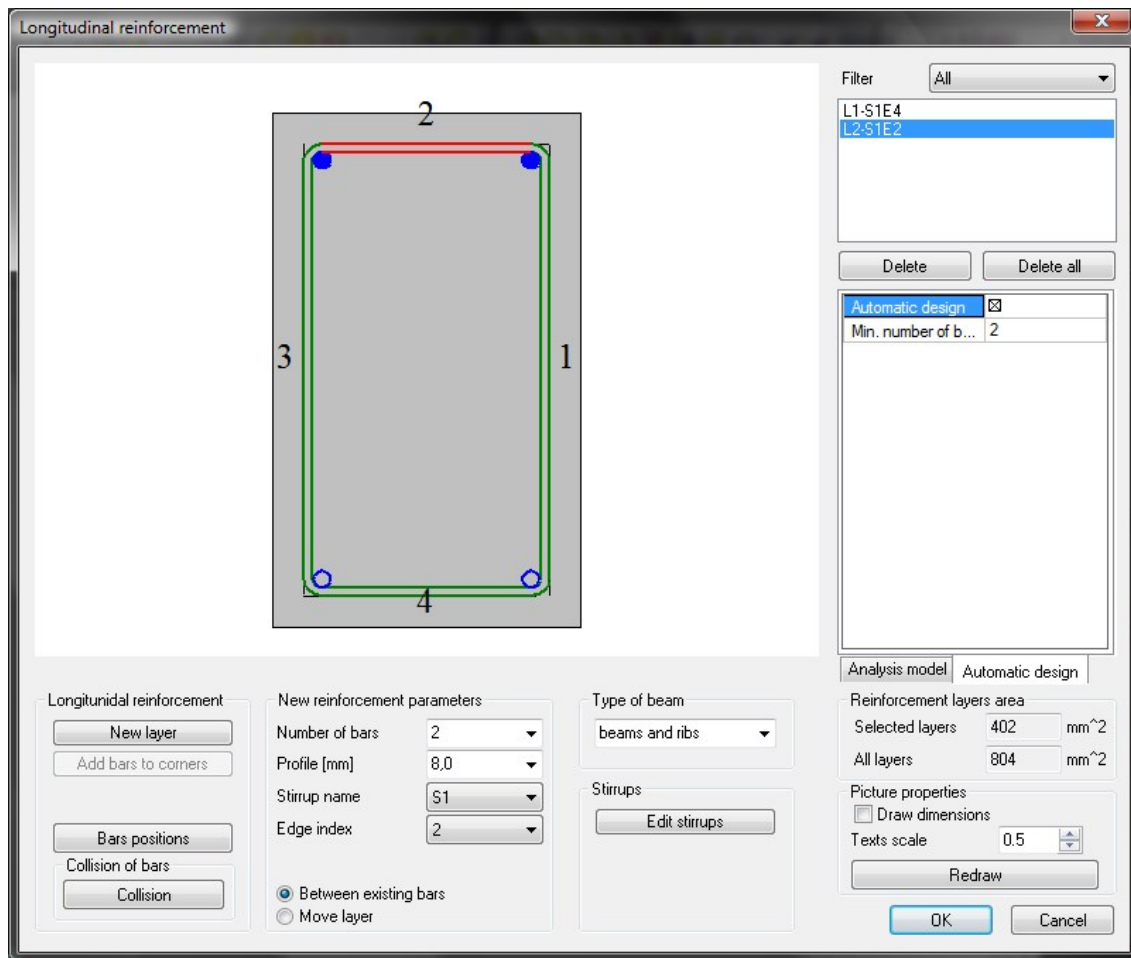
Het automatische ontwerp houdt rekening met de combinatie van buigende momenten en normaal- en dwarskrachten. Het houdt geen rekening met torsie en vervormingen. Het werkt binnen het bereik van de uiterste grenstoestand. Het automatische ontwerp kan worden gebruikt voor belastinggevallen, UGT (geen BGT) combinaties en klassen met UGT of UGT+BGT combinaties. Bij de bovenvermelde parameters heeft de praktische wapening de hoogste prioriteit. Dat betekent dat het automatische ontwerp tijdens de eerste stap de diameter van deze praktische wapening zal gebruiken indien een of andere wapening werd gedefinieerd. Er vindt geen uitvoer naar het document plaats. De resultaten van het automatische ontwerp kunnen alleen op het scherm worden bekeken in het grafische venster en/of in het venster Afdrukvoorbeeld. De wapeninglijst kan uiteraard in het document worden ingevoegd om de wapening weer te geven die op automatische wijze is ontworpen. Het automatische ontwerp maakt alleen gebruik van de wapeningslagen die in de wapeningsjabloon zijn gemarkeerd. Het automatische ontwerp is niet in staat om een nieuwe laag toe te voegen ingeval de benodigde wapening niet in één laag kan worden geplaatst. Bijgevolg kan het automatische ontwerp mislukken.

De basisprocedure is als volgt:

- Eerst moeten de parameters worden gedefinieerd die invloed kunnen hebben op het automatische ontwerp. De wapeningsjabloon voor langswapening moet worden gedefinieerd, om te bepalen welke lagen kunnen worden geoptimaliseerd tijdens de automatische wapeningsprocedure,
- Specificeer de standaardparameters in
 - Dialoogvenster Instellingen van service Beton die van invloed is op de procedure voor automatisch ontwerp en deze stuurt.
 - staafgegevens met betrekking tot het automatische ontwerp, indien nodig. Deze gegevens komen in de plaats van de standaardwaarden en vormen staafgegevens die specifiek zijn voor een bepaalde balk.
- Tijdens Autodesign wordt het standaardontwerp van wapening voor de combinatie $N+My+Mz$ uitgevoerd (voor het ontwerp van wapening wordt rekening gehouden met de maximale buigende momenten over de gehele staaf). De maximale hoeveelheid boven- en onderwapening wordt ontworpen.
- De ontworpen wapeningsjabloon wordt gebruikt voor controles (interactiediagram, detailleringsregels). De berekening wordt geëvalueerd op basis van de maximale utilisatie (controlewaarde) in de betoninstellingen. Wanneer de berekende controlewaarde nog steeds minder is dan de gedefinieerde utilisatie, wordt wapening verwijderd om de optimale utilisatie te verkrijgen.

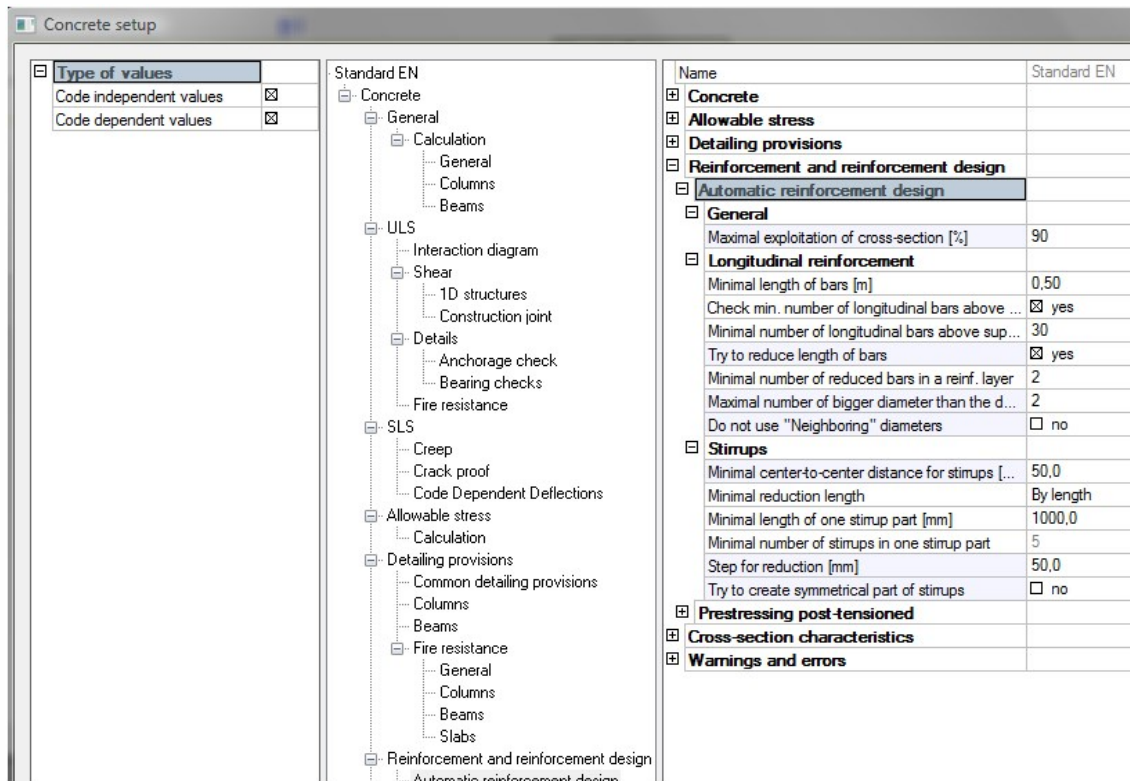
Sjabloonvoorbereiding

De sjabloon die wordt gebruikt voor Autodesign, wordt op een standaardmanier voorbereid. Eén verschil is dat het selectievakje Automatisch Staafontwerp wordt ingeschakeld.



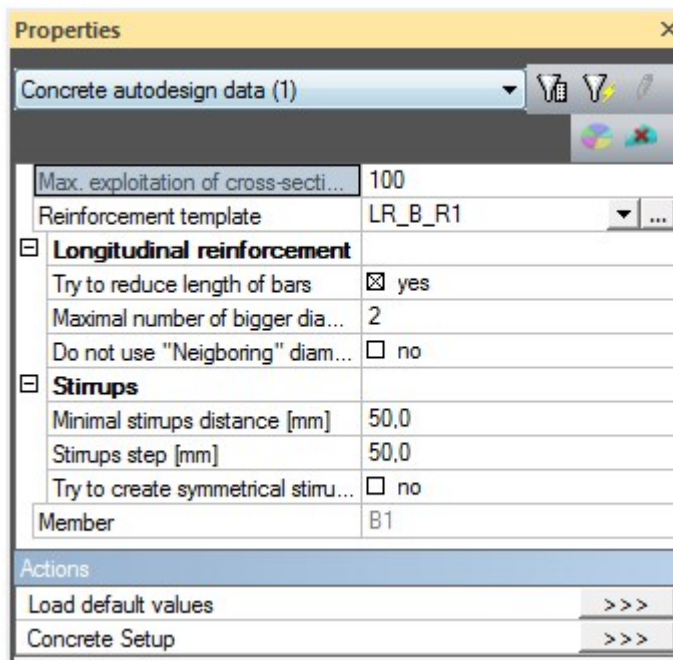
Betoninstellingen

De standaardinstellingen die worden voor gebruikt Autodesign, worden opgeslagen in Betoninstellingen



Staafegegevens voor het automatisch ontwerp van wapeningen

De staafegegevens die worden gebruikt voor automatisch ontwerp van wapeningen zien er als volgt uit:



Algemeen

Max. uitnutting van de doorsnede	Specificeert de maximale benutting van de doorsnede in de automatisch gewapende staaft. De waarde kan tussen 1 en
---	---

	100% liggen.
Wapeningsjabloon	Geeft de gebruikte wapeningsjabloon weer. Opmerking: dit onderdeel verschijnt ALLEEN in het dialoogvenster wanneer de reeds gedefinieerde staafgegevens worden bewerkt. Als de staafgegevens aan een nieuwe staaf worden toegekend, is de toegang tot dit onderdeel niet mogelijk.

Langswapening

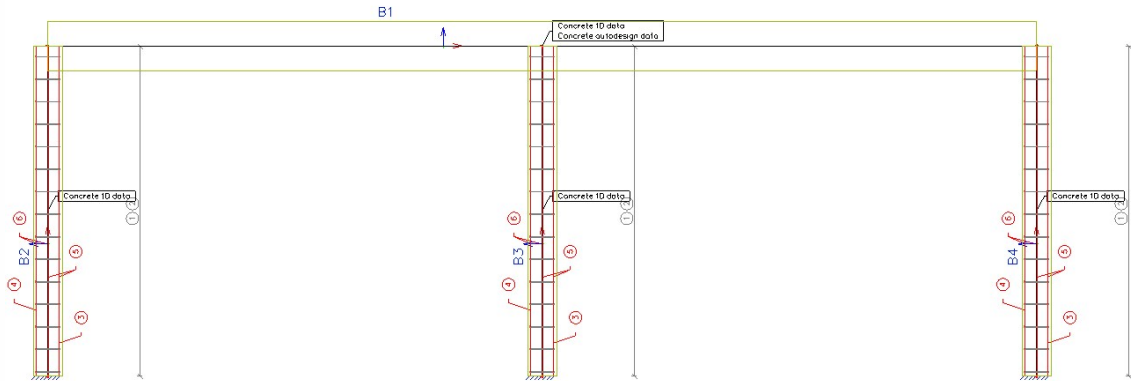
Probeer de lengtes te reduceren	Als deze optie is uitgeschakeld, maakt het programma alleen gebruik van staven die zich over de volledige lengte van de staaf uitstrekken. Als deze optie is ingeschakeld, kunnen sommige staven worden verkort indien de eenheidscontrole met succes verloopt zonder deze staven.
Maximaal aantal diameters groter dan de standaard diameter	Bepaalt hoeveel verschillende (grotere) diameters van de wapening kunnen worden gebruikt voor de optimalisatie. Laat ons aannemen dat de standaarddiameter die is gespecificeerd op het tabblad Ontwerpstandaard gelijk is aan 10 mm. Als deze parameter op 2 wordt ingesteld, kan het programma de diameters 10, 12 (d.w.z. +1 item in het fabricageprogramma) en 14 (d.w.z. +2 items in het fabricageprogramma) gebruiken voor het ontwerp.
Gebruik geen "Naburige" staven	Sommige normen raden aan om geen "naburige" profielen uit het fabricageprogramma te gebruiken in één staaf (om verwisselingen van de profielen te voorkomen). Laat ons aannemen dat de standaarddiameter die is gespecificeerd op het tabblad Ontwerpstandaard gelijk is aan 10 mm. Laat ons bovendien aannemen dat het Maximale aantal diameters groter dan de standaard diameter wordt ingesteld op 2. Als deze optie is ingeschakeld, kunnen de volgende staven worden ingevoegd in de ligger: (i) 10 mm, (ii) 12 mm of (iii) 14 mm, of (iv) 10 mm en 14 mm in combinatie met elkaar. Er mogen geen staven van 10 en 12 mm met elkaar worden gecombineerd in een ligger.

Beugels

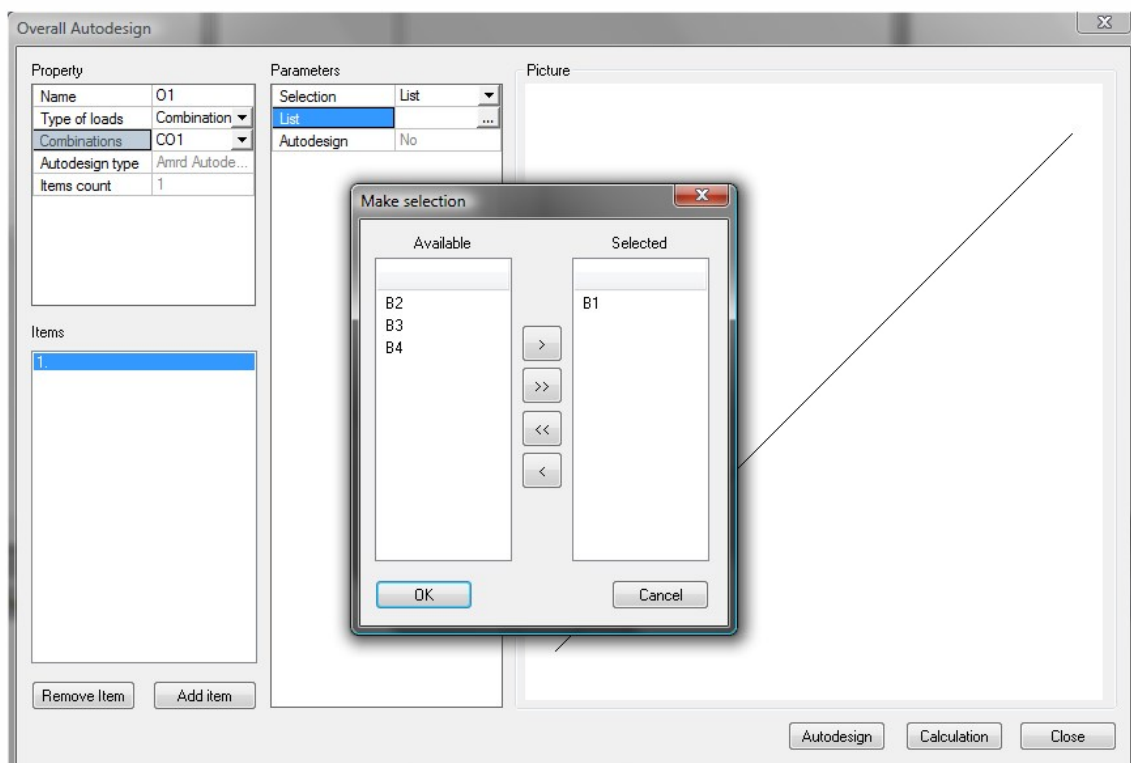
Minimale beugelafstand	Specificeert de minimale afstand tussen beugels, gemeten vanaf het midden van een staaf tot het midden van een naburige staaf.
Beugelafstand stapgrootte	Bepaalt de stap voor de reductie van de afstand tussen twee naburige beugels. Deze optie zorgt ervoor dat de afstand tussen twee beugels altijd een "rond" getal is, zoals 200 mm, vervolgens 250 mm, 300 mm, enz. (en bijv. niet 200, 246 mm, 298 mm, enz.).
Tracht een symmetrische beugelpositionering te creëren.	Deze parameter kan ervoor zorgen dat de beugelonderdelen symmetrisch liggen over de lengte van de ligger.
Staf (alleen ter informatie)	Geeft de naam van de ligger weer waaraan de staafgegevens worden toegekend.

Illustratief voorbeeld

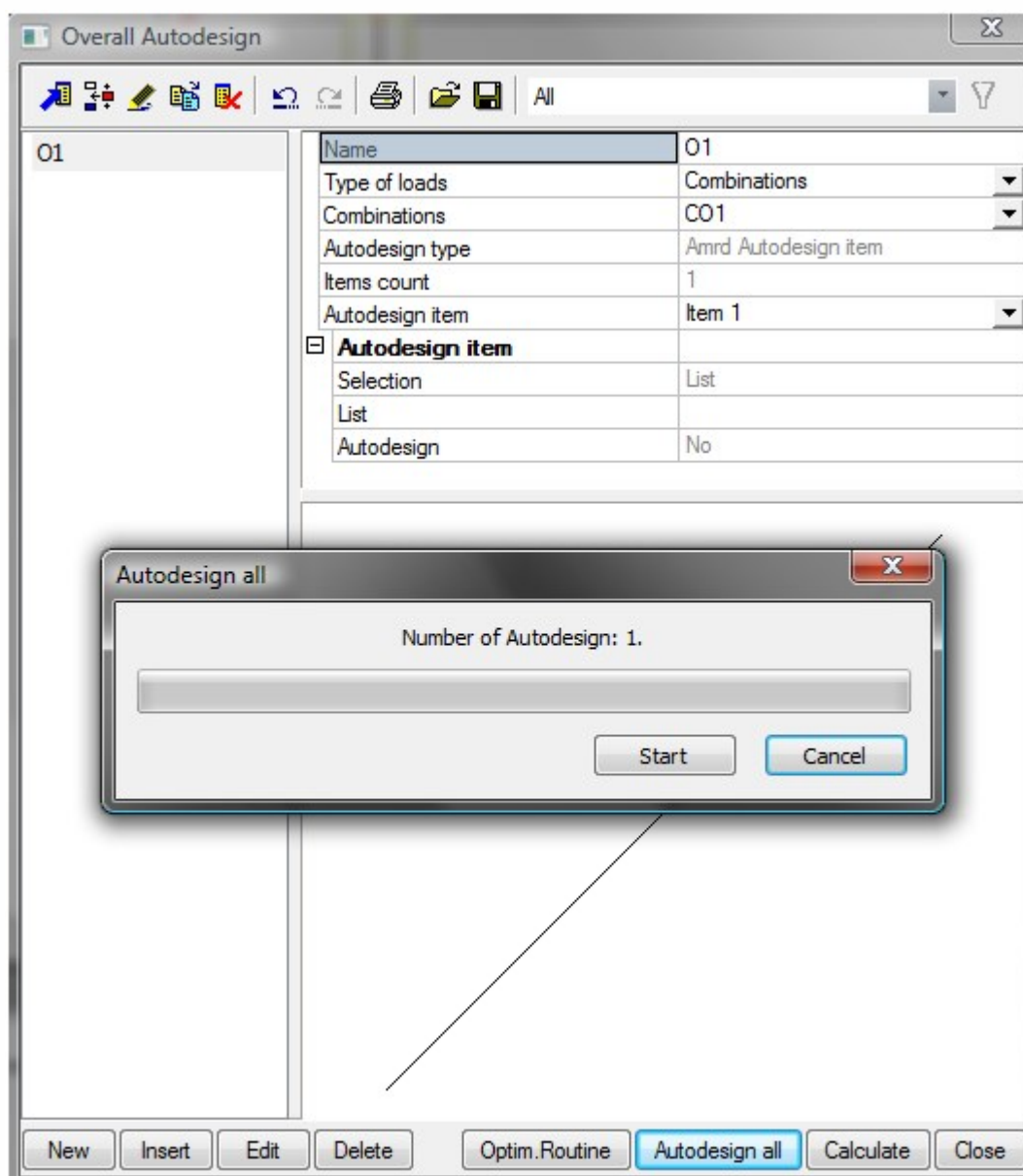
We gaan uit van een heel eenvoudig voorbeeld van een betonnen raamwerk. De constructie wordt blootgesteld aan verschillende belastingen (eigengewicht, permanent, variabel, wind, enz.). Het doel van dit voorbeeld is het optimale wapeningspatroon te vinden in de doorgaande horizontale staaf van het raamwerk.



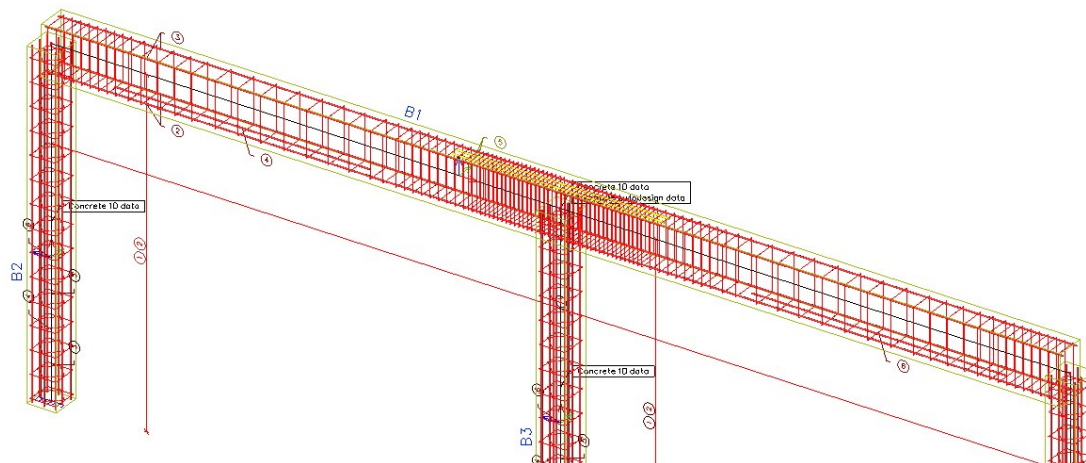
Er wordt één Autodesign-functie van het type Automatisch wapeningsontwerp gedefinieerd en het wapeningspatroon voor balk B1 wordt geoptimaliseerd. Er worden geen extra instellingen met betrekking tot parameters gedefinieerd voor dit geval. Mogelijk kunnen gegevens voor automatisch ontwerp van wapening voor alleen de balk worden gedefinieerd.



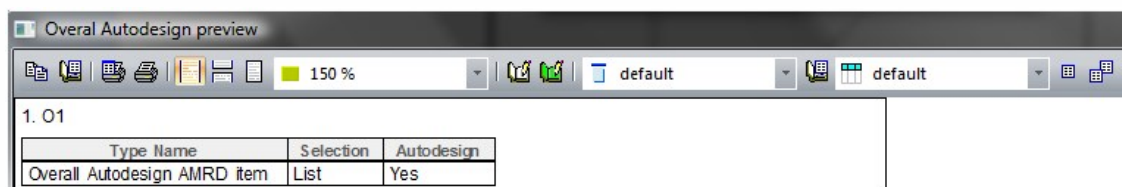
Autodesign start na het klikken op Autodesign alle.



De verkregen resultaten van de ontworpen wapening voor balk B1 zijn als volgt. De wapening wordt automatisch ontworpen en ingevoerd op balk B1. U ziet een hogere dichtheid van beugels in de buurt van de steunen en extra longitudinale staven in de overspanning en boven de middelste steun.

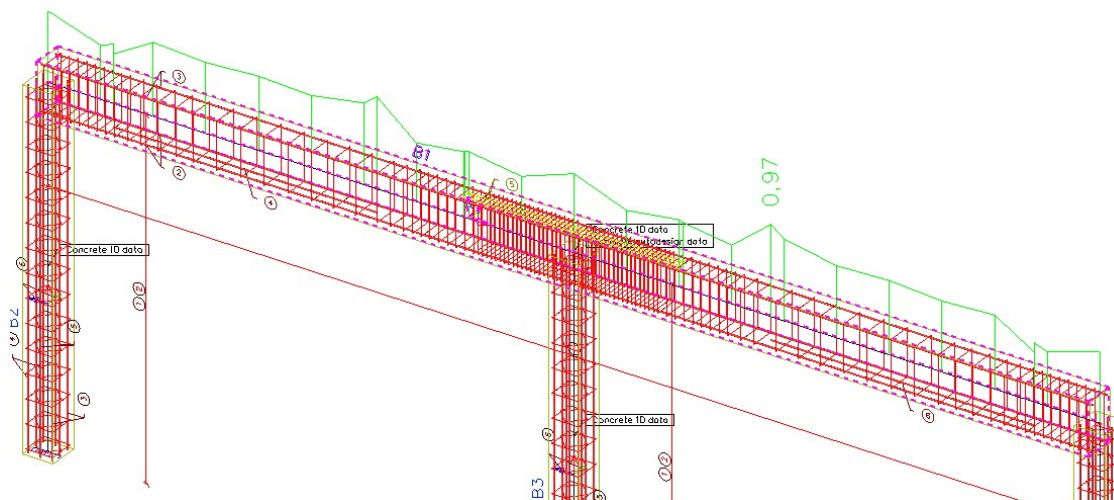


De documentuitvoer is heel eenvoudig.

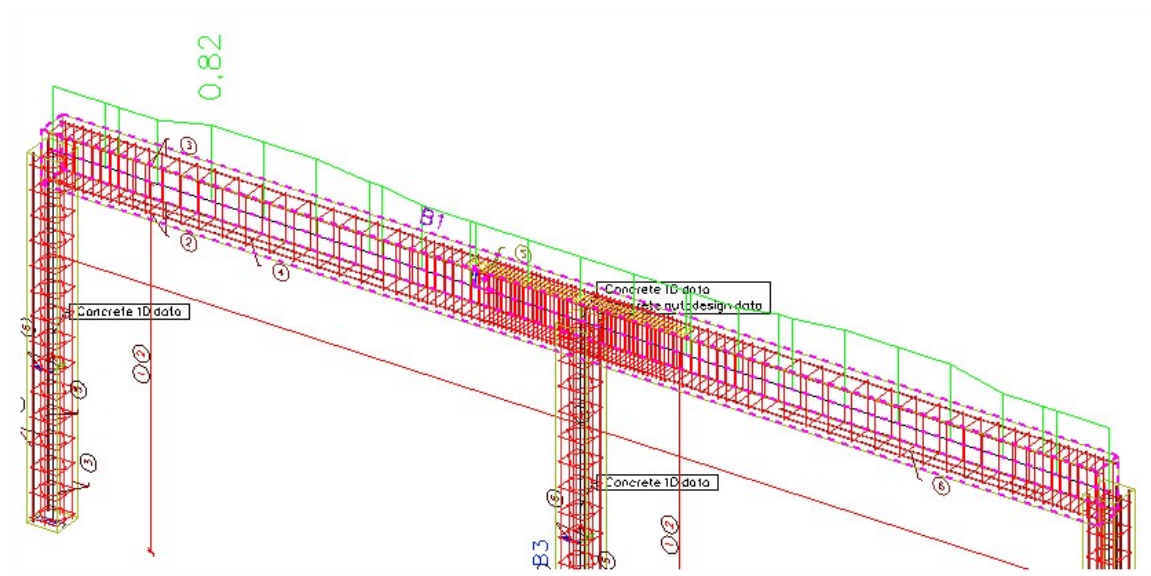


De resultaten kunnen worden gecontroleerd in de standaard betoncontroles:

- Controle capaciteit (max. controlewaarde 0,97)



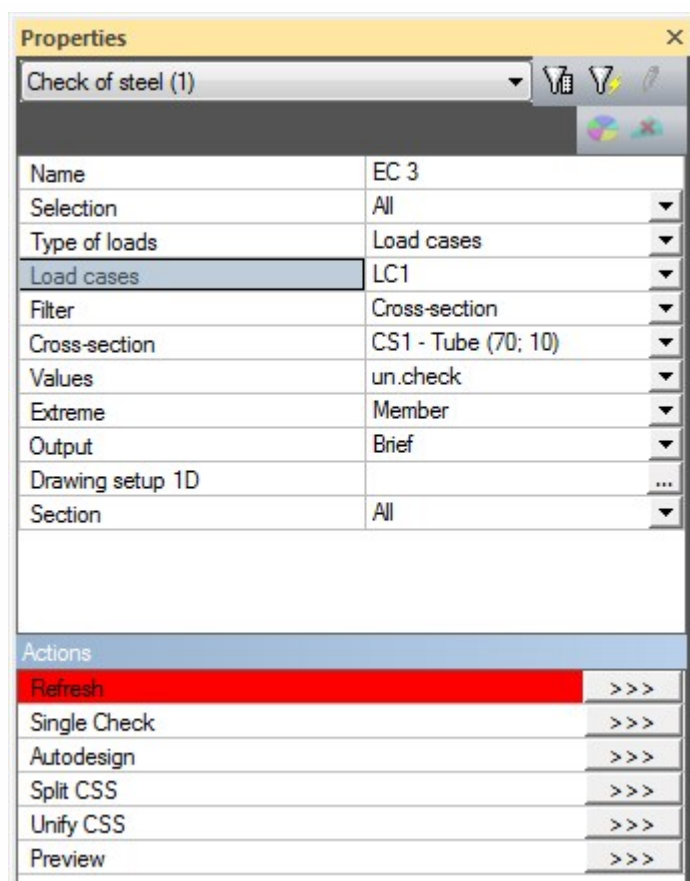
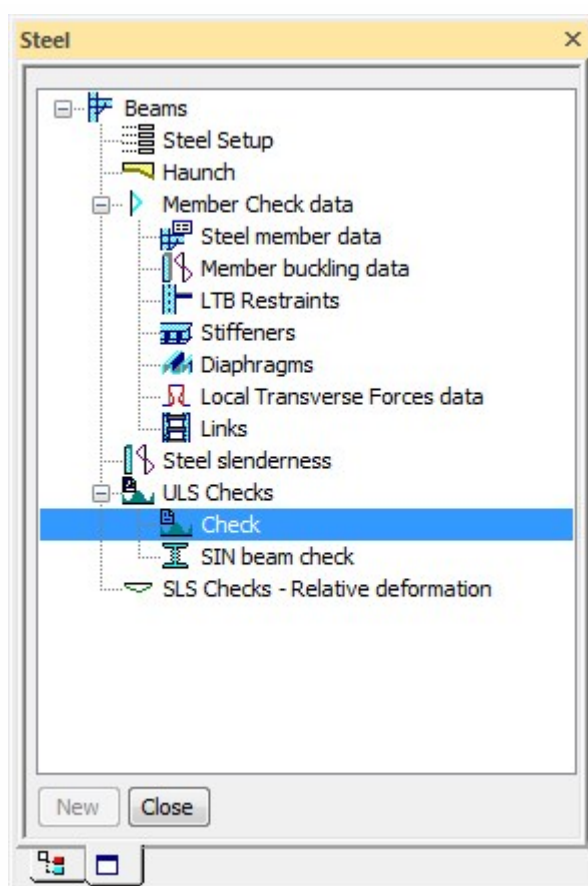
- Detaillingsregel (max. controlewaarde 0,82)



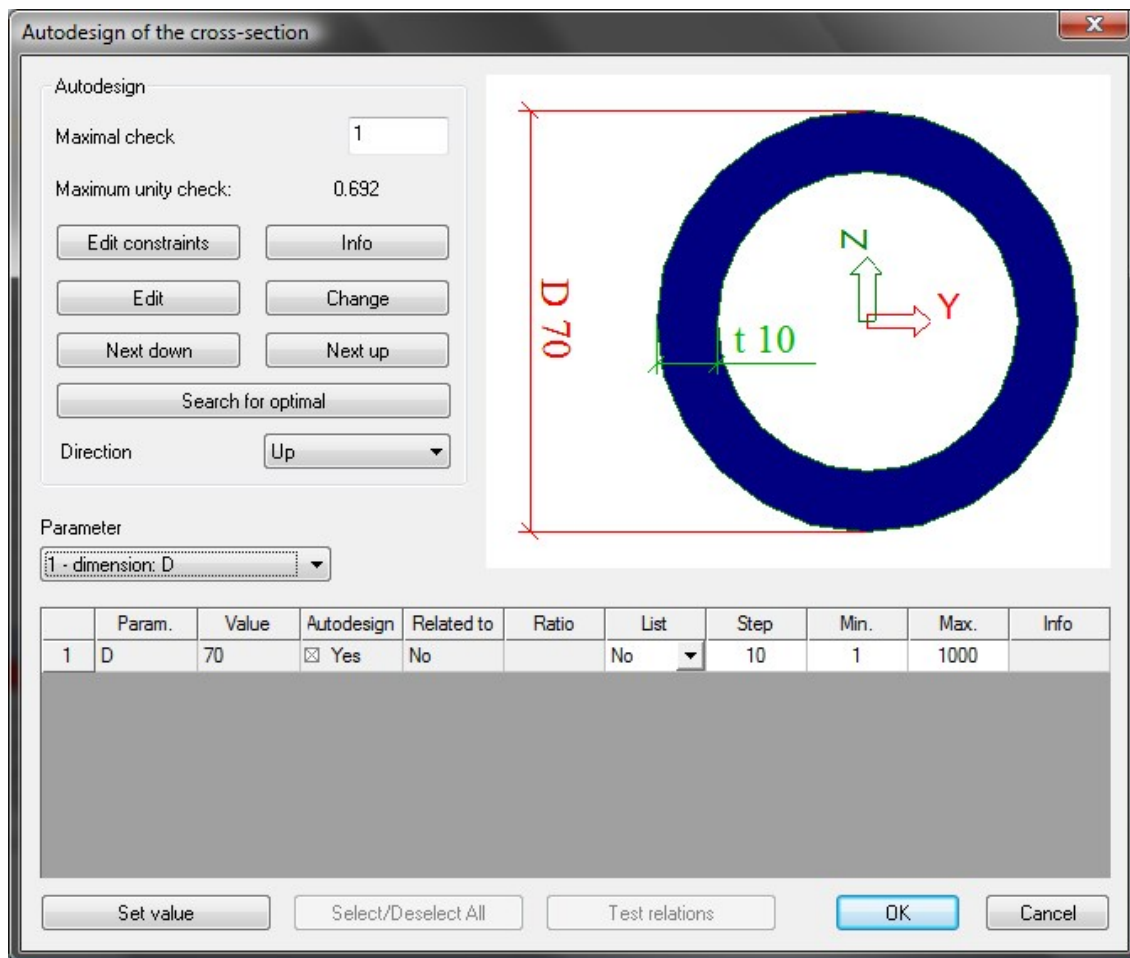
Staal - Doorsnede Autodesign

Autodesign van doorsnede staalcontrole is hetzelfde onderdeel als Autodesign dat zich bevindt in de standaard Staal > UGT controle > Controle.

Autodesign in service Staal



Als de gebruiker op Autodesign klikt, wordt het volgende dialoogvenster weergegeven. Het dialoogvenster wijkt enigszins af van dat in het dialoogvenster Algemeen Autodesign, maar de functionaliteit is hetzelfde.

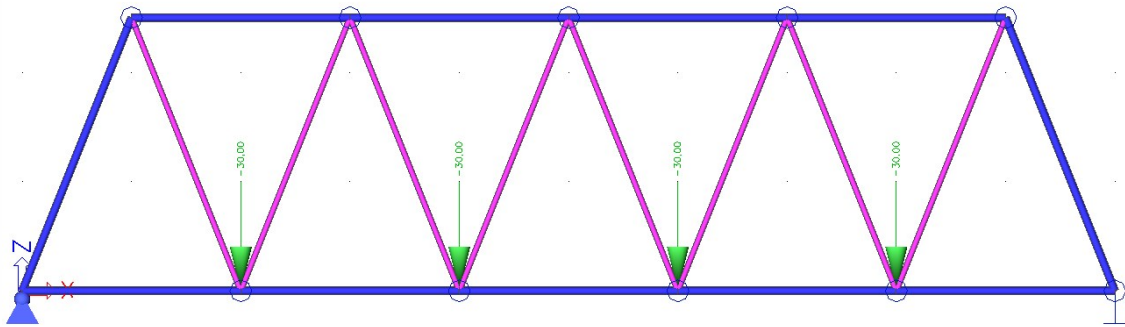


We richten ons in dit geval op Autodesign dat wordt uitgevoerd vanuit de service Auto-design. Over het algemeen hoeven de resultaten die gebaseerd zijn op dezelfde instellingen in Autodesign en de afzonderlijke service niet hetzelfde te zijn.

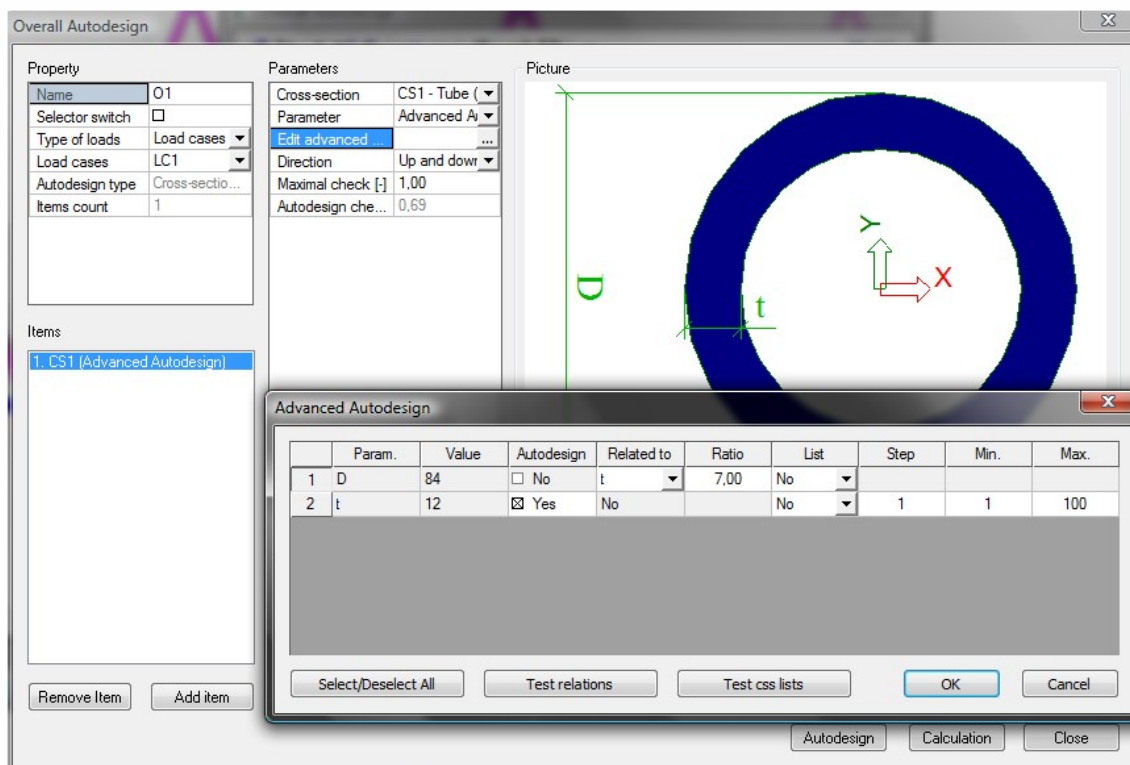
Illustratief voorbeeld

We gaan uit van een zeer eenvoudig voorbeeld van een stalen vakwerk voor Autodesign. De constructie is te zien in de volgende afbeelding. De constructie staat op vier punten bloot aan belasting die werkt op de onderregel. Het doel van dit voorbeeld is de optimale afmetingen te vinden van twee buisdoorsneden. De initiële afmetingen van de buisdoorsneden zijn:

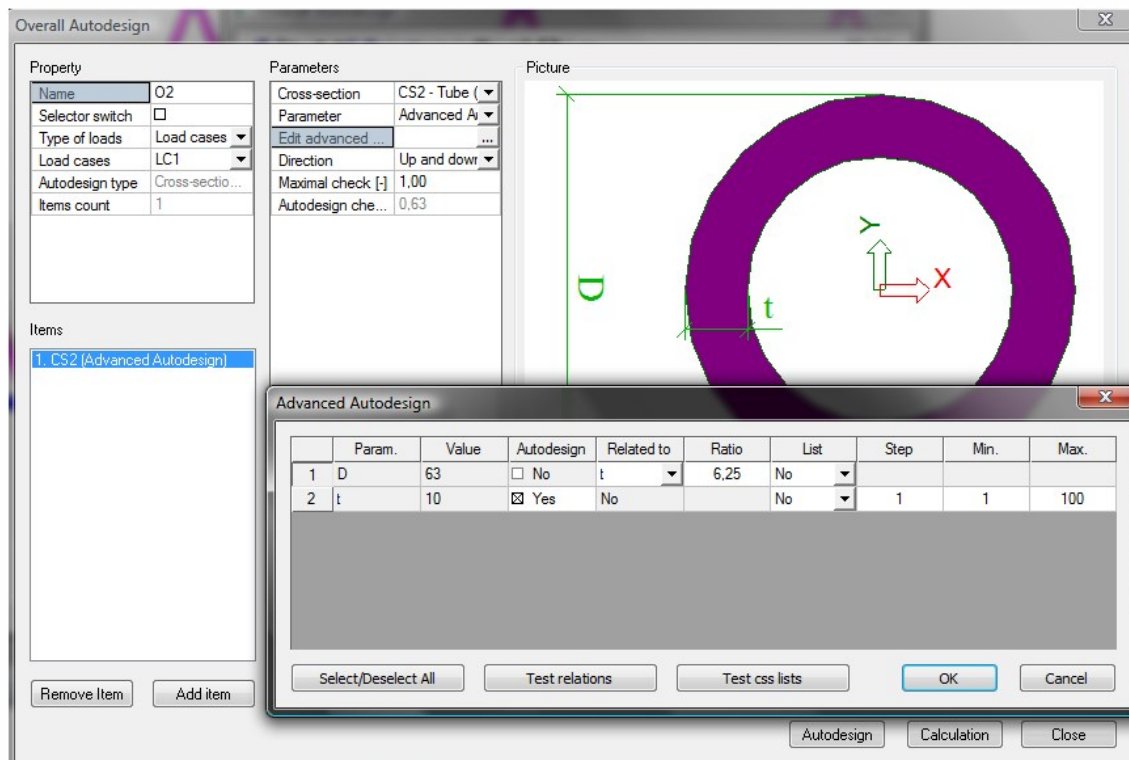
Doorsnede	t [mm]	D [mm]
CS1 - buis	12	84
CS2 - buis	10	62.5



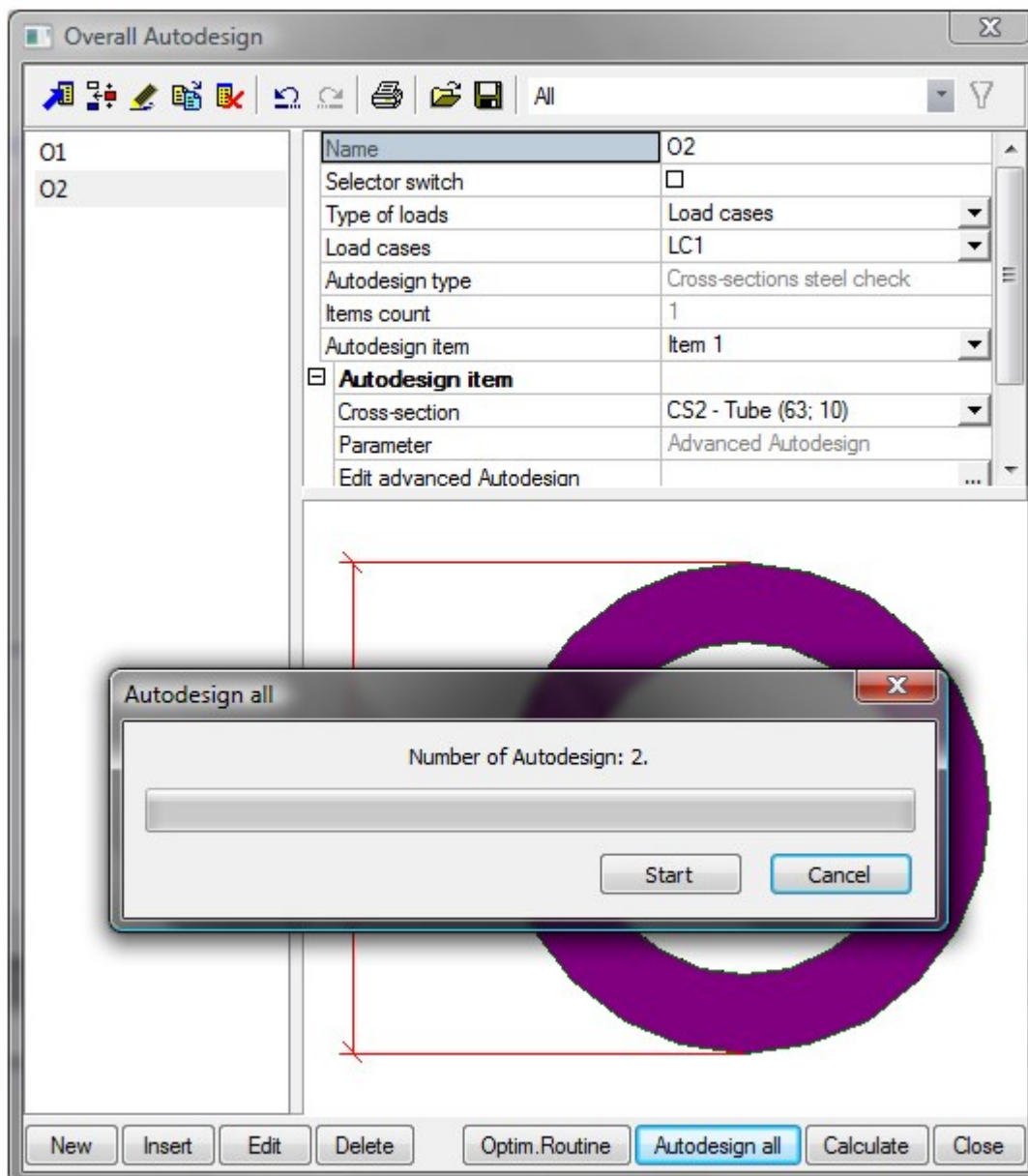
De Autodesign-functie wordt gedefinieerd voor elk van de doorsneden. U ziet de instellingen voor CS1 - Buis,



en voor CS2 - Buis. Geavanceerd Autodesign wordt gebruikt voor beide doorsneden. De dikte van de buis (t) wordt geoptimaliseerd (Autodesign is JA) en de diameter (D) is afhankelijk van de dikte (Rel. tot t via de gedefinieerde verhouding).



Autodesign van beide doorsneden kan in één keer worden uitgevoerd met behulp van Autodesign alle.



De resultaten worden automatisch afgedrukt in een afdrukvoorbeeld.

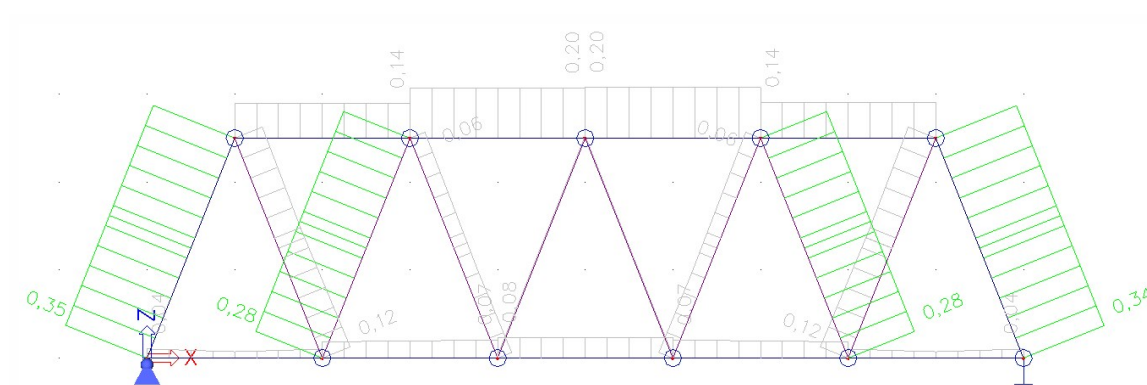
Overall Autodesign preview

Cross-section	Parameter	Original cross-section	Autodesign of cross-section	Autodesign check [-]
1. O1				
CS1 - Tube (70; 10)	Advanced Autodesign	CS1 - Tube (84; 12)	CS1 - Tube (70; 10)	0,69
2. O2				
CS2 - Tube (50; 8)	Advanced Autodesign	CS2 - Tube (63; 10)	CS2 - Tube (50; 8)	0,65

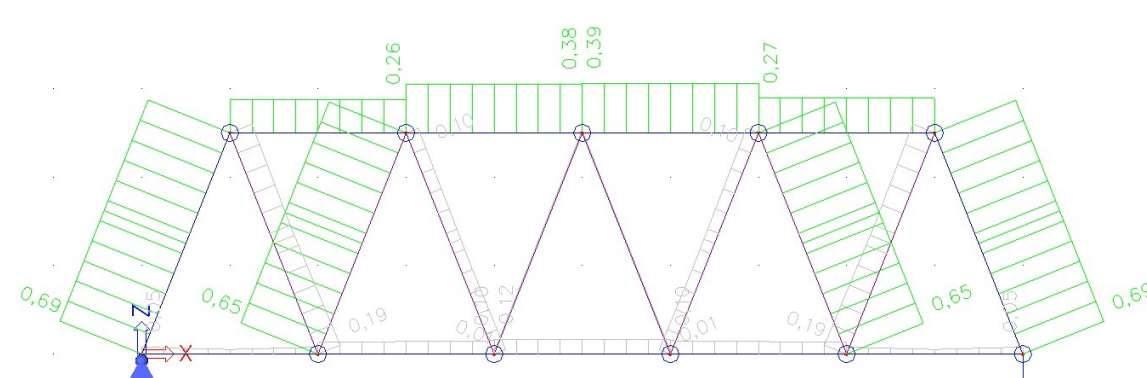
De vergelijking van de afmetingen staat in de volgende tabel.

Doorsnede	Initieel		Geoptimaliseerd	
	t [mm]	D [mm]	t [mm]	D [mm]
CS1 - buis	12	84	10	70
CS2 - buis	10	62.5	8	50

De evaluatie van de staaleenheidscontrole over de lengte van de balk wordt vergeleken in de volgende afbeeldingen.



Evaluatie van de staalcontrol voor initiële doorsnede-dimensies

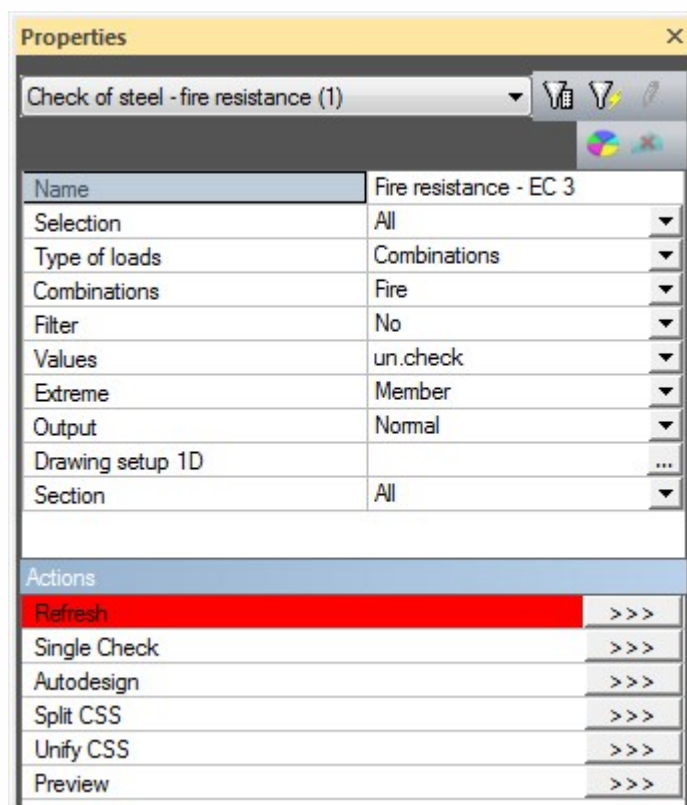
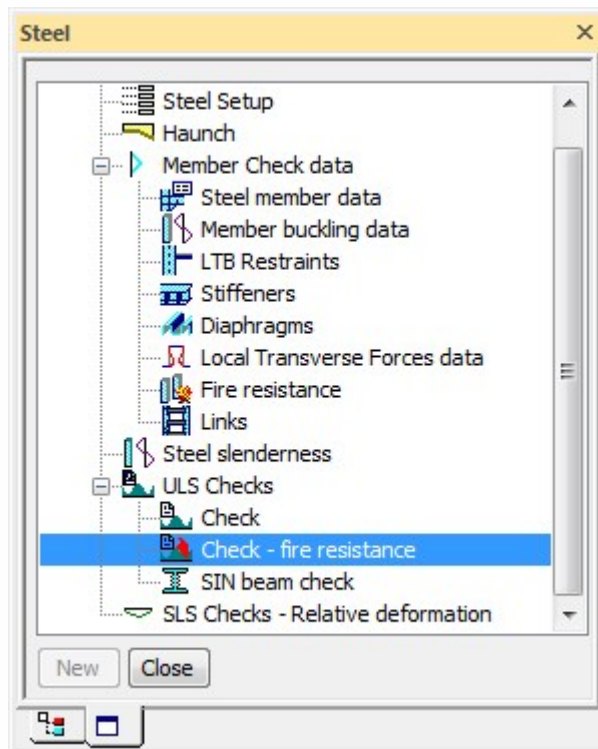


Evaluatie van de staalcontrol voor geoptimaliseerde doorsnede-dimensies

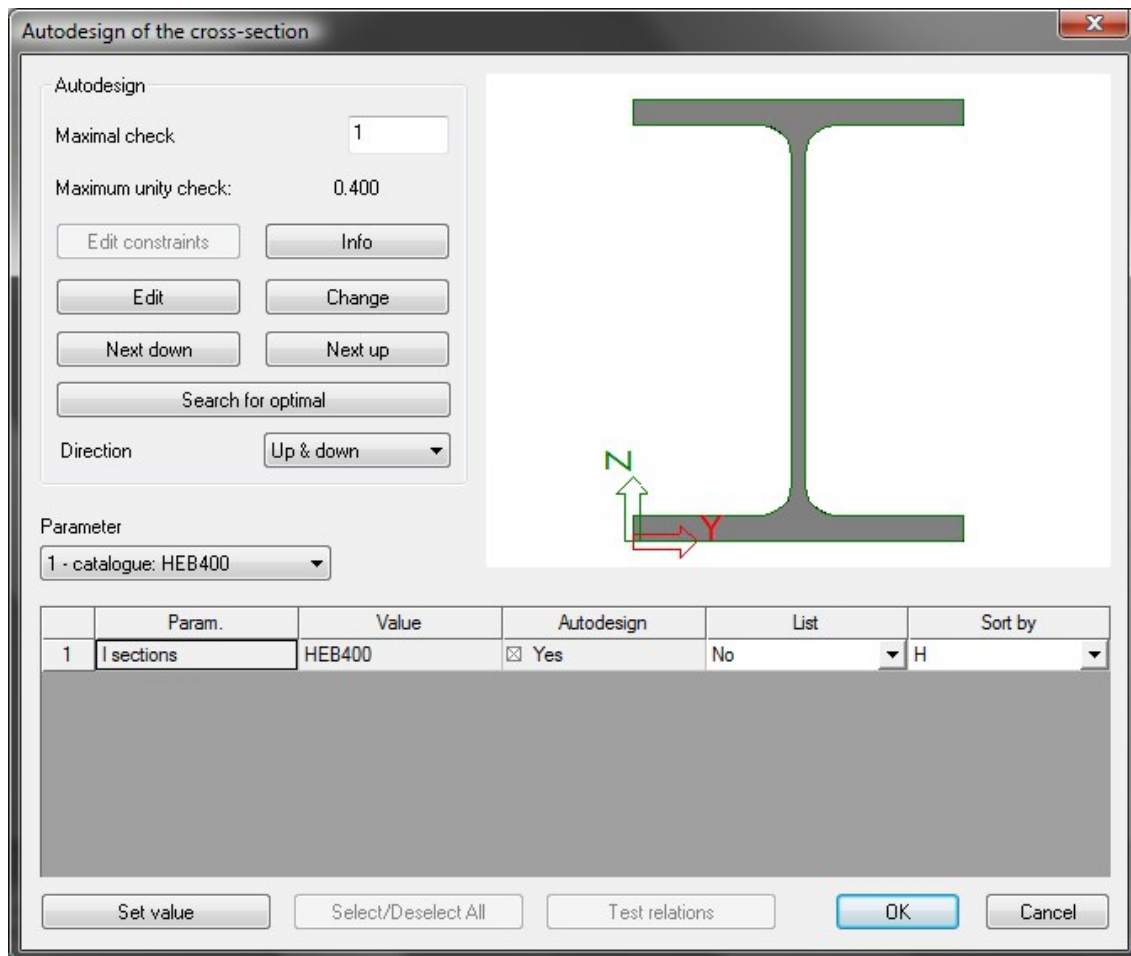
Staal - Brandwerendheid Autodesign

Autodesign van staal brandwerendheidscontrole is hetzelfde onderdeel als Autodesign dat zich bevindt in de standaard Staal > UGT controle > Controle - brandwerendheid.

Autodesign in service Staal

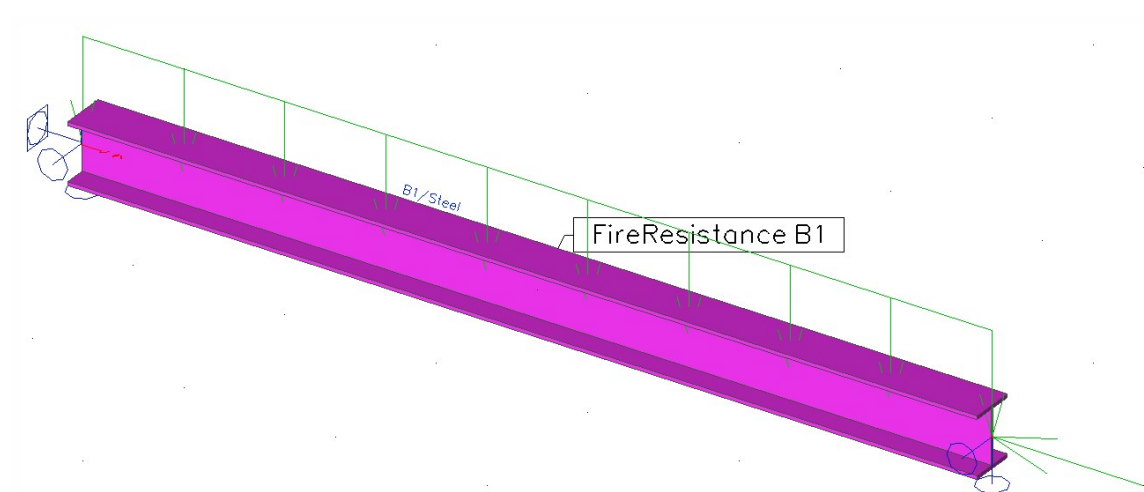


Als de gebruiker op Autodesign klikt, wordt het volgende dialoogvenster geopend. Het dialoogvenster wijkt enigszins af van dat in Algemeen Autodesign, maar de functionaliteit is hetzelfde.



Illustratief voorbeeld

We gaan uit van een heel eenvoudig voorbeeld van een stalen balk met HEB400-doorsnede voor Autodesign. De constructie staat bloot aan de uniforme belasting en aan de normaalkracht aan één uiteinde. Het doel van dit voorbeeld is de optimale hoogte van de doorsnede te vinden.



De toevallige combinatie moet worden gedefinieerd. De brandwerendheidgegevens worden gebruikt zoals gedefinieerd in de volgende afbeelding.

Combinations

Input combinations

ULS	Name	Fire
Fire	Description	
	Type	EN-Accidental 1
	Active coefficients	☐
	Contents of combination	
	LC1 [-]	1,00
Actions		
	Explode to envelopes	>>>
	Explode to linear	>>>

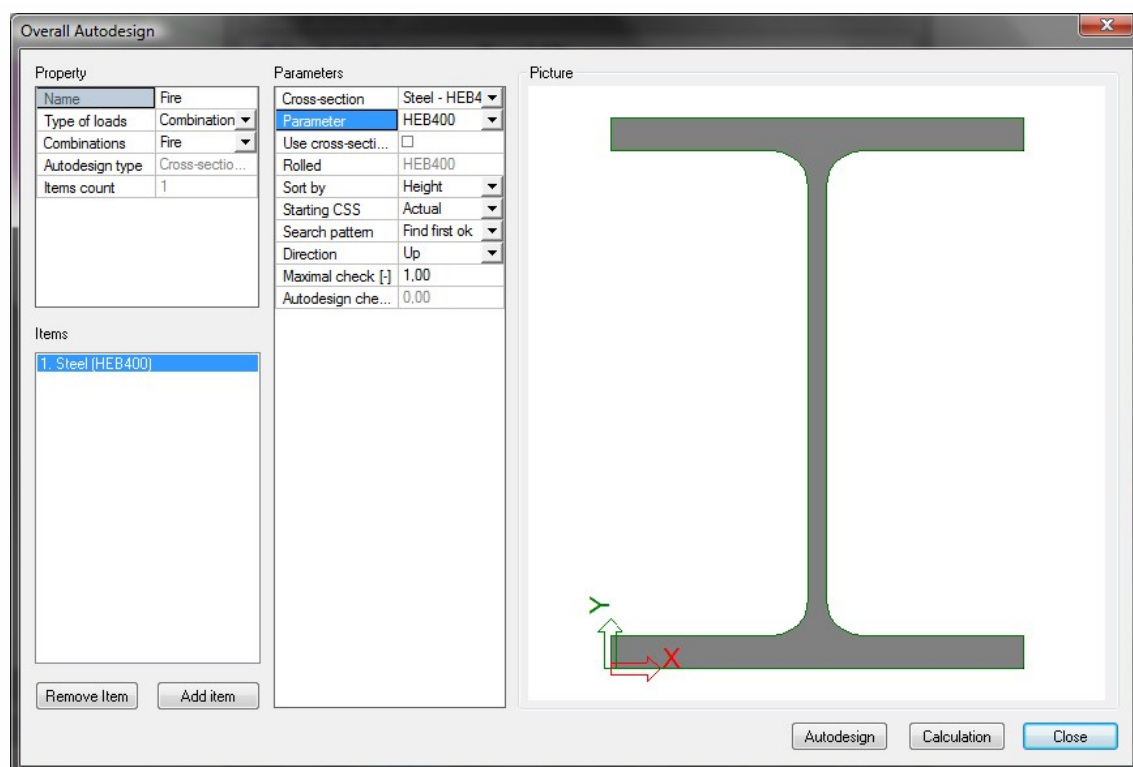
New Insert Edit Delete Close

Properties

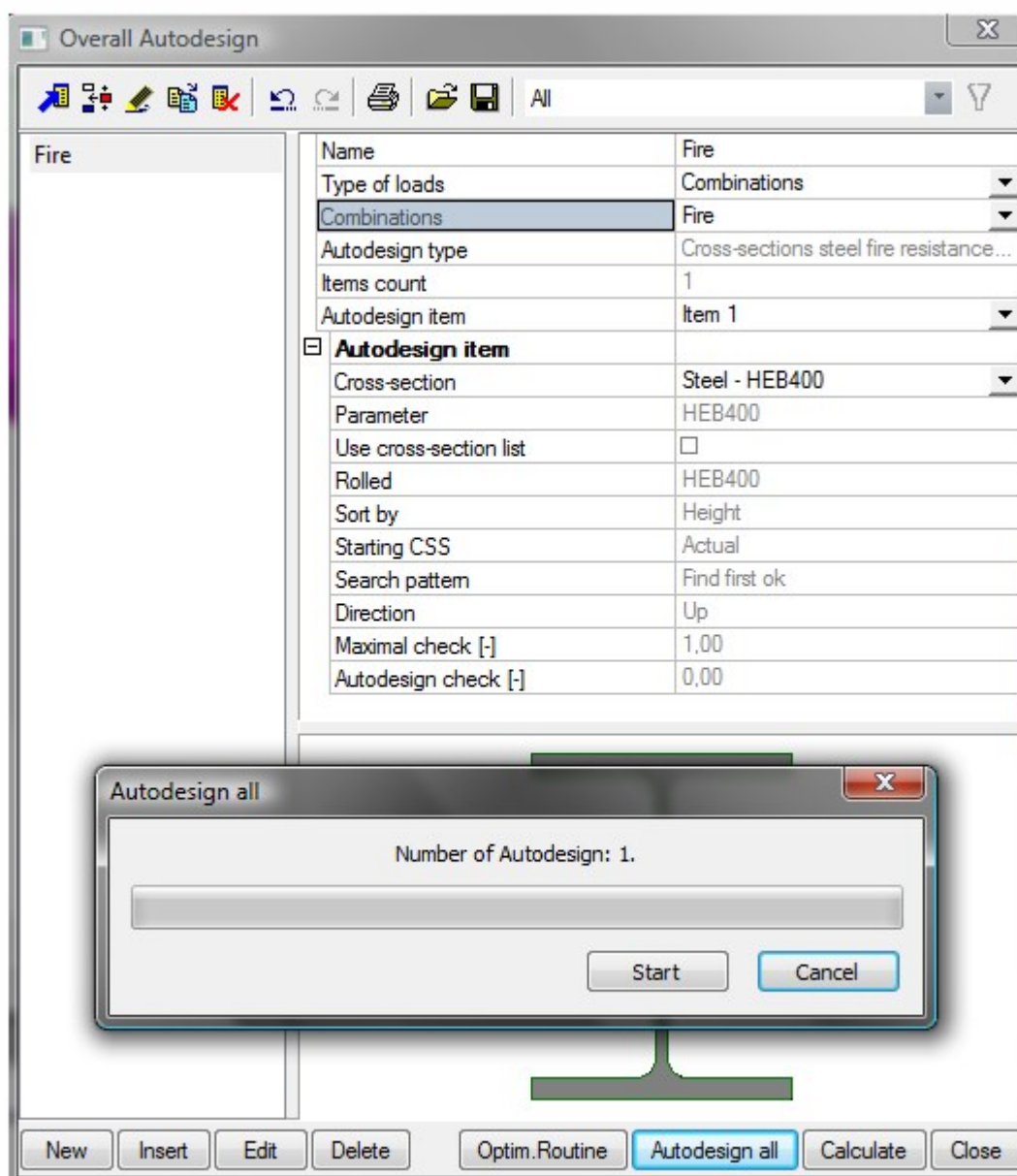
FireResistance (1)

Time resistance [sec]	1800,00
Buckling ratio ky	0
Buckling ratio kz	0
Fire exposure	All sides
Protection	No
k2	0,85
Temperature-Time curve	By setup
Member	B1

De Autodesign-functie is gedefinieerd voor de HEB400-doorsnede. De doorsnede is gewalst, dus de eigenschappen van Autodesign voor gewalste doorsneden worden gebruikt. U ziet de instellingen voor CS1 - Buis,



Autodesign van beide doorsneden kan in één keer worden uitgevoerd met behulp van Autodesign alle.



De resultaten worden automatisch afgedrukt in een afdrukvoorbeeld.

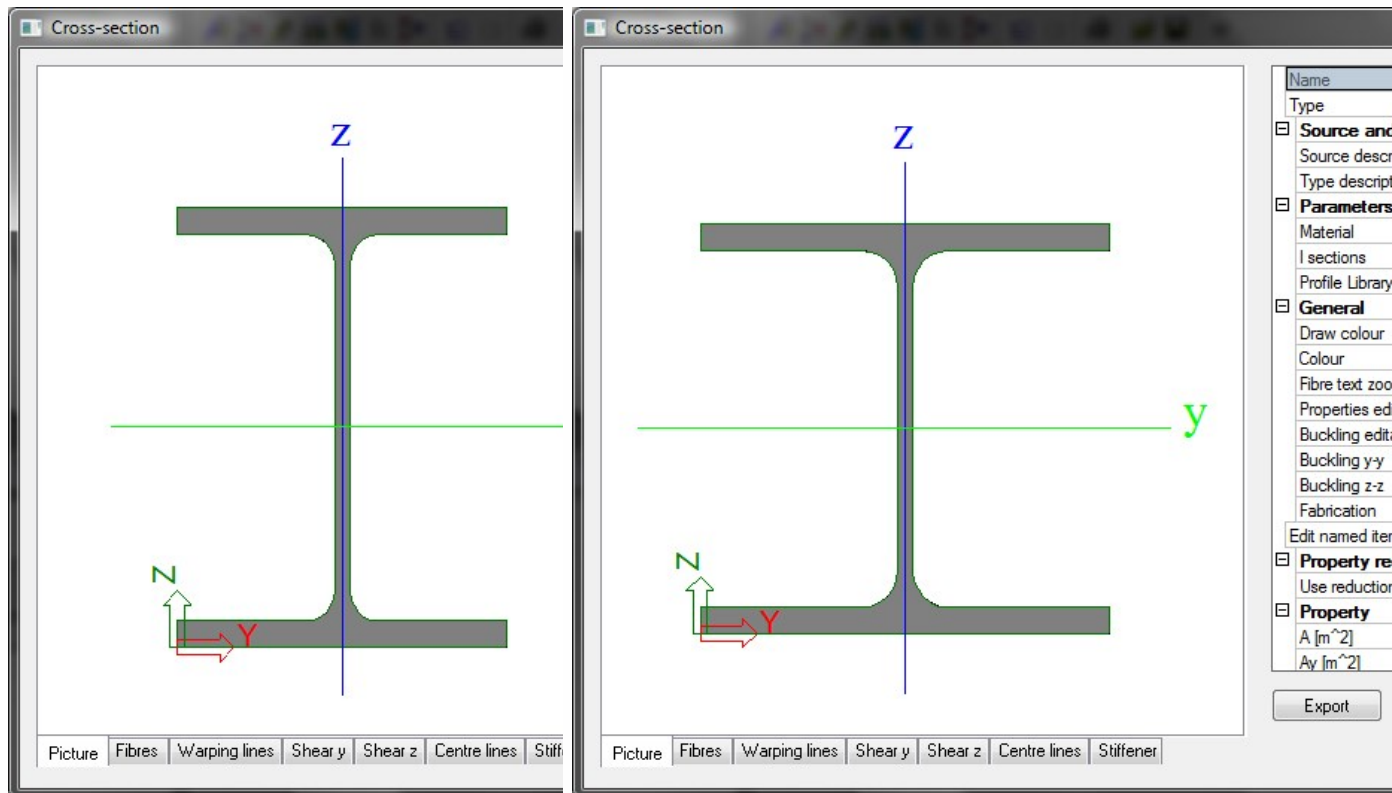
1. Fire

Cross-section	Parameter	Sort by	Original cross-section	Autodesign of cross-section	Autodesign check [-]
Steel - HEB300	HEB300	Height	Steel - HEB300	Steel - HEB300	0,86

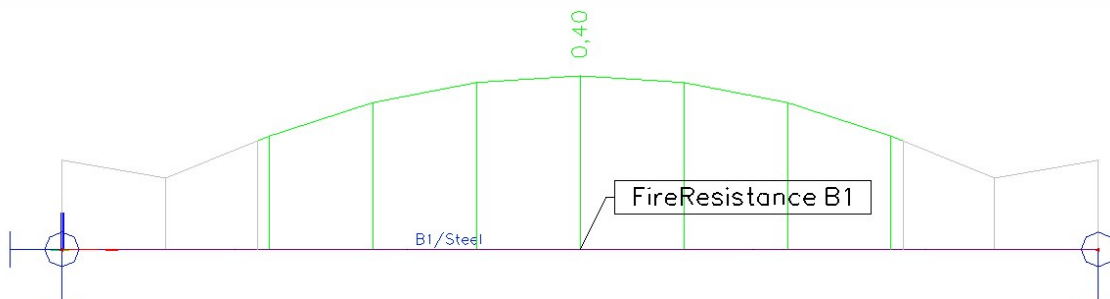
De vergelijking van initiële en geoptimaliseerde waarden van doorsneden blijkt uit de volgende tabel. In eerste instantie werd HEB400 gebruikt en de optimale doorsnede is HEB300.

Initieel

Geoptimaliseerd



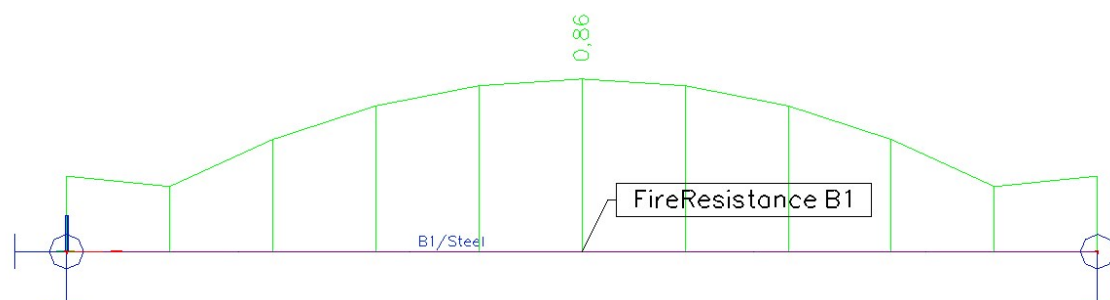
De evaluatie van de eenheidscontrole gewalste doorsnede over de lengte van de balk wordt vergeleken in de volgende afbeeldingen. De eerste afbeelding samen met de tabel is voor de initiële doorsnede.



Check of steel - fire resistance

Type Name	Case	Member	css	mat	dx [m]	un.check [-]	sec.check [-]	stab.check [-]
Check of steel - fire resistance	Fire/1	B1	Steel - HEB400	S 235	3,000	0,40	0,33	0,40

De tweede afbeelding samen met de tabel is voor de geoptimaliseerde doorsnede.



Check of steel - fire resistance

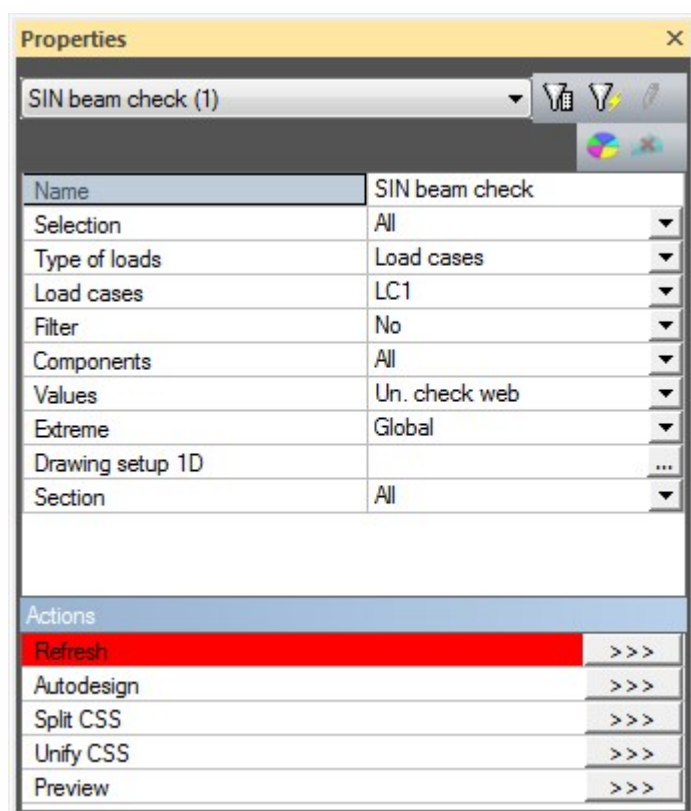
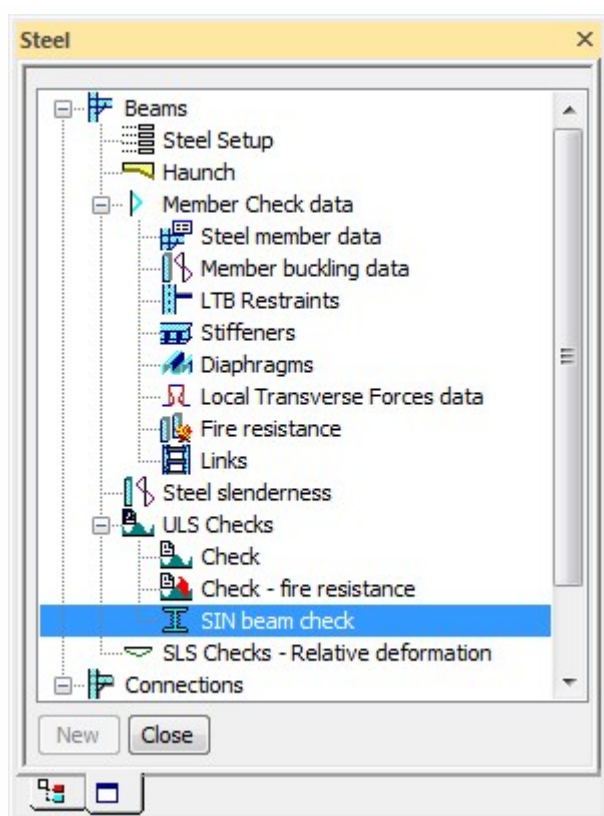
Type Name	Case	Member	css	mat	dx [m]	un.check [-]	sec.check [-]	stab.check [-]
Check of steel - fire resistance	Fire/1	B1	Steel - HEB300	S 235	3,000	0,86	0,70	0,86

Evaluatie van de staalcontrole voor geoptimaliseerde doorsnededimensies

Staal - Geprofileerde lijfplaat Autodesign

Autodesign van de controle geprofileerde doorsnede is hetzelfde onderdeel als Autodesign dat zich bevindt in de standaard Staal > UGT controle > Controle geprofileerde lijfplaat ligger.

Autodesign in de service Controle geprofileerde lijfplaat ligger



Als de gebruiker op Autodesign klikt, verschijnt het volgende dialoogvenster. Het dialoogvenster wijkt enigszins af van dat in het dialoogvenster Algemeen Autodesign, maar de functionaliteit is hetzelfde.

Autodesign of the cross-section

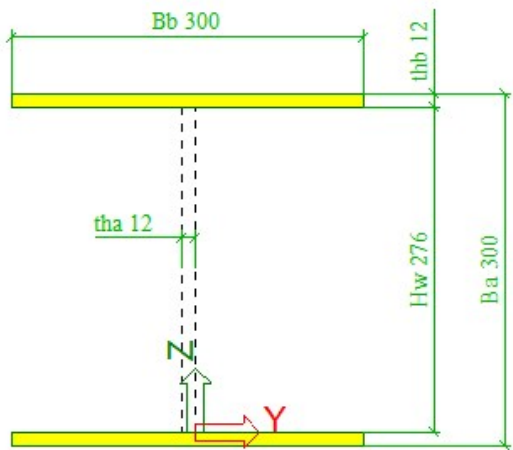
Autodesign

Maximal check:

Maximum unity check: 0.380

Direction:

Parameter:

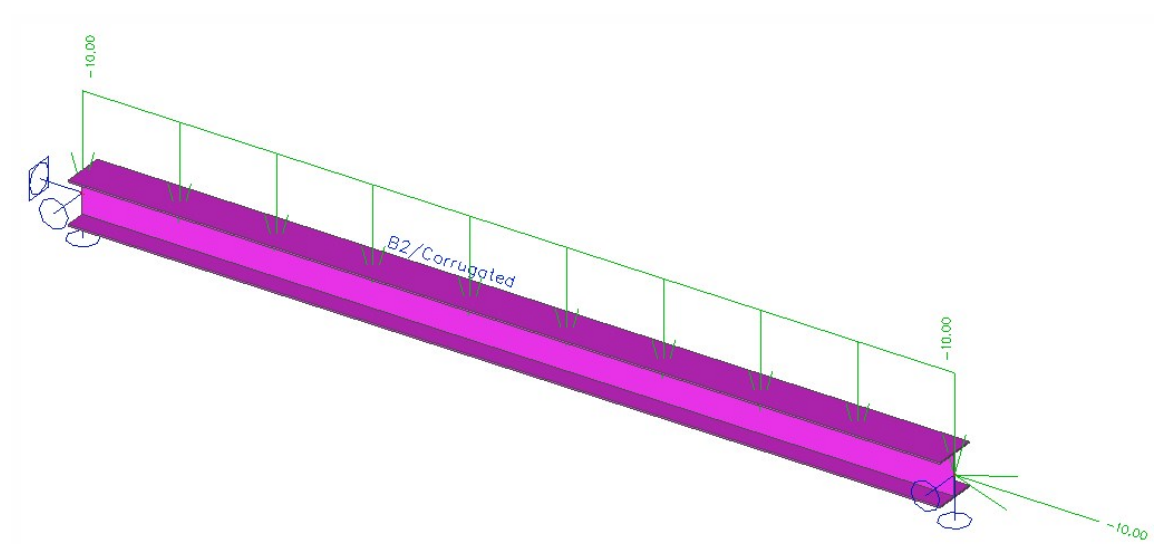


	Param.	Value	Autodesign	Related to	Ratio	List	Step	Min.	Max.	Info
1	Ba	300	☐ No	No	1.00	No	10	1	1000	
2	tha	12	☐ No	No	1.00	No	10	1	1000	
3	Bb	300	☐ No	No	1.00	No	10	1	1000	
4	thb	12	☐ No	No	1.00	No	10	1	1000	
5	w	155	☐ No	No	1.00	No	10	1	1000	
6	Hw	276	☐ No	No	1.00	No	10	1	1000	
7	s	178	☐ No	No	1.00	No	10	1	1000	

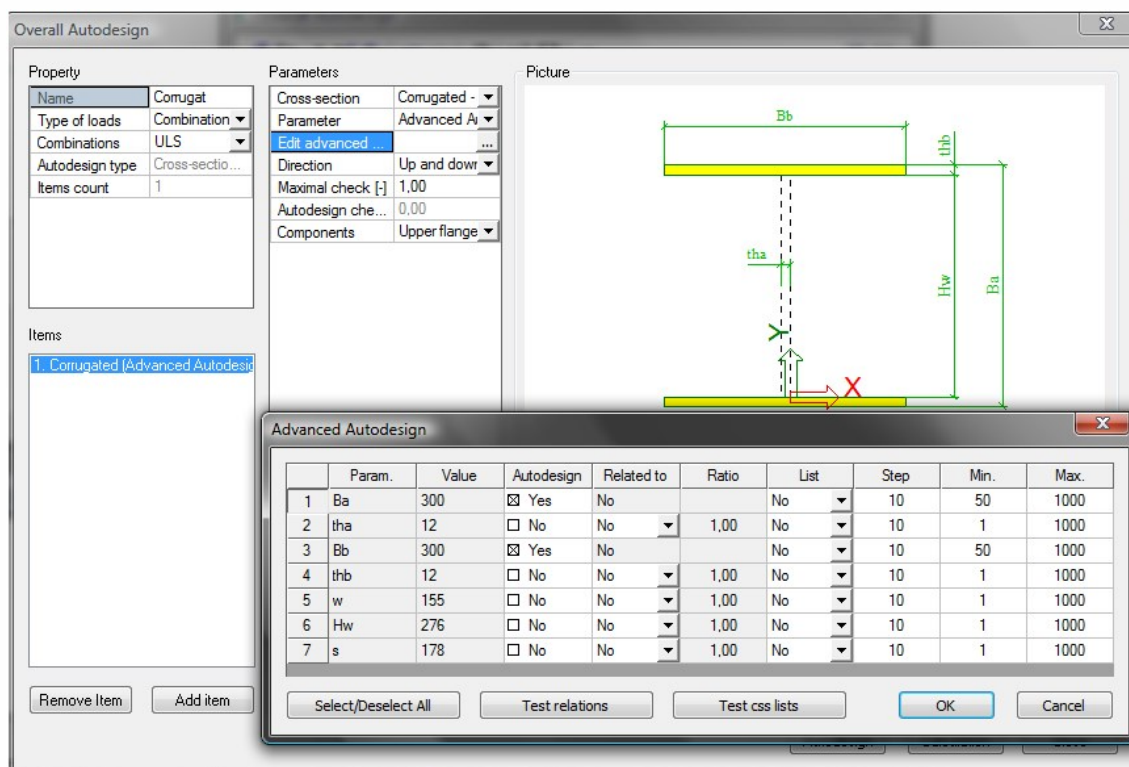
We richten ons in dit geval op Autodesign dat wordt uitgevoerd vanuit de service Auto-design. Over het algemeen hoeven de resultaten die gebaseerd zijn op de instellingen in Autodesign en de afzonderlijke service niet hetzelfde te zijn.

Illustratief voorbeeld

We gaan uit van een heel eenvoudig voorbeeld van een stalen balk met geprofileerde doorsnede voor Autodesign. De constructie staat bloot aan de uniforme belasting en aan de normaalkracht aan één uiteinde. Het doel van dit voorbeeld is de optimale afmetingen van de geprofileerde lijfplaat doorsnede te vinden.

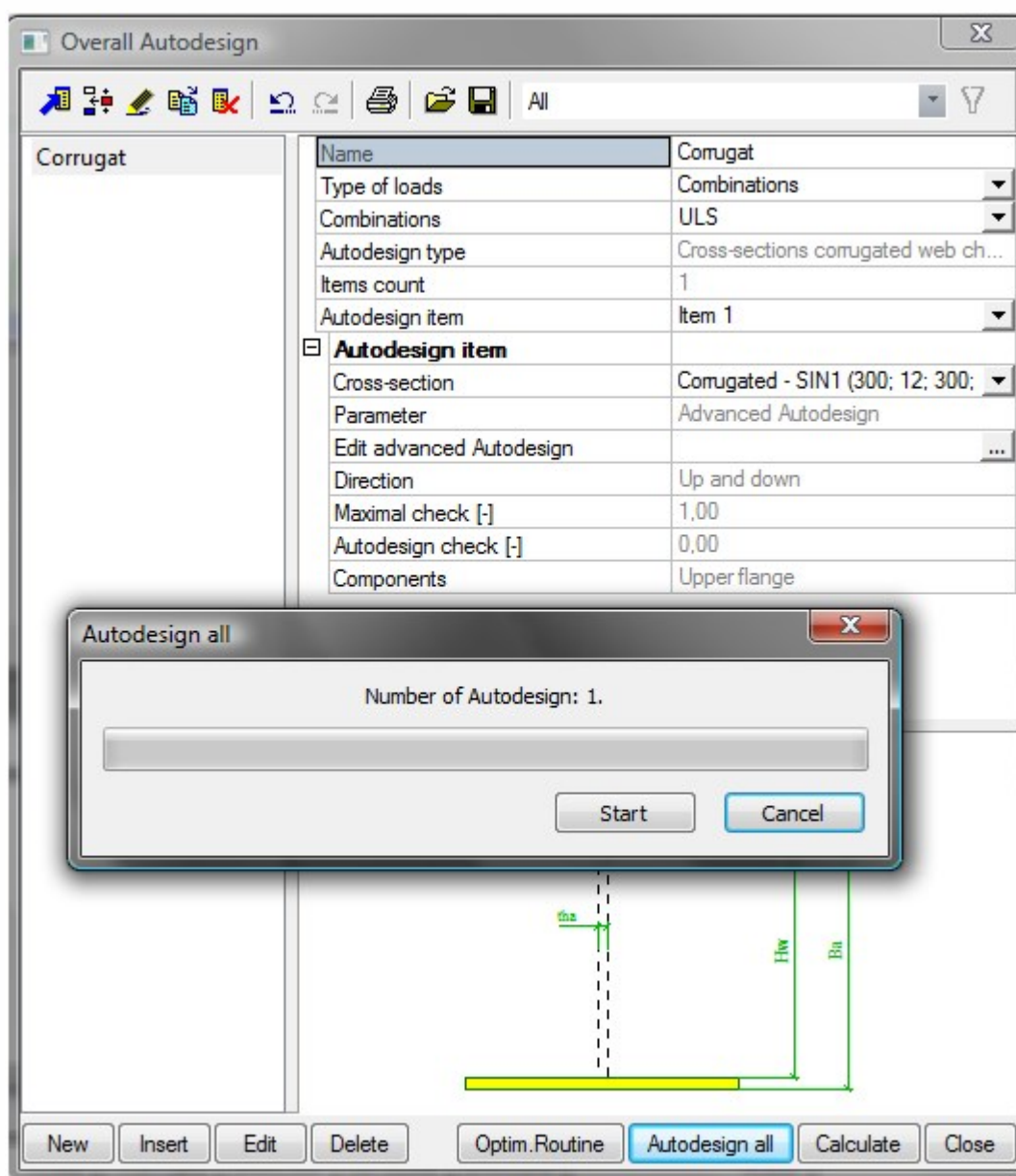


De Autodesign-functie is gedefinieerd voor deze doorsnede. U ziet de instellingen in de volgende afbeelding.



In dit geval is Geavanceerd Autodesign geselecteerd. De instellingen zijn gemaakt volgens de bovenstaande afbeelding. De eigenschappen lijken op die van de standaard staalnormcontrole.

Autodesign kan in één keer worden uitgevoerd met behulp van Autodesign alle.

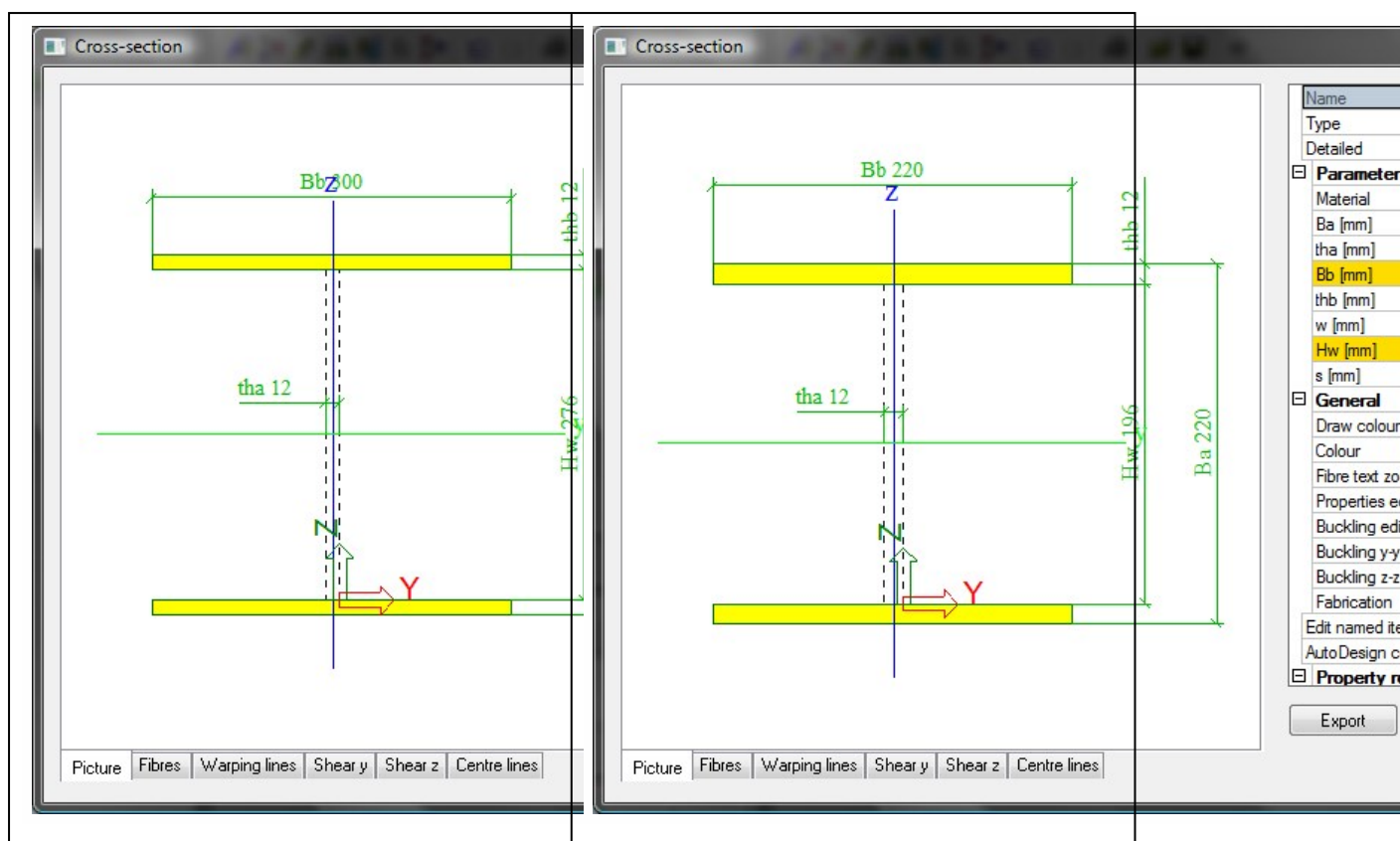


De resultaten worden automatisch afgedrukt in een afdrukvoorbeeld.

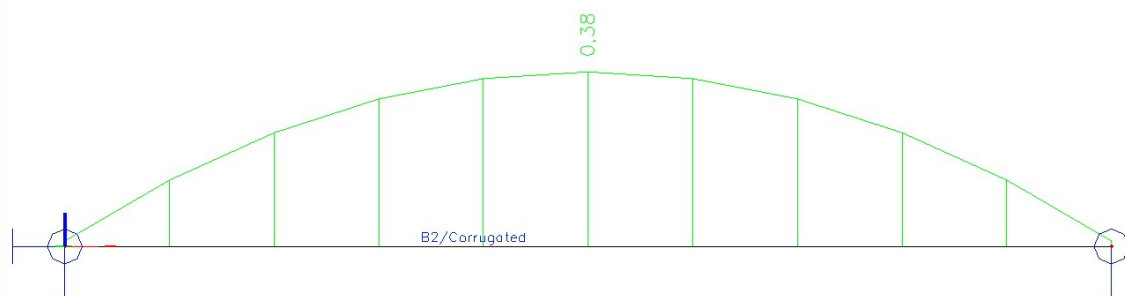
Cross-section	Parameter	Direction	Maximal check [-]	Autodesign check [-]	Original cross-section	Autodesign of cross-section
Corrugated - SIN1 (220; 12; 220; 12; 155; 196; 178)	Advanced Autodesign	Up and down	1,00	0,97	Corrugated - SIN1 (300; 12; 300; 12; 155; 276; 178)	Corrugated - SIN1 (220; 12; 220; 12; 155; 196; 178)

De vergelijking van initiële en geoptimaliseerde waarden van geprofileerde doorsnede blijkt uit de volgende tabel.

Initieel	Geoptimaliseerd
----------	-----------------



De evaluatie van de geprofileerde lijfplaat eenheidscontrole over de lengte van de balk wordt vergeleken in de volgende afbeeldingen. De eerste afbeelding samen met de tabel is voor de initiële doorsnede.



SIN beam check

Linear calculation, Extreme : Global

Selection : All

Combinations : ULS

SIN beam check

SIN beam checks - outer flange

Member name	Dx [m]	Load case	N,Ed [kN]	My,Ed [kNm]	Vz,Ed [kN]	c top [m]	kc top [-]	Ned - [kN]	Ny [kN]	NgI [kN]	NI [kN]	Max unity check [-]
B2	0,000	ULS/1	-13,50	0,00	40,50	6,000	1,00	-6,75	846,00	573,38	846,00	0,01
B2	3,000	ULS/1	-13,50	60,75	0,00	6,000	1,00	-217,69	846,00	573,38	846,00	0,38

SIN beam checks - inner flange

Member name	Dx [m]	Load case	N,Ed [kN]	My,Ed [kNm]	Vz,Ed [kN]	c bot [m]	kc bot [-]	Ned + [kN]	Ned - [kN]	Ny [kN]	NgI [kN]	NI [kN]	Max unity check [-]
B2	0,000	ULS/1	-13,50	0,00	40,50	6,000	1,00		-6,75	846,00	573,38	846,00	0,01
B2	3,000	ULS/1	-13,50	60,75	0,00	6,000	1,00	204,19		846,00			0,24

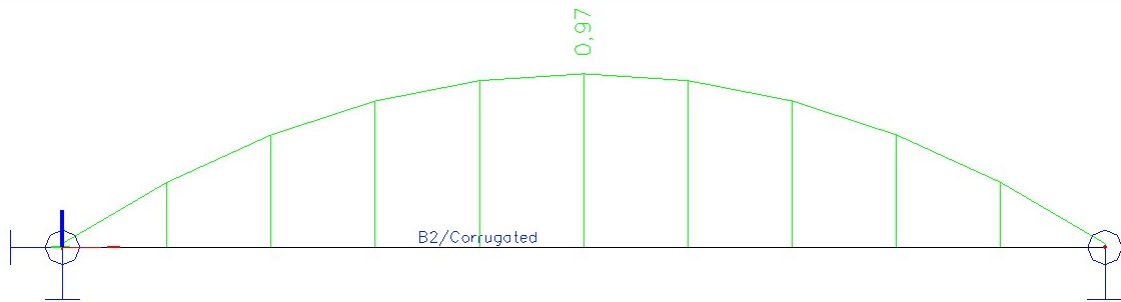
SIN beam checks - web

Member name	Dx [m]	Load case	h [m]	Vz,Ed [kN]	V_web [kN]	Vrd [kN]	Max unity check [-]
B2	0,000	ULS/1	0,288	40,50	40,50	449,36	0,09
B2	3,000	ULS/1	0,288	0,00	0,00	449,36	0,00

SIN beam checks - Summary

Unity Check - OK - satisfies. (0.380)

De tweede afbeelding samen met de tabel is voor de geoptimaliseerde doorsnede.

**SIN beam check**

Linear calculation, Extreme : Global

Selection : All

Combinations : ULS

SIN beam check

SIN beam checks - outer flange

Member name	Dx [m]	Load case	N,Ed [kN]	My,Ed [kNm]	Vz,Ed [kN]	c top [m]	kc top [-]	Ned - [kN]	Ny [kN]	NgI [kN]	NI [kN]	Max unity check [-]
B2	0,000	ULS/1	-13,50	0,00	40,50	6,000	1,00	-6,75	620,40	308,35	620,40	0,02
B2	3,000	ULS/1	-13,50	60,75	0,00	6,000	1,00	-298,82	620,40	308,35	620,40	0,97

SIN beam checks - inner flange

Member name	Dx [m]	Load case	N,Ed [kN]	My,Ed [kNm]	Vz,Ed [kN]	c bot [m]	kc bot [-]	Ned + [kN]	Ned - [kN]	Ny [kN]	NgI [kN]	NI [kN]	Max unity check [-]
B2	0,000	ULS/1	-13,50	0,00	40,50	6,000	1,00		-6,75	620,40	308,35	620,40	0,02
B2	3,000	ULS/1	-13,50	60,75	0,00	6,000	1,00	285,32		620,40			0,46

SIN beam checks - web

Member name	Dx [m]	Load case	h [m]	Vz,Ed [kN]	V_web [kN]	Vrd [kN]	Max unity check [-]
B2	0,000	ULS/1	0,208	40,50	40,50	319,11	0,13
B2	3,000	ULS/1	0,208	0,00	0,00	319,11	0,00

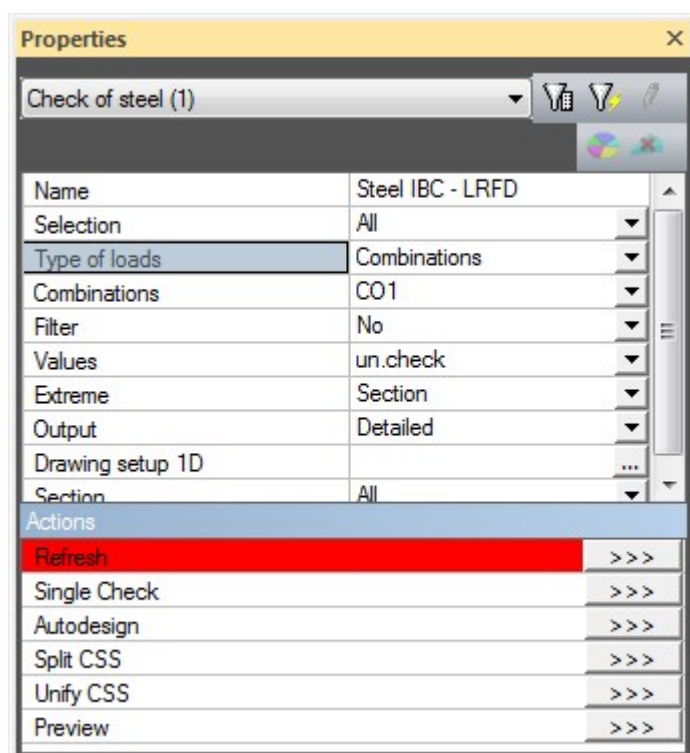
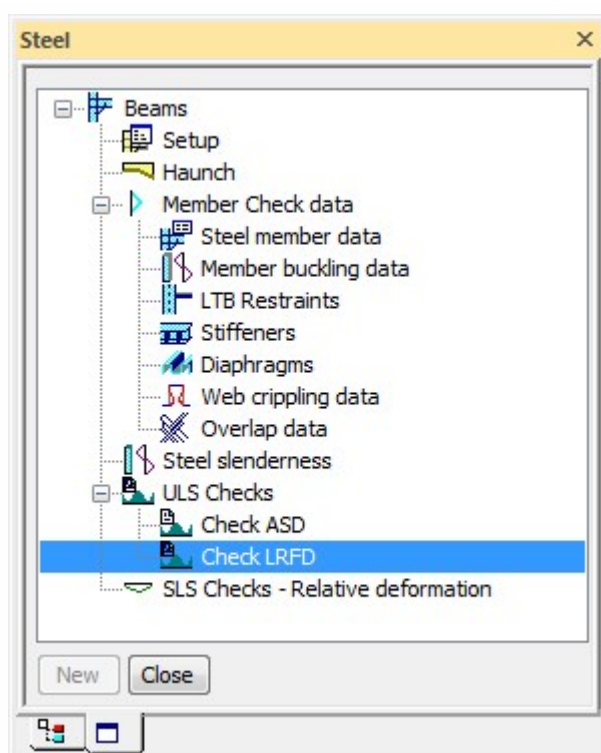
SIN beam checks - Summary

Unity Check - OK - satisfies. (0.969)

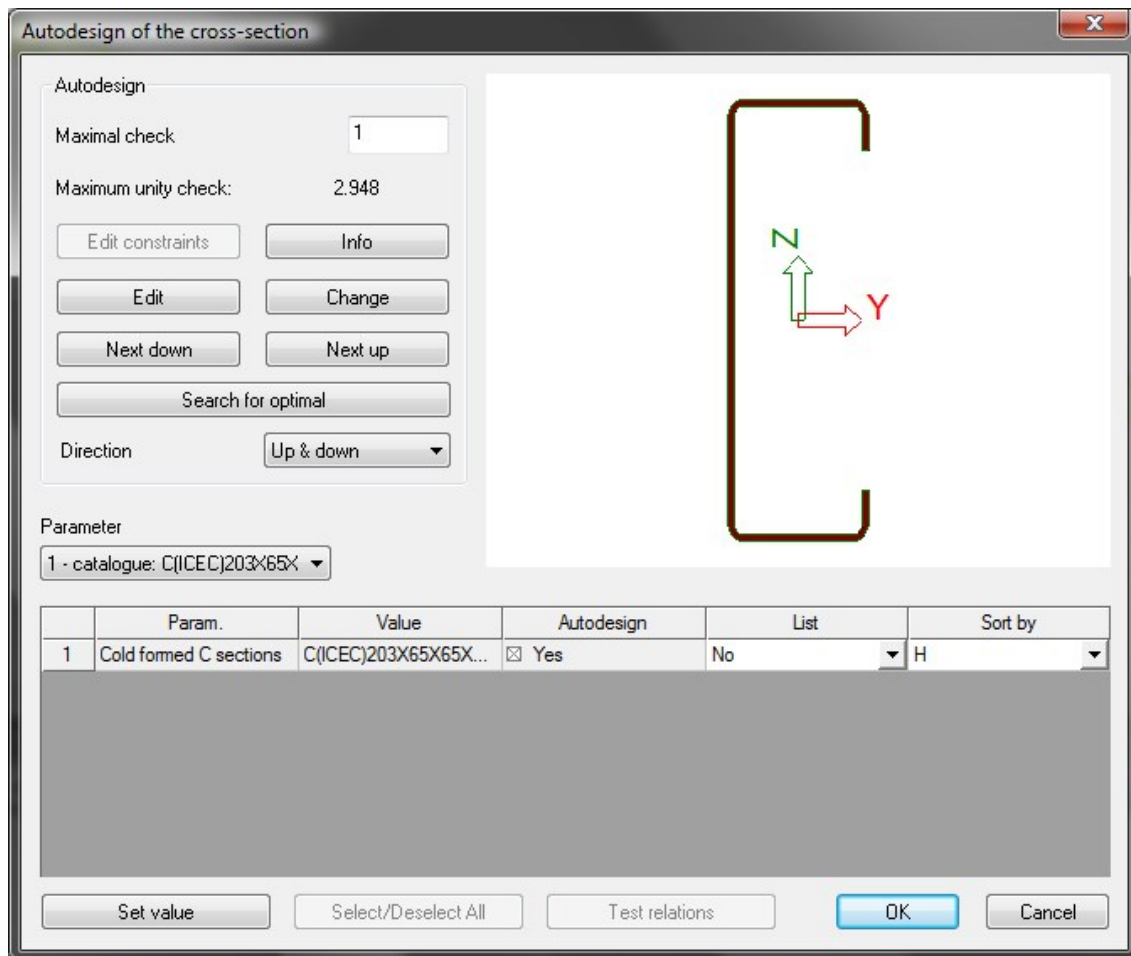
Staal - Overlappende gording/dwarsbalk Autodesign (alleen IBC-norm)

Over het algemeen is het speciale Autodesign alleen beschikbaar voor NAS 2007 controle voor gordingen (ASD- of LRFD-norm). Het algoritme wijzigt ofwel de doorsnede ofwel de lengte van de overlapping. Het Autodesign van overlappende gordingen is hetzelfde onderdeel als Autodesign dat zich bevindt in de standaard Staal > UGT controle > Controle LRFD-weerstand.

Autodesign in service Controle LRFD

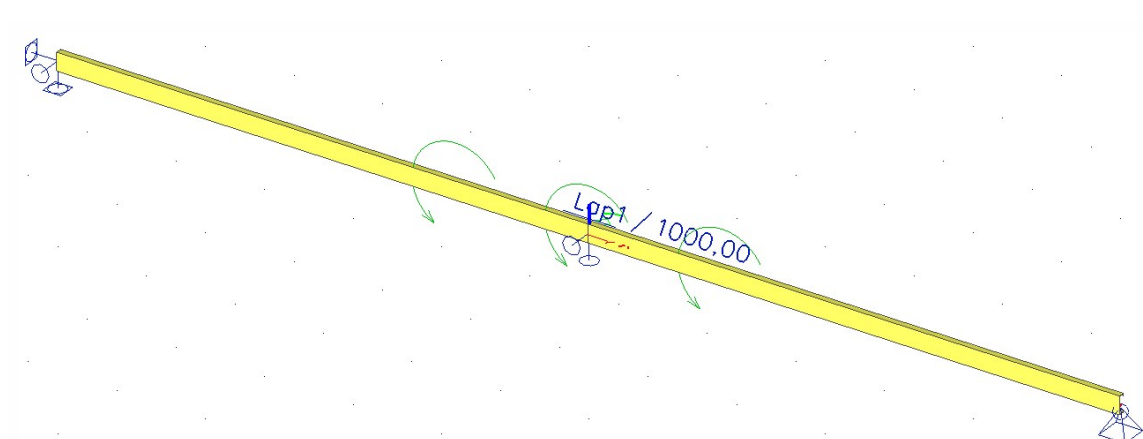


Als de gebruiker op Autodesign klikt, wordt het volgende dialoogvenster getoond. Het dialoogvenster wijkt enigszins af van dat in het dialoogvenster Algemeen Autodesign, maar de functionaliteit is hetzelfde.

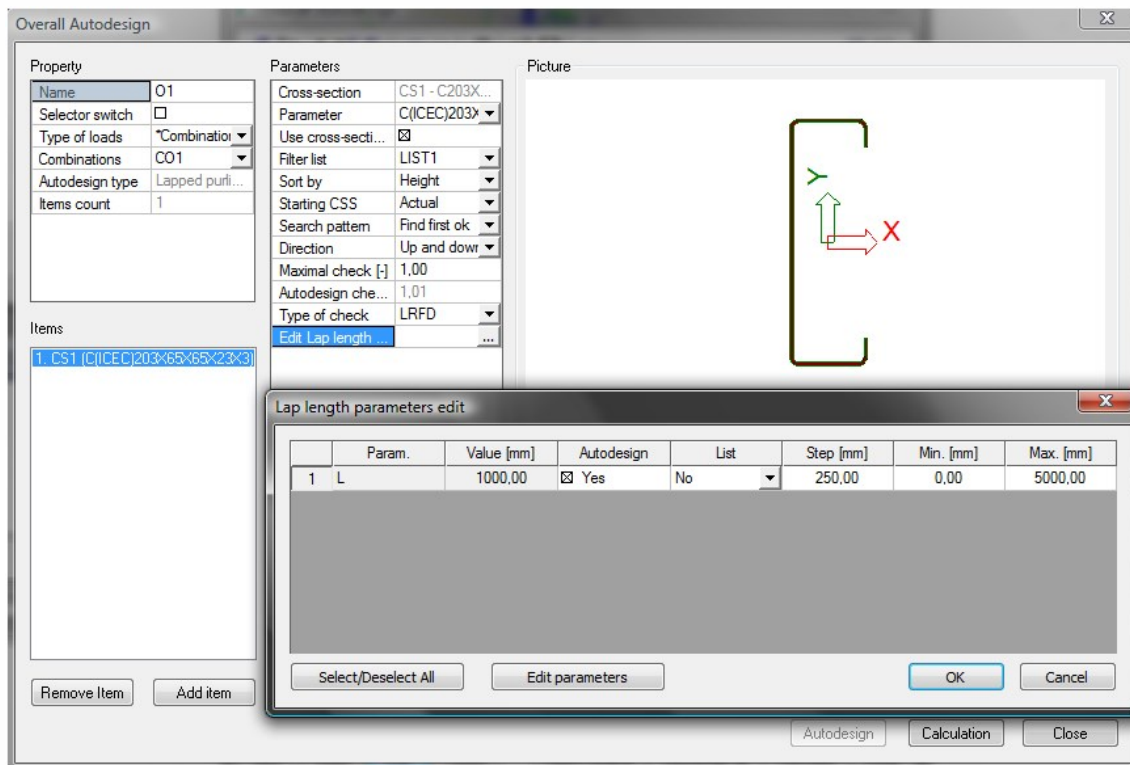


Illustratief voorbeeld

We gaan uit van een heel eenvoudig voorbeeld van een doorgaande stalen gording, gemaakt van een koudgevormd C-profiel voor Autodesign. De gordingoverlapping moet ontworpen zijn voor buigend moment 20 kNm. Het doel van dit voorbeeld is de optimale hoogte van de doorsnede of lengte van de overlapping te vinden.



De Autodesign-functie is gedefinieerd voor het koudgevormde C-profiel. De doorsnede is koudgevormd, dus de eigenschappen van Autodesign voor gewalste en koudgevormde doorsneden worden gebruikt. U ziet de instellingen in de volgende afbeelding.



De additionele eigenschappen zijn:

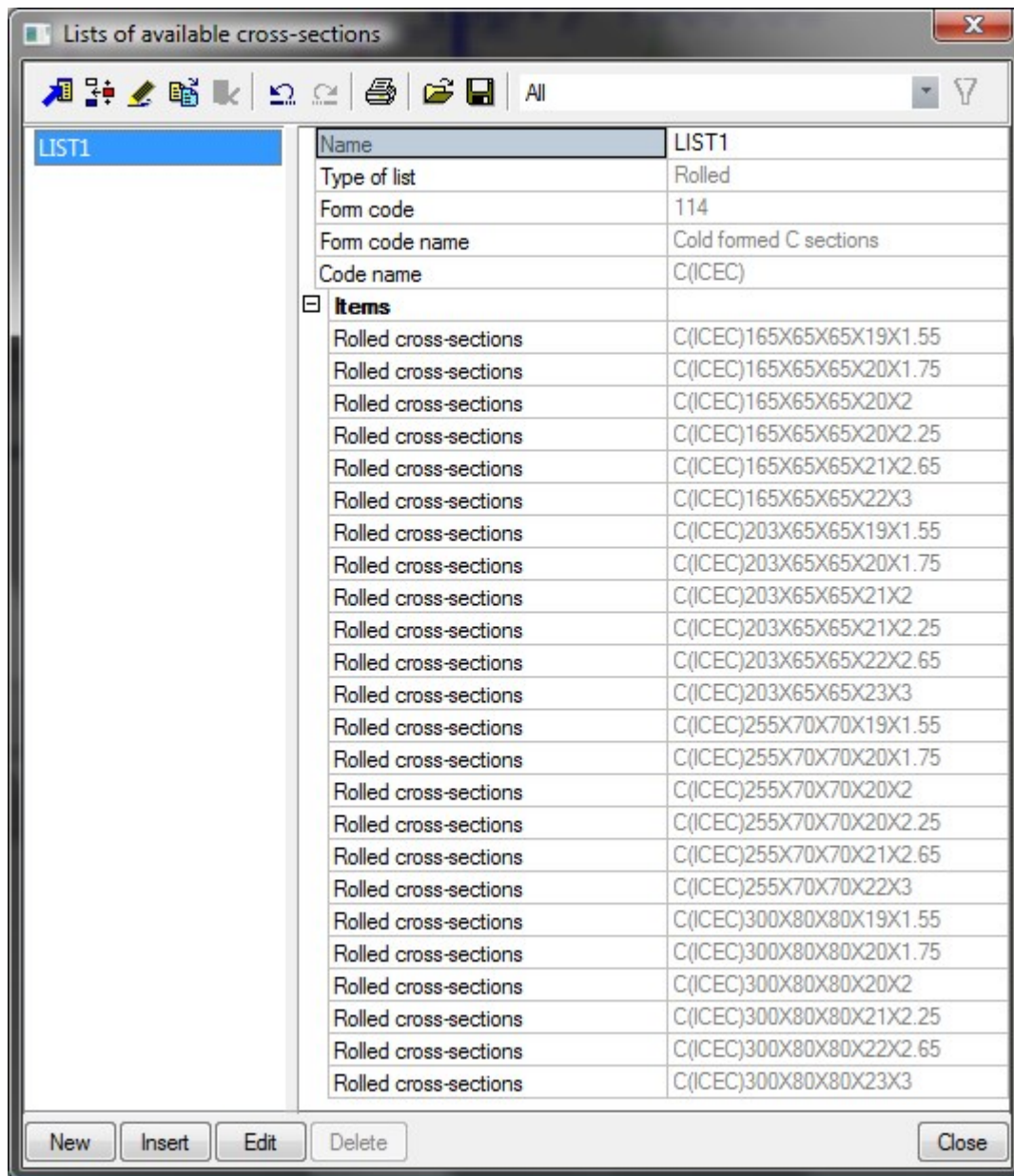
Controletype

het is mogelijk te kiezen tussen ASD-norm en LRFD-norm

Bewerk overlappende

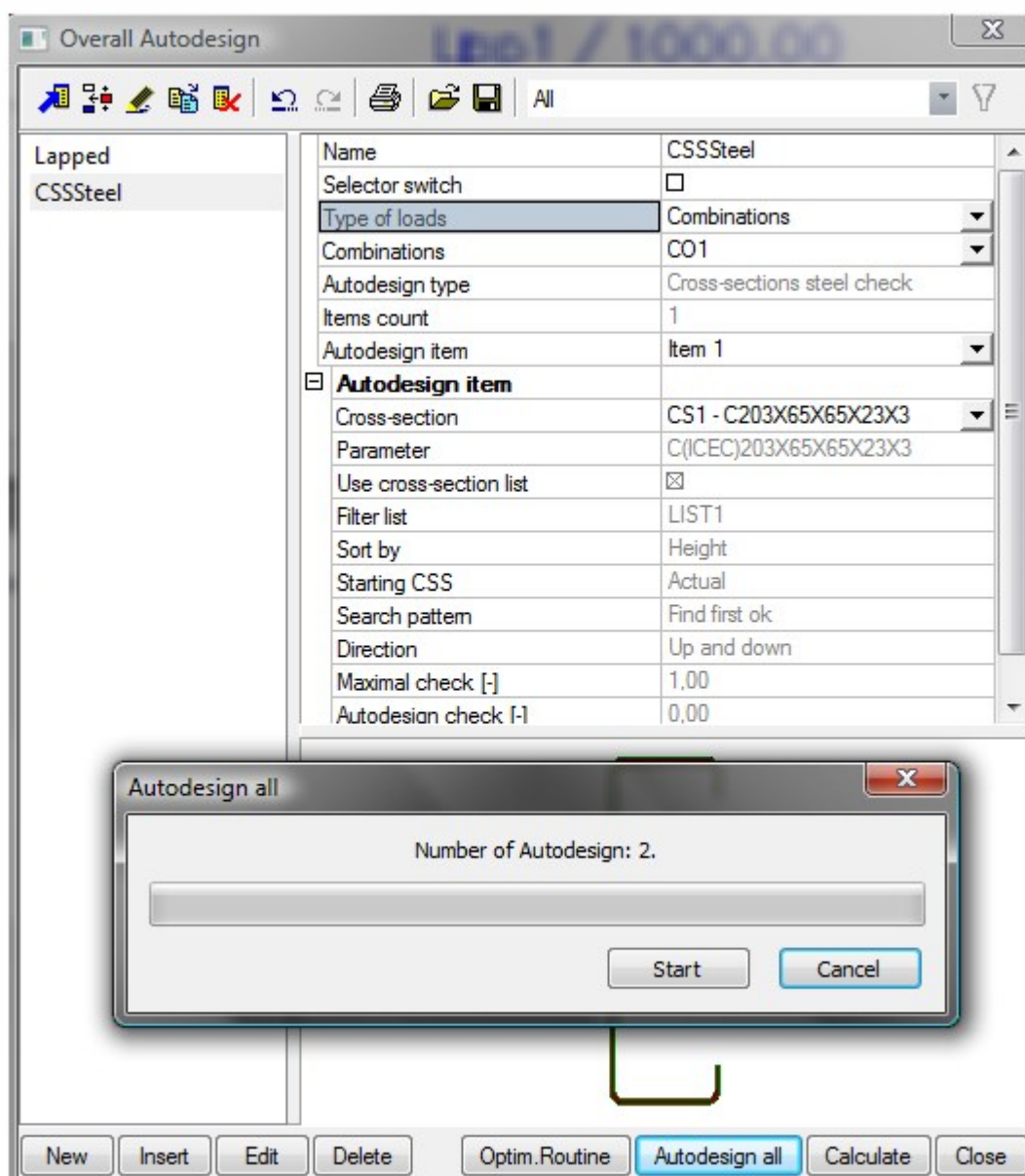
Autodesign-instellingen voor de overlapping

De volgende doorsneden worden ingevoegd in de doorsnedelijst.



In feite is het zo dat de overlapte gording Autodesign kiest tussen een wijziging van de doorsnede of een wijziging van de lengte. De doorsnedeoptimalisatie van de hele staaf is al opgenomen. Let op dat in het voorbeeld een vaste lijst is gebruikt om een wijziging in de doorsnede te voorkomen, zodat specifiek de wijziging van de lengte kon worden getest.

Autodesign van beide doorsneden kan in één keer worden uitgevoerd met behulp van Autodesign alle.



De resultaten worden automatisch afgedrukt in een afdrukvoorbeeld.

1. Lapped

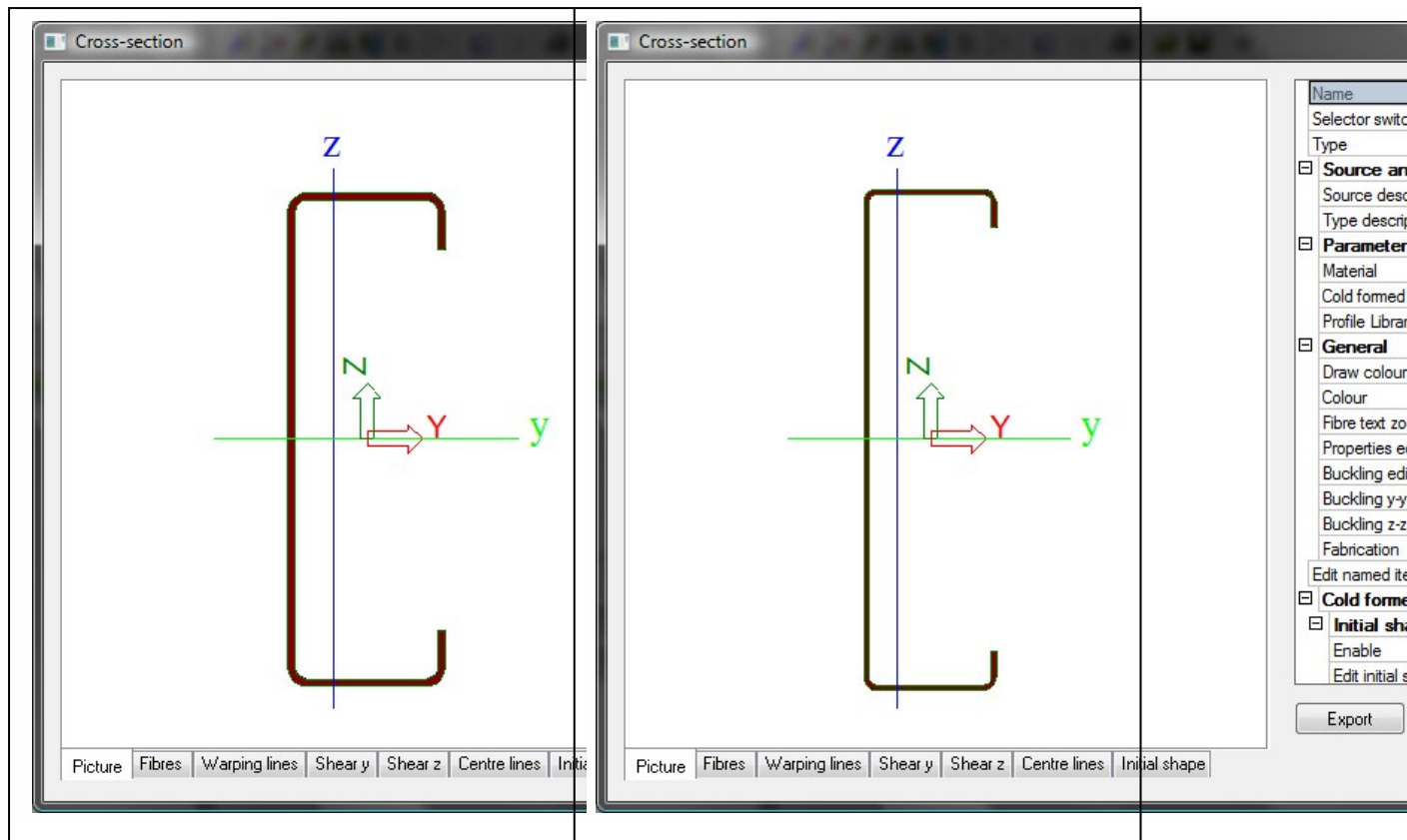
Cross-section	Parameter	Sort by	Filter list	Autodesign check [-]	Type of check
CS1 - C300X80X80X23X3	C(ICEC)300X80X80X23X3	Height	LIST1	0,91	LRFD

2. CSSSteel

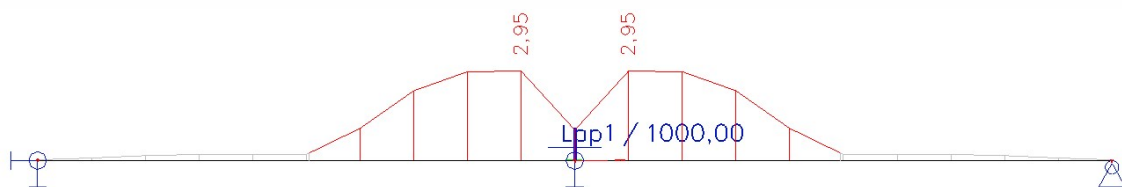
Cross-section	Parameter	Sort by	Filter list	Original cross-section	Autodesign of cross-section	Autodesign check [-]
CS1 - C300X80X80X23X3	C(ICEC)300X80X80X23X3	Height	LIST1	CS1 - C255X70X70X21X2.65	CS1 - C300X80X80X23X3	0,96

De vergelijking van initiële en geoptimaliseerde waarden van de doorsnede blijkt uit de volgende tabel. De lengte van de overlapping nam toe van 1000 tot 2500 mm.

Initieel	Geoptimaliseerd
----------	-----------------



De evaluatie van de eenheidscontrole gewalste doorsnede over de lengte van de balk wordt vergeleken in de volgende afbeeldingen. De eerste afbeelding samen met de tabel is voor de initiële doorsnede.



Check of steel

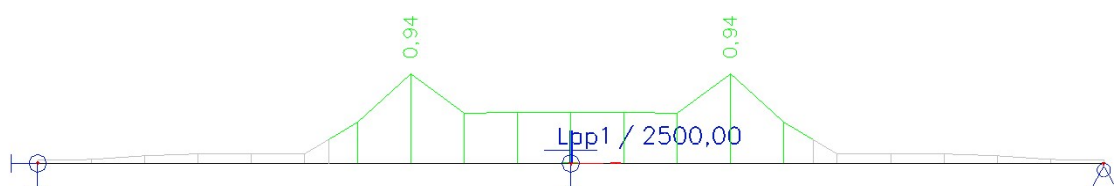
Linear calculation, Extreme : Member

Selection : All

Combinations : CO1

Case	Member	css	mat	dx [m]	un.check [-]
CO1/1	B1	CS1 - C(ICEC)203X65X65X23X3	A36	5,400	2,95
CO1/1	B2	CS1 - C(ICEC)203X65X65X23X3	A36	0,600	2,95

De tweede afbeelding samen met de tabel is voor de geoptimaliseerde doorsnede.



Check of steel

Linear calculation, Extreme : Member

Selection : All

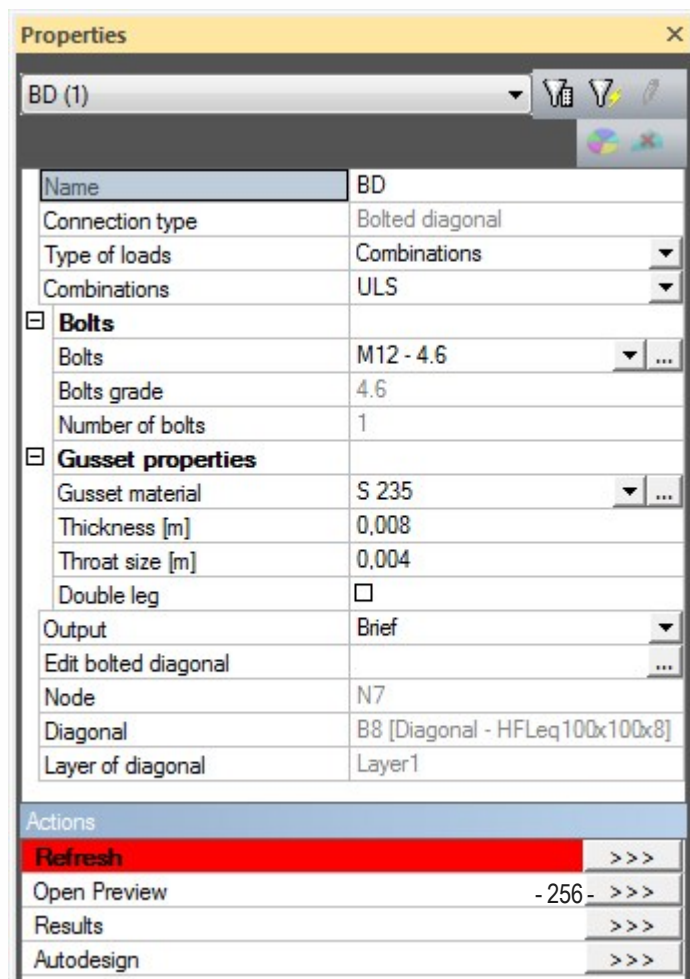
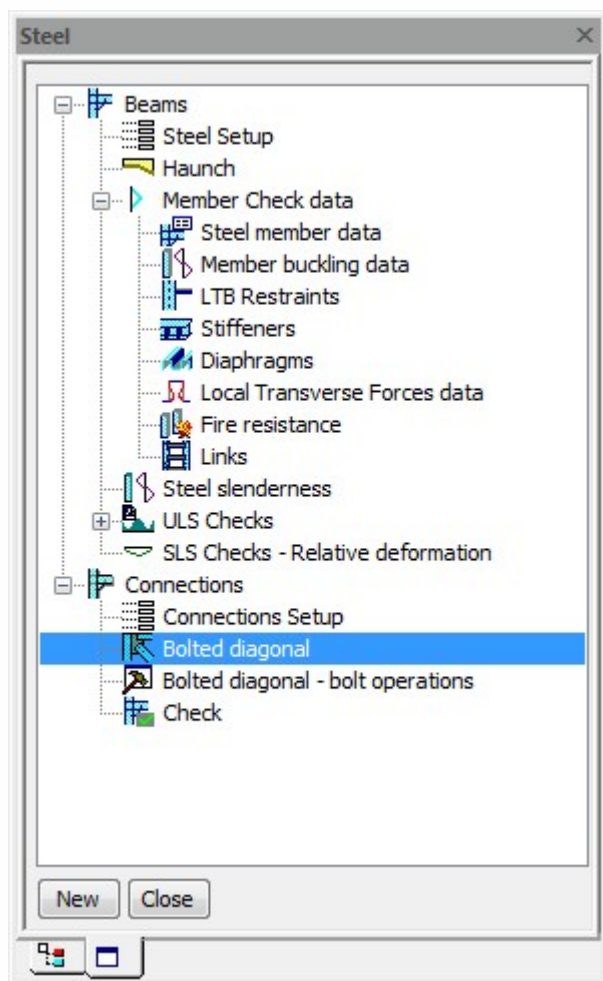
Combinations : CO1

Case	Member	css	mat	dx [m]	un.check [-]
CO1/1	B1	CS1 - C(ICEC)300X80X80X23X3	A36	4,200	0,94
CO1/1	B2	CS1 - C(ICEC)300X80X80X23X3	A36	1,800	0,94

Staalverbinding - Geboute diagonaal Autodesign

Autodesign van geboute diagonaal is hetzelfde deel als Autodesign dat zich bevindt in de standaard Staal > Verbindingen > Geboute diagonaal.

Autodesign in service Geboute diagonaal



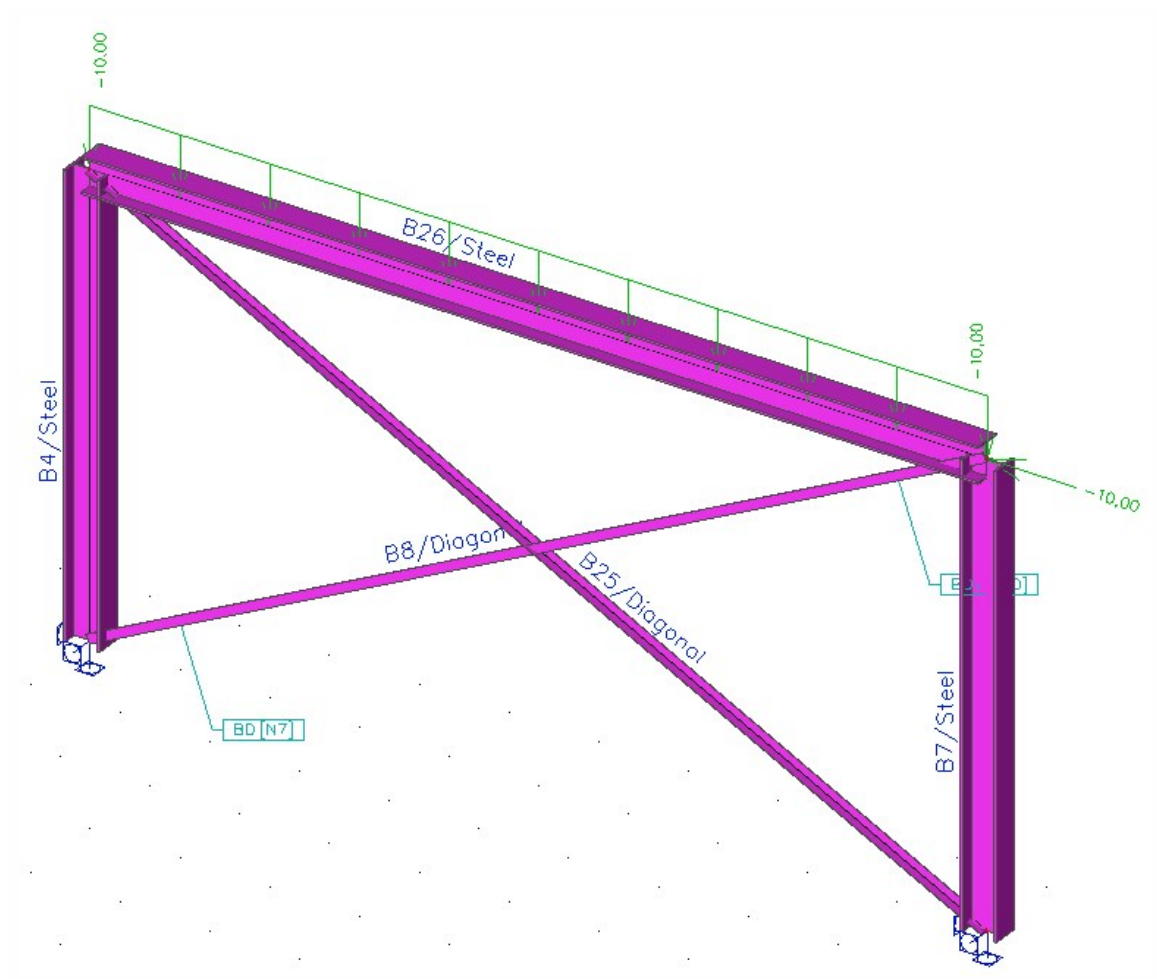
Als de gebruiker op Autodesign klikt, verschijnt het volgende dialoogvenster. Het dialoogvenster wijkt enigszins af van dat in het dialoogvenster Algemeen Autodesign, maar de functionaliteit is hetzelfde.



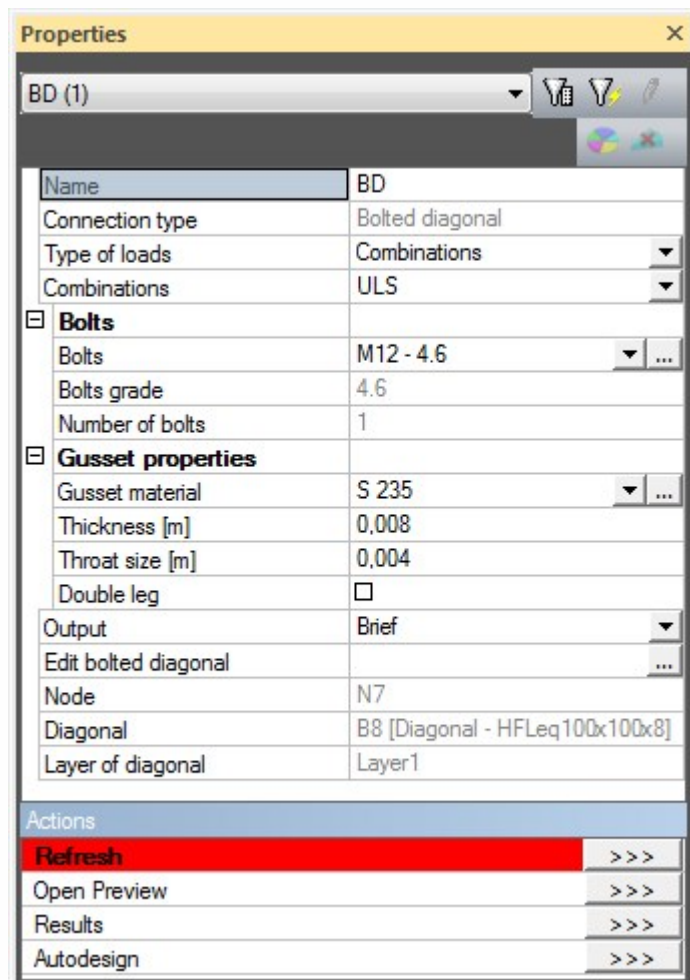
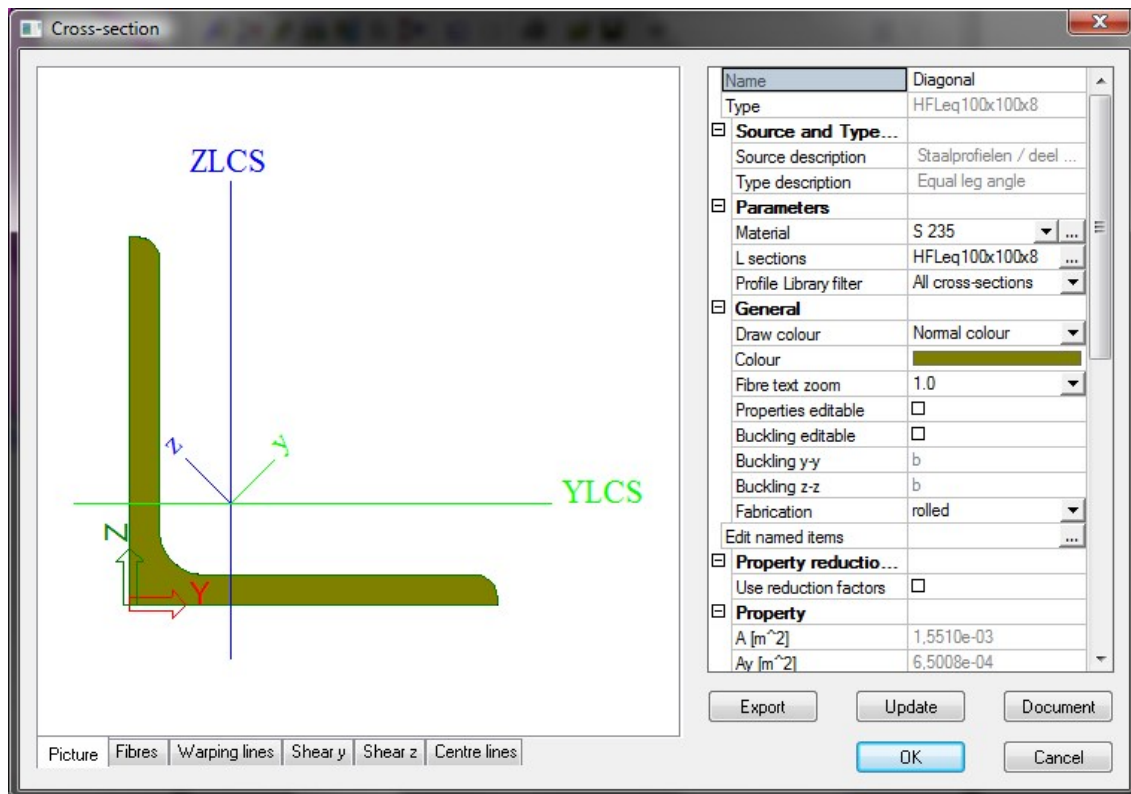
We richten ons in dit geval op Autodesign dat wordt uitgevoerd vanuit de service Auto-design. Over het algemeen hoeven de resultaten die gebaseerd zijn op dezelfde instellingen in Autodesign en de afzonderlijke service niet hetzelfde te zijn.

Illustratief voorbeeld

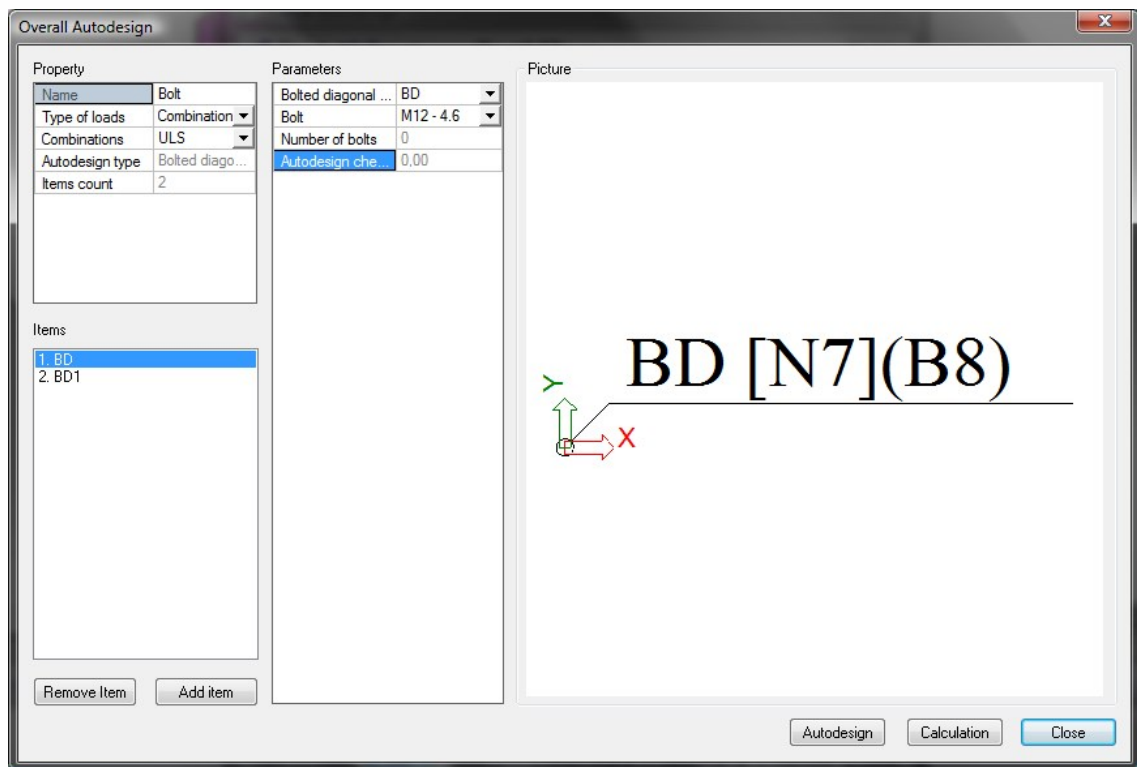
We gaan uit van een heel eenvoudig voorbeeld van een stalen raamwerk met geboute diagonalen voor Autodesign. De constructie staat bloot aan de uniforme belasting en aan de normaalkracht aan het uiteinde. Het doel van dit voorbeeld is de optimale afmetingen van de geboute diagonaalverbinding te vinden.



Geboute diagonaal heeft de volgende doorsnede. De parameters van geboute verbinding staan in de volgende afbeelding.



De Autodesign-functie is gedefinieerd voor deze doorsnede. U ziet de instellingen in de volgende afbeelding.



De instellingen staan in de bovenstaande afbeelding.

Geboute diagonaal

Specificeert de geboute diagonaal die moet worden geoptimaliseerd.

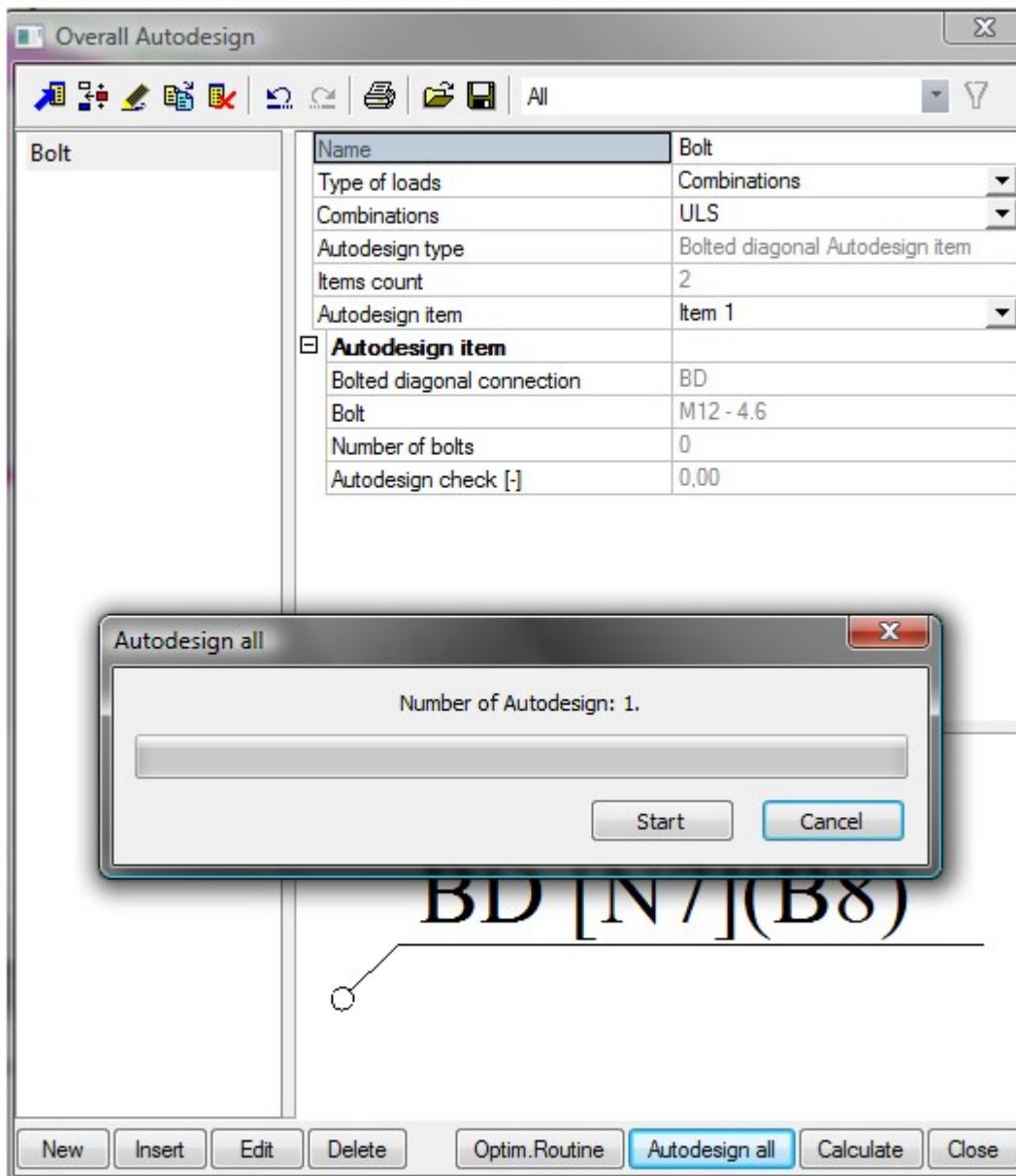
Bout

Specificeert de gebruikte bout.

Geoptimaliseerd controle (informatief)

Toont de eenheidscontrole voor de geoptimaliseerde verbinding.

Autodesign kan in één keer worden uitgevoerd met behulp van Autodesign alle.



De resultaten worden automatisch afgedrukt in een afdrukvoorbeeld. Eén bout voor elke verbinding is genoeg. In plaats van de oorspronkelijk ontworpen vier bouten.

1. Bolt

Type Name	Bolted diagonal connection	Bolt	Number of bolts	Autodesign check [-]
Overall Autodesign bolted diagonal item	BD	M12 - 4.6	1	0,49
Overall Autodesign bolted diagonal item	BD 1	M12 - 4.6	1	0,49

De vergelijking van initiële en geoptimaliseerde waarden van geboute verbindingen blijkt uit de volgende tabel.

Initial	Optimized
---------	-----------

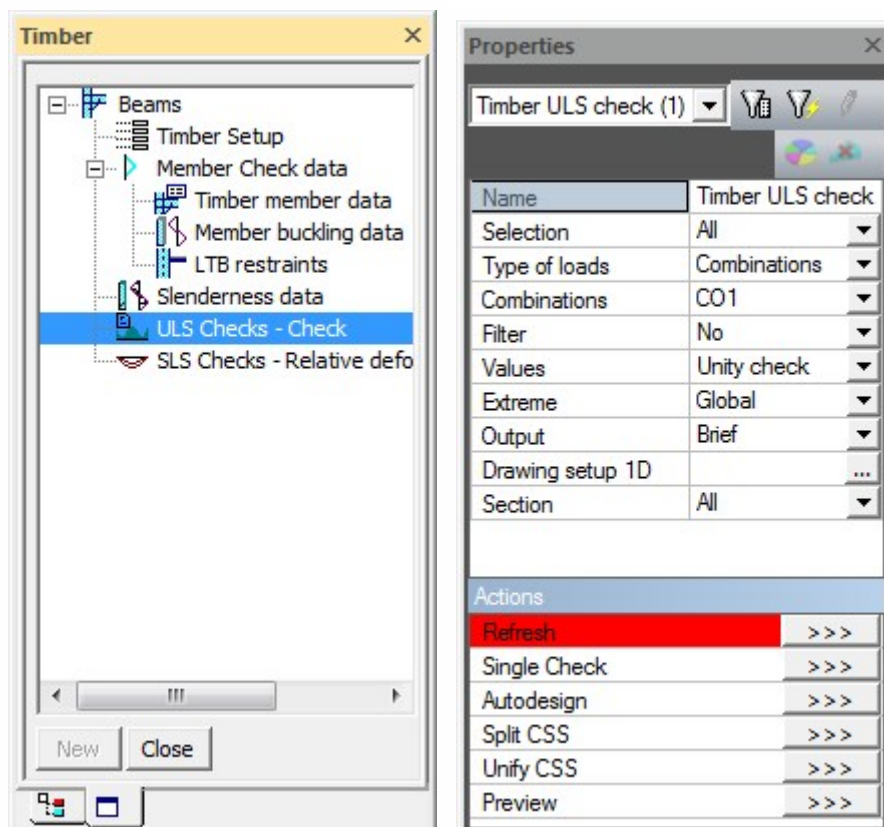
BD	
Name	BD1
NplRd - [kN]	364,49
NuRd - [kN]	207,22
FbRd - [kN]	32,09
FvRd [kN]	5,66
NplRd - [kN]	94,00
NuRd - [kN]	74,65
FbRd - [kN]	32,09
Connection check [-]	0,12
Member check [-]	0,11
Connection result FvRd [kN]	16,19

BD	
Name	BD
NplRd - [kN]	364,49
NuRd - [kN]	198,00
FbRd - [kN]	58,47
FvRd [kN]	16,46
NplRd - [kN]	150,40
NuRd - [kN]	120,27
FbRd - [kN]	58,47
Connection check [-]	0,04
Member check [-]	0,07
Connection result FvRd [kN]	47,04

Hout - Doorsnede Autodesign

Autodesign van doorsnede houtcontrole is hetzelfde onderdeel als Autodesign dat zich bevindt in de standaard Hout > UGT controles - Controle.

Autodesign in service Hout



Als de gebruiker op Autodesign klikt, wordt het volgende dialoogvenster weergegeven. Het dialoogvenster wijkt enigszins af van dat in het dialoogvenster Algemeen Autodesign, maar de functionaliteit is hetzelfde.

Autodesign of the cross-section

Autodesign

Maximal check: 1

Maximum unity check: 1.115

Edit constraints Info

Edit Change

Next down Next up

Search for optimal

Direction: Up & down

Parameter: Advanced Autodesign

	Param.	Value	Autodesign	Related to	Ratio	List	Step	Min.	Max.	Info
1	B	100	☐ No	No	1,00	No	10	5	125	
2	H	200	☐ No	No	1,00	No	10	5	125	

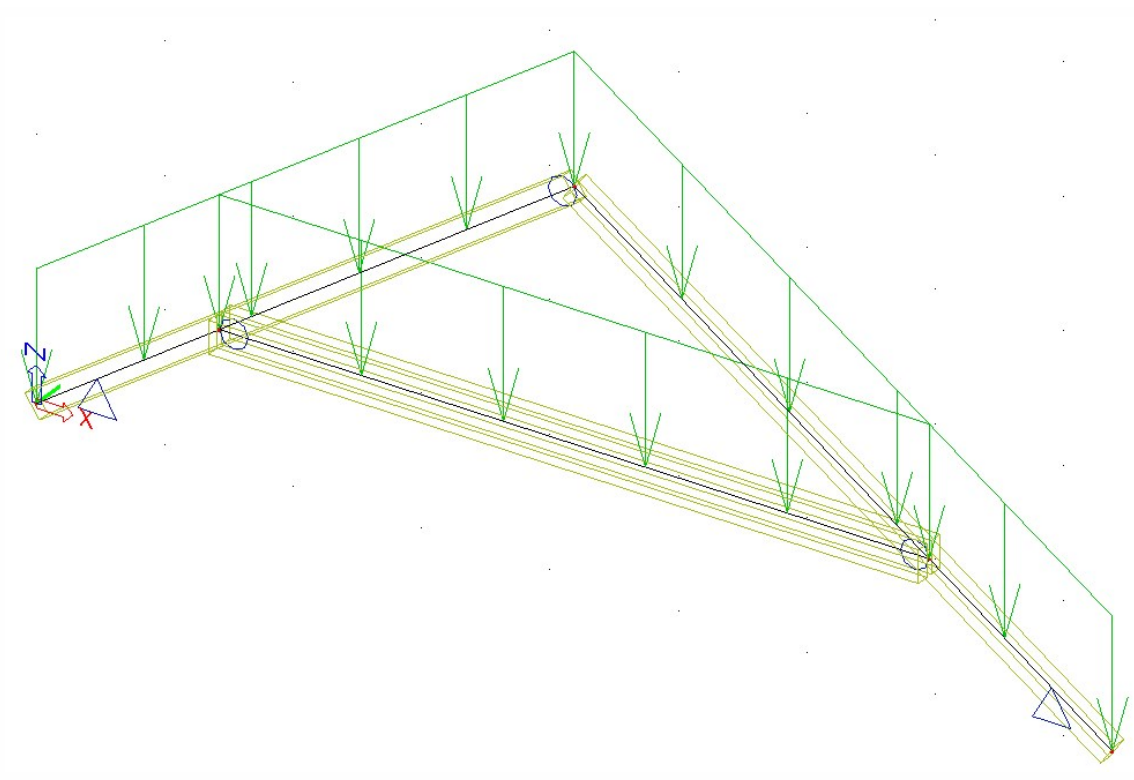
Set value
Select/Deselect All
Test relations
OK
Cancel



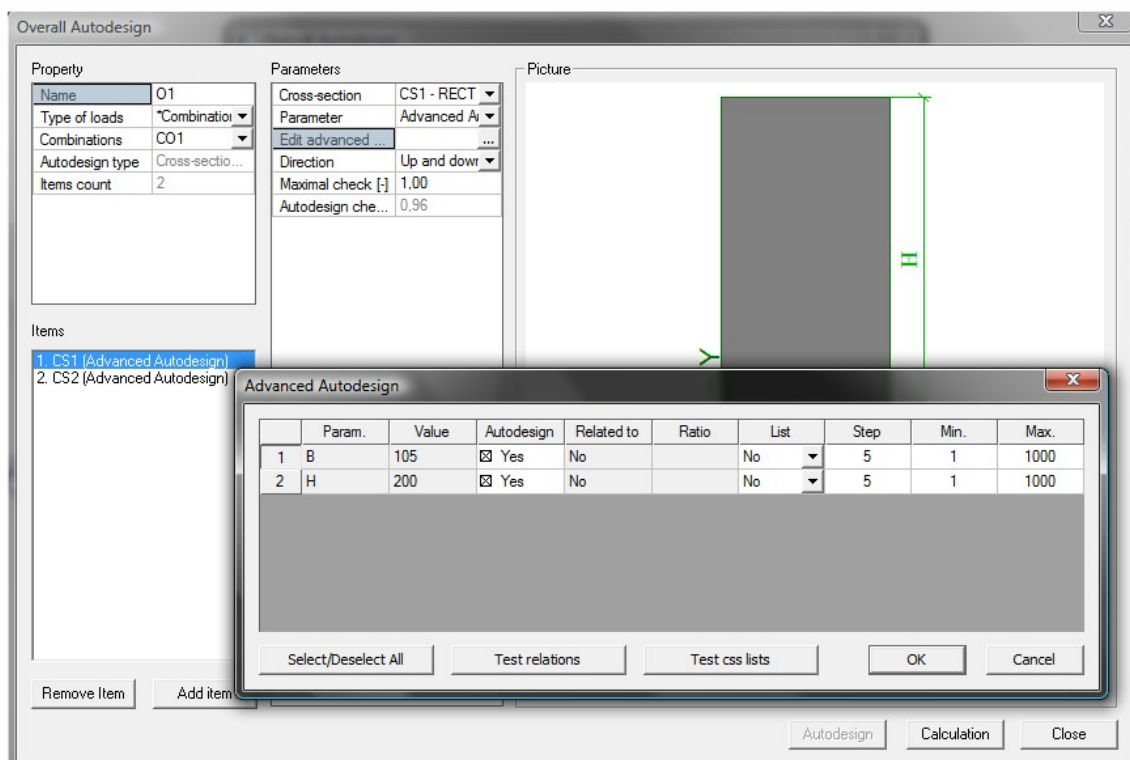
We richten ons in dit geval op Autodesign dat wordt uitgevoerd vanuit de service Auto-design. Over het algemeen hoeven de resultaten die gebaseerd zijn op dezelfde instellingen in Autodesign en de afzonderlijke service niet hetzelfde te zijn.

Illustratief voorbeeld

We gaan uit van een zeer eenvoudig voorbeeld van een houten dakconstructie met rechthoekige doorsneden voor Auto-design. De constructie staat bloot aan eigengewicht, uniforme permanente belasting, wind- en sneeuwbelasting. Het doel van dit voorbeeld is de optimale afmetingen te vinden van doorsneden.



De Autodesign-functie is gedefinieerd voor elke doorsnede. U ziet de instellingen voor CS1. De instellingen zijn volledig identiek aan die van de staalcontrolle. Geavanceerd Autodesign wordt gebruikt voor beide doorsneden.



Autodesign van beide doorsneden kan in één keer worden uitgevoerd met behulp van Autodesign alle.

Overall Autodesign preview

1. Routine step: 1
1.1. O1

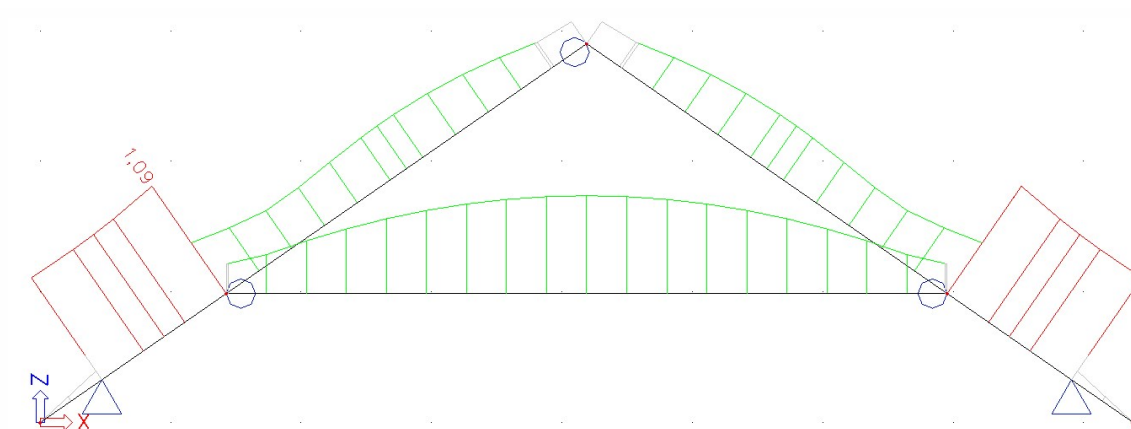
Cross-section	Parameter	Original cross-section	Autodesign of cross-section	Autodesign check [-]
CS1 - RECT (105; 200)	Advanced Autodesign	CS1 - RECT (100; 200)	CS1 - RECT (105; 200)	0,95
CS2 - 2 Rect (80; 160; 100)	Advanced Autodesign	CS2 - 2 Rect (80; 160; 100)	CS2 - 2 Rect (80; 160; 100)	0,81

2. Routine step: 2

Cross-section	Parameter	Original cross-section	Autodesign of cross-section	Autodesign check [-]
CS1 - RECT (105; 200)	Advanced Autodesign	CS1 - RECT (105; 200)	CS1 - RECT (105; 200)	0,96
CS2 - 2 Rect (80; 160; 100)	Advanced Autodesign	CS2 - 2 Rect (80; 160; 100)	CS2 - 2 Rect (80; 160; 100)	0,81

Ready [en]

De evaluatie van de houteenheidscontrole over de lengte de balk wordt vergeleken in de volgende afbeeldingen. De eerste afbeelding en tabel zijn voor de initiële constructie.

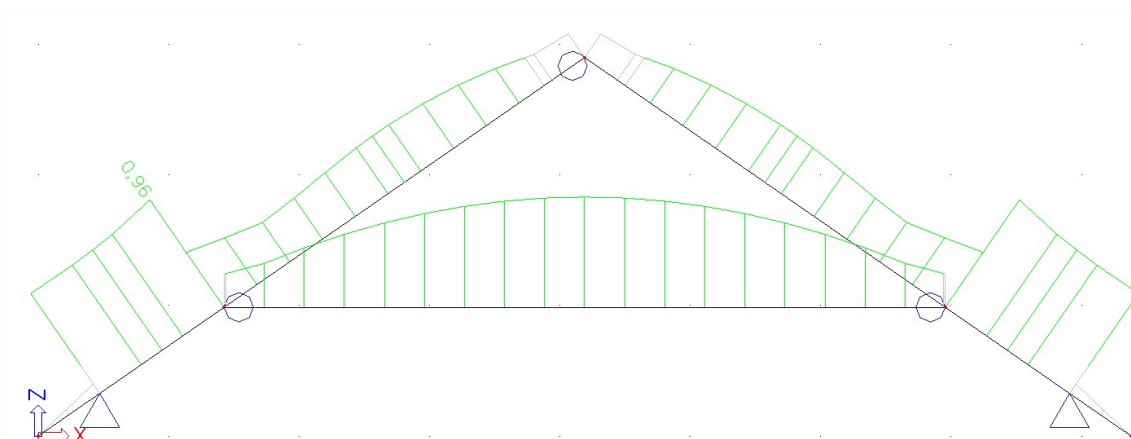


Timber ULS check

Linear calculation, Extreme : Global
Selection : All
Combinations : CO1
Cross-section : CS1 - RECT (100; 200)

Beam	Cross-section	Material	dx [m]	Load case	Unity check [-]	Section check [-]	Stability check [-]
B1	CS1 - RECT	C22	1,734	CO1/1	1,09	0,22	1,09

De tweede voor de geoptimaliseerde constructie.



Timber ULS check

Linear calculation, Extreme : Global

Selection : All

Combinations : CO1

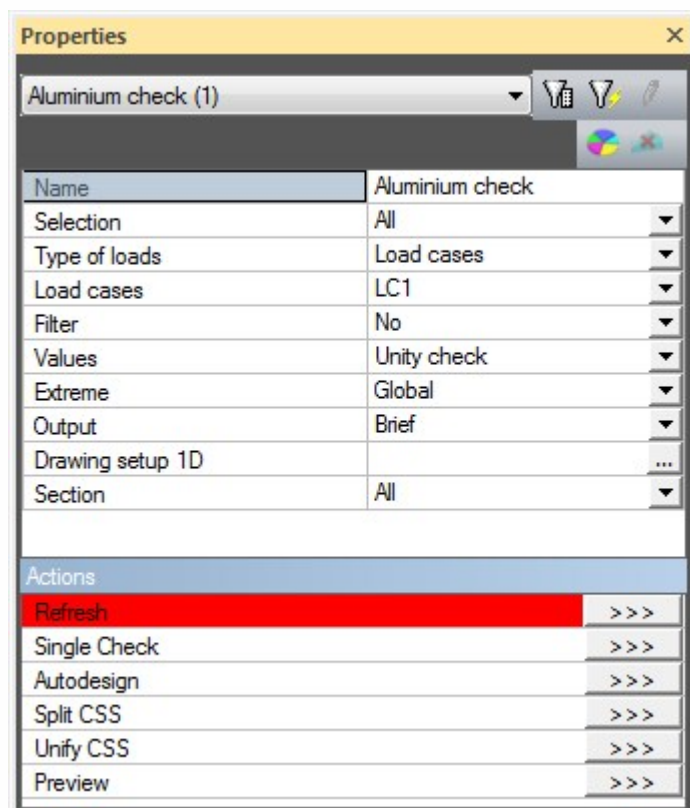
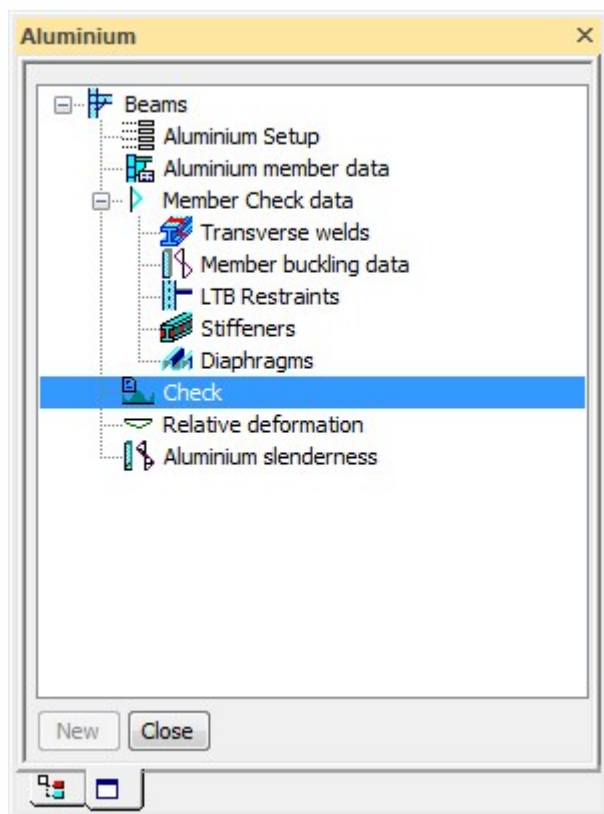
Beam	Cross-section	Material	dx [m]	Load case	Unity check [-]	Section check [-]	Stability check [-]
B1	CS1 - RECT	C22	1,734	CO1/1	0,96	0,21	0,96

De breedte van dakliggers zijn geoptimaliseerd van 100 naar 105 mm.

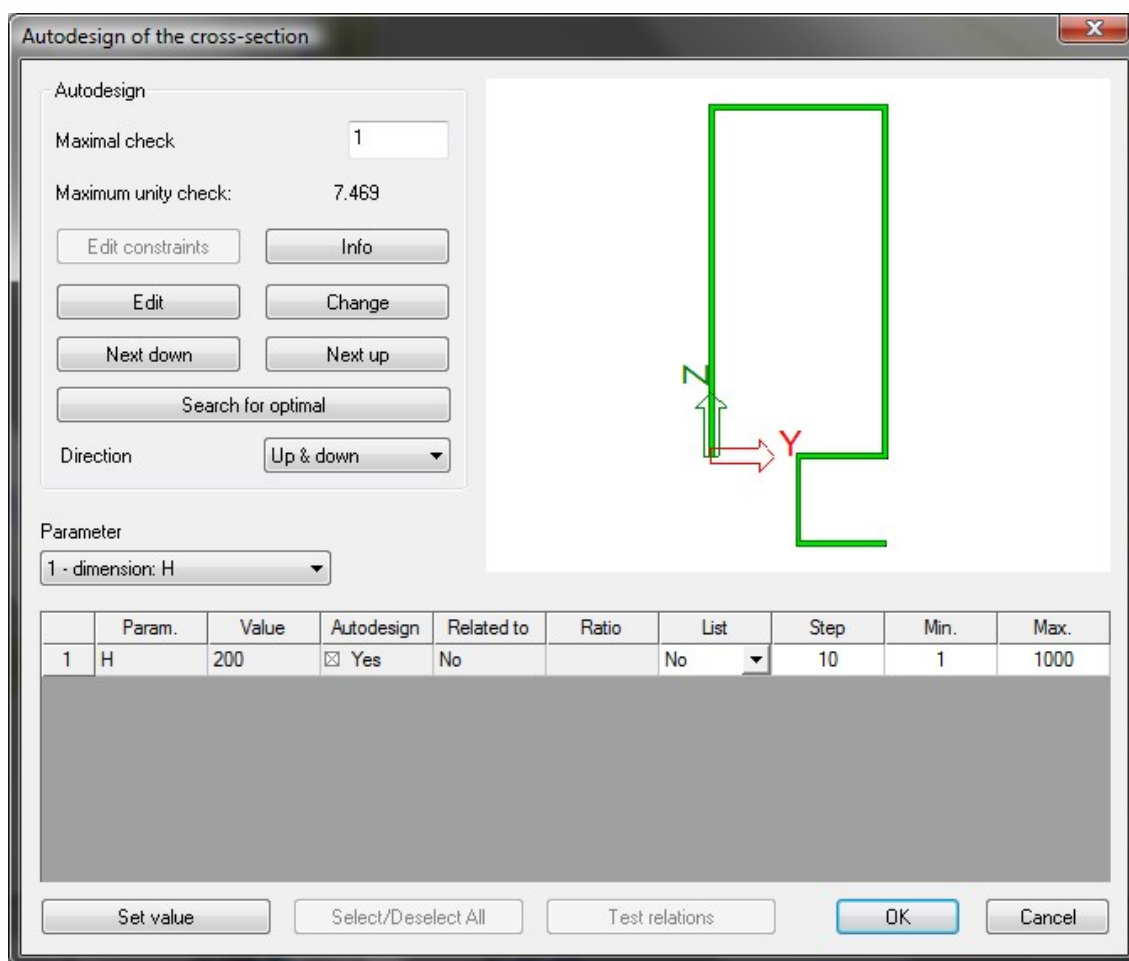
Aluminium - Doorsnede Autodesign

Autodesign van doorsnede aluminiumcontrole is hetzelfde onderdeel als Autodesign dat zich bevindt in de standaard Aluminium > Controle.

Autodesign in service Aluminium



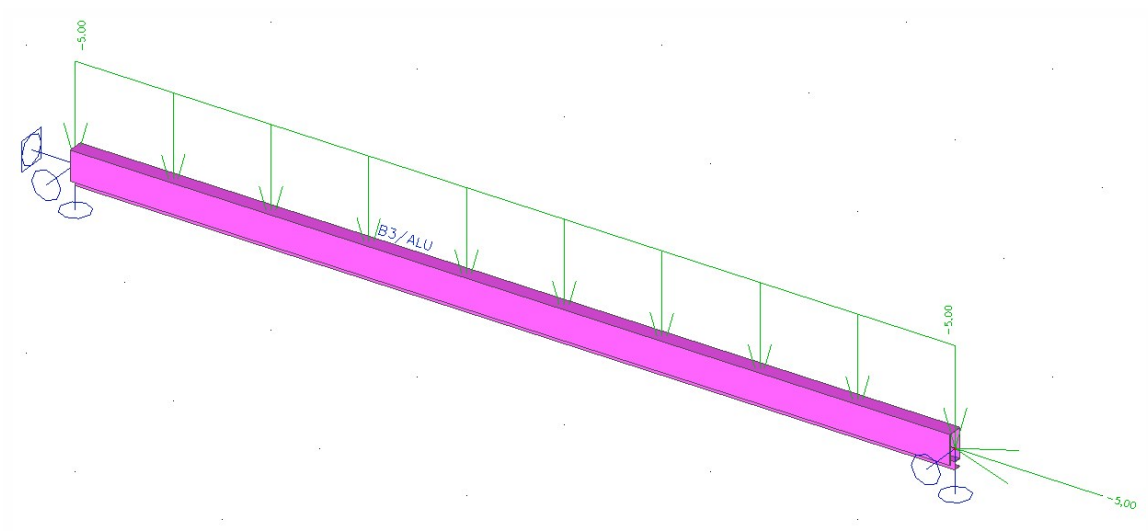
Als de gebruiker op Autodesign klikt, verschijnt het volgende dialoogvenster. Het dialoogvenster wijkt enigszins af van dat in Algemeen Autodesign, maar de functionaliteit is hetzelfde.



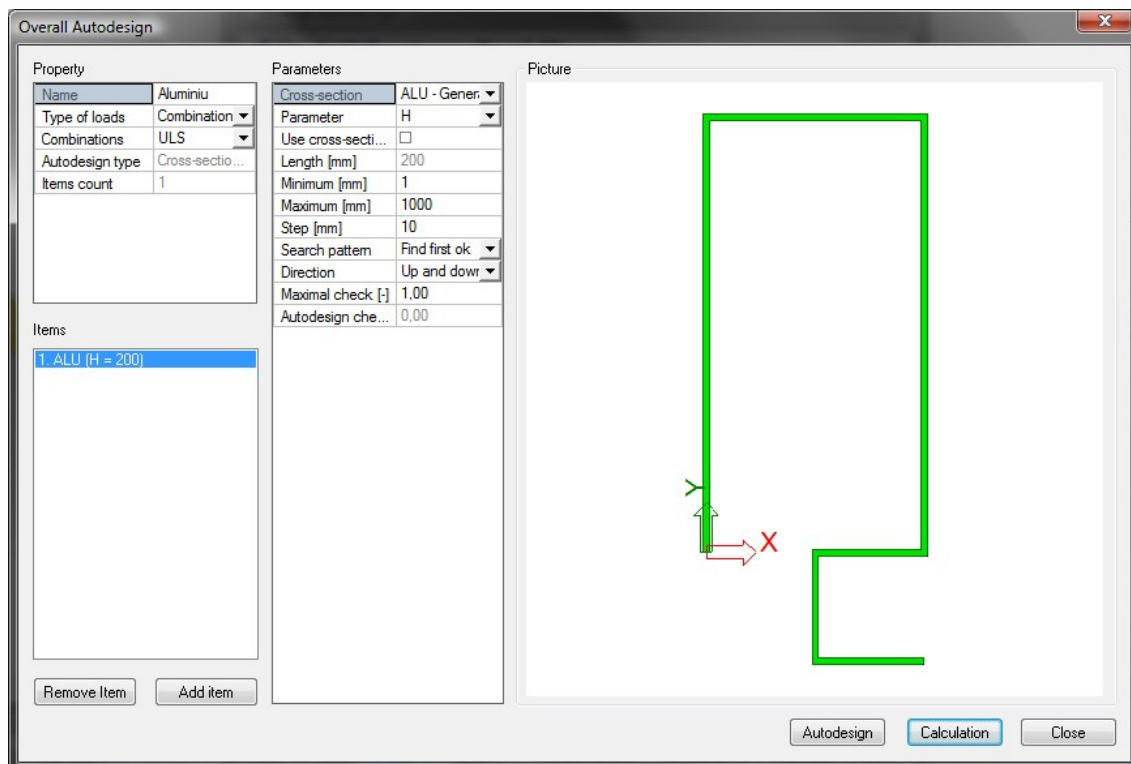
We richten ons in dit geval op Autodesign dat wordt uitgevoerd vanuit de service Auto-design. Over het algemeen hoeven de resultaten die gebaseerd zijn op dezelfde instellingen in Autodesign en de afzonderlijke service niet hetzelfde te zijn.

Illustratief voorbeeld

We gaan uit van een heel eenvoudig voorbeeld van een aluminium balk voor Autodesign. De constructie staat bloot aan de uniforme belasting en aan de normaalkracht aan het uiteinde. Het doel van dit voorbeeld is de optimale hoogte van de aluminium doorsnede te vinden gedefinieerd als algemene doorsnede.

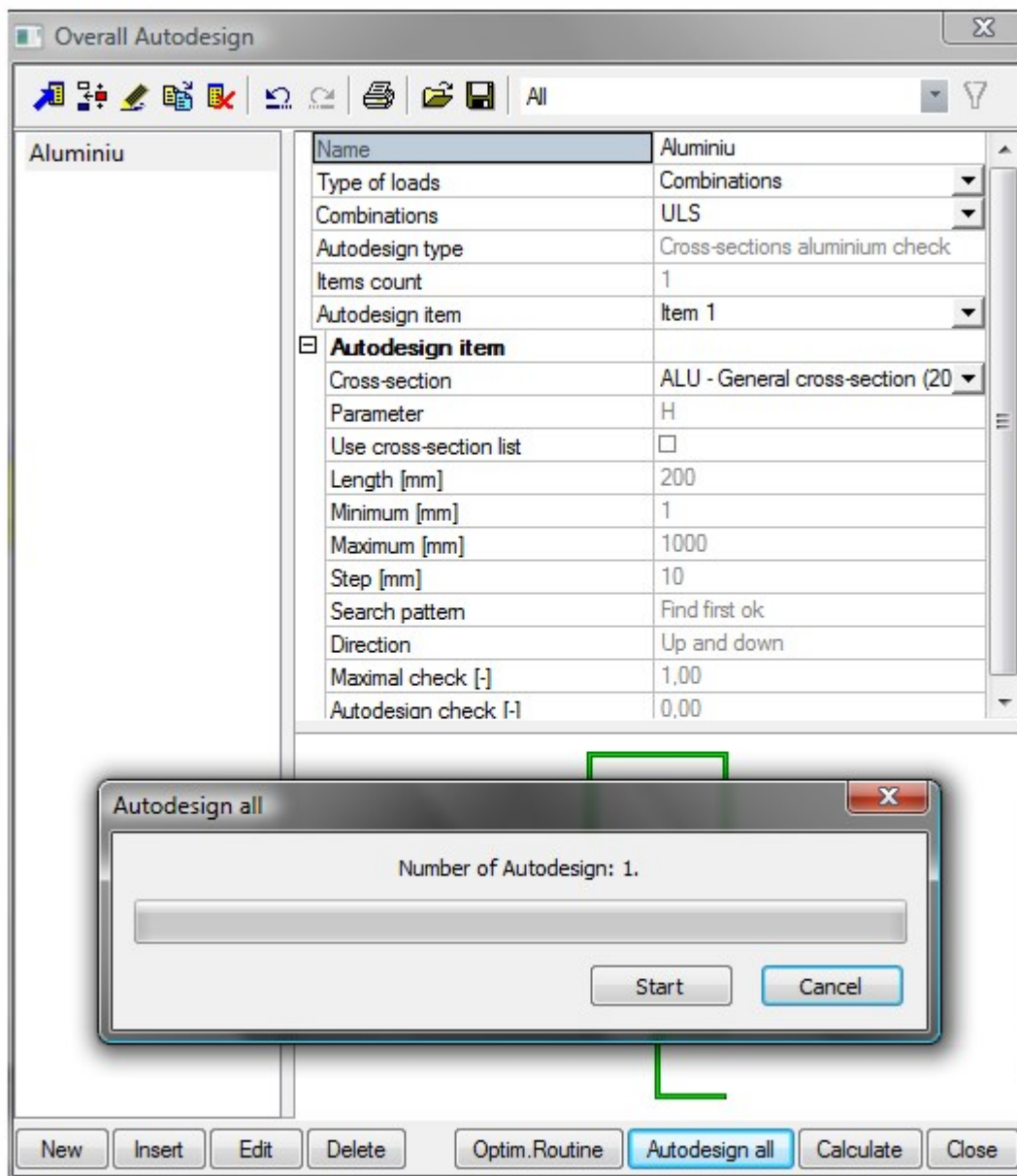


De Autodesign-functie is gedefinieerd voor deze doorsnede. U ziet de instellingen in de volgende afbeelding.



In dit geval is slechts één parameter (hoogte van de doorsnede) beschikbaar. Daarom wordt Geavanceerd Autodesign niet gebruikt. De andere instellingen zijn hetzelfde als voor de standaard staal Autodesign.

Autodesign kan in één keer worden uitgevoerd met behulp van Autodesign alle.



De resultaten worden automatisch afgedrukt in een afdrukvoorbeeld.

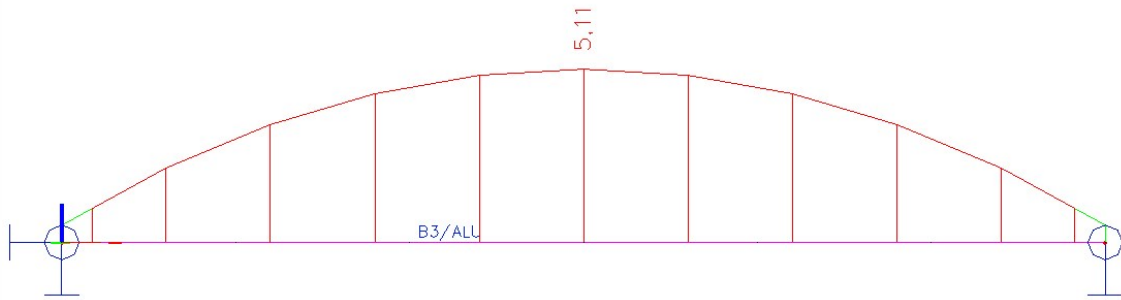
Overall Autodesign preview

1. Aluminium

Cross-section	Parameter	Length [mm]	Minimum [mm]	Maximum [mm]	Step [mm]	Original cross-section	Autodesign of cross-section	Autodesign check
ALU - General cross-section (800)	H	800	1	1000	10	ALU - General cross-section (200)	ALU - General cross-section (800)	1,00

Ready [en]

De evaluatie van de aluminium eenheidscontrole over de lengte de balk wordt vergeleken in de volgende afbeeldingen. De initiële hoogte van de doorsnede was 200 mm. De geoptimaliseerde waarde is 800 mm. Evaluatie van de staalcontrole voor de initiële doorsnede dimensies.



Aluminium check

Linear calculation, Extreme : Global

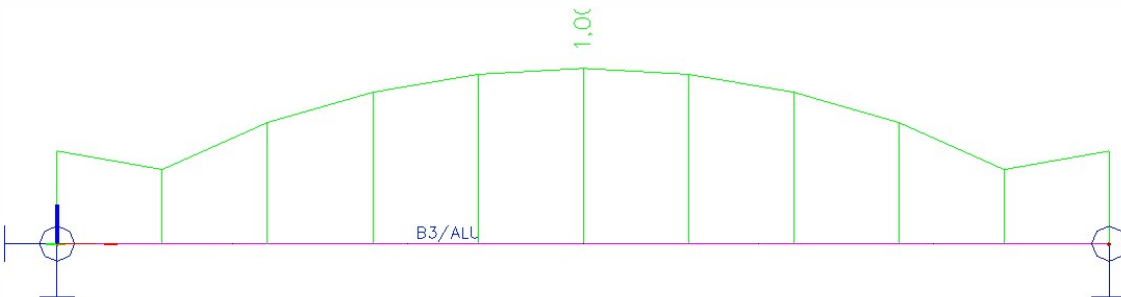
Selection : All

Combinations : ULS

Cross-section : ALU - General cross-section (200)

Beam	Case	Css	Material	dx [m]	Unity check [-]	Section check [-]	Stability Check [-]
B3	ULS/1	ALU - General cross-section	EN-AW 6005A (EP/O,ER/B) T6 (0-5)	3,000	5,11	1,92	5,11

Evaluatie van de staalcontrole voor de geoptimaliseerde doorsnede-dimensies.



Aluminium check

Cross-sections were changed during Autodesign. The structure has to be recalculated !

Linear calculation, Extreme : Global

Selection : All

Combinations : ULS

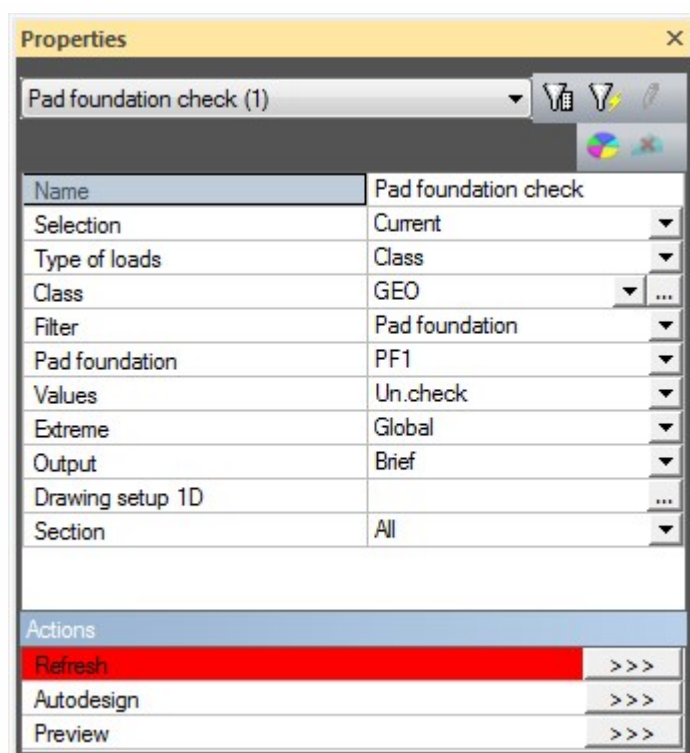
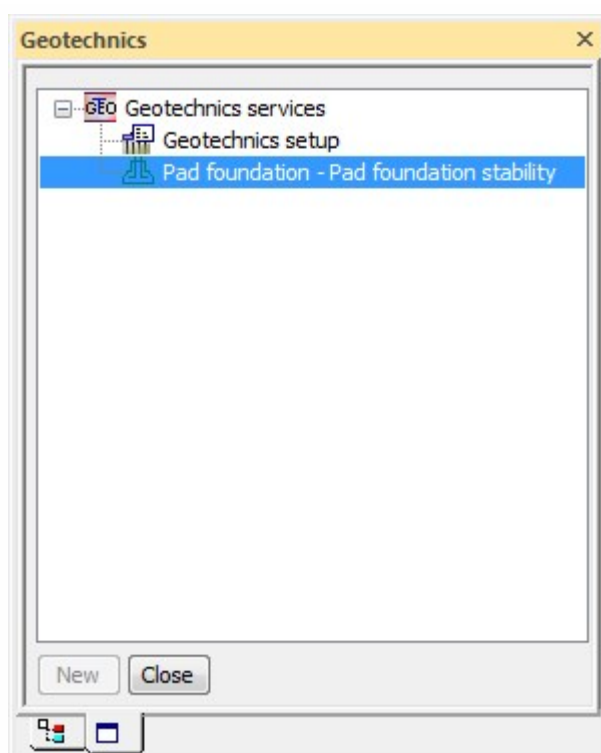
Cross-section : ALU - General cross-section (800)

Beam	Case	Css	Material	dx [m]	Unity check [-]	Section check [-]	Stability Check [-]
B3	ULS/1	ALU - General cross-section	EN-AW 6005A (EP/O,ER/B) T6 (0-5)	3,000	1,00	0,55	1,00

Geotechniek - Fundering op staal Autodesign

Autodesign van een betonnen fundering op staal is hetzelfde onderdeel als Autodesign dat zich bevindt in de standaard Geotechniek > Geotechniek-services > Fundering op staal – stabiliteitscontrole.

Autodesign in service Geotechniek



Als de gebruiker op Autodesign klikt, wordt het volgende dialoogvenster getoond. Het dialoogvenster wijkt enigszins af van dat in Algemeen Autodesign, maar de functionaliteit is hetzelfde.

Autodesign of the pad foundation

Autodesign

Maximal check: 1

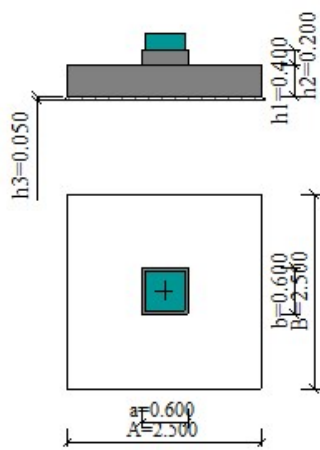
Maximum unity check: 0.207

Next down Next up

Search for optimal

Direction: Up & down

Parameter: Advanced autodesign

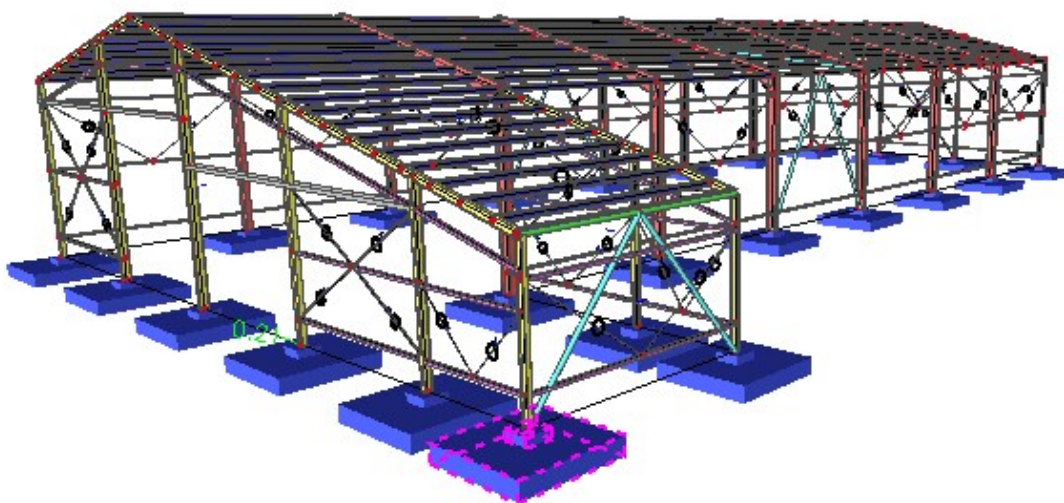


	Param.	Value [m]	Autodesign	Related to	Ratio	List	Step [m]	Min. [m]	Max. [m]
1	A	2.500	☐ No	No	1.00	No	0.100	0.100	2.000
2	B	2.500	☐ No	No	1.00	No	0.100	0.100	2.000
3	h1	0.400	☐ No	No	1.00	No	0.100	0.100	2.000
4	h2	0.200	☐ No	No	1.00	No	0.100	0.100	2.000
5	h3	0.050	☐ No	No	1.00	No	0.100	0.100	2.000
6	a	0.600	☐ No	No	1.00	No	0.100	0.100	2.000
7	b	0.600	☐ No	No	1.00	No	0.100	0.100	2.000

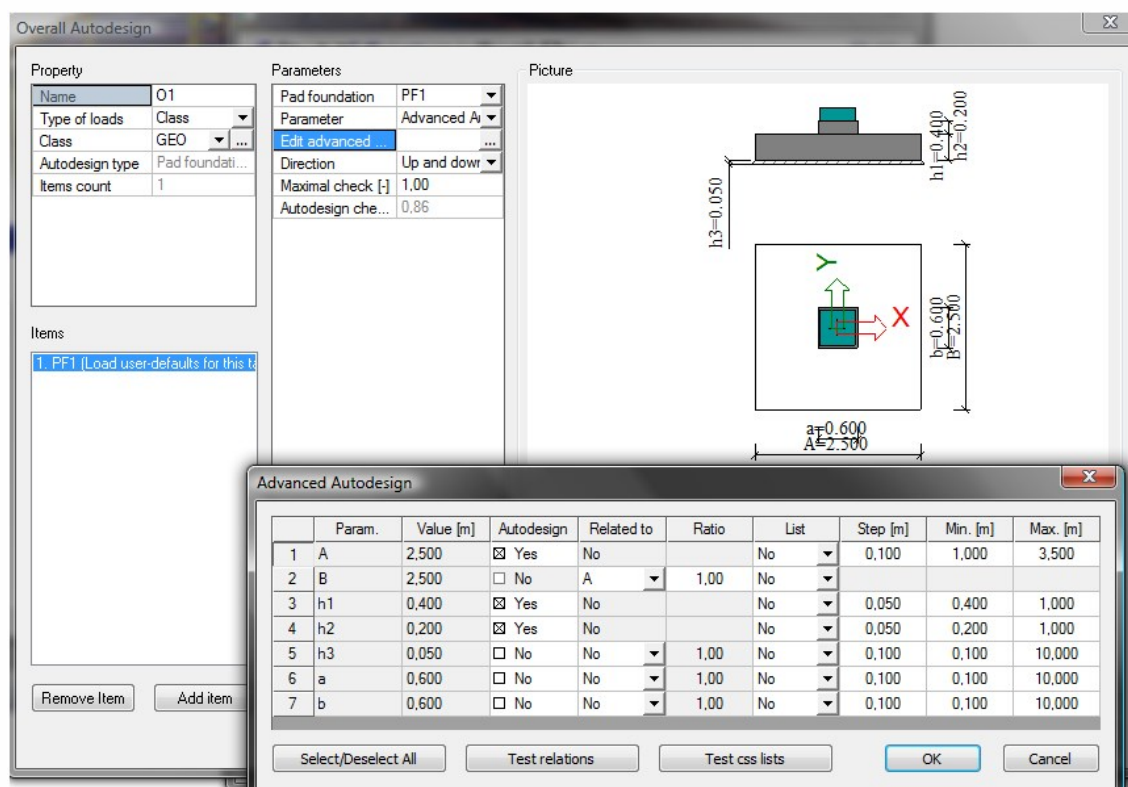
Set value Select/Deselect All Test relations OK Cancel

Illustratief voorbeeld

We gaan uit van een heel eenvoudig voorbeeld van een stalen hal gelegd op betonnen funderingen op staal. Het doel van dit voorbeeld is de optimale afmetingen te vinden van één fundering op staal. De constructie is te zien in de volgende afbeelding.

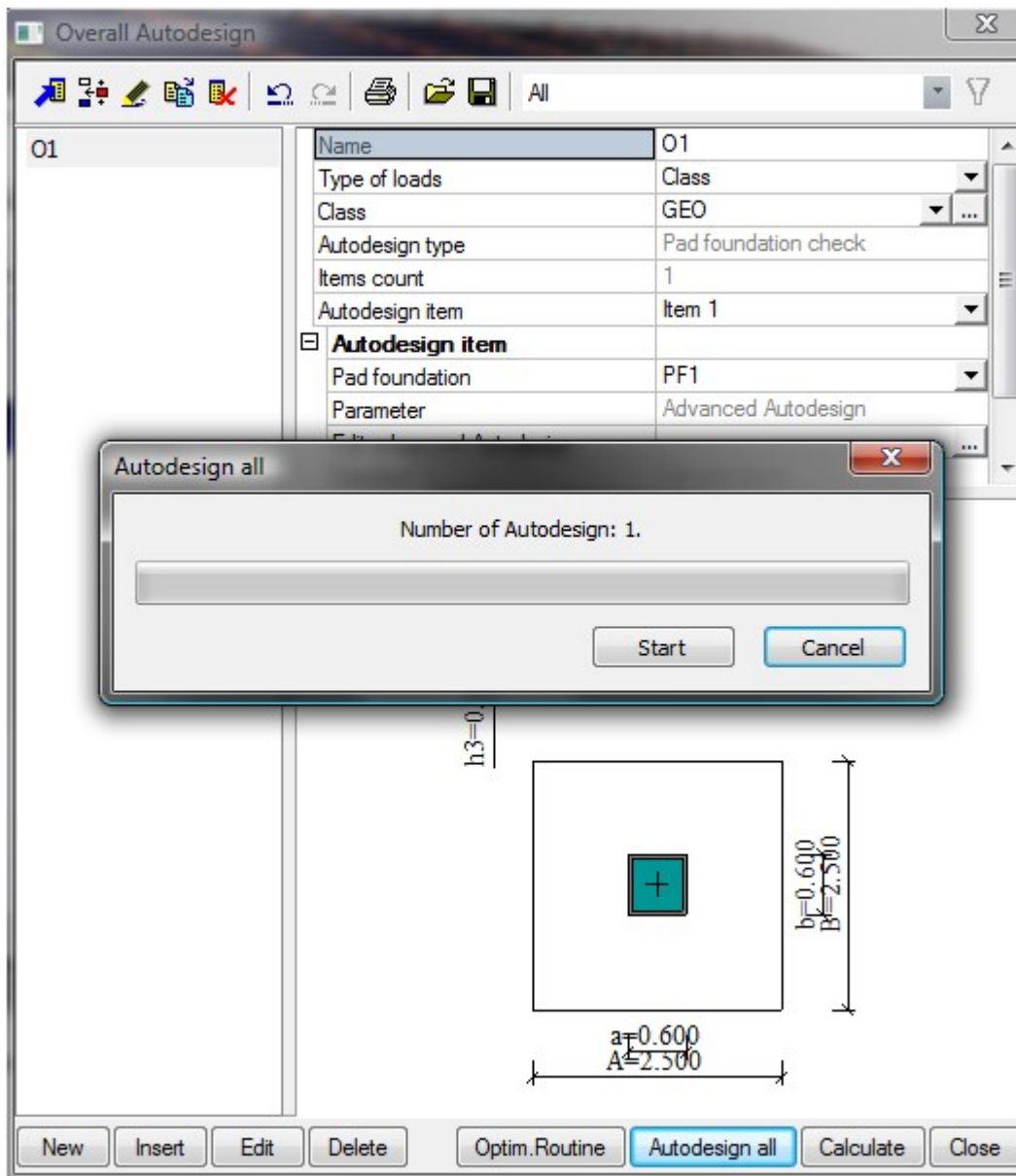


De Autodesign-functie is gedefinieerd voor één geselecteerde fundering op staal. U kunt de instellingen zien.



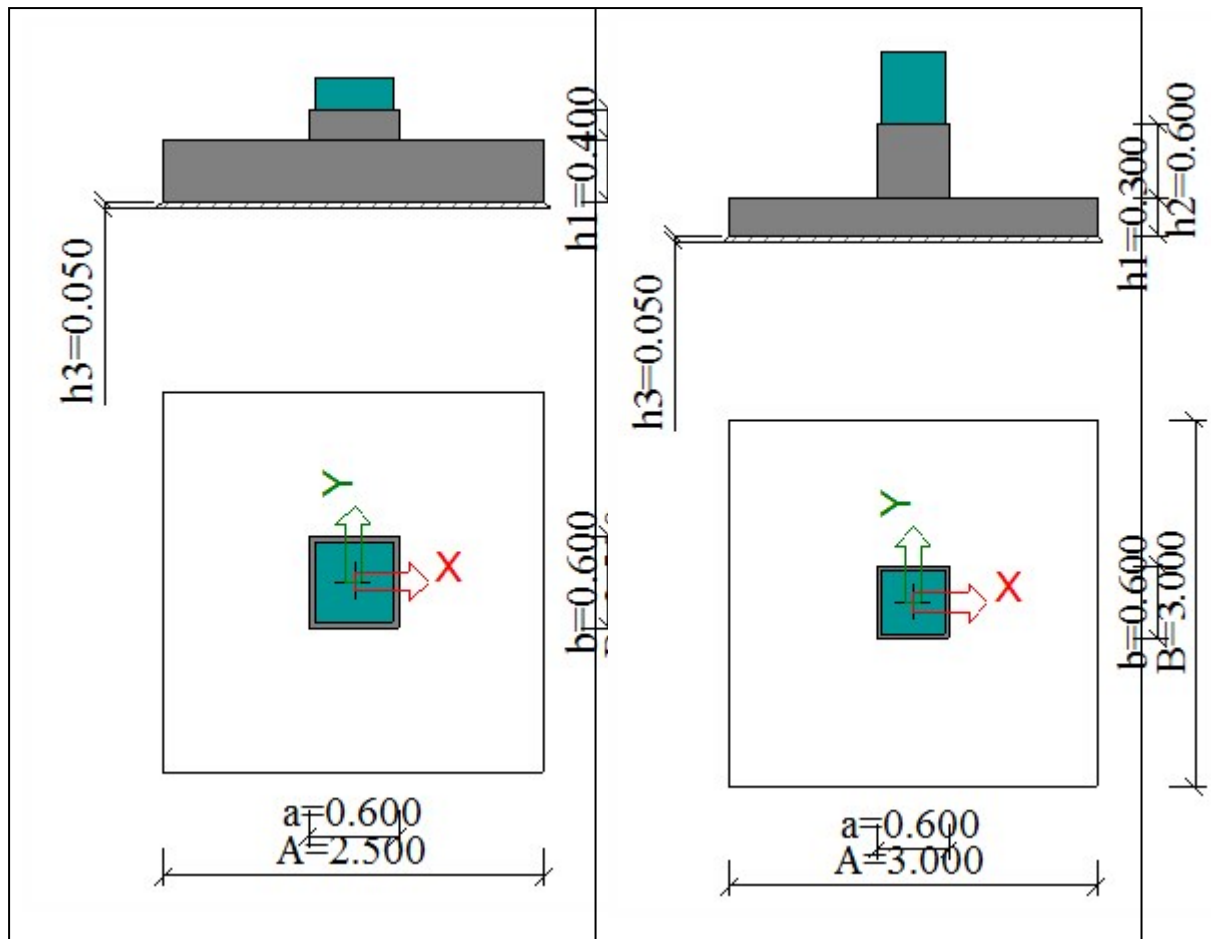
Geavanceerd Autodesign wordt gebruikt. Afmetingen A en B worden geacht hetzelfde te zijn.

Autodesign van beide doorsneden kan in één keer worden uitgevoerd met behulp van Autodesign alle.



De resultaten worden automatisch afgedrukt in een afdrukvoorbeeld.

Overall Autodesign preview						
200 %						
default						
1. O1						
Pad foundation	Parameter	Direction	Maximal check	Autodesign check	Original pad foundation	AutoDesign of pad foundation
PF1	Advanced Autodesign	Up and down	1,00	0,98	PF1 - (2,500; 2,500; 0,400; 0,200; 0,050; 0,600; 0,600)	PF1 - (3,000; 3,000; 0,300; 0,600; 0,050; 0,600; 0,600)
Initieel			Geoptimaliseerd			

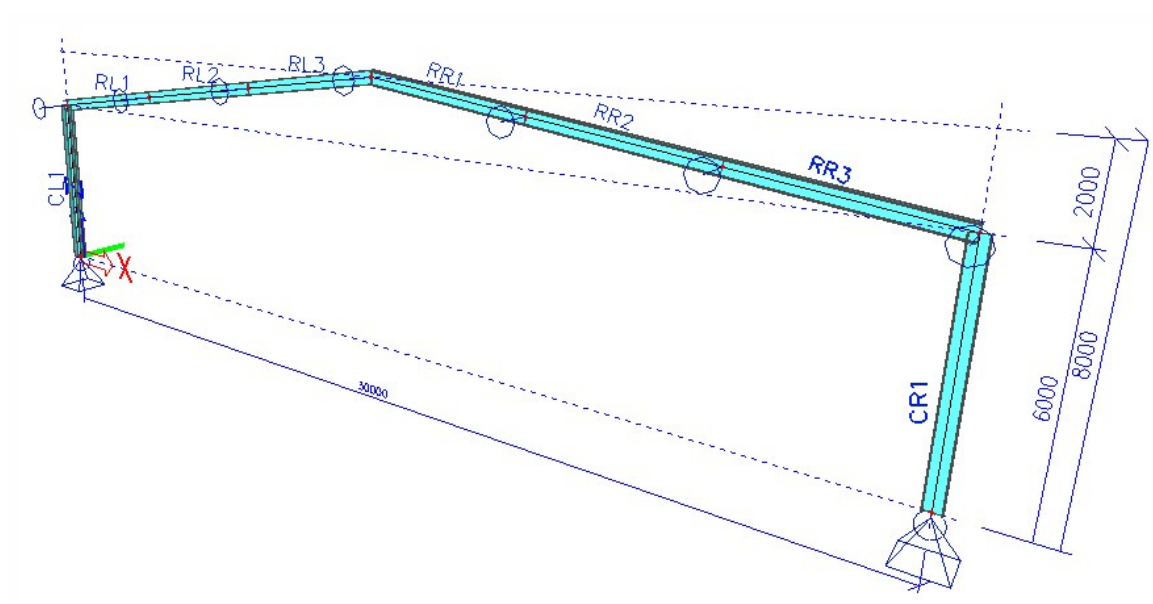


Stalen hal - Raamwerk Autodesign

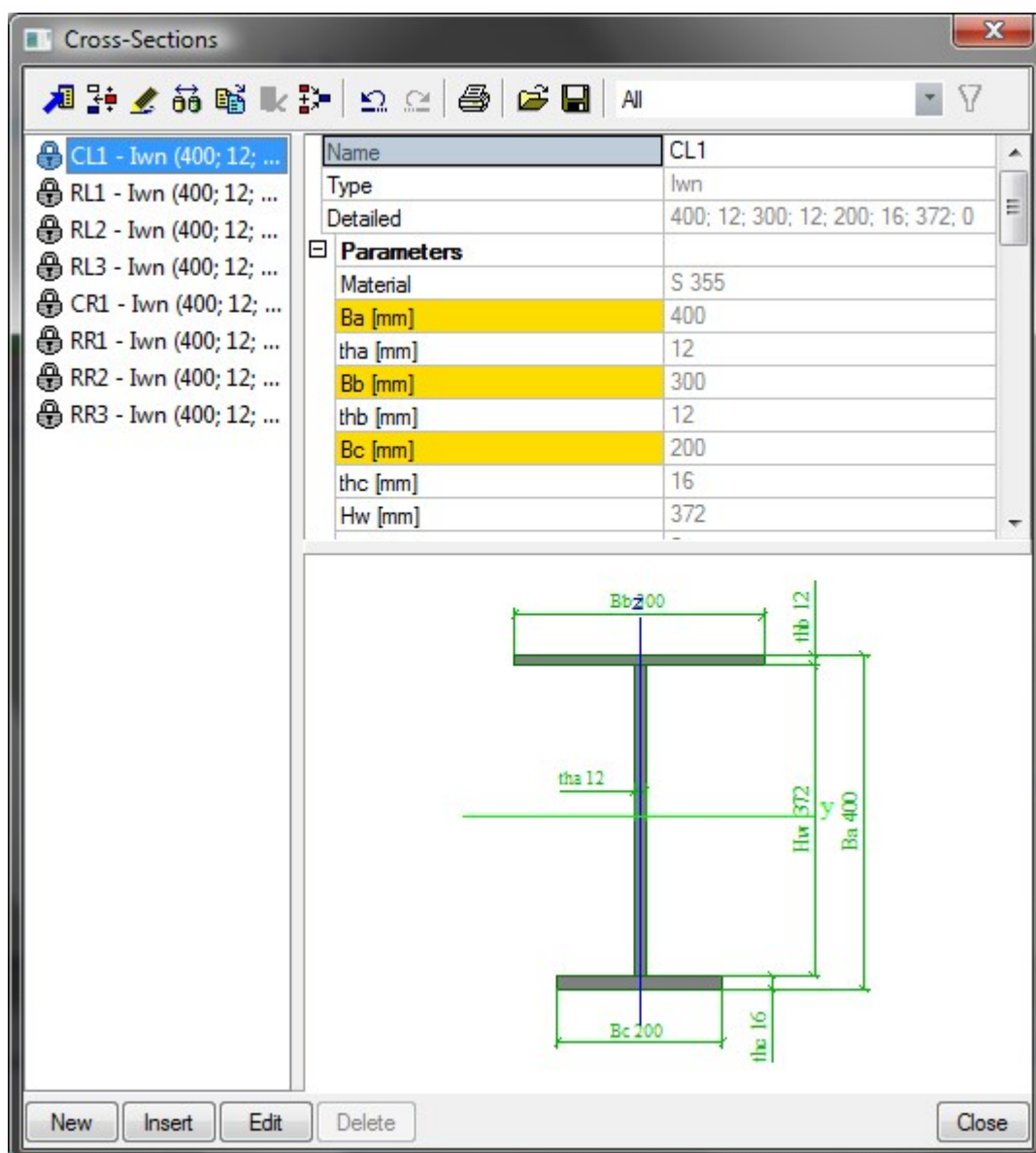
De meeste Autodesign-items zijn gerelateerd aan het optimale ontwerp van stalen raamwerken of hallen. De volgende items zijn gerelateerd aan het raamwerkontwerp:

- Raamwerk - Autodesign manager
- Raamwerk - drsn hoogte Autodesign
- Raamwerk - doorbuiging Autodesign
- Raamwerk - flens Autodesign
- Raamwerk - lijf Autodesign
- Raamwerk - flensdikte Autodesign

Alle bovengenoemde items worden gedemonstreerd op een eenvoudig stalen raamwerk (S355) gemaakt van Iwn-door-sneden. Het raamwerk is 30 m lang met 6,0 m hoge kolommen. Het hoogste punt is 2,0 boven de top van de kolommen. De constructie staat bloot aan eigengewicht, permanente belasting (-3 kN/m), variabele belasting (-5 kN/m) en automatisch gegenereerde klimaatbelasting (wind, sneeuw) volgens EN.

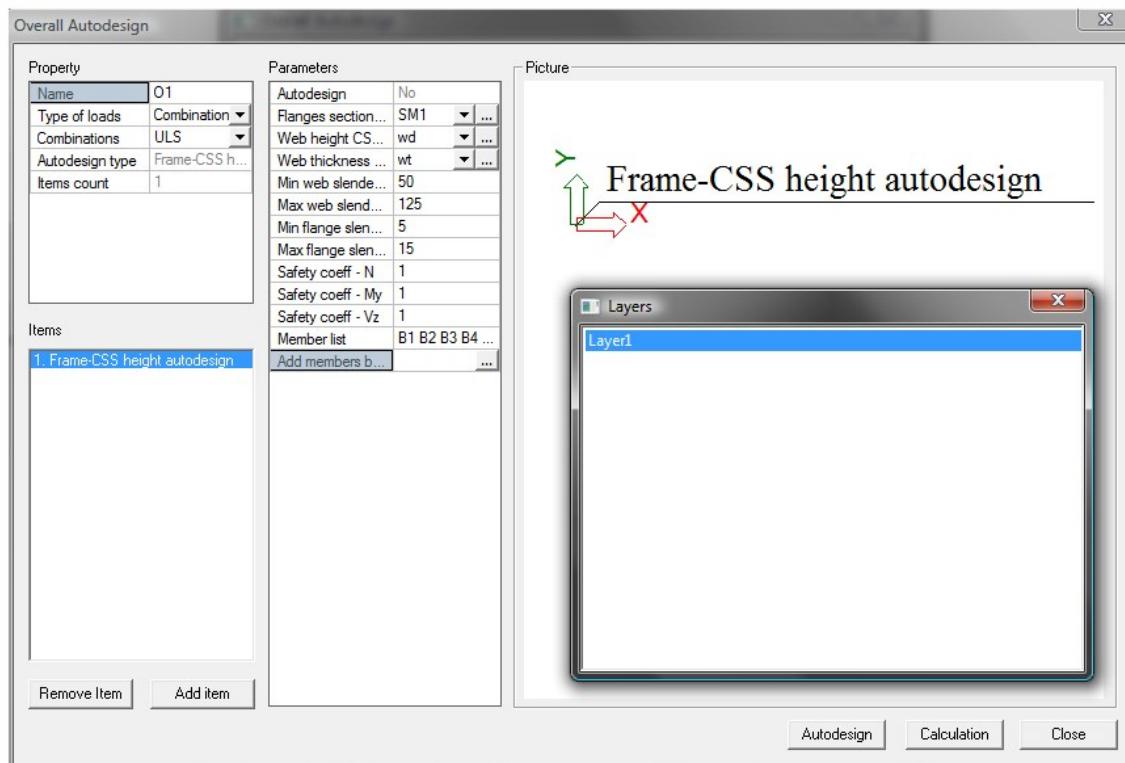


Er worden acht verschillende doorsneden gebruikt (twee voor kolommen en zes voor dakliggers). Alle doorsneden zijn gelast.



Raamwerk - drsn hoogte Autodesign

Drsn hoogte Autodesign is de eerste van stalen raamwerk Autodesigns. Om de ontwerpprocedure te vereenvoudigen, wordt de optimalisatie van het hoogteontwerp gebaseerd op een symmetrische doorsnede. Het hoogteontwerp is gebaseerd op de interactieformule voor gecombineerde buiging en druk.



De eigenschap van dit Autodesign is als volgt:

Flenzen doorsnedematrix

koppeling naar de bibliotheek met doorsnedematrices

Lijfhoogte-drsn

koppeling naar de bibliotheek met doorsnedelijsten

Lijfdikte

koppeling naar de bibliotheek met doorsnedelijsten

Min. lijfslankheid

minimale slankheid van het lijf dat werkt als restrictie

Max. lijfslankheid

maximale slankheid van het lijf dat werkt als restrictie

Min. flenslijfslankheid

minimale slankheid van de flens die werkt als restrictie

Max. flenslijfslankheid

maximale slankheid van de flens die werkt als restrictie

Veiligheidscoëfficiënt - N

XXX

Veiligheidscoëfficiënt - My

XXX

Veiligheidscoëfficiënt - MZ

XXX

Lijst staven

lijst met Autodesign-staven

Staven toevoegen per laag

koppeling naar lagendatabase om een laag te selecteren

Overall Autodesign

Name: O1

Type of loads: Combinations

Combinations: ULS

Autodesign type: Frame-CSS height autodesign

Items count: 1

Autodesign item: Item 1

Autodesign item

Autodesign: No

Flanges section matrix: SM1

Web height CSS list: wd

Web thickness CSS list: wt

Min web slenderness: 50

Max web slenderness: 125

Min flange slenderness: 5

Max flange slenderness: 15

Safety coeff - N: 1

Safety coeff - My: 1

Safety coeff - Vz: 1

Member list: B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8

New Insert Edit Delete Optim.Routine Autodesign all Calculate Close

Overall Autodesign preview

200 %

default default

1. O1

Type Name	Autodesign	Member list	Flanges section matrix	Web height CSS list	Web thickness CSS list	Min web slenderness	Max web slenderness	Min flange slenderness	Max flange slenderness	Safety coeff - N	Safety coeff - My	Safety coeff - Vz
Frame height - AutoDesign	No	B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8	SM1	wd	wt	50	125	5	15	1	1	1

Ready [cs]

De hoogte van de doorsnede wordt met Autodesign gemaakt.

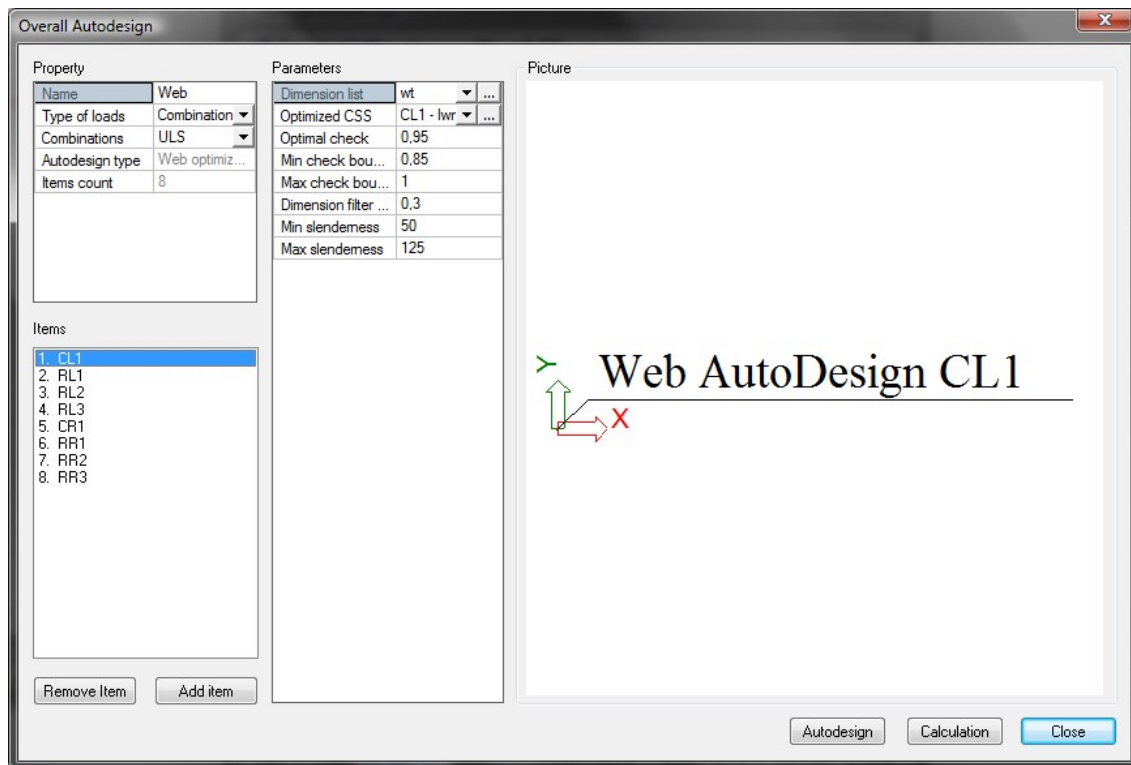
Raamwerk - lijf Autodesign

Lijfoptimalisatie is de tweede stap van het ontwerp van stalen raamwerken. Het doel van dit item is de lijfdikte. De Auto-design-functie van het type lijfoptimalisatie wordt gedefinieerd voor elke doorsnede.

Het programma zoekt automatisch naar de kleinste lijfdikte uit de gedefinieerde Dikte lijst die voldoet aan de staalcontrole. Dit werkt alleen bij de drsn afschuifcontrole en lijfdikte. Dit betekent dat de waarden van de staalafschuifcontrole worden geverifieerd in elke sectie (de standaardwaarde is 10 op een staaf) voor de belastingklasse/combinatie die door de

gebruiker wordt ingesteld. Het programma controleert de lijfslankheid om te zorgen dat Autodesign geen lijfdikte instelt die buiten het gedefinieerde bereik ligt. De beginlijfdikte van dit Autodesign is de waarde na het drsn hoogteontwerp. Hierbij wordt de waarde van de dwarskrachtcontrole voor deze dikte gecontroleerd.

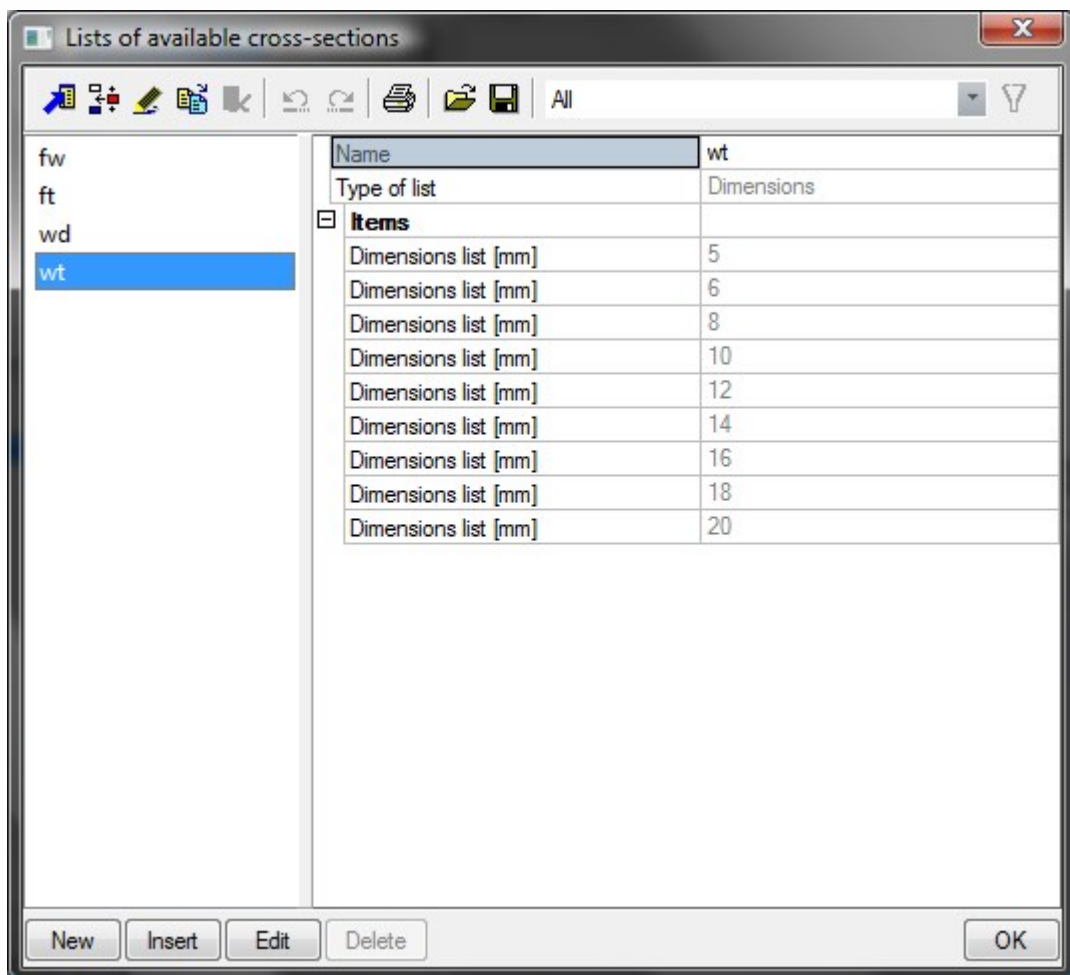
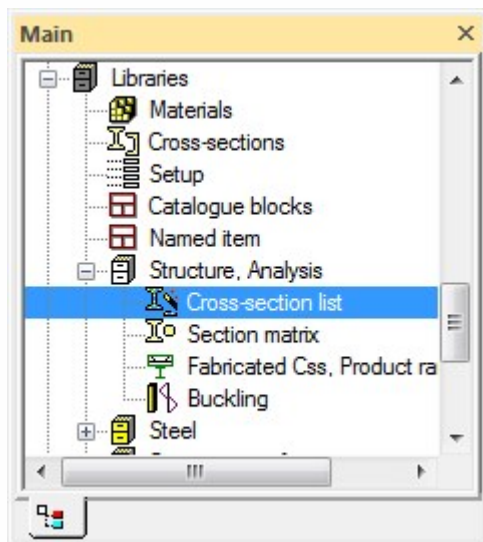
- Als de waarde van de controle groter is dan 1, wordt in de lijst de eerste dikte gezocht met een controle lager dan 1.
- Als de waarde van de controle kleiner is dan 1, worden alle dikten uit de lijst die kleiner zijn dan de huidige gecontroleerd en wordt de dikte geretourneerd die de controle oplevert die het dichtst bij 1 ligt.



De optimale (0,95), minimale (0,85) en maximale (1,0) controlewaarden zijn hetzelfde als voor de flensoptimalisatie. De minimale (50) en maximale (125) slankheid van lijfonderdelen zijn verschillend. Deze lijfoptimalisatie heeft andere eigenschappen dan de flensoptimalisatie:

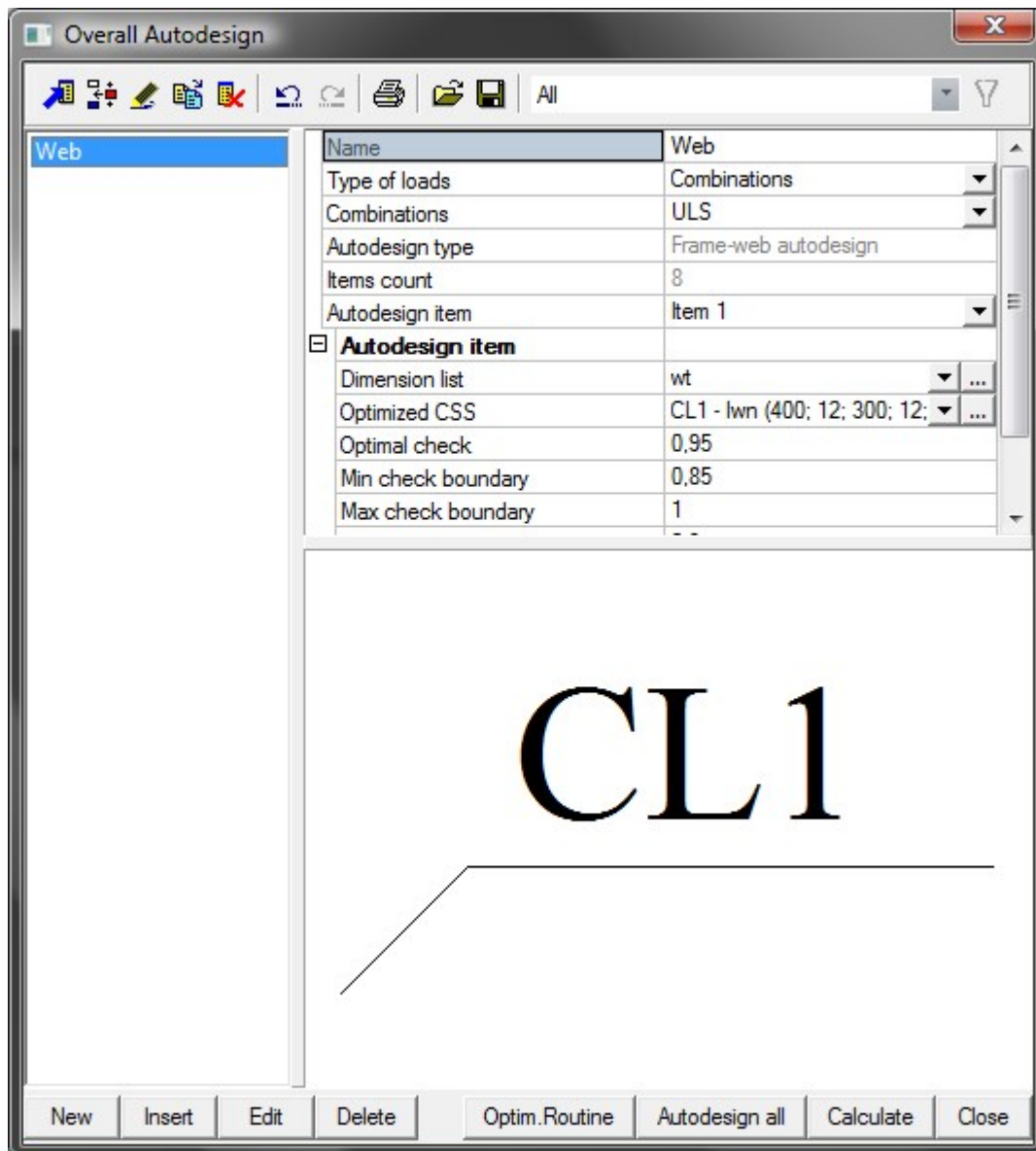
Dimensie lijst

Hiermee kunt u voorgedefinieerde waarden van één afmeting gebruiken volgens de lijst die is gedefinieerd in de bibliotheek Doorsnede lijst. Deze bibliotheek is opgeslagen in Bibliotheken > Constructie, Berekening > Doorsnede lijst.



Er kunnen drie typen doorsnedelijst worden gedefinieerd (zie de volgende afbeelding). Doorsnedelijst type Dimensie lijst kan alleen voor Autodesign worden gebruikt. De dimensie lijst wt wordt gebruikt voor optimalisatie.

Als alle waarden zijn ingesteld, ziet het dialoogvenster er als volgt uit



Het afdrukvoorbeeld van de resultaten wordt afgedrukt

Overall Autodesign preview

200 %

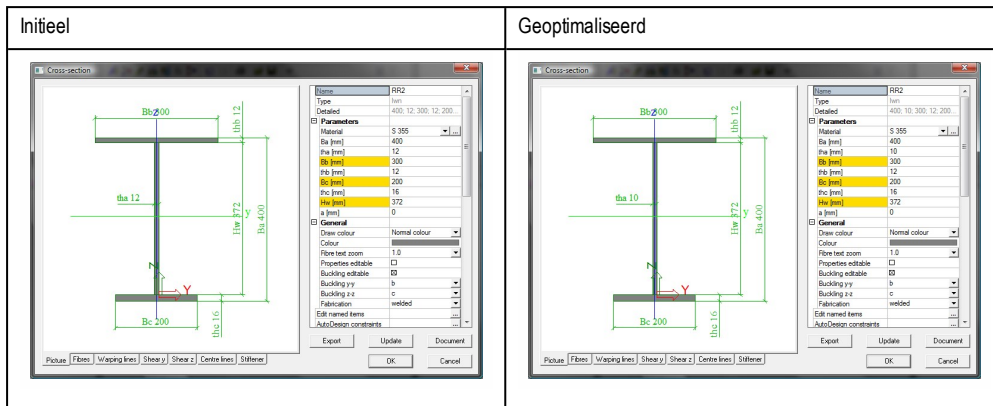
default default

1. Web

Type Name	Dimension list	Optimized CSS	Optimal check	Min check boundary	Max check boundary	Dimension filter tolerance	Min slenderness	Max slenderness
Web AutoDesign CL1	wt	CL1 - lwn (400; 12; 300; 12; 200; 16; 372; 0)	0,95	0,85	1	0,3	50	125
Web AutoDesign RL1	wt	RL1 - lwn (400; 12; 300; 12; 200; 16; 372; 0)	0,95	0,85	1	0,3	50	125
Web AutoDesign RL2	wt	RL2 - lwn (400; 10; 300; 12; 200; 16; 372; 0)	0,95	0,85	1	0,3	0	1000
Web AutoDesign RL3	wt	RL3 - lwn (400; 10; 300; 12; 200; 16; 372; 0)	0,95	0,85	1	0,3	0	1000
Web AutoDesign CR1	wt	CR1 - lwn (400; 10; 300; 12; 200; 16; 372; 0)	0,95	0,85	1	0,3	0	1000
Web AutoDesign RR1	wt	RR1 - lwn (400; 10; 300; 12; 200; 16; 372; 0)	0,95	0,85	1	0,3	0	1000
Web AutoDesign RR2	wt	RR2 - lwn (400; 10; 300; 12; 200; 16; 372; 0)	0,95	0,85	1	0,3	0	1000
Web AutoDesign RR3	wt	RR3 - lwn (400; 10; 300; 12; 200; 16; 372; 0)	0,95	0,85	1	0,3	0	1000

Min slenderness

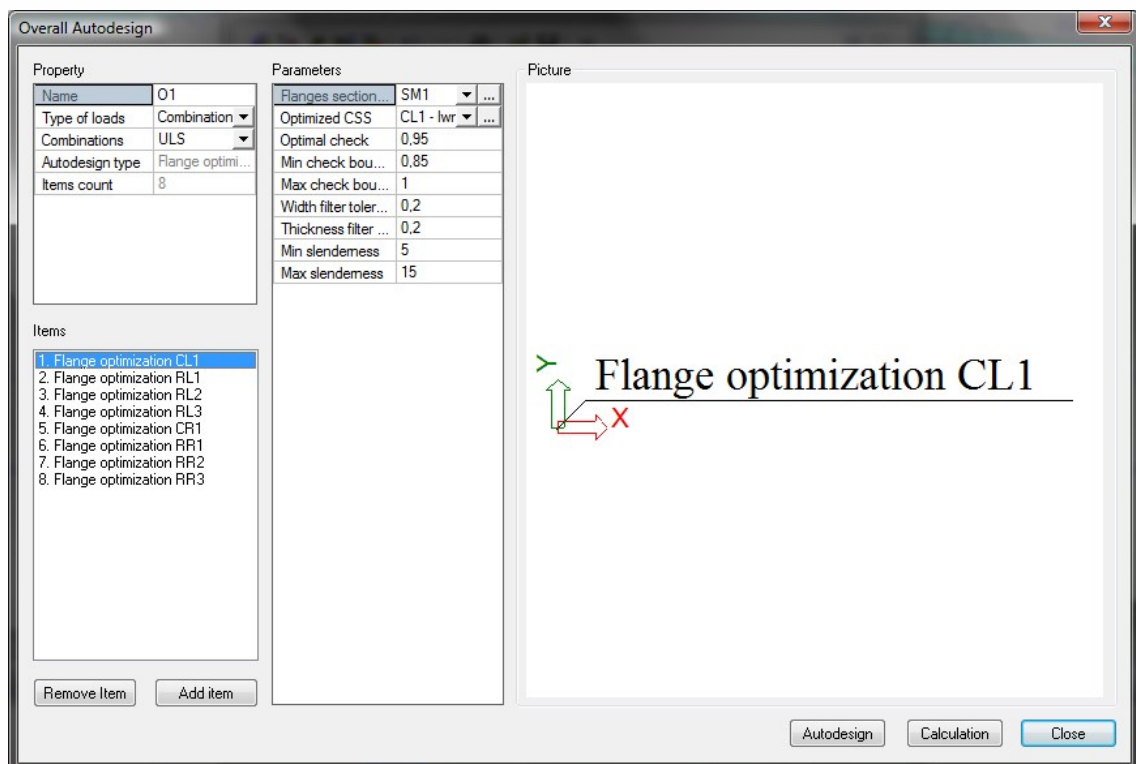
De vergelijking van initiële en geoptimaliseerde waarden van de doorsnede blijkt uit de volgende tabel. De lijfdikte is afgenomen van 12 tot 10 mm.



Raamwerk - flens Autodesign

Het doel van dit item is het ontwerpen van de optimale afmetingen van flensonderdelen van stalen doorsneden. De Auto-design-functie van het type Flensoptimalisatie wordt gedefinieerd voor elke doorsnede.

In deze stap is drsn ontworpen als symmetrisch, hetgeen inhoudt dat de bovenste en onderste flenzen dezelfde geometrie hebben. Het programma zoekt automatisch naar de lichtste geometrie van de flens op basis van de gedefinieerde Flenzen doorsnedematrix. Daarbij worden alle gedefinieerde combinaties van flensbreedtes en -diktes genomen en gesorteerd op flensoppervlak. Het programma zoekt vervolgens naar het eerste item uit de lijst met een drsn-controle kleiner dan 1.



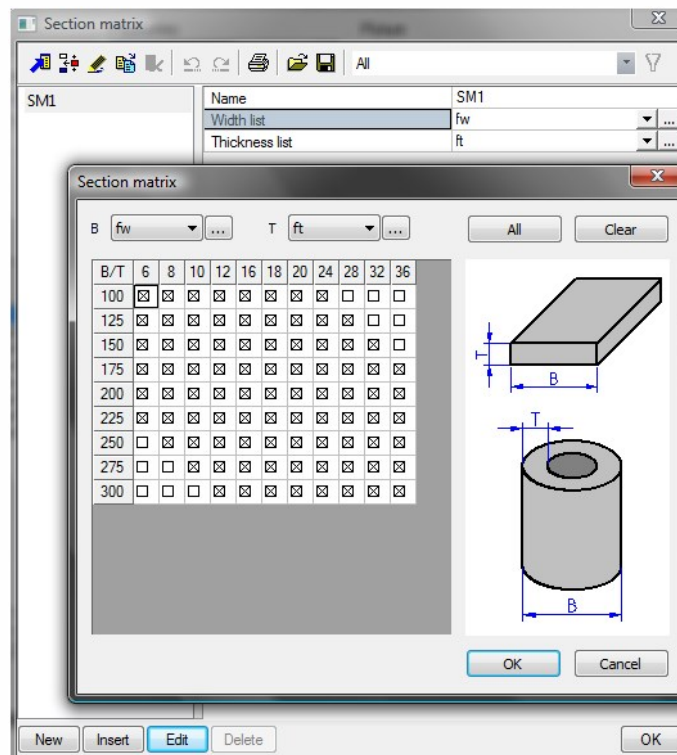
Deze flensoptimalisatie heeft verschillende eigenschappen:

**Flenzen
snede**

door-

hier is de koppeling naar de bibliotheek Doorsnede matrix. De bibliotheek Doorsnede matrix is gedefinieerd in Bibliotheken >

Constructie, Berekening > Doorsnede matrix. Over het algemeen is de doorsnedematrix de matrix van de gedefinieerde sets van flensbreedte en -dikte. Deze kan worden gedefinieerd door de gebruiker en kan de fabricagemogelijkheden van de staalleverancier weergeven. De doorsnedematrix die voor dit voorbeeld is gebruikt, staat in de volgende afbeelding.



Geoptimaliseerde drsn

Koppeling naar de doorsnede die moet worden geoptimaliseerd uit de bibliotheek. Voor elke geoptimaliseerde doorsnede wordt een ander Autodesign-item gemaakt. (8 items van het type Flensoptimalisatie).

De volgende items werken als restricties.

Optimale controle

controlewaarden die zouden moeten worden gerealiseerd voor de constructie met optimale afmetingen

Min. grens-controle

minimale controlewaarde die wordt geaccepteerd voor de optimale configuratie van de constructie

Max. grens-controle

maximale controlewaarde die wordt geaccepteerd voor de optimale configuratie van de constructie

Breedtefiltertolerantie

Gebruikte tolerantie voor breedteparameters

Diktefiltertolerantie

Gebruikte tolerantie voor dikteparameters

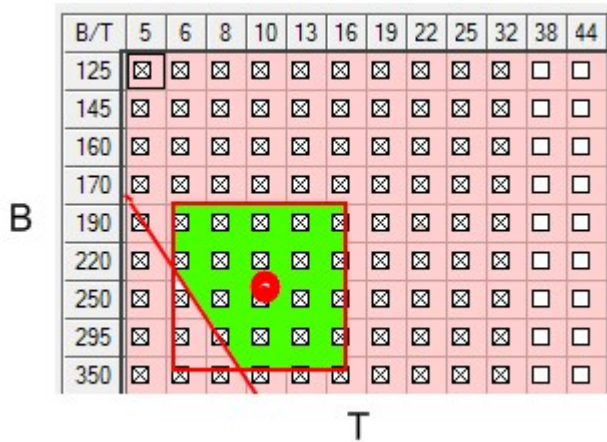
Min slankheid

minimale slankheid van de flens van de doorsnede

Max Slankheid

maximale slankheid van de flens van de doorsnede

De tolerantie wordt relatief gedefinieerd, vanaf de werkelijke definitie worden alleen die gecontroleerd die binnen het bereik liggen. Grafisch kan dit worden geïnterpreteerd zoals aangegeven in de volgende afbeelding.

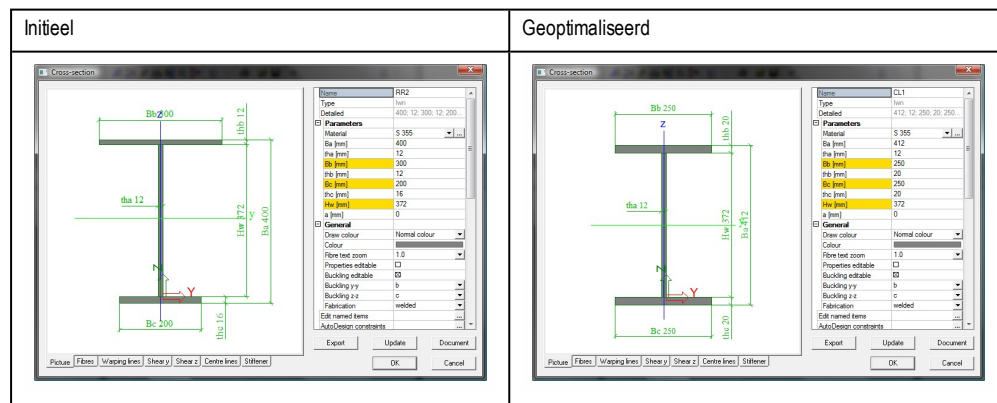


- De rode punt in de afbeelding toont de flensgeometrie als resultaat van het hoogteontwerp. De flensgeometrie van de matrix die het beste overeenkomt met dit resultaat, wordt gebruikt. Op basis van de tolerantieparameters uit de ontwerpinstellingen, wordt een bereik van breedtes en diktes gedefinieerd zoals aangegeven met de rode rechthoek.
- Naast de vorige tolerantie wordt rekening gehouden met de flensslankheidsgrens die is ingesteld in de relatieve grenzen. Dit wordt in de afbeelding aangegeven met de schuine lijn
- De uiteindelijke set flensgeometrieën, rekening houdend met zowel de tolerantie als de slankheidsgrens, wordt in groen weergegeven in de afbeelding.

Als alle waarden zijn ingesteld voor elke geoptimaliseerde doorsnede, kan Algemeen Autodesign worden uitgevoerd.

Het wordt niet aanbevolen alleen de flensoptimalisatie te gebruiken. In dat geval wordt de I-doorsnede getransformeerd in een flensdoorsnede, hetgeen nonsens is.

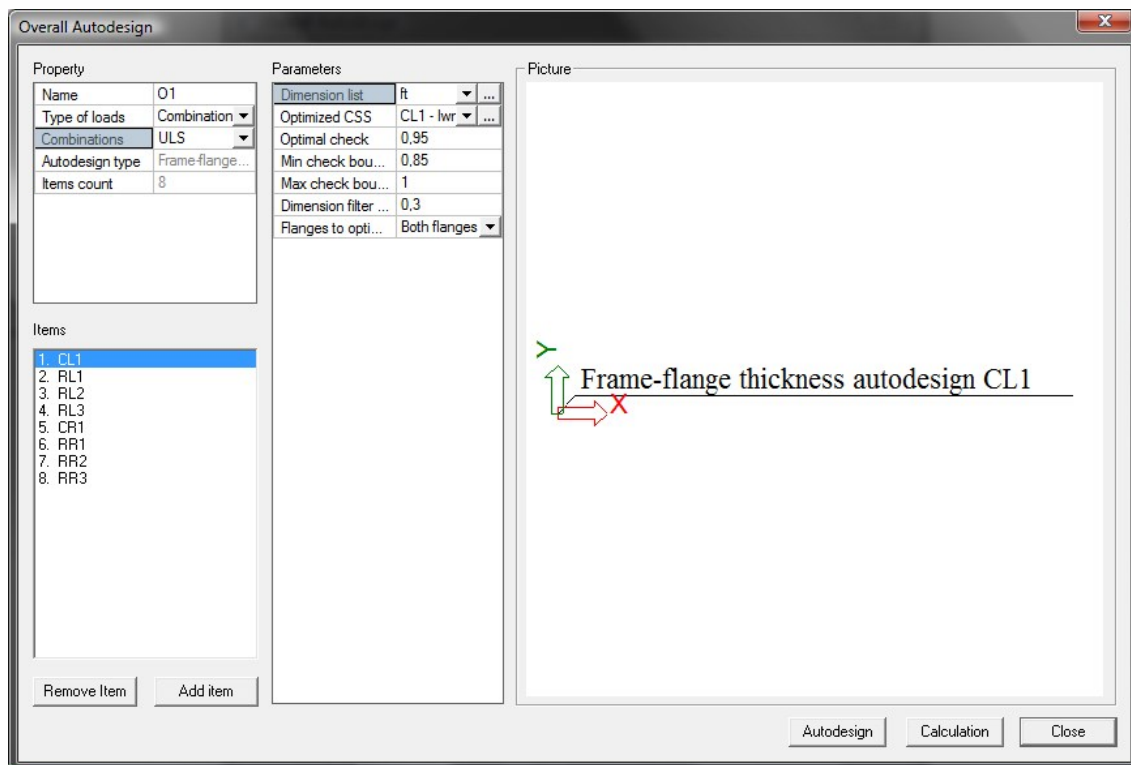
De vergelijking van initiële en geoptimaliseerde waarden van de doorsnede blijkt uit de volgende tabel. De initiële flensafmetingen voor de bovenste (12x300 mm) en de onderste (16x200 mm) flens zijn gewijzigd in 20x250 mm voor zowel de bovenste als de onderste flens.



Raamwerk - flensdikte Autodesign

Flensdikteoptimalisatie is de volgende stap in Autodesign van stalen raamwerkdoorsneden. Het doel van dit item is het ontwerpen van de optimale afmetingen van de flens. De Autodesign-functie van het type Flensdikteoptimalisatie wordt

gedefinieerd voor elke doorsnede.

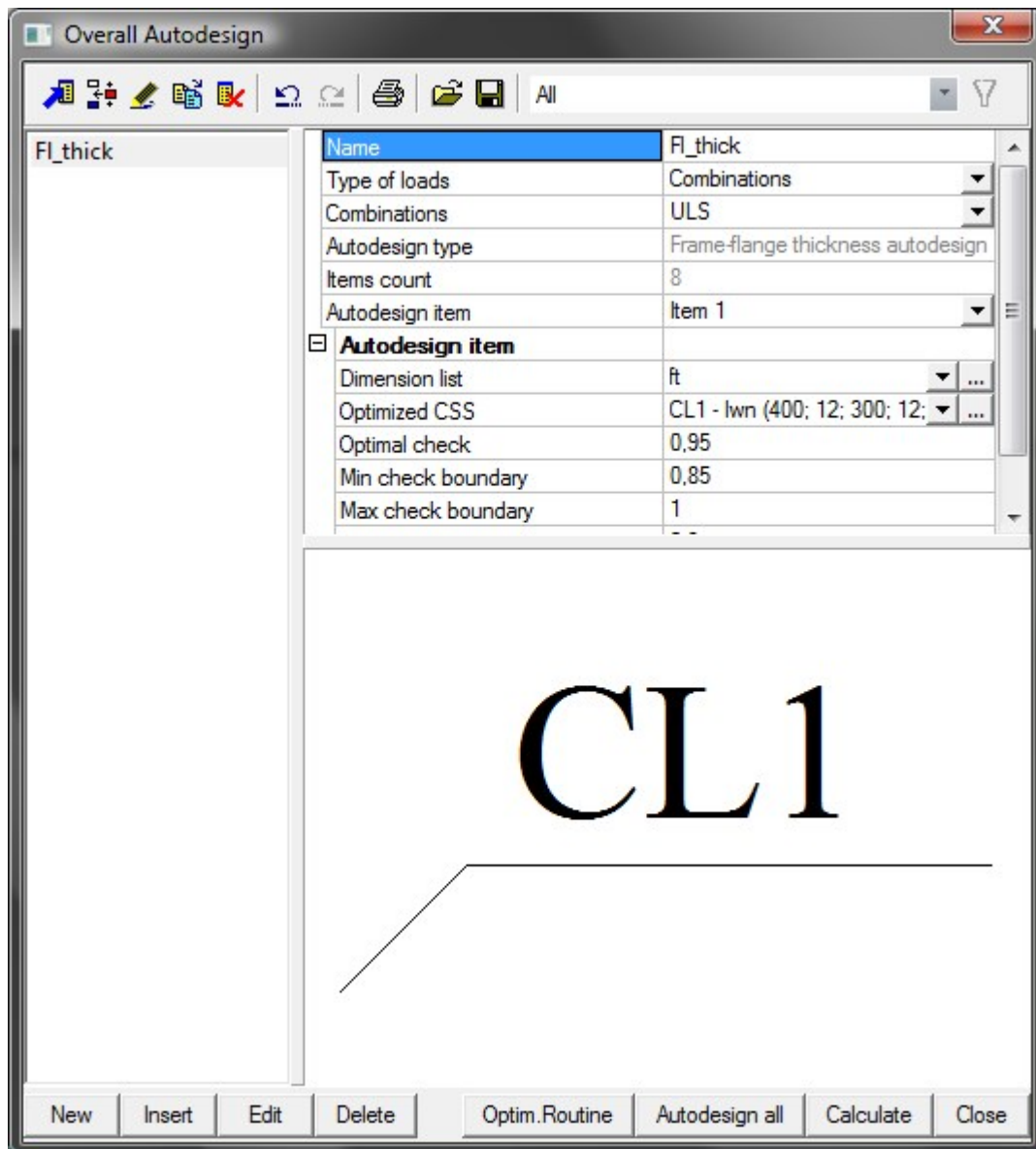


De optimale (0,95), minimale (0,85) en maximale (1,0) controlewaarden zijn hetzelfde als voor de flensoptimalisatie. De afmetingsfiltertolerantie is ingesteld op 0,3. Er is slechts één eigenschap anders voor Autodesign van lijf en van flens:

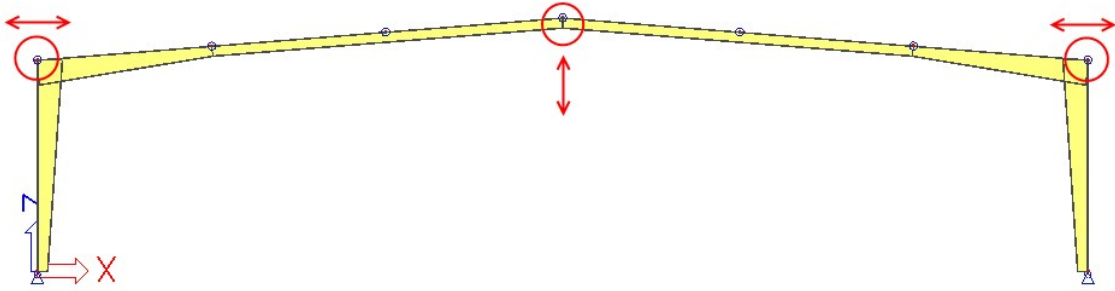
Flens om te optimaliseren

Selectie van Binnenste/Buitenste/Beide flenzen.

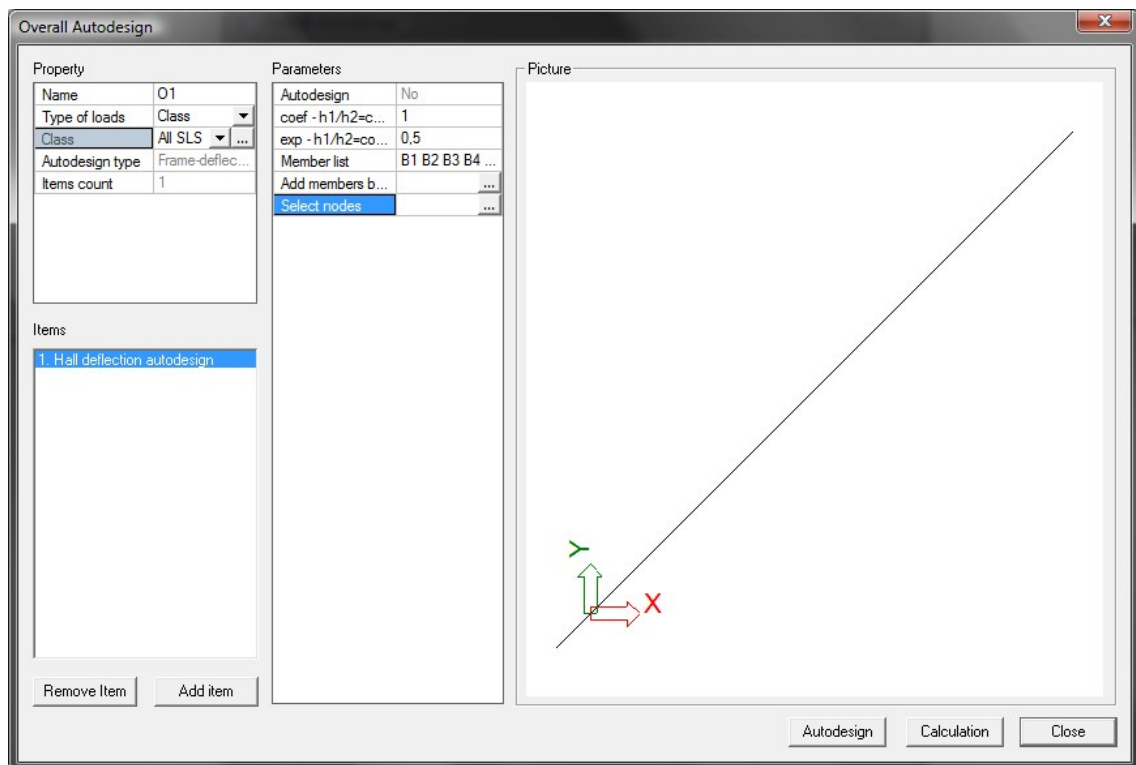
Als alle waarden zijn ingesteld, ziet het dialoogvenster er als volgt uit



Het wordt niet aanbevolen alleen de flensoptimalisatie te gebruiken. In dat geval wordt de I-doorsnede getransformeerd in een flensdoorsnede, hetgeen nonsens is.



Zoals gespecificeerd, controleert het programma de doorbuigingen bij alle knopen, omdat de kritische knopen verschillen per type raamwerk.



Er zijn verschillende eigenschappen voor dit type Autodesign:

coef – $h1/h2=coef*(check^{exp-1})+1$

de waarde die wordt gebruikt voor het optimale ontwerp van CS gebaseerd op de grensdoorbuiging (zie formule)

exp – $h1/h2=coef*(check^{exp-1})+1$

de waarde die wordt gebruikt voor het optimale ontwerp van CS gebaseerd op de grensdoorbuiging (zie formule)

Er moet een klasse als type belasting worden gebruikt, anders werkt Autodesign van de raamwerkdoorbuiging niet correct.

1.

Selecteer knoop N2 (knoop linkse dakrand) uit de eerste lijst en stel de waarden in

Horizontale doorbuiging = 60 mm

Doorbuiging omhoog = 1000 mm (criterium wordt niet gebruikt)

Doorbuiging omlaag = 1000 mm (criterium wordt niet gebruikt)

2.

Selecteer knoop N6 (knoop rechtse dakrand) uit de laatste lijst en stel de waarden in

Horizontale doorbuiging = 60 mm

Doorbuiging omhoog = 1000 mm (criterium wordt niet gebruikt)

Doorbuiging omlaag = 1000 mm (criterium wordt niet gebruikt)

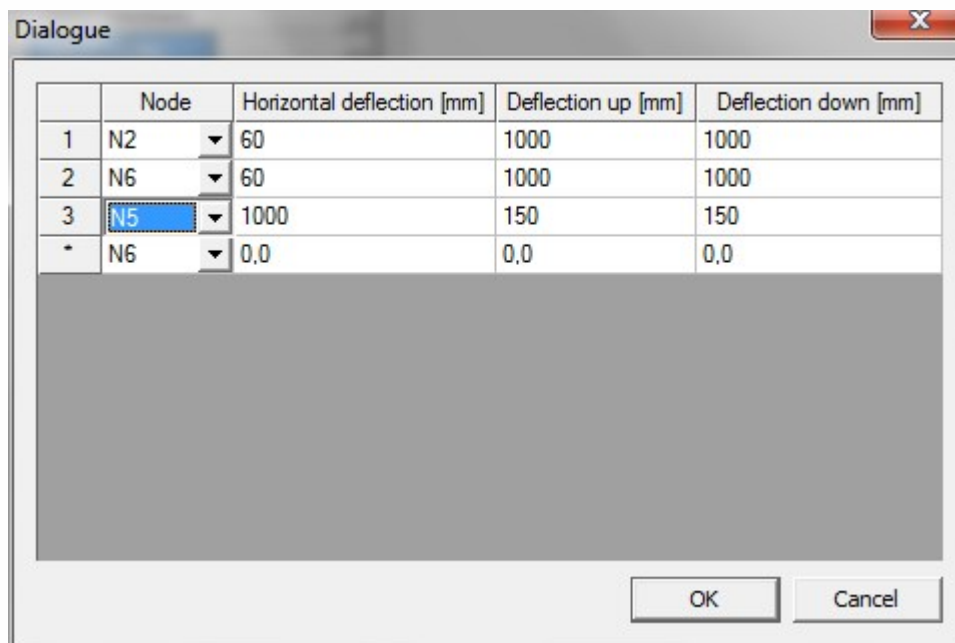
3.

Selecteer knoop N5 (bovenste knoop) uit de laatste lijst en stel de waarden in

Horizontale doorbuiging = 1000 mm (criterium wordt niet gebruikt)

Doorbuiging omhoog = 150 mm

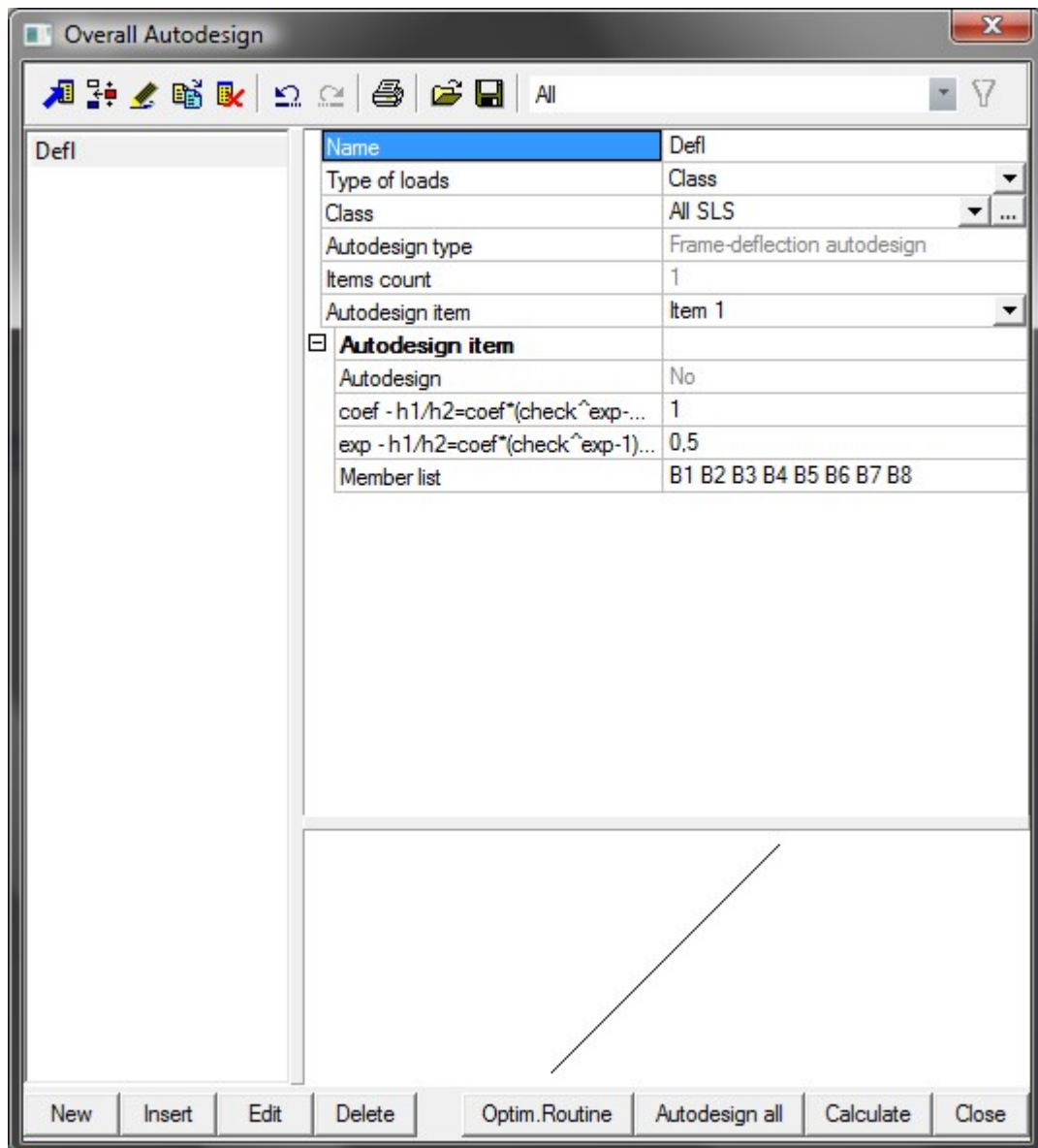
Doorbuiging omlaag = 150 mm



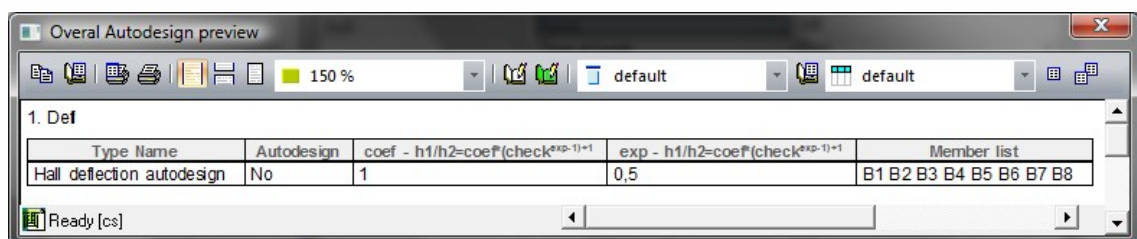
	Node	Horizontal deflection [mm]	Deflection up [mm]	Deflection down [mm]
1	N2	60	1000	1000
2	N6	60	1000	1000
3	N5	1000	150	150
*	N6	0,0	0,0	0,0

OK Cancel

Als alle waarden zijn ingesteld, ziet het dialoogvenster er als volgt uit:

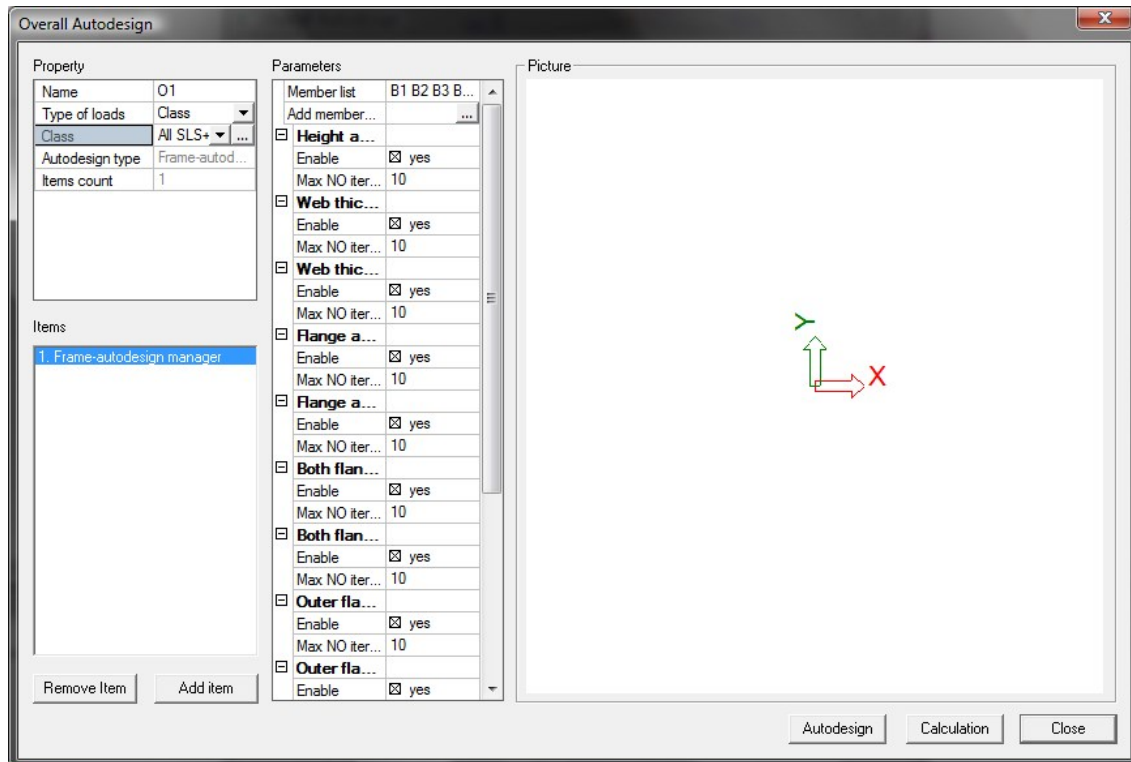


Het afdrukvoorbeeld van de resultaten wordt afgedrukt.



Raamwerk - Autodesign manager

Alle bovenstaande Autodesign-items worden gebruikt voor het optimale ontwerp (met behulp van een speciaal type Autodesign-functie (Raamwerk - Autodesign manager). Dit type omvat Autodesign van flens, lijf, flensdikte, drsn-hoogte en doorbuiging.



De eigenschap van dit Autodesign is hetzelfde voor individuele controles.

Lijst staven

geselecteerde staven (alleen lezen)

Naam van controle

naam van de gebruikte controle van Autodesign (hoogte, lijfdikte, lijfdikte in doorbuiging, flens, flens in doorbuiging, onderste flens, onderste flens in doorbuiging, buitenste flens, buitenste flens in doorbuiging, binnenste flens, binnenste flens in doorbuiging, interne kolom en doorbuigingsontwerp)

Activeer

optie, of met deze controle rekening moet worden gehouden bij Autodesign of niet

Max Aantal

Iteraties maximaal aantal iteraties dat wordt gebruikt voor Autodesign

Als alle waarden zijn ingesteld, ziet het dialoogvenster er als volgt uit

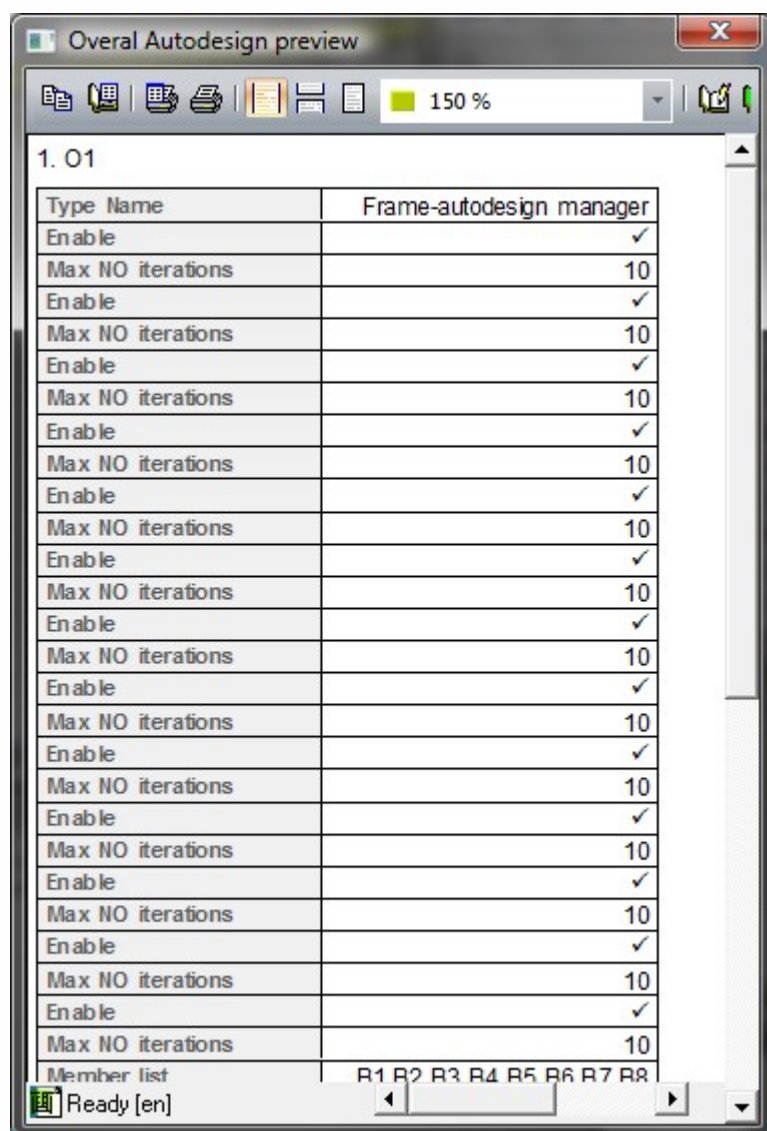
Overall Autodesign

All

O1	Name	O1
	Type of loads	Class
	Class	All SLS+ULS
	Autodesign type	Frame-autodesign manager
	Items count	1
	Autodesign item	Item 1
☒	Autodesign item	
	Member list	B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8
☒	Height autodesign	
	Enable	☒ yes
	Max NO iterations	10
☒	Web thickness autodesign	
	Enable	☒ yes
	Max NO iterations	10
☒	Web thickness autodesign...	
	Enable	☒ yes
	Max NO iterations	10
☒	Flange autodesign	
	Enable	☒ yes

New Insert Edit Delete Optim.Routine Autodesign all Calculate Close

Het afdrukvoorbeeld van de resultaten wordt afgedrukt



Scia Optimizer



The following chapter is currently available only in English.

Introduction



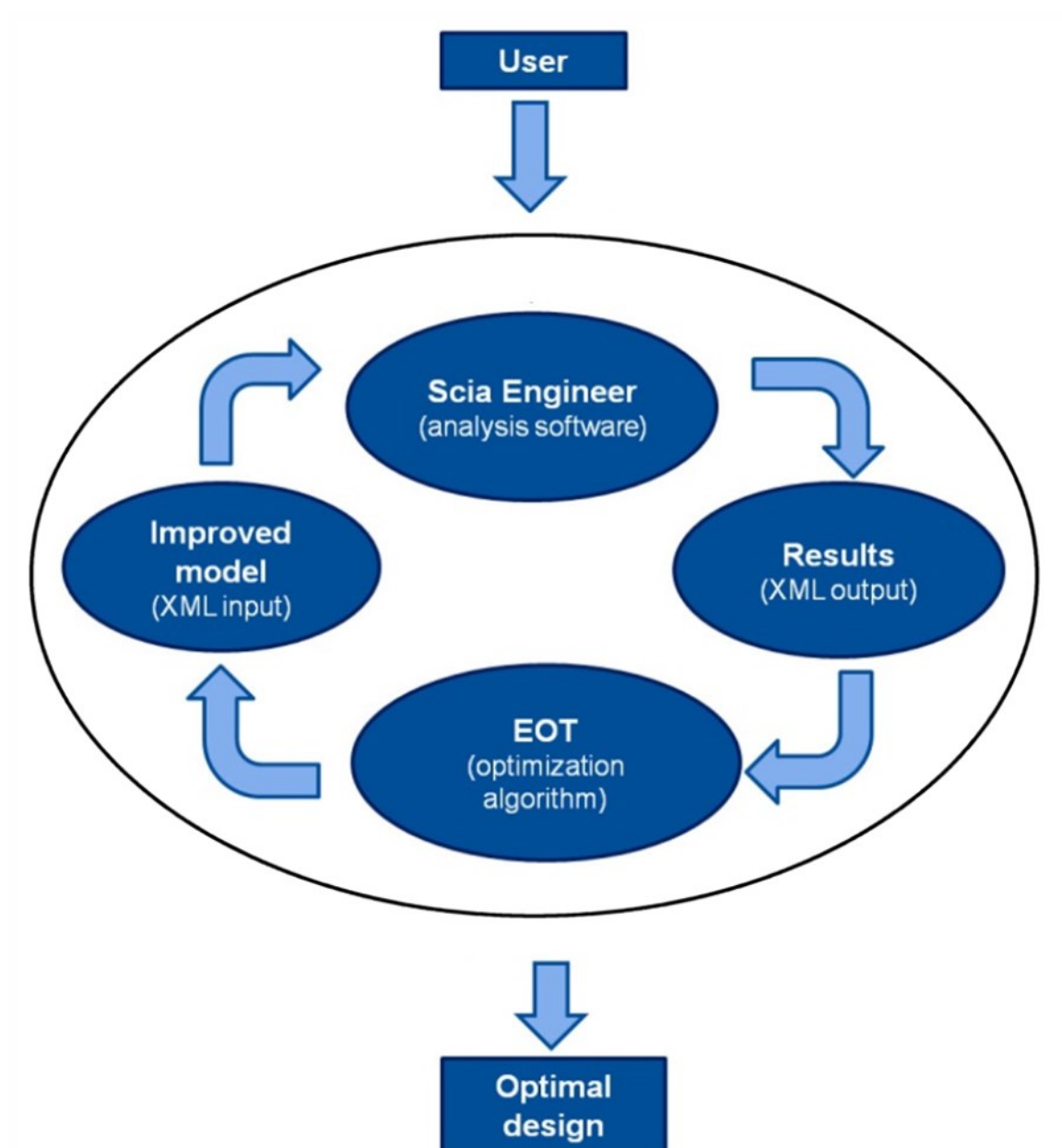
The following chapter is currently available only in English.

The aim of this document is to introduce a brand new tool for optimization of civil engineering structures developed by Nemetschek Scia and to demonstrate how it can be helpful and effective to everybody who deals with structural design.

About Scia Engineer Optimizer

Scia Engineer Optimizer is an example of a new generation of software for the design of structures. It is software which calculates internal forces, checks the compliance to the code, and on top of that, this software is able to “find” the final optimal structural design.

It represents a combination of the widespread structural analysis software - Scia Engineer - and a separate optimization engine (EOT – Engineering Optimization Tool). The two programs have been integrated together and offer a versatile and complete optimization solution for all types of civil engineering structures.



Motivation

Scia Engineer Optimizer is very general and flexible because the demands which need to be considered during a really optimal structural design are also rather complex and general. However, thanks to the power of the current computational technologies, all requirements for cost reduction, material savings and environmental protection can be now easily met. Despite the complexity of the general optimization, the optimization process itself is not complicated and this manual will lead you how to proceed.

Once all the required input data are entered, i.e. the model of the analysed structure is defined, the search for the optimal solution runs fully automatically and no interaction from the user is required. For real-life problems several optimal solutions can be found. In such situations, it is up to the user to make the final decision.

Depending on our requirements we may seek different targets. The goal of the optimization depends on us: is it the total weight, costs, eigen frequency or something else. And with respect to the goal, there are many possibilities of what can be

optimized, what means, which properties or parameters of the structure are to be changed to reach the optimum: geometry, cross-sections, reinforcement, prestressing, structural arrangement and others.

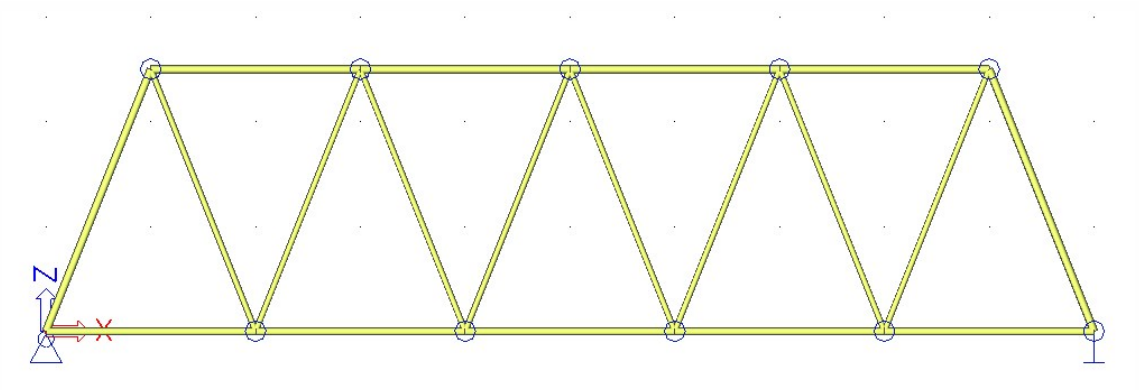
As the constraints we use various values obtained from Scia Engineer analysis: unity check, capacity, eigen frequency, deflection etc.

Worked example

This example shows the optimization of the geometrical shape with the aim to reach the minimum mass of a steel truss girder with respect to fulfilling the capacity according to for 1st limit state code check implemented in SCIA Engineer (EC3 in this case).

The structure is a simply supported truss girder with the span of 10 metres, see the next picture. The goal of optimization is find optimal height of the truss (which will most probably vary along the girder length, see results at the end of this tutorial).

All members have tubular cross-sections but the thickness and diameter are variable. However both values have to be within certain limitations.



Structure modelling

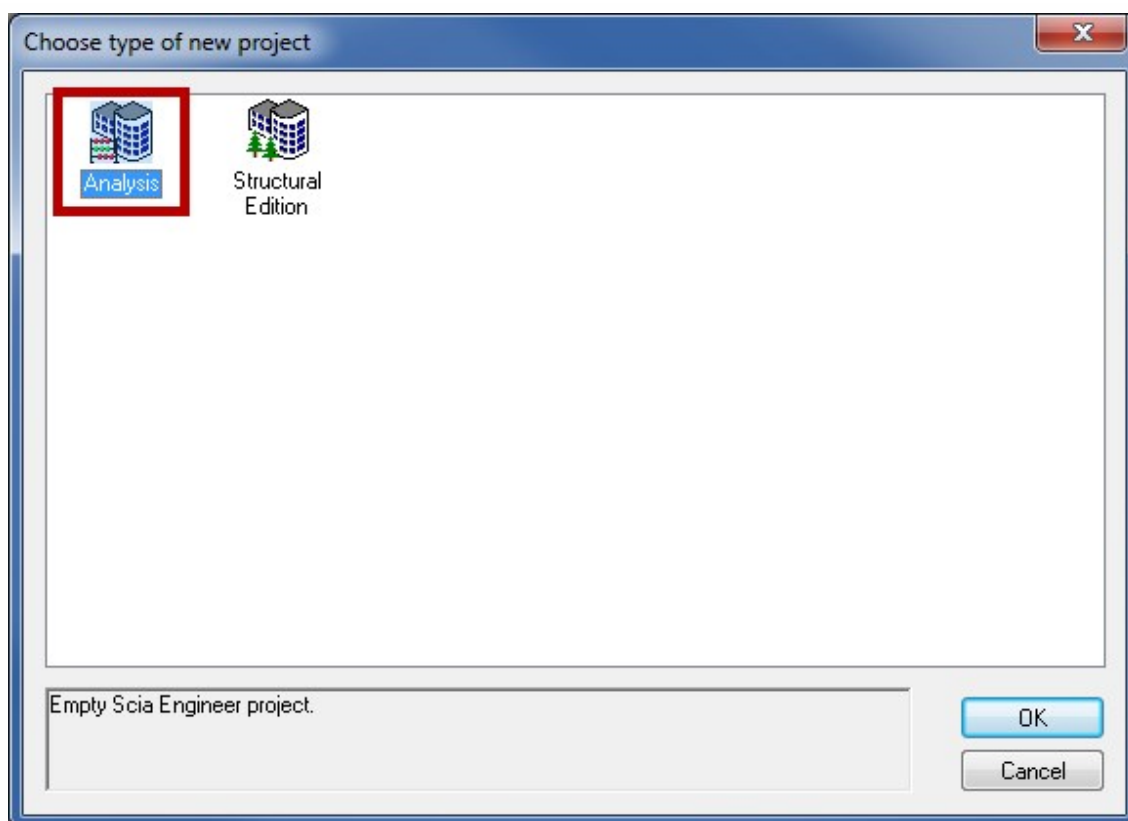


The following chapter is currently available only in English.

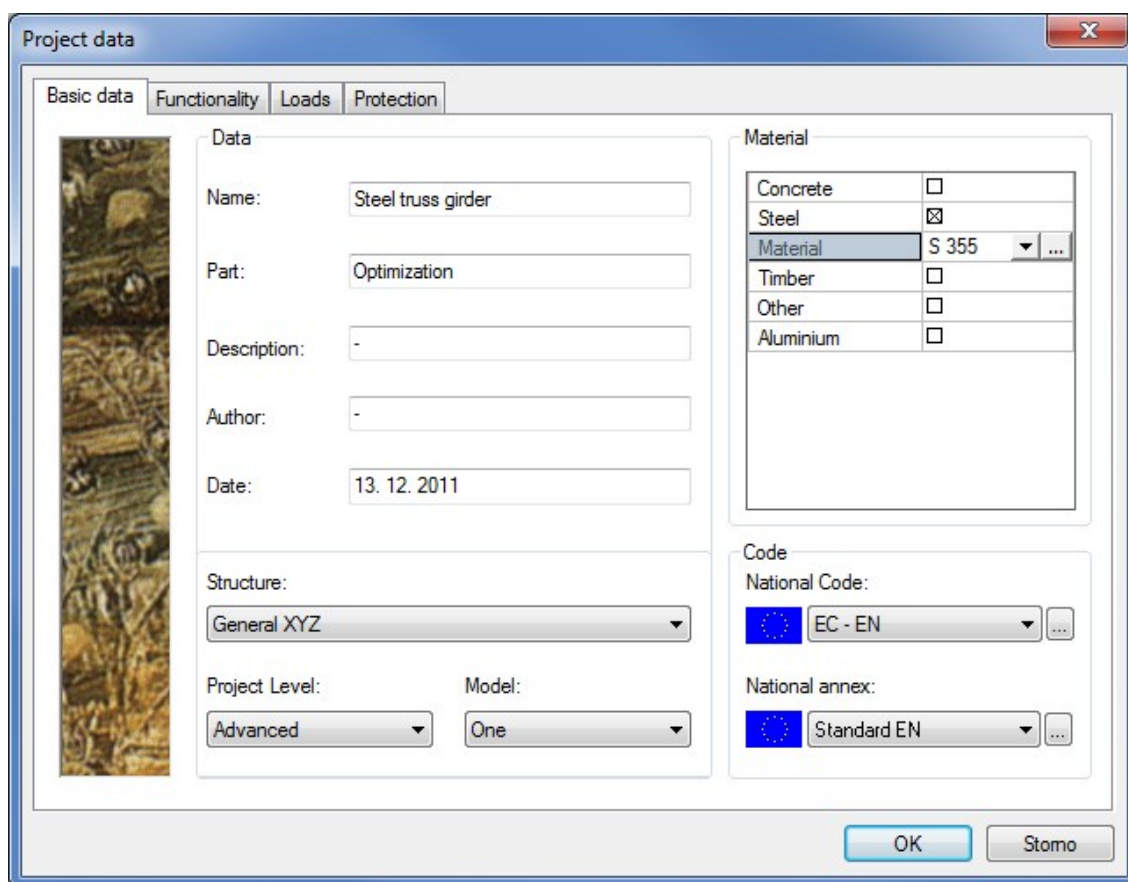
Starting the project in Scia Engineer

First of all the standard Scia Engineer project must be prepared. Therefore, create a model of a structure with all the necessary aspects of the future optimization taken into account.

Run Scia Engineer and create a new project of the Analysis type.



The basic Project data can be filled in according to the picture below:



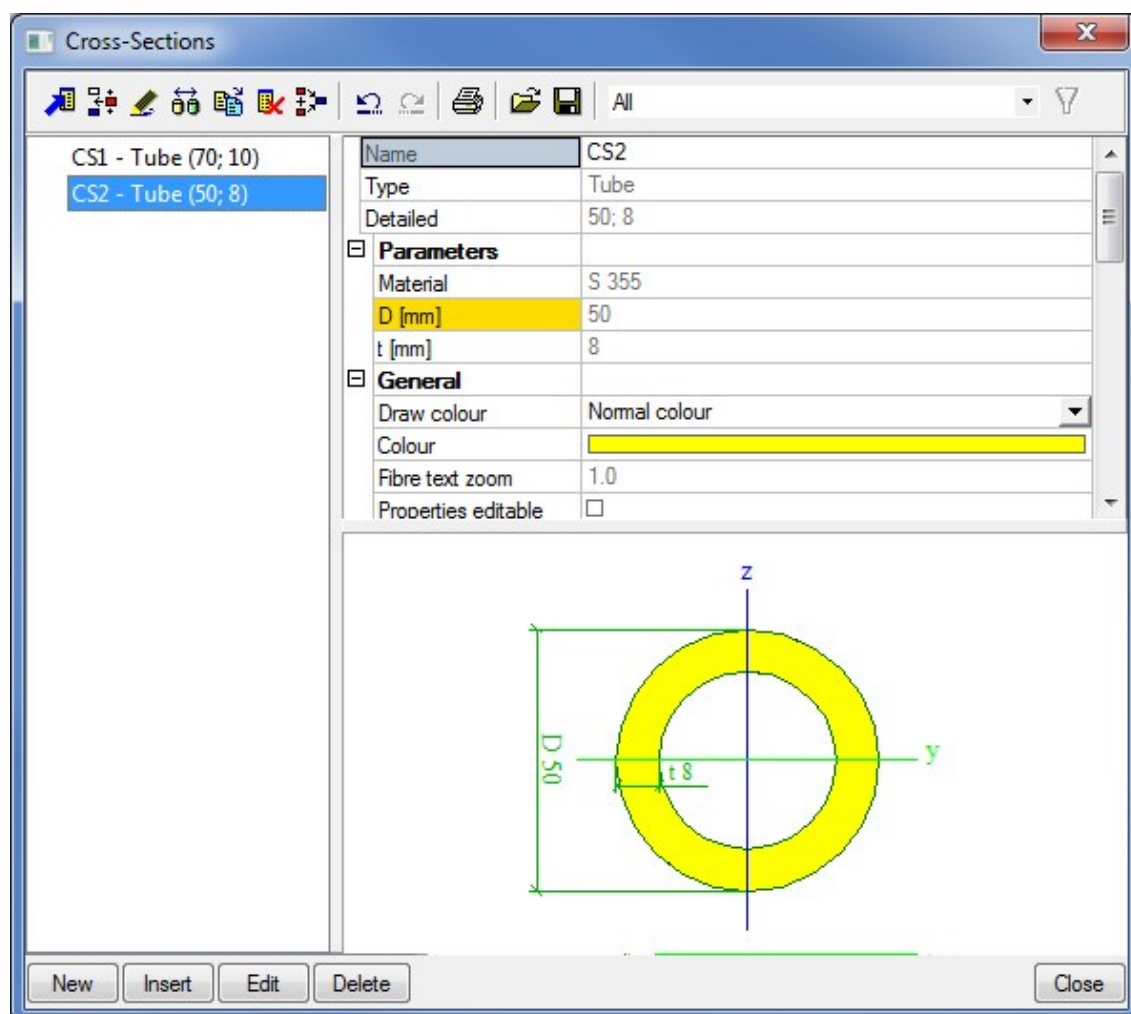
Although the structure is planar, the structure type is set to General XYZ to keep it more general. The project level is set to Advanced, which is a generally recommended setting. The code of this particular project is set to EC-EN with the standard EN annex.

Press OK to confirm the settings and to open a blank project.

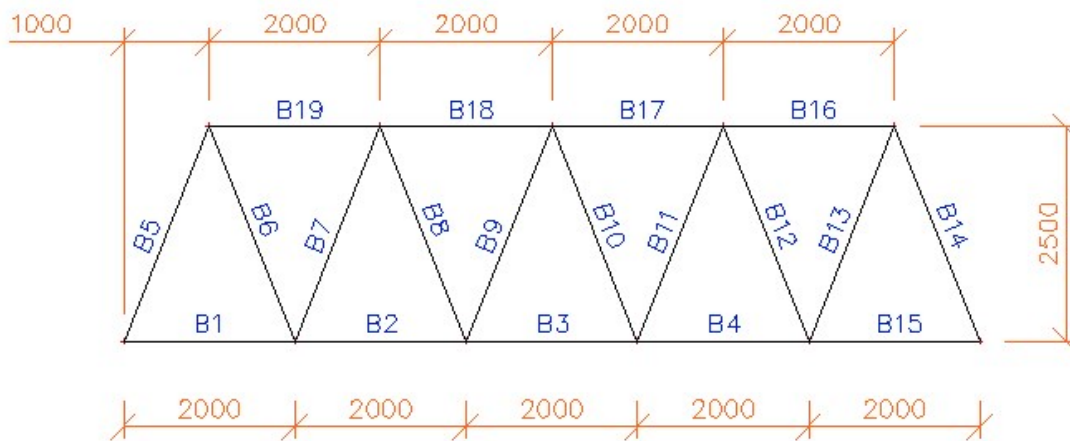
Model the truss girder with 1D members. First, you will be asked to select cross-sections for the current project. Add two tubular cross-sections with the dimensions:

CS1: $D = 70 \text{ mm}$; $t = 10 \text{ mm}$

CS2: $D = 50 \text{ mm}$, $t = 8 \text{ mm}$

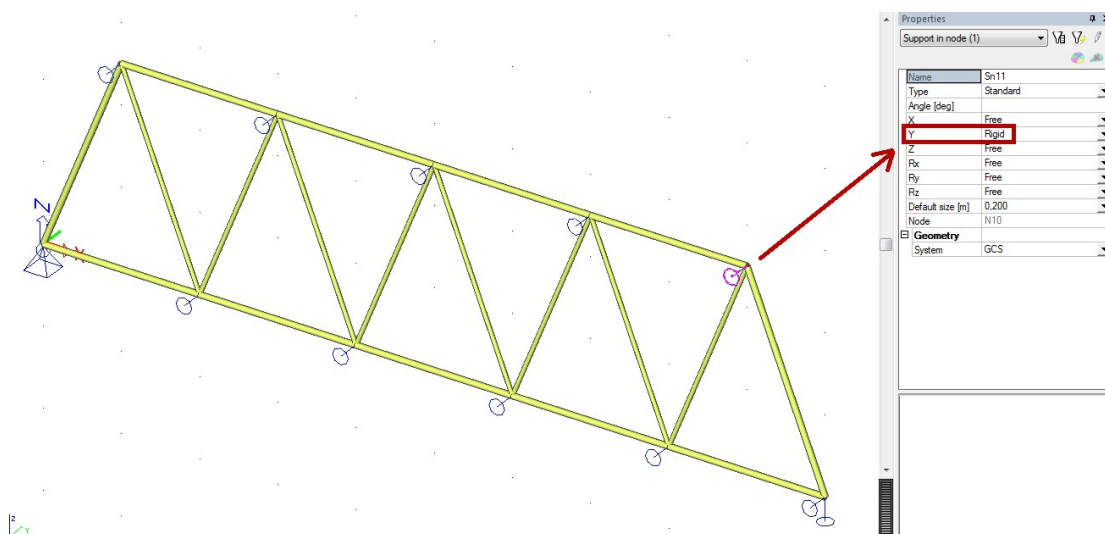


Create the structure according to the following scheme and table:

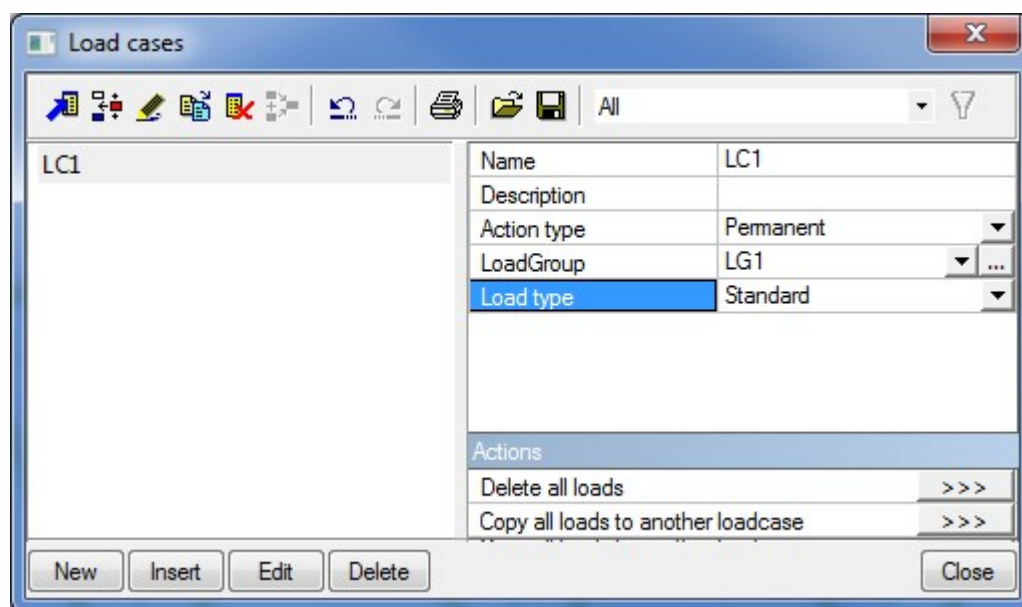


Name	CrossSection	Material	Length [m]	Shape	Beg. node	End node	Type	FEM type
B1	CS1 - Tube (70; 10)	S 355	2,000	Line	N1	N2	general (0)	standard
B2	CS1 - Tube (70; 10)	S 355	2,000	Line	N2	N3	general (0)	standard
B3	CS1 - Tube (70; 10)	S 355	2,000	Line	N3	N4	general (0)	standard
B4	CS1 - Tube (70; 10)	S 355	2,000	Line	N4	N5	general (0)	standard
B5	CS1 - Tube (70; 10)	S 355	2,693	Line	N1	N6	general (0)	standard
B6	CS2 - Tube (50; 8)	S 355	2,693	Line	N6	N2	general (0)	standard
B7	CS2 - Tube (50; 8)	S 355	2,693	Line	N2	N7	general (0)	standard
B8	CS2 - Tube (50; 8)	S 355	2,693	Line	N7	N3	general (0)	standard
B9	CS2 - Tube (50; 8)	S 355	2,693	Line	N3	N8	general (0)	standard
B10	CS2 - Tube (50; 8)	S 355	2,693	Line	N8	N4	general (0)	standard
B11	CS2 - Tube (50; 8)	S 355	2,693	Line	N4	N9	general (0)	standard
B12	CS2 - Tube (50; 8)	S 355	2,693	Line	N9	N5	general (0)	standard
B13	CS2 - Tube (50; 8)	S 355	2,693	Line	N5	N10	general (0)	standard
B14	CS1 - Tube (70; 10)	S 355	2,693	Line	N10	N11	general (0)	standard
B15	CS1 - Tube (70; 10)	S 355	2,000	Line	N11	N5	general (0)	standard
B16	CS1 - Tube (70; 10)	S 355	2,000	Line	N10	N9	general (0)	standard
B17	CS1 - Tube (70; 10)	S 355	2,000	Line	N9	N8	general (0)	standard
B18	CS1 - Tube (70; 10)	S 355	2,000	Line	N8	N7	general (0)	standard
B19	CS1 - Tube (70; 10)	S 355	2,000	Line	N7	N6	general (0)	standard

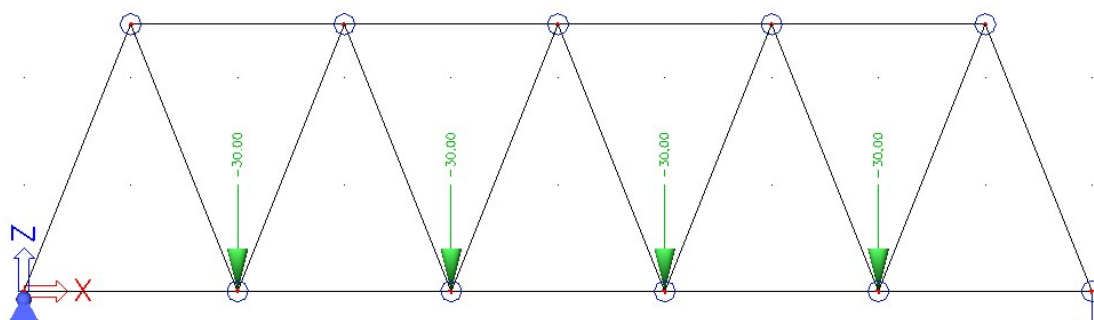
The truss as a whole structure is simply supported. To restrain the lateral displacements, supports in all nodes must be defined to prevent from the deformation in the Y direction.



When the structure is modelled, loads have to be specified as well. The truss girder is subjected to a simple load case with vertical point forces in the bottom nodes. Create a new load case with the action type Permanent and load type Standard.

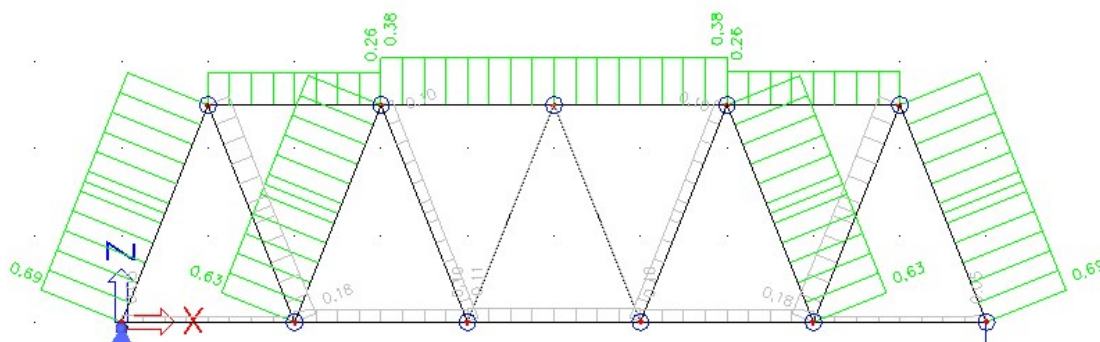


This load case is represented by 4 point forces with the magnitude of -30 kN in the Z axis direction (the load is going downwards).

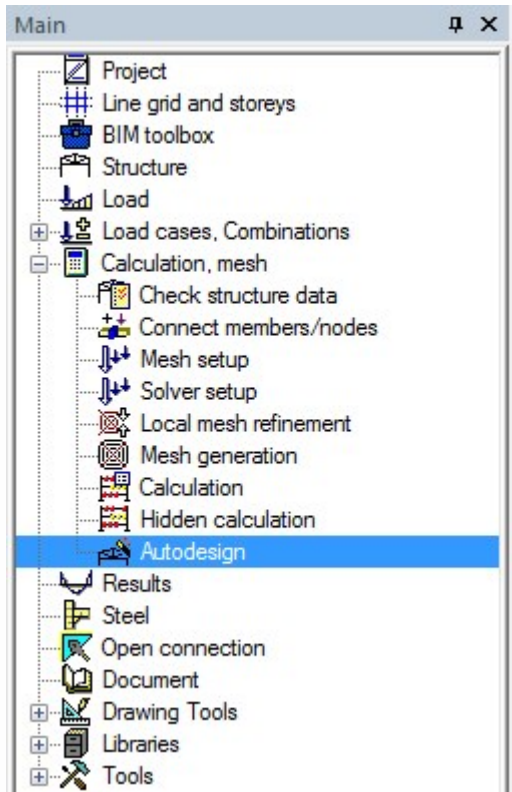


Calculation and Autodesign

The structure is calculated using standard functions of Scia Engineer first. To see utilization of profiles, a unity check can be performed in Steel service, see next picture.



Maximal unity check value 0,69 shows, profiles are too thick. In Scia Engineer we can use very efficient tool to design cross-sections, resulting in a good utilization of individual members under a certain load. The function is called Autodesign and it can be found under Calculation, mesh group in the Main tree.



Autodesign can be used for various purposes. The Cross-section steel check will be used in this case. This Autodesign function finds an optimal cross-section with respect to the unity check for all members with this cross-section. However, as the change of a profile in a statically indeterminate structure affects the internal forces, the project has to be recalculated. For new internal forces, after recalculation, we can run Autodesign again. The user can do those two steps several times to reach proper cross-section design.

Autodesign is also integrated in optimization loops of EOT. It means, during iterative search of optimal structure geometry, the program will make design of proper cross-sections. It means, in each iterative step, both geometry and cross-sections will be improved at the same time.

Prepare a new entry (called O1) in the Overall Autodesign library. Select both cross-sections (CS1 and CS2) in the selection dialogue. It means that the items count will be 2.

Each cross-section has got two dimensions in their properties – thickness t and diameter D . Both dimensions can be changed upwards and downwards in order to search for the optimum. To optimise both variables in one run, we will keep a fixed ratio between D and t . Advanced Autodesign is used for this.

Advanced Autodesign

	Param.	Value	Autodesign	Related to	Ratio	List	Step	Min.	Max.
1	D	50	☐ No	t	6,25	No			
2	t	8	☒ Yes	No		No	1	1	1000

Select/Deselect All Test relations Test css lists OK Cancel

Overall Autodesign

Name: O1

Selector switch: ☐

Type of loads: Load cases

Load cases: LC1

Autodesign type: Cross-sections steel check

Items count: 2

Autodesign item: Item 2

☒ Autodesign item

Cross-section: CS2 - Trubka (50; 8)

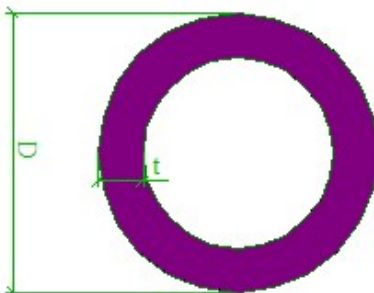
Parameter: Advanced Autodesign

Edit advanced Auto...: ...

Direction: Up and down

Maximal check [-]: 1,00

Autodesign check [-]: 0,63



New Insert Edit Delete Optim.Routine Autodesign all Calculate Close

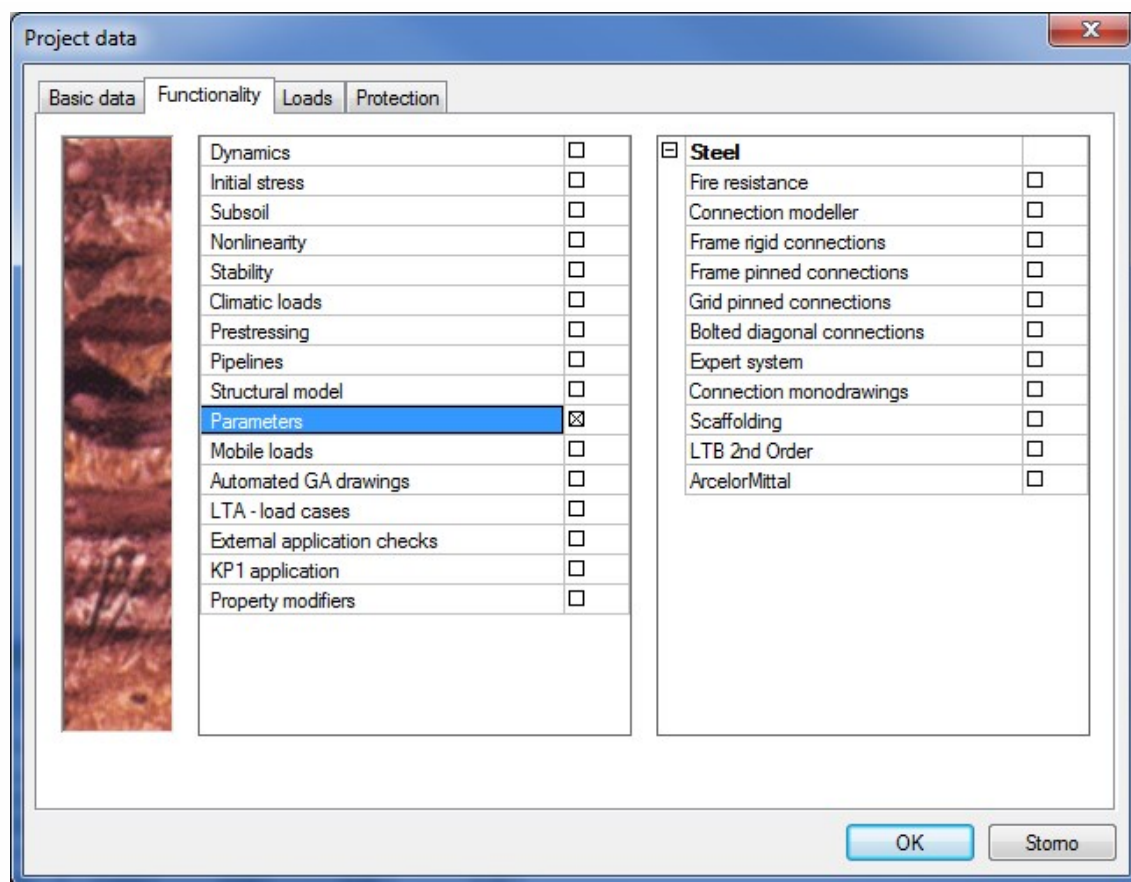
It is not needed to do the Autodesign at this moment. EOT application will use this stored setting afterwards.

Parameters

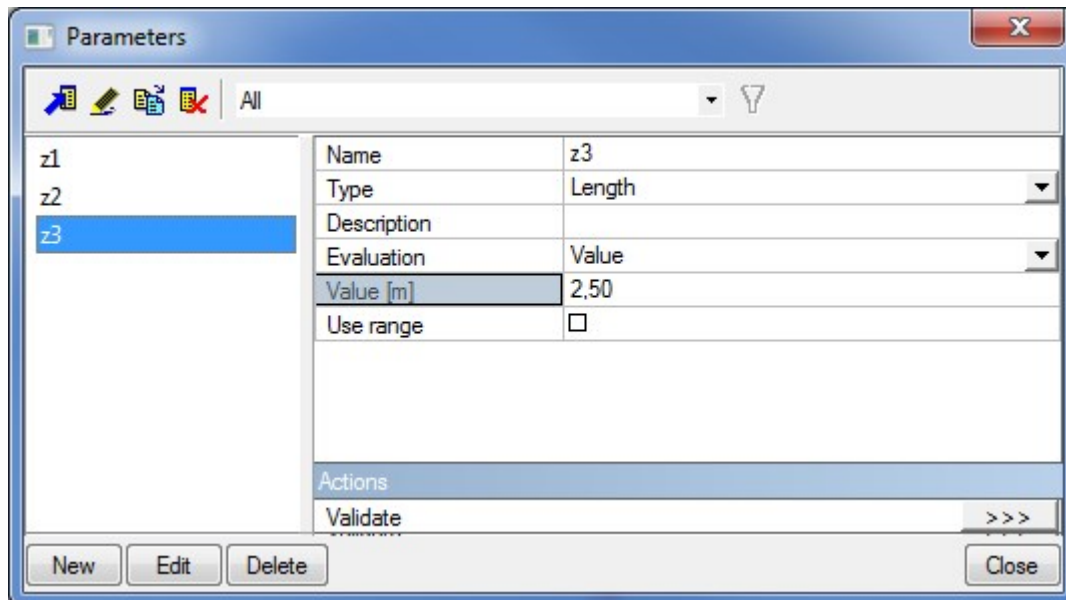
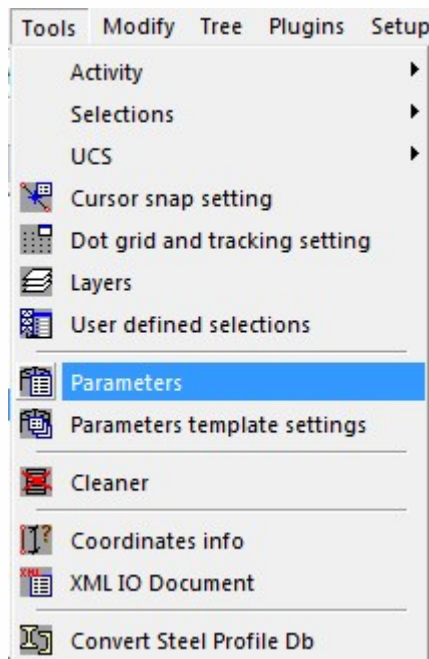
The optimization is based on parameters. Scia Engineer allows the user to prepare lot of different kinds of parameters, which can be assigned to various entities and/or properties.

In this particular example we want to adapt the shape of the upper chord to get the minimum mass of the structure. This means that some nodes will change their positions (z-coordinates). Therefore, we will make a set of parameters and we will assign them to properties of nodes.

To make parameters available, we have to switch them on in functionality setting:



Then, let us open parameters library under Tools > Parameters. New items can be added with the button New in the top left or the bottom left corner (both these buttons do the same).



Prepare three parameters which will specify the Z coordinate of nodes of the upper chord. As we need a symmetric structure three parameters will be sufficient. The type of parameters is set to Length, Evaluation to Value and the default value is 2.5 m at the moment.

Assigning parameter to a node is simple. Just select a node and then, assign the parameter to the value of this property of selected node.

Properties

Node (2)

GCS coordi...

Coord X [m]

Coord Y [m] 0,000

Coord Z [m] 2,5

UCS coordi... Insert value

Coord ux [m] z1

Coord uy [m] z2

Coord uz [m] z3

Select the outside nodes N6 and N10 and change their Coord Z to z1.

GCS coordi...

Coord X [m]

Coord Y [m] 0,000

Coord Z [m] z2

UCS coordi...

Coord ux [m]

Coord uy [m] 0,000

Coord uz [m] 2,500

Select the inner nodes N7 and N9 and change their Coord Z to z2.

GCS coordi...

Coord X [m] 5,000

Coord Y [m] 0,000

Coord Z [m] z3

UCS coordi...

Coord ux [m] 5,000

Coord uy [m] 0,000

Coord uz [m] 2,500

Select the the middle node N8 and change its Coord Z to z3.

When the value of particular parameter is changed, the structure reacts immediately. However, let us assign this job to EOT. It shall calculate the correct value for each of the parameters.

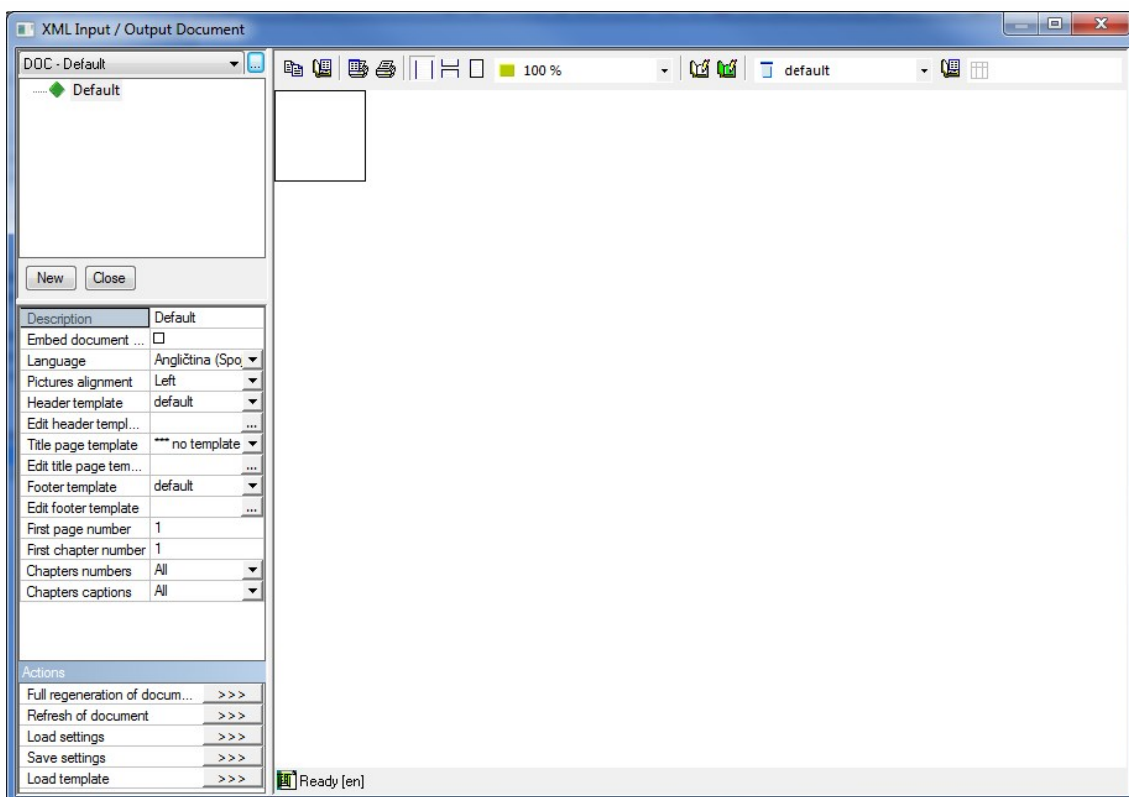
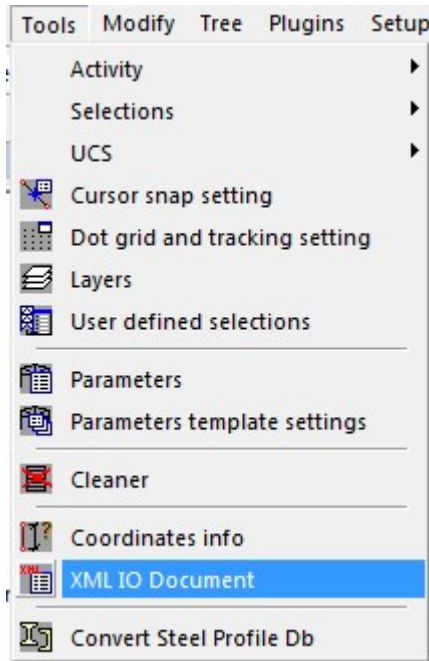
XML documents



The following chapter is currently available only in English.

Scia Engineer Optimizer is an external application and the optimization process is running “outside” Scia Engineer. We need to transfer the necessary information between these two applications. Format XML (Extensible Markup Language) is used for this task.

Scia Engineer has a tool for creating XML documents in a similar way as the basic Scia Engineer output document. Go to Tools > XML IO Document and a new window appears.

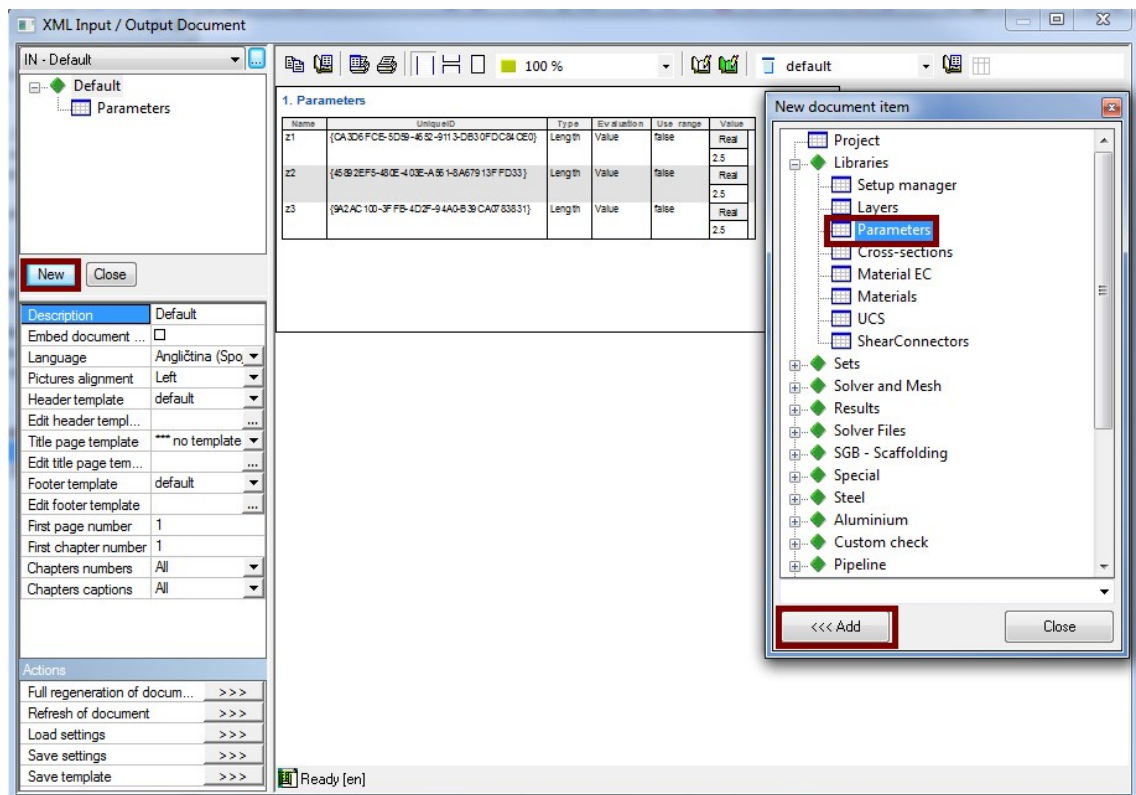


If you open the XML document for the first time, an option to open the Document template in *.TDX format appears. You can skip this if you don't have any XML template. Hit Cancel button.

Two documents have to be created for each project - one with input parameters and second one with output parameters. These two documents differ in their content which is described below.

Input XML

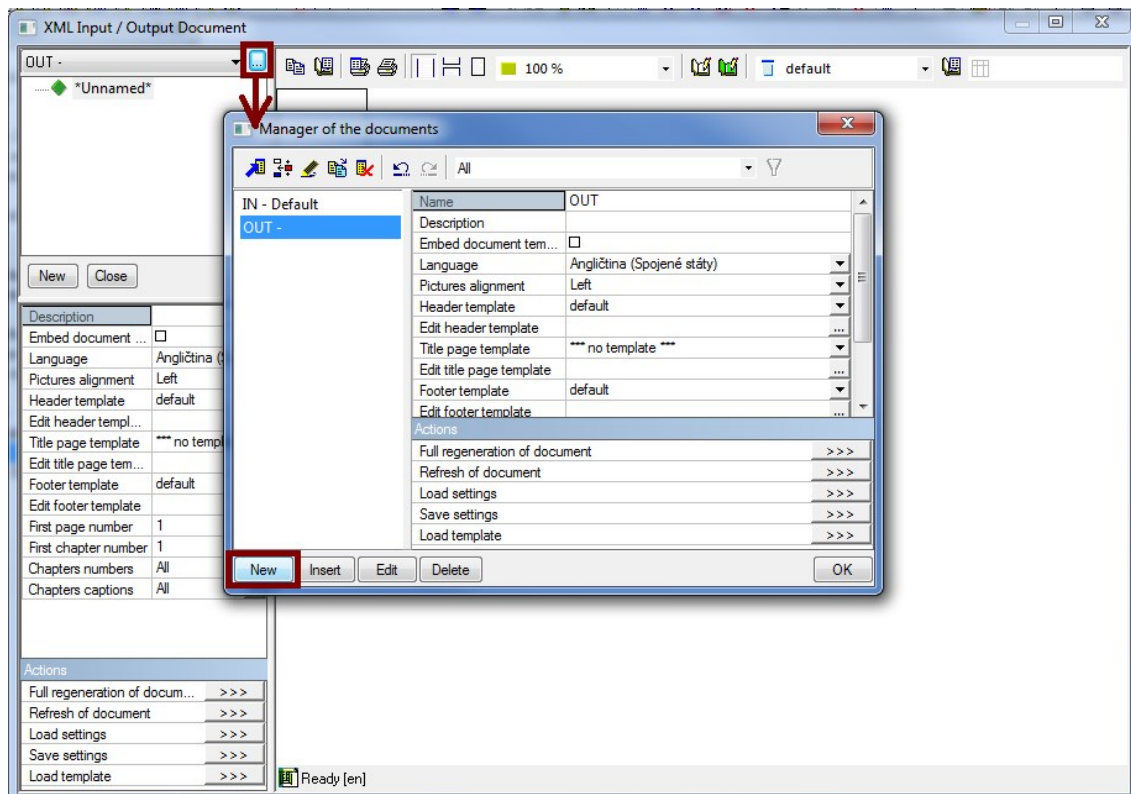
The input document has to include the table of parameters only. Click on the New button on the top left corner and select Parameters table from the Libraries group.



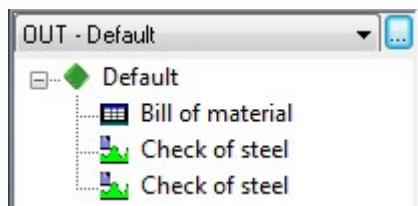
Output XML

The output document consists of more tables, namely the Bill of material (because mass optimization is the basic task) and Checks of steel (because we want to design the structure as well).

Click the button with three dots at the top and insert a new document.



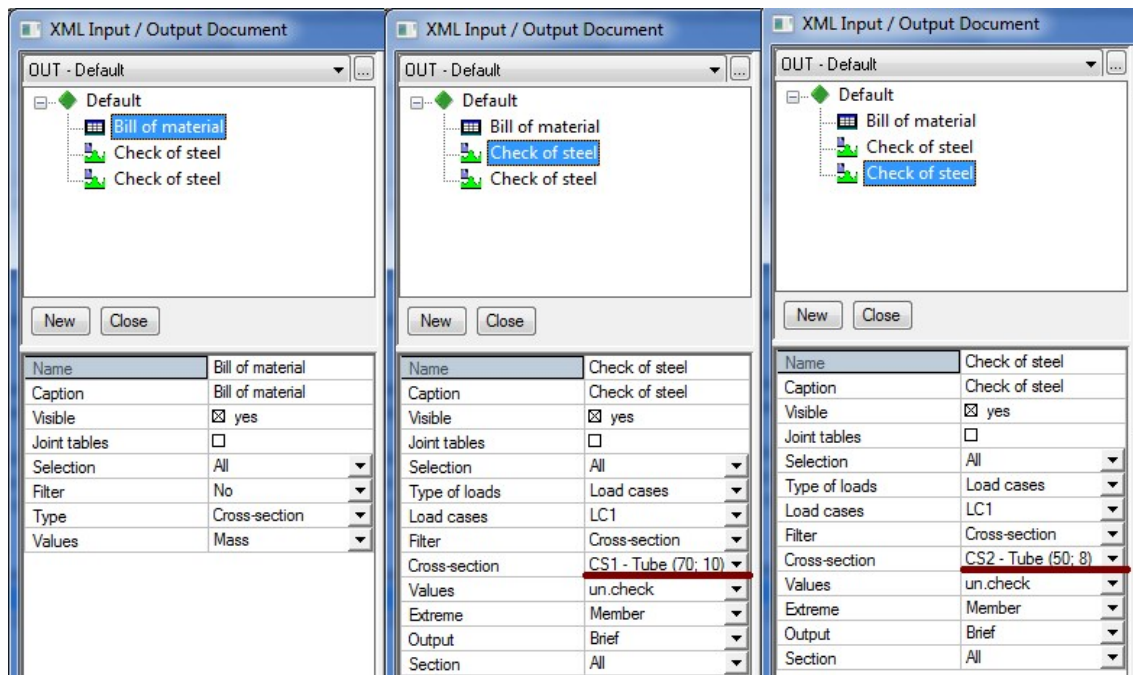
Click on the New button in the top left corner and add the desired tables:



Bill of material from the Results group

Check of steel from the Steel group (this has to be input twice – for each cross-section)

Below you can see the settings for each table included in the document. Note that the check of steel is filtered by cross-section and the first and the second item differ in this setting only.



Refresh the document to see if all the data are correctly loaded and close the window by the red cross in the top right corner.



It is wise to type a name of both documents so that they could be better recognized later.
"IN" and "OUT" is the simplest possibility and it works well.

Optimizing tool



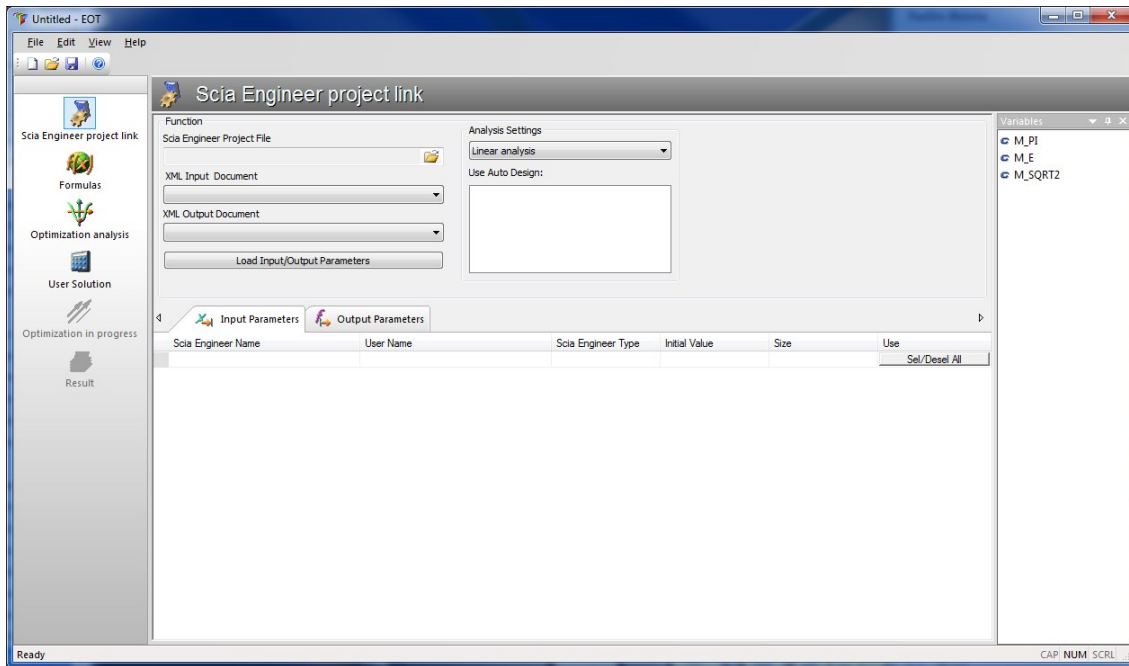
The following chapter is currently available only in English.



Scia Engineer Optimizer is a part of standard setup version. It means that it is installed on your computer together with Scia Engineer. You will find it in the particular folder under Start > All programs > Scia Engineer, or you may have an icon on your desktop. However, Optimizer can be launched also from the program files folder, e.g.:

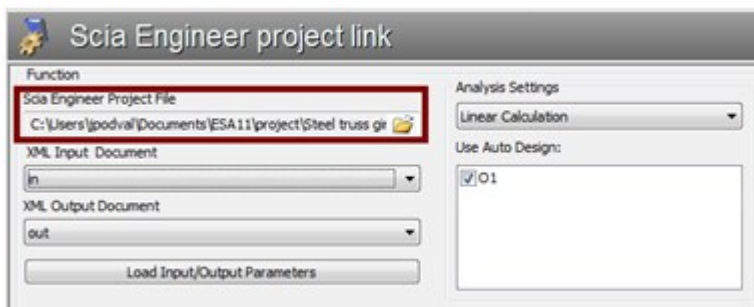
c:\Program Files\SCIA\Engineer2011.0\Eot.exe.

The user interface looks similar to Scia Engineer. There is the main tree on the left with 6 functions that manage everything from model loading to results checking. These 6 steps will be described in the following chapters of this tutorial. There is also a special window with variables on the right and a few icons on top. These icons can be used to create a new EOT project, open an existing project or save the current project.



Scia Engineer project link

In the first step you have to link EOT with a project file made in Scia Engineer. At the top there is a field for the path to the *.esa file. Use the yellow “open folder” button to open an explorer and search for the project.

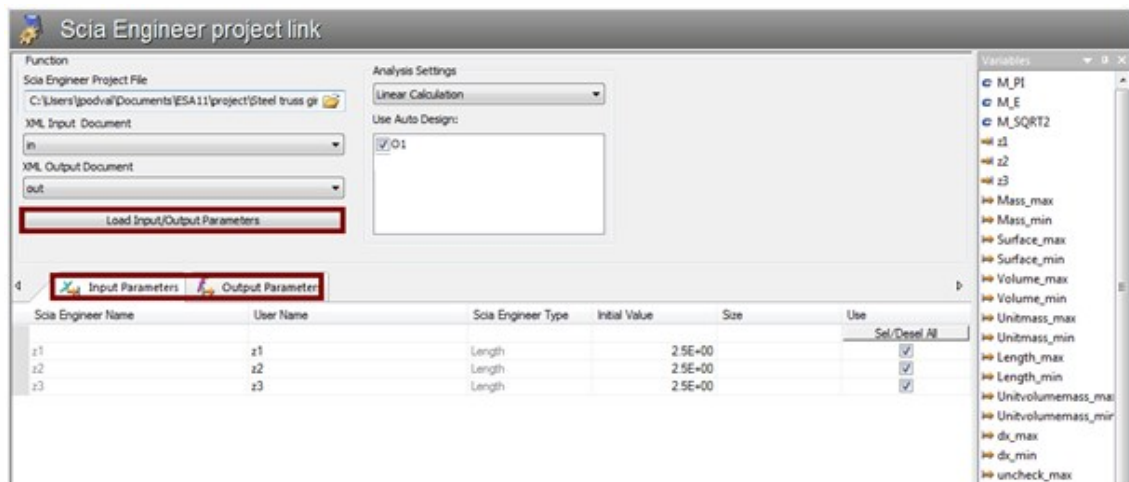


If necessary wait a few second to initiate the Scia Engineer project file.

Once the project is loaded, the input and output documents are ready to be selected from the list of available XML documents. Usually, only the output document has to be switched as it is the second one from the offer.

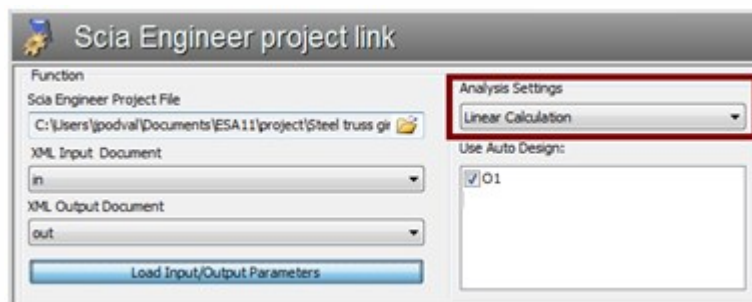


Select the right input and output document and click the button below called Load Input/Output Parameters. Wait a few seconds again until all parameters are displayed in the table (and in the right panel as well).



At this point new files are automatically generated in the folder where the project is saved. The files are related to the input and output XML documents and two files are created for both of them *_in.xml*_out.xml*_in.xml.def*_out.xml.def

The middle part of the screen shows also the available types of Analysis Settings. Leave the default Linear Calculation option selected in the combo-box.

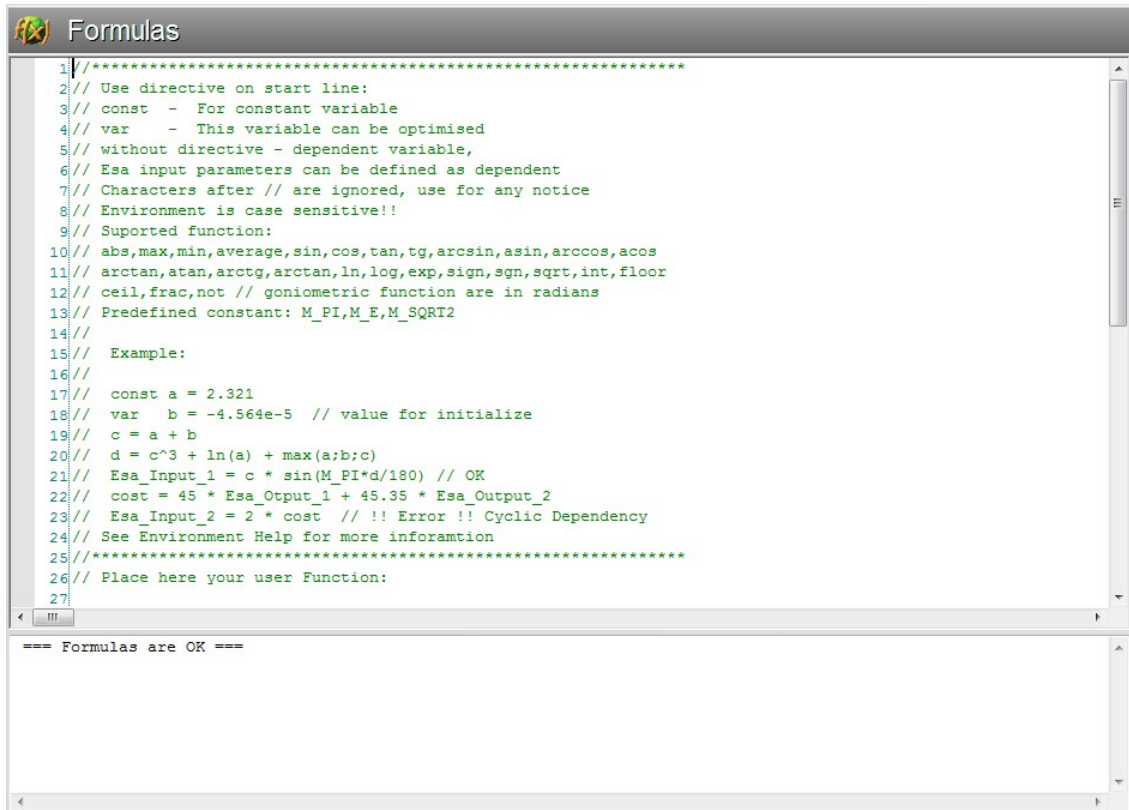


If any autodesign item has been created in the used Scia Engineer project it will be listed in the white box here. Tick the items you want to be included in the optimization procedure. We want to design all cross-sections in Scia Engineer, thus tick the O1 Autodesign.



Formulas

The Scia Engineer Optimizer is a scientific tool where you don't have to fully rely on what have been programmed but where you can add your own formulas. At the beginning of the text editor for formulas there is a paragraph with hints and instructions about how this environment can be used. There is also a list of supported functions.



```

1 //*****
2 // Use directive on start line:
3 // const - For constant variable
4 // var - This variable can be optimised
5 // without directive - dependent variable,
6 // Esa input parameters can be defined as dependent
7 // Characters after // are ignored, use for any notice
8 // Environment is case sensitive!!
9 // Supported function:
10 // abs,max,min,average,sin,cos,tan,tg,arcsin,asin,arccos,acos
11 // arctan,atan,arctg,arctan,ln,log,exp,sign,sgn,sqrt,int,floor
12 // ceil,frac,not // goniometric function are in radians
13 // Predefined constant: M_PI,M_E,M_SQRT2
14 //
15 // Example:
16 //
17 // const a = 2.321
18 // var b = -4.564e-5 // value for initialize
19 // c = a + b
20 // d = c^3 + ln(a) + max(a;b;c)
21 // Esa_Input_1 = c * sin(M_PI*d/180) // OK
22 // cost = 45 * Esa_Output_1 + 45.35 * Esa_Output_2
23 // Esa_Input_2 = 2 * cost // !! Error !! Cyclic Dependency
24 // See Environment Help for more information
25 //*****
26 // Place here your user Function:
27

```

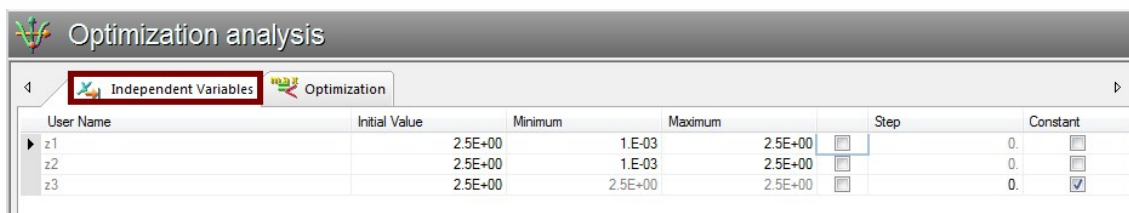
=== Formulas are OK ===

However, the whole step is optional. We won't be dealing with it in this tutorial.

Optimization analysis

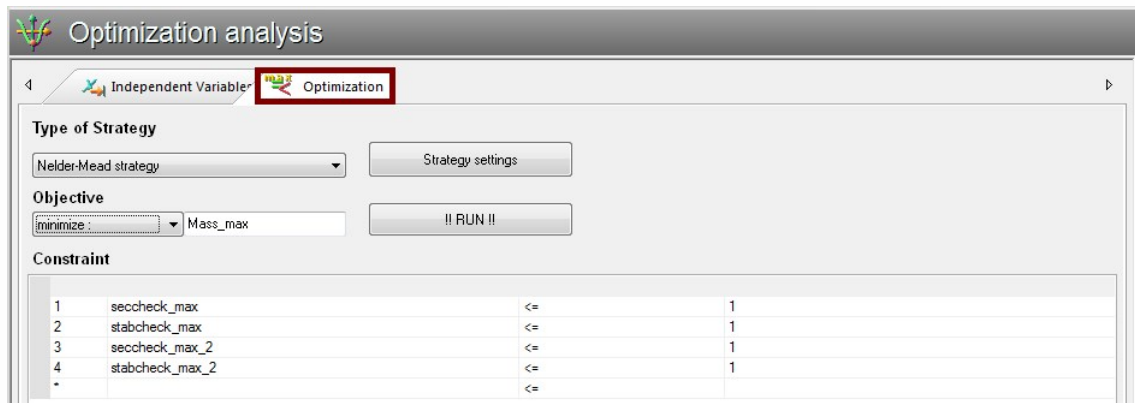
In the third step the optimization analysis is set. Variables, constraints and objective are selected and the type of strategy is chosen.

All independent variables ticked in the input parameters are displayed in the first tab. Please, pay attention to their minimum and maximum values to keep the design inside reasonable boundaries. Any variable can be set as constant; basically it is the same as omitting it. We decided to remain the top level of the girder, thus z_3 is constant.



User Name	Initial Value	Minimum	Maximum	Step	Constant
z1	2.5E+00	1.E-03	2.5E+00	☐	☐
z2	2.5E+00	1.E-03	2.5E+00	☐	☐
z3	2.5E+00	2.5E+00	2.5E+00	☐	☒

The Optimization tab requires more settings - all related to the analysis itself:

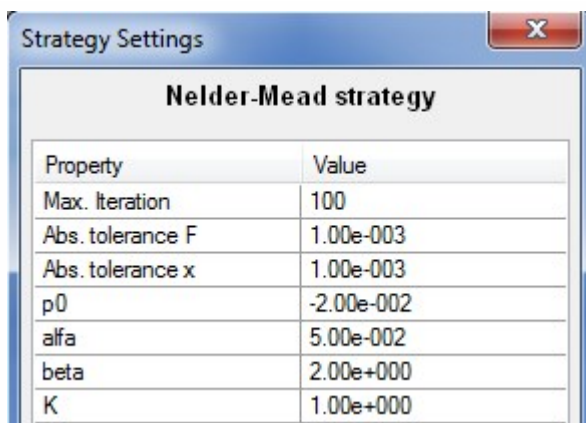


Type of strategy



There are 5 strategies implemented in EOT. Each strategy has its own specifications and is suitable for different examples. Sometimes it is necessary to test more strategies, but the detailed discussion about the selection of the strategies is out of scope of this tutorial. For our example select the heuristic method called Nelder –Mead strategy.

Strategy settings



This button enables advanced users to adjust the properties of the selected strategy. Leave the defaults.

Objective

The intention of the whole optimization is specified here. There are two extremes that can be determined – maximum or minimum. Type a variable name from the list of dependent variables (see the right stripe of the window) into the white field.

Constraint

There may be some restrictions for the optimization. In our case we want to design the structure with respect to code regulations. The unity check of all members has to be lower than 1.0. There are two cross-sections and for both of them the

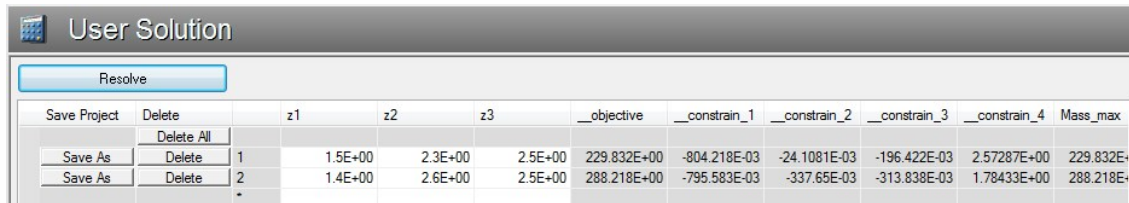
section check and the stability check is considered. There are four constraints in total: the name is taken from the list of variables and the condition set is smaller or equal to 1.

The control in the bottom window tells us if all criteria are all right.

When ready, click button !! RUN !!

User Solution

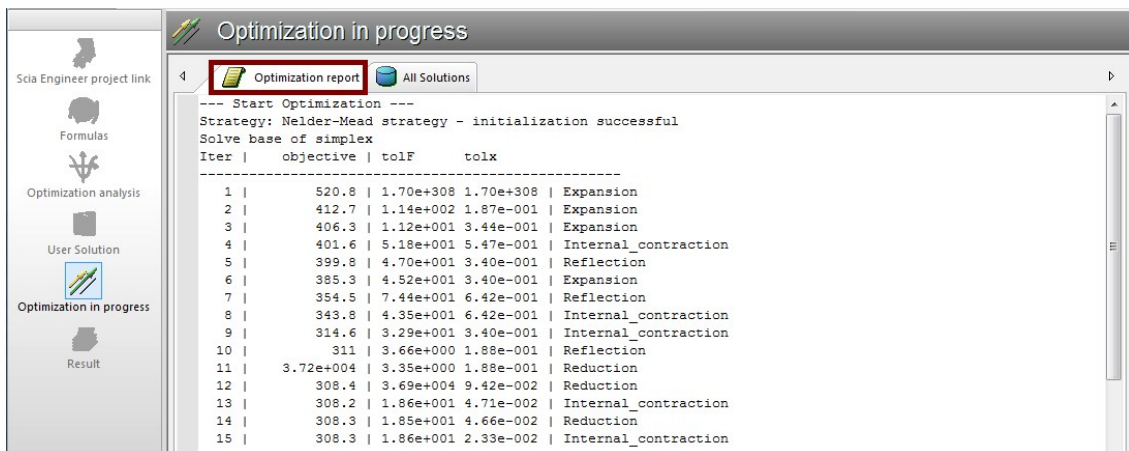
The user can use his own independent variables and calculate the objective and other dependant variables anytime before or after the optimization. Fill in the white fields in the table and click the Resolve button to run the calculation, if desired.



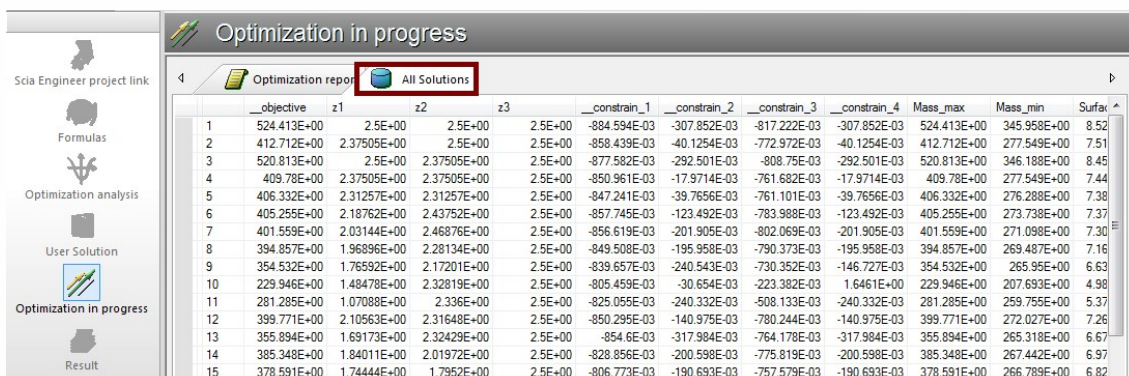
A typical advantage of this tool is when the results is for example 0,98 and you want to apply rounded values. In this case type 1,0 and resolve the structure with user solution.

Optimization in progress

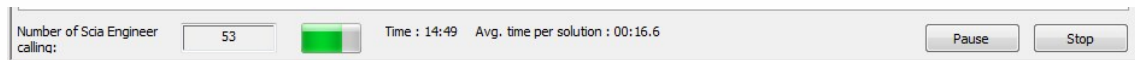
During the optimization only the current step in the left menu is available. The iterations can be monitored in the main window under the Optimization report tab.



There is also a second tab with All solutions the number of which increases during the calculation.



The bottom status bar shows the progress, total time, average time per one solution and there are also two important buttons for pausing or stopping the optimization.

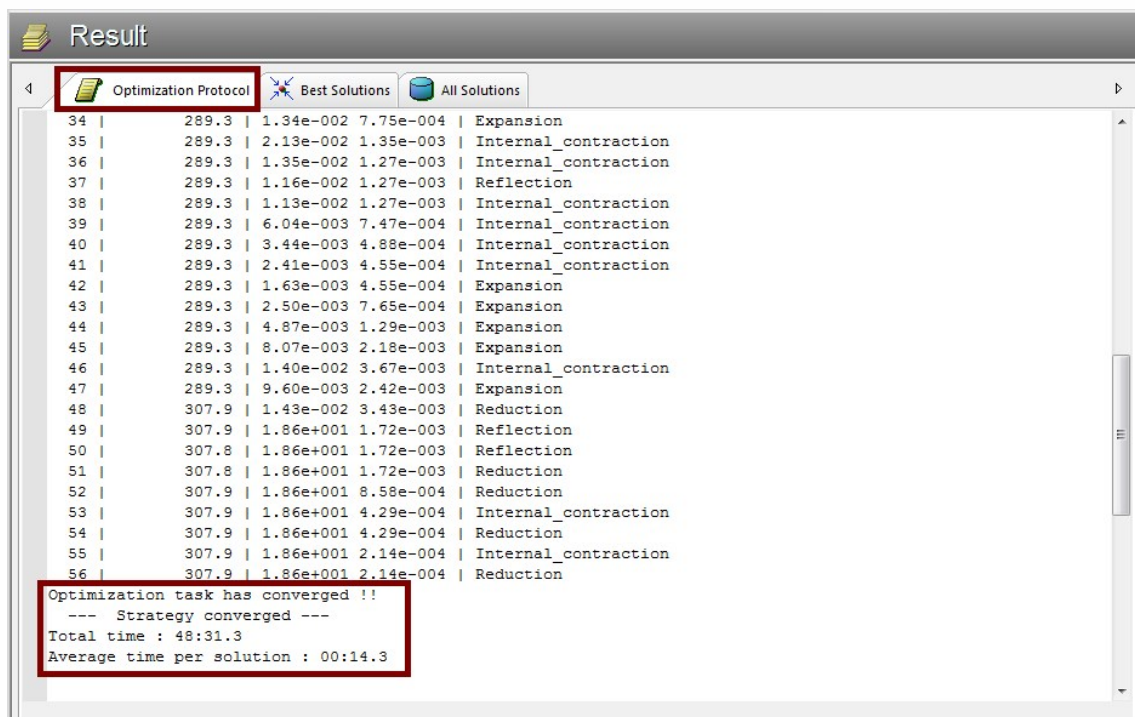


Result

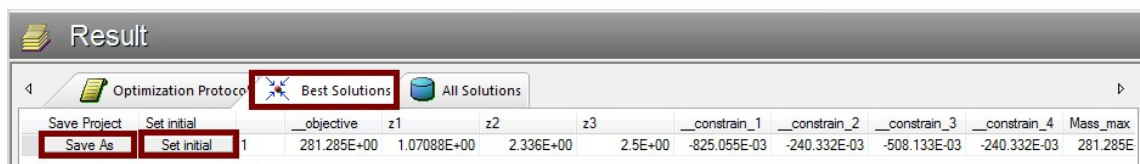
If the optimization is successful, no signal appears at the end.

There are three tabs in results which offer different outputs.

The Optimization Protocol shows information about iterations and you can study the progress of the optimization. At the end there is also a note about the completion and total calculation time.



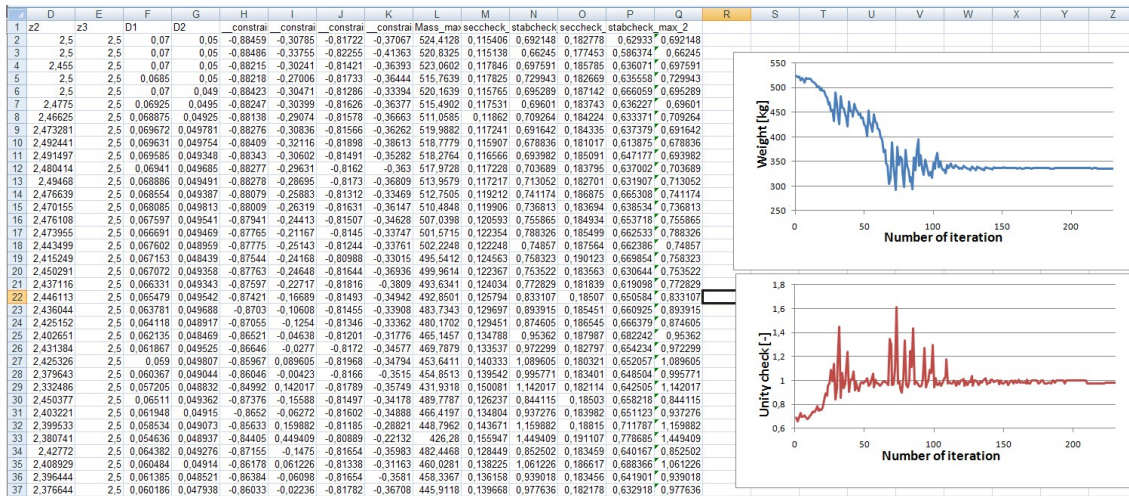
Best Solutions tab offers one or more solutions that are considered to be the best. You can save such a solution as a Scia Engineer project (Save As button) or set the calculated values as initial ones and run a new optimization (Set Initial button).



There are also All Solutions that have been found during the optimization. One can compare them or search for a solution which is not necessarily the best one but more suitable for the user. Any item can be also saved as a project or set as initial for the next optimization attempt.

Result											
Optimization Protocol											
Best Solution											
All Solutions											
Save Project	Set initial		objective	z1	z2	z3	constrain_1	constrain_2	constrain_3	constrain_4	Mass_m
Save As	Set initial	1	524.413 E+00	2.5 E+00	2.5 E+00	2.5 E+00	-884.594 E-03	-307.852 E-03	-817.222 E-03	-307.852 E-03	524.41
Save As	Set initial	2	454.089 E+00	2.37505 E+00	2.5 E+00	2.5 E+00	-858.841 E-03	-69.9843 E-03	-825.812 E-03	-69.9843 E-03	454.08
Save As	Set initial	3	520.813 E+00	2.5 E+00	2.37505 E+00	2.5 E+00	-877.582 E-03	-292.501 E-03	-808.75 E-03	-292.501 E-03	520.81
Save As	Set initial	4	450.258 E+00	2.37505 E+00	2.37505 E+00	2.5 E+00	-854.525 E-03	-56.3482 E-03	-817.199 E-03	-56.3482 E-03	450.25
Save As	Set initial	5	446.141 E+00	2.31257 E+00	2.31257 E+00	2.5 E+00	-850.962 E-03	-78.7781 E-03	-816.791 E-03	-78.7781 E-03	446.14
Save As	Set initial	6	405.255 E+00	2.18762 E+00	2.43752 E+00	2.5 E+00	-857.745 E-03	-123.492 E-03	-783.988 E-03	-123.492 E-03	405.25
Save As	Set initial	7	401.559 E+00	2.03144 E+00	2.46876 E+00	2.5 E+00	-856.619 E-03	-201.905 E-03	-802.069 E-03	-201.905 E-03	401.55
Save As	Set initial	8	394.857 E+00	1.96896 E+00	2.28134 E+00	2.5 E+00	-849.508 E-03	-195.958 E-03	-790.373 E-03	-195.958 E-03	394.85
Save As	Set initial	9	354.532 E+00	1.76592 E+00	2.17201 E+00	2.5 E+00	-839.657 E-03	-240.543 E-03	-730.352 E-03	-146.727 E-03	354.53
Save As	Set initial	10	247.254 E+00	1.48478 E+00	2.32819 E+00	2.5 E+00	-812.173 E-03	-61.9762 E-03	-559.499 E-03	-61.9762 E-03	247.25
Save As	Set initial	11	281.285 E+00	1.07088 E+00	2.336 E+00	2.5 E+00	-825.055 E-03	-240.332 E-03	-508.133 E-03	-240.332 E-03	281.28
Save As	Set initial	12	336.036 E+00	805.366 E-03	2.03925 E+00	2.5 E+00	-820.973 E-03	12.1024 E-03	-537.992 E-03	12.1024 E-03	336.03
Save As	Set initial	13	666.009 E+00	192.33 E-03	1.82449 E+00	2.5 E+00	-420.54 E-03	-152.422 E-03	-216.476 E-03	816.488 E-03	666.00
Save As	Set initial	14	357.442 E+00	1.72492 E+00	2.36138 E+00	2.5 E+00	-855.011 E-03	-311.382 E-03	-763.773 E-03	-311.382 E-03	357.44
Save As	Set initial	15	279.106 E+00	1.11188 E+00	2.14663 E+00	2.5 E+00	-831.447 E-03	-273.507 E-03	-439.405 E-03	-273.507 E-03	279.10
Save As	Set initial	16	279.106 E+00	1.11188 E+00	2.14663 E+00	2.5 E+00	-831.447 E-03	-273.507 E-03	-439.405 E-03	-273.507 E-03	279.10
Save As	Set initial	17	336.036 E+00	805.366 E-03	2.03925 E+00	2.5 E+00	-820.973 E-03	12.1024 E-03	-537.992 E-03	12.1024 E-03	336.03
Save As	Set initial	18	500.105 E+00	416.849 E-03	2.31062 E+00	2.5 E+00	-709.05 E-03	-88.1407 E-03	-709.05 E-03	-88.1407 E-03	500.10
Save As	Set initial	19	228.245 E+00	1.42865 E+00	2.20666 E+00	2.5 E+00	-795.825 E-03	11.0937 E-03	-196.347 E-03	2.05947 E+00	228.24
Save As	Set initial	20	406.648 E+00	754.117 E-03	2.27597 E+00	2.5 E+00	-806.555 E-03	-275.061 E-03	-389.505 E-03	-275.061 E-03	406.64
Save As	Set initial	21	280.088 E+00	1.09138 E+00	2.24131 E+00	2.5 E+00	-835.307 E-03	-263.303 E-03	-514.401 E-03	-263.303 E-03	280.08
Save As	Set initial	22	320.967 E+00	1.4389 E+00	2.15932 E+00	2.5 E+00	-841.504 E-03	-377.898 E-03	-693.49 E-03	-377.898 E-03	320.96
Save As	Set initial	23	338.828 E+00	764.366 E-03	2.22862 E+00	2.5 E+00	-789.63 E-03	91.6382 E-03	-410.718 E-03	91.6382 E-03	338.82
Save As	Set initial	24	497.971 E+00	427.099 E-03	2.26328 E+00	2.5 E+00	-718.059 E-03	-102.714 E-03	-718.059 E-03	-102.714 E-03	497.97
Save As	Set initial	25	280.958 E+00	1.27027 E+00	2.17664 E+00	2.5 E+00	-833.35 E-03	-335.314 E-03	-311.659 E-03	-335.314 E-03	280.95
Save As	Set initial	26	327.655 E+00	933 E-03	2.2113 E+00	2.5 E+00	-828.307 E-03	-38.1606 E-03	-106.769 E-03	-38.1606 E-03	327.65
Save As	Set initial	27	327.655 E+00	933 E-03	2.2113 E+00	2.5 E+00	-828.307 E-03	-38.1606 E-03	-106.769 E-03	-38.1606 E-03	327.65
Save As	Set initial	28	405.658 E+00	764.366 E-03	2.22862 E+00	2.5 E+00	-789.63 E-03	91.6382 E-03	-410.718 E-03	91.6382 E-03	405.65

Three buttons in the bottom right corner enables the user to Save protocol (the same as you see on the screen, in *.txt format), Save tables as CVS or Export (results) to Excel. The last option opens Microsoft Excel with a new file containing three tabs – exactly the same as in Results of the EOT application. The advantage of such an export is that you can insert illustrative graphs to demonstrate the optimization process.

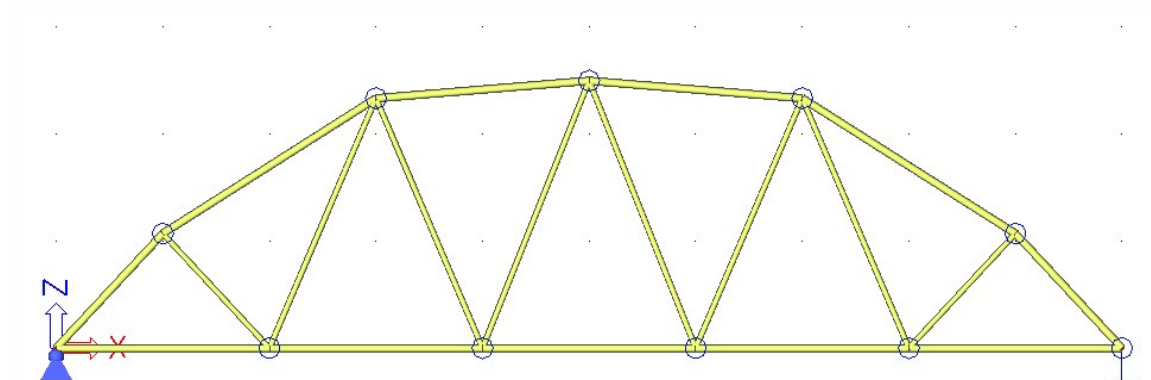


This result shows quite remarkable material savings, as the original mass 524 kg was finally reduced to 281,2 kg, only by means of optimization of geometry of the structure!

Conclusion

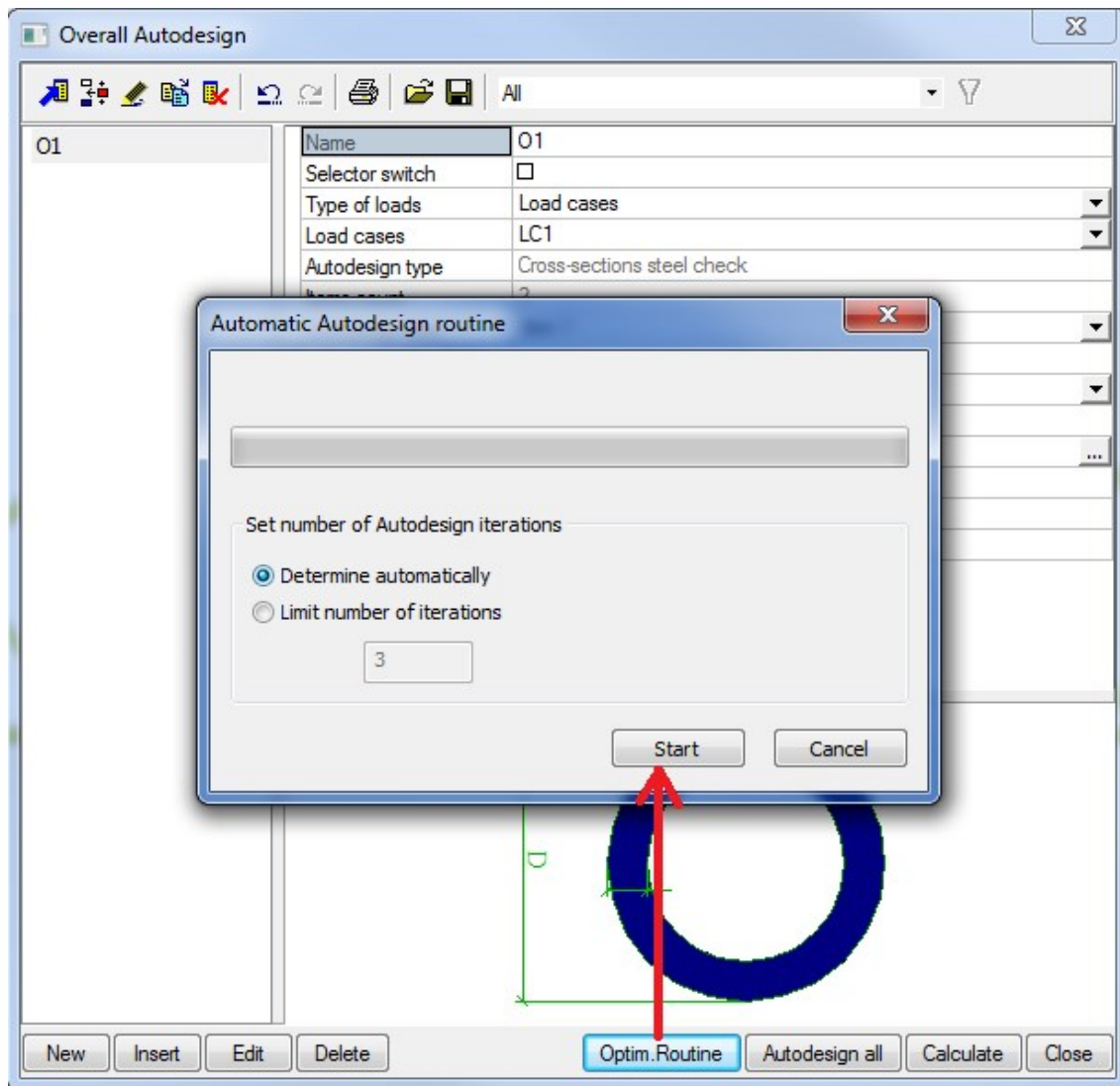
The following chapter is currently available only in English.

If you save the selected result using button "Save As" (see picture above) and open the saved .esa file, you will get the corresponding structure (see also attached file Steel truss girder_best.esa).



The structure saved this way contains the status corresponding to the values of parameters. To get also correct cross-sections, it is necessary to run Autodesign function manually!

Run linear analysis and Autodesign afterwards in Scia Engineer. Use the Optimization Routine for iterative design (due to reasons described in chapter 2.2). Let the software determine automatically how many iterations are necessary and click the button Start.



For more information, you can see the final cross-section dimensions with optimal utilization in the preview window which appears at the end of Autodesign.

The 'Overall Autodesign preview' window displays the results of the autodesign process. It shows two tables of data for different routine steps.

1. Routine step: 1
 1.1. O1

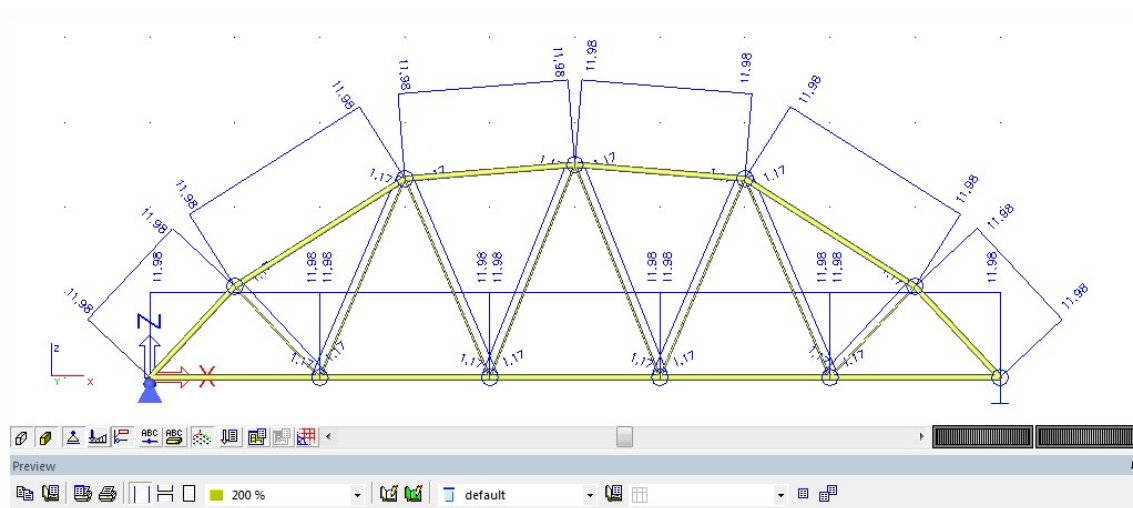
Cross-section	Parameter	Original cross-section	Autodesign of cross-section	Autodesign check [-]
CS1 - Tube (63; 9)	Advanced Autodesign	CS1 - Trubka (70; 10)	CS1 - Tube (63; 9)	0.82
CS2 - Tube (19; 3)	Advanced Autodesign	CS2 - Trubka (50; 8)	CS2 - Tube (19; 3)	0.55

2. Routine step: 2

Cross-section	Parameter	Original cross-section	Autodesign of cross-section	Autodesign check [-]
CS1 - Tube (63; 9)	Advanced Autodesign	CS1 - Tube (63; 9)	CS1 - Tube (63; 9)	0.87
CS2 - Tube (19; 3)	Advanced Autodesign	CS2 - Tube (19; 3)	CS2 - Tube (19; 3)	0.49

Ready [cs]

Using function Bill of material you can see detailed output of mass related to each cross-section.



Bill of material

Name	Mass [kg]	Surface [m ²]	Volume [m ³]
Total results :	281.28	5,379	3,5832e-02

CSS	Material	Unit mass [kg/m]	Length [m]	Mass [kg]	Surface [m ²]	Unit volume mass [kg/m ³]	Volume [m ³]
CS1 - Tube (63; 9)	S 355	11,98	21,677	259,76	4,290	7850,00	3,3090e-02
CS2 - Tube (19; 3)	S 355	1,17	18,480	21,53	1,088	7850,00	2,7426e-03

Steel frame design



The following chapter is currently available only in English.

Getting started

Starting a project

Before you can start a project, you need to start the program first.

Starting the program

1. Double-click on the Scia Engineer shortcut in the Windows Desktop.

or
2. If the shortcut is not installed, click [Start] and choose Programs > Scia Engineer > Scia Engineer. If the program does not find any protection, you will obtain a dialogue indicating that no protection was found. A second dialogue will list the restrictions of the demo version. Click [OK] in both windows.

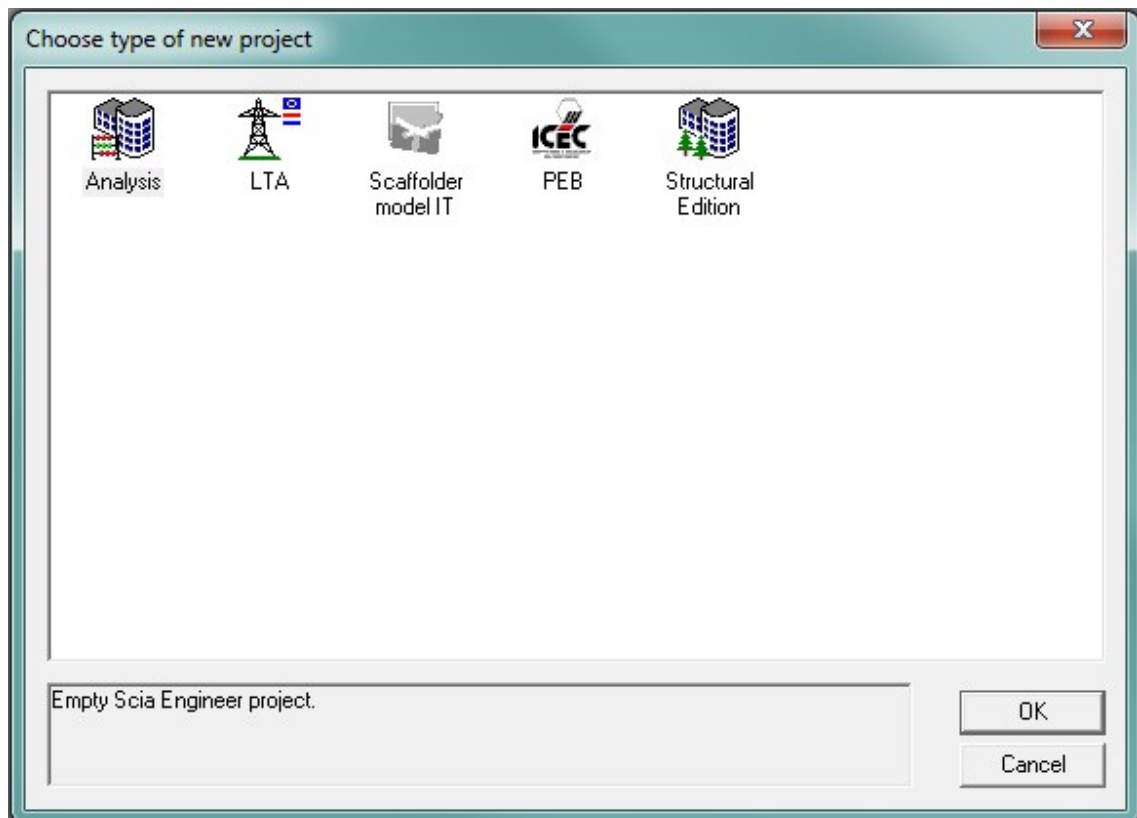
For this tutorial, you must start a new project.

Starting a new project

For this tutorial we have to start a new project. If the dialog Open appears, click [Cancel].

Click on the New icon  in the toolbar.

In the Choose type of new project manager, choose by clicking the icon Analysis for continues in project. Confirm your choice by click on the button [OK].



In the Choose type of new project dialogue, choose for the Analysis environment by clicking on the corresponding icon. Confirm your choice by clicking 'OK'.

Now, the Project data dialogue is opened. Here, you can enter general data about the project.

Project data

Basic data | Functionality | Loads | Protection

Data

Name:

Part:

Description:

Author:

Date:

Structure:

Project Level: Model:

Material

Concrete	☐
Steel	☒
Material	S 355
Timber	☐
Other	☐
Aluminium	☐

Code

National Code:

National annex:

OK Cancel

1. In the Data group, enter your preferred data. These data can be mentioned on the output, e.g. in the document and on the drawings.
2. Select Frame XYZ in the Structure field.
3. Choose the Project level: Advanced and Model: One.
4. Click on the rectangular button  below National Code to choose the default code for the project. This code will determine the available materials, combination rules and code checks. For the project of this Tutorial, choose EC-EN.
5. Select a National annex. For this example choose Czech CSN – EN NA.
6. In the Material group, select Steel.
Below the item Steel, a new item Material will appear - choose S355 from the menu.

On the Functionality tab choose the options Climatic loads.

Project data

Basic data | **Functionality** | Loads | Protection

	Dynamics	☐	☒ Steel	
	Initial stress	☐	Fire resistance	☐
	Subsoil	☐	Connection modeller	☐
	Nonlinearity	☐	Frame rigid connections	☐
	Stability	☐	Frame pinned connections	☐
	Climatic loads	☒	Grid pinned connections	☐
	Prestressing	☐	Bolted diagonal connections	☐
	Pipelines	☐	Expert system	☐
	Structural model	☐	Connection monodrawings	☐
	Parameters	☐	Scaffolding	☐
	Mobile loads	☐	LTB 2nd Order	☐
	Automated GA drawings	☐	ArcelorMittal	☐
	LTA - load cases	☐		
	External application checks	☐		
	KP1 application	☐		
	Property modifiers	☐		

OK Cancel

On the Load tab set the value of check boxes Wind Load and Snow Load to the option According to code.

Project data

Basic data | Functionality | Loads | Protection

Acceleration of gravity: 9.810 m/sec²

Location: ... "Flensburg, Stadt"

Wind Load: According to code ... EC 1 / 27.5m/s / 0

Snow Load: According to code ... EC 1 / Sk=0.85kN/m² Ce=1.00 Ct=1.00

OK Storno

If you complete settings, confirm your choice by click on the button [OK].

On the Basic data tab, you can set a project level. If you choose "default", the program will only show the most frequently used basic functions. If you choose "advanced", all basic functions will be shown.

On the Functionality tab, you choose the options you need. The non-selected functionalities will be filtered from the menus, thus simplifying the program.

Structure definition

The following chapter is currently available only in English.

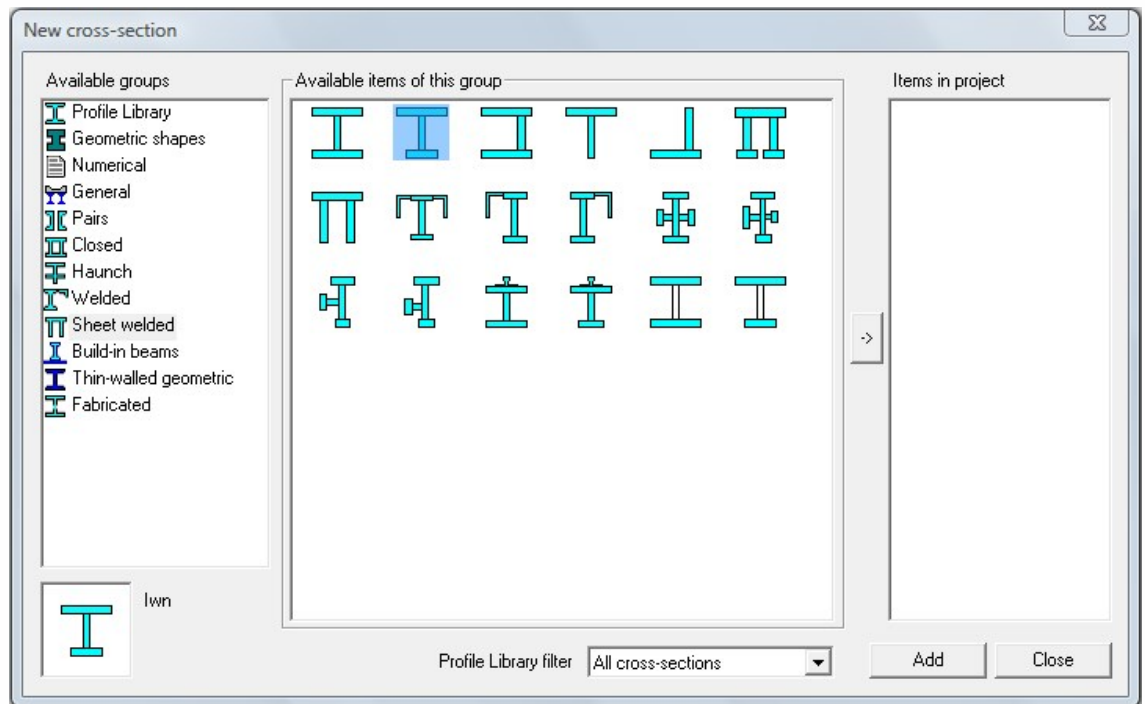
If you start a new project, the geometry of the structure must be entered.

Cross-sections, lists and matrices definition

The following chapter is currently available only in English.

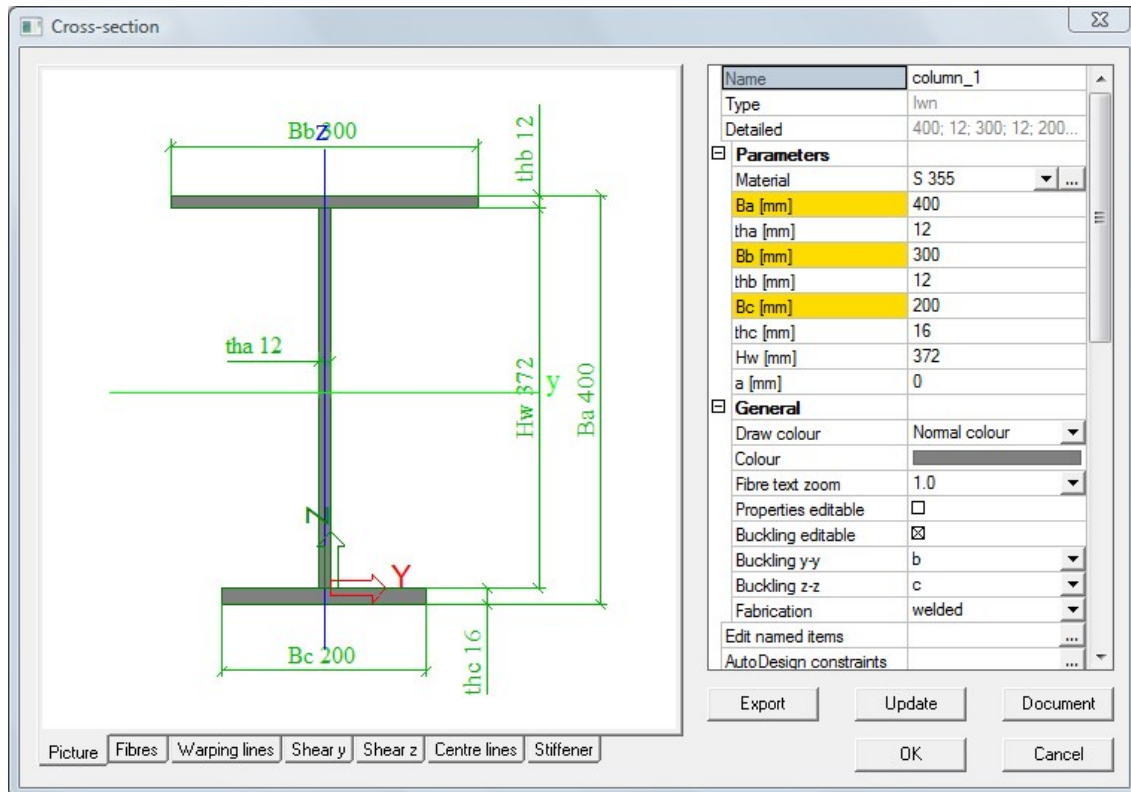
Cross-sections

1. Click on the Cross-Sections  icon in the toolbar.
The Cross-Sections manager is opened. If no profiles have been entered in the project, New cross-section window will be automatically opened.



2. Click Sheet welded in the group Available groups.

3. In the Available items of this group, choose lwn profile  from the list.



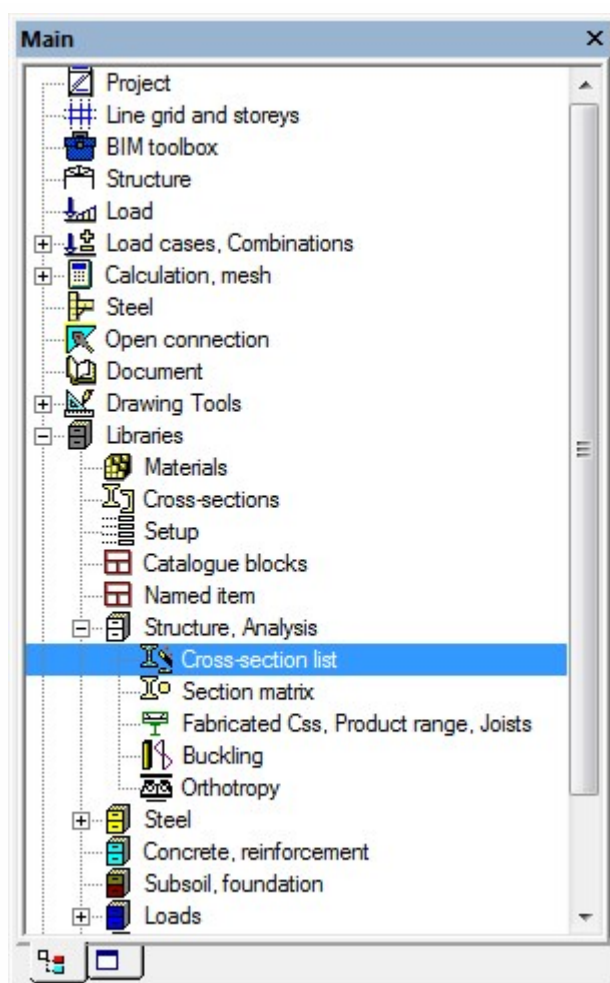
4. Set the name to CL1.
5. Confirm by clicking [OK].
6. Add in the same way cross-sections RL1, RL2, RL3, CR1, RR1, RR2 and RR3.
7. Click [Close] to close the New cross section dialogue.
8. Click [Close] to close the Cross-Sections manager and to return to the project.



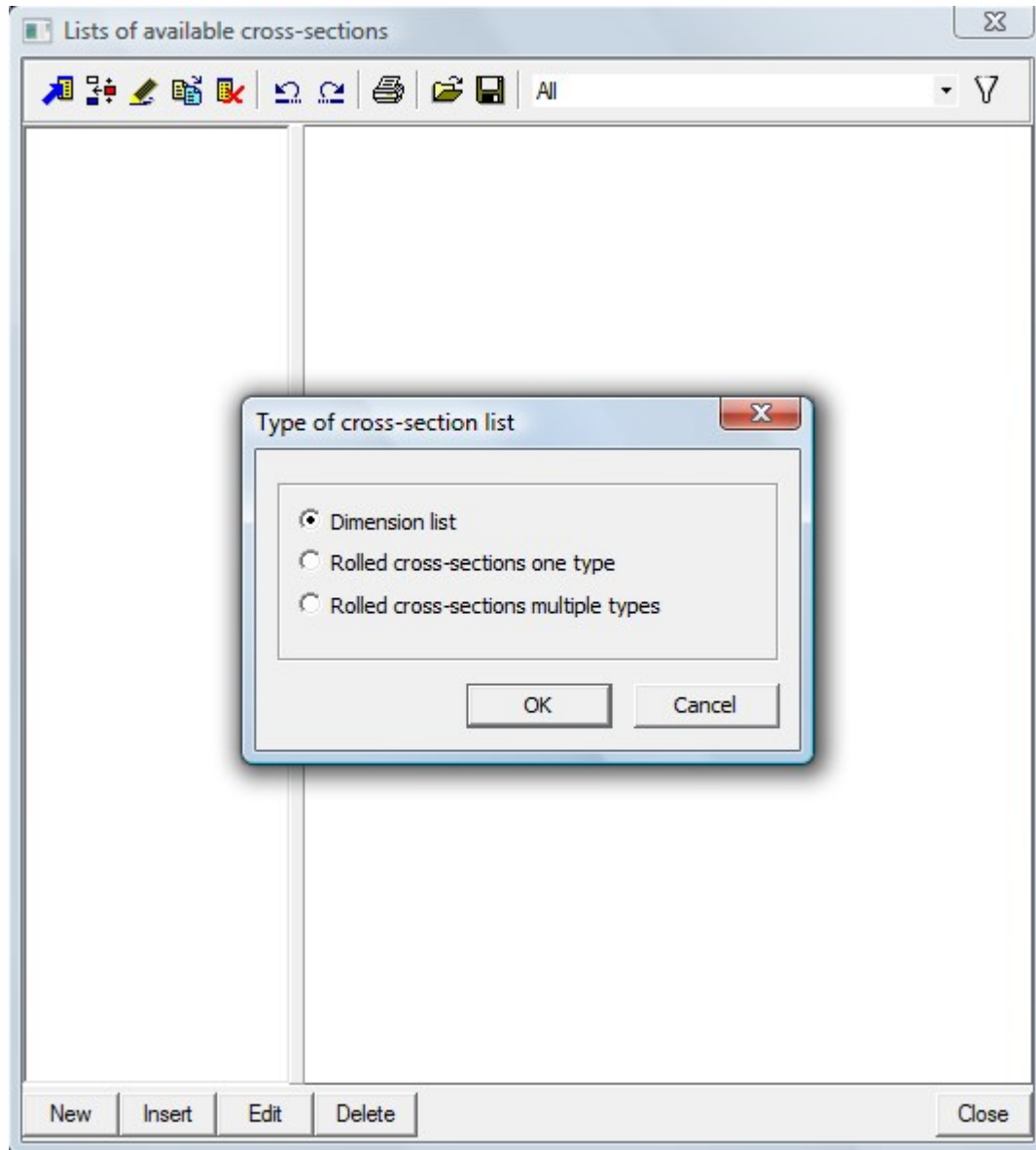
It is necessary to define a unique CSS for each member else frame autodesign will not work correctly.

Cross-section lists

1. To define CSS lists, use the option Main window→Libraries→Structure, Analysis→Cross-section list



2. Type of cross-section list dialog appears.

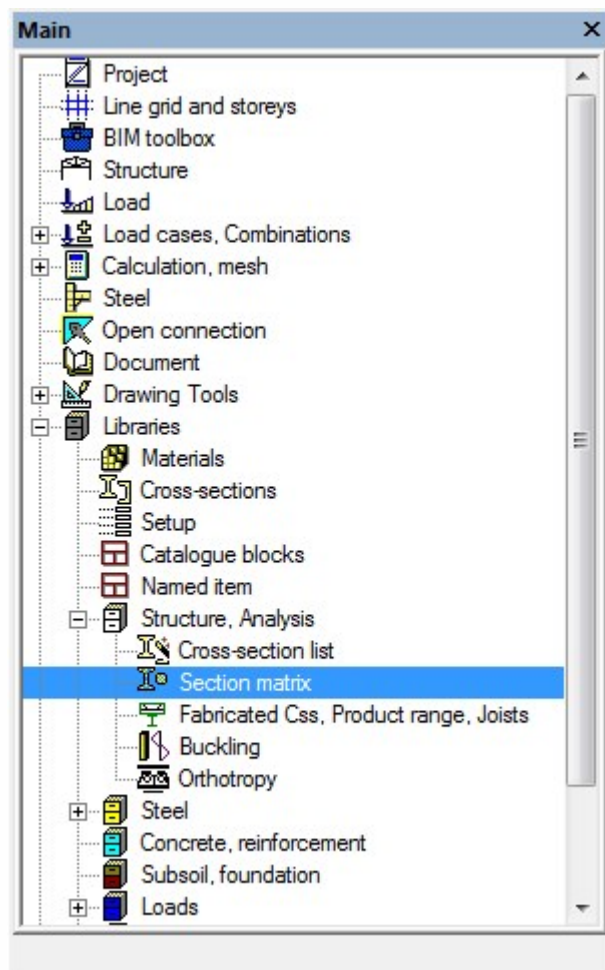


3. Use option Dimension list.
4. Dimensions dialog appears.
5. Define values 100,125,150,175,200,225,250,300
6. Confirm your input with [OK].
7. A new list LIST1 appears.
8. Change the name of the list to fw.
9. Click  or  to create a next list
10. Repeat points 3-8 to define lists:
 ft (6,8,10,12,16,18,20,24,28,32,36)
 wd (250,300,350,400,450,500,600,700,800,900,1000,1100,1200,1300,1400,1500)
 wt (5,6,8,10,12,14,16,18,20)

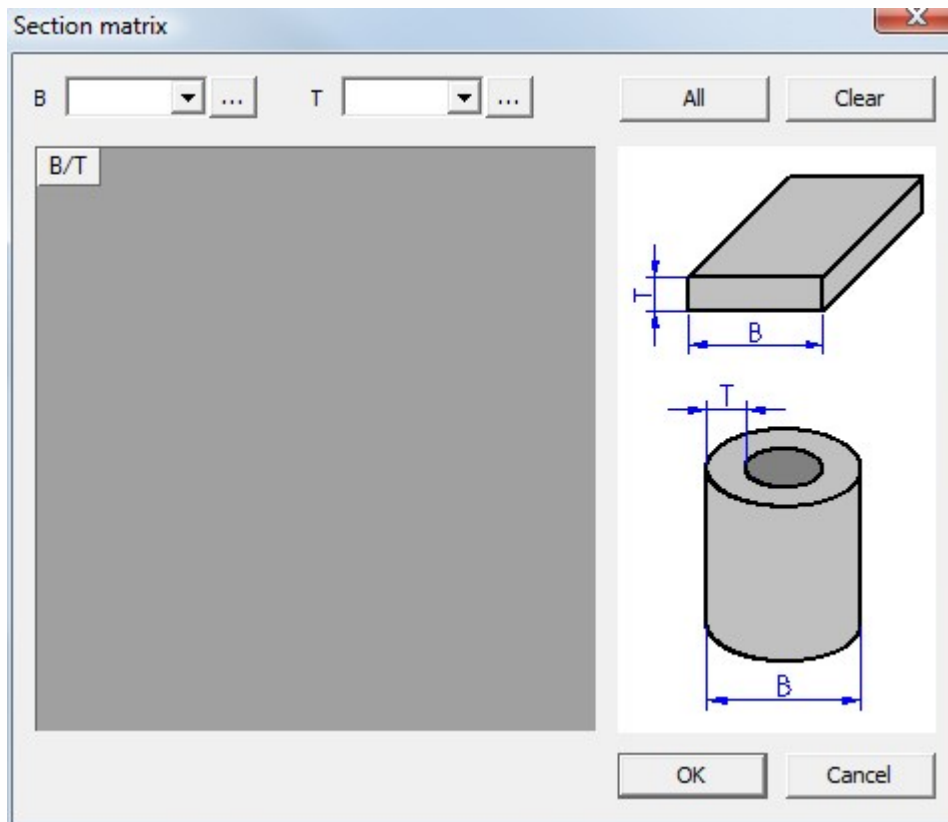
11. Click [Close] to close the List of available cross-sections dialogue.

Section Matrix

1. To define section matrix, use the option Main window→Libraries→Structure, Analysis→Section matrix



2. Section matrix dialog appears.



3. Select list fw in B combo-box.
4. Select list ft in T combo-box.

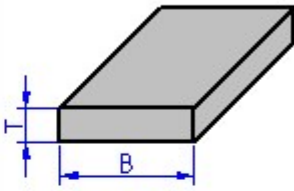
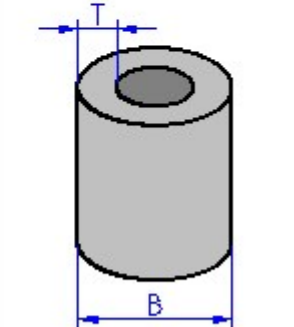
5. Matrix from defined list appears.

Section matrix

B fw T ft

B/T	6	8	10	12	16	18	20	24	28	32	36
100	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
125	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
150	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
175	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
200	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
225	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
250	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
300	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒

OK Cancel

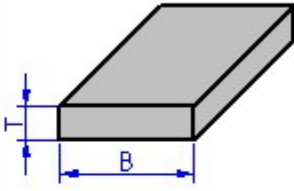
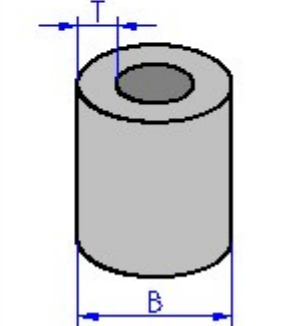
6. Unselect some options according to following drawing

Section matrix

B fw T ft

B/T	6	8	10	12	16	18	20	24	28	32	36
100	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☐
125	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☐
150	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☐	☐
175	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
200	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
225	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
250	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
300	☐	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒

OK Cancel

7. Confirm your input with [OK].
8. Change the name of the matrix to FM.
9. Click [Close] to close the Section matrix dialogue.

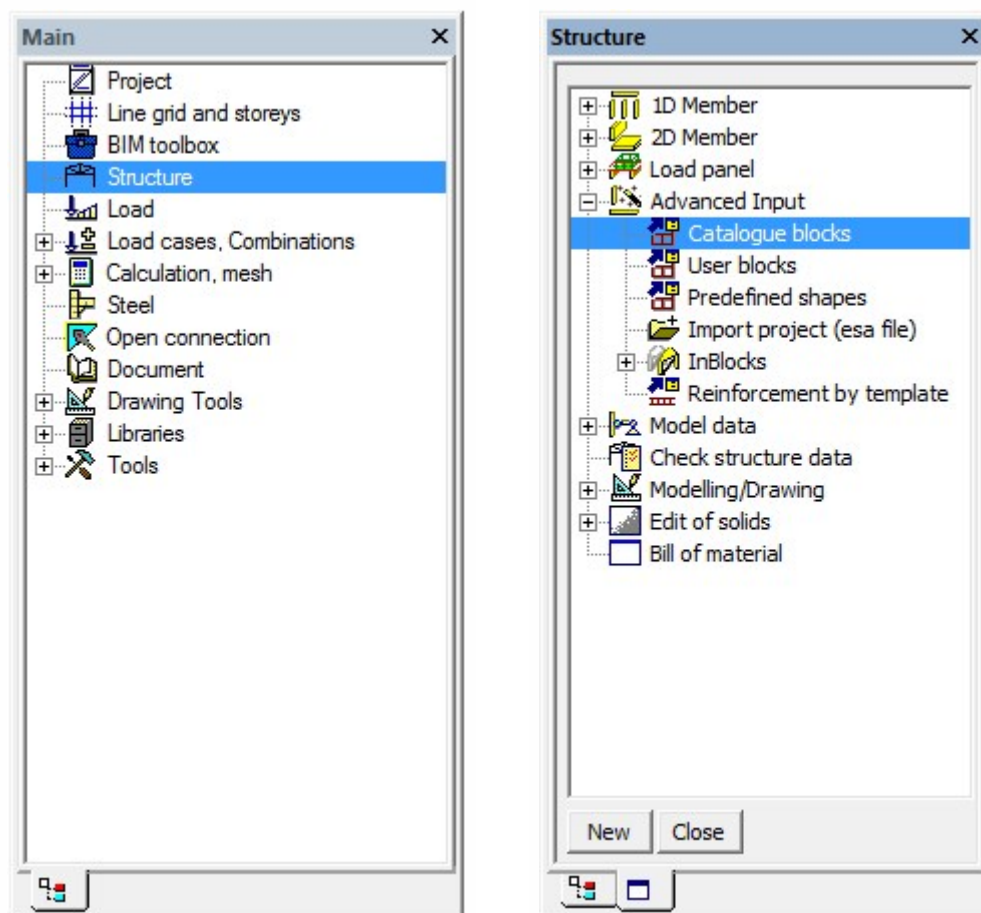


The following chapter is currently available only in English.

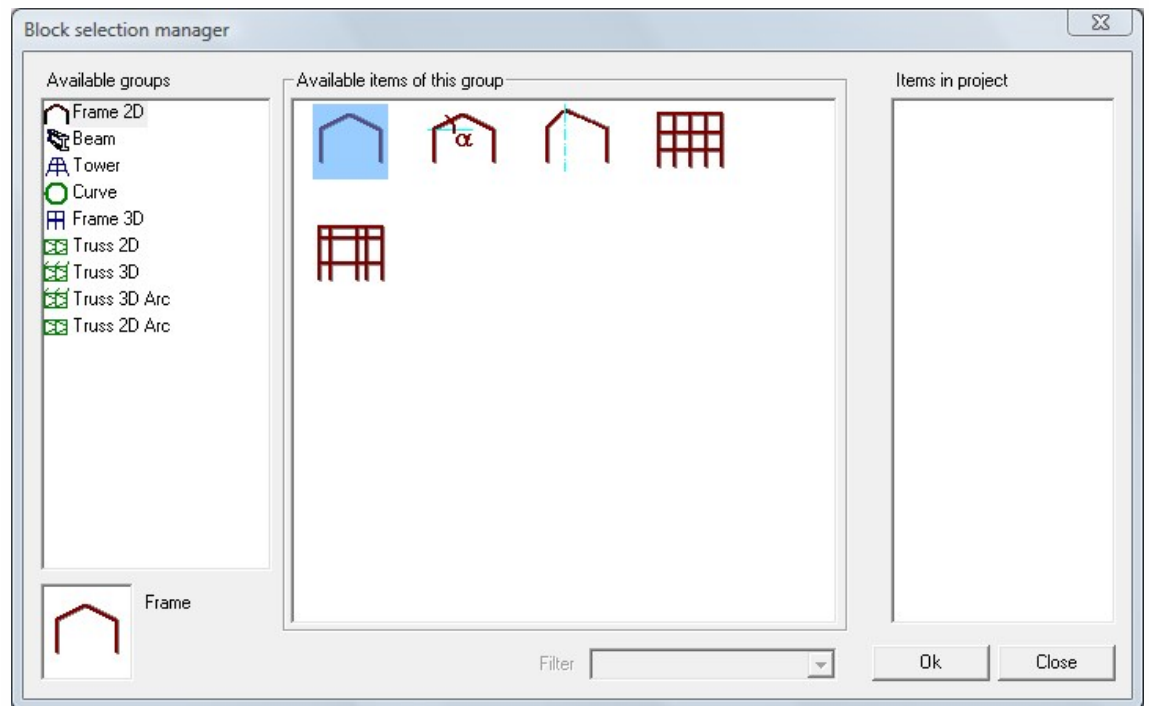
Geometry

Structure input

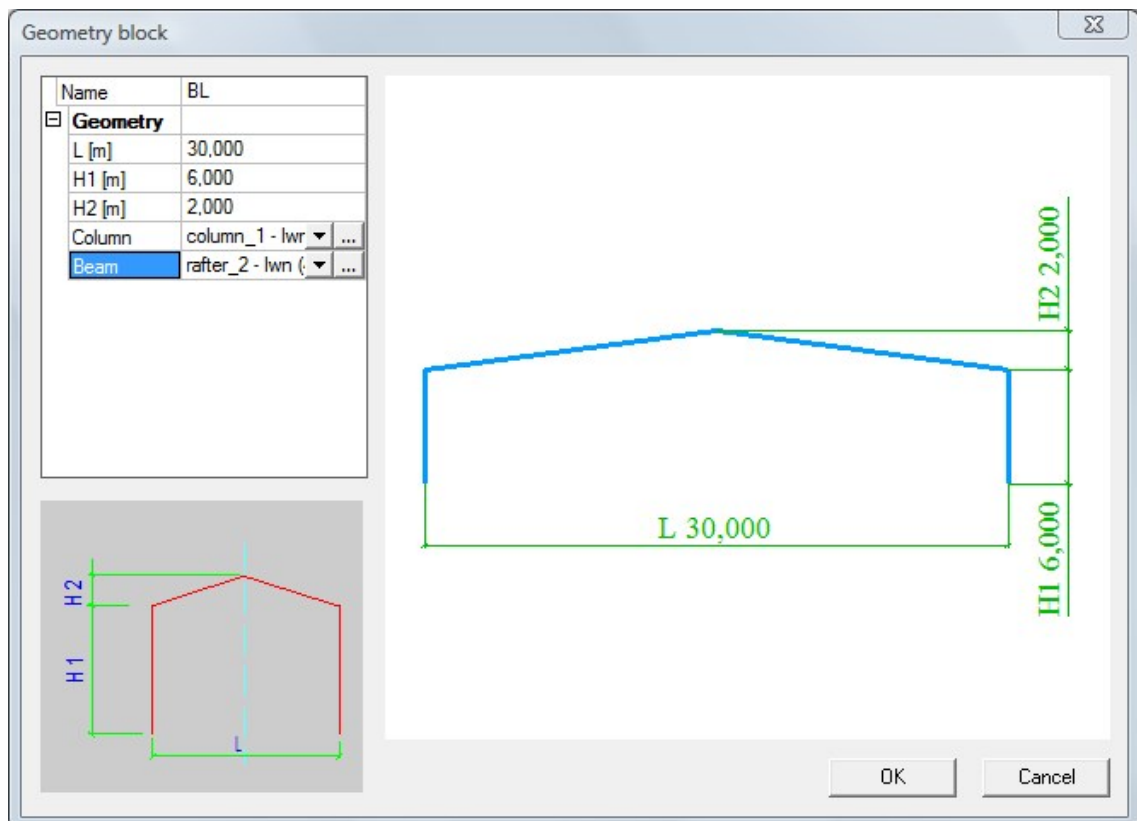
1. Double-click on Structure in the Main window.



2. To enter a new frame, use the option Advanced Input and Catalogue Blocks in the Structure menu. The Catalogue block manager is opened.



3. In the Available Groups choose a Frame 2D
4. In the Available items of this group choose the first option (frame).
5. Confirm your choice with [OK]. The Geometry block window appears.



6. Enter the frame dimensions: L = 30m, H1 = 6m and H2 = 2m

7. In the pull-down menus, choose CL1 for the RL1 for the Beam.
8. Confirm your input with [OK]. The Catalogue block manager appears.
9. Click [OK] to return to the project.
10. Left column origin is used as an input point of the frame. Type the coordinates 0 0 0 in the Command line and press <Enter> to confirm your input.



11. End the input with the <Esc> key.

 The properties of selected elements are shown and can be modified in the Properties window.

 If no section has been defined in the project, the New cross-section window will automatically appear, as soon as you will try to enter a structural element (column, beam...).

 You can end your input by pressing either the <Esc> key either the right mouse button.

 With Zoom All icon  in the toolbar, you can visualize the entire structure.

 For coordinates separation use <space> key " ".

Structure modification

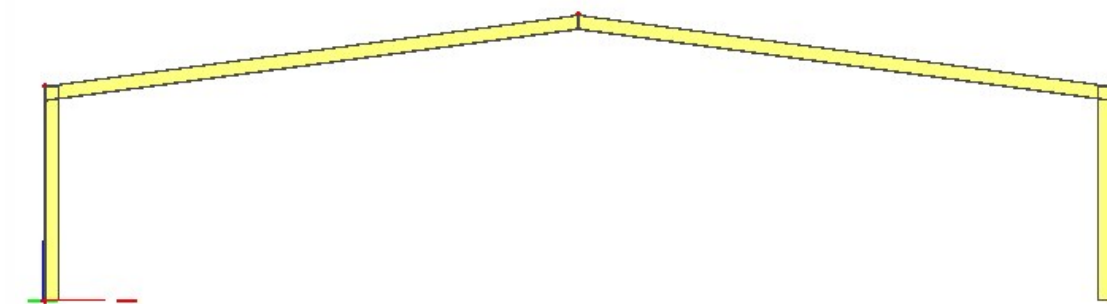
System line alignment

1. Select all members
2. Set Member system-line at to top in Property window.
3. Finish selection with <Esc> key.

LCS Rotation

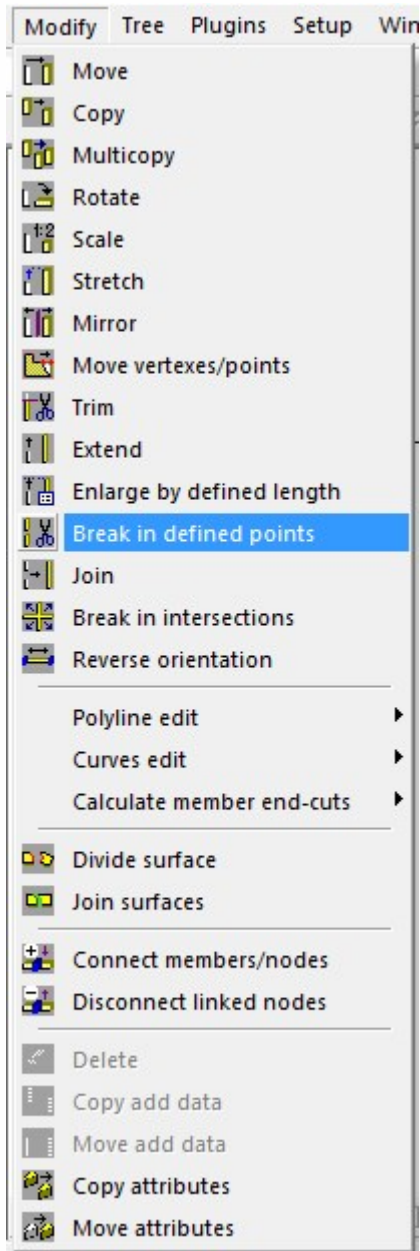
1. Select right column
2. Set value of LCS rotation to 180 [deg] in Property window.
3. Finish selection with <Esc> key.
4. Switch on  Show/hide surfaces button.
5. Switch on  Render geometry button.

6. Check generated structure

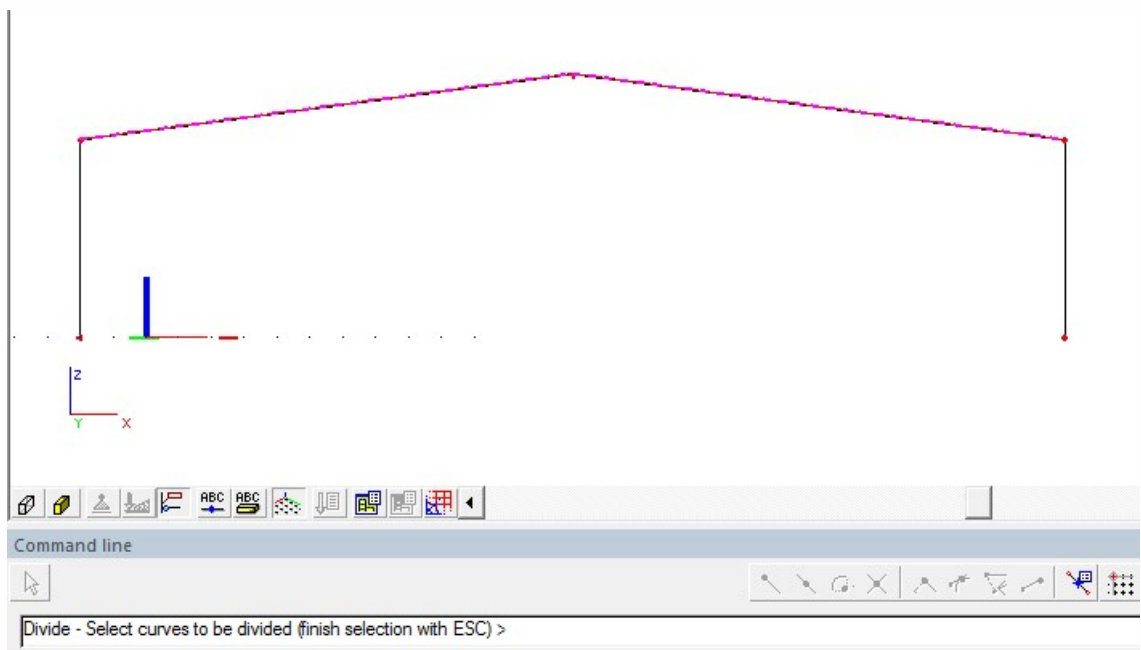


Rafters splitting

1. To split rafter beam into more parts use an option Break in defined points from Modify tab in the Main menu.

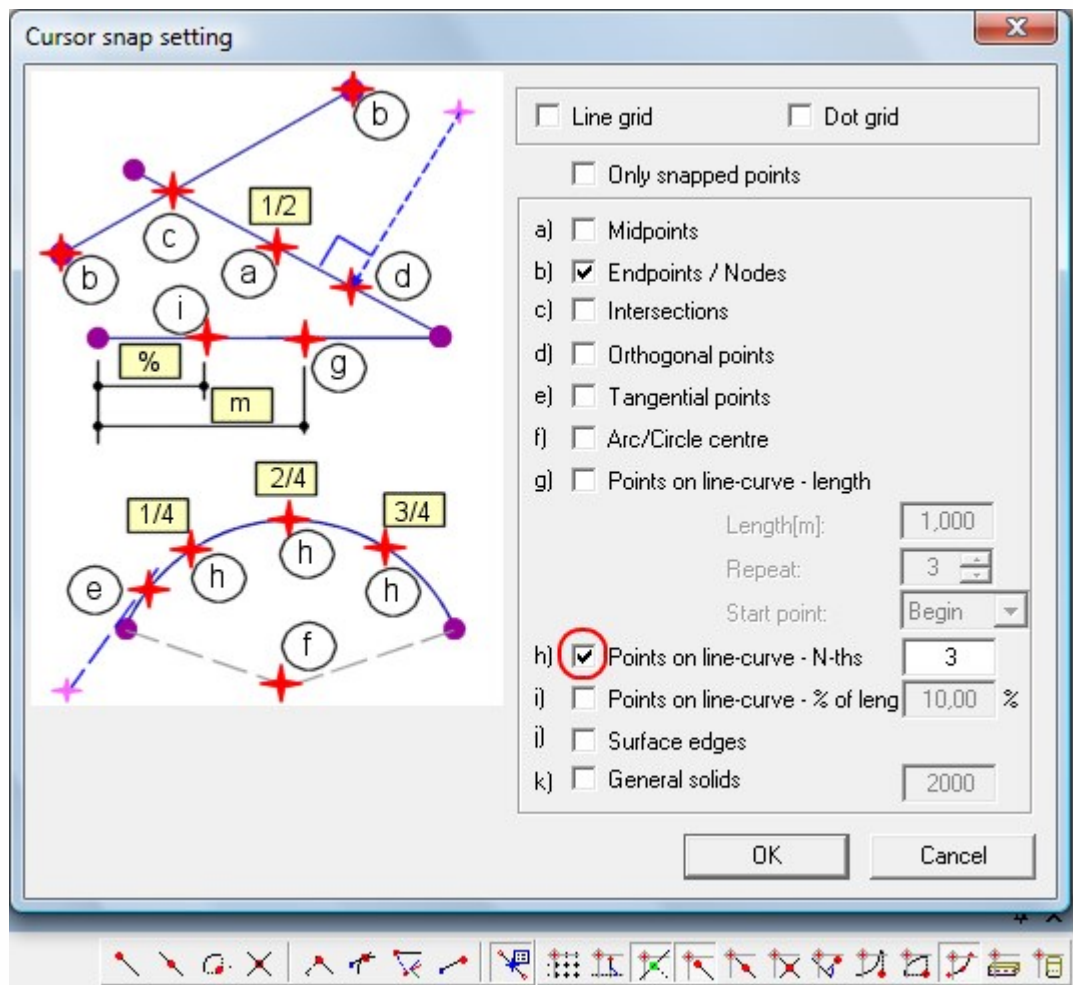


2. Select both rafter beams and finish selection with <Esc> key.

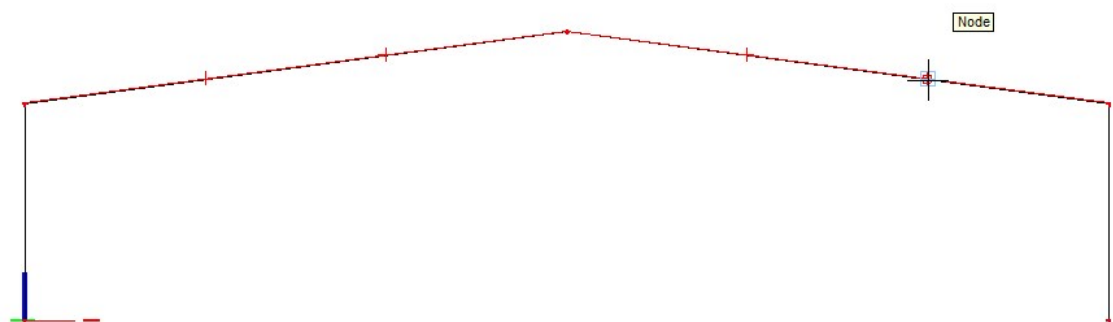


3. Click on the **Snap mode** button. The Cursor snap setting manager is opened.

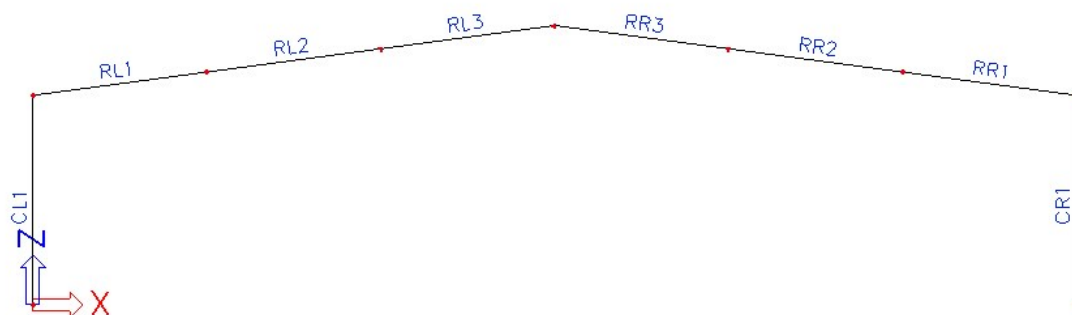
4. Activate option Points on line-curve and set it's value to 3.



5. Select all rafter points on line.



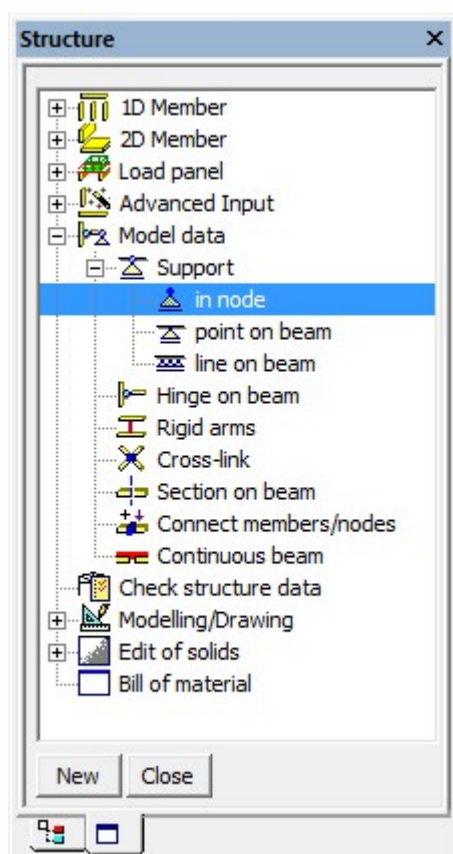
6. Finish selection with <Esc> key.
7. Select left middle rafter beams and change CSS to RL2 in Property window.
8. Finish selection with <Esc> key.
9. Repeat points 7 and 8 to set cross-sections according to the following drawing :



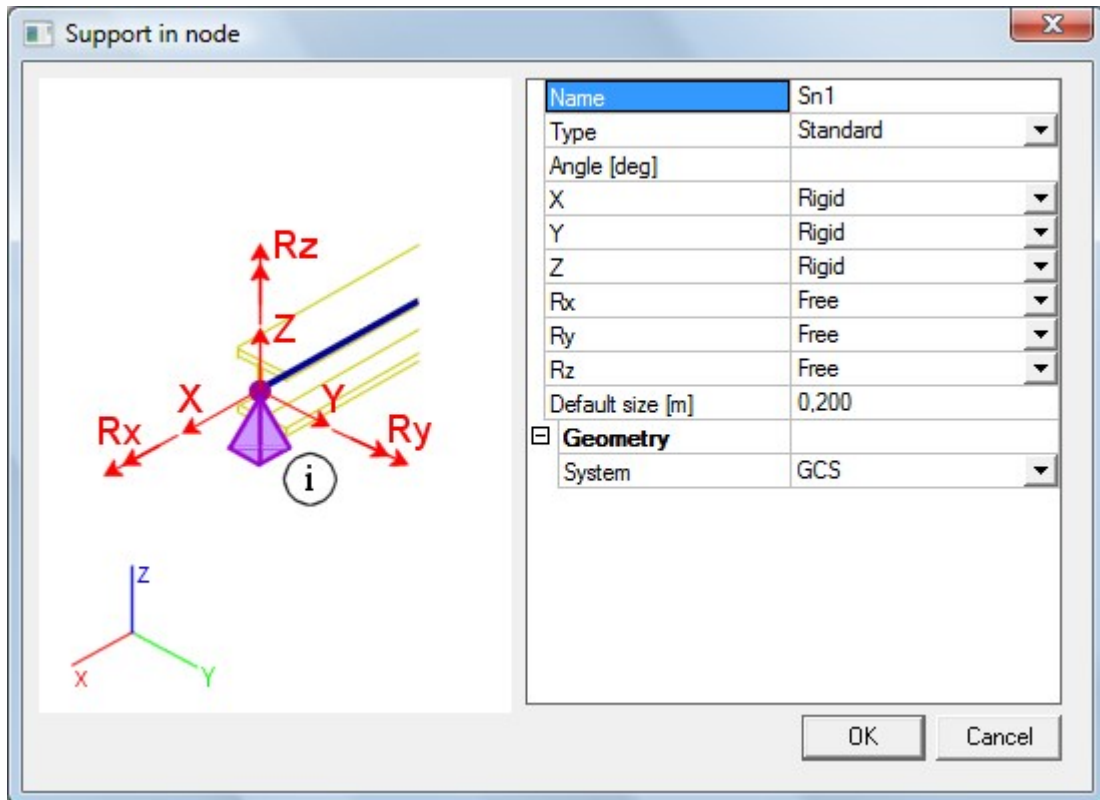
Supports

The geometry input can be completed with supports definition.

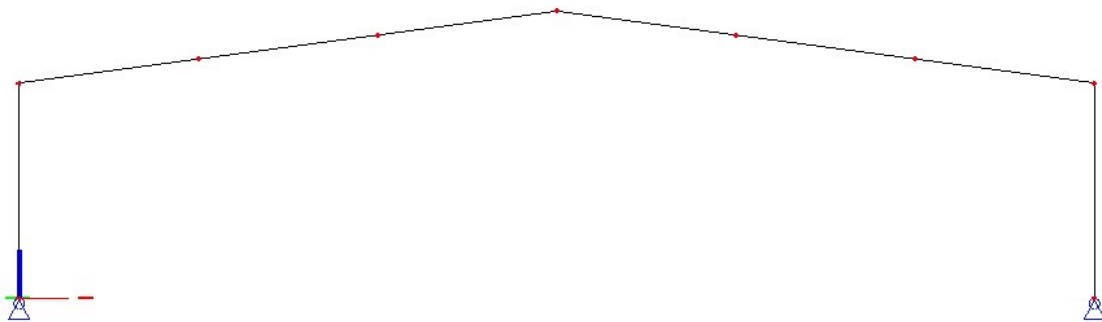
1. To enter supports, use the option Main window→Structure→Model data→Support→in node



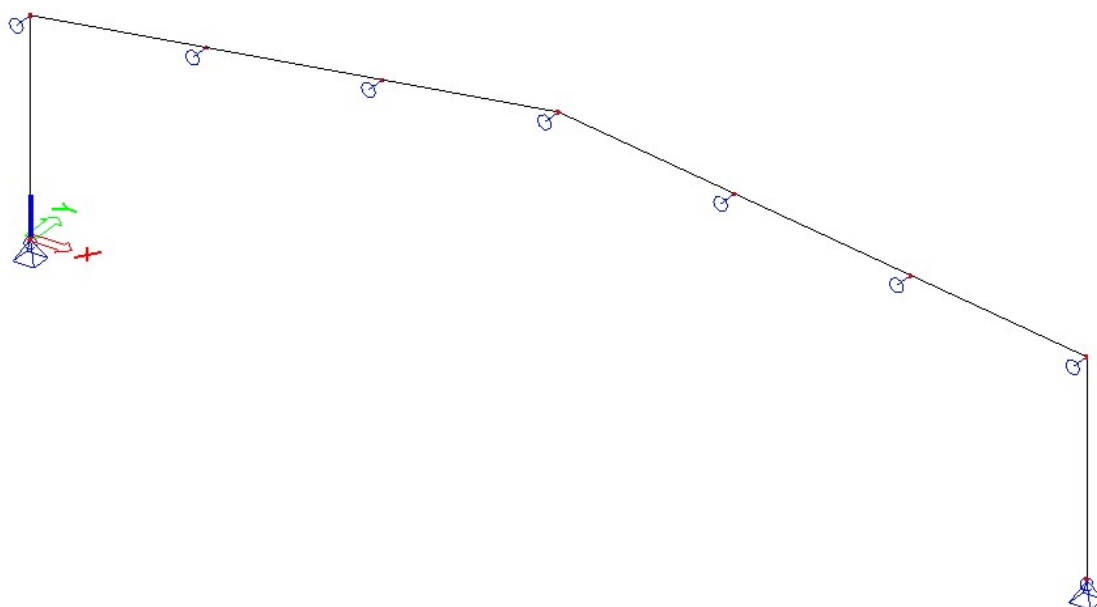
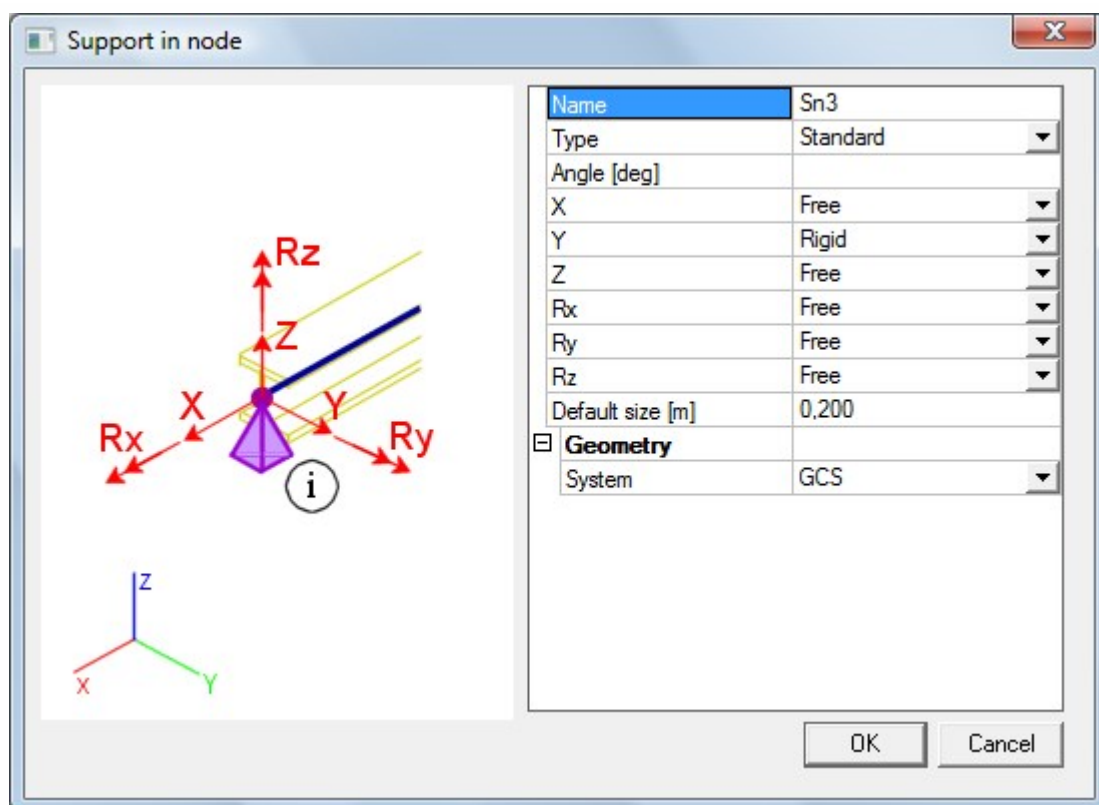
- Define all support translations Rigid and rotations Free.



- Confirm your input with [OK].
- Select both column bases and press <Esc> to finish the selection.



- Use the previous workflow and define supports in remaining nodes with the following settings:

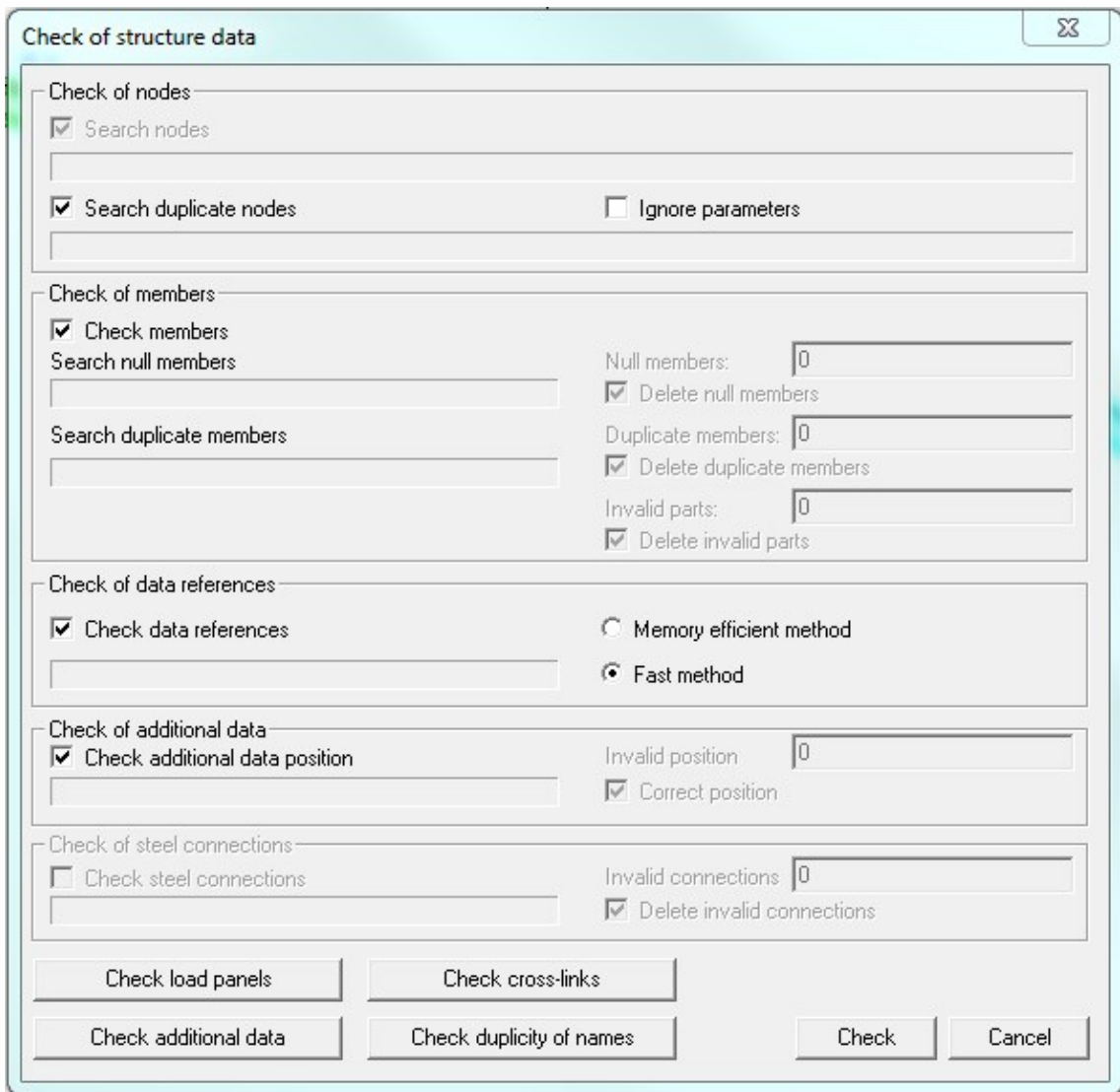


The following chapter is currently available only in English.

Check Structure data

After input of the geometry, the input can be checked for errors by means of the option Check Structure data. With this tool, the geometry is checked for duplicate nodes, zero bars, duplicate bars, etc.

1. Double-click on the Check Structure data option in the service Structure or click on the icon  in the toolbar. The Structure data check window appears, list the different available checks.

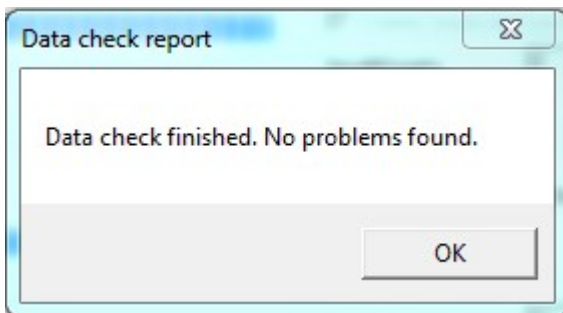


The 'Check of structure data' dialog box contains the following sections and options:

- Check of nodes:**
 - ☒ Search nodes
 - ☒ Search duplicate nodes
 - ☐ Ignore parameters
- Check of members:**
 - ☒ Check members
 - Search null members:
 - ☒ Delete null members
 - Search duplicate members:
 - ☒ Delete duplicate members
 - Invalid parts:
 - ☒ Delete invalid parts
- Check of data references:**
 - ☒ Check data references
 - ☐ Memory efficient method
 - ☒ Fast method
- Check of additional data:**
 - ☒ Check additional data position
 - Invalid position:
 - ☒ Correct position
- Check of steel connections:**
 - ☐ Check steel connections
 - Invalid connections:
 - ☒ Delete invalid connections

Buttons at the bottom: Check load panels, Check cross-links, Check additional data, Check duplicity of names, Check, Cancel.

2. Click [Check] to perform the checks.
The Data Check Report window appears, indicating that no problems were found.



The 'Data check report' dialog box displays the message: "Data check finished. No problems found." with an OK button.

3. Close the check by clicking [OK].



The following chapter is currently available only in English.

Loads and combinations



The following chapter is currently available only in English.

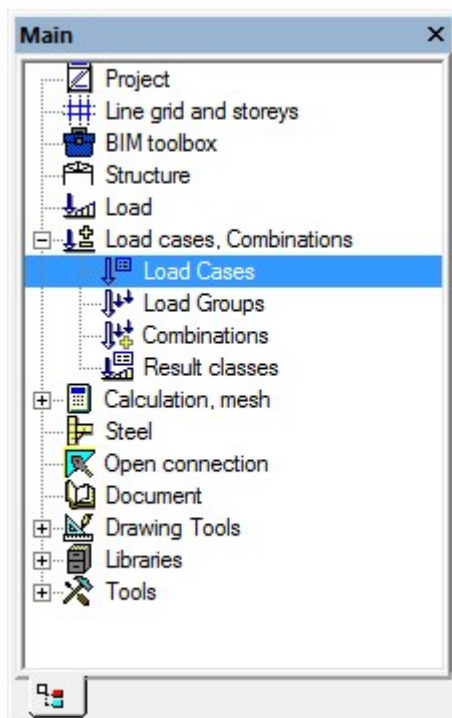
Load Cases and Load Groups

In this project, six load cases are entered:

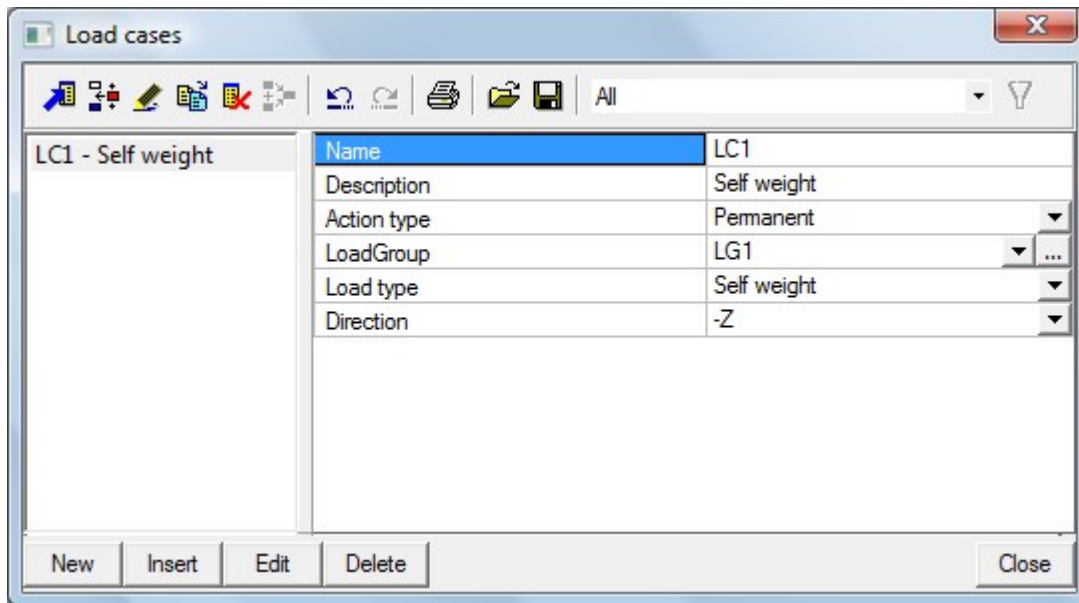
- LC1 – Self weight; action type Permanent; load group LG1; load type Self weight; direction –Z
- LC2 – Dead load; action type Permanent; load group LG1; load type Standard
- LC3 – Live Load; action type Variable; load group LG2; load type Static; specification Standard; duration Short; Master load case None
- WND-L - Wind from left; action type Variable; load group Wind; load type Static; specification Standard; duration Short; Master load case None
- WND-L - Wind from left; action type Variable; load group Wind; load type Static; specification Standard; duration Short; Master load case None
- SN - Snow loads; action type Variable; load group Snow; load type Static; specification Standard; duration Short; Master load case None

Self weight

1. Double-click on the Load Cases in the service Load cases, Combinations in the Main window.

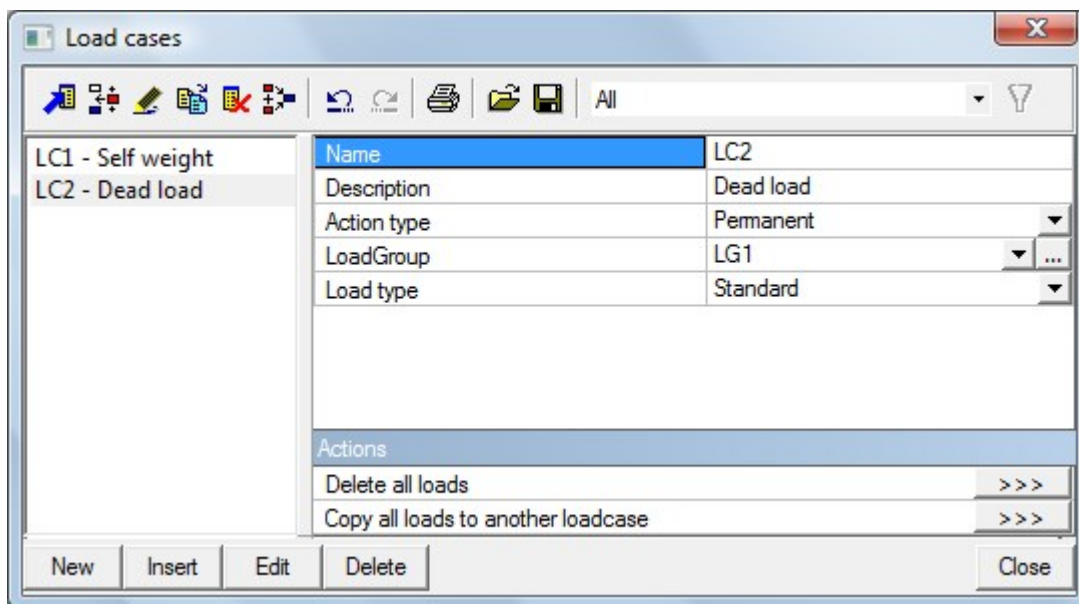


- By default, the load case LC1 is created. This load is a permanent load of the Self weight load type. The self weight of the structure is automatically calculated by means of this type. You can describe the content of this load case. For this project, enter the description "Self weight".



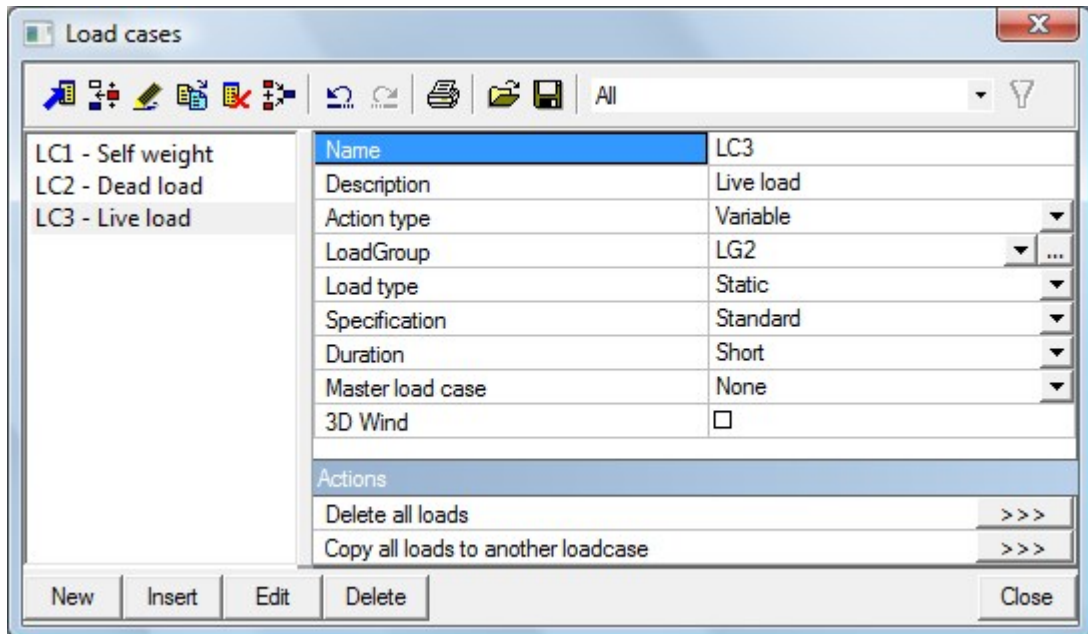
Dead load

- Click  or  to create next load case (LC2). Enter the description "Dead load".



Live load

1. Click  or  to create next load case (LC3). Enter the description "Live load".
2. As this is a variable load, change the Action type to Variable. The Load Group LG2 is automatically created.



3. Confirm your input by click on the button [Close].



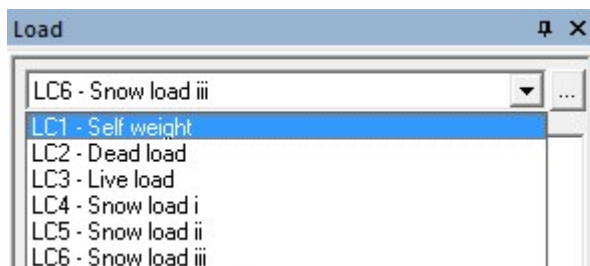
The following chapter is currently available only in English.

Load

After input of the Load cases, go to the service Load from Main window.

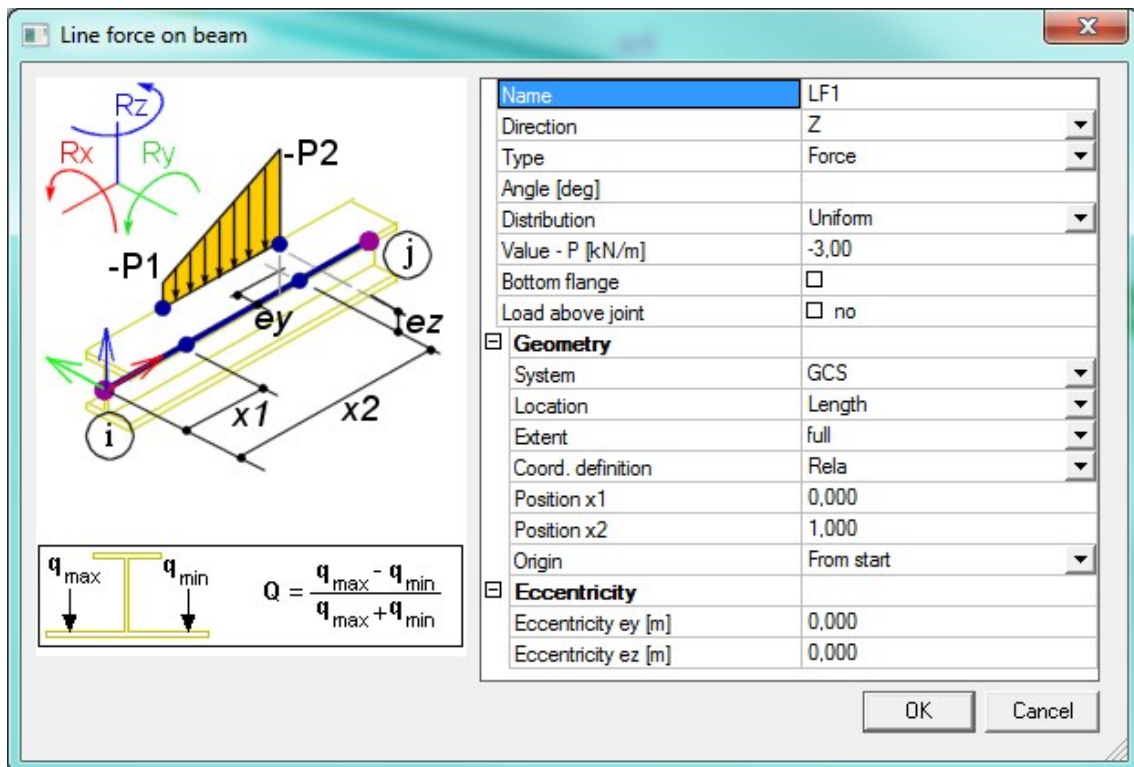
Switching between load cases

You can switch between load cases with the mouse pointer in the list box.



Dead load

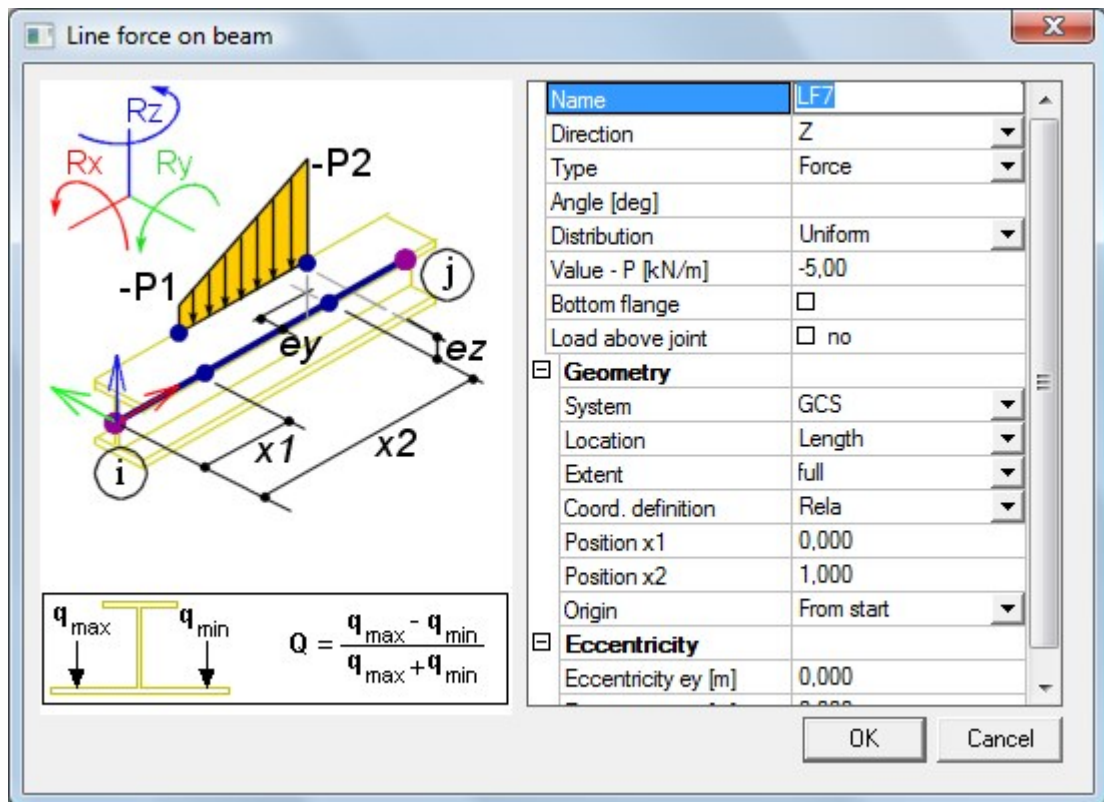
1. According to the previous paragraph select the load case LC2 – Dead load.
2. Click Line force - on beam in the Load Menu. The following dialog appears.



3. Set the Value to -3,0 kN/m and System to GCS
4. Confirm your input with [OK].
5. Select all rafter beams to enter defined load
6. Press <Escape> to finish the input.
7. Press <Escape> once more to finish the selection.

Live load

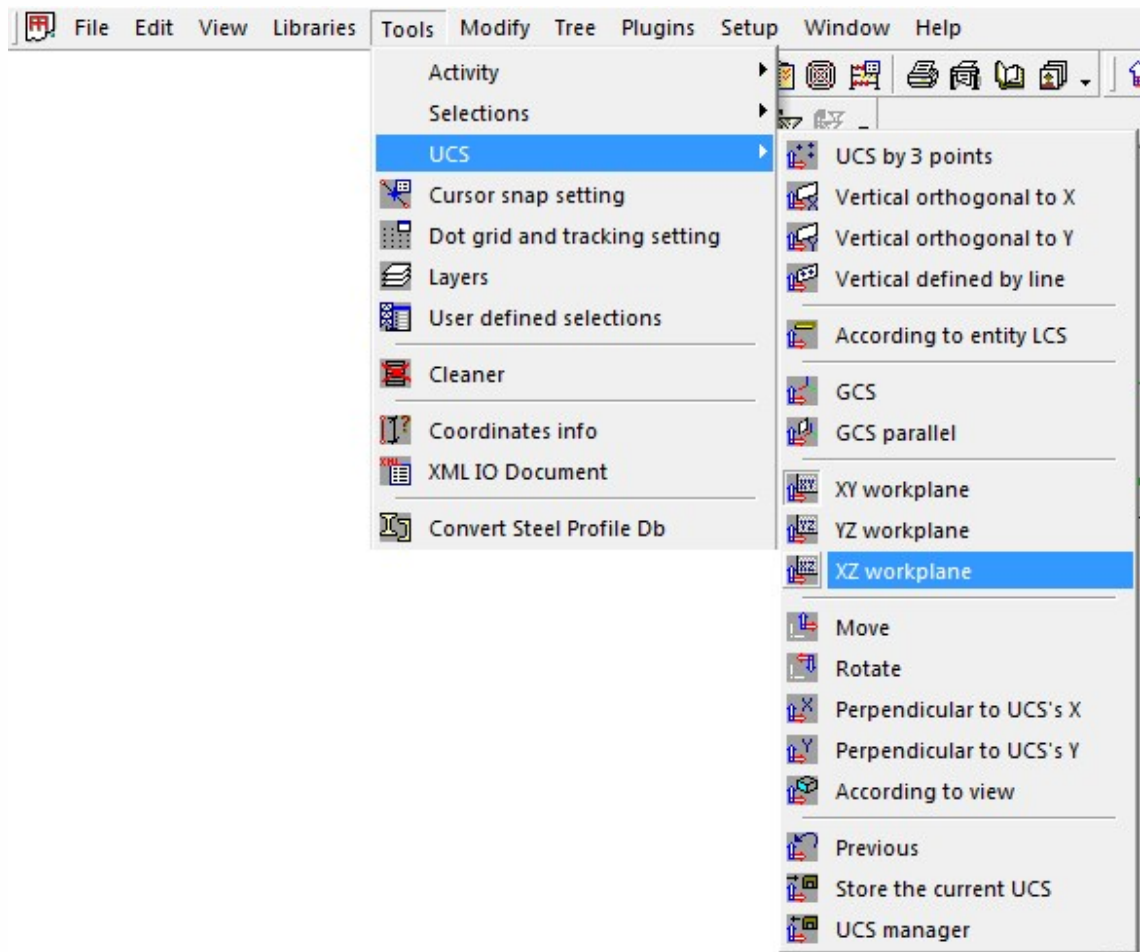
1. Select the load case LC3 – Live load.
2. Click Line force - on beam in the Load Menu. The following dialog appears.



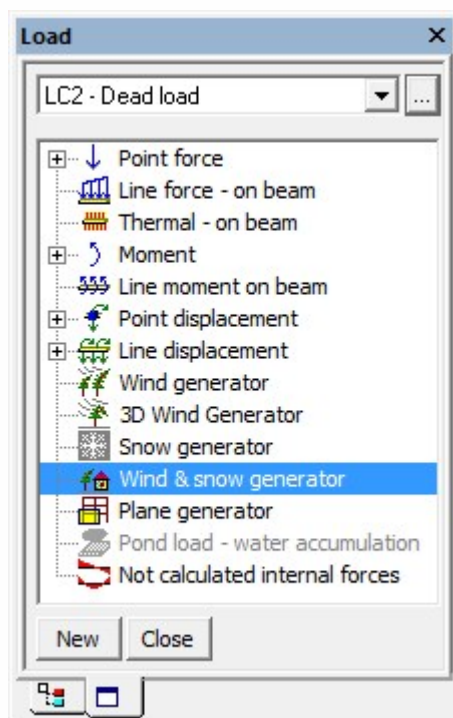
3. Set the Value to -5,0 kN/m and System to GCS
4. Confirm your input with [OK].
5. Select all rafter beams to enter defined load
6. Press <Escape> to finish the input.
7. Press <Escape> once more to finish the selection.

Wind

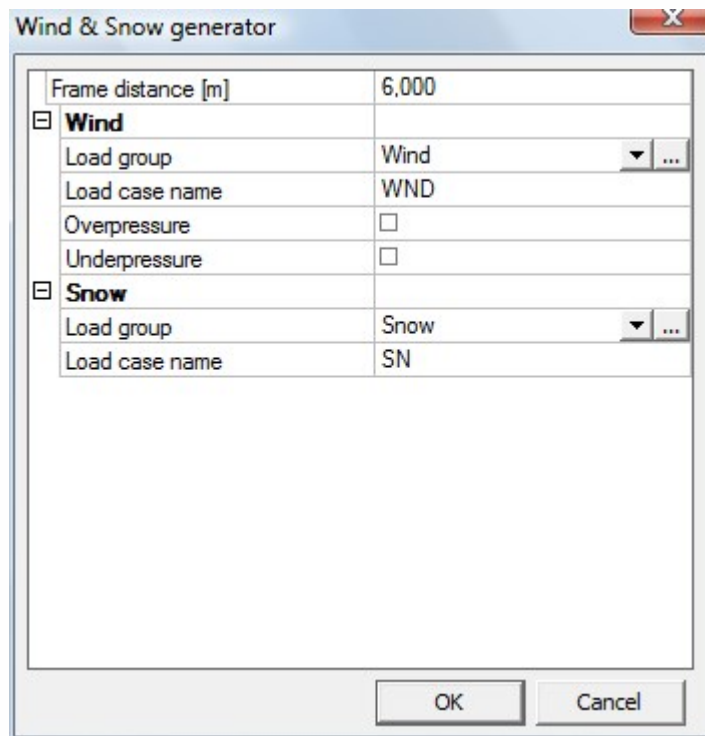
1. Set workplane as XZ by an option Main menu → Tools → UCS → XZ workplane



2. Click Wind & Snow generator in the Load Menu.



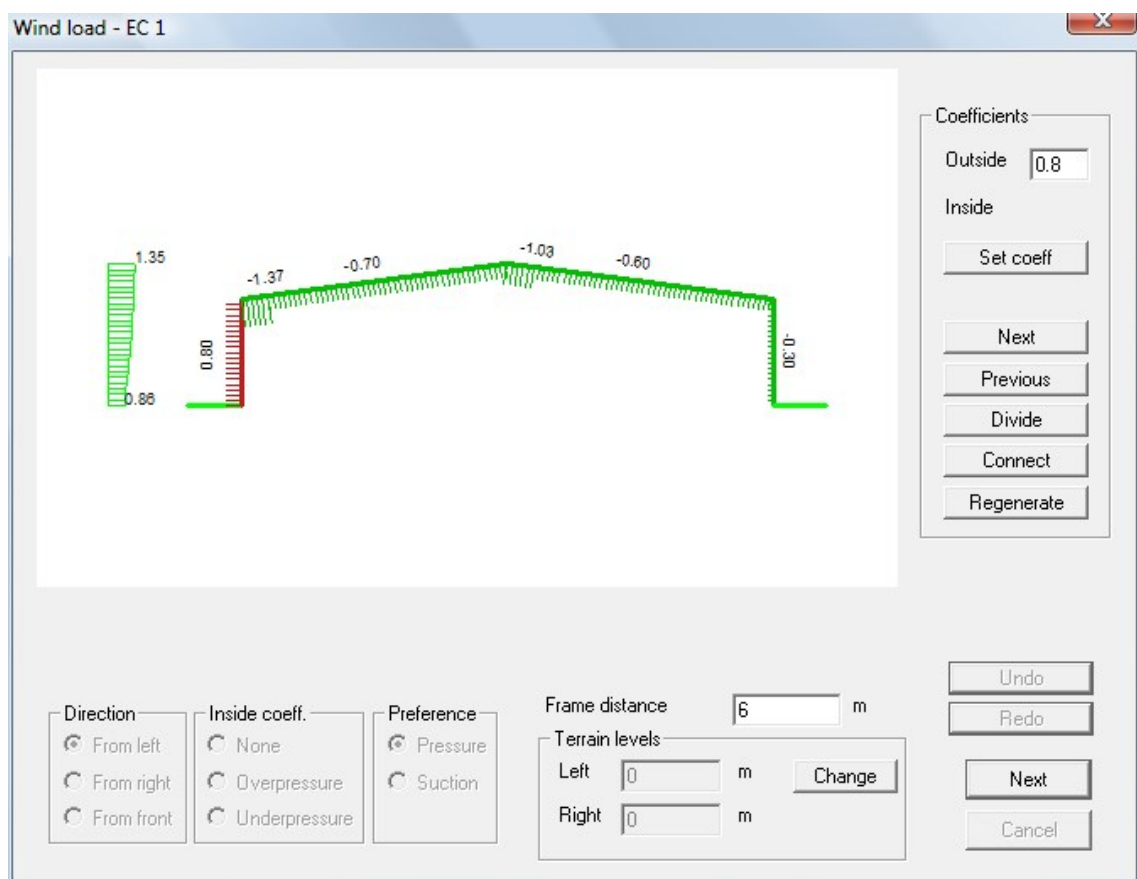
3. Following dialogue appears.



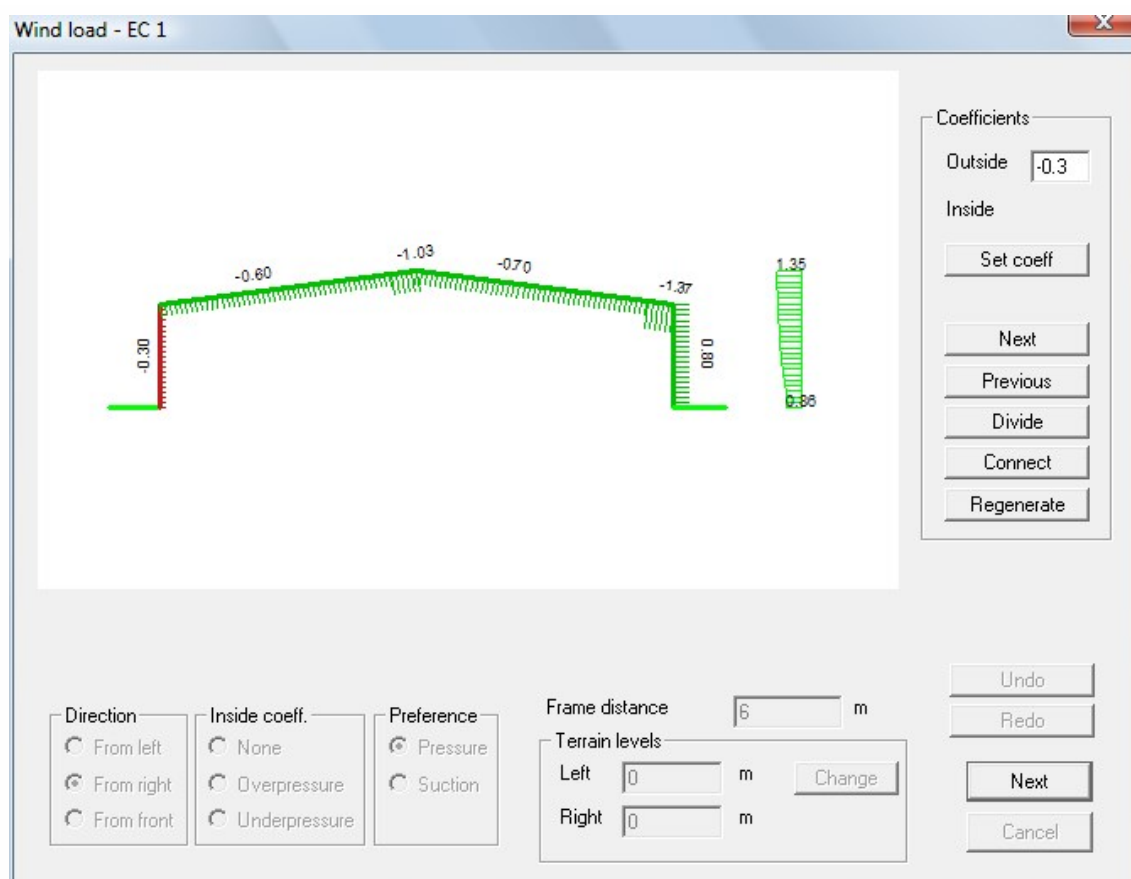
The image shows a software dialog box titled "Wind & Snow generator". It contains settings for wind and snow loads. The "Frame distance [m]" is set to 6,000. Under the "Wind" section, the "Load group" is "Wind", the "Load case name" is "WND", and both "Overpressure" and "Underpressure" checkboxes are unchecked. Under the "Snow" section, the "Load group" is "Snow" and the "Load case name" is "SN". The dialog has "OK" and "Cancel" buttons at the bottom right.

Frame distance [m]	6,000
Wind	
Load group	Wind
Load case name	WND
Overpressure	☐
Underpressure	☐
Snow	
Load group	Snow
Load case name	SN

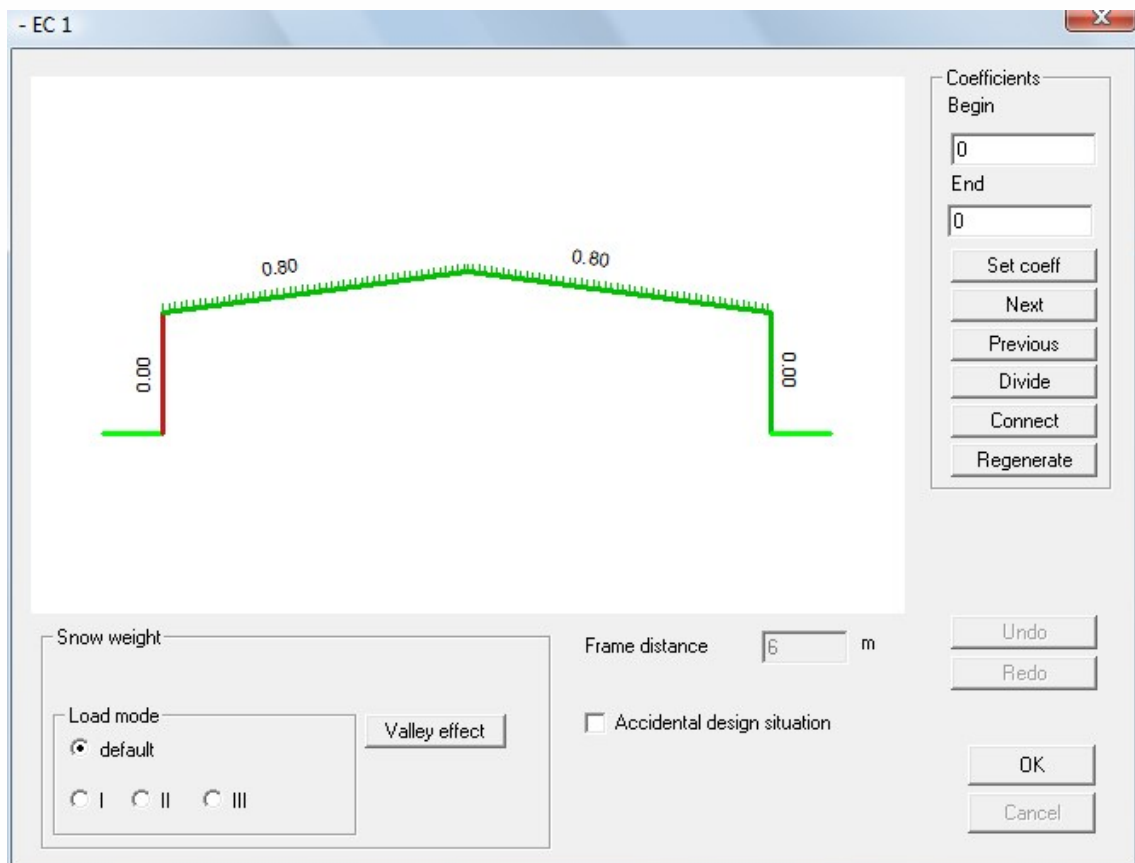
4. Confirm default settings with [OK].
5. Left wind load generator manager appears.



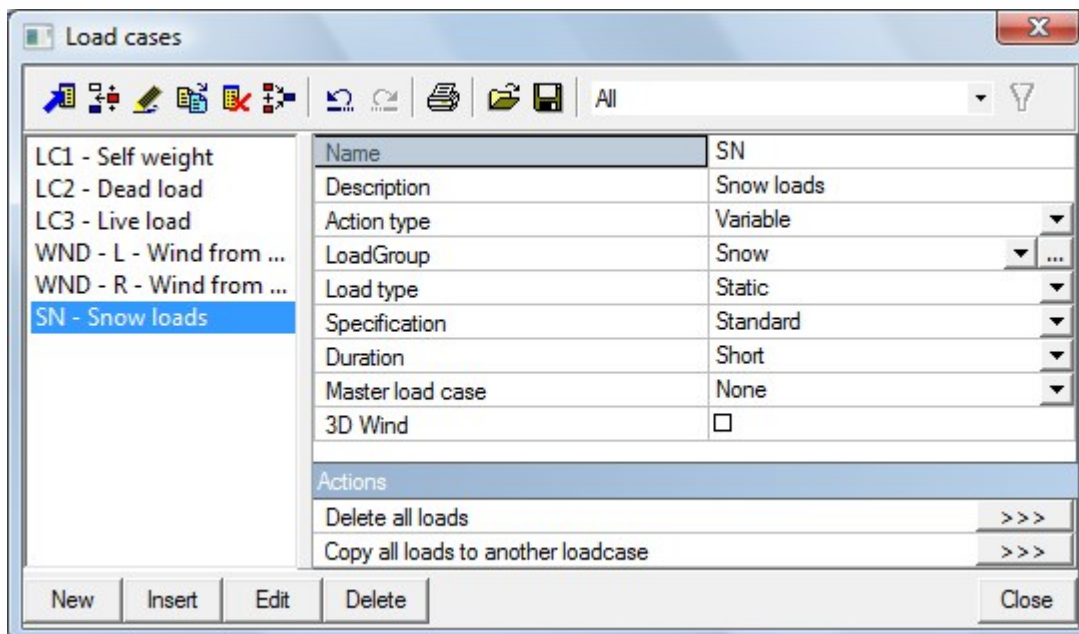
6. Accept default settings and press [Next].
7. Left wind load generator manager appears.



8. Accept default settings and press [Next].
9. Snow load generator manager appears.



10. Accept default settings and press [OK].
11. New loadcases:
WND-L-Wind from left
WND-L-Wind from left
SN-Snow loads
are generated



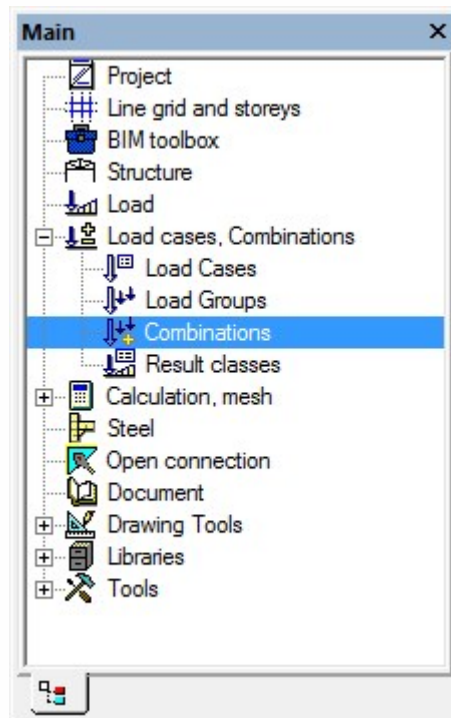


The following chapter is currently available only in English.

Combinations

After input of the load cases, the latter can be grouped in combinations. In this project, two linear combinations are created, one for the Ultimate Limit State and one for the Ultimate Serviceability State.

1. Double-click on  Combinations below  Load cases, Combinations in the Main window.



2. Since no combination has been entered yet, the window to create a new combination will automatically appear.

Combination - CO1

Contents of combination

- Load case
 - LC1 - Self weight
 - LC2 - Dead load
 - LC3 - Live load
 - WND - L - Wind from the left
 - WND - R - Wind from the right
 - SN - Snow loads

List of load cases

- Load case
 - LC1 - Self weight
 - LC2 - Dead load
 - LC3 - Live load
 - WND - L - Wind from the left
 - WND - R - Wind from the right
 - SN - Snow loads

Name :

Coeff :

Type :

Description :

Nonlinear combination :

3. Change the type of the combination EN-ULS (STR/GEO) Set B. With this combination type, Scia Engineer will automatically generate combinations in accordance with the composition rules of the Eurocode.
4. By means of the button [Add all], all load cases can be added to the combination.
5. Confirm your input with [OK]. The Combination Manager is opened.

6. Click or  to create a second combination.

7. Change the Type of the combination to EC - SLS char.

Combination - CO2

Contents of combination

- Load case
 - LC1 - Self weight
 - LC2 - Dead load
 - LC3 - Live load
 - WND - L - Wind from the left
 - WND - R - Wind from the right
 - SN - Snow loads

List of load cases

- Load case
 - LC1 - Self weight
 - LC2 - Dead load
 - LC3 - Live load
 - WND - L - Wind from the left
 - WND - R - Wind from the right
 - SN - Snow loads

Name : CO2

Coeff : 1 Correct

Type : EN-SLS Char.

Description :

Nonlinear combination :

Delete Add
Delete All Add All

OK Cancel

8. Confirm your input with [OK].
9. Click [Close] to close the Combination manager.

Combinations

Input combinations

Name	CO2
Description	
Type	EN-SLS Char.
Active coefficients	☐
Contents of combination	
LC1 - Self weight [-]	1,00
LC2 - Dead load [-]	1,00
LC3 - Live load [-]	1,00
WND - L - Wind from the left [-]	1,00
WND - R - Wind from the right [-]	1,00
SN - Snow loads [-]	1,00

Actions

Explode to envelopes >>>

Explode to linear >>>

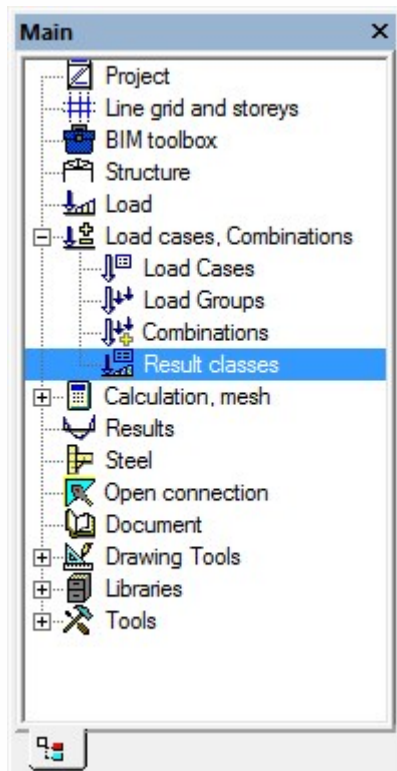
New Insert Edit Delete Close



The following chapter is currently available only in English.

Classes

1. Double-click on Result classes below Load cases, Combinations in the Main window.



2. Select class All SLS and click

Edit

The screenshot shows a software window titled "Result classes". On the left is a tree view with three items: "All ULS", "All SLS" (which is highlighted in blue), and "All ULS+SLS". On the right is a form for the selected class "All SLS". This form has a "Name" field containing "All SLS", a "Description" field, and a section titled "List" with a checkbox and the text "CO2 - EN-SLS Char.". Above the form is a toolbar with various icons and a dropdown menu currently set to "All". At the bottom of the window are five buttons: "New", "Insert", "Edit", "Delete", and "Close".

3. All SLS class dialog appears

Result class - All SLS

Type : All

Contents of class

- Serviceability combination
 - CO2

List of load cases and combinations

- Load case
 - SW - self weight
 - CL - collateral load
 - WND - L - Wind from the left
 - WND - R - Wind from the right
 - SN - Snow loads
- Ultimate combination
 - CO1
 - CO3
- Serviceability combination
 - CO2

Name : All SLS

Description :

Delete Add

Delete All Add All

OK Cancel

4. Check Contents of class. Combination CO2 is automatically added.
5. Confirm your input with [OK].

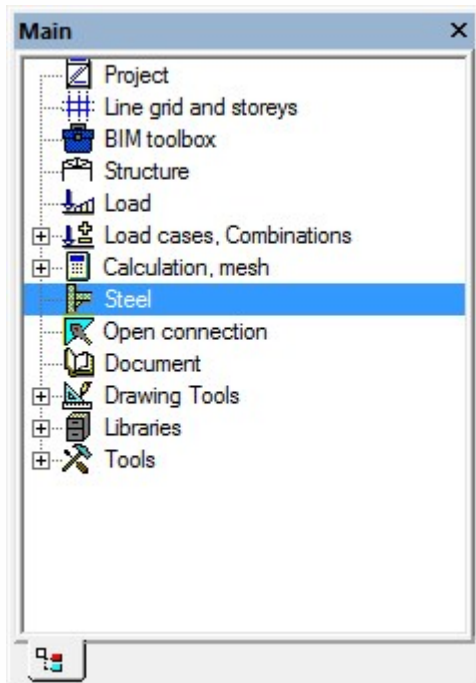


The following chapter is currently available only in English.

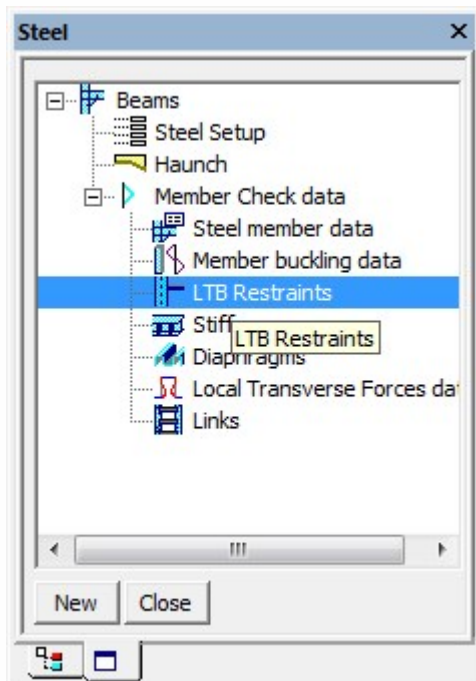
Steel

LTB restrains

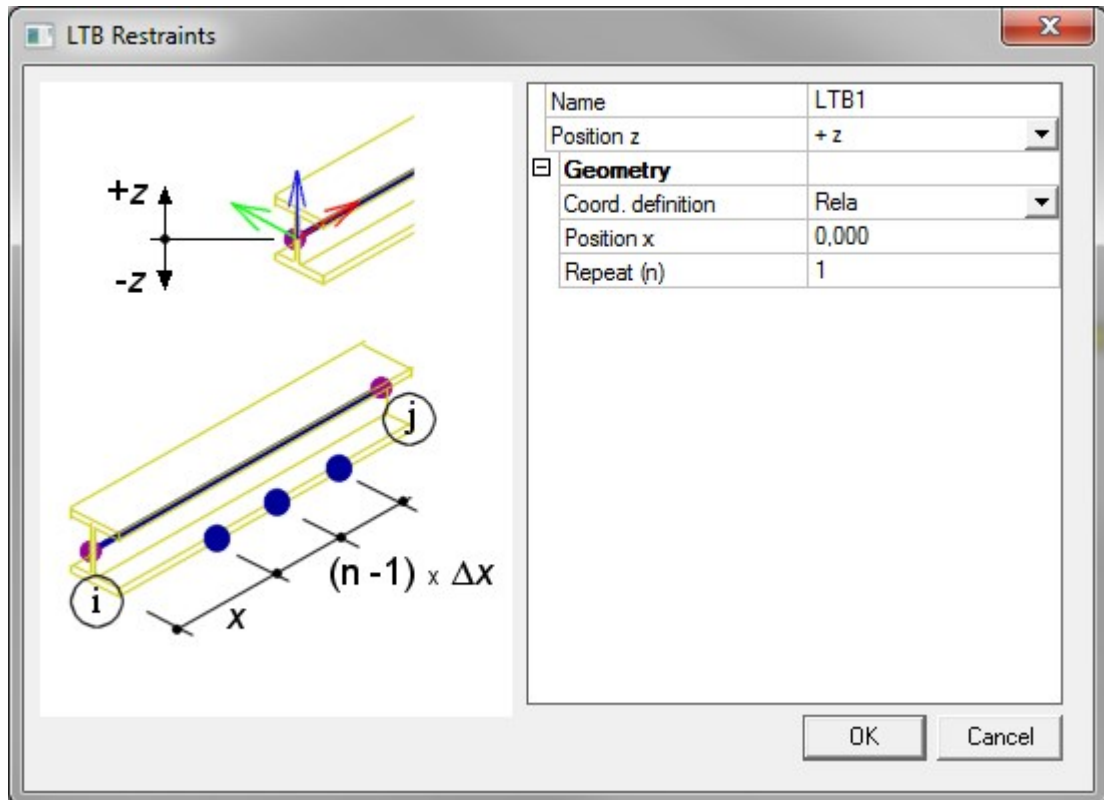
1. Double-click on the service Steel in the Main window.



2. Double-click on the LTB Restraints in the service Steel

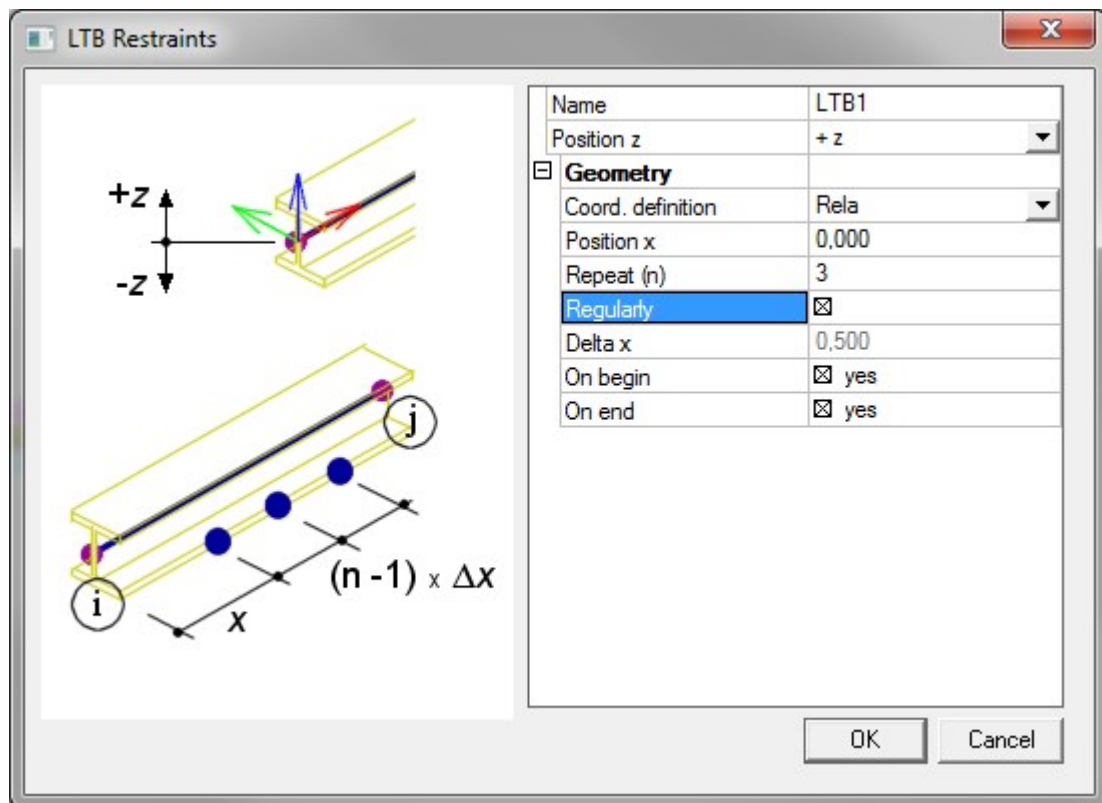


3. LTB restraints dialog appears

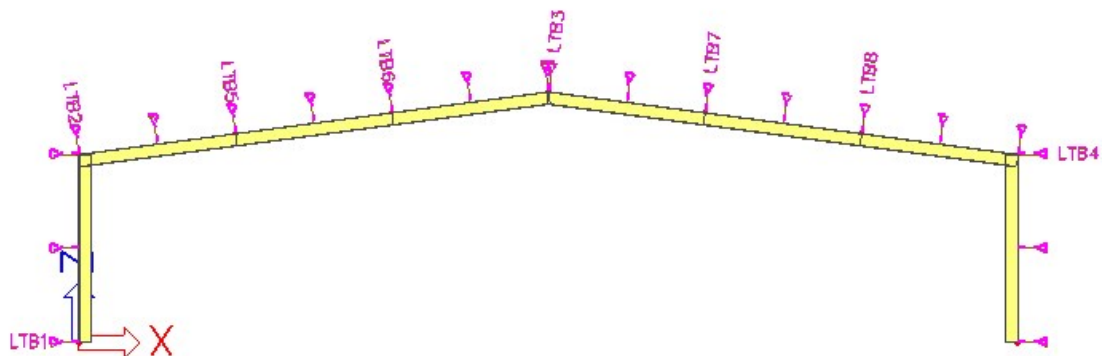


4. Set the value of Repeat (n) to 3.
5. Active Regularly check box.

6. Confirm your input with [OK].



7. Select all members to enter LTB restraints.
8. Press <Escape> to finish the input.



9. Press <Escape> once more to finish the selection.

 The following chapter is currently available only in English.

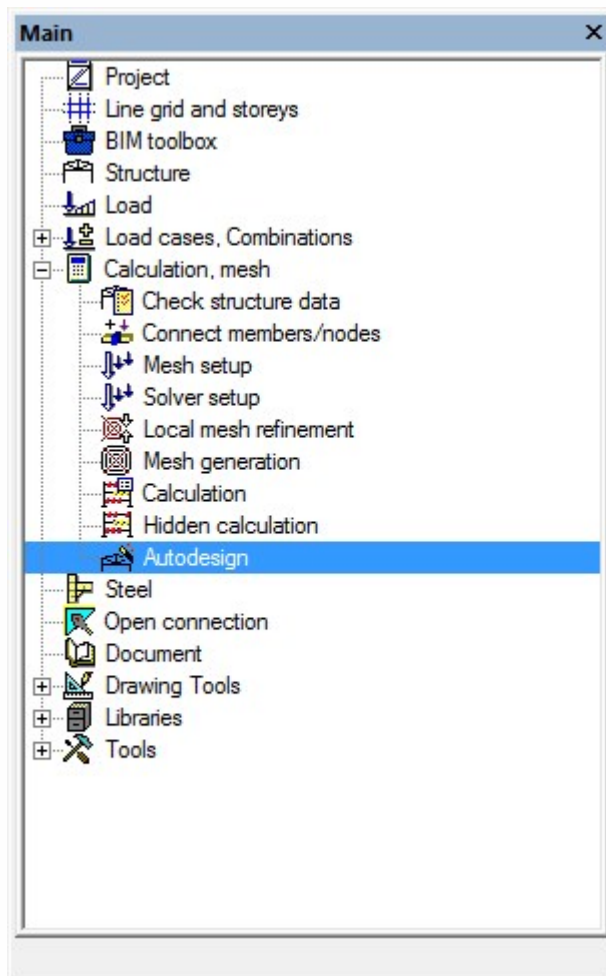
Autodesigns



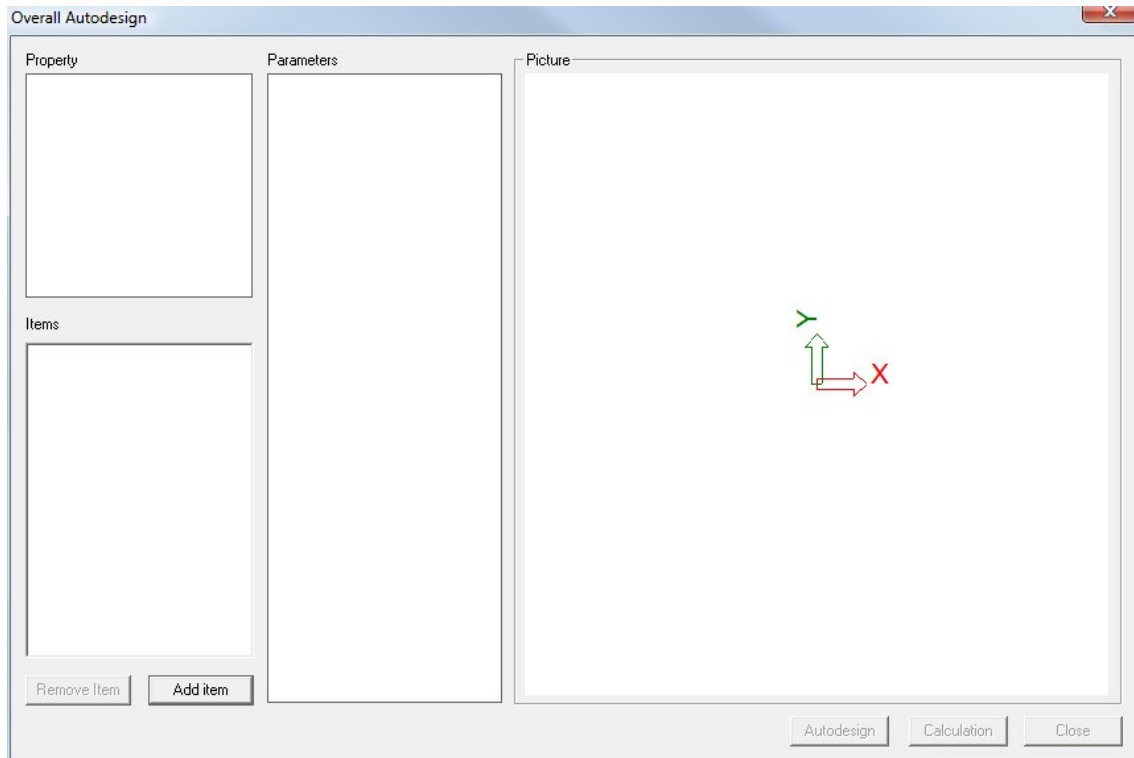
The following chapter is currently available only in English.

Frame CSS height design

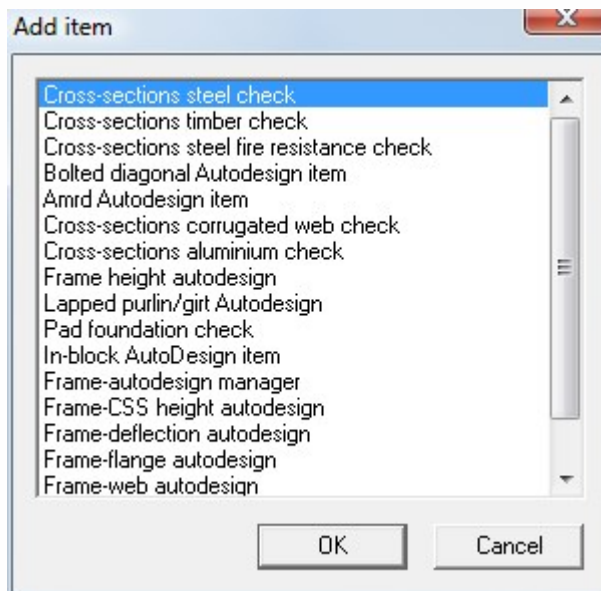
1. To define Frame CSS height design, use the option Main window→ Calculation, mesh→Autodesign



- Overall Autodesign dialog appears.

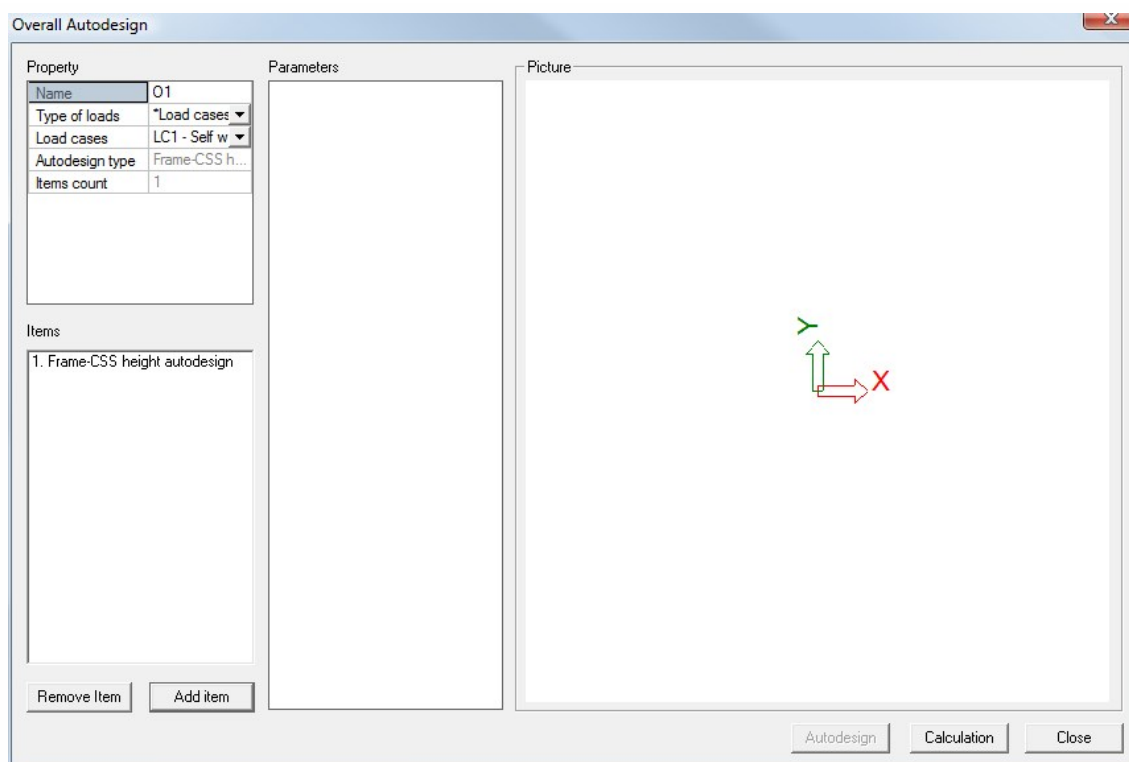


- Click [Add item] button.
- Autodesign list appears.



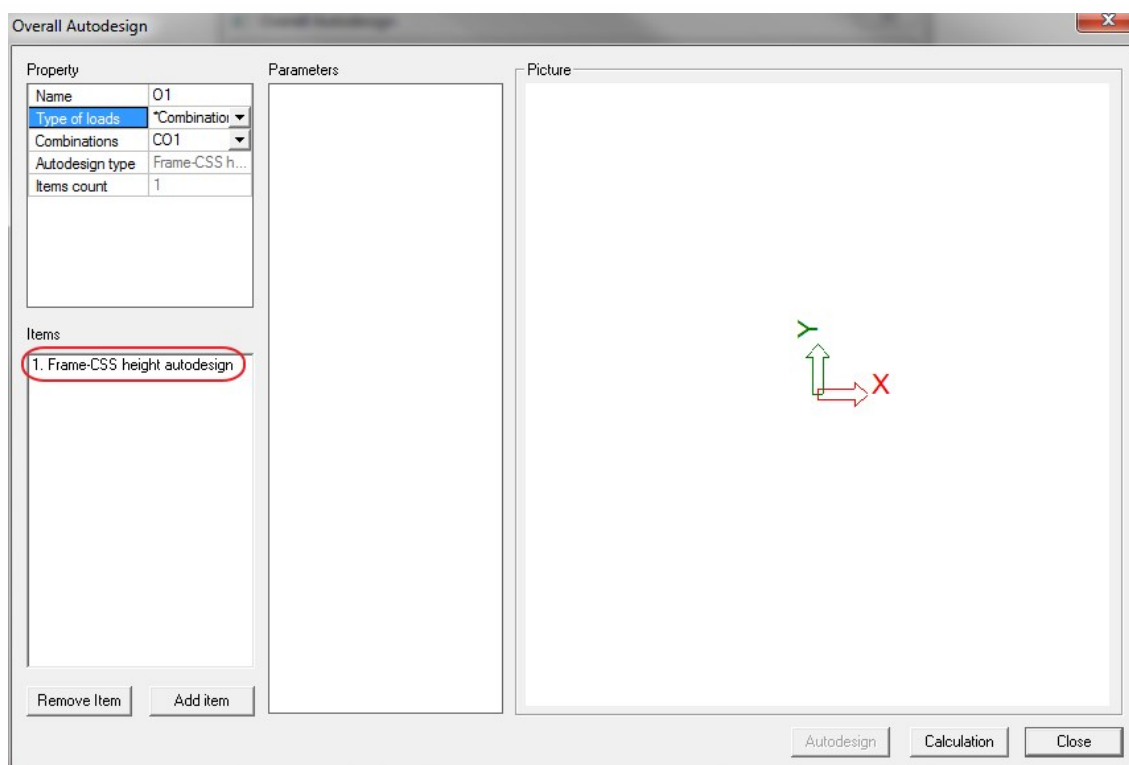
- Select item Frame-CSS height design and click [OK].

6. Default autodesign settings appears.

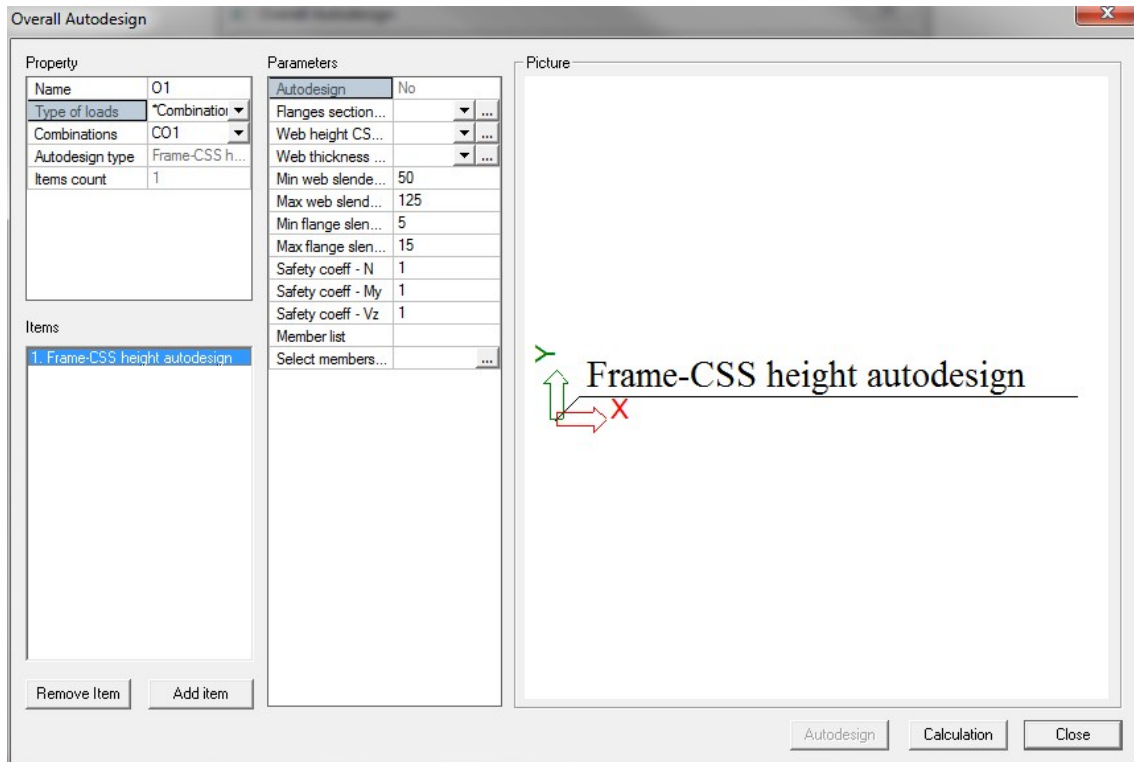


7. Select option *Combinations in the combo-box Type of loads.

8. Select item 1.Frame-CSS height autodesign from the Items list.

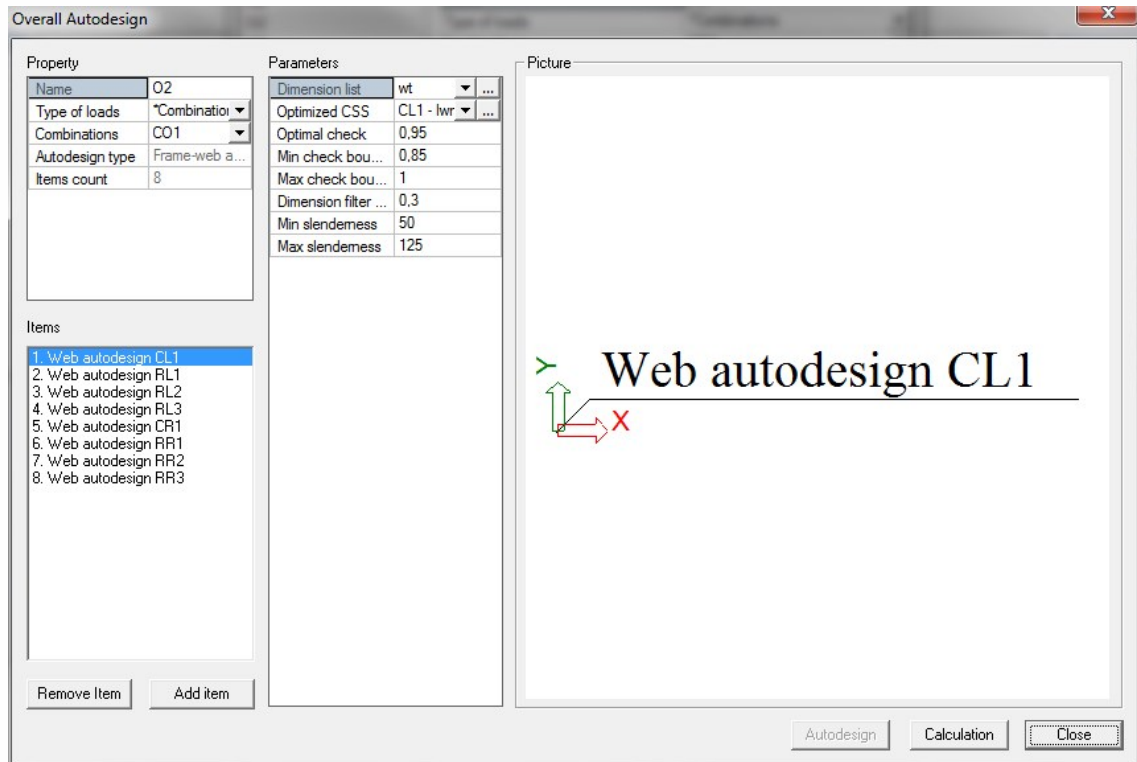


9. Parameters appear.



10. Select matrix FM in the combo box Flange section matrix.
11. Select CSS list wd in the combo box Web height CSS list.
12. Select CSS list wt in the combo box Web thickness CSS list.
13. Click Add members by layer button .
14. Double click on Layer1.

15. Members B1, B2, B3 B4 B5 B6 B7 B8 are added.

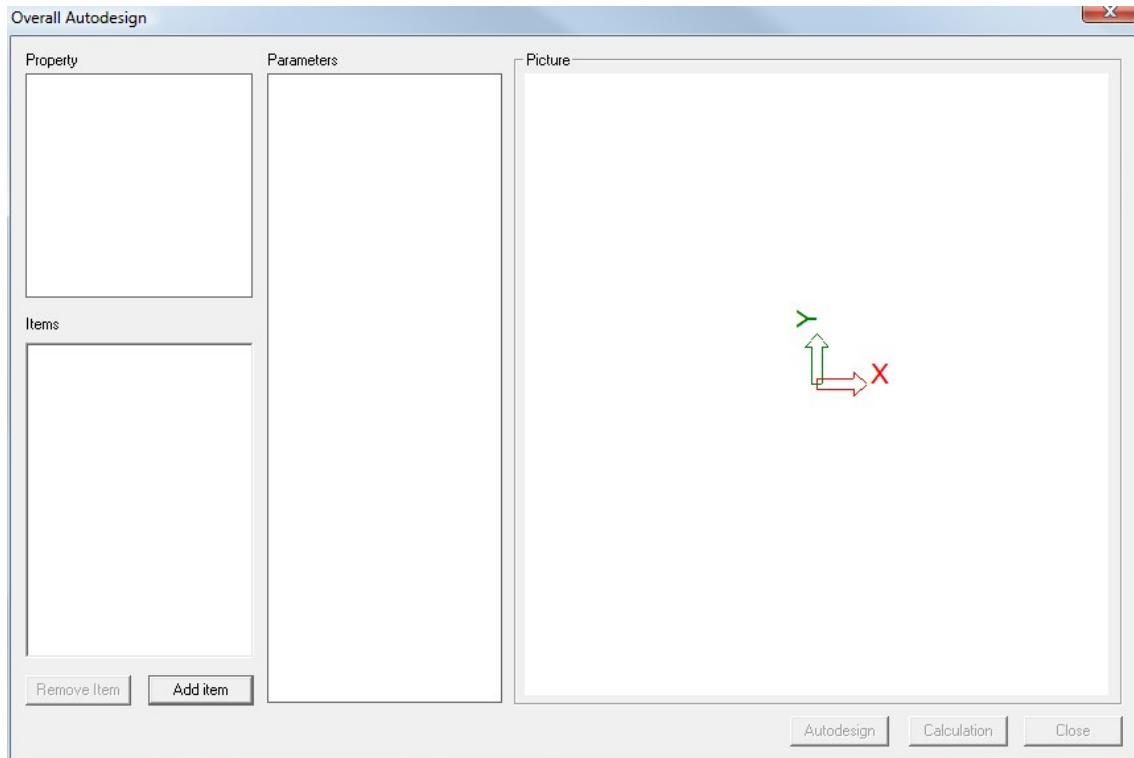


16. Click [Close] to close the Overall Autodesign dialogue.

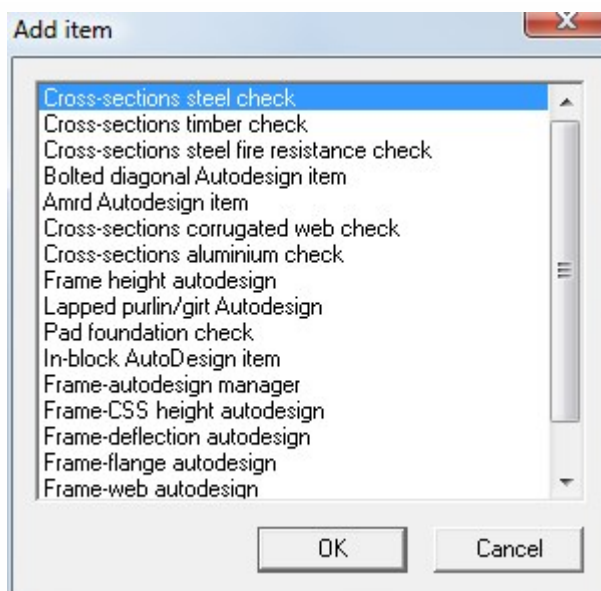
The following chapter is currently available only in English.

Frame web design

1. Click  or  to create a new autodesign.
2. Overall Autodesign dialog appears.

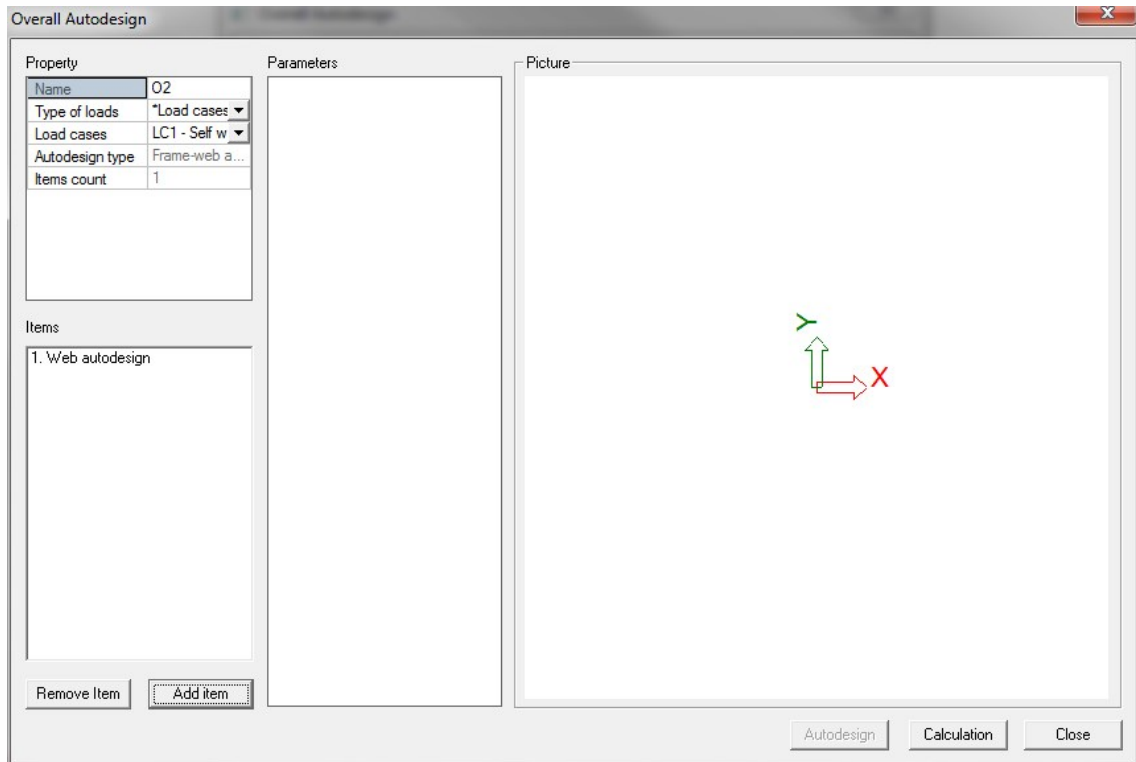


3. Click [Add item] button.
4. Autodesign list appears.



5. Select item Frame-web autodesign and click [OK].

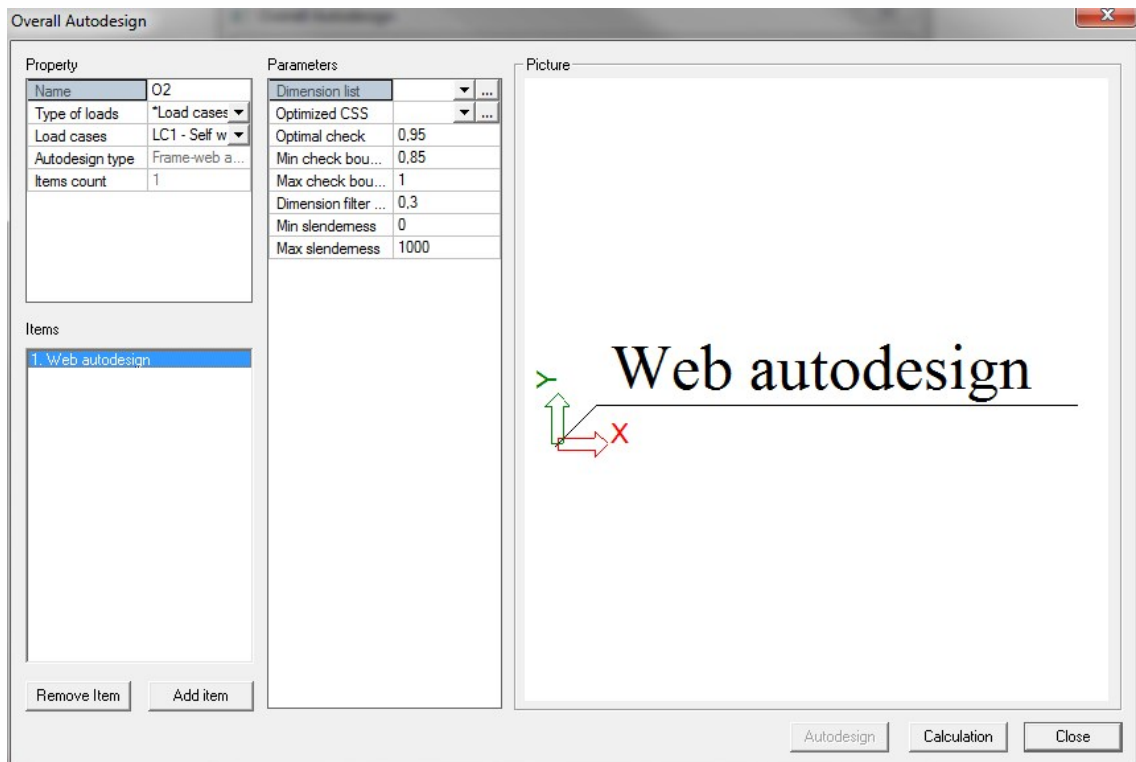
6. Default autodesign settings appears.



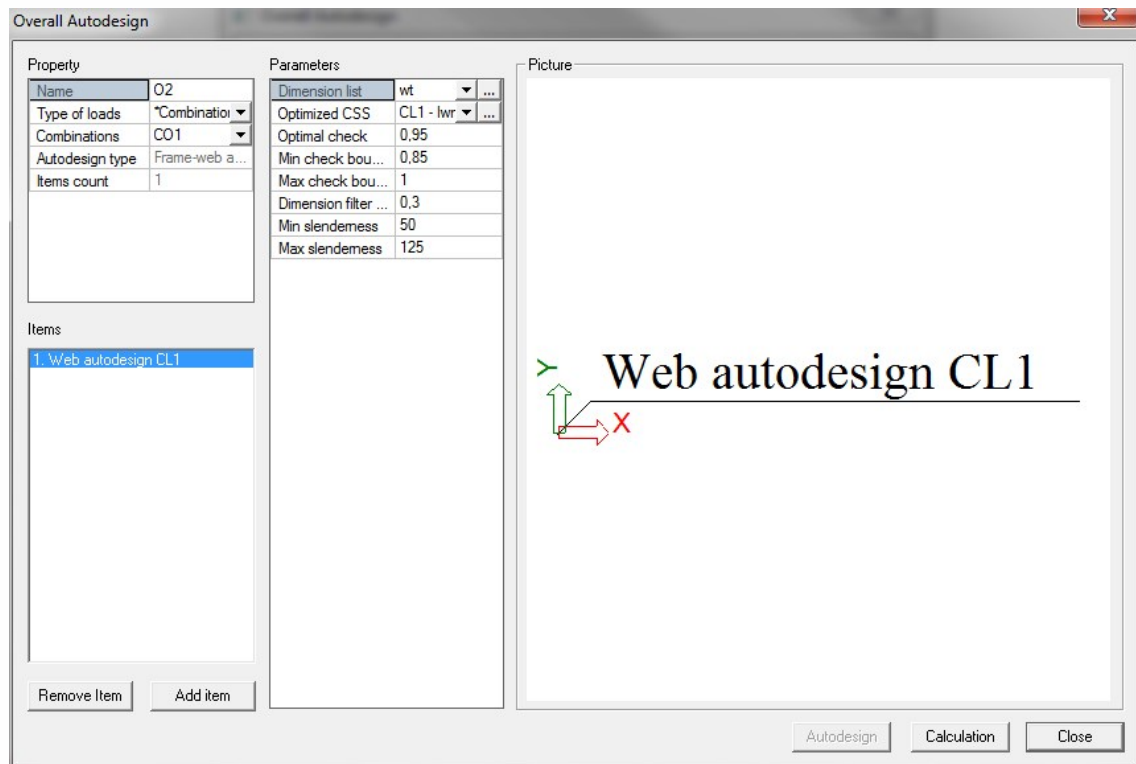
7. Select option *Combinations in the combo-box Type of loads.

8. Select item 1.Web autodesign from the Items list.

9. Parameters appears.

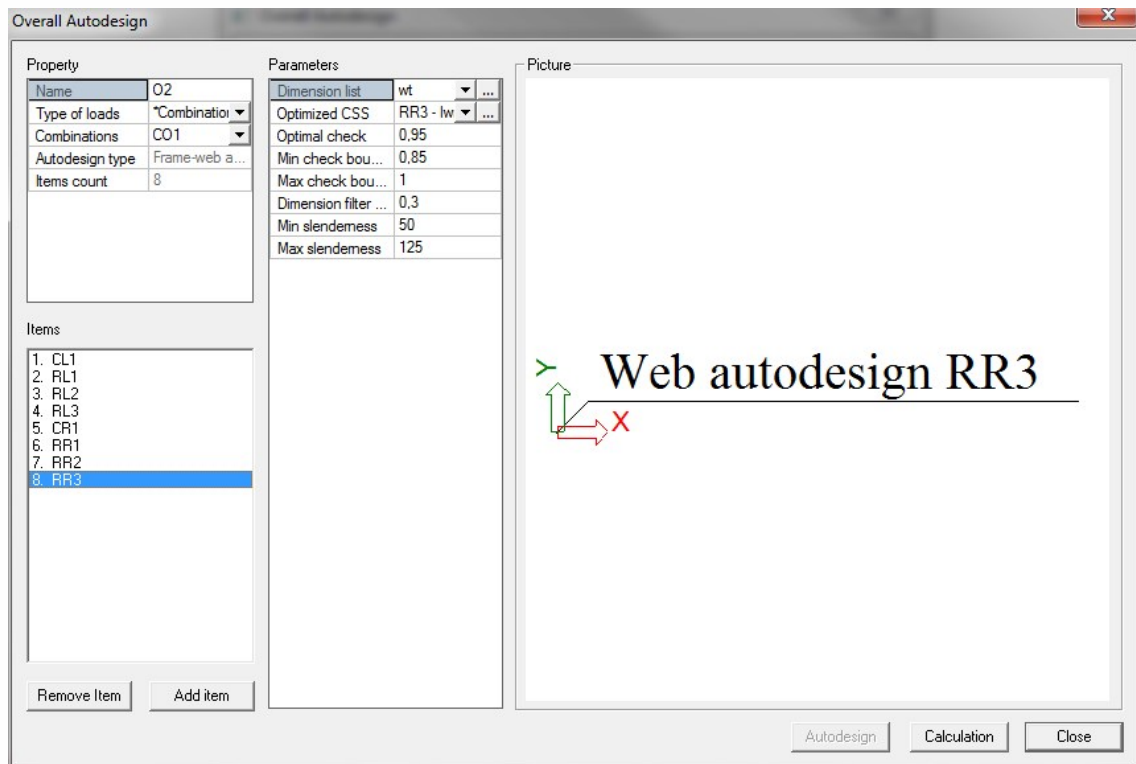


10. Select CSS list wt in the combo box Dimension list.
11. Select CSS CL1 in the combo box Optimized CSS.
12. Set value of Min slenderness to 50.
13. Set value of Max slenderness to 125.



14. Click [Add item] button.
15. Click on a new item Web autodesign in the item list.

16. Repeat steps 6-13 to define web autodesigns for cross-sections RL1, RL2, RL3, CR1, RR1, RR2 and RR3.

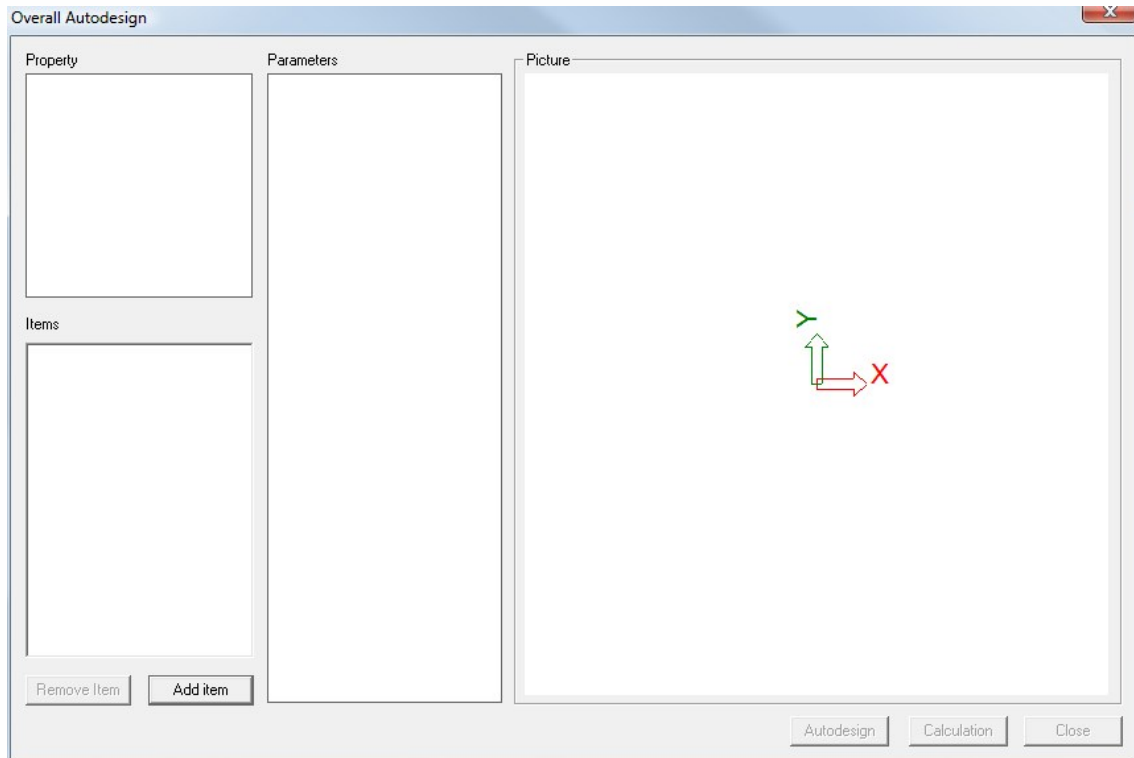


17. Click [Close] to close the Overall Autodesign dialogue.

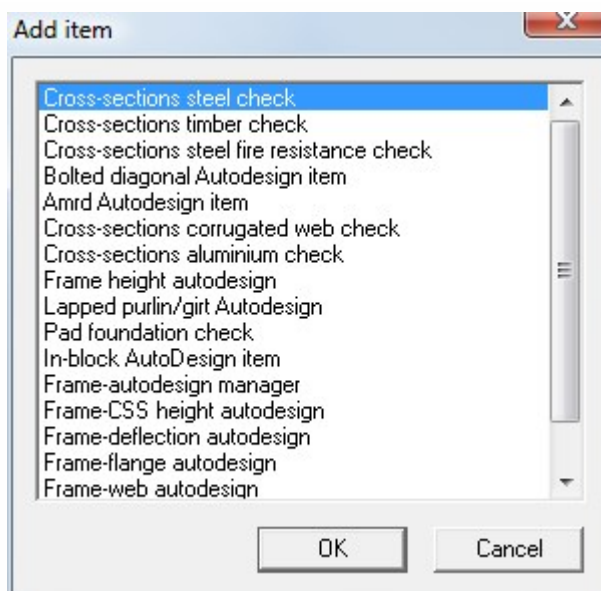
The following chapter is currently available only in English.

Frame flange design

1. Click  or  to create a new autodesign.
2. Overall Autodesign dialog appears.

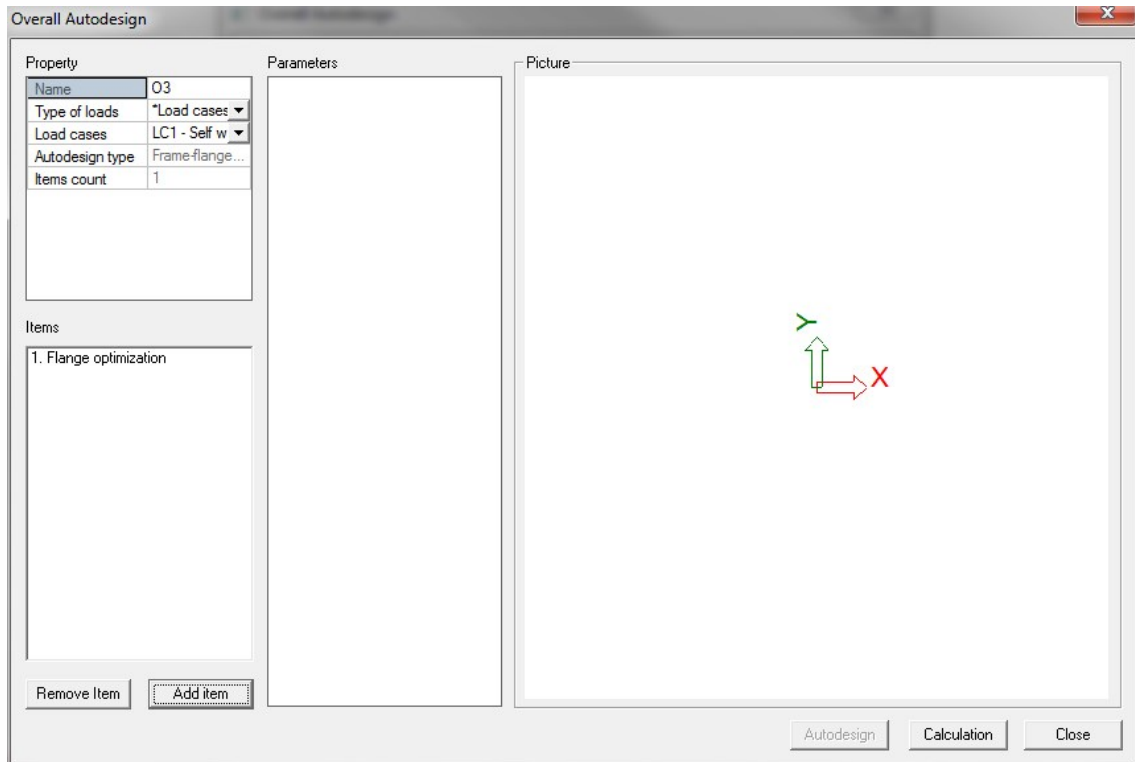


3. Click [Add item] button.
4. Autodesign list appears.



5. Select item Frame-flange autodesign and click [OK].

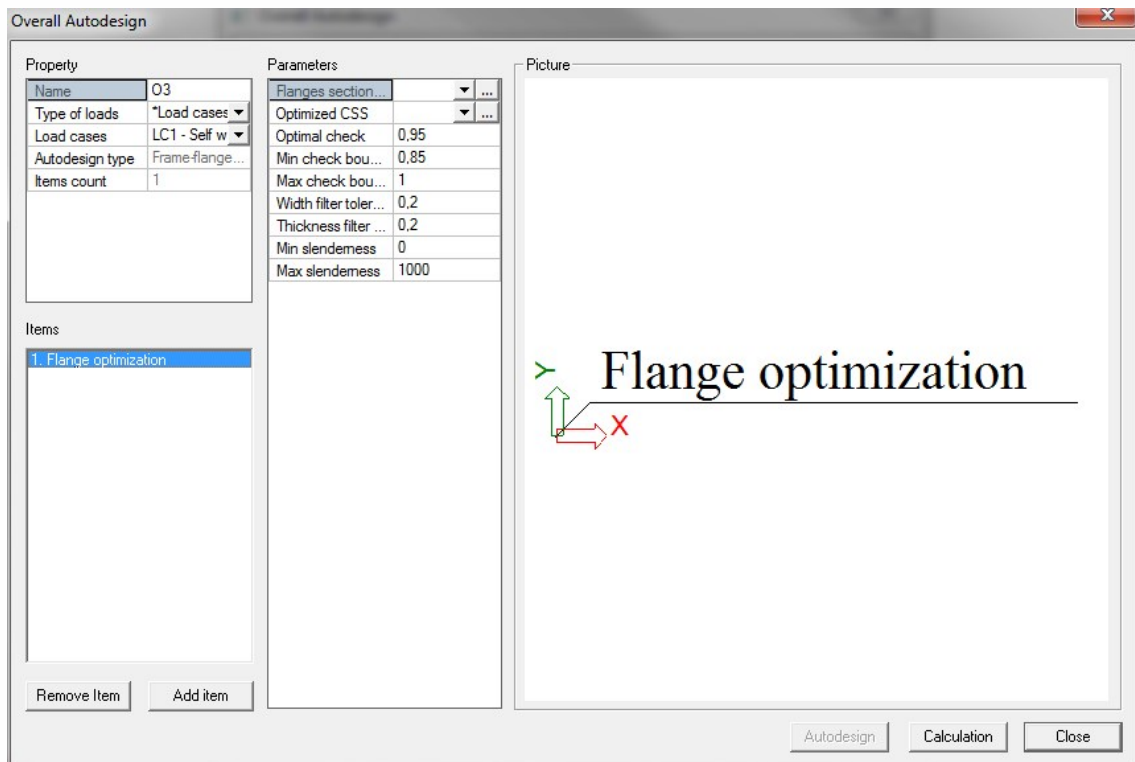
6. Default autodesign settings appears.



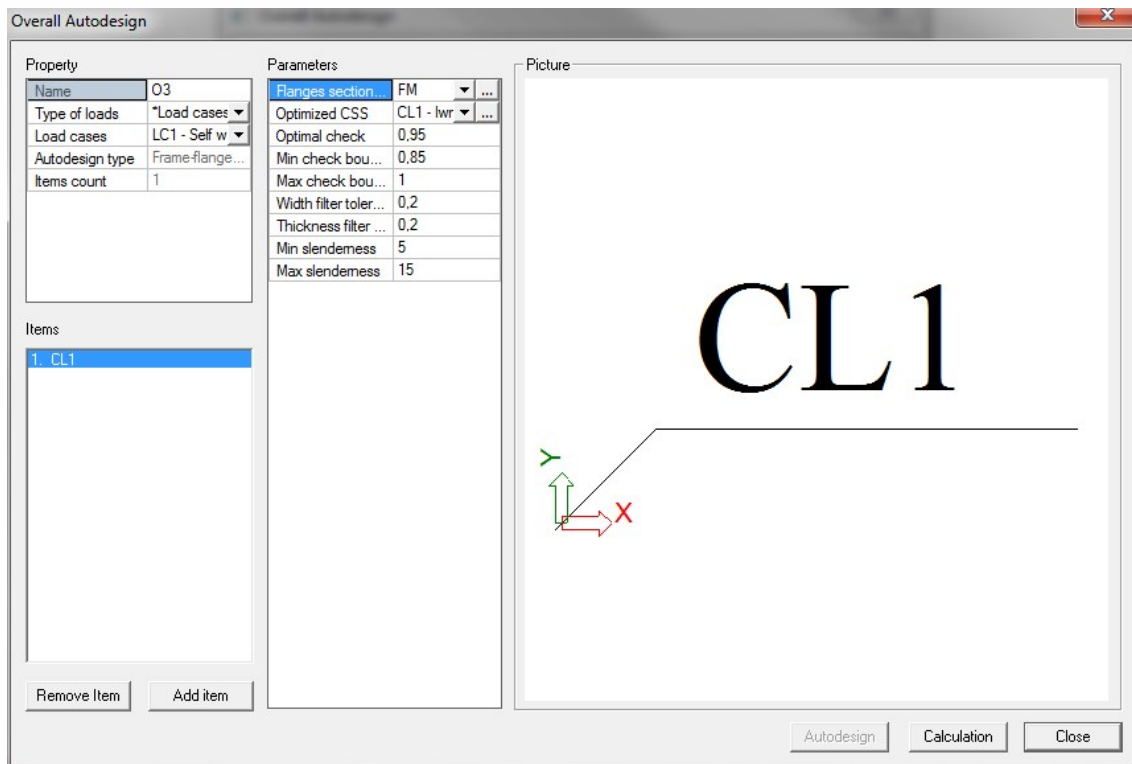
7. Select option *Combinations in the combo-box Type of loads.

8. Select item 1. Flange optimization from the Items list.

9. Parameters appear.

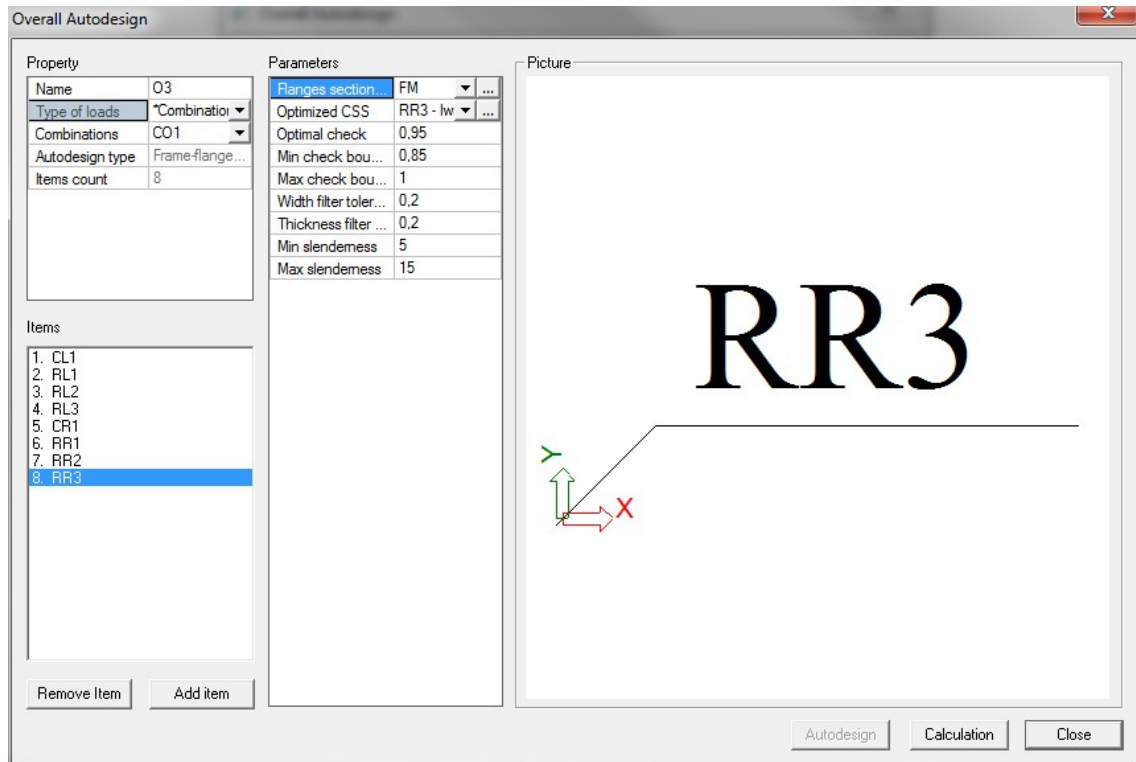


10. Select CSS matrix FM in the combo box Flange section matrix.
11. Select CSS CL1 in the combo box Optimized CSS.
12. Set value of Min slenderness to 5.
13. Set value of Max slenderness to 15.



14. Click [Add item] button.
15. Click on a new item Web autodesign in the item list.

16. Repeat steps 6-13 to define web autodesigns for cross-sections RL1, RL2, RL3, CR1, RR1, RR2 and RR3.

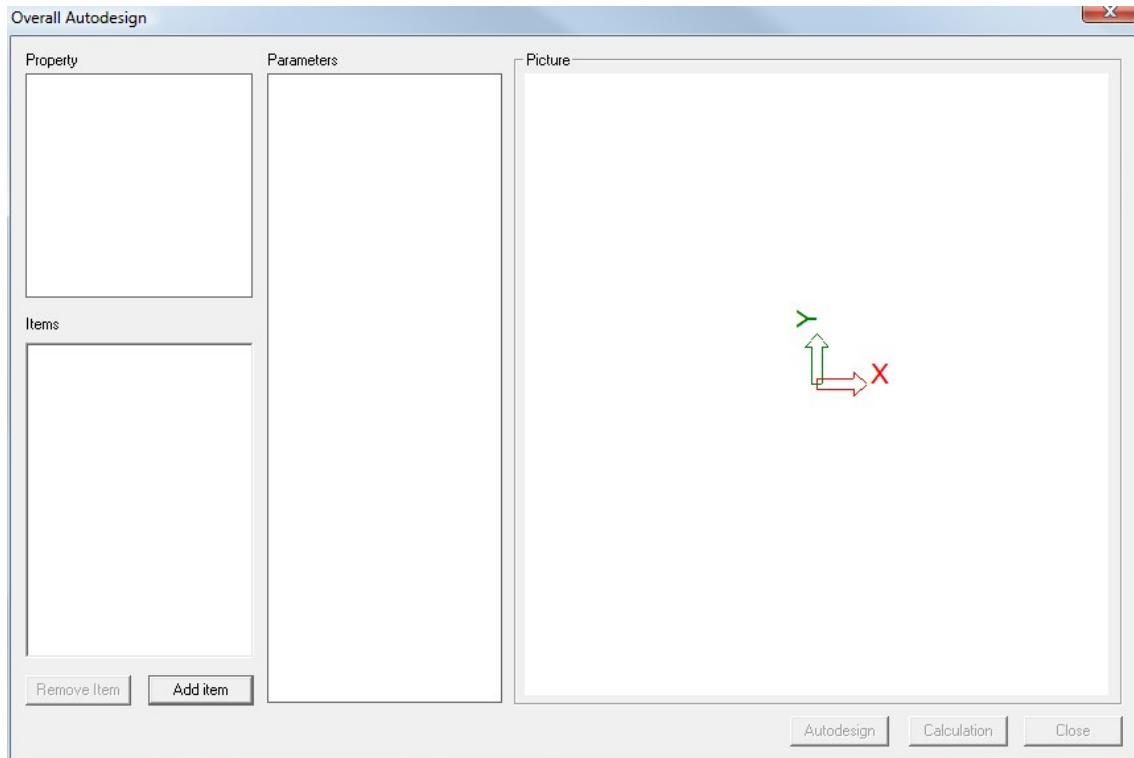


17. Click [Close] to close the Overall Autodesign dialogue.

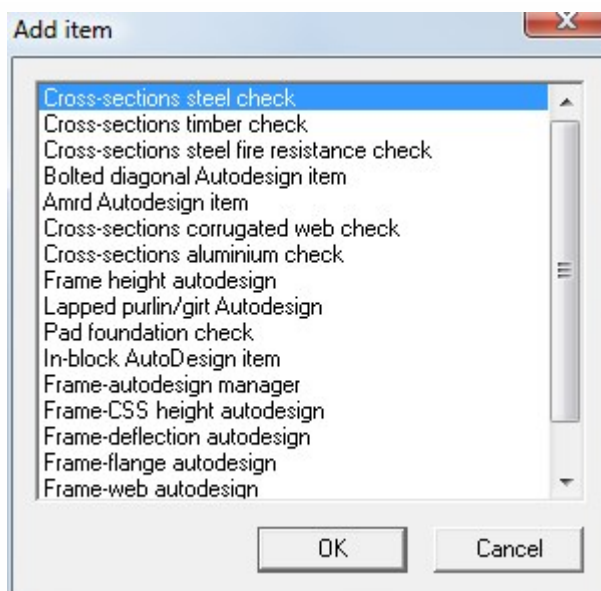
The following chapter is currently available only in English.

Frame top flange thickness design

1. Click **New** or  to create a new autodesign.
2. Overall Autodesign dialog appears.

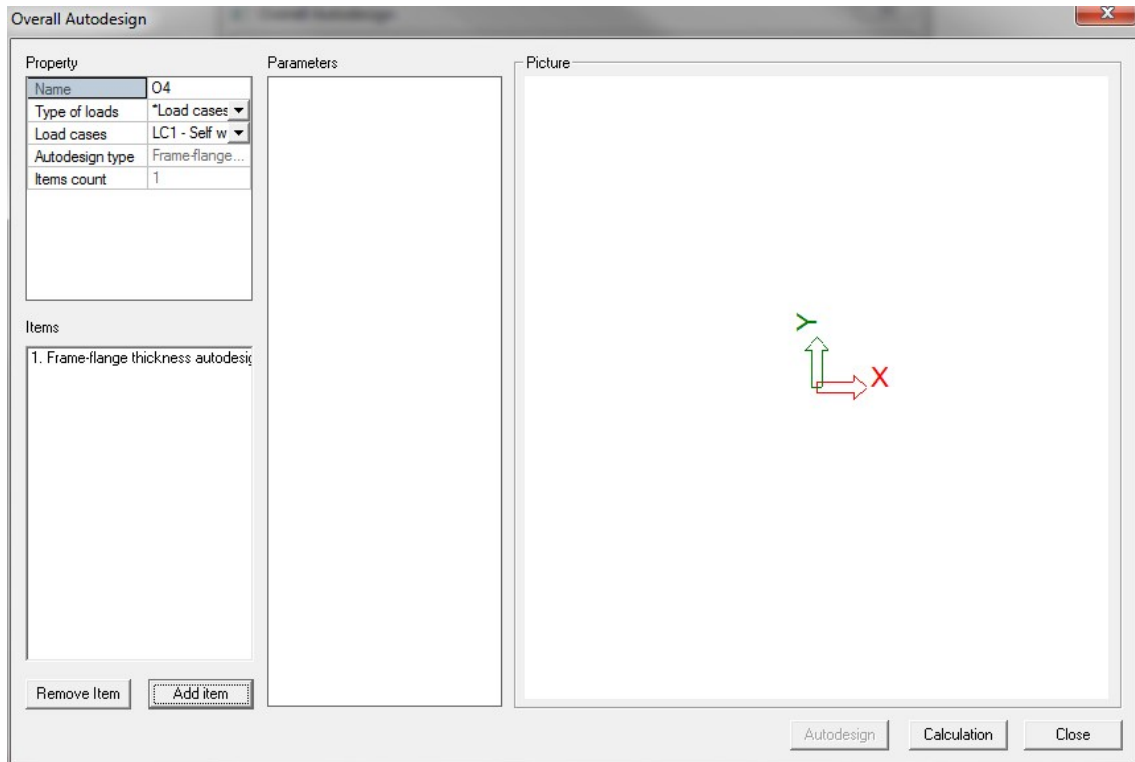


3. Click [Add item] button.
4. Autodesign list appears.



5. Select item Frame-flange thickness autodesign and click [OK].

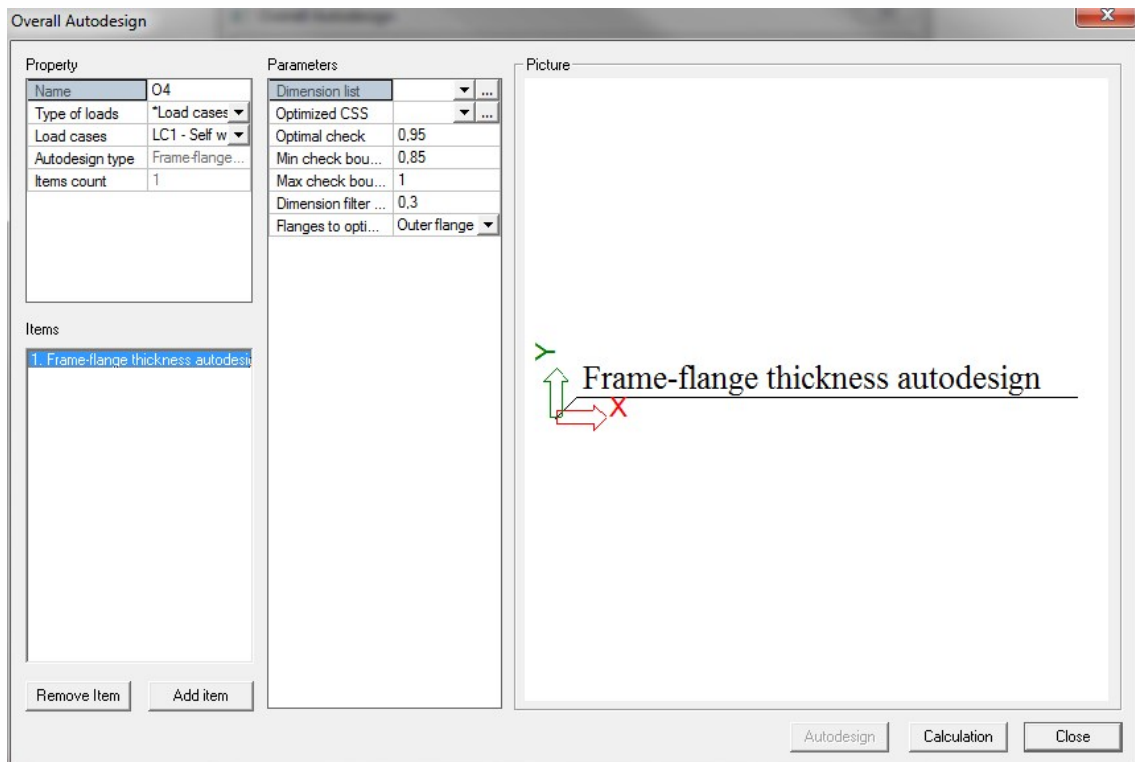
6. Default autodesign settings appears.



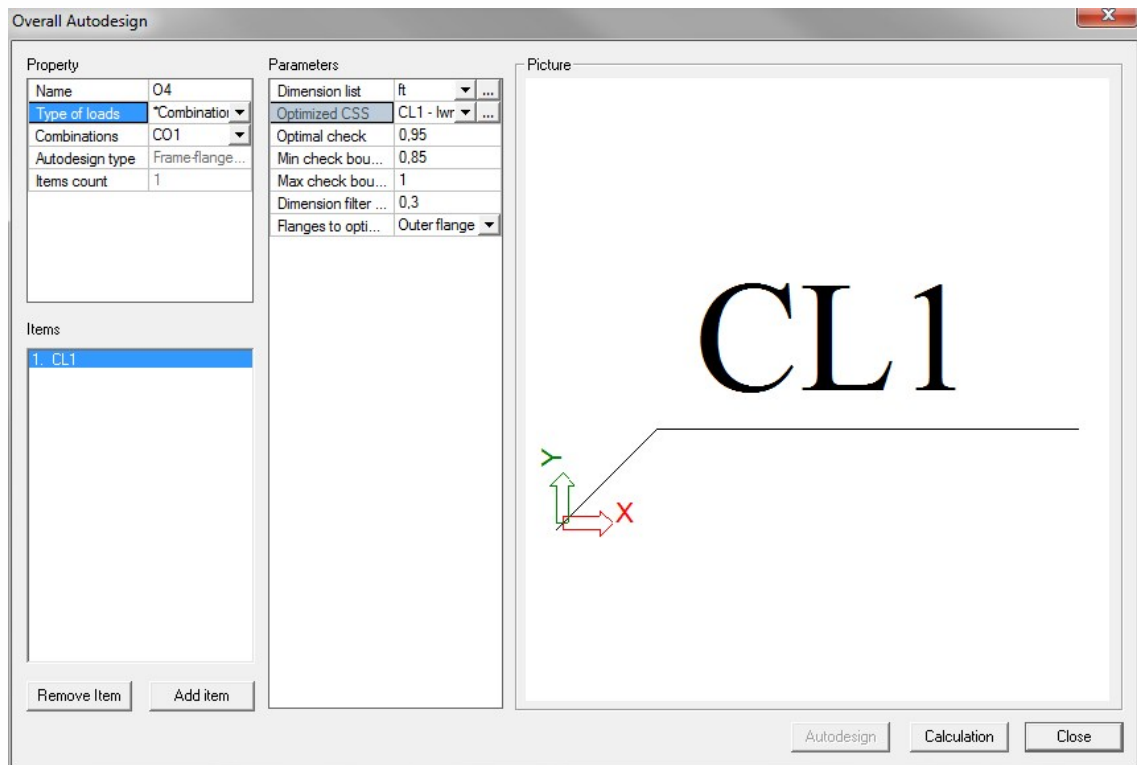
7. Select option *Combinations in the combo-box Type of loads.

8. Select item 1. Frame –flange thickness autodesign from the Items list.

9. Parameters appear.

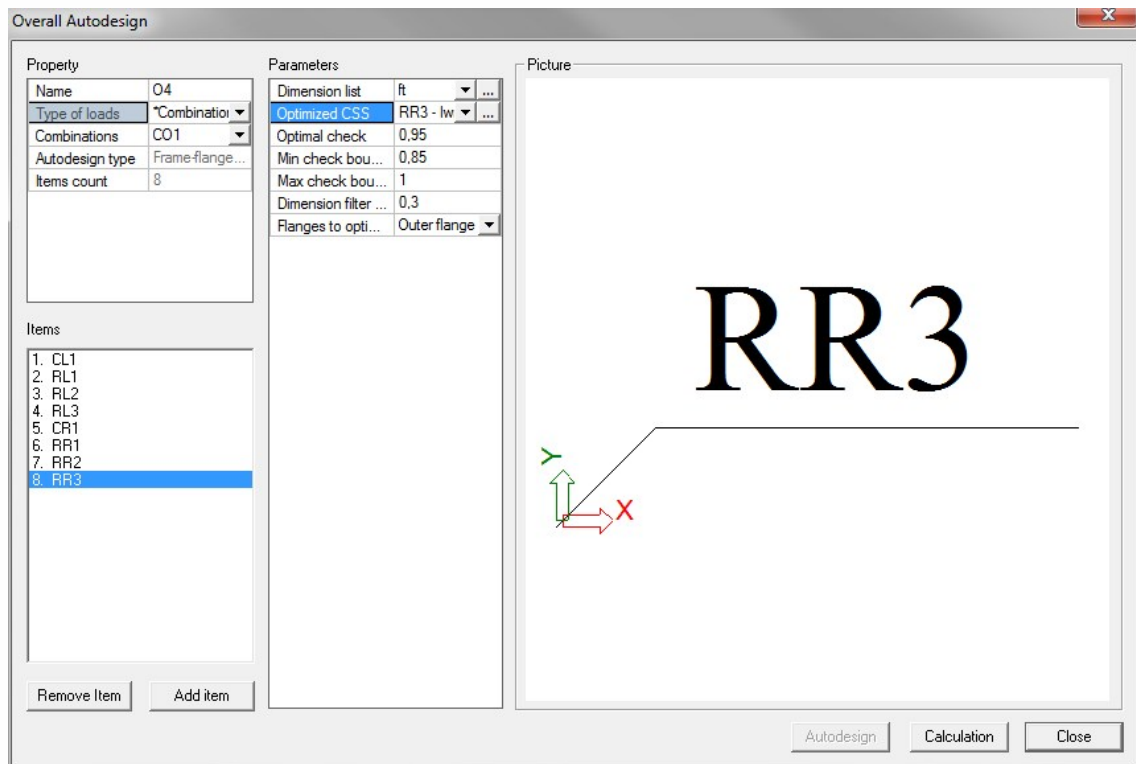


10. Select CSS list ft in the combo box Dimension list.
11. Select CSS CL1 in the combo box Optimized CSS.



12. Click [Add item] button.
13. Click on a new item Web autodesign in the item list.

14. Repeat steps 6-13 to define web autodesigns for cross-sections RL1, RL2, RL3, CR1, RR1, RR2 and RR3.

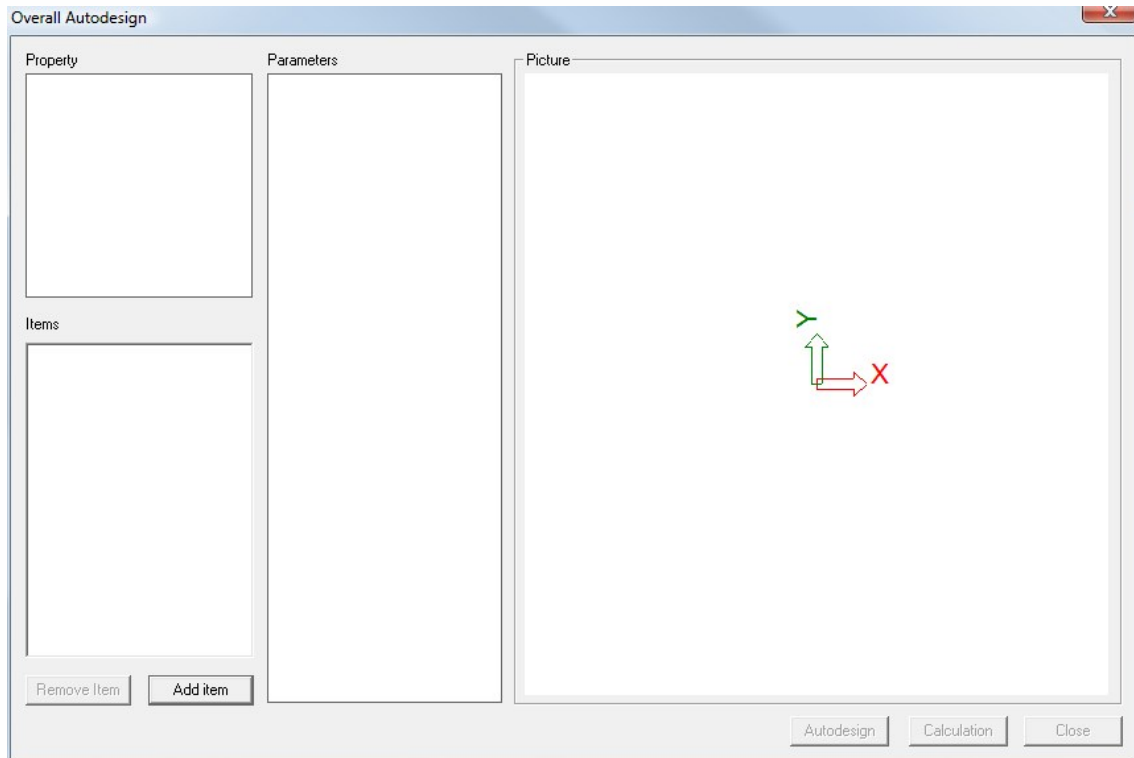


15. Click [Close] to close the Overall Autodesign dialogue.

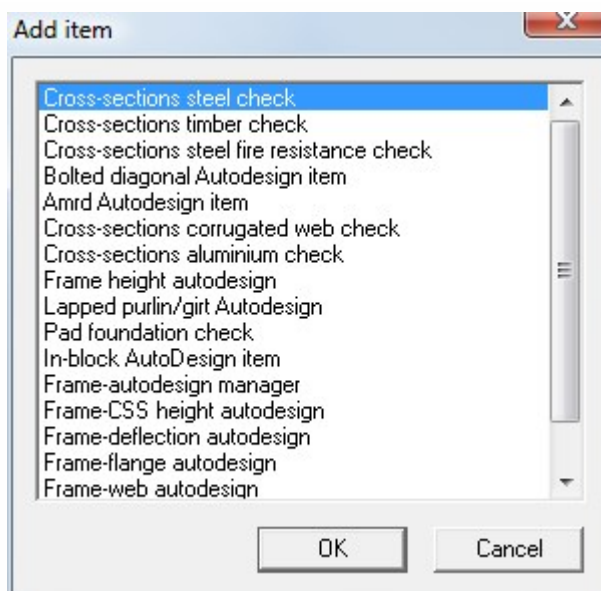
The following chapter is currently available only in English.

Frame bottom flange thickness design

1. Click  or  to create a new autodesign.
2. Overall Autodesign dialog appears.

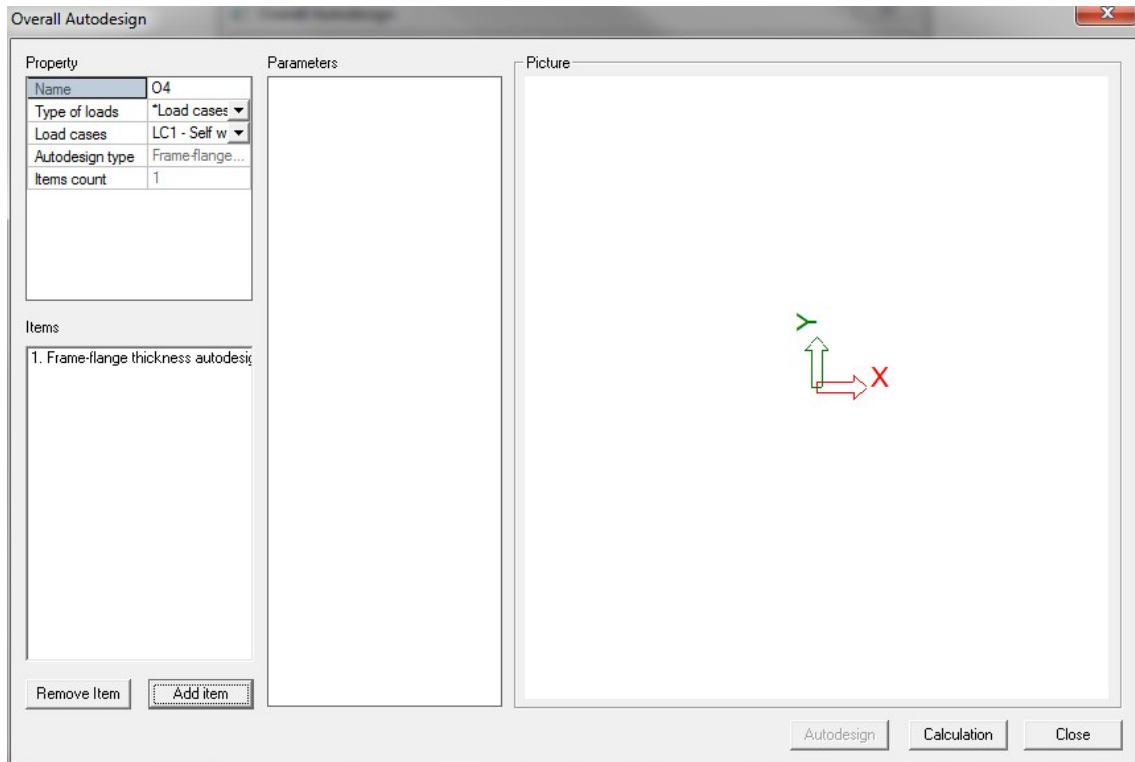


3. Click [Add item] button.
4. Autodesign list appears.



5. Select item Frame-flange thickness autodesign and click [OK].

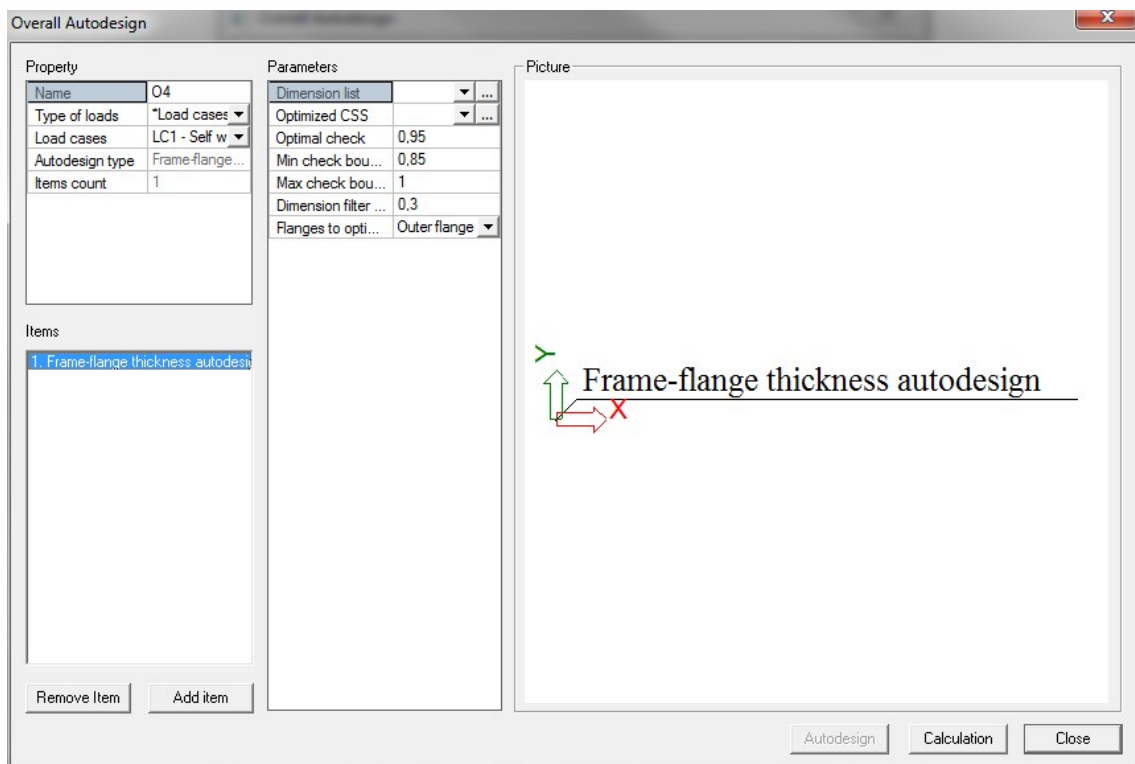
6. Default autodesign settings appears.



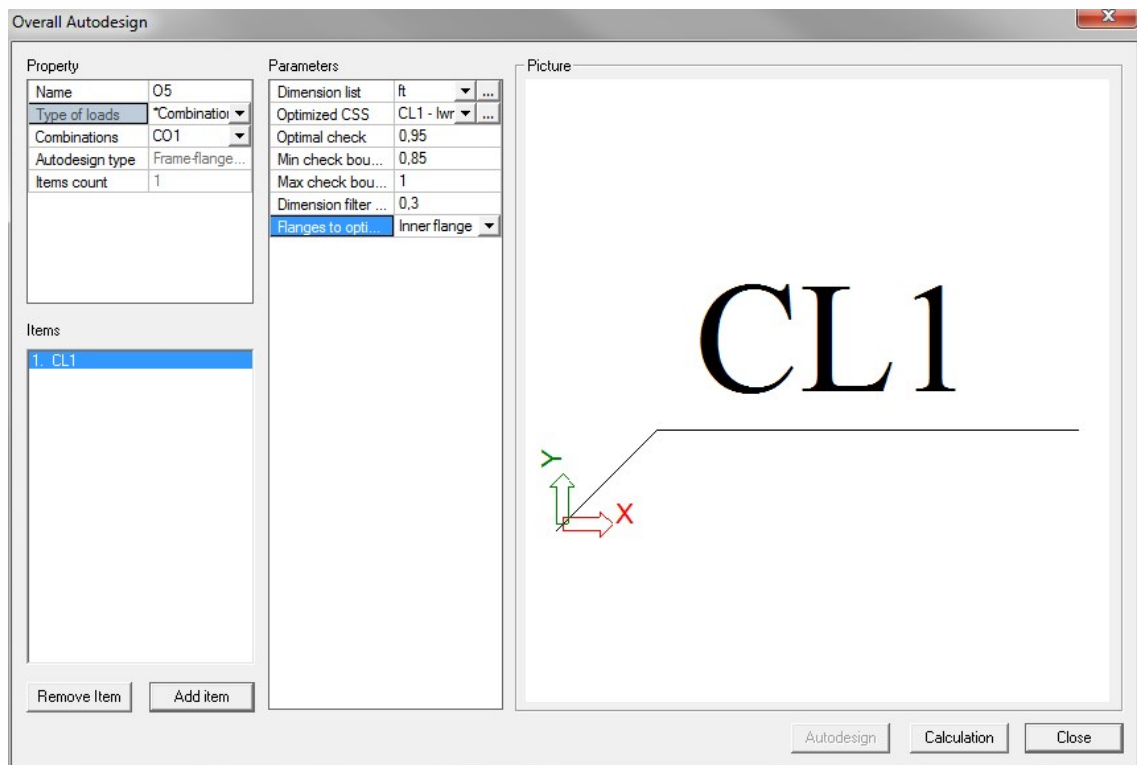
7. Select option *Combinations in the combo-box Type of loads.

8. Select item 1. Frame –flange thickness autodesign from the Items list.

9. Parameters appear.

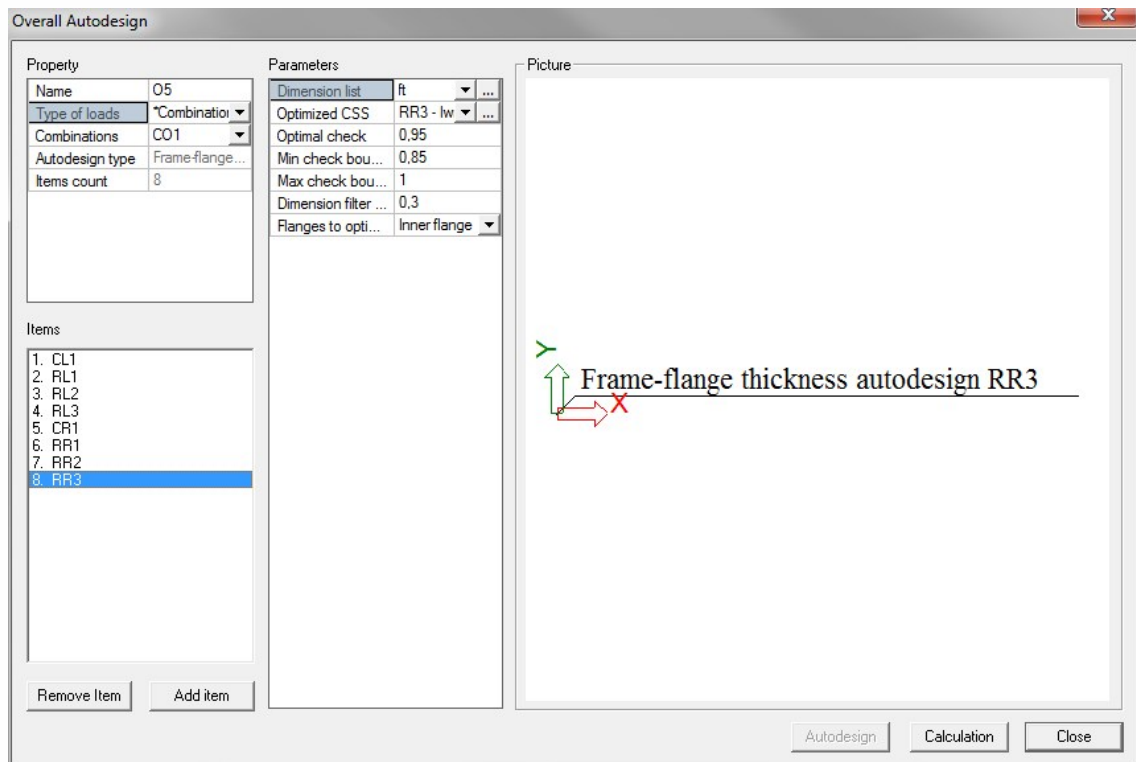


10. Select CSS list ft in the combo box Dimension list.
11. Select CSS CL1 in the combo box Optimized CSS.
12. Select option Inner flange from the Flange to optimize combo box.



13. Click [Add item] button.
14. Click on a new item Web autodesign in the item list.

15. Repeat steps 6-13 to define web autodesigns for cross-sections RL1, RL2, RL3, CR1, RR1, RR2 and RR3.

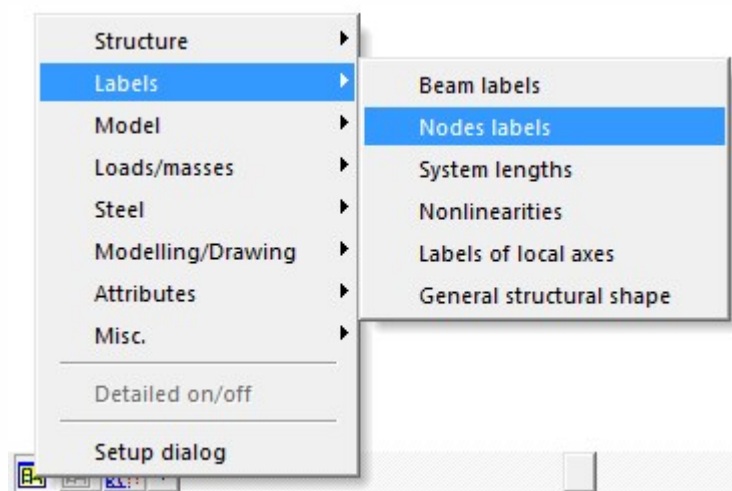


16. Click [Close] to close the Overall Autodesign dialogue.

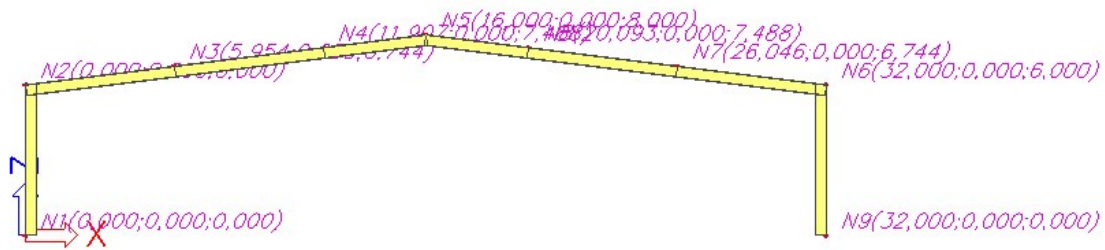
 The following chapter is currently available only in English.

Frame deflection design

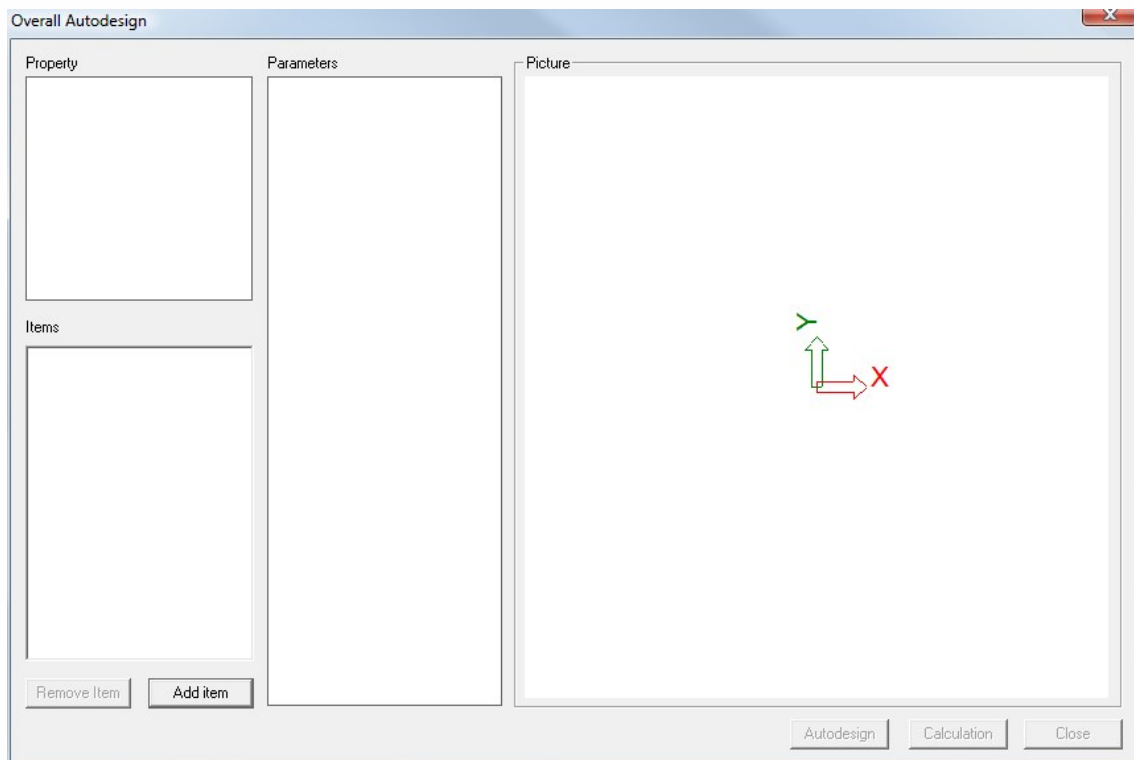
1. Switch on labels of nodes by click on  icon and using of option Nodes labels from group Labels.



- Nodes labels appear.

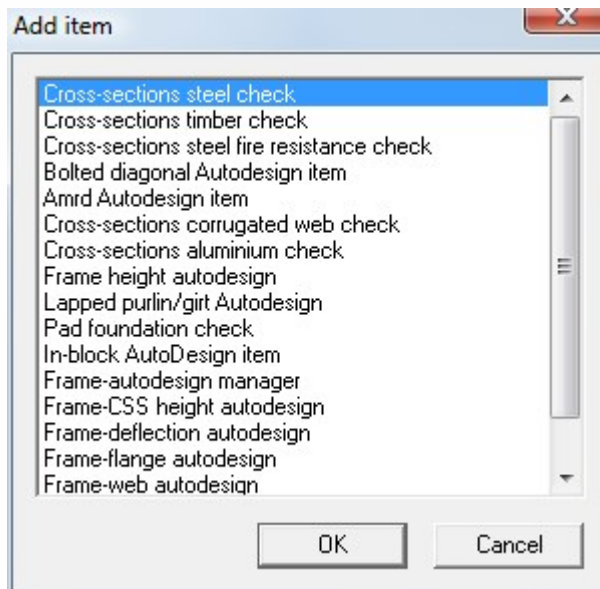


- Click **New** or  to create a new autodesign.
- Overall Autodesign dialog appears.

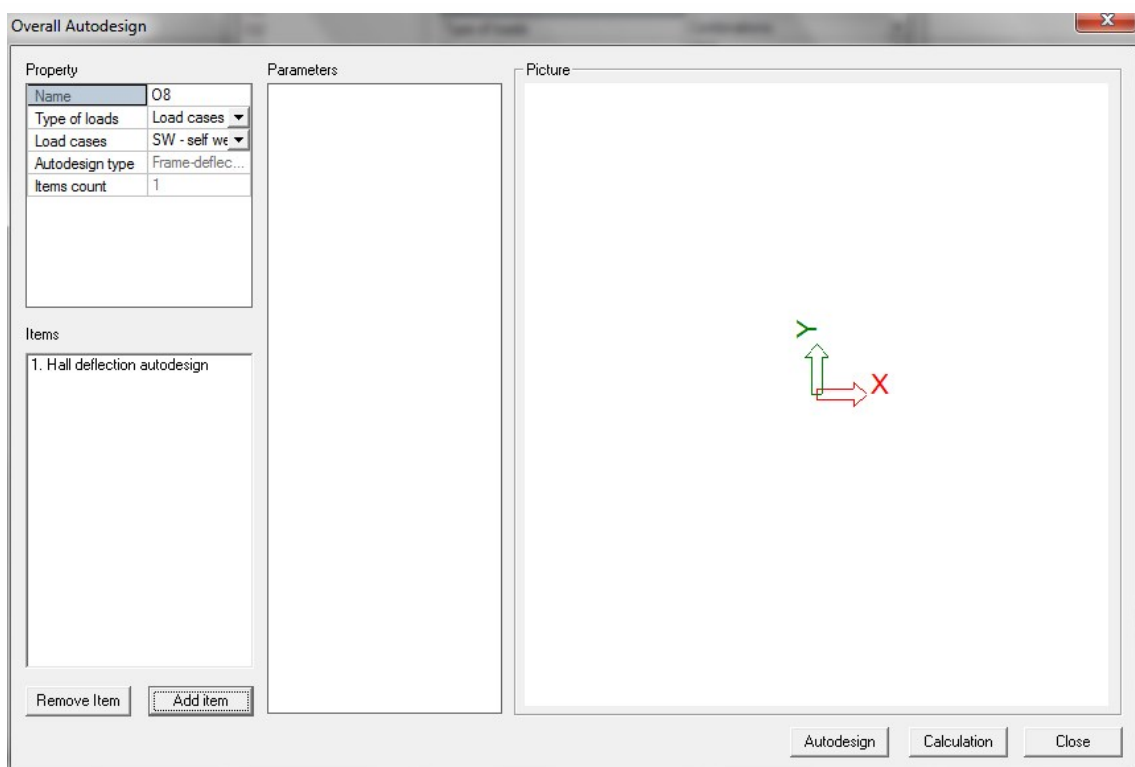


- Click [Add item] button.

6. Autodesign list appears.



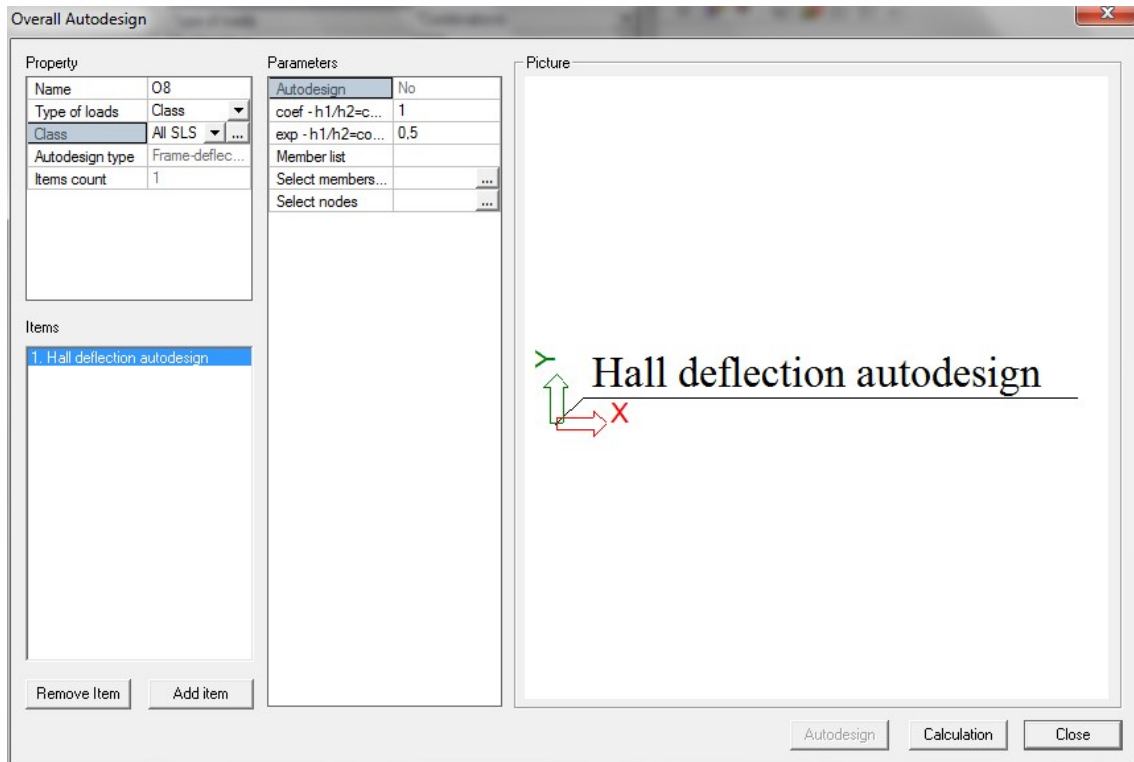
7. Select item Frame-deflection autodesign and click [OK].
8. Default autodesign settings appears.



9. Select option *Class in the combo-box Type of loads.
10. Select class All SLS in the combo-box Class.
11. Select item 1. Hall deflection autodesign from the Items list.

It is necessary to use a class as a type of load else the frame-deflection autodesign will not work correctly.

12. Parameters appear.



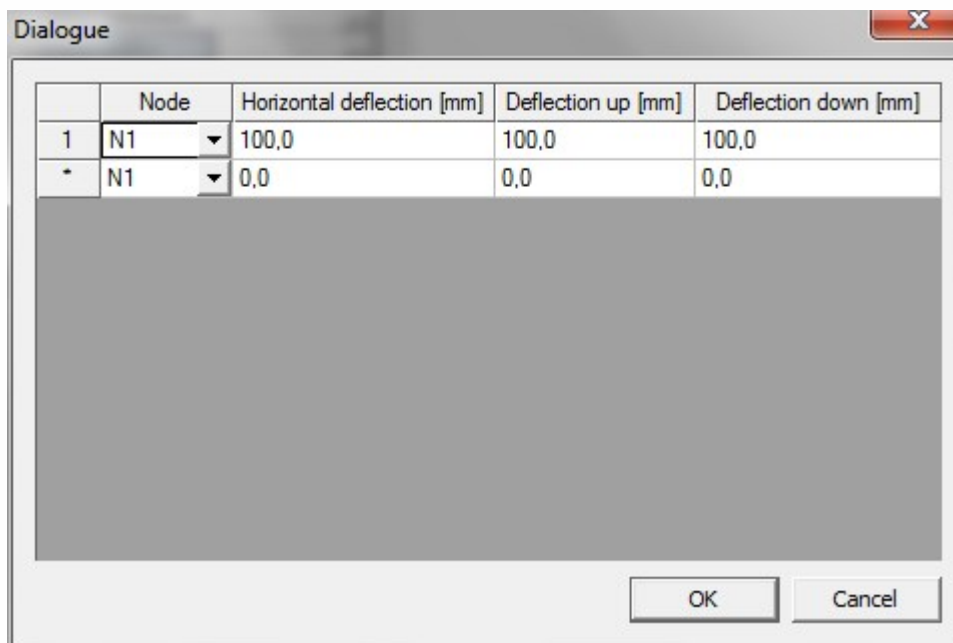
13. Click Add members by layer button .

14. Double click on Layer1.

15. Members B1, B2, B3 B4 B5 B6 B7 B8 are added.

16. Click Select nodes button.

17. A new dialogue appears



18. Select node N2 (left eave node) from the first list and set values
Horizontal deflection = 60mm
Deflection up = 1000mm (criterion will not be used)
Deflection down = 1000mm (criterion will not be used)
19. Select node N6 (right eave node) from the last list and set values
Horizontal deflection = 60mm
Deflection up = 1000mm (criterion will not be used)
Deflection down = 1000mm (criterion will not be used)
20. Select node N5 (top node) from the last list and set values
Horizontal deflection = 1000mm (criterion will not be used)
Deflection up = 150mm
Deflection down = 150mm

	Node	Horizontal deflection [mm]	Deflection up [mm]	Deflection down [mm]
1	N2	60	1000	1000
2	N6	60	1000	1000
3	N5	1000	150	150
*	N6	0.0	0.0	0.0

OK Cancel

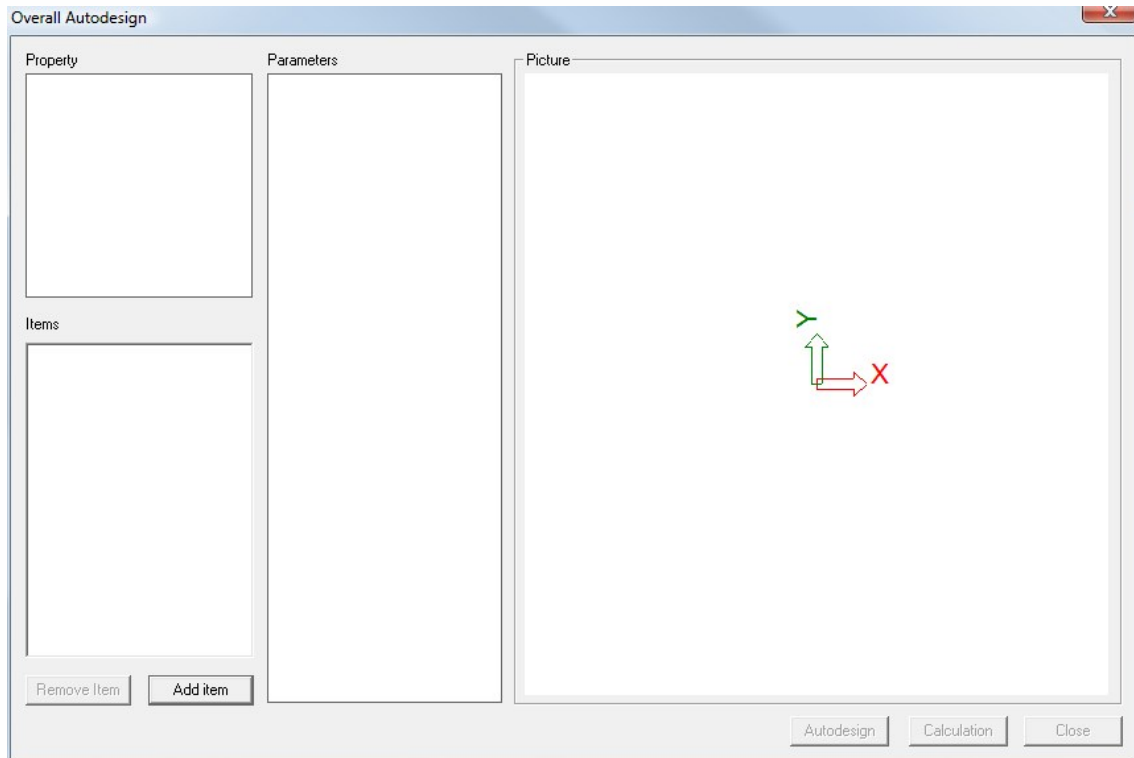
21. Confirm your input with [OK]. The Dialogue is closed.
22. Click [Close] to close the Overall Autodesign dialogue.



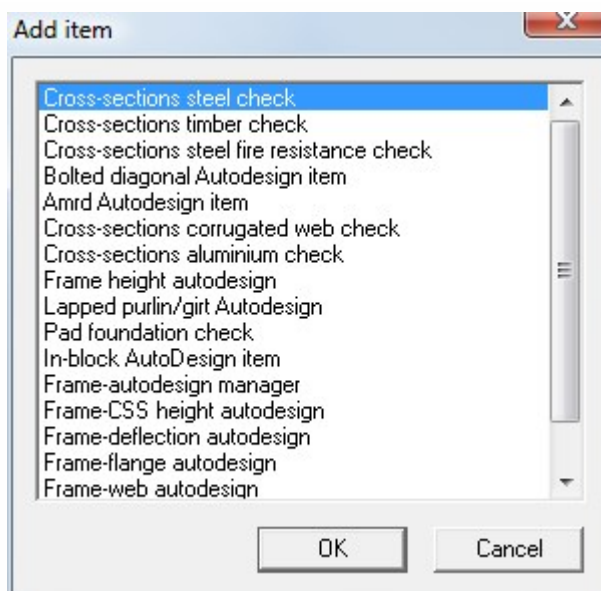
The following chapter is currently available only in English.

Frame-autodesign manager

1. Click  or  to create a new autodesign.
2. Overall Autodesign dialog appears.

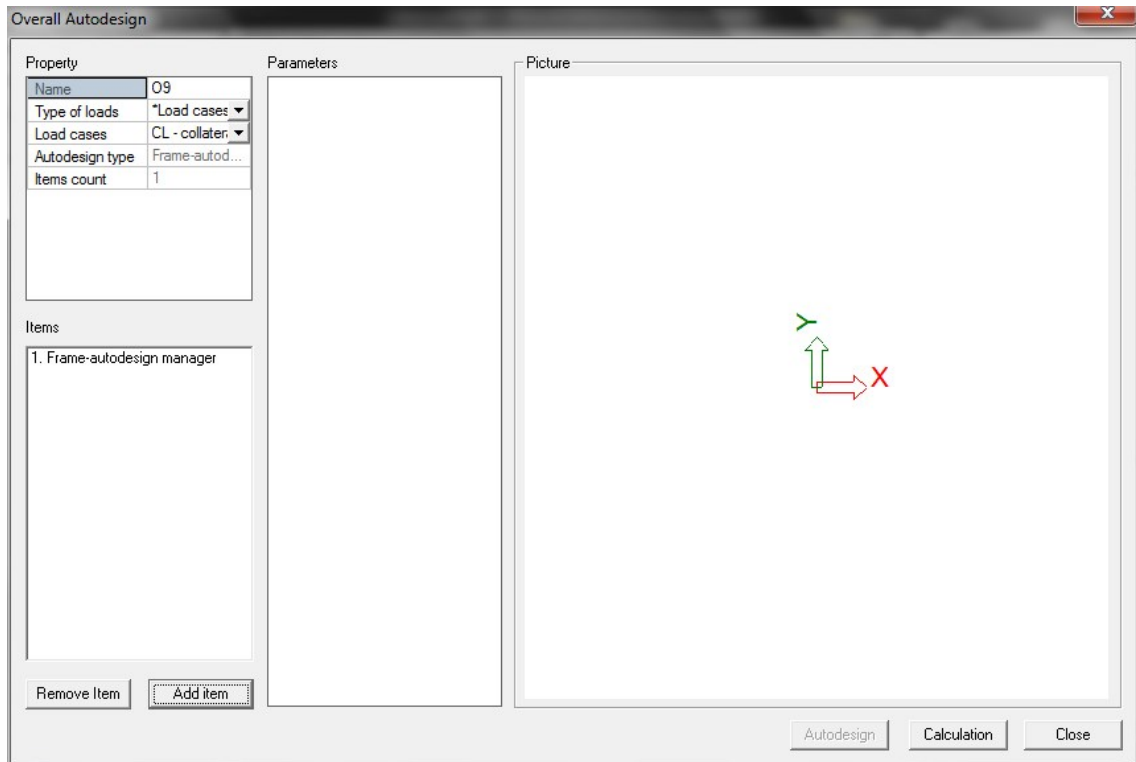


3. Click [Add item] button.
4. Autodesign list appears.



5. Select item Frame- autodesign manager and click [OK].

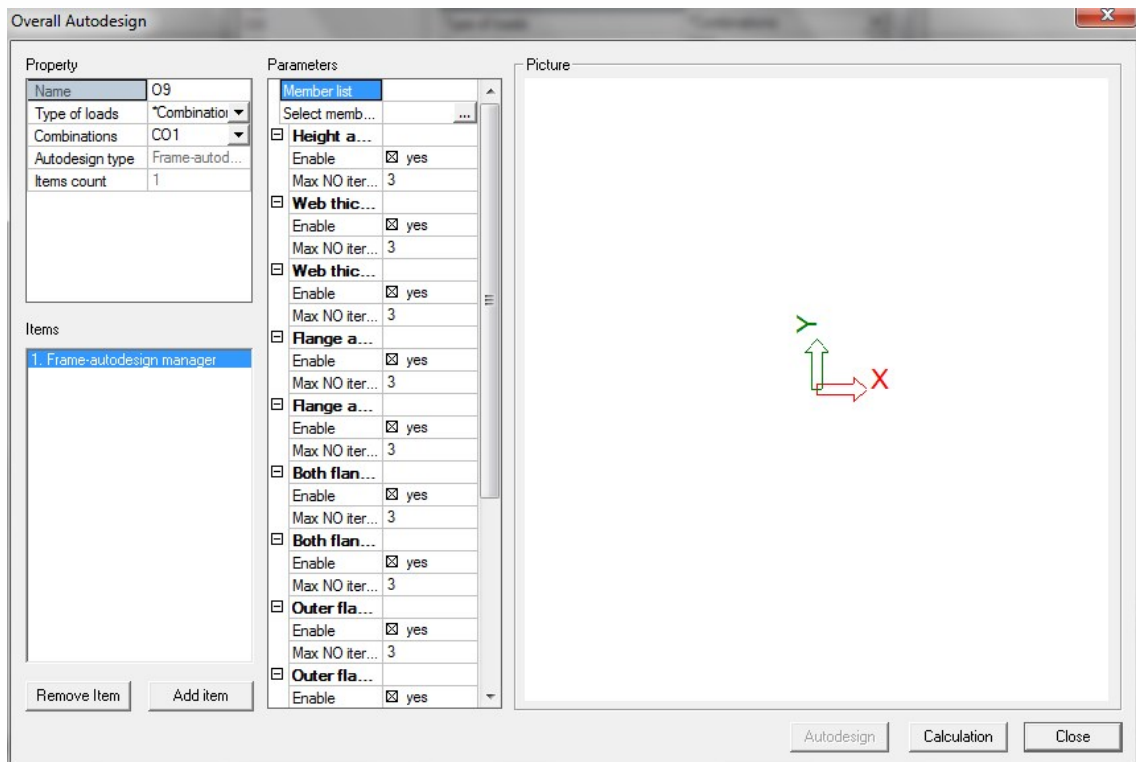
6. Default autodesign settings appears.



7. Select option *Combinations in the combo-box Type of loads.

8. Select item 1.Frame-autodesign manager from the Items list.

9. Parameters appears.



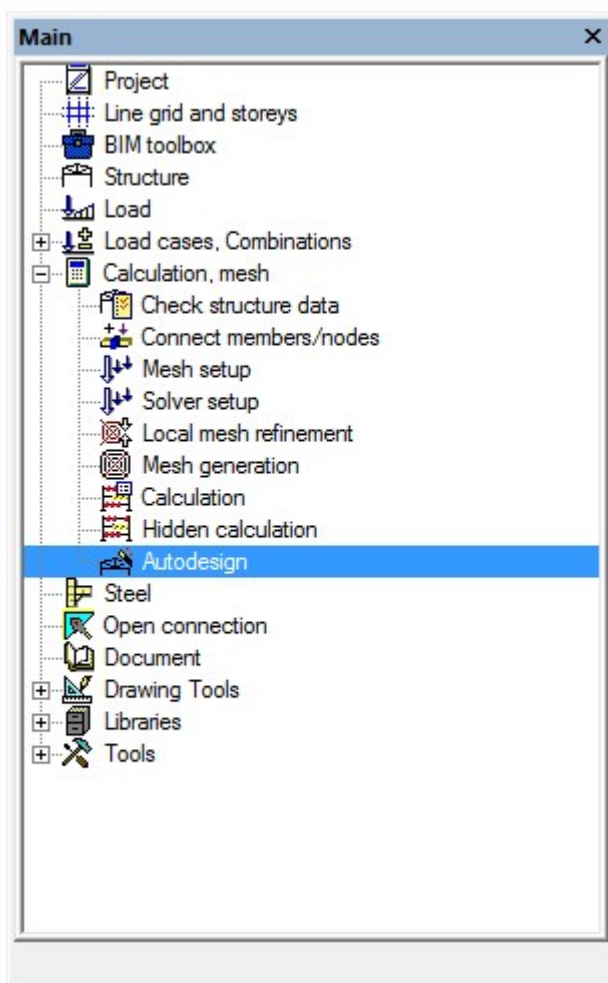
10. Click Add members by layer button .
11. Double click on Layer1.
12. Members B1, B2, B3 B4 B5 B6 B7 B8 are added.
13. Click [Close] to close the Overall Autodesign dialogue.



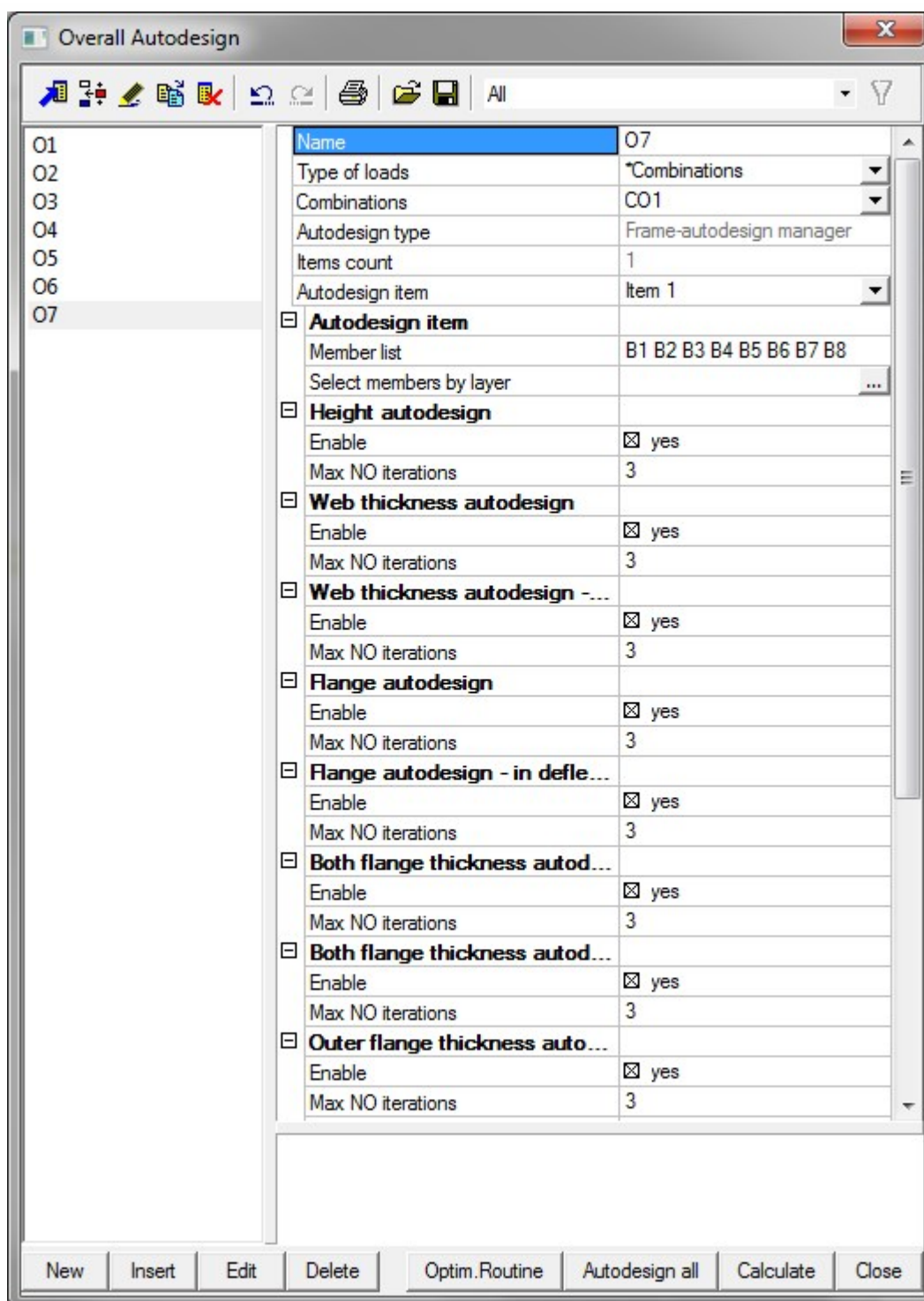
The following chapter is currently available only in English.

Optimization

1. To start frame optimization process use the option Main window→ Calculation, mesh→Autodesign

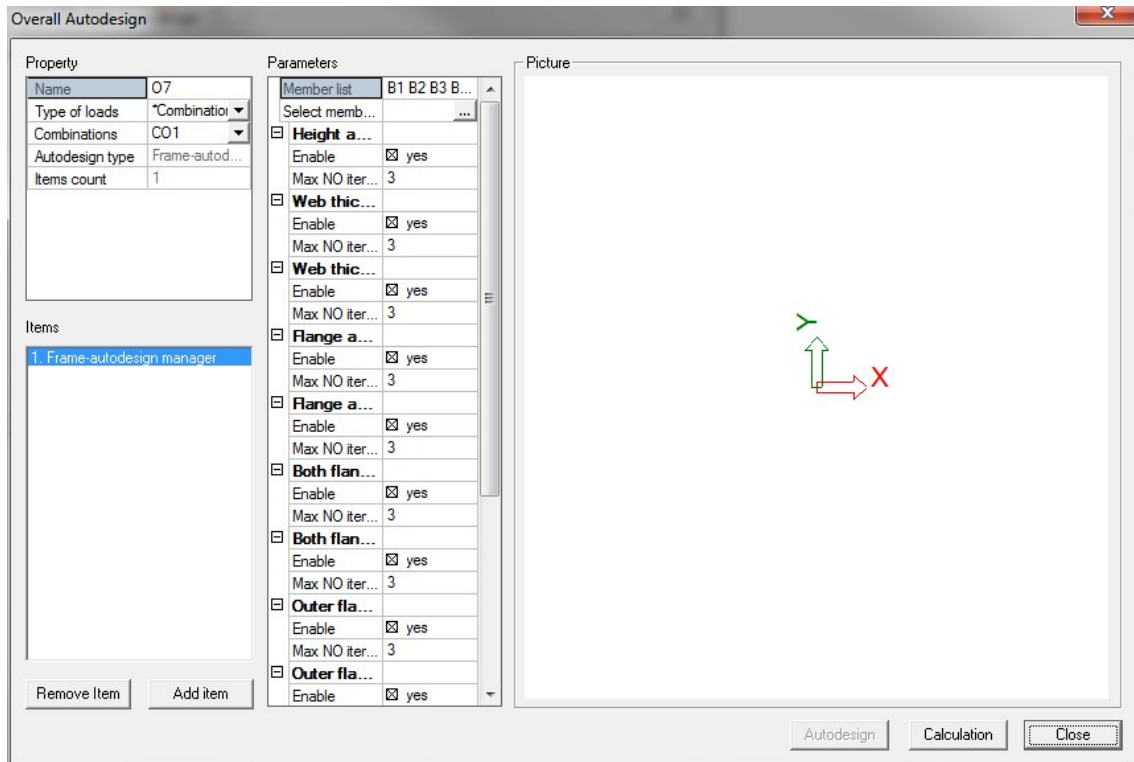


2. Overall Autodesign dialog appears.



3. Select autodesignO7 (Frame-autodesign manager and click [Edit] button.

4. Autodesign dialogue appears

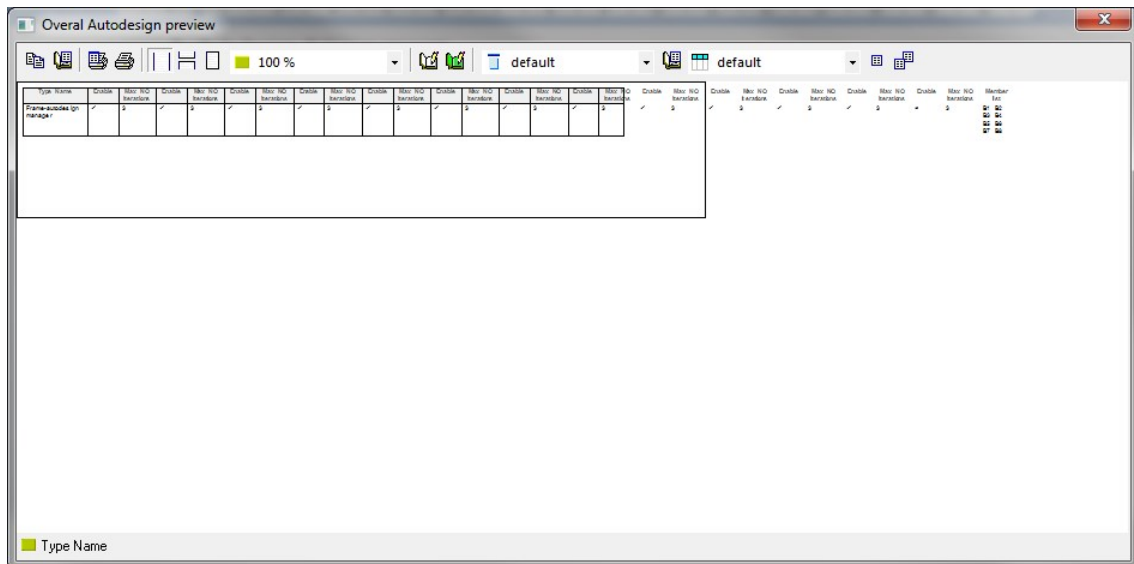


5. Click [Calculation].

6. Structure is calculated.

7. Click [Autdesign].

8. Autodesign preview appears



9. Close autodesign preview window

10. Click [Close] to close Autodesign dialogue.

11. Click [Close] to close Overall Autodesign dialogue.



The following chapter is currently available only in English.

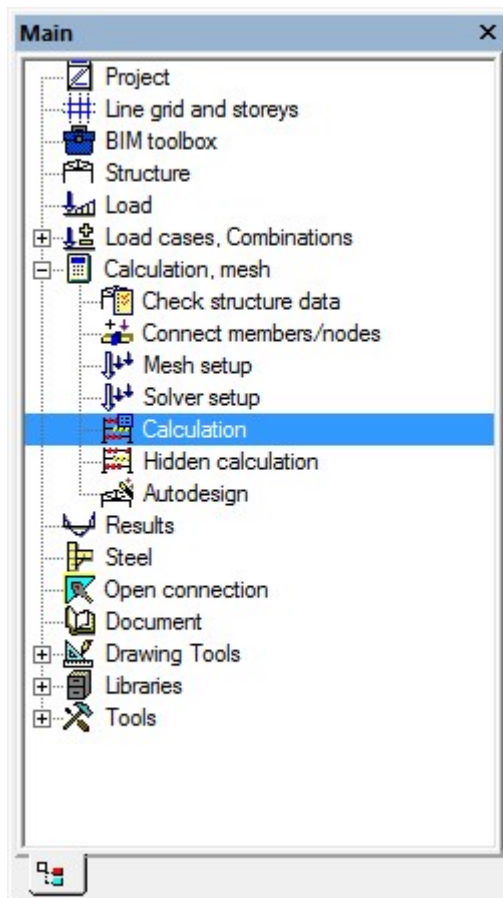
Check of designed structure



The following chapter is currently available only in English.

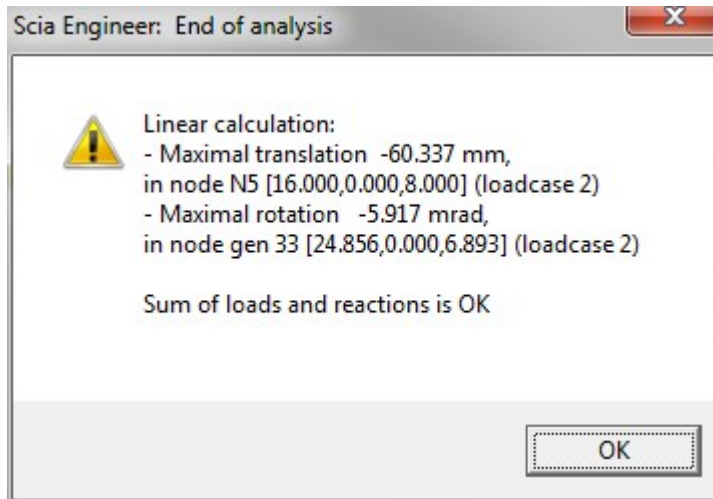
Calculation

1. Double-click on the Calculation in the service Calculation, mesh in the Main window.



2. FE analysis dialogue appears
3. Click on [OK].

4. Analysis report appears.



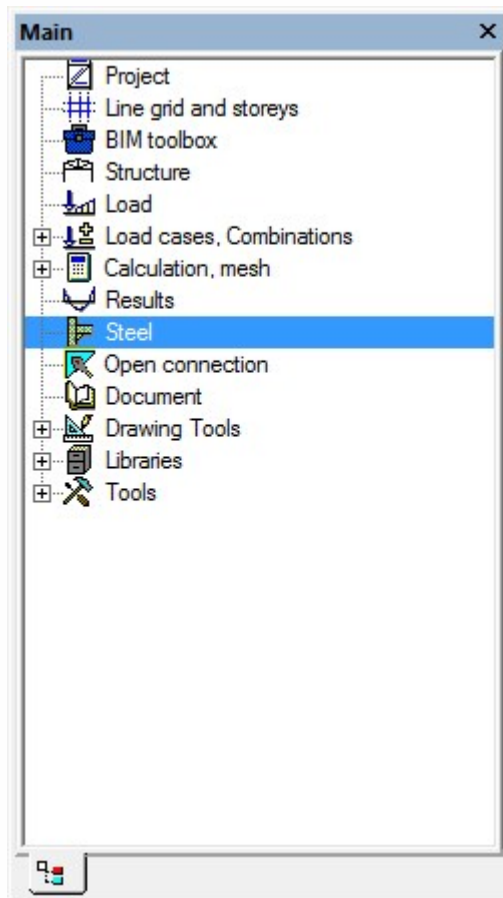
5. Click [OK] to close.



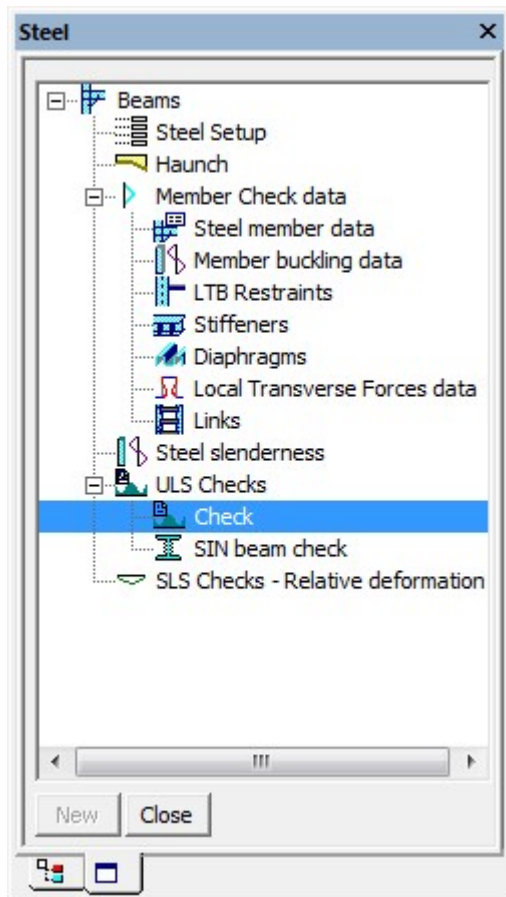
The following chapter is currently available only in English.

Steel checks

1. Double-click on the Steel service in the Main window.



- Click on Check from the subgroup ULS Checks of the group Beams in the Steel service.



- Define following settings in the Properties window.

Selection = all
 Type of loads = Combinations
 Filter = No
 Values = un. check
 Extreme = Member
 Output = Detailed
 Section = All

Properties [X]

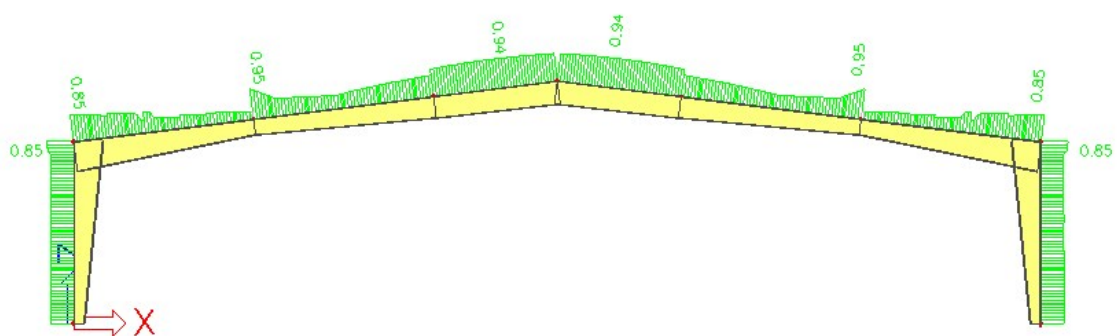
Check of steel (1) [v] [Y] [Y] [Y]

Name	EC 3
Selection	All [v]
Type of loads	Combinations [v]
Combinations	CO1 [v]
Filter	No [v]
Values	un.check [v]
Extreme	Member [v]
Output	Detailed [v]
Drawing setup 1D	[...]
Section	All [v]

Actions

Refresh	>>>
Single Check	>>>
Autodesign	>>>
Split CSS	>>>
Unify CSS	>>>
Preview	>>>

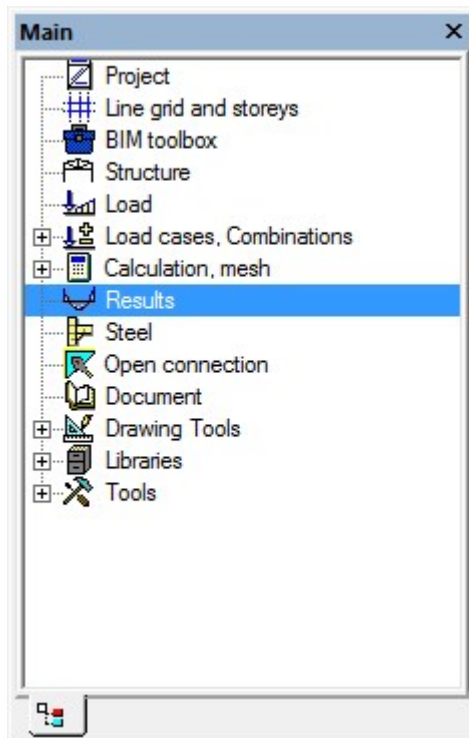
4. Click Refresh in the Properties window.
5. Check displayed steel checks values.



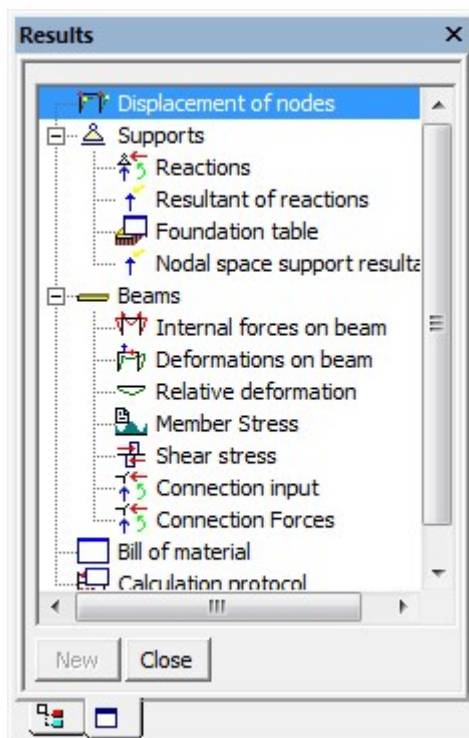
The following chapter is currently available only in English.

Displacements of nodes

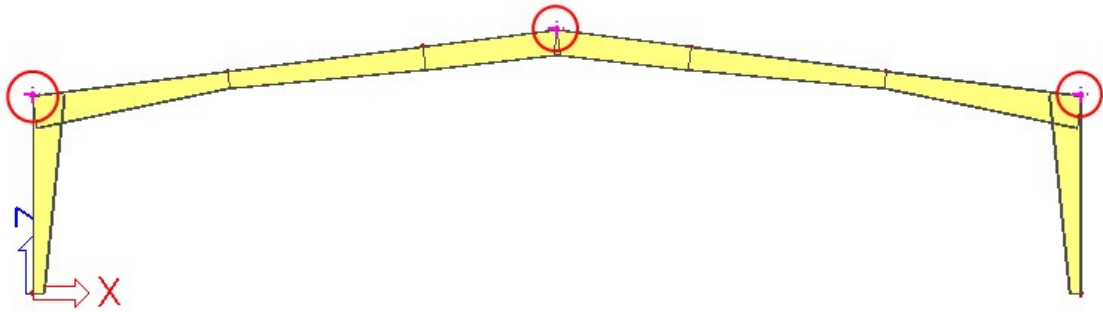
1. Double-click on the Results service in the Main window.



2. Click on Displacement of nodes



3. Select eave nodes and top node.



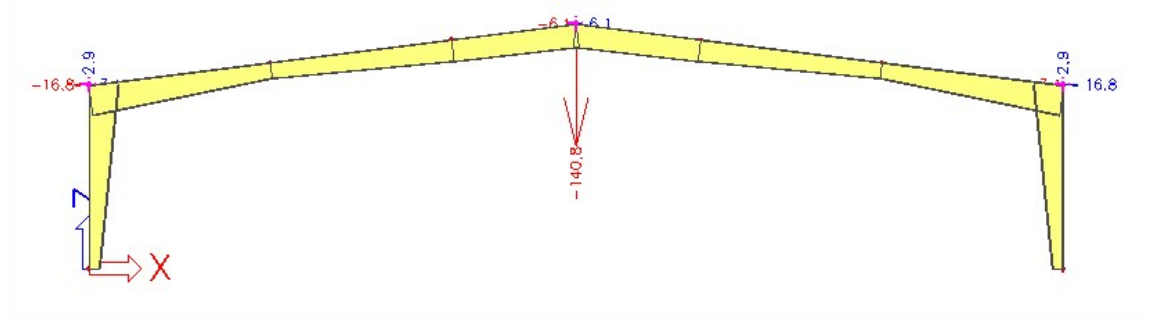
4. Define following settings in the Properties window.

Selection = Current
 Type of loads = Class
 Class = All ULS

Properties	
Displacement of nodes (1)	
Name	Displacement of nodes
Selection	Current
Type of loads	Class
Class	All ULS
Filter	No
Values	More comp
Ux	☒
Uy	☒
Uz	☒
Fix	☐
Fiy	☐
Fiz	☐
Text output	Text
Extreme	Node
Drawing setup 2D	
Actions Refresh Preview	

5. Click Refresh in the Properties window.

6. Check displayed displacements of nodes.



Optimalisatie

Introductie

Scia Engineer stelt u in staat om een optimalisering voor de hele constructie uit te voeren of voor een geselecteerd deel. De optimalisatie kan worden uitgevoerd voor staal- en houtconstructies of voor stalen en houten onderdelen van projecten bestaande uit meerdere materialen.

Het is mogelijk om de waarde te optimaliseren van:

- standaard staalnorm controle,
- brandwerendheid staal controle,
- houtnorm controle,
- geboute diagonaal controle.

Het is ook mogelijk om verschillende van de hierboven genoemde optimalisatie typen uit te voeren en dan de resultaten te vergelijken.

Het is altijd de grootte van de doorsnede of de boutgrootte die wordt geoptimaliseerd. In het algemeen moet u selecteren welke typen doorsneden of geboute diagonaal verbindingen, die worden gebruikt in uw model, moeten worden geoptimaliseerd. Het is aan u om de typen doorsneden en geboute diagonaal verbindingen te selecteren die relevant zijn voor uw werk. Het is ook uw verantwoordelijkheid om van te voren na te denken en aan liggers zoveel typen doorsneden toe te wijzen als nodig voor een juist ontwerp en optimalisatie van het project.



Opm: Om de optimalisatie uit te voeren, moet de berekening reeds zijn uitgevoerd.

Optimalisatie manager

Zoals verteld in de introductie kunt u verschillende optimalisaties uitvoeren. U kunt de optimalisatie laten uitvoeren en de resultaten voor diverse onderdelen van de constructie vergelijken voor verschillende optimalisatie typen (bijv. standaard en brandwerendheid normcontrole). Daarom worden alle gedefinieerde optimalisaties opgeslagen in de **Optimalisatie manager**. Dus u hoeft niet steeds weer alle optimalisatie criteria en parameters te definiëren.

DeOptimalisatie manager is een standaard Scia Engineer [database manager](#) met gebruikelijke kenmerken en functies.

Procedure voor het openen van de Optimalisatie manager

1. Open de dienst **Berekening, Net**.
2. Start (dubbel klik) de functie **Optimalisatie**.

Een nieuwe optimalisatie definiëren

Procedure voor het definiëren en lopen van een nieuwe optimalisatie

1. Start de [Optimalisatie manager](#).
2. Klik op de knop **[Nieuw]** om het **Algehele optimalisatie** dialoogscherf te openen.
3. Definieer de optimalisatie parameters en criteria.
4. Klik op de knop **[Optimalisatie]** om de berekening te laten lopen en zijn resultaten te bekijken.
5. Klik wanneer nodig op de knop **[Berekening]** om het model opnieuw te berekenen om de resultaten van de optimalisatie opnieuw te bekijken.
6. Afhankelijk van wat u precies nodig heeft en wilt, kunt u de stappen 3 tot 5 zo vaak herhalen als nodig.



Opm: Houdt er rekening mee dat een mechanische herhaling van **Optimalisatie** en **Berekening** na elkaar kan leiden tot een "oneindige" cyclus. De optimalisatie kan doorsnede "A" als optimaal aanwijzen. Wanneer u de berekening uitvoert worden de interne krachten herverdeeld om de optimalisatie resultaten te reflecteren. Wanneer u de optimalisatie nu laat lopen, kan het doorsnede "B" als optimaal vinden. En een andere herberekening herverdeelt weer de interne krachten. En het kan gebeuren dat de hierop volgende optimalisatie weer de doorsnede "A" als optimaal vindt. Enzovoorts, enzovoorts, enzovoorts.

Optimalisatie parameters en criteria

Items

Het item definieert het type van de optimalisatie en het doorsnede type dat zou moeten worden geoptimaliseerd. Het type optimalisatie (bijv. standaard en brandwerendheid code controle) moet alleen worden gedefinieerd voor het eerste item. Alle andere items in een optimalisatie definitie zijn van hetzelfde type. Een optimalisatie item representeert een doorsnede type of een geboute diagonaal.

[Voeg item toe]	Voegt een nieuw optimalisatie item aan de lijst toe.
[Verwijder item]	Verwijdert het bestaande optimalisatie item van de lijst.

Eigenschap

Naam	Definieert de naam van de optimalisatie (criteria).
Belastingtype	De optimalisatie kan worden uitgevoerd voor belastinggevallen, belastinggeval combinaties, resultaat klassen, enz.
Belastinggevallen	Specificeert het bepaalde belastinggeval, combinatie, enz. waarvoor het geselecteerde doorsnede type zal worden geoptimaliseerd.
Optimalisatie type	(informatief) Vertelt het type van de optimalisatie.
Getelde items	(informatief) Toont het aantal gedefinieerde optimalisatie items.

Parameters

Doorsnede optimalisatie

Doorsnede	Definieert het doorsnede type dat moet worden geoptimaliseerd.
Parameter	Selecteert de afmeting (bijv. doorsnede diepte, breedte, enz.) die zal worden geoptimaliseerd.
Lengte	(informatief) Toont de huidige grootte van de geselecteerde afmeting.
Minimum	Definieert de minimale toepasbare grootte voor de geoptimaliseerde parameter.
Maximum	Definieert de maximale toepasbare grootte voor de geoptimaliseerde parameter.
Stap	Definieert de stap voor de optimalisatie.
Maximale controle	Definieert de maximaal geaccepteerde waarde voor eenheid controle van de geoptimaliseerde doorsnede.
Geoptimaliseerde controle	(informatief) Toont de eenheid controle voor de geoptimaliseerde verbinding.

Geboute diagonaal optimalisatie

Geboute diagonaal	Specificeert de geboute diagonaal die moet worden geoptimaliseerd.
Bout	Specificeert de gebruikte bout.
Geoptimaliseerde controle	(informatief) Toont de eenheid controle voor de geoptimaliseerde verbinding.

Afbeelding

De afbeelding toont de vorm van de geoptimaliseerde doorsnede of het symbool voor de geboute diagonaal verbinding.

Controle knoppen

Optimalisatie	Voert de optimalisatie voor de gedefinieerde optimalisatie items uit.
Berekening	Voert de berekening voor het geoptimaliseerde model uit.