

RAPPORT

aanvraag omgevingsvergunning – Feyenoord City stadion

Rapport robuust ontwerpen en tweede draagweg

Klant: Nieuw Stadion B.V.

Referentie: I&BBF3499 R027 F1.0

Status: 1.0/Definitief

Datum: 6 mei 2020



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

George Hintzenweg 85
3068 AX ROTTERDAM
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 90 00 **T**
+31 10 209 44 26 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: aanvraag omgevingsvergunning – Feyenoord City stadion

Ondertitel: *Robuust ontwerpen en tweede draagweg*
Referentie: I&BBF3499 R027 F1.0
Status: 1.0/Definitief
Datum: 6 mei 2020
Projectnaam: Feyenoord City
Projectnummer: BF3499
Auteur(s): Ir. J. Luttmmer

Opgesteld door: Ir. [REDACTED]

Gecontroleerd door: Ir. [REDACTED]

Datum/paraaf: 6-5-2020 [REDACTED]

Goedgekeurd door: Ir. [REDACTED]

Datum/paraaf: 6-5-2020 [REDACTED]

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

Niets uit deze specificaties/drukwerk mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van HaskoningDHV Nederland B.V.; noch mogen zij zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor andere doeleinden dan waarvoor zij zijn vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor deze specificaties/drukwerk ten opzichte van anderen dan de personen door wie zij in opdracht is gegeven en zoals deze zijn vastgesteld in het kader van deze Opdracht. Het geïntegreerde QHSE-managementsysteem van HaskoningDHV Nederland B.V. is gecertificeerd volgens ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 en ISO 45001:2018.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Projectomschrijving	1
2	Referenties	2
2.1	Voorschriften en literatuur	2
3	Enige achtergronden en begrippen	2
4	Beschrijving van een risicoanalyse	4
5	Risicoanalyse voor het nieuwe stadion	5
6	Uitgangspunten	9
6.1	Gevolgklasse CC3	9
6.2	Differentiatie van ontwerp en berekeningssupervisie	9
6.3	Inspectie tijdens de uitvoering	9
7	Buitengewone ontwerpsituaties	10
7.1	Strategieën gebaseerd op bekende buitengewone belastingen	10
7.1.1	Stootbelasting door voertuigen	11
7.1.2	Stootbelasting door treinen	11
7.1.3	Brand	11
7.1.4	Gasexplosies inpandig	11
7.1.5	Extreem toegenomen (grond)waterstanden	12
7.1.6	Effect vallende personen op vloeren, daken en borstweringen	12
7.1.7	Belastingen door landing van een helikopter	12
7.1.8	Belastingen aardbevingen	12
7.1.9	Belastingen op fundering ten gevolge van incident transportleiding Evides	12
7.2	Strategieën gebaseerd op beperking van de mate van lokaal bezwijken	13
7.2.1	Kritische elementen	13
7.2.2	Horizontale trekbanden	14
7.2.3	Verticale trekbanden	18
7.3	Specifieke onderdelen 2 ^e draagweg dakconstructie	19
7.3.1	Tweede draagweg primaire liggers	19
7.3.2	Tweede draagweg secundaire liggers (T2 en T4)	42
7.3.3	Tweede draagweg tertiaire liggers	50
7.3.4	Tweede draagweg gevelvakwerk	51
7.3.5	Tweede draagweg vakwerk tussen kernen	62
7.3.6	Tweede draagweg oplegging primaire liggers t.p.v. dwarswanden	72

1 Inleiding

Begin februari 2019 is het projectteam van RHDHV gestart met haar werkzaamheden om te komen tot een Definitief Ontwerp (DO) voor het nieuwe stadion van Feyenoord, onderdeel van het Masterplan Feyenoord City. De basis van het DO is het Voorlopig Ontwerp (VO) en daarbij behorend een uitgangspuntenlijst voor wijzigingen ten behoeve van verbeteringen en optimalisaties.

In september 2019 is een het DO afgerond en ingediend bij bouw- en woningtoezicht. De periode vanaf december is ingericht om te komen tot een gecorrigeerd DO dat in mei 2020 ingediend zal worden. In deze rapportage wordt ingegaan op het robuust ontwerpen en de tweede draagweg met de daarbij behorende uitgangspunten.

1.1 Projectomschrijving

Feyenoord City is een unieke gebiedsontwikkeling aan de oevers van de Maas. Deze gebiedsontwikkeling heeft tot doel om, binnen de Gebiedsvisie Stadionpark van de gemeente Rotterdam, een stuk stad van Rotterdam te herpositioneren. In deze ontwikkeling is een belangrijke rol weggelegd voor het nieuwe stadion voor voetbalclub Feyenoord en de herontwikkeling van het huidige stadion De Kuip, een gemeentelijk monument, maar ook voor het oplossen van mobiliteitsproblemen, het realiseren van nieuwe woningbouw in Rotterdam Zuid en het creëren van aantrekkelijke openbare ruimte. Om deze vraagstukken te beantwoorden heeft OMA, in samenwerking met projectgroep Feyenoord City en gemeente Rotterdam, een masterplan ontwikkeld. Dit masterplan kent 3 hoofdonderdelen:

1. Het nieuwe stadion voor Feyenoord (onderwerp van dit uitgangspuntenrapport)
2. De herontwikkeling van De Kuip
3. Het overige programma van Feyenoord City.



Figuur 1-1: Masterplan gebiedsontwikkeling Feyenoord City

2 Referenties

Het Definitief Ontwerp is gebaseerd op een groot aantal externe documenten waarbij 'extern' moet worden gelezen als zijnde niet door RHDHV-Constructies uitgewerkt. Door het Projectbureau is een uitgebreid systeem voor Document Control opgezet, weergegeven op het platform Sharepoint. Onderstaand worden een aantal belangrijke externe documenten vermeld:

- [1] Feyenoord City Concept Masterplan van OMA
- [2] Concept Design Submission van OMA d.d. 16-03-2018
- [3] New Stadium Concept Report van OMA d.d. 09-04-2018
- [4] 100% Schematic Design Report van OMA d.d. 29-06-2018
- [5] 100% Concept Design Development van OMA d.d. 26-07-2019
- [6] Design Development van OMA d.d. 13-09-2019
- [7] Aanvraag omgevingsvergunning – Feyenoord City stadion van OMA d.d. 06-05-2020

2.1 Voorschriften en literatuur

Van toepassing voor dit project zijn Bouwbesluit 2012 en de in het uitgangspuntendocument genoemde voorschriften.

3 Enige achtergronden en begrippen

Constructieve samenhang – de aandacht er voor – is vereist vanwege de mogelijkheid van het optreden van bijzondere belastingen en het moeilijk voorspelbare karakter van dergelijke belastingen.

Bijzondere belastingen

- Komen zelden voor;
- De identiteit ervan is vaak onduidelijk;
- De grootte en het effect van bijzondere belastingen is moeilijk te voorspellen;
- Bijzondere belastingen zijn ook ontwerp- en bouwfouten.

De ontwerpstrategieën hoe om te gaan met de bijzondere belastingen worden in het algemeen in drie hoofdgroepen verdeeld. Deze hoofdgroepen zijn:

- Het wegnemen van de oorzaken van de bijzondere belastingen;
- Het voorkomen of reduceren van het belastingeffect;
- Het ontwerpen van de constructie op het belastingeffect.

Het ontwerpen van de constructie op het belastingeffect kan dan verder worden onderverdeeld in de volgende subgroepen:

- Het verbeteren van de ductiliteit van de constructie;
- Het verbeteren van het incasseringsvermogen van de constructie (robuustheid);
- Het ontwerpen van (aandacht voor) kritische elementen;
- Het accepteren van lokale schade en het creëren van een constructieve samenhang c.q. robuustheid.

Geen van de genoemde maatregelen is echter afdoende om alle mogelijke consequenties van een bijzondere belasting volledig weg te nemen, dan wel het optreden van een bijzondere belasting te elimineren. Dit houdt per definitie in, dat ook de combinatie van de genoemde maatregelen nooit tot een dergelijk resultaat zal leiden.

Ten aanzien van het begrip “robuustheid” kan de volgende toelichting gegeven worden om het beter in de context van de risicoanalyse te kunnen plaatsen:

Onder het robuust zijn van een constructie wordt verstaan het vermogen van een constructie om meer belasting op te nemen dan strikt noodzakelijk (overdimensionering), dan wel dat de constructie zodanig grote afmetingen heeft, dat met inachtneming van het optreden van diverse (bijzondere) belastingen, de constructie deze belastingen in verhouding tot haar grote massa (bijvoorbeeld de invloed van de traagheid daarvan) beter kan weerstaan, dan wel zich beter gedraagt dan een andere gangbare constructie.

Stufib Studiecel “Constructieve Samenhang van Bouwconstructies” heeft in haar rapport aanbevelingen gedaan hoe om te gaan met de bijzondere belastingen bij het ontwerpen van gebouwconstructies. Zij heeft haar werk ingericht conform de Eurocodes en dan in het bijzonder het deel EN 1991-1-7. De Stufib Studiecel heeft de uitgangspunten nader verfijnd. Zij klasseert de gebouwen en maatregelen als volgt:

KLASSERING EN MAATREGELEN

KLASSE 1 (eengezinswoningen, agrarische gebouwen, etc.)

- Geen specifieke eisen

KLASSE 2a (Lage Risico Groep)

(Woongebouwen, van max. vier bouwlagen, kantoorgebouwen van max. vier bouwlagen etc.)

- Nader te specificeren horizontale trekbanden of verankeringen

KLASSE 2b (Hoge Risico Groep)

(Hotels, flats, andere woongebouwen en kantoren van vijf tot vijftien bouwlagen etc.)

- Nader te specificeren horizontale en verticale trekbanden of verankeringen

of

- Tweede draagweg

KLASSE 3 (Alle gebouwen die de limieten van klasse 2b overschrijden, gebouwen waarin publiek in grote aantallen aanwezig is)

- Systematische risicoanalyse

of

- Tweede draagweg

Het stadion valt vanwege een mogelijke bezetting waarbij meer dan 500 personen gelijktijdig gevaar lopen in het geval van bezwijken van cruciale onderdelen van de constructie, in de laatste categorie, te weten in Klasse 3. Conform NEN-EN 1991-1-7 bijlage A dienen horizontale en verticale trekbanden toegepast te worden, of als alternatief de controle van de stabiliteit van het gebouw indien een willekeurige kolom of dragende wand verwijderd wordt. Daarnaast dient er een systematische risicoanalyse van het gebouw te zijn uitgevoerd, waarbij met zowel voorziene als onvoorziene dreigingen rekening is gehouden. Stufib studiecel voegt aan deze mogelijkheid een alternatief toe in de vorm van het creëren van een tweede draagweg. Deze twee alternatieven hebben voordelen en nadelen, die als volgt kunnen worden omschreven:

RISICOANALYSE

VOORDELEN:

- Identificeert gevaren en bezwijkmechanismen;
- Geeft beeld van risico's – verhoogt bewustzijn;
- Legt gevoelige punten in het ontwerp bloot;
- Werkt “op maat”.

NADELEN:

- Tijd paradox (de beïnvloedingsfactoren zijn pas aan het einde van het ontwerp allemaal bekend, terwijl men het resultaat van de risicoanalyse aan begin van het ontwerpstadium nodig heeft);
- Relatief onbekende materie voor constructeurs;
- Hoog abstractieniveau;
- Arbeidsintensief;
- Hoge eisen aan communicatie en samenwerking tussen betrokken partijen.

TWEEDE DRAAGWEG

VOORDELEN:

- Beter werkbaar en implementeerbaar;
- Minder hoge eisen aan communicatie en samenwerking tussen betrokken partijen.

NADELEN:

- Soms grof en ongenueanceerd;
- Mogelijke “over-mitigatie”.

4 Beschrijving van een risicoanalyse

Stufib Studiecel geeft in haar rapport aanwijzingen hoe met het maken van een risicoanalyse om te gaan. De eerste stap in een risicoanalyse is de technische en organisatorische beschrijving van het beschouwde object. Voor een bouwwerk zijn bijvoorbeeld van belang de aard van het bouwwerk, de activiteiten die in het bouwwerk worden voorzien, alsmede de aantallen mensen die daarbij worden verwacht. Uit deze beschrijving volgt aan welke aspecten en met welke diepgang aandacht hoort te worden gegeven. Aan de orde dienen te komen:

- De strategische rol van een bouwwerk in de samenleving zoals energievoorziening, drinkwatervoorziening, transport, economisch leven, bestuursactiviteiten, gezondheidszorg, voedselvoorziening;
- De mogelijkheid van grote aantallen slachtoffers: theaters, winkelcentra, stations, stadions, etc.;
- Het innovatieve karakter van de bouwconstructie (constructievormen, hoogte, en overspanningen) en de gebruikte materialen;
- De mogelijkheid van bijzondere risico's door industriële activiteiten, verkeer, water, en dergelijke;
- De waarschijnlijkheid van terroristische of andere aanslagen (monumenten, ambassades, regeringsgebouwen, bankgebouwen).

Op basis van de beschrijving moet een opsomming (lijst) van risicoscenario's worden opgesteld. In kwalitatieve zin bestaan deze uit:

1. Een oorzaak (bedreiging);
2. Een mechanisme (de fysieke opeenvolging van gebeurtenissen);
3. De gevolgen.

In grote lijnen kunnen de volgende bedreigingen worden onderscheiden:

- Toevallig of onvoorzien hoge waarden van gewone belastingen;
- Afwijkende grond en andere omgevingscondities;
- Bijzondere belastingen als brand, explosie, botsing en dergelijke;
- Niet voorziene belastingen of bijzondere invloeden;
- Lage sterkte, mogelijk samenhangend met aantasting.

Per risicoscenario moet men zich afvragen of het belangrijk is in termen van kansen en gevolgen te denken. Afhankelijk van hun ernst, komen de risicoscenario's in aanmerking voor nader onderzoek, of specifieke maatregelen.

Het nemen van maatregelen kan worden afgewogen via het zogenaamde ALARP principe (As Low As Reasonably Practicable), hetgeen er op neer komt dat de risicobeperkende maatregelen economisch verdedigbaar moeten zijn. Men moet zich realiseren dat dit sterk intuïtief is. Waar het om gaat is of er redenen zijn de normale veiligheidsmaatregelen aan te scherpen. De grootte van de gevolgen en bedreigingen spelen daarbij een belangrijke rol. Kernvraag is ook wat men als disproportionele schade moet beschouwen. Stufib Studiecel stelt bijvoorbeeld dat instorten van een middelgroot gebouw bij het wegvallen van een hoekkolom, best als niet disproportioneel kan worden aangemerkt.

Maatregelen kunnen zowel constructief als niet constructief van aard zijn. Bij constructieve maatregelen kan men denken aan het versterken van elementen, statisch onbepaalde constructievormen, ductiliteit, koppeling van bouwelementen, tweede draagweg, enz. Niet constructieve maatregelen zijn bijvoorbeeld het verbieden van bepaald verkeer, detectie- en waarschuwingssystemen, extra kwaliteitscontroles en regelmatige onderhoudsinspecties, met bijzondere aandacht voor constructieve defecten.

Slechts in enkele gevallen zal men overgaan tot een kwantitatieve risicoanalyse. Ook hier zal echter een groot deel van de numerieke uitwerking altijd gebaseerd zijn op intuïtie en "engineering judgement".

5 Risicoanalyse voor het nieuwe stadion

Door RHDHV is een Veiligheidseffect rapportage (VER) "BF7186IBRP1904121158" d.d. 12 april 2019 opgesteld waarin een kwalitatieve risicoanalyse is opgesteld. De maatregelen ten aanzien van deze VER worden geconcretiseerd door de in de Stufib aangegeven maatregelen zoals trekbanden, sleutelelementen en tweede draagweg voorzieningen.

Naast het Veiligheidseffect rapportage (VER) is onderstaand een korte risicoanalyse opgenomen met betrekking tot de hoofddraagconstructie.

Aspecten van aandacht en risicoscenario's

- *De strategische rol van een bouwwerk in de samenleving zoals energievoorziening, drinkwatervoorziening, transport, economisch leven, bestuursactiviteiten, gezondheidszorg, voedselvoorziening.*
 - De belangrijkste bestemming voor het stadion is de huisvesting van belangrijke Nederlandse voetbalwedstrijden met zeer grote bezoekersaantallen. Daarnaast zal het stadion ook ruimte bieden aan een aantal grote evenementen per jaar. Deze voorziening ten behoeve van vermaak heeft voor de doelgroep uiteraard een grote rol van betekenis, echter bij het wegvallen hiervan zal de samenleving niet direct ontwricht zijn. In zo'n geval dient er beroep gedaan te worden op andere grote stadions, echter dit zal een zeer ongewenste situatie zijn. Gezien deze emotionele waarde dient het stadion toch aangemerkt te worden als zijnde een 'gemiddelde' strategische rol in de samenleving.
- *De mogelijkheid van grote aantallen slachtoffers: theaters, winkelcentra, stations, stadions, etc.:*
 - Het stadion is ingedeeld in categorie CC3 gezien de publieksfunctie. Het betreft hier een groot stadion waarbij meer dan 500 personen tegelijkertijd aanwezig kunnen zijn. In geval

van bezwijken van een groot deel van de constructie bestaat de mogelijkheid van grote aantallen slachtoffers.

- Het is te verwachten dat er zich veel personen op het verhoogde maaiveldniveau (externe concourse, level 02) in de directe omgeving van het gebouw zullen ophouden, bijvoorbeeld vlak voor of na een voetbalwedstijd. Ook kan het externe concourse gebruikt worden voor evenementen waardoor hier zich grote aantallen bezoekers kunnen bevinden.
- Instorting van (delen van) het gebouw zal tot relatief veel slachtoffers kunnen leiden onder de gebruikers van het gebouw (interne veiligheid).
- Gezien de positionering van het gebouw ten opzichte van de andere gebouwen en de omgeving, zijn bij eventuele instortingsscenario, ook bij de voorziene toename van bedrijvigheid in de omgeving, op straat (buiten het externe concourse) en in de aangrenzende gebouwen relatief weinig slachtoffers te verwachten (externe veiligheid).
- *Het innovatieve karakter van de bouwconstructie (constructievormen, hoogte, en overspanningen) en de gebruikte materialen:*
 - Het gebouw is ontworpen in een voor Nederlandse omstandigheden zeer bekende en veel gebruikte bouwtechnologie. Te weten:
 - Traditionele staalconstructie met spanten voor het dak
 - Kanaalplaten met constructieve druklaag op een combinatie van staal en prefabbeton van balken en kolommen voor de bovenbouw
 - Betonconstructie van volstortliggers (SJP), brugdekliggers (ZIPXL), kanaalplaten en TT-platen met constructieve druklaag en betonnen kolommen voor de onderbouw
 - Tribuneconstructie van stalen liggers en prefab betonnen tribune-elementen
 - De overspanningen van de vloeren zijn zoals gebruikelijk en zeker niet bijzonder.
 - De hoogte van het gebouw is voor Nederlandse begrippen niet hoog.
- *De mogelijkheid van bijzondere risico's door industriële activiteiten, verkeer, water, en dergelijke:*
 - Er zijn geen (zware) industriële activiteiten in de nabijheid voorzien;
 - Verkeer buiten:
 - Er is gebruikelijk stadsverkeer op de omliggende straten. De Korte Stadionweg loopt niet langer meer als openbare weg langs het stadion onder het externe concourse door. Direct naast het gebouw (Zuidwestelijk gelegen) loopt het Varkenoordseviaduct met 2x2 rijbanen. De rijbanen van dit viaduct bevinden zich echter aanzienlijk lager ten opzichte van het externe concourse (L02) waardoor het verkeer hiervan geen risico vormt ten aanzien van stootbelasting op de constructie van het stadion. Aan de zuidzijde bevindt zich een spoor waarbij treinverkeer mogelijk kan ontsporen. De separate dikke betonwand van de spooroverbouw dient als buffer voor de constructie van het stadion. In het uitgangspuntenrapport zijn de eisen m.b.t. aanrijbelasting voor zowel autoverkeer en treinverkeer omschreven.
 - Verkeer binnen:
 - Rondom het gebouw, maar nog binnen de buitenste kolommenrij, loopt een expeditiestraat waar zich vrachtwagens en bussen kunnen bevinden. De kolommen welke langs de straat liggen kunnen worden aangereden door

(vracht)verkeer. In het uitgangspuntenrapport zijn de eisen m.b.t. aanrijbelasting omschreven.

- Er is een uitgebreide mogelijkheid voor parkeren, waardoor er ook een risico bestaat op een gasexplosie door auto's met LPG / CNG als brandstof. Ten aanzien van het wegvallen van kolommen wordt er een tweede draagweg voorzien middels trekbanden.
- Verkeer op het water:
 - Het stadion grenst aan de Maas waardoor de aanvaring met schepen niet uitgesloten kan worden. Om te voorkomen dat de constructie van het stadion hierdoor zal bezwijken, is er een zogeheten langsdam in het ontwerp opgenomen die uit de koers gelopen schepen zal afremmen.
 - Vanaf het water is er een risico op een plasbrand. De langsdam dient deze plasbrand op voldoende afstand van de gevel van het stadion te houden.
- Verkeer in de lucht:
 - Het gebouw is zodanig van omvang dat de kans gering is dat een laagvliegend vliegtuig, in het gebouw terecht komt. Als dit een klein vliegtuig is, zullen de gevolgen beperkt zijn tot brand, zie onder brand. Als het een groot vliegtuig is, zullen door de botsing kolommen kunnen wegvallen.
- Ontwerp:
 - Het ontwerp van de constructies heeft deskundig plaatsgevonden onder het ISO gecertificeerde kwaliteitssysteem van Royal HaskoningDHV, waarin o.a. de nodige interne controleronden zijn voorzien. Ook bij de verdere uitwerking dienen de berekeningen en tekeningen door derden gecontroleerd te worden.
- Uitvoering:
 - In verband met categorie RC3 dient tijdens de uitvoering een uitgebreide inspectie door derden gehouden te worden.
- Brand:
 - Brand is een relatief veel voorkomende bijzondere belasting bij gebouwen. De constructie van het stadion is echter hoofdzakelijk uitgevoerd als betonconstructie. Hiervan is bekend dat deze constructies zich onder brand uitstekend gedragen. De hoofddraagconstructies van dit gebouw worden ontworpen voor een brandwerendheid op sterkte van 90 minuten waarbij het concourse met een onderliggend parkeerdeel ontworpen wordt op een sterkte van 120 minuten. De verbindingen tussen prefab elementen en stalen onderdelen van de hoofddraagconstructie dienen een brandwerendheid op sterkte van ten minste 90 minuten te hebben. Dit zal inhouden dat de hoofddraagconstructie van het gebouw bestand zal zijn tegen temperaturen welke voorkomen bij een brand volgens de standaardbrandkromme na 90 minuten. Dit houdt feitelijk in dat de hoofddraagconstructie de branden welke kunnen ontstaan bij de in het gebouw voorkomende functies, zonder bezwijken zal kunnen weerstaan. Zowel de kolommen, balken en vloeren zijn hoofddraagconstructie. De kernen zijn eveneens hoofddraagconstructie, echter tijdens brand mag met een gereduceerde windbelasting (20%) worden gerekend. De kanaalplaten worden berekend op een brandwerendheidseis van 90 minuten waarbij ter plaatse van de parkeergarage en boven het spoor 120 minuten aangehouden dient te worden. Hierbij dient in overeenstemming met de BFBN-brief d.d. november 2015 de dekvloer ontkoppeld te worden door middel van een folie of zwevend uitgevoerd. De staalconstructie van de bovenbouw wordt van brandwerende bekleding (verf of beplating) voorzien.

- Explosies, zonder terroristische grondslag:
 - Conform het programma van eisen dient het stadion geen gebruik te maken van aardgas waardoor er ook geen risico is om mogelijke explosies ten aanzien van het gebruik hiervan.
- Afwijkende grond en andere omgevingscondities:
 - De grondslag ter plaatse van het deel in de Maas heeft een minder goede opbouw waardoor hier sprake is van een gereduceerd paal draagvermogen. Dit wordt gecompenseerd door een grotere paallengte, grotere paaldiameter of meer palen.
 - Schuin onder het stadion, onder het maaiveld, loopt een hoofdtransport waterleiding van Evides en een hogedruk gasleiding. In geval van een breuk van de waterleiding kan dit tot gevolg hebben dat een deel van de grond wordt weggespoeld (erosiekrater). In een volgende fase zal de afmeting van deze krater bepaald worden om zo het invloedsgebied en de diepte te bepalen. Voor de funderingspalen dient hier rekening mee gehouden te worden (ongesteund rekenen over een hoogte gelijk aan de onderzijde van de krater).
- De waarschijnlijkheid van terroristische of andere aanslagen (monumenten, ambassades, regeringsgebouwen, bankgebouwen):
 - Deze waarschijnlijkheid vormt gezien het beoogd gebruik van het gebouw een risico.

Beoordeling van het bovenstaande ten aanzien van voortschrijdende instorting / constructieve samenhang.

Rekening houdend met het bovenstaande kan het volgende worden geconstateerd:

A/ Negatief, dan wel punt van verhoogde aandacht:

- A.1 Instorting van het gebouw zal tot relatief veel slachtoffers kunnen leiden onder de gebruikers van het gebouw (interne veiligheid). Dit risico kan optreden indien er sprake is van een calamiteit zoals in A.2 is aangegeven.
- A.2 Mocht er sprake zijn van een terroristische aanslag, dan zal een fors deel van het gebouw worden beschadigd kunnen worden. Volgens het ALARP principe (As Low As Reasonably Practicable) wordt er voldoende samenhang, incasseringsvermogen en ductiliteit gezorgd, zie hiervoor hoofdstuk 7.

B/ Positief, dan wel aspecten die bijdragen aan het goede gedrag ten aanzien van constructieve samenhang en veiligheid:

- B.1 Door de hoofddraagconstructie op een hoge eis voor wat betreft de brandwerendheid op sterkte te ontwerpen en door het toepassen horizontale en verticale trekbanden danwel volledig aangetoonde 2^e draagweg is de kans op voortschrijdende instorting ten gevolge van brand vrijwel nihil.
- B.2 De hoofddraagconstructie bestaat in hoofdzaak uit prefab kanaalplaten waarbij de constructieve druklaag in combinatie met de trekbanden en ingestorte ankers voor een grote mate van samenhang, incasseringsvermogen en ductiliteit zorgen.
- B.3 De kolommen zijn door de relatief grote afmetingen al vrij robuust. De kolommen welke grenzen aan de straat zullen worden berekend op aanrijdingen ten gevolge van het verkeer.

- B.4 Er wordt zorggedragen voor een goede kwaliteitscontrole tijdens het ontwerp, de uitwerking en tijdens de uitvoering.

6 Uitgangspunten

6.1 Gevolgklasse CC3

Aangezien het een gebouw betreft waarbij meer dan 500 personen gelijktijdig gevaar lopen in het geval van bezwijken van cruciale onderdelen van de constructie, is het stadion in risicoklasse CC3 ingedeeld.

Conform NEN-EN 1991-1-7 bijlage A dienen horizontale en verticale trekbanden toegepast te worden, of als alternatief de controle van de stabiliteit van het gebouw indien een willekeurige kolom of dragende wand verwijderd wordt. Daarnaast dient er een systematische risicoanalyse van het gebouw te zijn uitgevoerd, waarbij met zowel voorziene als onvoorziene dreigingen rekening is gehouden.

6.2 Differentiatie van ontwerp en berekeningssupervisie

Samenhangend met de indeling in categorie CC3 en RC3 is het bepalen van het supervisieniveau van ontwerp en berekening. De NEN-EN1991-1-7 bijlage B geeft als *aanbeveling* **DSL3**. De aanbeveling wordt gerespecteerd gezien de schaal van het project.

Niveau van ontwerp- en berekenings-supervisie DSL	Aard	Aanbevolen minimeisen voor het controleren van berekeningen, tekeningen en bestekken
DSL3 m.b.t. RC3	Uitgebreide supervisie	Controle door derden: Controle uitgevoerd door een andere organisatie dan die het ontwerp en de berekening heeft gemaakt

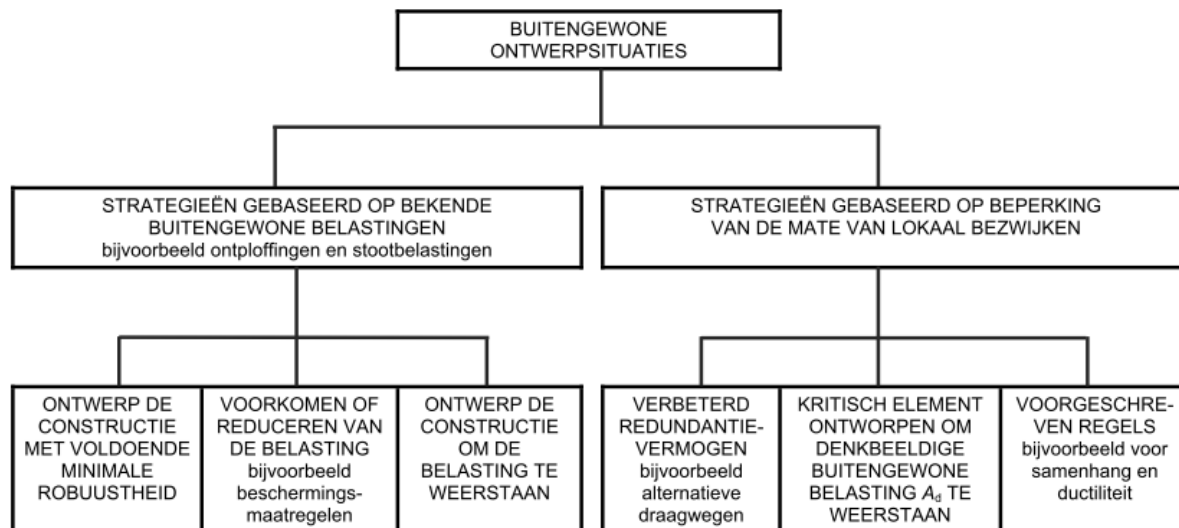
6.3 Inspectie tijdens de uitvoering

Conform bijlage B van NEN EN 1990 dient rekening gehouden te worden met een uitgebreide inspectie door derden tijdens de uitvoering.

Inspectieniveaus IL	Aard	Eisen
IL3 m.b.t. RC3	Uitgebreide inspectie	Inspectie door derden

7 Buitengewone ontwerpsituaties

Conform NEN-EN 1991-1-7+A1:2014, tabel 3.1, zijn er verschillende geaccepteerde strategieën voor buitengewone ontwerpsituaties.



7.1 Strategieën gebaseerd op bekende buitengewone belastingen

De buitengewone belastingen die in rekening gebracht moeten worden zijn afhankelijk van:

- De genomen maatregelen om een buitengewone belasting te voorkomen of de ernst ervan te verminderen;
- De kans dat de bekende buitengewone belasting optreedt;
- De gevolgen van bezwijken door de bekende buitengewone belasting;
- De publieke perceptie;
- Het aanvaardbare risiconiveau.

Om het risico van buitengewone belastingen te beperken, behoren maatregelen te zijn genomen en behoren deze maatregelen, voor zover geschikt, één of meer van de volgende strategieën te omvatten:

- a. Het voorkomen van het optreden van de belasting of tijdens het ontwerpproces de kans en/of de grootte van de belasting tot een aanvaardbaar niveau te reduceren.
- b. Het beschermen van de constructie tegen de gevolgen van een buitengewone belasting door het beperken van de gevolgen van de belasting voor de constructie.
- c. Zorgen dat de constructie voldoende robuustheid bezit door gebruik van één of meer van de volgende methoden:
 1. Door bepaalde onderdelen van de constructie waarvan de stabiliteit afhankelijk is te ontwerpen als kritische elementen om de waarschijnlijkheid te vergroten dat de constructie na een buitengewone gebeurtenis behouden blijft.
 2. Ontwerpen van constructieve elementen en kiezen van materialen met voldoende ductiliteit om zonder breuk significante vormveranderingsenergie te kunnen absorberen.
 3. Opnemen van voldoende redundantie in de constructie om na een buitengewone gebeurtenis het afdragen van belastingen via alternatieve draagwegen mogelijk te maken.

Conform hoofdstuk 3.1 van NEN-EN 1991-1-7+A1:2014 dienen de onderstaande belastingen beschouwd te zijn als bekende buitengewone ontwerpsituaties.

7.1.1 Stootbelasting door voertuigen

De afmetingen van de kolommen zijn afgestemd op aanrijdbelasting, zie hiervoor het uitgangspuntendocument. In de uitwerking van de (prefab)betonconstructie constructie dient rekening gehouden te worden met deze belastingen. In de detailuitwerking van deze constructieonderdelen dient hier rekening mee gehouden te worden.

Ter plaatse van de expeditiestraat is waarschijnlijk geen ruimte voor kolombeugels. Om te voorkomen dat bij het per ongeluk aanrijden/schampen van de kolommen het beton zal gaan afboeren met vervolgens risico op aantasting van de wapening, dienen de kolommen op een passende wijze hierop beschermd te worden. Hiervoor worden zware hoeklijnen op de hoeken van de kolommen voorzien van opvallende kleuren.



7.1.2 Stootbelasting door treinen

Stootbelasting door treinen is van toepassing op de betonconstructie (betonwand aan zijde station en betonkolommen aan de andere zijde) van de spooroverbouw. Deze dikke wandconstructie zorgt voor een 'buffer' ten behoeve van de constructie van het stadion zelf. Zie het uitgangspuntendocument voor de belastingen ten aanzien van stootbelasting door treinen. In de detailuitwerking van de constructieonderdelen langs het spoor dient hier rekening mee gehouden te worden.

7.1.3 Brand

- De staalconstructie zal brandwerend worden bekleed/geschilderd/gespoten.
- Kolomafmetingen en wanddiktes voor de betonconstructies zijn dusdanig gekozen dat deze de belasting bij brand nog steeds kunnen opnemen. In de detailuitwerking van de constructieonderdelen dient hier rekening mee gehouden te worden.
- Kanaalplaatvloeren worden uitgevoerd conform de eisen gesteld in de communicatie van BFBN; de afwerklaag hierop wordt ontkoppeld door middel van een folie.

Uitgangspunt voor de hoofddraagconstructie bedraagt een brandwerendheid van 90 minuten (120 minuten voor de onderbouw ter plaatse van parkeerdeel), zie hiervoor het uitgangspuntendocument.

7.1.4 Gasexplosies inpandig

In het gebouw bevinden zich geen stookruimtes met gas.

7.1.5 Extreem toegenomen (grond)waterstanden

Onderdeel van de stadionconstructie zijn enkele liftputten en een kelderconstructie die onderdeel vormt van de spelerstunnel. Deze waterkerende constructies zullen bij extreme toename van de grondwaterstand (boven maaiveld) volstromen.

7.1.6 Effect vallende personen op vloeren, daken en borstweringen

Zie het uitgangspuntendocument voor de belastingen.

7.1.7 Belastingen door landing van een helikopter

Vrijwel het gehele dak wordt volgelegd met zonnepanelen en overige delen worden transparant uitgevoerd, waardoor de landing van een helikopter geen situatie is welke beschouwd hoeft te worden als bekende buitengewone ontwerpsituatie.

7.1.8 Belastingen aardbevingen

Conform bijlage B van NEN EN 1991-1-7 en de NPR9998 is het voor Rotterdam niet noodzakelijk om rekening te houden met horizontale versnelling door aardbevingen.

7.1.9 Belastingen op fundering ten gevolge van incident transportleiding Evides

In het geval van een incident met één van de twee drinkwater transportleidingen van Evides die onder het stadion lopen kan een erosiekrater ontstaan. Deze krater zorgt ervoor dat een deel van de fundering niet meer horizontaal gesteund wordt.

In een volgende fase zullen de afmetingen van deze krater bepaald worden om zo het invloedsgebied en de diepte te bepalen. Bij de detailuitwerking van de constructie dient hier rekening mee gehouden te worden.

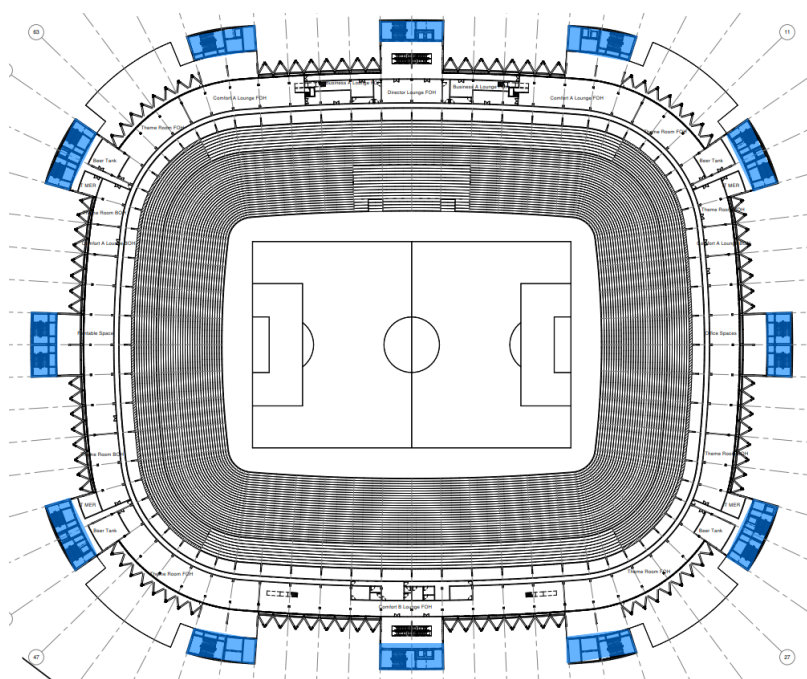
De beste manier om robuustheid te garanderen is het creëren van een 2^e draagweg daar waar mogelijk. Daar waar dit niet mogelijk is of niet reëel is, kunnen elementen die absoluut niet weg mogen vallen worden aangemerkt als kritische element.

Omdat het gebouw in risicoklasse CC3 valt, dienen horizontale en verticale trekbanden toegepast te worden, of als alternatief de controle van de stabiliteit van het gebouw indien een willekeurige kolom of dragende wand verwijderd wordt.

Als kritische element zijn aangemerkt:

- De stabiliteitskernen (zie Figuur 7-1)

Deze kritische elementen dienen uitgewerkt te worden rekening houdend met een buitengewone belasting van 34 kN/m² in overeenstemming met hfst. 3.3.(2)a. van NEN EN 1991-1-7. Deze denkbeeldige belasting dient in een willekeurige richting aan te grijpen op alle op het beschouwde element aansluitende elementen.



Figuur 7-1: Stabiliteitskernen dienen als sleutelement uitgewerkt te worden

7.2.2 Horizontale trekbanden

De horizontale trekbanden dienen nog nader te worden uitgewerkt. Hieronder worden deze trekbanden berekend om daarmee de minimale dimensies hiervan vast te stellen:

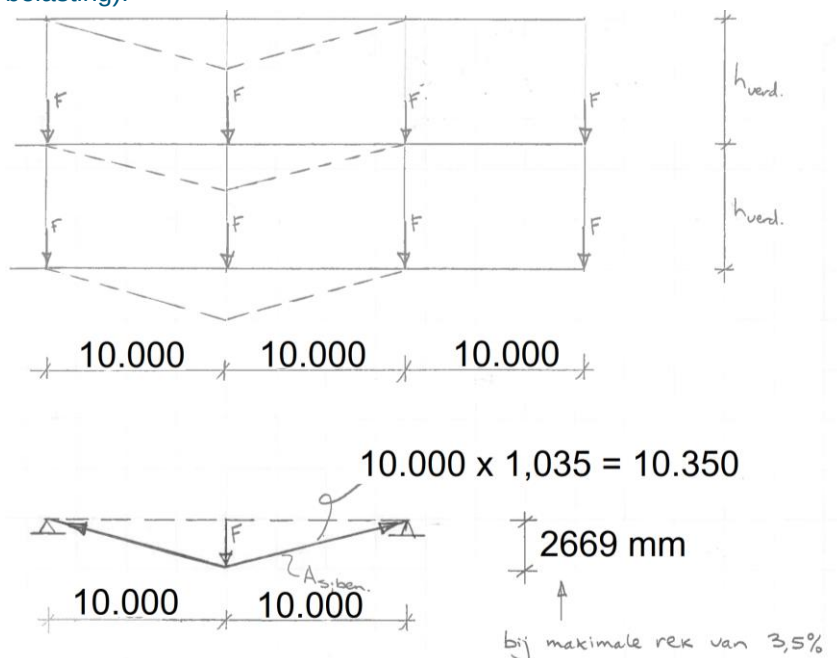
Maatgevende belastingen ten aanzien van de horizontale trekband:

	Omschrijving	p_G		tot	p_Q
		eg	rb		
Bijeenkomstruimten	Kanaalplaat d=320	4,30		kN/m ²	
	Druklaag d=70	1,70			
	Afwerking d=100		2,00		
	Plafond & leidingen		0,25		
	Lichte scheidingswanden en/of vloerafwerking				
	Veranderlijk				5,00
		6,00	2,25	8,25 kN/m ²	5,00 kN/m ²

De doorgaande stalen vloerliggers of betonbalken kunnen hierbij als trekband fungeren. Indien er delingen in de liggers voorkomen, dan dient de trekband volledig als bijlegwapening in de druklaag aangebracht te worden.

A) Trekbanden op basis van (vereenvoudigde) kettinglijn:

Onderstaand geeft het schema weer op basis waarvan de trekbanden op een vereenvoudigde wijze bepaald kunnen worden. Bij het bepalen van de trekkracht wordt uitgegaan van het optreden van een maximale rek van 3,5% voor het wapeningsstaal (voor FeB500 geldt een min. rek van 5,0% bij max. belasting).



$$F_{\text{vertc.}} = (G_k + \psi_1 Q_k) \cdot s \cdot L$$

$$= (8,3 + 0,4 \times 5,0) \cdot 10,0\text{m} \cdot 10,0\text{m} = 1030 \text{ kN}$$

$$N_{\text{trek}} = 1030 \cdot \frac{10.350}{2669} \cdot \frac{1}{2} = 1997 \text{ kN}$$

B) Trekbanden op basis van parabolische kettinglijn:

Meer nauwkeurig kunnen de trekbanden bepaald worden op basis van een parabolische kettinglijn. In combinatie met dezelfde maximale rek van 3,5% voor het wapeningsstaal, levert dit het volgende op:

$$q = (G_k + \psi_1 Q_k) \cdot s = (8,3 + 0,4 \cdot 5,0) \cdot 10,0 \text{ m} = 103 \text{ kN/m}$$

$$\text{Verlenging kabel} = \Delta = 20.000 \cdot 3,5\% = 700 \text{ mm}$$

$$\text{Zakking} = f = \sqrt{\frac{3}{8} \Delta \cdot l} = \sqrt{\frac{3}{8} \cdot 700 \cdot 20.000} = 2291 \text{ mm}$$

$$\text{Trekkracht} = H = \frac{q \cdot l^2}{8f} = \frac{103 \cdot 20^2}{8 \cdot 2,29} = 2248 \text{ kN}$$

Notities over kabels en bogen

Vaak is het ook handig om snel de relatie te zien tussen de *overlengte* Δ en *f*, de *pijl van de parabool*. Als de *f* klein is ten opzichte van de overspanning *l*, spreken we van strak gespannen kabels. Uit de expressie voor de lengte langs de kabel vinden we:

$$\Delta = L - l = \frac{q^2 l^3}{24H^2} \quad (7)$$

Halverwege de kabel moet tevens gelden:

$$H \cdot f = \frac{1}{8} q l^2$$

Hieruit volgt :

$$\Delta = \frac{8}{3} \frac{f^2}{l} \quad \text{of:} \quad f = \sqrt{\frac{3}{8} \Delta \cdot l} \quad (8)$$

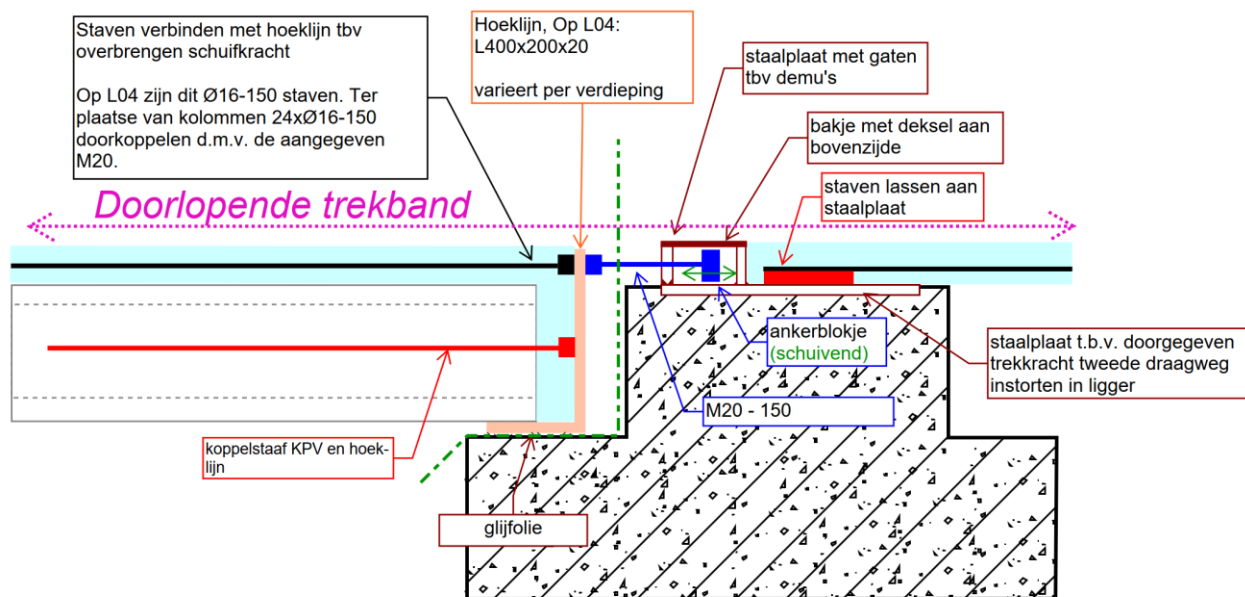
Dit zijn veelal handige formules om snel de lengte van de kabel te vertalen naar een maximale doorhang voor parabolische kabels.

De trekbanden zullen bepaald worden aan de hand van de parabolische kettinglijn (B). Hierbij dient vermeld te worden dat de trekband bepaald wordt op basis van de opnamen in één richting (te weten de balkrichting/radiaale assen). De (extra) capaciteit in de richting loodrecht hierop wordt in de beschouwing niet meegenomen. Als voorbeeld levert dit de volgende (typische) trekbanden op:

$$A_{s;\text{ben}} = 2248 \cdot 3 / 500 = 4496 \text{ mm}^2 \text{ (bijv. 24}\varnothing 16 \text{) (middenkolom)}$$

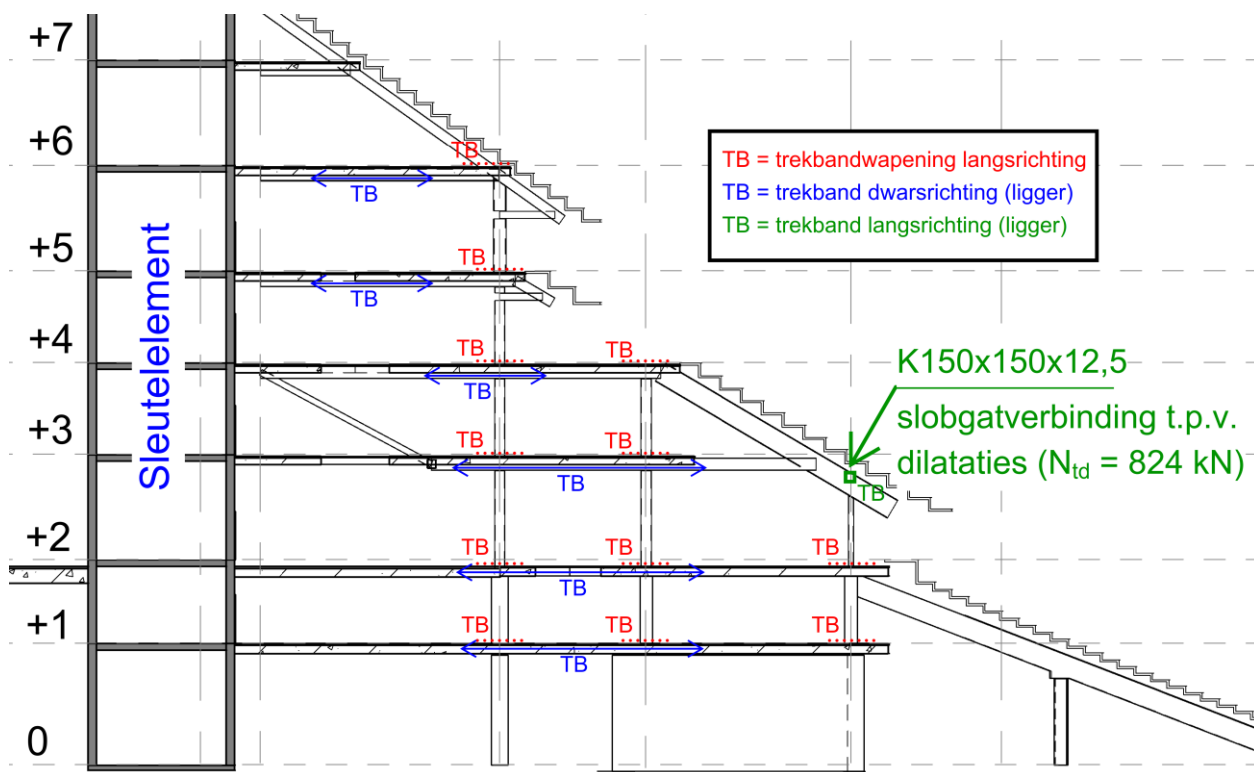
$$A_{s;\text{ben}} = 4496 / 2 = 2248 \text{ mm}^2 \text{ (bijv. 12}\varnothing 16 \text{) (randkolom)}$$

Om te voorkomen dat ter plaatse van de dilataties diverse sleutelementen noodzakelijk zijn (i.v.m. het creëren van hoekkolommen), dienen de horizontale trekbanden op een schuivende manier verankerd te worden (zie Figuur 7-2). In de normale situatie kan de vloer aan de linkerzijde horizontaal verplaatsen (op tekening naar links / rechts). De boutverbinding in blauw aangegeven kan hierbij schuiven. In geval van bezwijken van een kolom dient de trekband geactiveerd te worden. Door de extra vervorming van de vloer zal het ankerblok van de boutverbinding tegengehouden worden, zodat hiermee de trekband verankerd wordt.

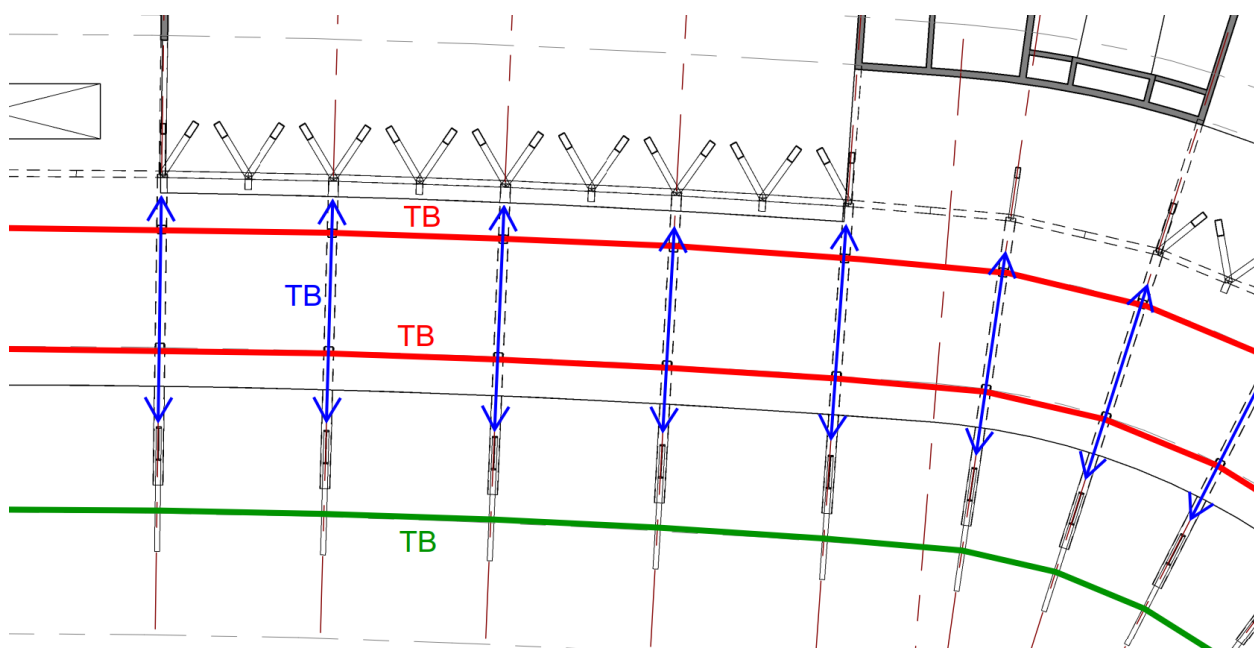


Figuur 7-2: Horizontale trekband ter plaatse van dilatatie

In Figuur 7-3 en Figuur 7-4 is in een verticale doorsnede een schematisch overzicht weergegeven met de trekbanden. Ter plaatse van level 03 ontbreekt aan de zijde van de tribune een deel van de vloer waardoor er geen trekbandwapening toegepast kan worden. In dit geval wordt een ligger (K150x12,5-S355; $N_{ud} = 0,355 \times 6707 = 2381 \text{ kN}$) in langsrichting voorzien die als trekband fungeert in geval van het wegvallen van de kolom.



Figuur 7-3: Dwarsdoorsnede met overzicht trekbanden



Figuur 7-4: Plattegrond (L03) met overzicht trekbanden

7.2.3 Verticale trekbanden

Conform NEN-EN1991-1-7 art. A.6 (1) & (2) dienen er verticale trekbanden voorzien te worden vanaf de fundering tot aan dak-niveau.

A.6 Verticale trekbanden

(1) Iedere kolom en wand behoort te zijn voorzien van een doorgaande trekband vanaf de fundering tot aan het dakniveau.

(2) In het geval van gebouwen met raamwerk (bijvoorbeeld staalconstructies of constructies van gewapend beton) behoren de kolommen en wanden die verticale belastingen dragen, de rekenwaarde van een buitengewone trekkracht te kunnen weerstaan die gelijk is aan de maximale rekenwaarde van de verticale reactie door permanente en veranderlijke belasting in de kolom door iedere willekeurige bouwlaag. Een dergelijke buitengewone belasting behoort niet gelijktijdig met de permanente en veranderlijke belastingen, die mogelijk op de constructie werken, te zijn aangenomen.

Voor de kracht van de verticale trekband dient gerekend te worden met: $(G_k + \psi_1 Q_k) \cdot s \cdot L$

$$\begin{aligned} T_v &= (8,3 + 0,4 \times 5,0) \cdot 10,0\text{m} \cdot 10,0\text{m} \\ &= 1030\text{kN} \end{aligned}$$

$$A_{s;\text{ben}} = 1030 / 0,500 = 2060\text{mm}^2$$

(bijv. 5Ø25 doorgaande kolomwapening of staal-staal koppeling met een ontwerptrekkracht van $N_{\text{ed}} = 1030\text{ kN}$).

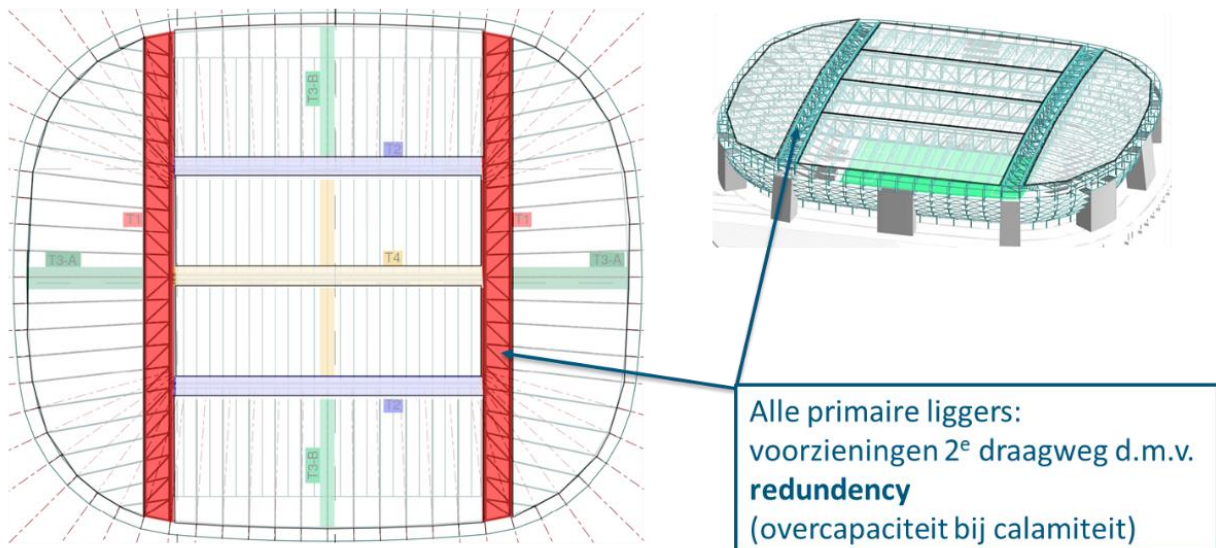
7.3 Specifieke onderdelen 2^e draagweg dakconstructie

Ten behoeve van de dakconstructie dienen een aantal voorzieningen getroffen te worden om hiermee te voorzien in een tweede draagweg. Onderstaand worden de uitgangspunten hiervan uiteengezet en globaal gecontroleerd of de profielafmetingen voldoen. In een latere fase (TO of UO-fase) dient dit verder uitgewerkt en berekend te worden.

7.3.1 Tweede draagweg primaire liggers

De primaire liggers, zie Figuur 7-5, zijn de belangrijkste spanten van het dak en dragen meer dan 75% van het gehele dakvlak. Deze box-vormige vakwerkspanten zijn dermate van belang dat een 2^e draagwegvoorziening noodzakelijk is. Doordat deze spanten dubbel worden uitgevoerd in de vorm van een 'box' ontstaat hierbij de mogelijkheid om in geval van calamiteit overcapaciteit te voorzien.

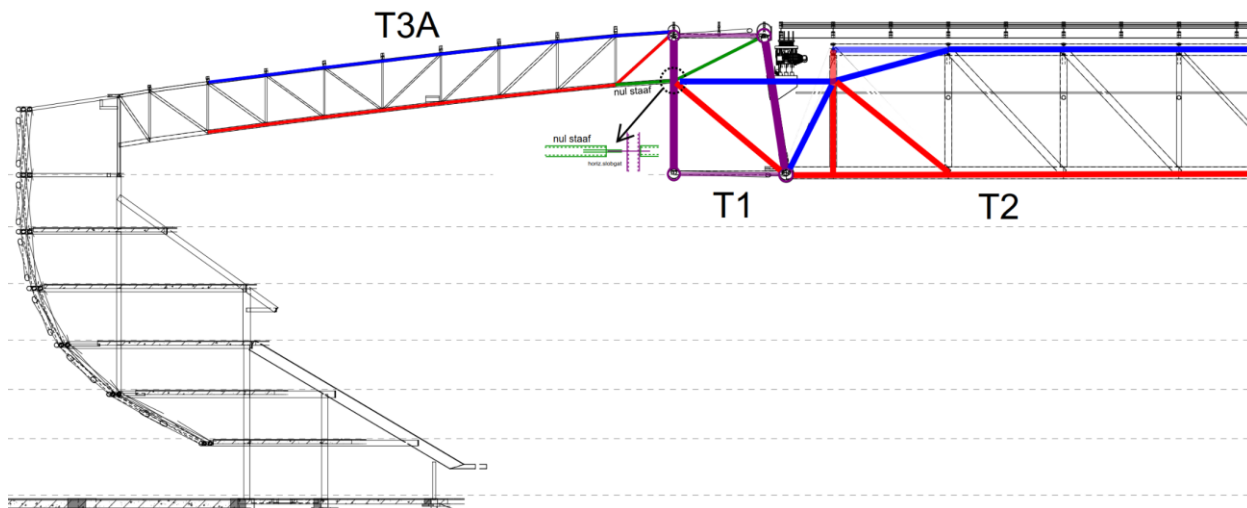
Primaire liggers (T1)



Figuur 7-5: Primaire liggers (box-vormige vakwerkspanten)

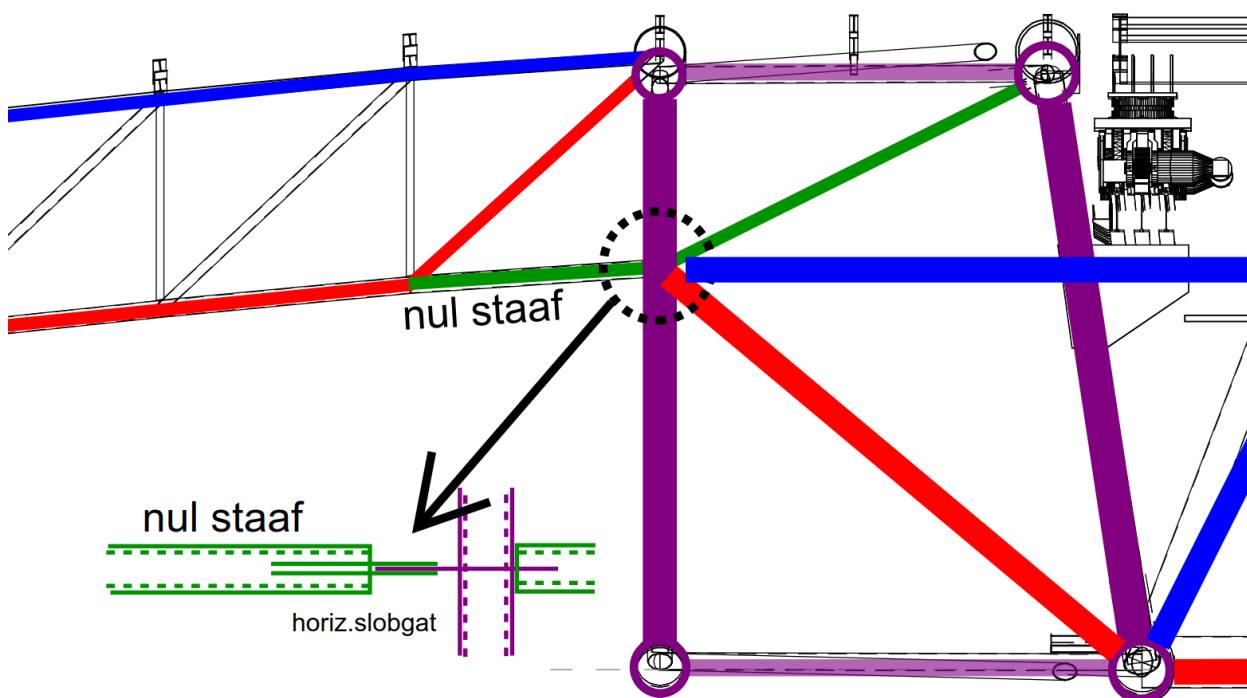
In Figuur 7-6 is een dwarsdoorsnede over deze hoofdspanten te zien in een normale situatie. De tertiare spanten vanaf de korte (T3A) die hierop afdragen zijn aan de onderzijde voorzien van een nul-staaf.

Primaire liggers (T1) - normale situatie



Figuur 7-6: Dwarsdoorsnede over de primaire liggers

Deze nul-staaf wordt voorzien van een horizontaal slobgat, zie Figuur 7-7, waardoor deze in de normale situatie niet werkt.



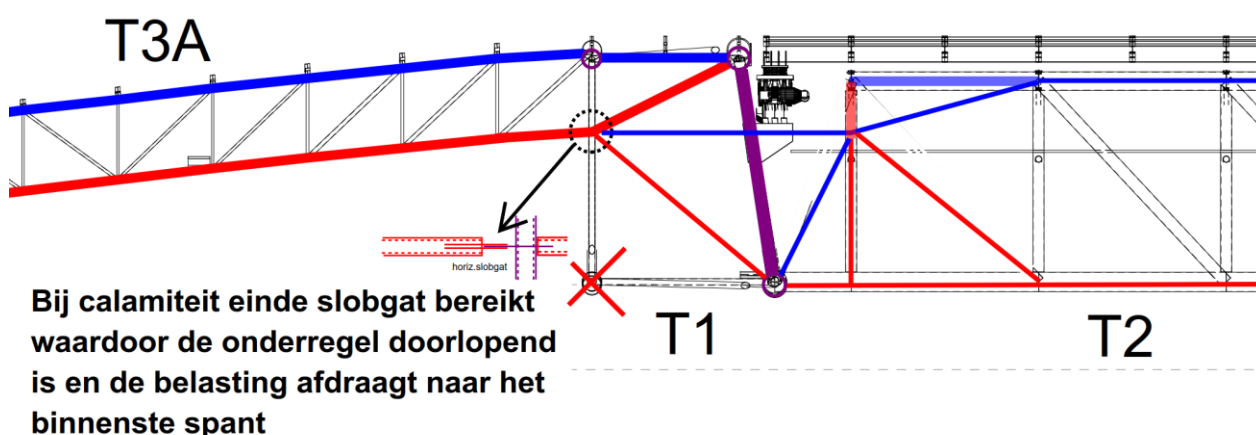
Figuur 7-7: Detail aansluiting nul staven met horizontaal slobgat

7.3.1.1 Primaire liggers – bezwijken buitenste spant

Uitgangspunten:

In geval van bezwijken van de buitenste vakwerkligger, zie Figuur 7-8, wordt door de toegenomen vervorming het einde van de slobgatverbinding bereikt. Hierdoor ontstaat de situatie waarbij de onderregel van het tertiaire spant feitelijk doorloopt tot aan het binnenste spant. De tertiaire spanten dragen hierdoor via 'verlengde oplegging' af naar de binnenste (intact gebleven) primaire spanten.

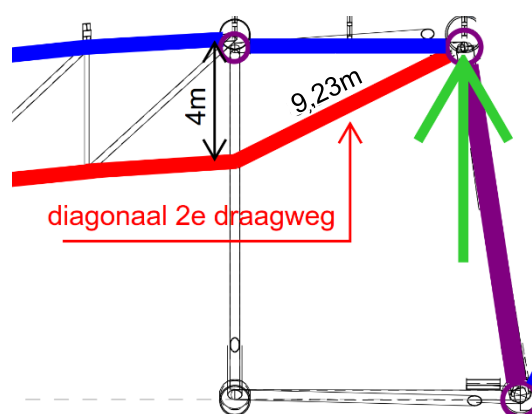
Primaire liggers (T1) - bezwijken buitenste spant



Figuur 7-8: Situatie met bezwijken buitenste primaire spant

Controle van de diagonaal voor 2^e draagweg, zie ook Figuur 7-9. Voor de situatie met de 2^e draagweg dient gerekend te worden met de permanent aanwezige belastingen, zoals ook aangegeven is in Figuur 7-10. Dit geeft globaal de volgende maatgevende kracht in de diagonaal:

$$\begin{aligned}
 p_{\text{rep};2^{\text{e}};\text{draagweg}} &= 1,0 \text{ (EG)} + 0,2 \text{ (SS)} + 0,15 \text{ (AF)} + 0,105 \text{ (SP)} \\
 &= 1,455 \rightarrow 1,5 \text{ kN/m}^2 \\
 R_{\text{rep}} &= 1,5 \times 10,2\text{m} \times \frac{1}{2} \times 60\text{m} = 459 \text{ kN} \\
 N_{\text{diagonaal}} &= 459 \times 9,23 / 4\text{m} = 1059 \text{ kN} \\
 \text{Profiel:} &\quad \text{Ø}323.9 \times 7.1 \\
 N_{\text{ud}} &= 7066 \times 0,460 = 3250 \text{ kN} < 1059 \text{ kN}; \text{voldoet.}
 \end{aligned}$$



Figuur 7-9: Diagonaal 2e draagweg

Globale overall controle:

In verband met de lichte rotatie van het binnenste primaire spant, zal de tweede draagweg bij bezwijken van het buitenste spant (globaal) nader bekeken worden door middel van het 3D SCIA model. Hierbij zijn de volgende gegevens toegepast:

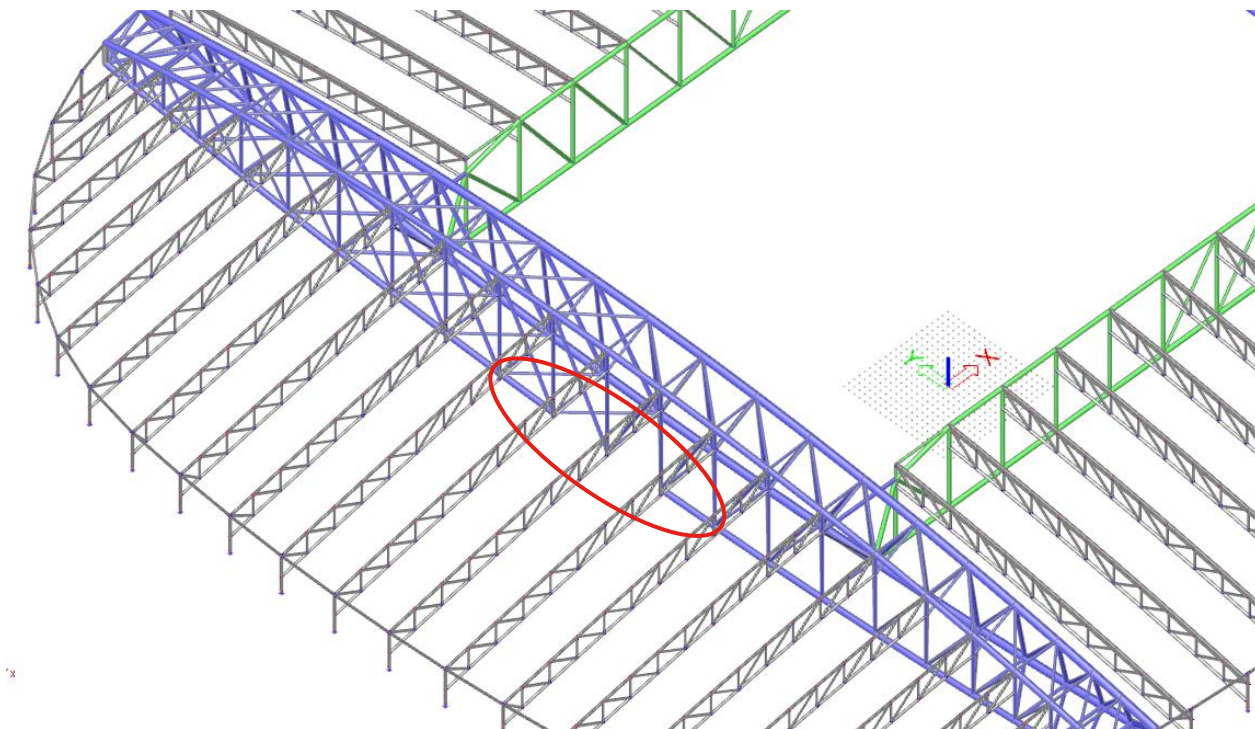
- Alle belastingsfactoren zijn gewijzigd naar 1,0
- Gerekend wordt met de enkel de normaal aanwezige belastingen. Geen rekening houdend met wind- of sneeuwbelasting: Wel rekening houdend met de maximale evenementenbelasting.

Nr.	Case nr.	Naam	Type	Omschrijving
01	BG01	SW	Permanent	Self Weight (eigen gewicht)
02	BG02	SS	Permanent	Secondary Steel – staal dat geen onderdeel uitmaakt van het model
03	BG03	AF	Permanent	Architectural Finishing – bouwkundige afwerking
04	BG04	SP	Semi-permanent	Solar panels – PV-cellen
05	BG05	EL	Semi-permanent	Event loads – evenementen belasting
06	BG06	SN	Variabel	Sneeuwbelasting
07	BG07-08	WI-1/2	Variabel	Windbelasting (opwaarts = neg., neerwaarts = pos.)
08	BG09-10	IP-1/2	Variabel	Interne druk (overdruk = neg., onderdruk = pos.)

Figuur 7-10: Belastingsgevallen voor situatie 2e draagweg

- Er worden twee belastingcombinaties doorgerekend, te weten de geopende en gesloten situatie van het dak.
- Zowel een situatie (1) met het ontbreken een staaf van de onderregel in het midden van de overspanning als een situatie (2) met een ontbrekende diagonaal ter plaatse van de oplegging.

De situatie (1) wordt bekeken waarbij twee staven van onderregel van het buitenste spant in het midden van de overspanning zijn verwijderd, zie Figuur 7-11.

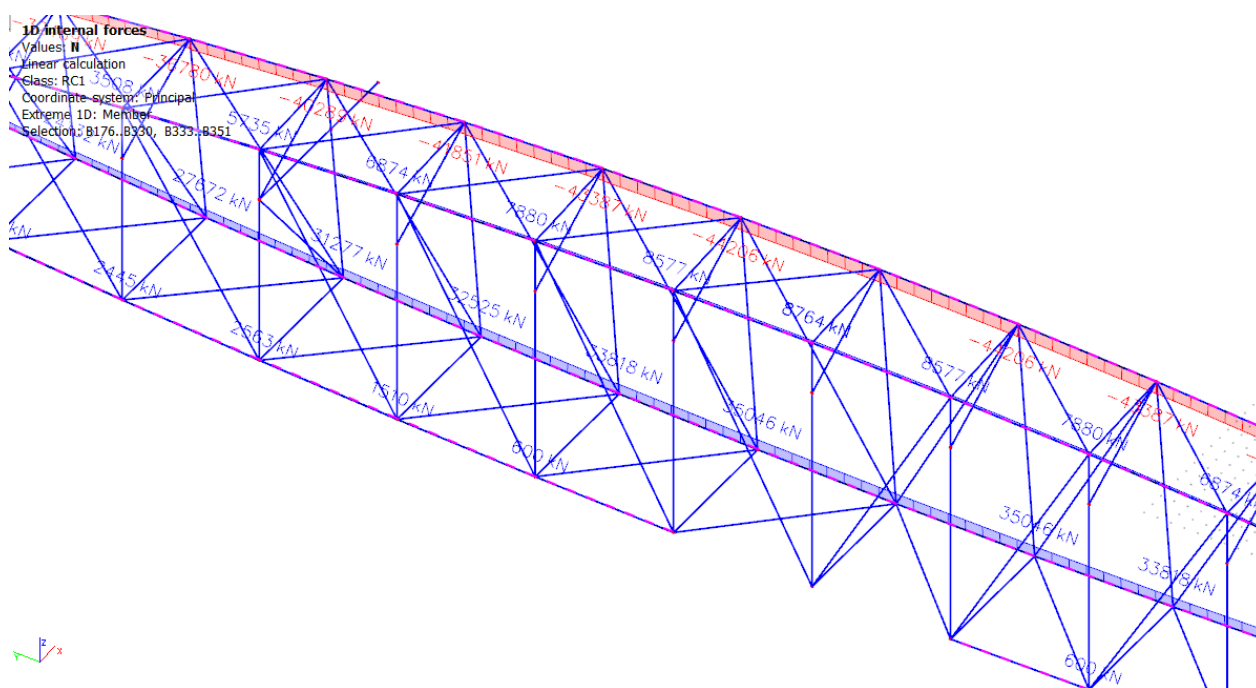


Figuur 7-11: Situatie 2^e draagweg met verwijderde staven in het midden van het buitenste spant

1D internal forces
 Values: N
 Linear calculation
 Class: RC1
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Member
 Selection: B31, B32, B600..B602,
 B1914, B1922, B1930, B2051, B2053,
 B2055, B2254, B2262, B2270, B2391,
 B2393, B2395

3173 kN
 2816 kN
 3173 kN
 2548 kN
 2700 kN
 -2604 kN
 -2522 kN
 -2604 kN
 -2246 kN
 -2292 kN
 -2288 kN
 -2432 kN
 -2548 kN
 -2604 kN
 -2522 kN

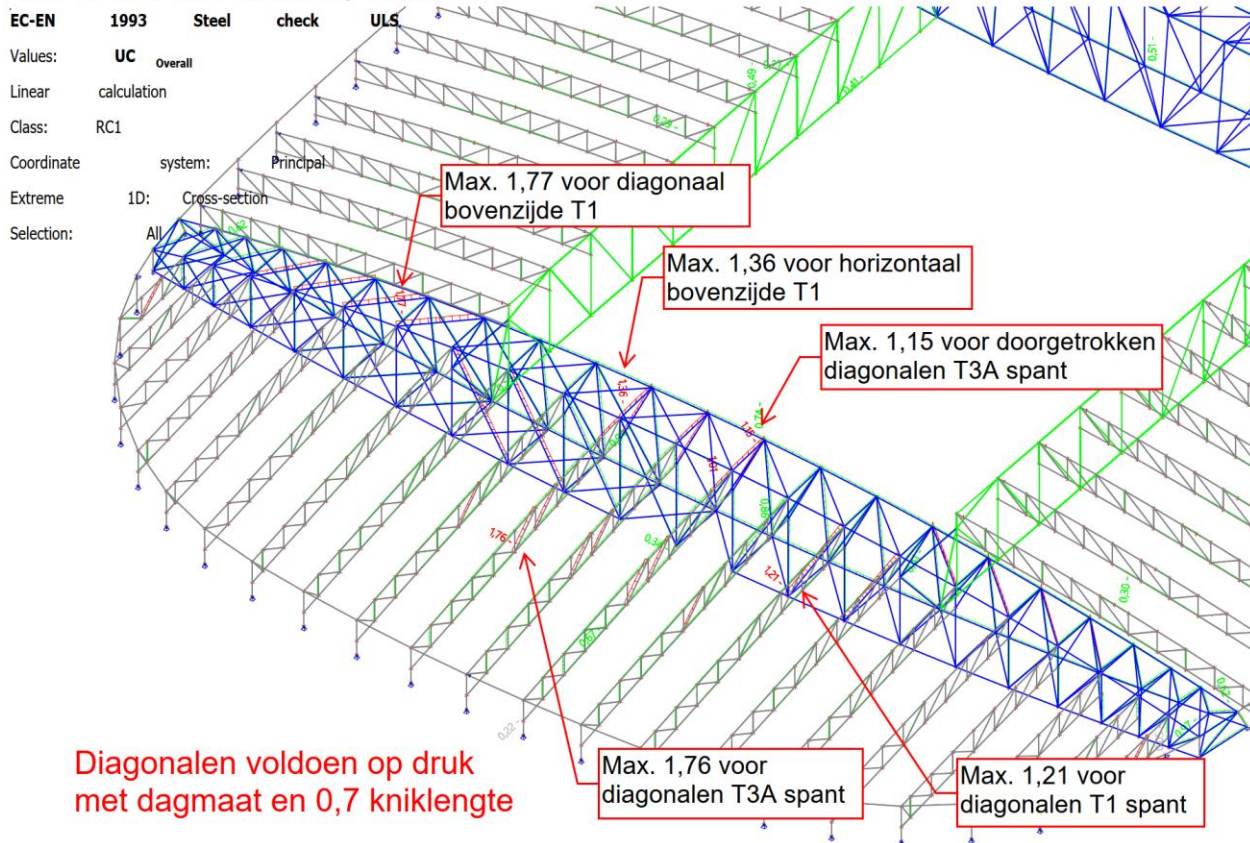
Voor de maintruss zijn de normaalkrachten voor deze 2^e draagweg situatie in Figuur 7-13 weergegeven. Hieruit blijkt dat vrijwel alle belastingen inderdaad naar het binnenste spant gaan met een normaalkracht van ca. +35/-45 MN.



23

Onderstaand zijn de overall resultaten weergegeven met daarbij alle unity checks. Tevens zijn in het kort daarbij enkele onderbouwingen aangeduid voor posities met een overschrijding. Hieronder zullen deze in detail doorgenomen worden.

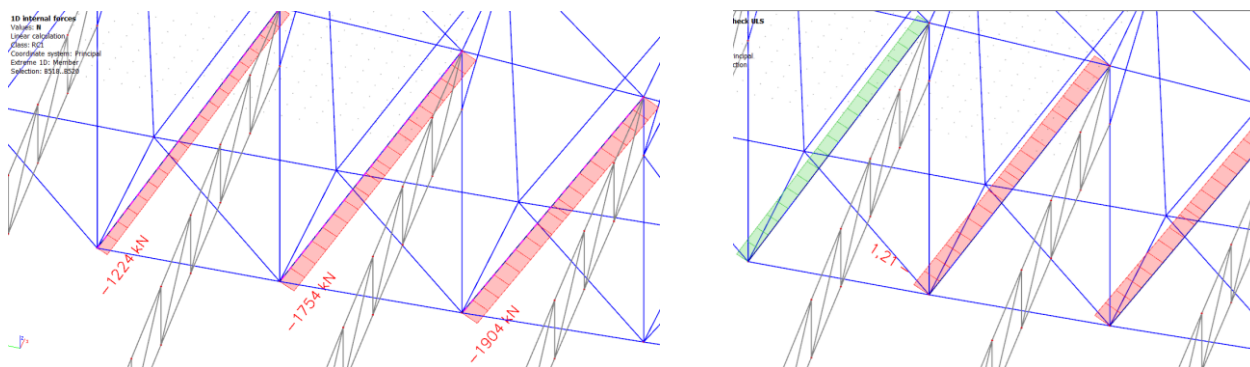
1. EC-EN 1993 Steel check ULS; Overall check



Figuur 7-14: Overzicht UC voor situatie 2^e draagweg met verwijderde staven in het midden van het buitenste spant

Voor de diagonalen treedt in SCIA een UC op van 1,21 waarbij in dit geval gerekend wordt met $0,9 \times$ de staaf lengte tot aan het hart van de onder- en bovenregel (Ø914) van het spant. Er kan echter voor deze situatie gerekend worden met een dagmaat van het profiel met daarbij een inklemming op de uiteinden:

$$L_{\text{knik}} = (21\text{m} - 0,914) \times 0,7 = 14,0 \text{ m}$$



Figuur 7-15: (links) Drukkrachten in de diagonalen en (rechts) de Unity checks

Uit onderstaande TS-berekening blijkt dat het profiel hierbij voldoet:

Technosoft Construct release 6.03a

18 apr 2020

Datum : 08/04/2020
 Eenheden : kN/m/rad
 Bestand : C:\Users\150026\Box\BF3499 Feyenoord\BF3499
 Feyenoord Team\BF3499 Technical Data - WIP\03 WIP
 Structural\Tweede draagweg\Post_DO\Checks wegvallen
 T1 midden.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011(nl)
Staal	NEN-EN 1993-1-1:2006	C2:2009	NB:2011(nl)

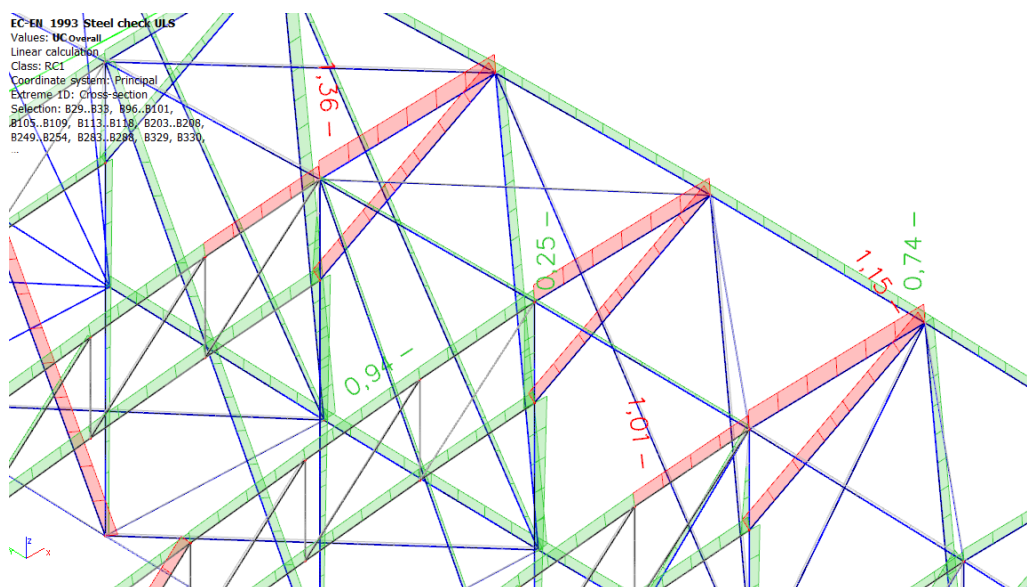
Diagonaal buitenspanst

Profielnaam : B457/10
 Doorsnedeklasse : 2 Rekenwaarde: 3
 Moment begin [kNm] : 0.00
 Moment midden [kNm] : 0.00
 Vloeispanning [N/mm²] : 460 Moment eind [kNm] : 0.00
 Omega-kip : 0.350 Normaalkracht [kN] : -1754.00
 L-systeem [m] : 14.00 Aanpend.belasting [kN] : -1754.00
 Kniklengte in het vlak : 14.00 Belastingfactor : 1.00
 Kniklengte uit het vlak : 14.00
 Algemeen:
 in het vlak (sterke as) Geschoord
 uit het vlak (zwakke as) Geschoord

Resultaten

Toegepast artikel : 6.3.1.1 Omega-buc/e* : 0.493
 Unity-check y-as : 0.551 Unity-check z-as : 0.551

In het SCIA-model is een overschrijding te zien met een factor 1,15 van de diagonalen vanuit de T3 spanen, zoals te zien is in Figuur 7-16. Daarnaast een overschrijding met een factor 1,36 van een horizontale (dwars)staaf van T1.



Figuur 7-16: UC van de diagonalen T3 spanen

In Figuur 7-17 is de staaltoets van de diagonaal opgenomen.

Member B0600	0,000 / 9,226 m	R0323.9X7.1	S460	RC1	1,15 -
--------------	-----------------	-------------	------	-----	--------

Combination key	
RC1 / Secudairy steel + Event load + Self weight - roof open + Architectural finishing - roof open + Solar panels - roof open + Event load - roof open + Self weight + Solar panels + Architectural finishing	

Partial safety factors	
Y _{M0} for resistance of cross-sections	1,00
Y _{M1} for resistance to instability	1,00
Y _{M2} for resistance of net sections	1,25

Material	
Yield strength f _y	460,0 MPa
Ultimate strength f _u	540,0 MPa
Fabrication	Rolled

....SECTION CHECK:....

The critical check is on position 0,000 m

Internal forces	Calculated	Unit
N _{Ed}	3173	kN
V _{y,Ed}	0	kN
V _{z,Ed}	2	kN
T _{Ed}	0	kNm
M _{y,Ed}	0	kNm
M _{z,Ed}	0	kNm

Tension check

According to EN 1993-1-1 article 6.2.3 and formula (6.5)

A	7,0700e-03	m ²
N _{pl,Rd}	3252	kN
N _{u,Rd}	2749	kN
N _{t,Rd}	2749	kN
Unity check	1,15	-

Shear check for V_z

According to EN 1993-1-1 article 6.2.6 and formula (6.17)

n	1,20
A _v	4,5009e-03 m ²
V _{pl,z,Rd}	1195 kN
Unity check	0,00 -

EC-EN 1993 Steel check ULS, Ulinear calculation, Class: RC1, Coordinate

Moment: 0,00 kNm, N: 3173 kN, V: 0 kN, T: 0 kNm

1D Internal forces

1D Internal forces

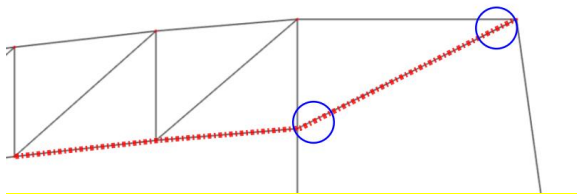
The member does NOT satisfy the section check

Figuur 7-17: Staaltoets diagonaal

Voor de controle van de diagonaal is er door SCIA een reductie toegepast, echter op trek is maximaal opneembaar:

$$F_{u,d} = 7070\text{mm}^2 \times 0,460 = 3252 \text{ kN} > 3173 \text{ kN} \rightarrow \text{diagonaal voldoet}$$

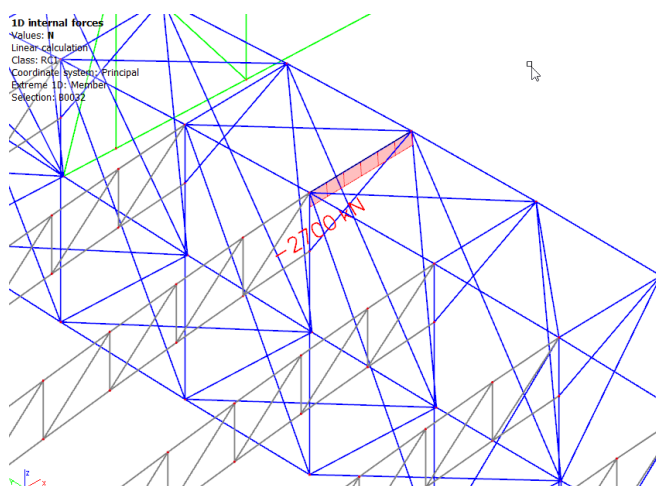
Van belang bij de uitwerking van de verbindingen is dat de krachtswerking vanuit de 2^e draagweg-situatie opgenomen dient te worden. Onder andere dient bij de uitwerking van de aansluitingen van de T3-diagonalen binnen de boxligger gerekend te worden met de volwaardige doorkoppeling van de profielen (zie Figuur 7-18). Dit dient in een latere fase verder uitgewerkt te worden.



Figuur 7-18: Aansluiting diagonaal T3 binnen boxligger

Voor de horizontale (dwars)staaf aan de bovenzijde van T1 met een overschrijding van 1,36 geldt een normaaldrukkracht van 2700 kN. Er kan voor deze situatie gerekend worden met een dagmaat van het profiel met daarbij een inklemming op de uiteinden:

$$L_{\text{knik}} = (8,06\text{m} - 0,5 \times 0,914 - 0,5 \times 1,22) \times 0,7 = 4,9 \text{ m}$$



Figuur 7-19: Krachten horizontaal bovenzijde T1 voor situatie 2^e draagweg met verwijderde staven in het midden van het buitenste spant

Uit onderstaande TS-berekening blijkt dat het profiel hierbij voldoet:

Technosoft Construct release 6.03a

19 apr 2020

Datum : 08/04/2020
 Eenheden : kN/m/rad
 Bestand : C:\Users\150026\Box\BF3499 Feyenoord\BF3499
 Feyenoord Team\BF3499 Technical Data - WIP\03 WIP
 Structural\Tweede draagweg\Post_DO\Checks wegvallen
 T1 midden.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011 (nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011 (nl)
Staal	NEN-EN 1993-1-1:2006	C2:2009	NB:2011 (nl)

Horizontaal bovenregel T1

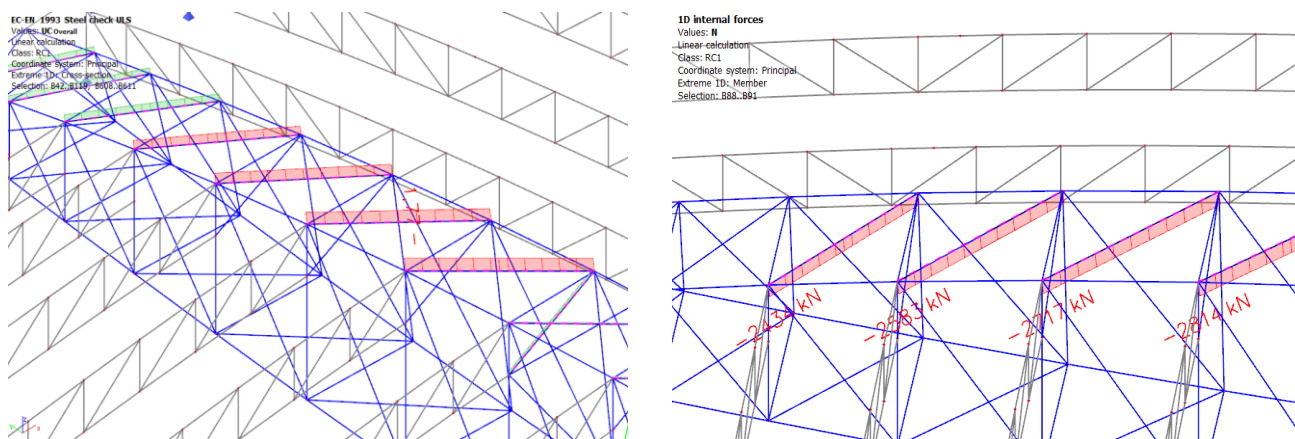
Profielnaam	: B323.9/8		
Doorsnedeklasse	: 2 Rekenwaarde: 3		
	Moment begin	[kNm]	: 0.00
Gewalst/gelast (1/2)	1	Moment midden	[kNm] : 0.00
Vloei spanning [N/mm ²]	460	Moment eind	[kNm] : 0.00
Omega-kip	0.350	Normaalkracht	[kN] : -2700.00
L-systeem [m]	4.90	Aanpend.belasting	[kN] : -2700.00
Kniklengte in het vlak	4.90	Belastingfactor	: 1.00
Kniklengte uit het vlak	4.90		
Algemeen:			
in het vlak (sterke as)	Geschoord		
uit het vlak (zwakke as)	Geschoord		

Resultaten

Toegepast artikel	: 6.3.1.1 Omega-buc/e*	:	0.912
Unity-check y-as	: 0.811	Unity-check z-as	: 0.811

De diagonalen ter plaatse van het bovenvlak van T1 hebben een maximale overschrijding van 1,77. Er kan voor deze situatie gerekend worden met een dagmaat van het profiel met daarbij een inklemming op de uiteinden:

$$L_{\text{knik}} = (13,0\text{m} - 0,5 \times 0,914 - 0,5 \times 1,22) \times 0,7 = 8,4 \text{ m}$$



Figuur 7-20: (links) UC en (rechts) krachten van de diagonaal t.p.v. bovenzijde T1 voor situatie 2° draagweg met verwijderde staven in het midden van het buitenste spant

Uit onderstaande TS-berekening blijkt dat het profiel hierbij voldoet:

Technosoft Construct release 6.03a

19 apr 2020

Datum : 08/04/2020
 Eenheden : kN/m/rad
 Bestand : C:\Users\150026\Box\BF3499 Feyenoord\BF3499
 Feyenoord Team\BF3499 Technical Data - WIP\03 WIP
 Structural\Tweede draagweg\Post_DO\Checks wegvallen
 T1 midden.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011 (nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011 (nl)
Staal	NEN-EN 1993-1-1:2006	C2:2009	NB:2011 (nl)

Horizontale diagonaal

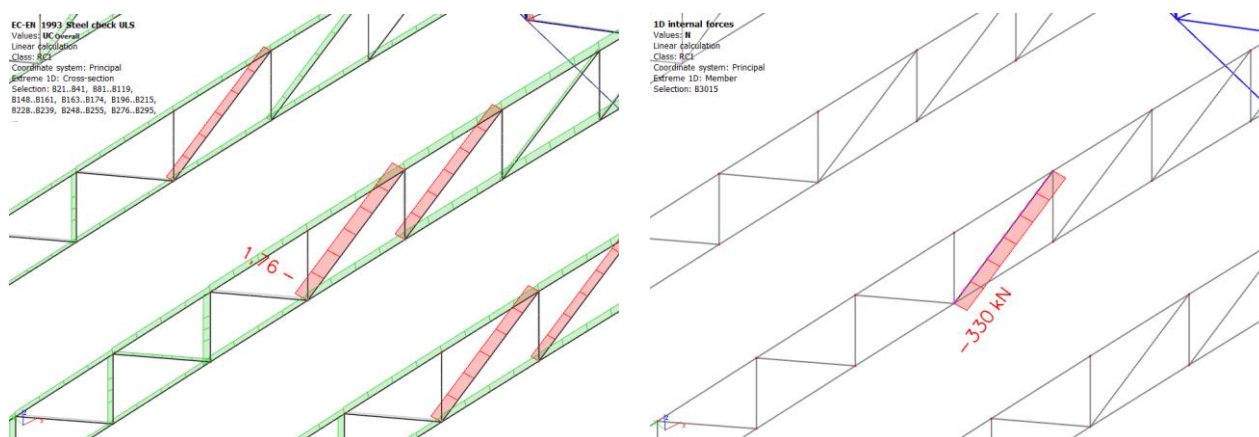
Profielnaam	: B323.9/12.5		
Doorsnedeklasse	: 2	Moment begin [kNm]	: 0.00
Gewalst/gelast (1/2)	: 1	Moment midden [kNm]	: 0.00
Vloeijspanning [N/mm ²]	: 460	Moment eind [kNm]	: 0.00
Omega-kip	: 0.350	Normaalkracht [kN]	: -2814.00
L-systeem [m]	: 8.40	Aanpend.belasting [kN]	: -2814.00
Kniklengte in het vlak	: 8.40	Belastingfactor	: 1.00
Kniklengte uit het vlak	: 8.40		
Algemeen:			
in het vlak (sterke as)	Geschoord		
uit het vlak (zwakke as)	Geschoord		

Resultaten

Toegepast artikel	: 6.3.1.1 Omega-buc/e*	:	0.621
Unity-check y-as	: 0.806 Unity-check z-as	:	0.806

Enkele diagonalen van de T3A spanten hebben een overschrijding tot maximaal een factor 1,76. Er kan voor deze situatie gerekend worden met een dagmaat van het profiel met daarbij een inklemming op de uiteinden:

$$L_{\text{knik}} = (7,2\text{m} - 0,5 \times 0,26 - 0,5 \times 0,32) \times 0,7 = 4,8 \text{ m}$$



Figuur 7-21: (links) UC en (rechts) krachten diagonalen T3 voor situatie 2e draagweg met verwijderde staven in het midden van het buitenste spant

Uit onderstaande TS-berekening blijkt dat het profiel hierbij voldoet:

Technosoft Construct release 6.03a

19 apr 2020

Datum : 08/04/2020
 Eenheden : kN/m/rad
 Bestand : C:\Users\150026\Box\BF3499 Feyenoord\BF3499
 Feyenoord Team\BF3499 Technical Data - WIP\03 WIP
 Structural\Tweede draagweg\Post_DO\Checks wegvallen
 T1 midden.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011 (nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011 (nl)
Staal	NEN-EN 1993-1-1:2006	C2:2009	NB:2011 (nl)

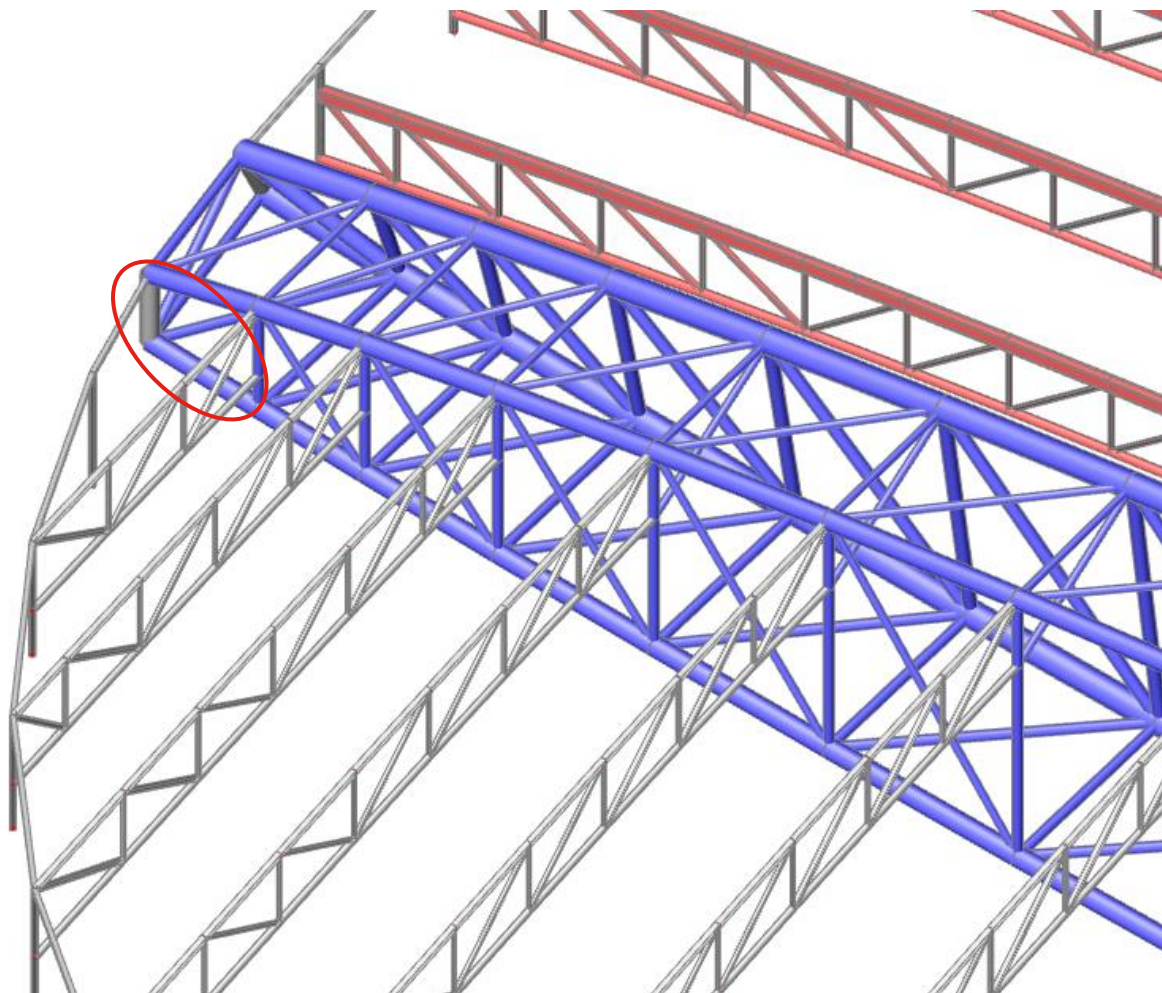
Diagonaal T3A

Profielnaam : HEA160
 Doorsnedeklasse : 2 Moment begin [kNm] : 0.00
 Gewalst/gelast (1/2) : 1 Moment midden [kNm] : 0.00
 Vloeijspanning [N/mm²] : 460 Moment eind [kNm] : 0.00
 Omega-kip : 0.350 Normalkracht [kN] : -330.00
 L-systeem [m] : 4.80 Aanpend.belasting [kN] : -330.00
 Kniklengte in het vlak : 4.80 Belastingfactor : 1.00
 Kniklengte uit het vlak : 4.80
 Algemeen:
 in het vlak (sterke as) Geschoord
 uit het vlak (zwakke as) Geschoord

Resultaten

Toegepast artikel : 6.3.1.1 Omega-buc/e* : 0.604
 Unity-check y-as : 0.306 Unity-check z-as : 0.681

De situatie (2) wordt bekeken waarbij een diagonaal van het buitenste spant ter plaatse van de oplegging verwijderd wordt, zie Figuur 7-26.

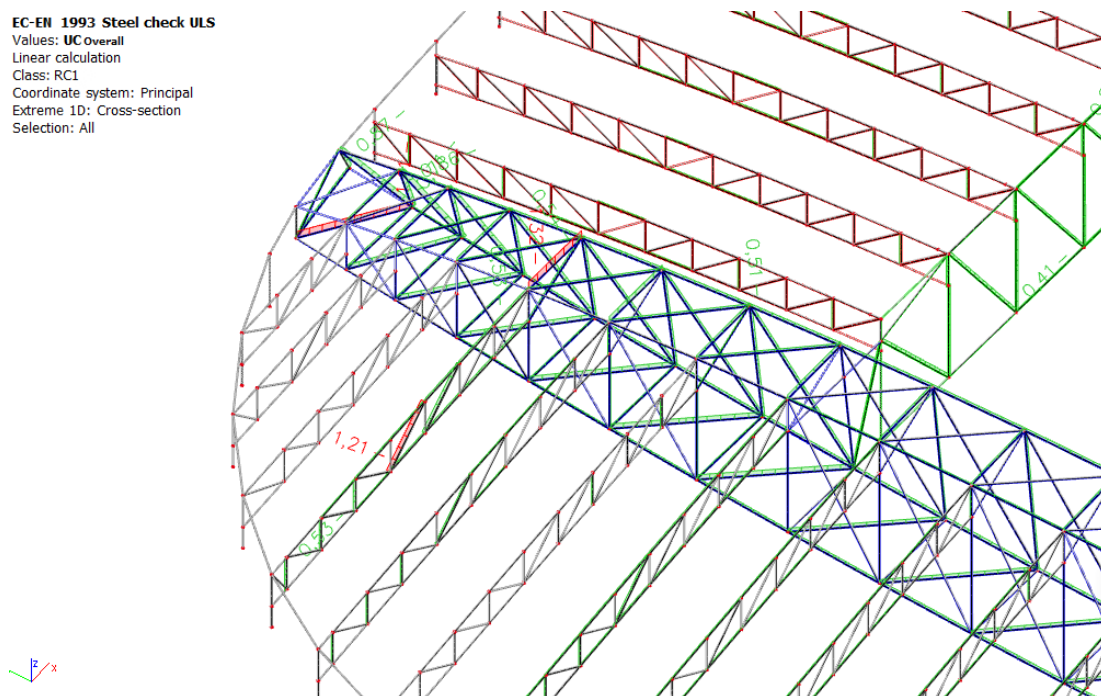


Figuur 7-22: Situatie 2^e draagweg met verwijderde diagonaal van het buitenste spant ter plaatse van de oplegging.

Onderstaand zijn de overall resultaten weergegeven met daarbij alle unity checks.

EC-EN 1993 Steel check ULS

Values: UC Overall
Linear calculation
Class: RC1
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: All



Figuur 7-23: Unity checks voor situatie 2^e draagweg met verwijderde diagonaal buitenste spant t.p.v. oplegging

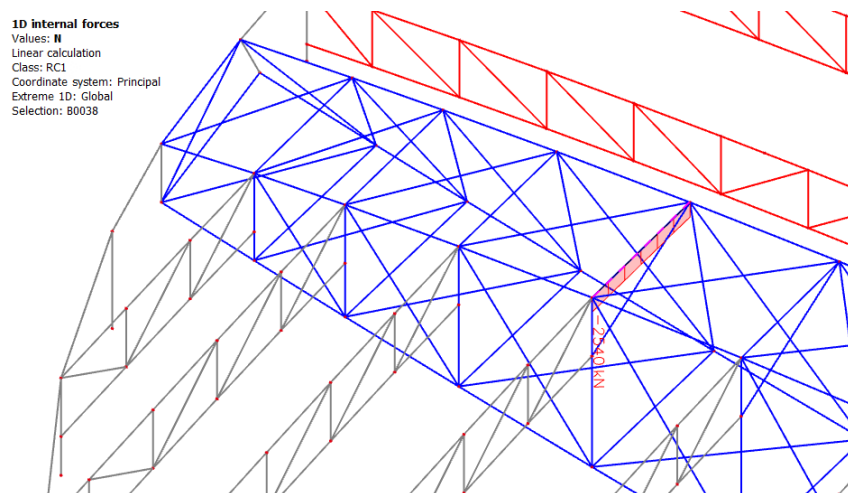
Voor deze situatie zijn er slechts drie staven met een overschrijding. Voor de diagonalen van T3A treedt een maximale UC op van 1,21. Deze is niet maatgevend ten opzichte van de eerder benoemde situatie (1) met een UC van het profiel van 1,76.

Voor de horizontaal aan de bovenzijde treedt in SCIA een UC op van 1,32. Er kan voor deze situatie gerekend worden met een dagmaat van het profiel met daarbij een inklemming op de uiteinden:

$$L_{\text{knik}} = (8,0\text{m} - 0,5 \times 0,914 - 0,5 \times 1,22) \times 0,7 = 4,9 \text{ m}$$

1D Internal forces

Values: N
Linear calculation
Class: RC1
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Global
Selection: B0038



Figuur 7-24: Krachten in horizontaal bovenzijde T1 voor situatie 2^e draagweg met verwijderde diagonaal buitenste spant t.p.v. oplegging

Uit onderstaande TS-berekening blijkt dat het profiel hierbij voldoet:

Technosoft Construct release 6.03a

20 apr 2020

Datum : 08/04/2020
Eenheden : kN/m/rad
Bestand : C:\Users\150026\Box\BF3499 Feyenoord\BF3499
Feyenoord Team\BF3499 Technical Data - WIP\03 WIP
Structural\Tweede draagweg\Post_DO\Checks wegvallen
T1 eind.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011(nl)
Staal	NEN-EN 1993-1-1:2006	C2:2009	NB:2011(nl)

Knikstabiliteit. (S)

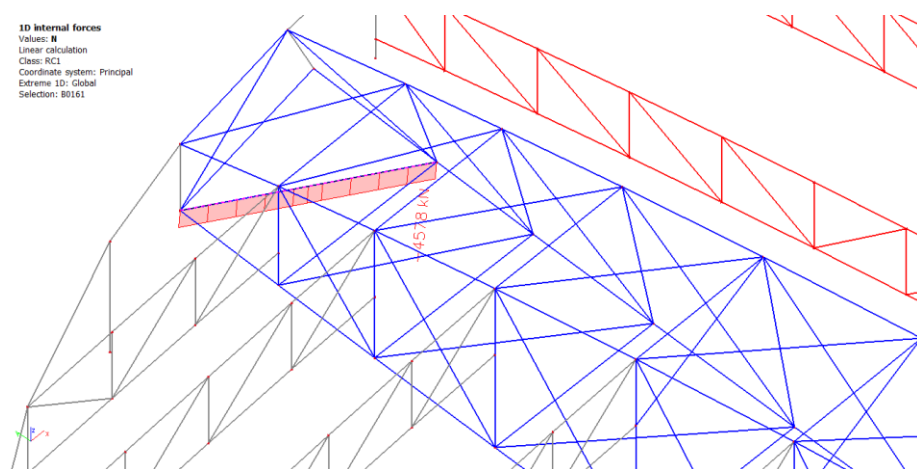
Profielnaam : B323.9/8
Doorsnedeklasse : 2 Rekenwaarde: 3
Moment begin [kNm] : 0.00
Gewalst/gelast (1/2) : 1 Moment midden [kNm] : 0.00
Vloeijspanning [N/mm2] : 460 Moment eind [kNm] : 0.00
Omega-kip : 1.000 Normalkracht [kN] : -2540.00
L-systeem [m] : 4.90 Aanpend.belasting [kN] : -2540.00
Kniklengte in het vlak : 4.90 Belastingfactor : 1.00
Kniklengte uit het vlak : 4.90
Algemeen:
in het vlak (sterke as) Geschoord
uit het vlak (zwakke as) Geschoord

Resultaten

Toegepast artikel : 6.3.1.1 Omega-buc/e* : 0.912
Unity-check y-as : 0.763 Unity-check z-as : 0.763

Voor de diagonaal aan de onderzijde van T1 treedt in SCIA een UC op van 1,11. Er kan voor deze situatie gerekend worden met een dagmaat van het profiel met daarbij een inklemming op de uiteinden:

$$L_{\text{knik}} = (11,5\text{m} - 0,5 \times 0,914 - 0,5 \times 1,22) \times 0,7 = 7,3 \text{ m}$$



Figuur 7-25: Krachten in diagonaal onderzijde T1 voor situatie 2e draagweg met verwijderde diagonaal buitenste spant t.p.v. oplegging

Uit onderstaande TS-berekening blijkt dat het profiel hierbij voldoet:

Technosoft Construct release 6.03a

23 apr 2020

Datum : 08/04/2020
 Eenheden : kN/m/rad
 Bestand : C:\Users\150026\Box\BF3499 Feyenoord\BF3499
 Feyenoord Team\BF3499 Technical Data - WIP\03 WIP
 Structural\Tweede draagweg\Post_DO\Checks wegvallen
 T1 eind.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011 (nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011 (nl)
Staal	NEN-EN 1993-1-1:2006	C2:2009	NB:2011 (nl)

Diagonaal onderzijde T1

Profielnaam : B457/10
 Doorsnedeklasse : 2 Rekenwaarde: 3

Gewalst/gelast (1/2)	: 1	Moment begin [kNm]	: 0.00
Vloeispanning [N/mm ²]	: 460	Moment midden [kNm]	: 0.00
Omega-kip	: 1.000	Moment eind [kNm]	: 0.00
L-systeem [m]	: 7.30	Normaalkracht [kN]	: -4578.00
Kniklengte in het vlak	: 7.30	Aanpend.belasting [kN]	: -4578.00
Kniklengte uit het vlak	: 7.30	Belastingfactor	: 1.00

Algemeen:
 in het vlak (sterke as) Geschoord
 uit het vlak (zwakke as) Geschoord

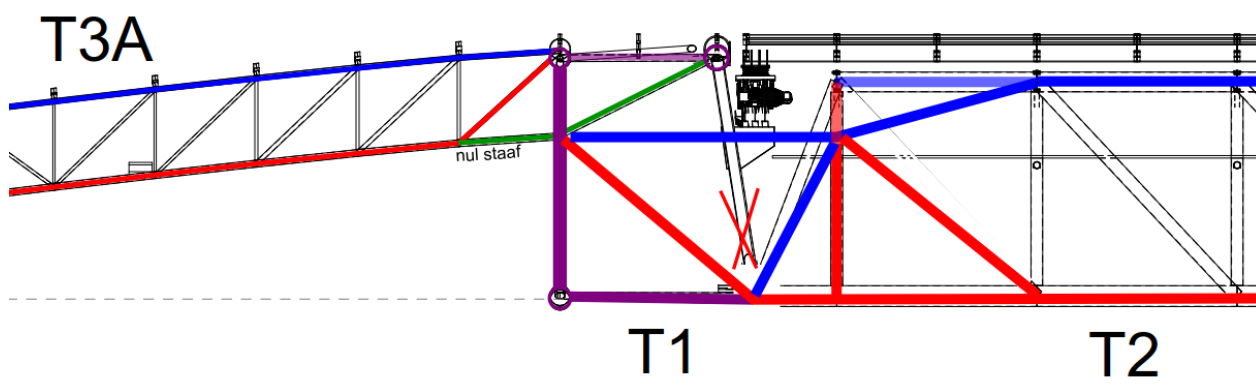
Resultaten

Toegepast artikel	: 6.3.1.1 Omega-buc/e*	:	0.900
Unity-check y-as	: 0.787	Unity-check z-as	: 0.787

7.3.1.2 Primaire liggers – bezwijken binnenste spant

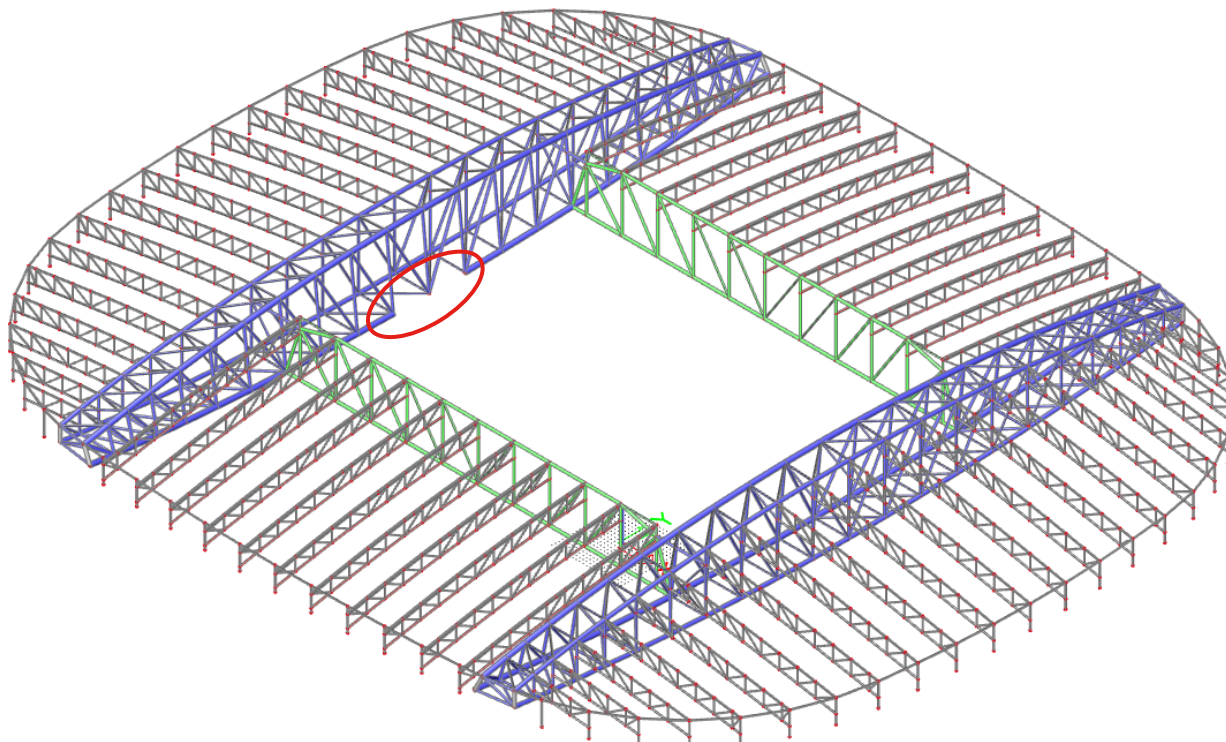
In geval van bezwijken van het binnenste primaire spant, zie Figuur 7-26, dient de belasting vanuit het secundaire spant (T2) via 'verlengde oplegging' afgedragen te worden naar de buitenste primaire spanten.

Primaire liggers (T1) - bezwijken binnenste spant



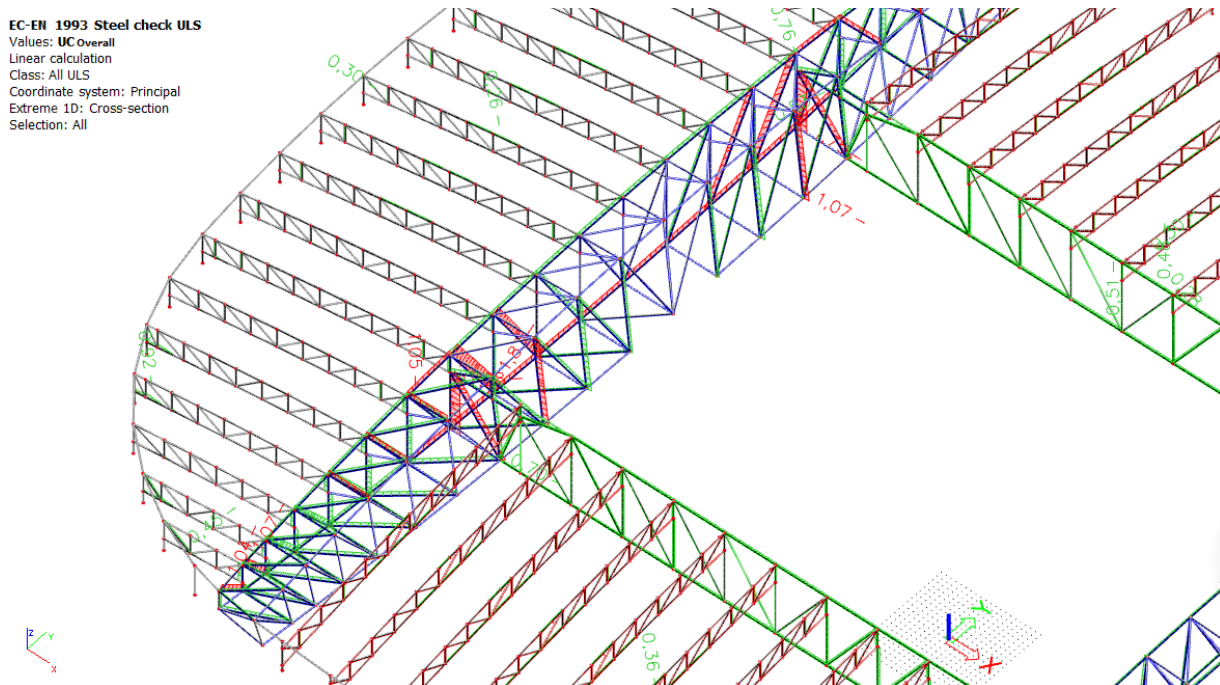
Figuur 7-26: Situatie met bezwijken binnenste primaire spant

Door middel van een SCIA model is de krachtsafdracht vanuit het secundaire spant naar het buitenste spant van de maintruss beoordeeld. In Figuur 7-27 is het model zichtbaar waarbij twee staven van de onderregel van het binnenste spant zijn weggenomen. Hierbij zijn dezelfde basisuitgangspunten gehanteerd als onder 7.3.1.1 vermeld zijn.



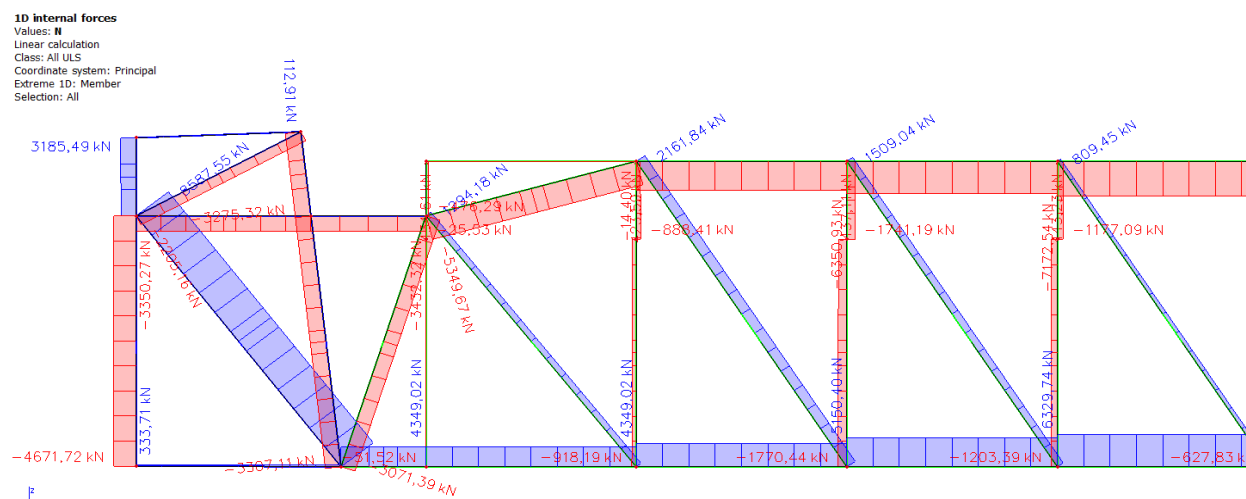
Figuur 7-27: SCIA model ten behoeve van krachtsafdracht secundair spant – staven ter plaatse van onderregel verwijderd

Onderstaand zijn de overall resultaten weergegeven met daarbij alle unity checks. Onderstaand zullen de verschillende locaties met overschrijdingen beoordeeld worden.



Figuur 7-28: Overzicht met UC voor situatie 2e draagweg met verwijderde horizontaal t.p.v. midden buitenste spant

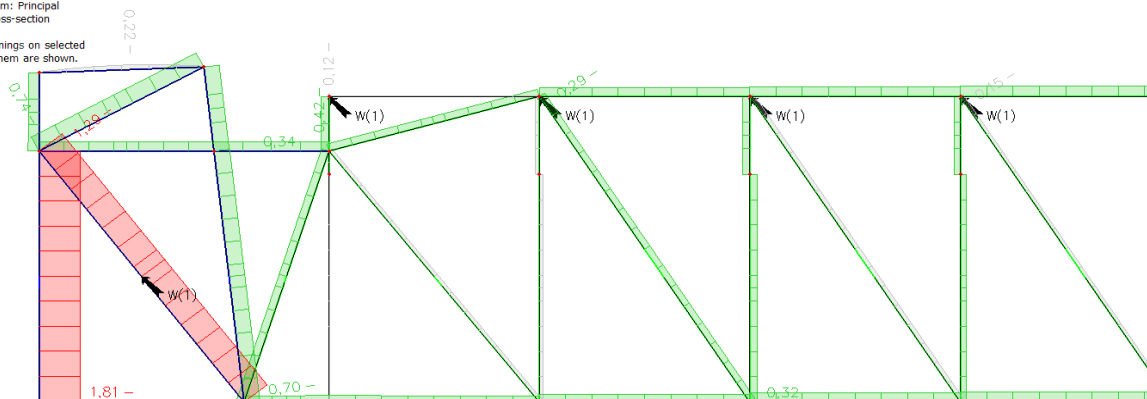
In Figuur 7-29 en Figuur 7-30 zijn voor het T2 spant met aansluiting op T1 met achtereenvolgens de normaalkrachten en de unity checks opgenomen voor deze situatie van tweede draagweg.



Figuur 7-29: Normaalkrachten situatie tweede draagweg

EC-EN 1993 Steel check ULS

Values: UC Overall
Linear calculation
Class: All ULS
Coordinate system: Principal
Extreme ID: Cross-section
Selection: All
There are 2 warnings on selected members. 2 of them are shown.



Figuur 7-30: Unity checks situatie tweede draagweg

Voor de diagonaal op trek met een UC van 1,29 geldt dat voor de controle er door SCIA een reductie toegepast, echter op trek mag in de situatie van 2e draagweg gerekend worden met de uiterste treksterkte f_u in plaats van de vloersterkte f_y . Hierdoor is een maximale trekkracht opneembaar van:

$$F_{u;d} = 17100\text{mm}^2 \times 0,540 = 9234 \text{ kN} > 8588 \text{ kN} \rightarrow \text{diagonaal voldoet}$$

Van belang bij de uitwerking van de verbindingen is dat de krachtswerking vanuit de 2e draagweg-situatie opgenomen dient te worden. Onder andere dient bij de uitwerking van de aansluitingen van de T2-diagonalen binnen de boxligger gerekend te worden met de uiterste treksterkte van de profielen (zie Figuur 7-29). Dit dient in een latere fase verder uitgewerkt te worden.

Voor de verticaal van T1 treedt in SCIA een UC van 1,81. Er kan voor deze situatie gerekend worden met een dagmaat van het profiel met daarbij een inklemming op de uiteinden:

$$L_{\text{knik}} = (12,8\text{m} + 4\text{m} - 0,914) \times 0,7 = 11,1 \text{ m}$$

Uit onderstaande TS-berekening blijkt dat het profiel hierbij voldoet:

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011 (n1)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011 (n1)
Staal	NEN-EN 1993-1-1:2006	C2:2009	NB:2011 (n1)

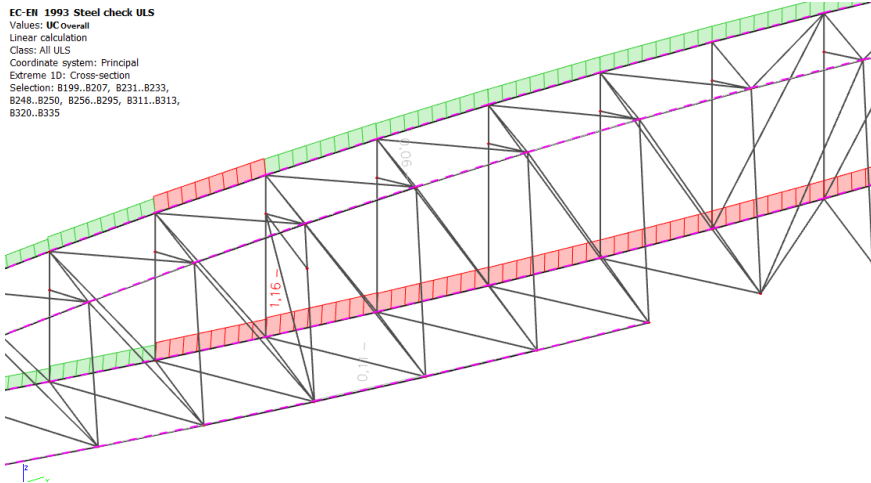
Verticaal T1

Profielnaam	: B457/12.5		
Doorsnedeklasse	: 2	Rekenwaarde: 3	
Gewalst/gelast (1/2)	: 1	Moment begin [kNm]	: 0.00
Vloeijspanning [N/mm ²]	: 460	Moment midden [kNm]	: 0.00
Omega-kip	: 1.000	Moment eind [kNm]	: 0.00
L-systeem [m]	: 11.10	Normaalkracht [kN]	: -4672.00
Kniklengte in het vlak	: 11.10	Aanpend.belasting [kN]	: -4672.00
Kniklengte uit het vlak	: 11.10	Belastingfactor	: 1.00
Algemeen:			
in het vlak (sterke as)	Geschoord		
uit het vlak (zwakke as)	Geschoord		

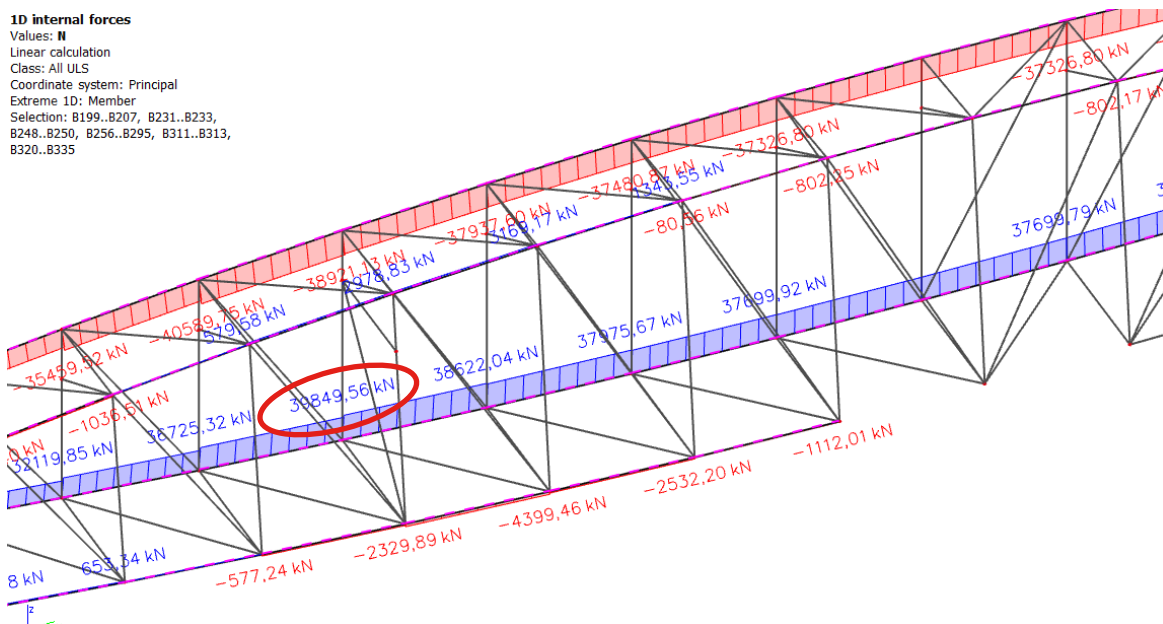
Resultaten

Toegepast artikel	: 6.3.1.1 Omega-buc/e*	:	0.686
Unity-check y-as	: 0.849	Unity-check z-as	: 0.849

De onderregel van het T1 spant (buitenzijde) heeft een overschrijding tot maximaal een factor 1,16.



Figuur 7-31: UC voor situatie 2e draagweg met verwijderde horizontaal t.p.v. midden buitenste spant



Figuur 7-32 Normaalkrachten voor situatie 2e draagweg met verwijderde horizontaal t.p.v. midden buitenste spant

Voor de controle van de onderregel (Ø914x32) is er door SCIA een reductie toegepast, echter op trek is maximaal opneembaar:

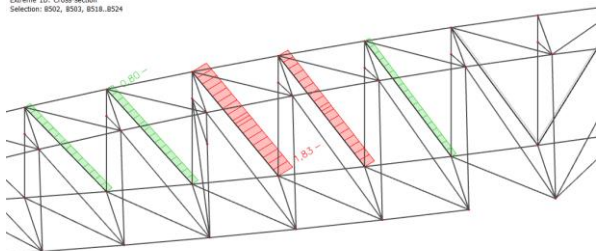
$$F_{u;d} = 88.700\text{mm}^2 \times 0,460 = 40802 \text{ kN} > 39850 \text{ kN} \rightarrow \text{onderregel voldoet}$$

Van belang bij de uitwerking van de verbindingen is dat de krachswerking vanuit de 2^e draagweg-situatie opgenomen dient te worden. Dit dient in een latere fase verder uitgewerkt te worden.

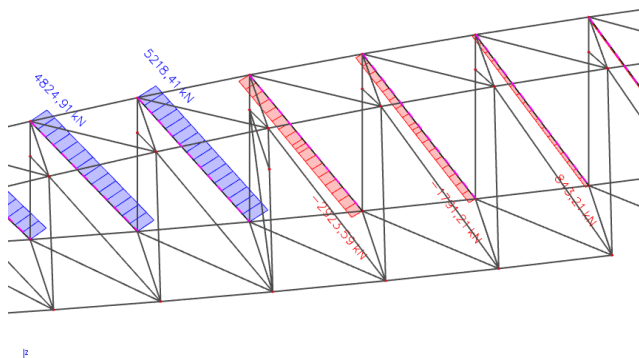
Enkele diagonalen van de T1 spanten hebben een overschrijding tot maximaal een factor 1,83. Er kan voor deze situatie gerekend worden met een dagmaat van het profiel met daarbij een inklemming op de uiteinden:

$$L_{\text{knik}} = (20,1\text{m} - 0,914) \times 0,7 = 13,4\text{ m}$$

EC EN 1993 Steel check ULS
Values: 1000000
Linear calculation
Class: All ULS
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: 8502, 8503, 8518, 8524



10 internal forces
Values: 10
Linear calculation
Class: All ULS
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Member
Selection: 8501, 8503, 8518, 8524



Figuur 7-33: (links) UC en (rechts) normaalkrachten voor situatie 2e draagweg met verwijderde horizontaal t.p.v. midden buitenste spant

Uit onderstaande TS-berekening blijkt dat het profiel hierbij voldoet:

Technosoft Construct release 6.03a

20 apr 2020

Datum : 20/04/2020
Eenheden : kN/m/rad

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011 (nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011 (nl)
Staal	NEN-EN 1993-1-1:2006	C2:2009	NB:2011 (nl)

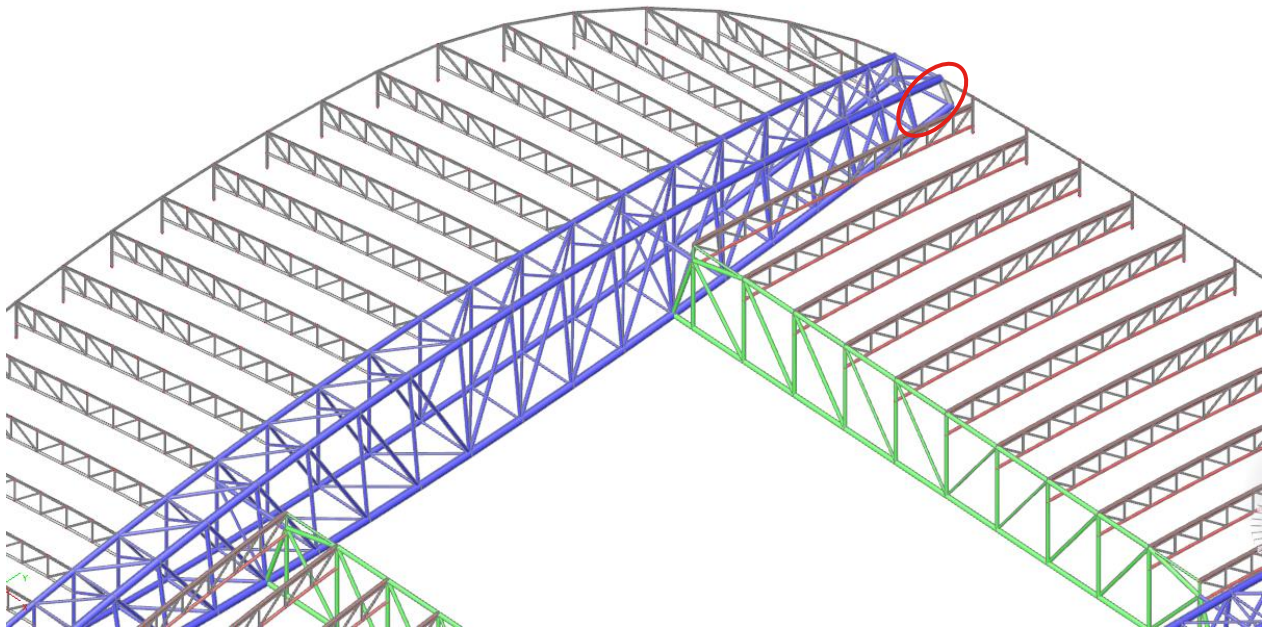
Diagonaal

Profielnaam	: B457/10		
Doorsnedeklasse	: 2	Rekenwaarde: 3	
		Moment begin	[kNm] : 0.00
Gewalst/gelast (1/2)	: 1	Moment midden	[kNm] : 0.00
Vloeijspanning [N/mm ²]	: 460	Moment eind	[kNm] : 0.00
Omega-kip	: 1.000	Normaalkracht	[kN] : -2924.00
L-systeem [m]	: 13.40	Aanpend.belasting	[kN] : -2924.00
Kniklengte in het vlak	: 13.40	Belastingfactor	: 1.00
Kniklengte uit het vlak	: 13.40		
Algemeen:			
in het vlak (sterke as)	Geschoord		
uit het vlak (zwakke as)	Geschoord		

Resultaten

Toegepast artikel	: 6.3.1.1 Omega-buc/e*	: 0.530
Unity-check y-as	: 0.855	Unity-check z-as : 0.855

Tevens is middels SCIA de situatie onderzocht waarbij een diagonaal ter plaatse van de oplegging van het binnenste spant afwezig zou zijn, zie hiervoor Figuur 7-34

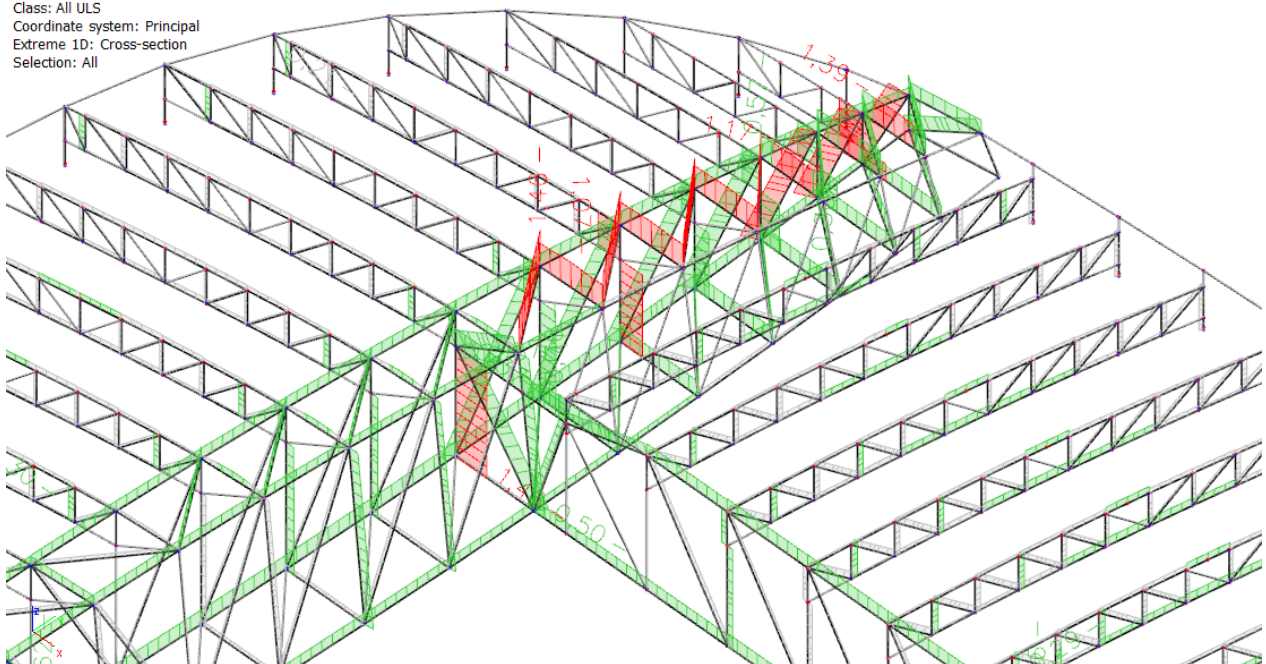


Figuur 7-34: SCIA-model ten behoeve van krachtsafdracht secundair spant – staaf diagonaal verwijderd

In Figuur 7-35 zijn de overall resultaten weergegeven met daarbij alle unity checks. Hieronder zullen de verschillende locaties beoordeeld worden.

EC-EN 1993 Steel check ULS

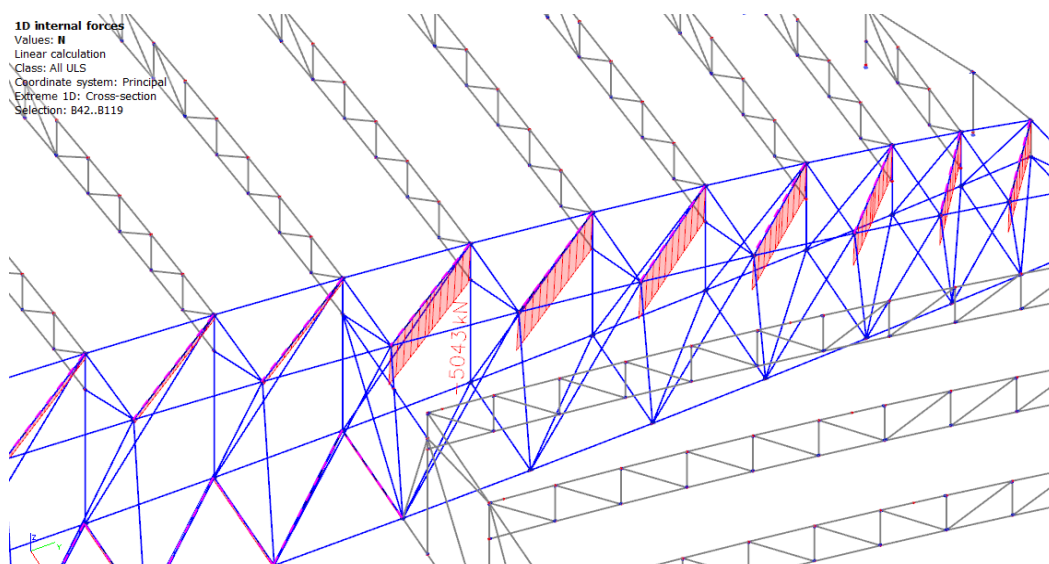
Values: **UC** Overall
Linear calculation
Class: All ULS
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: All



Figuur 7-35: Overzicht voor situatie 2e draagweg met verwijderde diagonaal binnenste spant t.p.v. oplegging

Voor de diagonalen in het bovenvlak treedt er in SCIA een UC op van 1,46 (voor Ø457x10) resp 2,14 (voor Ø323.9x12.5). Er kan voor deze situatie gerekend worden met een dagmaat van het profiel met daarbij een inklemming op de uiteinden:

$$\text{Ø457x10} \quad L_{\text{knik}} = (13,0\text{m} - 0,5 \times 0,914 - 0,5 \times 1,22) \times 0,7 = 8,4 \text{ m}$$



Figuur 7-36: Normaalkrachten voor situatie 2e draagweg met verwijderde diagonaal binnenste spant t.p.v. oplegging

Uit onderstaande TS-berekening blijkt dat de profielen hierbij voldoen:

Technosoft Construct release 6.03a

23 apr 2020

Datum : 23/04/2020
Eenheden : kN/m/rad
Bestand : C:\Users\150026\Box\BF3499 Feyenoord\BF3499
Feyenoord Team\BF3499 Technical Data - WIP\03 WIP
Structural\Tweede draagweg\Post_DO\Checks wegvallen
T1_binnen_eind.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011 (nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011 (nl)
Staal	NEN-EN 1993-1-1:2006	C2:2009	NB:2011 (nl)

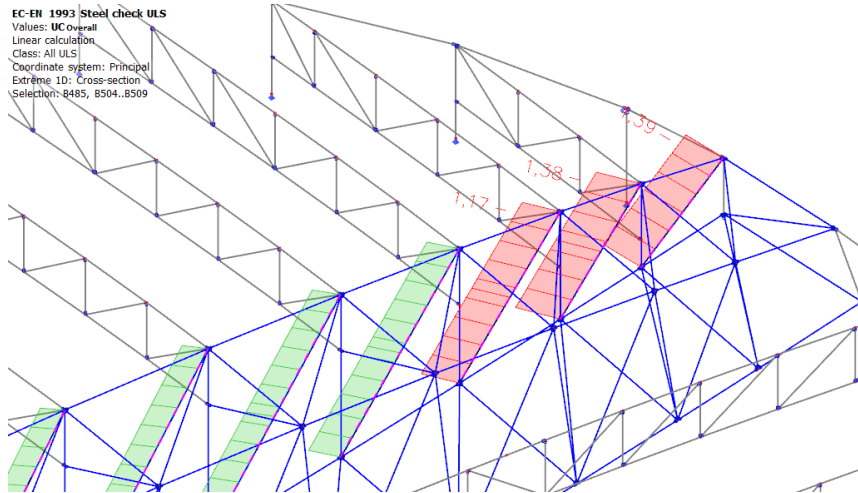
Knikstabiliteit. (S)

Profielnaam	: B457/10		
Doorsnedeklasse	: 2 Rekenwaarde: 3		
Gewalst/gelast (1/2)	: 1	Moment begin [kNm]	: 0.00
Vloei spanning [N/mm ²]	: 460	Moment midden [kNm]	: 0.00
Omega-kip	: 1.000	Moment eind [kNm]	: 0.00
L-systeem [m]	: 8.40	Normaalkracht [kN]	: -5043.00
Kniklengte in het vlak	: 8.40	Aanpend.belasting [kN]	: -5043.00
Kniklengte uit het vlak	: 8.40	Belastingfactor	: 1.00
Algemeen:			
in het vlak (sterke as)	Geschoord		
uit het vlak (zwakke as)	Geschoord		

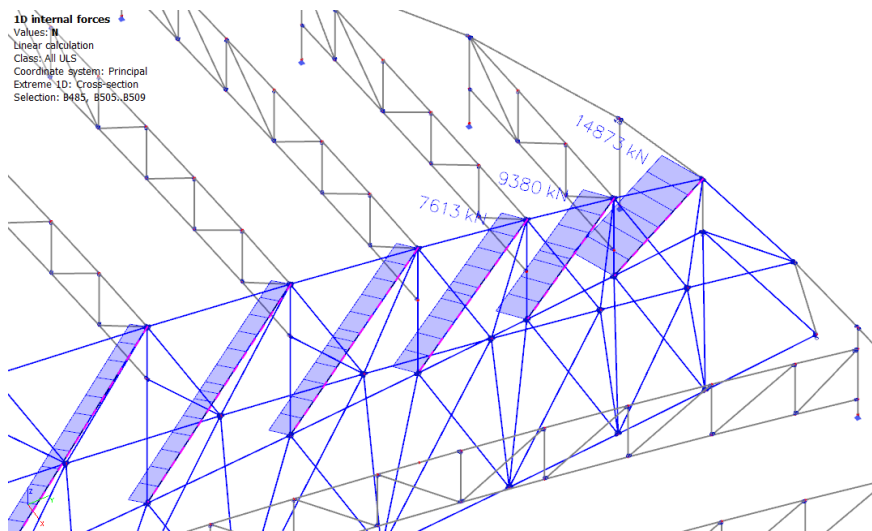
Resultaten

Toegepast artikel	: 6.3.1.1 Omega-buc/e*	:	0.857
Unity-check y-as	: 0.910 Unity-check z-as	:	0.910

Voor de diagonalen in het buitenste spant treedt er in SCIA een maximale UC op van 1,39 (in het geval voor Ø457x20).



Figuur 7-37: UC diagonalen voor situatie 2e draagweg met verwijderde diagonaal binnenste spant t.p.v. oplegging



Figuur 7-38: Normaalkrachten diagonalen voor situatie 2e draagweg met verwijderde diagonaal binnenste spant t.p.v. oplegging

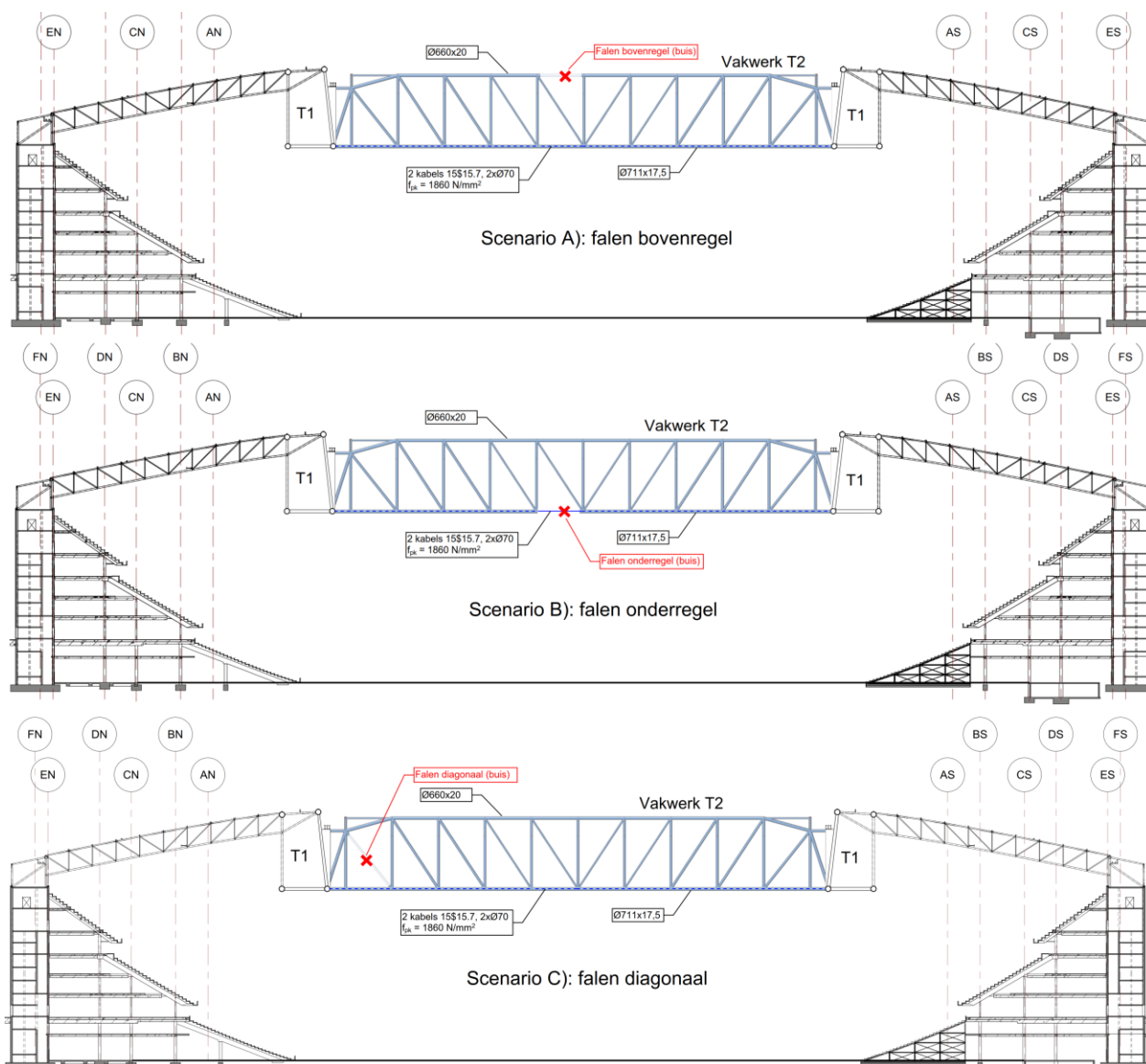
Voor de diagonaal op trek geldt dat voor de controle er door SCIA een reductie toegepast. Echter op trek mag in de situatie van 2e draagweg gerekend worden met de uiterste treksterkte f_u in plaats van de vloersterkte f_y . Hierdoor is er voor de diagonaal met Ø457x20 een maximale trekkracht opneembaar van:

$$F_{u;d} = 27458 \text{ mm}^2 \times 0,540 = 14827 \text{ kN} \approx 14873 \text{ kN} \rightarrow \text{diagonaal voldoet}$$

Van belang bij de uitwerking van de verbindingen is dat de krachtwerking vanuit de 2e draagweg-situatie opgenomen dient te worden.

7.3.2 Tweede draagweg secundaire liggers (T2 en T4)

Voor de secundaire liggers T2 wordt een tweede draagweg voorzien waarbij afhankelijk van bezwijken van een component van het spant de onderregel van het spant door middel van kabelwerking zal gaan afdragen: daartoe wordt in de onderregel van het spant (buis Ø711x17,5) een dubbele inwendige kabel toegepast: zie Figuur 7-39.



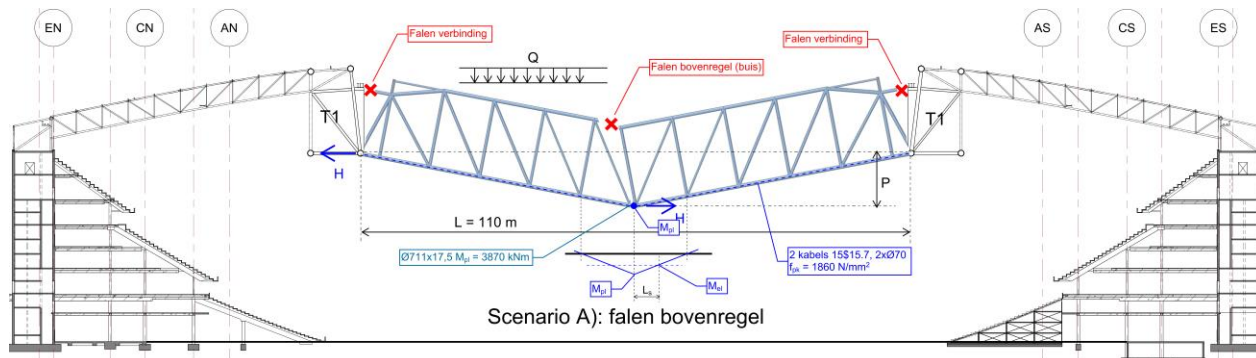
Figuur 7-39: Kabelvoorziening onderregel spant T2 en beschouwde bezwijkscenario's

Achtereenvolgens worden de volgende scenario's beschouwd:

- A) falen van de bovenregel (midden overspanning maatgevend);
- B) falen van de onderregel (midden overspanning maatgevend);
- C) falen van een diagonaal (spanteinde maatgevend).

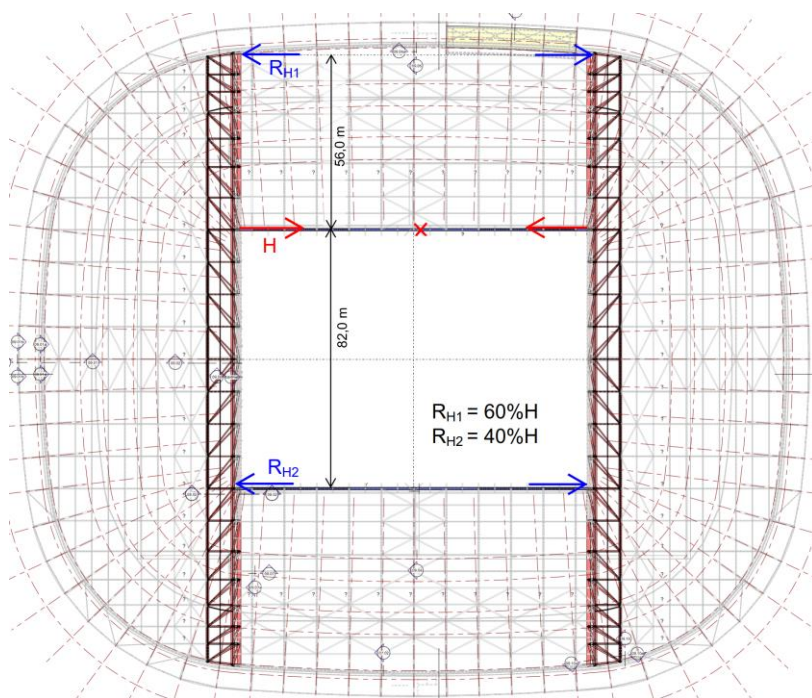
A) Falen bovenregel T2

Het bezwijkmechanisme voor dit scenario is weergegeven in Figuur 7-40.

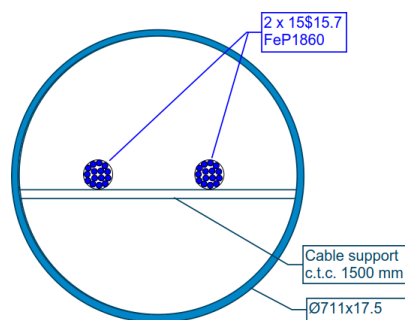


Figuur 7-40: Bezwijkmechanisme falen bovenregel T2 (A)

Het peil van de inwendige kabel (P) en de daarmee samenhangende horizontaalkracht H wordt bepaald door de verplaatsing van de onderregel(s) van de hoofdspanten T1 en de verlenging van de kabel (zie Figuur 7-42). Om de stijfheid van de onderregel van T1 te bepalen is de onderregel in het EEM-model van het dak belast met referentielast van $H = 1000$ kN: daarbij treedt een horizontale verplaatsing op van 68,3 mm. De bovenzijde van het dakvlak verplaatst daarbij nagenoeg niet: de horizontaalkracht wordt hoofdzakelijk afgedragen door het horizontale vakwerk tussen de beide onderregel van T1: met name de diagonalen in dit vakwerk worden daarbij zwaarder aangesproken dan in een reguliere ontwerpsituatie: zie Figuur 7-41.



Figuur 7-41: Afdracht horizontale kabelkrachten



Figuur 7-42: Inwendige kabels, 2x 15\$15,7

In Figuur 7-43 is de verplaatsing van de onderregel van T1 en de verlenging van de kabels bepaald, waarbij evenwicht gevonden wordt bij een kabelpeil $P = 10,41$ m. De horizontaalkracht welke door de kabel wordt uitgeoefend op de onderregel van T1 bedraagt daarbij: $H = 7722$ kN.

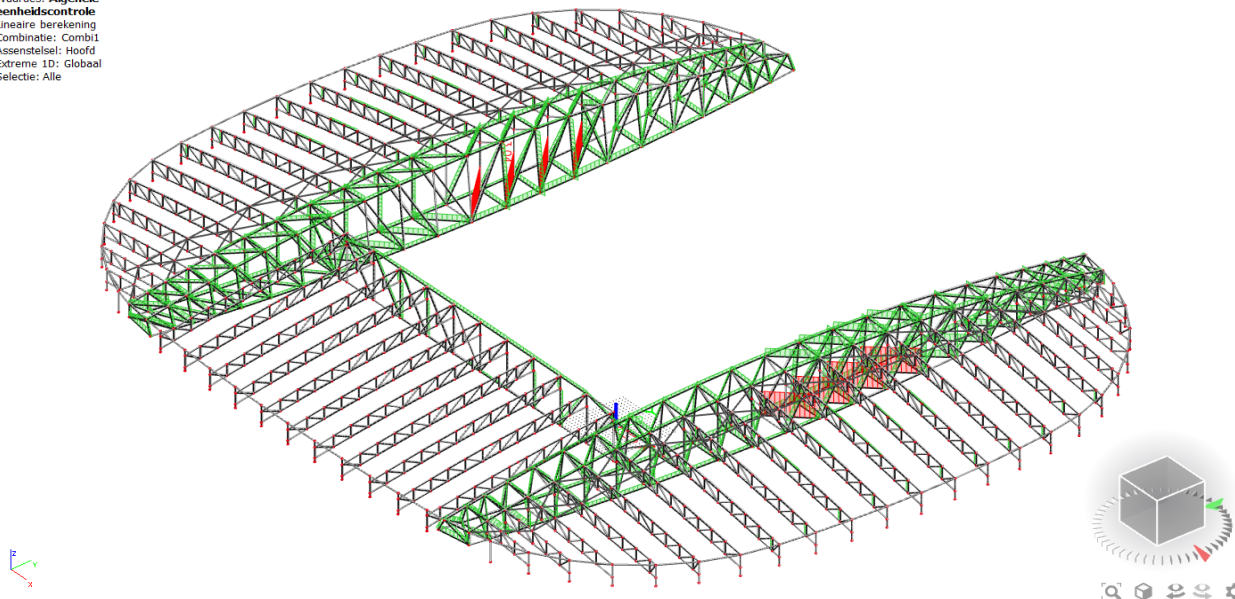
BELASTING				KABELWERKING		
Belasting:	P	L	Q	Horizontale stijfheid T1, uit FEM-model		
Eigen gewicht spant:			11,5 kN/m	Referentieelast:	FREF =	1000 kN
E.g. T3B vast dak	0,40	29,00	11,5 kN/m	Hor. verplaatsing:	$u_H =$	68,3 mm
E.g. liggers schuifdak HEB900	0,56	18,50	10,4 kN/m	Stijfheid	$k_H =$	14641 kN/m
Secundair staal vast dak	0,15	29,00	4,5 kN/m	Peil (aangenomen):	P =	10,41 m
Secundair staal schuifdak	0,10	18,50	1,9 kN/m			
Afwerking vast dak	0,15	29,00	4,4 kN/m	Plastisch moment onderregel:	$M_{pl} =$	3870 kNm
Afwerking schuifdak	0,15	18,50	2,8 kN/m	Op te nemen moment door kabel:	$M_{T2,corr} =$	80,35 MNm
Zonnepanelen vast dak	0,11	1,24	0,1 kN/m	Horizontaalkracht:	H =	7722 kN
Zonnepanelen schuifdak	0,11	18,50	2,0 kN/m	Horizontale verplaatsing T1:	$u_H =$	527 mm
Evenementenlast vast			1,1 kN/m			
Evenementenlast var. T2 20 ton			3,6 kN/m	Kabelkracht:	$N_{kabel} =$	7859 kN
Evenementenlast var. Schuifdak	0,10	18,50	1,9 kN/m	Kabeldoorsnede (2*15\$15,7)	A =	4500 mm ²
		Q =	55,7 kN/m	Verlenging kabel (halve lengte T2):	$\Delta L =$	457 mm
	Lengte T2:	L =	110 m	Berekend peil:	$P_{calc} =$	10,41 m
	Oplegreactie T2:	$R_{T2} =$	3063 kN	Evenwicht indien $P = P_{calc}$:	bereikt:	ja -
	Moment T2:	$M_{T2} =$	84,22 MNm	Verhouding halve spantlengte / peil:	$(\frac{1}{2}L)/P =$	5,29 -

Figuur 7-43: Kabelwerking bij falen bovenregel T2 (A)

Deze kracht is ingevoerd op een aangepast model van het dak, waarbij de profielen zijn getoetst voor een buitengewone belastingcombinatie: zie Figuur 7-44.

Load combination	Fixed roof		Retractable roof				Fixed roof			
	Secondary steel	Event load	Selfweight - roof closed	Architectural finishing - roof closed	Solar panels - roof closed	Event load - roof closed	Selfweight	Solar panels	Architectural finishing	Cable forces
	LC01	LC02	LC04	LC06	LC08	LC10	LC21	LC23	LC27	LC33
Combi_01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

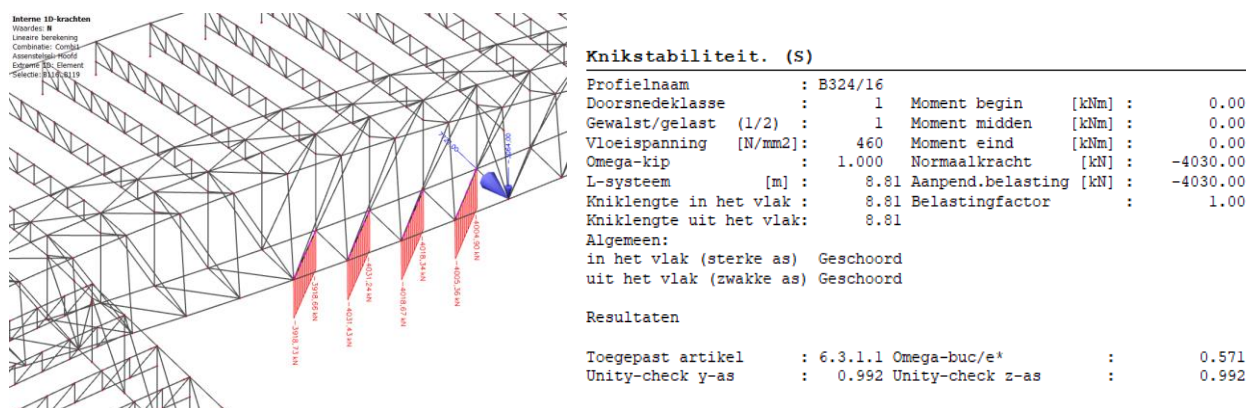
EC-EN 1993 UGT: staalkontrol
 Waarden: Algehele
 eenheidscontrole
 Lineaire berekening
 Combinatie: Combi1
 Assenstelsel: Hoofd
 Extreme ID: Globaal
 Selectie: Alle



Figuur 7-44: Overzicht staalchecks, inclusief horizontaalkracht uit kabelwerking

Uit de toetsing volgt dat de constructie vrijwel geheel voldoet, met uitzondering van vier stuks diagonalen in de onderregel van T1: dit betreft de vier diagonalen die volgens het schema van Figuur 7-41 onder druk komen te staan als gevolg van de afdracht van horizontaalkracht H. Het betreft buisprofielen Ø324x12,5, met $N_{pl} = 5626$ kN (S460) en een systeemlengte van 14,4 m.

De toetsing is algemeen uitgevoerd met kniklengtes die gelijk zijn aan de systeemlengtes van de staven. Voor deze specifieke bijzondere belastingsituatie mag, gegeven de grote diameter en torsie-stijfheid van de randstaven (Ø1219x28 en Ø914x32) uitgegaan worden van een gedeeltelijke inklemming en een bijbehorende reductie van de effectieve kniklengte met 30%. Daarnaast wordt uitgegaan van de dagmaat van $14,4 - \frac{1}{2} \sqrt{2} * (1,22 + 0,91) = 12,6$ m. De kniklengte bedraagt dan: $0,7 * 12,6 = 8,81$ m. Hiermee is de toetsing opnieuw uitgevoerd en blijkt de grensdrukkracht 3038 kN te bedragen. De wanddikte is derhalve vergroot van 12,5 mm naar 16 mm en getoetst: zie Figuur 7-45).



Figuur 7-45: Detailfragment normaalkrachten ($N_{max} = 4030$ kN) en aanvullende toetsing

Daarnaast dient de rek in het plastische scharnier in de onderregel getoetst te worden:

- Toelaatbare rek voor S460 (ref. 'Steel Design by Advanced Analysis: Material Modeling and Strain Limits', Leroy Gardner, Xiang Yun, Andreas Fieber, Lorenzo Macorini, 2019):

$$\varepsilon_u = 0,6 * (1 - f_y/f_u) = 0,6 * (1 - 460/540) = 0,088 = 8,9\%$$

- Hoekverdraaiing en verlenging uiterste vezel onderregel:

$$\varphi = 10,41/(110/2) = 0,189 \text{ rad.}$$

$$\Delta L_{\text{vezel}} = 711/2 * 0,189 = 67 \text{ mm}$$

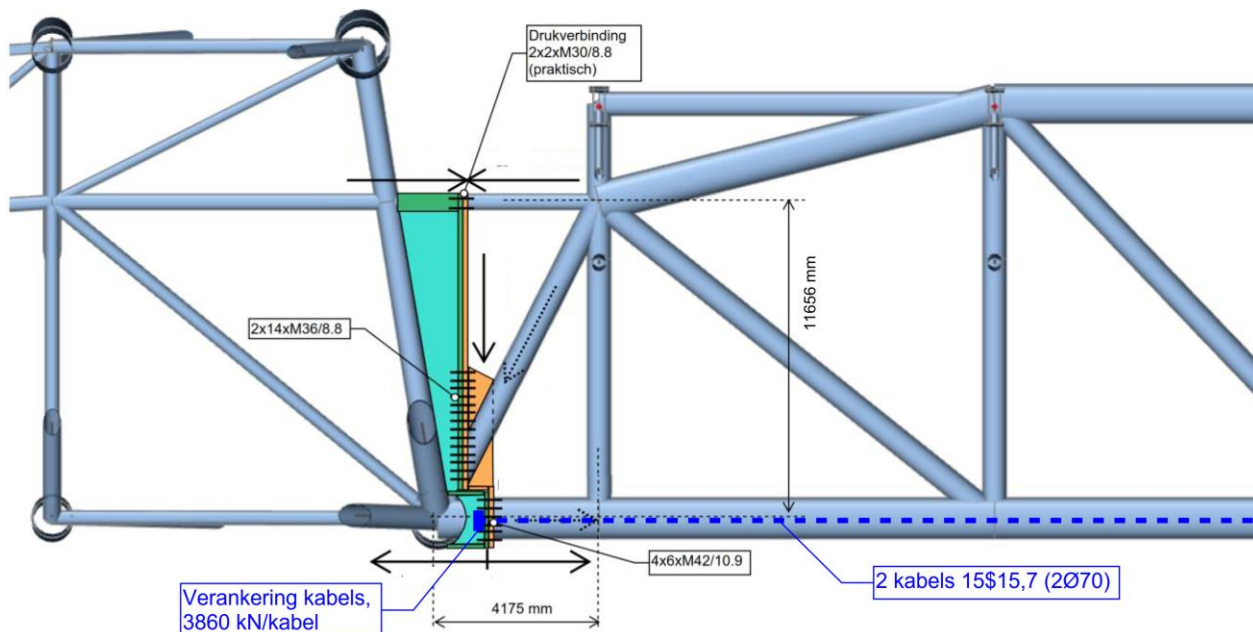
- Geschatte lengte van het plastische scharnier:

$$L_s = 10,25 * (1 - M_{el}/M_{pl}) = 10,25 * (1 - 0,76) * 1000 = 2460 \text{ mm}$$

- Toetsing rek: $\varepsilon = 67/2460 * 100\% = 2,7\% < 8,9\%$: voldoet

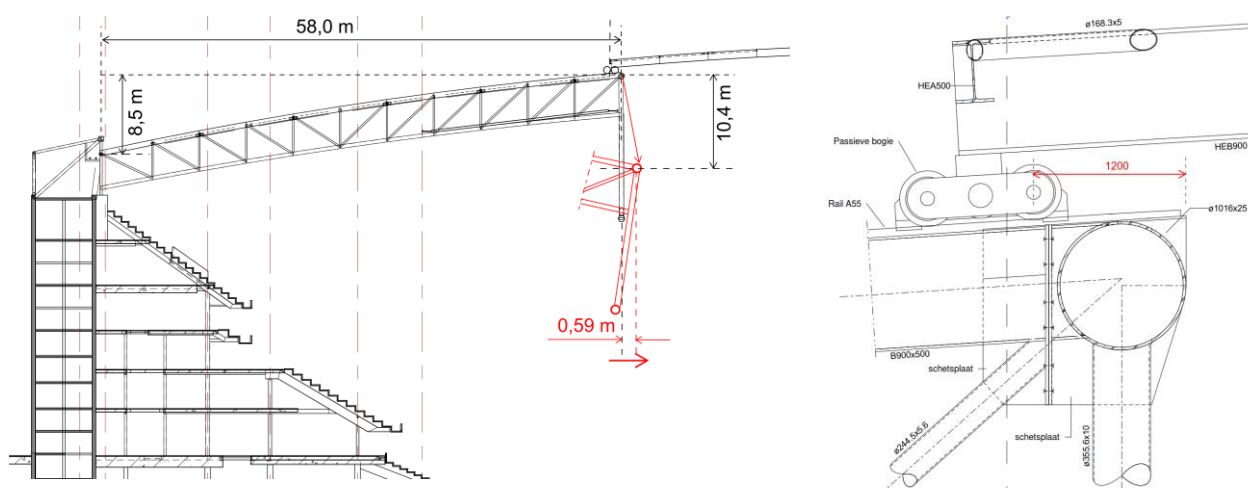
De kabels dienen bij de aansluiting op T1 te worden verankerd: de detaillering die reeds was vastgesteld voor de aansluiting van de vakwerken T2 op T1 biedt hiervoor ruimte: een principe-oplossing hiervoor is weergegeven in Figuur 7-46.

Het is in principe niet nodig een hoge voorspanning aan te brengen op de kabels: de werking berust in dit geval immers juist op het bereiken van een significante vervorming (verlenging) bij het falen van spant T2 en daarmee een beperking van de horizontaalkracht op de spanten T1.



Figuur 7-46: Aansluiting T2 op T1 en verankering kabels

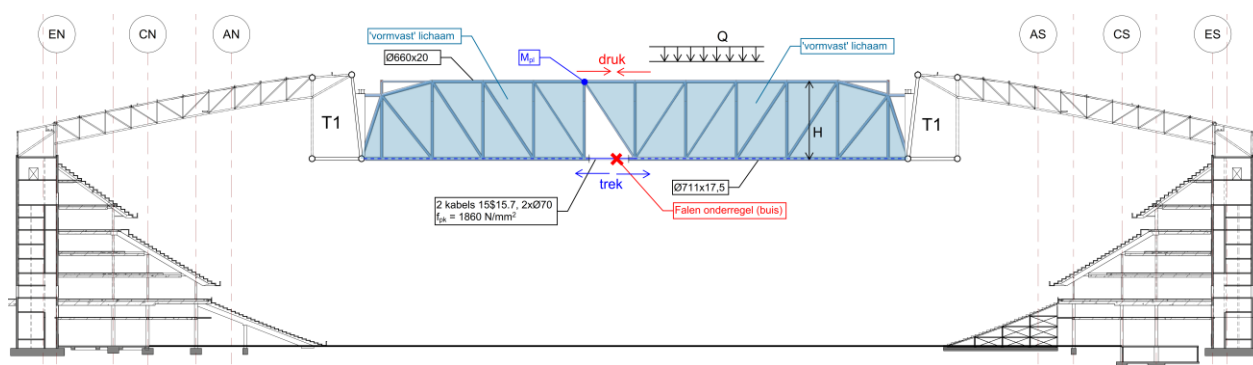
Tot slot wordt voor dit scenario ook de vervorming in dwarsrichting beschouwd. Door de licht gebogen vorm van het dak verplaatst de bovenregel van T2 bij een verticale vervorming van 10,4 m (kabelpeil) zo'n 0,59 m naar binnen: zie Figuur 7-47. Voor de oplegging van het schuifdak (passieve bogies) geldt dat, door verdraaiing van het schuifdak de oplegging ca. 1,45 m naar binnen 'verschuift'. Het binnenste wiel van de passieve bogies dient dus minimaal 0,86 m (aangehouden: 1,00 m) achter de hartlijn van de bovenregel van T2 te zijn gepositioneerd in gesloten toestand.



Figuur 7-47: Vervorming dwarsrichting en 'oplegging' bogie

B) Falen onderregel T2

Het bezwijkmechanisme voor dit scenario is weergegeven in Figuur 7-48. In deze situatie kunnen de spanthelften links en rechts van de 'breuk' nog bijdragen aan het realiseren van een 'arm' tussen de drukkracht in de (intacte) bovenregel en de trekkracht in de onderregel.



Figuur 7-48: Bezwijkmechanisme falen onderregel T2 (B)

In dit geval geldt:

- Moment: $M_{Tw,corr} = 80,35 \text{ MNm} = 80350 \text{ kNm}$ (zie Figuur 7-43)
- Spanhoogte: $H = 15,65 \text{ m}$
- Trek onderregel: $N = 80350/15,65 = 5135 \text{ kN}$

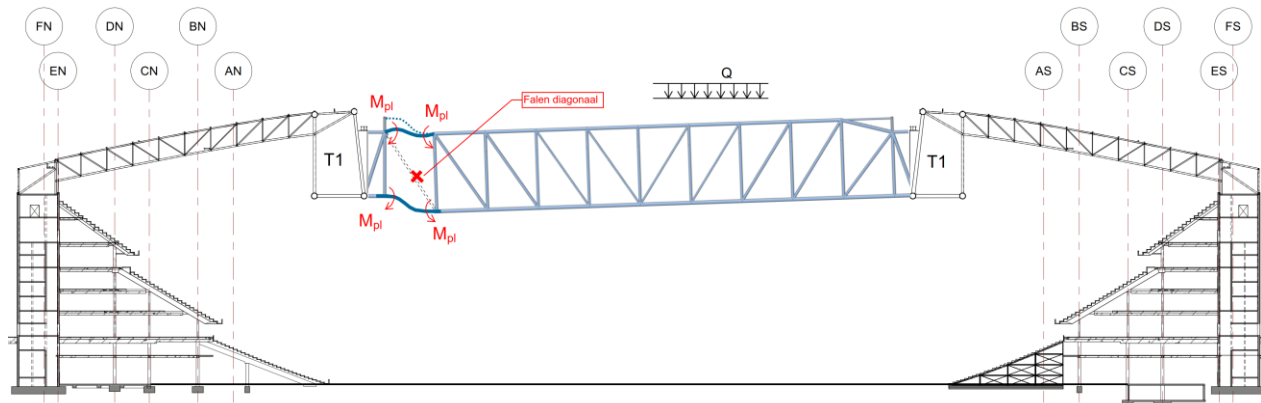
Bij dit mechanisme zal, naast het activeren van de kabel(s) in de onderregel zal, door de spanhoogte van 15,65 m ook een horizontale druk ontstaan op de onderregel van T1. Deze zal de waarde van 5135 kN in principe niet kunnen overschrijden, en is dus niet maatgevend t.o.v. scenario A (maar wel anders - naar buiten - gericht). De druk-component werkend op T1 zal zowel de trekkracht in de kabels als de zakking/vervorming verminderen. De zakking van het spant wordt voor deze situatie als volgt bepaald:

- Zakking spant: $u_v = 567 \text{ mm}$
- Horizontale verpl.: $u_H = u_v \cdot H / (\frac{1}{2} L_{\text{spant}}) = u_v \cdot 15,65 / 55,0 = 0,285 \cdot u_v = 162 \text{ mm}$
- Drukkracht op T1: $H_{T1} = u_H \cdot k_H = u_H \cdot 14641 = 162/1000 \cdot 14641 = 2362 \text{ kN}$ (zie Figuur 7-43 voor k_H)
- Trekkracht in kabels: $N_{\text{kabel}} = 2 \cdot u_H \cdot EA_{\text{kabel}} / L_{\text{spant}} = 2 \cdot 162/10^6 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 4500 / 110 = 2773 \text{ kN}$
- Evenwicht: $H_{T1} + N_{\text{kabel}} = 2362 + 2773 = 5135 \text{ kN} = N$
- Spanning in kabels: $\sigma_p = 2783 \cdot 1000 / 4500 = 619 \text{ N/mm}^2 < 1860 \text{ N/mm}^2$

De drukkracht op T1 wordt hier niet nader gecontroleerd: de horizontaalkracht bedraagt slechts 36% van de waarde die gevonden is voor scenario A), maar wel naar buiten gericht. Ook in dit geval betekent dit dat enkele diagonalen tussen de beide onderregels van T1 onder druk komen te staan, maar met een aanzienlijk lagere krachtswaarde dan voor scenario A) – deze diagonalen zullen derhalve voldoen.

C) Falen diagonaal in T2

Het bezwijkmechanisme voor dit scenario is weergegeven in Figuur 7-48.



Figuur 7-49: Bezwijkmechanisme falen diagonaal T2 (C)

Voor deze situatie geldt:

- Oplegreactie spant T2: $R_{T2} = \frac{1}{2} \cdot 55,7 \cdot 110 = 3064 \text{ kN}$ (zie ook Figuur 7-43)
- Moment t.g.v. falen diagonaal: $M_{T2} = 10,25 \cdot 3064 = 31400 \text{ kNm}$
- Opname moment in plastische scharnieren: $M_{T2,corr} = 31400 - 2 \cdot 3870 - 2 \cdot 3770 = 16120 \text{ kNm}$
- Kabelwerking in onderregel: $H \leq 7722 \text{ kN}$, dan $P = 16120/7722 = 2,09 \text{ m}$

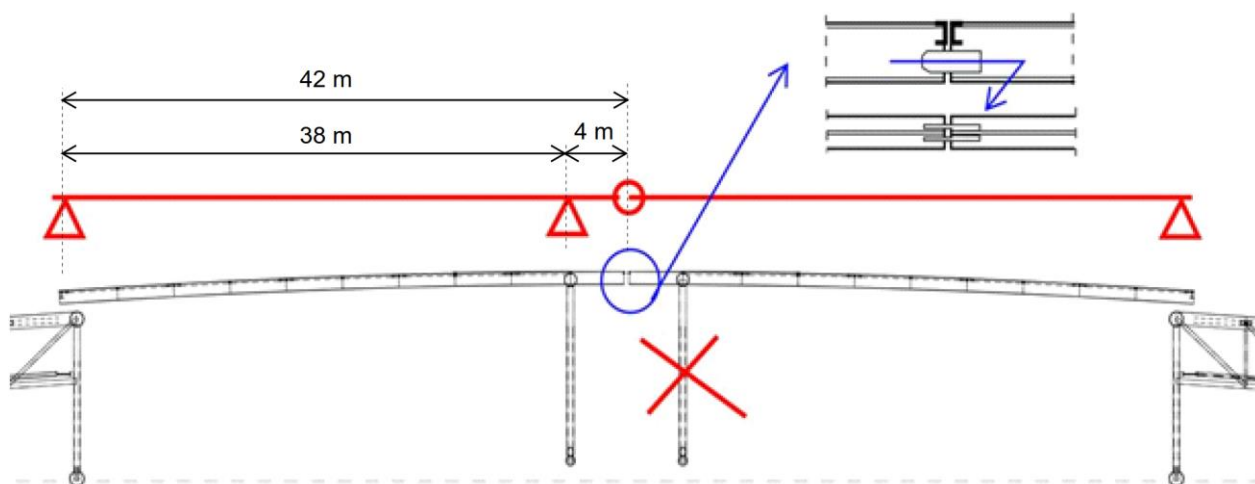
Toetsing van de rek in de plastische scharnieren:

- Toelaatbare rek voor S460 (ref. 'Steel Design by Advanced Analysis: Material Modeling and Strain Limits', Leroy Gardner, Xiang Yun, Andreas Fieber, Lorenzo Macorini, 2019):
 $\varepsilon_u = 0,6 \cdot (1 - f_y/f_u) = 0,6 \cdot (1 - 460/540) = 0,088 = 8,9\%$
- Hoekverdraaiing en verlenging uiterste vezel onderregel:
 $\varphi = 2,09/(10,25) = 0,204 \text{ rad.}$
 $\Delta L_{vezel} = 711/2 \cdot 0,204 = 72 \text{ mm}$
- Geschatte lengte van het plastische scharnier:
 $L_s = 10,25 \cdot (1 - M_{el}/M_{pl}) = 10,25 \cdot (1 - 0,76) \cdot 1000 = 2460 \text{ mm}$
- Toetsing rek: $\varepsilon = 72/2460 \cdot 100\% = 2,9\% < 8,9\%$: voldoet

Falen T4 schuifdak

Ook het falen van T4 in het schuifdak is beschouwd: dit betreft een vergelijkbaar spant als T2 (minder hoog en met andere profielafmetingen), maar het gebruikmaken van kabelwerking als mitigatie voor vergelijkbare faalscenario's is hier niet mogelijk, gezien de glijdende (aan één zijde) oplegging van de spanten op de zogenaamde 'actieve bogies' (aandrijving van het schuifdak). Daarnaast hoeft een faalscenario niet beschouwd te worden voor de situatie waarin het schuifdak is geopend: in dit geval kan komt het schuifdak op het vaste dak te rusten.

In gesloten toestand wordt voorzien in een verticale koppeling ('vork') tussen de uitkragende walsprofielen in beide dakhelften, volgens het principe van Figuur 7-50.



Figuur 7-50: Afdracht bij falen T4 in één dakhelft

In het geval van falen van een enkel spant T4, wordt de belasting dus overgedragen op de intacte dakhelft.

Globale controle van de spantcapaciteit, extra belasting op T4 (zie ook Figuur 7-43 voor belastingwaarden):

- Extra belasting op T4 (intact):

Uit walsprofielen: $(0,56+0,10+0,15+0,11+0,10) \cdot 0,5 \cdot 42^2 / 38 = 1,02 \cdot 23,2 = 23,7 \text{ kN/m}$

E.g. T4: $13,0 \cdot 38 / 42 \cdot 42 / 38 = 13,0 \text{ kN/m}$

Tot. extra belasting: $Q_{T4;\text{extra}} = 23,7 + 13,0 = 36,7 \text{ kN/m}$

- Ontwerpwaarde bijzonder combinatie:

$Q_{T4} = 36,7 + 13,0 + 1,02 \cdot 0,5 \cdot 42^2 / 38 = 73,4 \text{ kN/m}$

- 'Reguliere ontwerpwaarde' (incl. sneeuwbelasting):

$Q_{T4;d} = (13,0 + 1,02 \cdot 0,5 \cdot 42^2 / 38) \cdot 1,32 + 0,56 \cdot 0,5 \cdot 42^2 / 38 \cdot 1,65 = 48,4 + 21,4 = 69,8 \text{ kN/m}$

De belastingwaarde van de bijzondere belastingssituatie en de reguliere ontwerpsituatie zijn dus nagenoeg gelijk. Gesteld kan worden dat aan de bijzonder belastingssituatie wordt voldaan indien de benuttinggraad van de constructieve onderdelen van T4 beneden de 95% ligt: hierop zijn de profielen van T4 ontworpen. In de vorkconstructie dient minimaal een kracht $F = 36,7 \cdot 5,15 = 190 \text{ kN}$ te kunnen worden opgenomen.

Controle 'verlenging' systeemlengte walsprofielen:

- Regulier: $M_{Ed} = 1/8 \cdot (1,32 \cdot 1,02 + 1,65 \cdot 0,56) \cdot 38^2 = 409 \text{ kNm/m}$ (2100 kNm)

Bijzonder ontwerpsituatie: $M_{inc} = 1/8 \cdot 1,02 \cdot 42^2 = 225 \text{ kNm/m} < 409 \text{ kNm/m}$ - voldoet

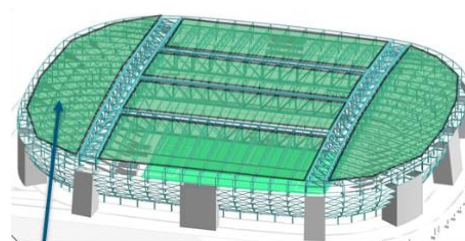
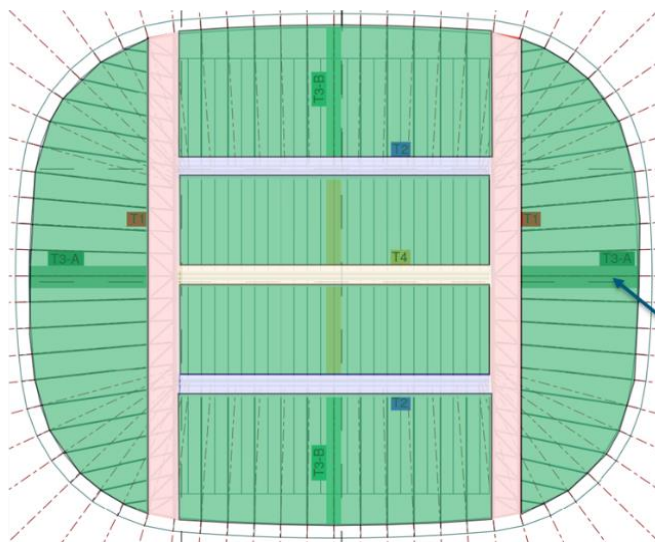
7.3.3 Tweede draagweg tertiaire liggers

In Figuur 7-51 zijn de tertiaire liggers weergegeven. Deze dragen de gordingen en per spant een dakoppervlak van ca. 450m². Aangezien het hierbij om een aanzienlijk dakoppervlak gaat wordt voor deze tertiaire liggers een tweede draagweg voorzien door de gordingen van het dak doorlopend uit te voeren. Deze gordingen kunnen in geval van wegvallen van een tertiair spant de belasting via het ketting-principe afdragen.

Uitgangspunten:

- De gordingen dienen op volle sterkte ($f_u \times A_{\text{profiel}}$) doorgekoppeld te worden.
- Tevens dienen de verbindingen van de gordingen op de T3 liggers berekend te worden op een minimale trekkracht van:
 $F_{td} = 1,5 \text{ kN/m}^2 \times 5\text{m} \times 10\text{m} = 75 \text{ kN}$.

Tertiaire liggers (T3)

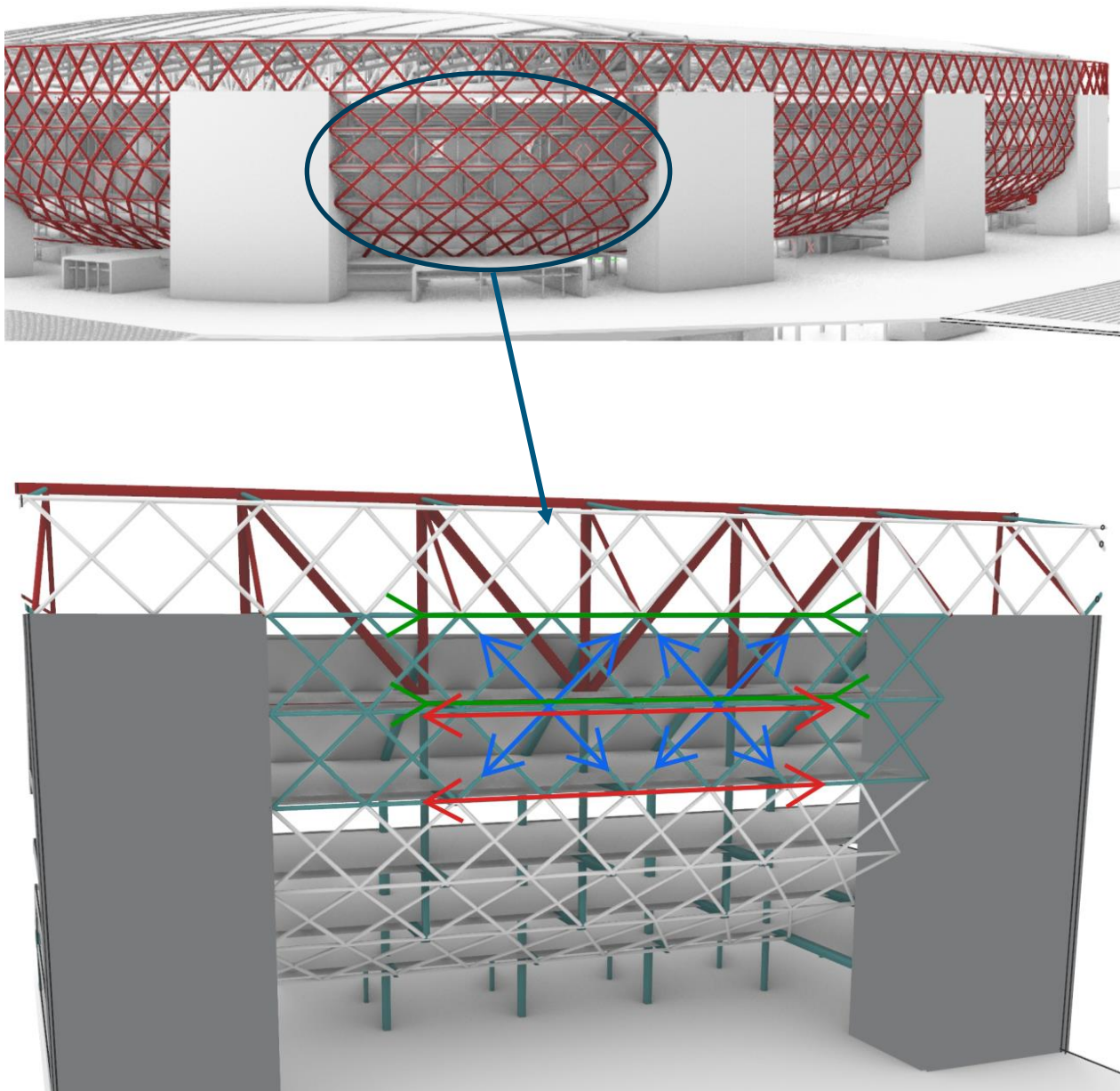


Alle tertiaire liggers:
voorzieningen 2^e draagweg
d.m.v. doorlopende gordingen

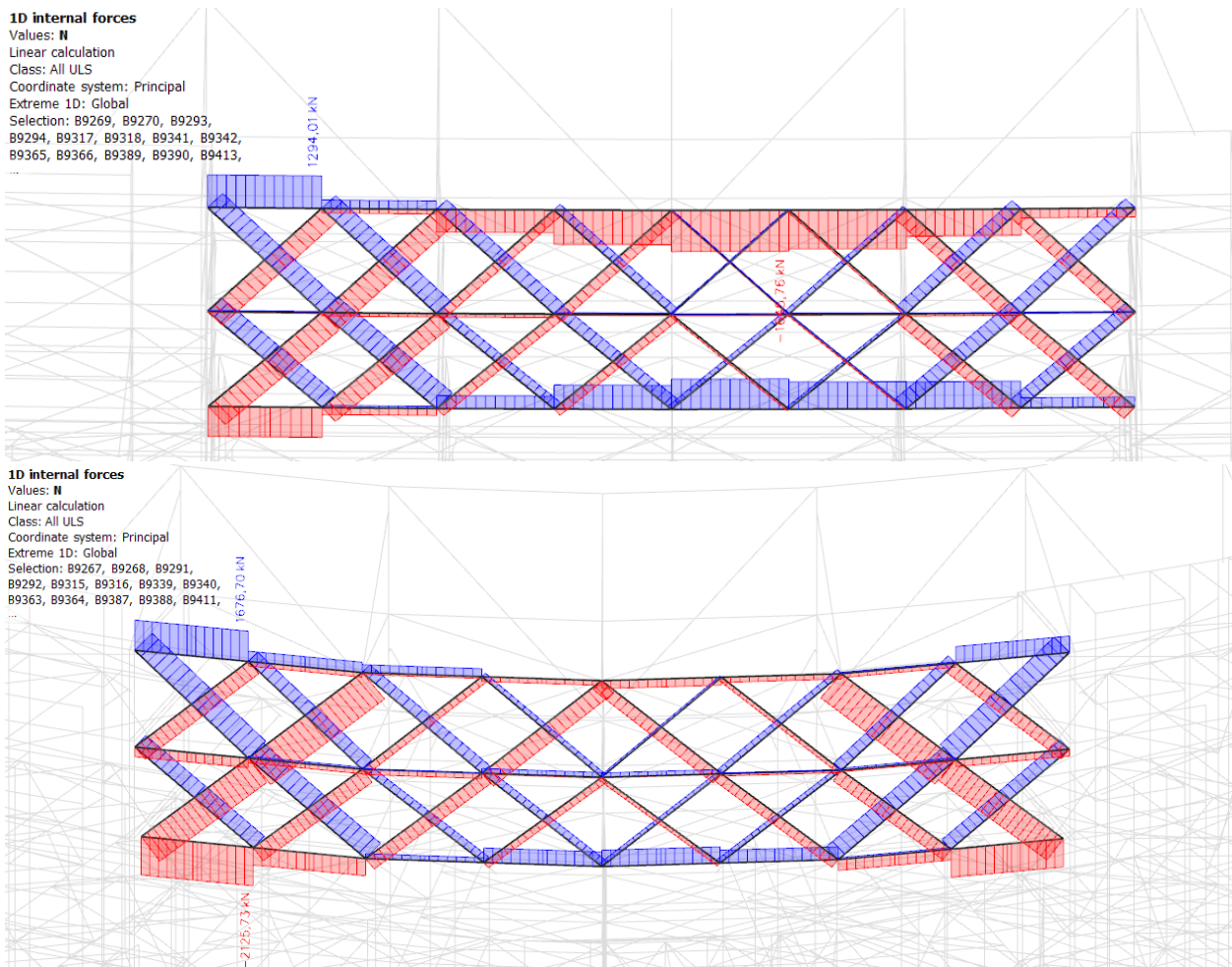
Figuur 7-51: Overzicht tertiaire liggers

7.3.4 Tweede draagweg gevelvakwerk

Het vakwerk in de gevel (het zogeheten diagrid) bestaat uit een constructief deel en een bouwkundig niet-constructief deel, zie Figuur 7-52. Het constructieve deel bestaat uit een dubbellaags vakwerk en is meerdere malen statisch onbepaald, waardoor hier veel verschillende 'paden' voor belastingafdracht mogelijk zijn. Figuur 7-53 geeft de krachtsafdracht weer van het gevelvakwerk in een normale situatie.

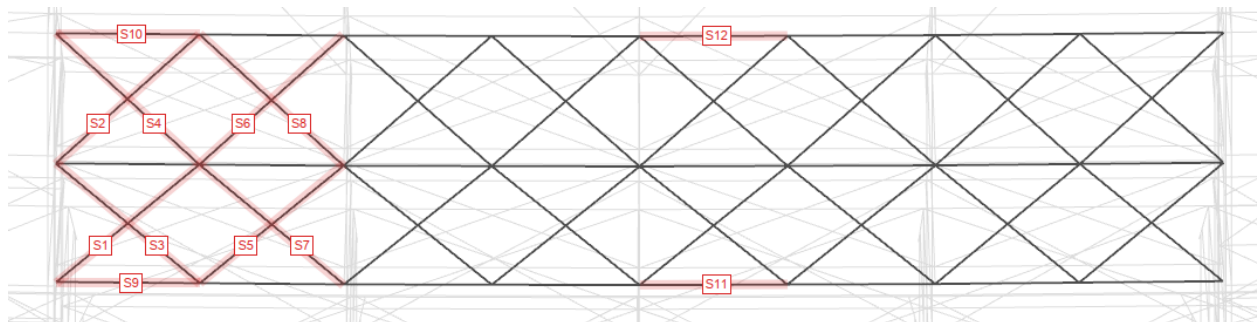


Figuur 7-52: Alternatieve mogelijkheden belastingafdracht gevelvakwerk waarvan het constructieve deel in groen is weergegeven en het bouwkundige deel in grijs.



Figuur 7-53: Krachtsafdracht van het gevelvakwerk in de normale situatie voor de lange en korte zijde (boven) en de hoeken (onder).

Ter controle is er een tweede draagweg analyse uitgevoerd voor het gevelvakwerk om de vervormingen en profielen te toetsen. In deze analyse zijn de meest maatgevende scenario's bekeken waarbij verschillende staven in het model zijn weggelaten. Figuur 7-54 geeft een overzicht weer van de verschillende scenario's, welke voor zowel de rechte gevelvakwerken (lange en korte zijde stadion) als voor de gevelvakwerken in de hoeken zijn geanalyseerd. In onderstaande paragrafen zijn de meest maatgevende scenario's verder beschreven. Dit betreft de scenario's waarbij de zwaarst belaste diagonalen en boven- en onderregels in het midden van de overspanning bezwijken (S1, S4, S11 en S12).



Figuur 7-54: Weergave van de verschillende scenario's voor de tweede draagweg van het gevelvakwerk.

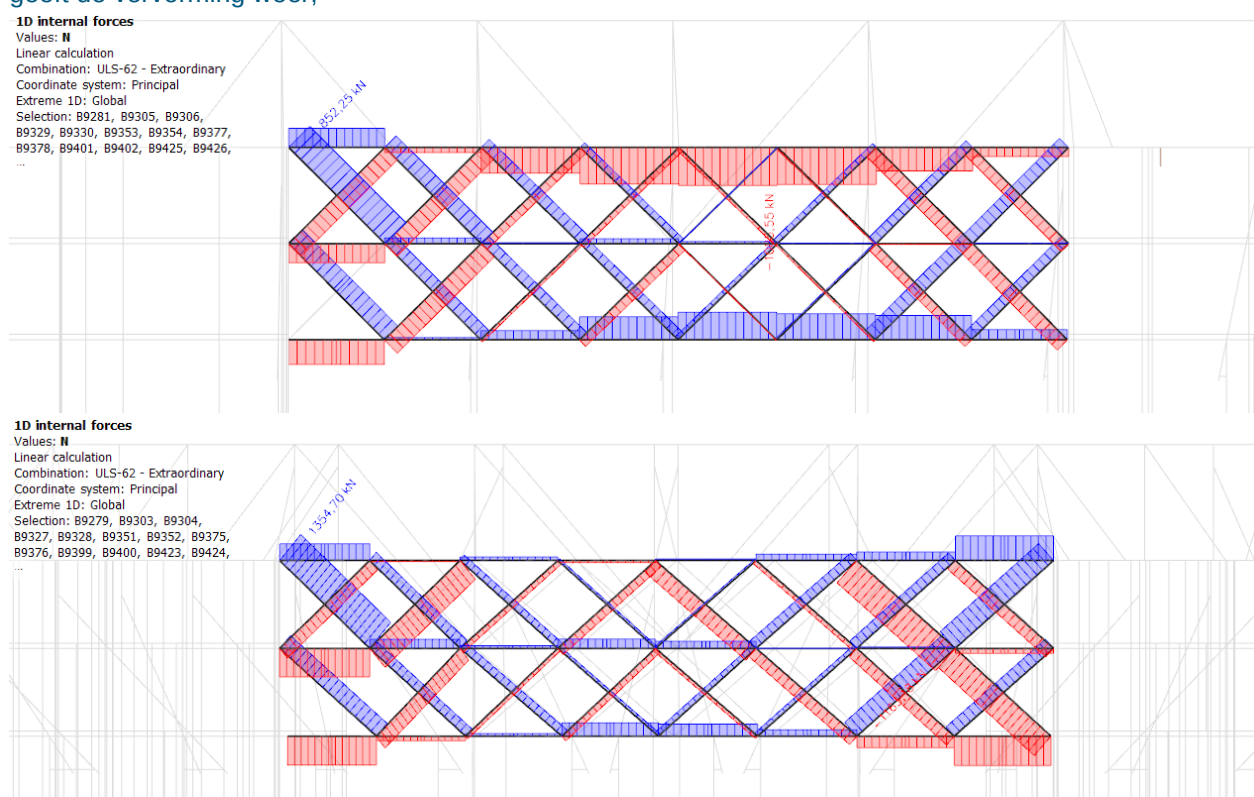
Voor een tweede draagweg analyse dient er gerekend te worden met een buitengewone belastingcombinatie volgens tabel NB.7 – A1.3 in NEN-EN 1990. Bij deze situatie resulteert dat in de onderstaande combinatie:

Buitengewoon (Vgl. 6.11a/b): $1,0G + \Psi_{2,i}Q_{k,i}$

Hierbij is $\Psi_2 = 0,6$ voor variabele belastingen in categorie C volgens tabel NB.2 – A1.1 in NEN-EN 1990.

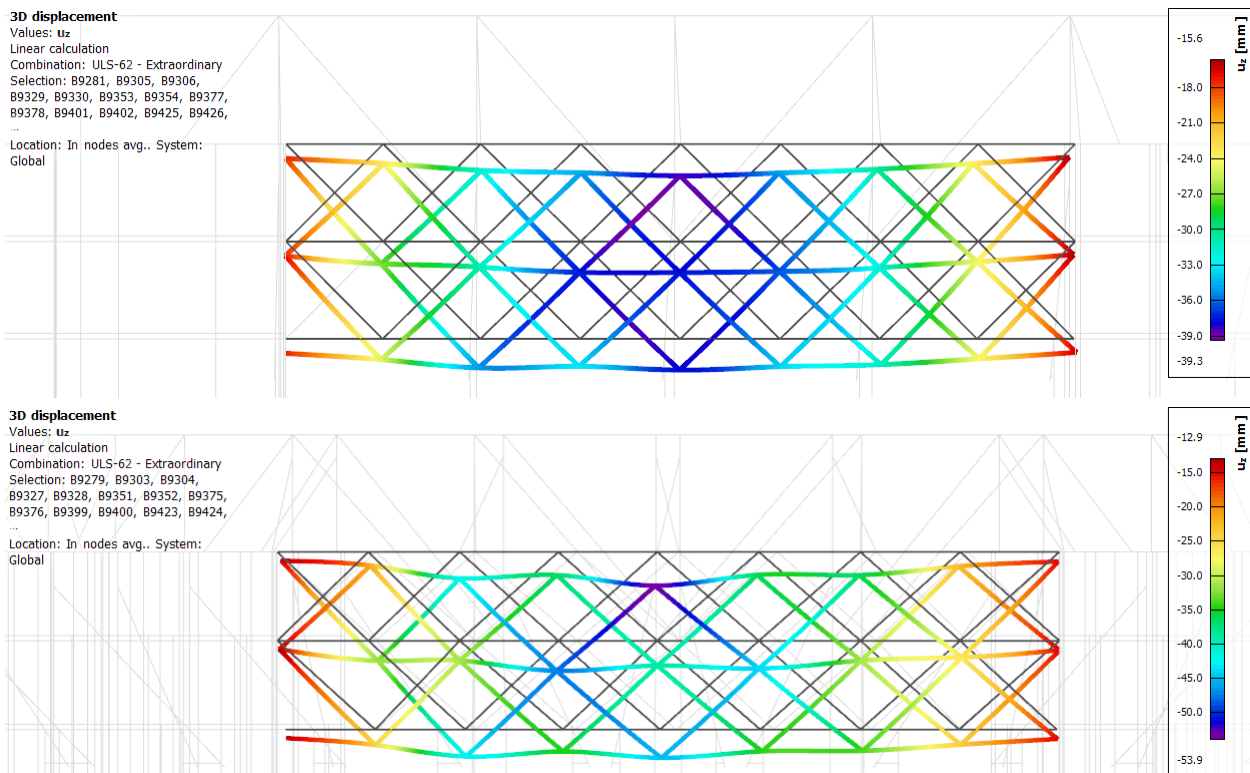
7.3.4.1 Scenario 1 – bezwijken zwaarst belaste drukdiagonaal

Scenario 1 bestaat uit het bezwijken van de zwaarst belaste drukdiagonaal nabij de kern. Figuur 7-55 geeft de vervorming weer,



Figuur 7-56 de normaalkrachten in het vakwerk en Figuur 7-57 de resultaten van de staalcontrole in SCIA Engineer.

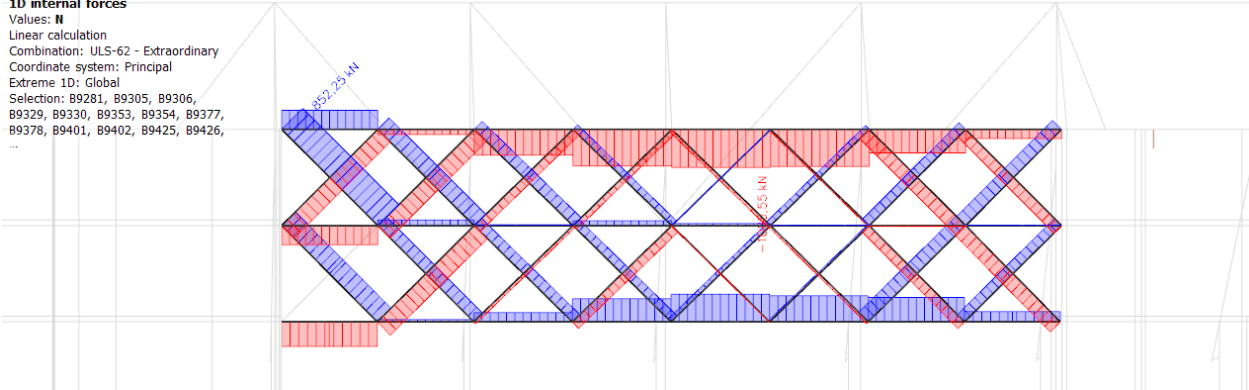
In Figuur 7-57 is te zien dat bij het bezwijken van de diagonaal er een lichte overschrijding van de maximale unity check van de bovenregel optreedt. Dit betreft de toetsing op stabiliteit voor een combinatie van knik en buigend moment. Een dergelijke lichte overschrijding wordt acceptabel geacht in deze bijzondere situatie. Ten eerste omdat de gehanteerde kniklengte gelijk is aan twee keer de systeemplengte, terwijl in werkelijkheid de horizontale regel volledig doorlopend is. Daarnaast sluiten er diagonalen aan op de horizontale regel halverwege de kniklengte die enige stijfheid bieden bij het uitknikken van het element.



Figuur 7-55: Vervormingsgedrag bij het bezwijken van de zwaarstbelaste drukdiagonaal van de gevelvakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

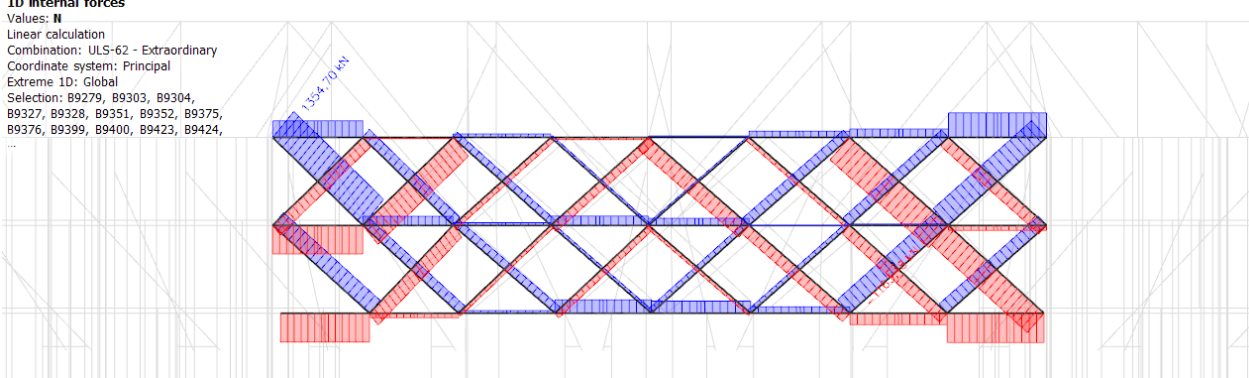
1D internal forces

Values: **N**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Global
Selection: B9281, B9305, B9306,
B9329, B9330, B9353, B9354, B9377,
B9378, B9401, B9402, B9425, B9426,
...



1D internal forces

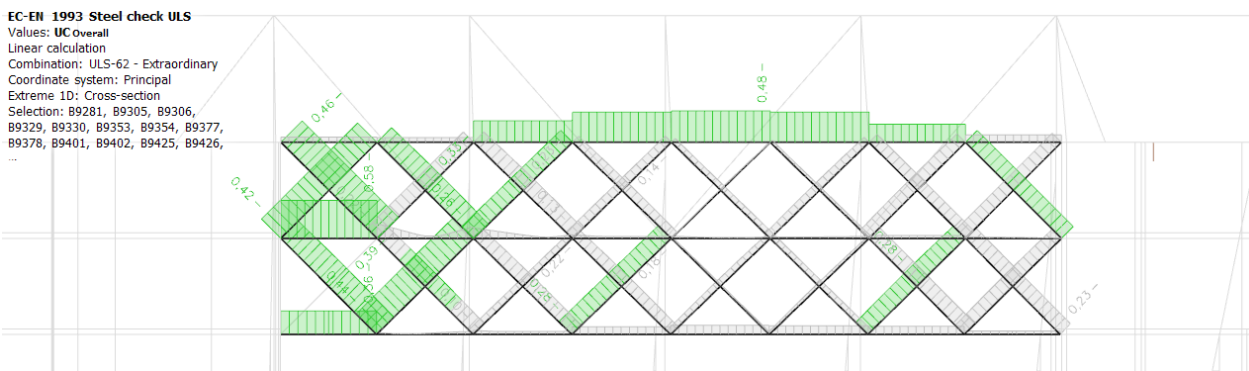
Values: **N**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Global
Selection: B9279, B9303, B9304,
B9327, B9328, B9351, B9352, B9375,
B9376, B9399, B9400, B9423, B9424,
...



Figuur 7-56: Krachtsafdracht bij het bezwijken van de zwaarstbelaste drukdiagonaal van de gevelvakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

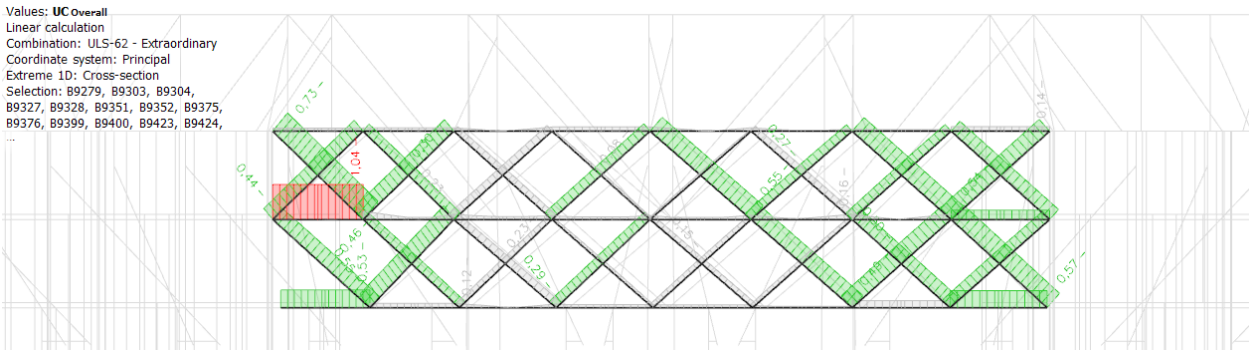
EC-EN 1993 Steel check ULS

Values: **UC Overall**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: B9281, B9305, B9306,
B9329, B9330, B9353, B9354, B9377,
B9378, B9401, B9402, B9425, B9426,
...



EC-EN 1993 Steel check ULS

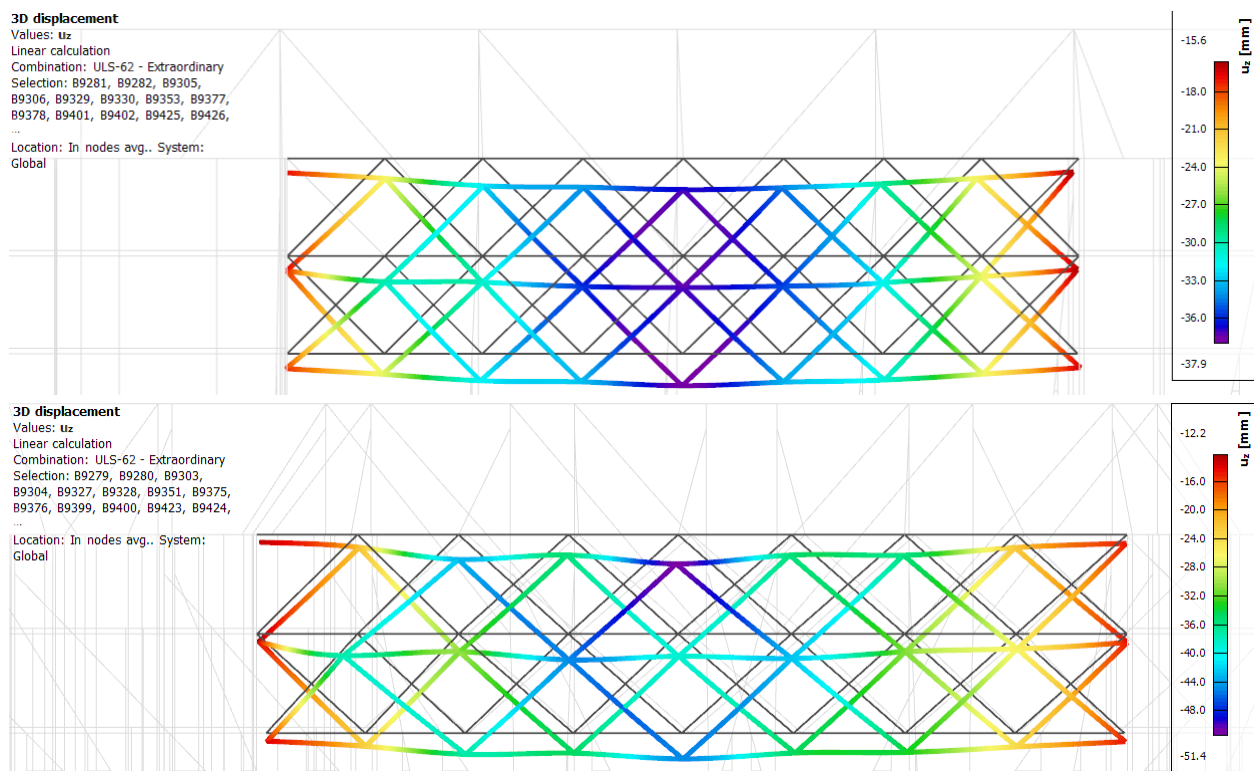
Values: **UC Overall**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: B9279, B9303, B9304,
B9327, B9328, B9351, B9352, B9375,
B9376, B9399, B9400, B9423, B9424,
...



Figuur 7-57: Unity checks van de staalcontrole bij het bezwijken van de zwaarst belaste drukdiagonaal van de gevelvakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

7.3.4.2 Scenario 4 – bezwijken zwaarst belaste trekdiagonaal

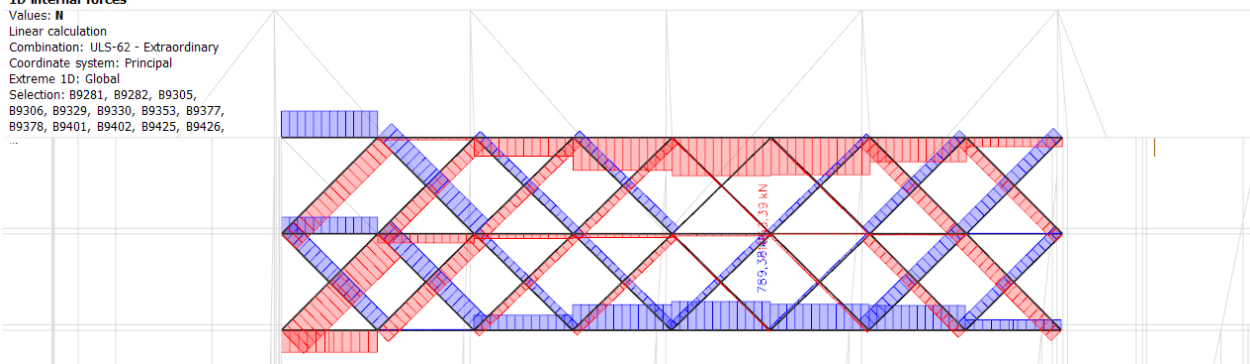
Scenario 4 bestaat uit het bezwijken van de zwaarst belaste trekdiagonaal nabij de kern. Figuur 7-58 geeft de vervorming weer, Figuur 7-59 de normaalkrachten in het vakwerk en Figuur 7-60 de resultaten van de staalcontrole in SCIA Engineer.



Figuur 7-58: Vervormingsgedrag bij het bezwijken van de zwaarstbelaste trekdiagonaal van de gevelvakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

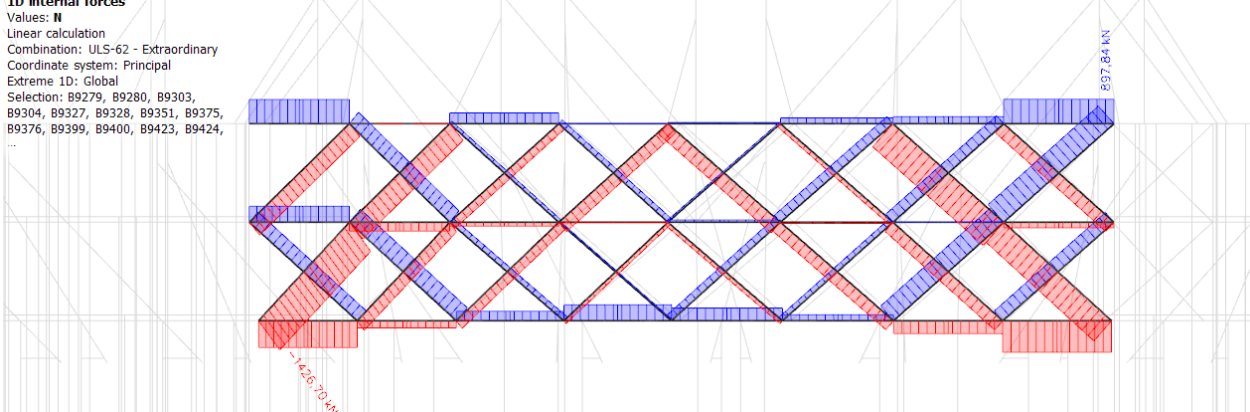
1D internal forces

Values: **N**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Global
Selection: B9281, B9282, B9305,
B9306, B9329, B9330, B9353, B9377,
B9378, B9401, B9402, B9425, B9426,
...



1D internal forces

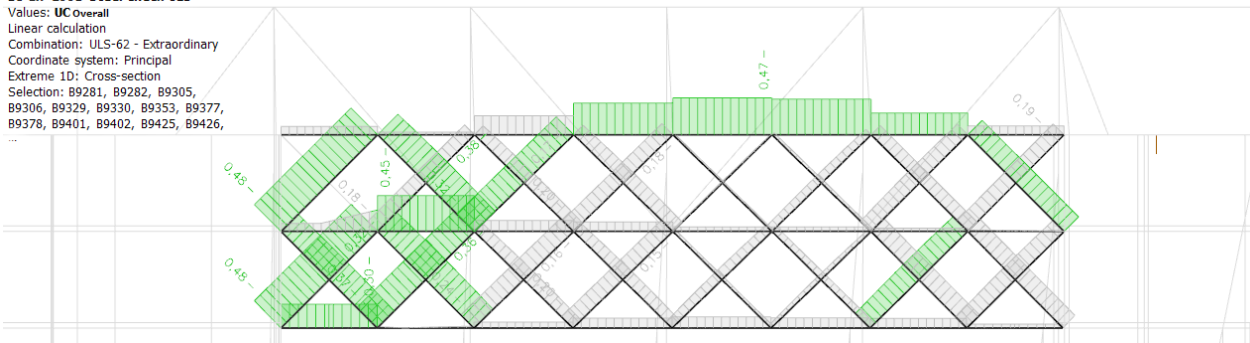
Values: **N**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Global
Selection: B9279, B9280, B9303,
B9304, B9327, B9328, B9351, B9375,
B9376, B9399, B9400, B9423, B9424,
...



Figuur 7-59: Krachtsafdracht bij het bezwijken van de zwaarstbelaste trekdiagonaal van de gevelvakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

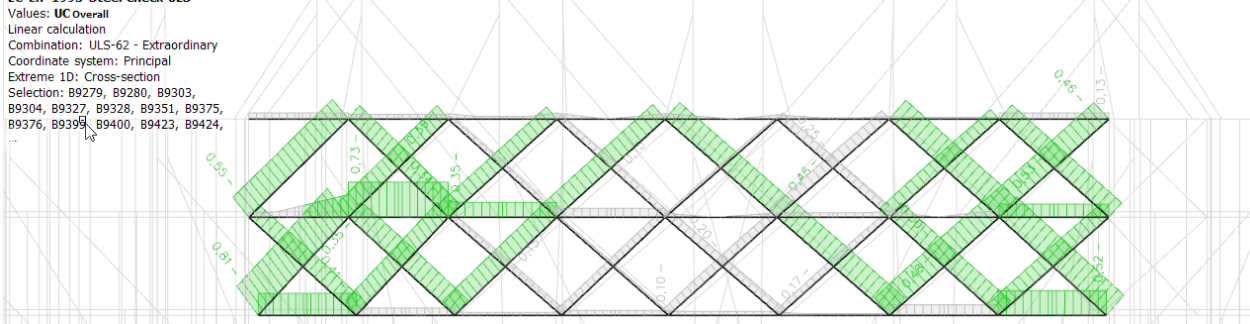
EC-EN 1993 Steel check ULS

Values: **UC Overall**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: B9281, B9282, B9305,
B9306, B9329, B9330, B9353, B9377,
B9378, B9401, B9402, B9425, B9426,
...



EC-EN 1993 Steel check ULS

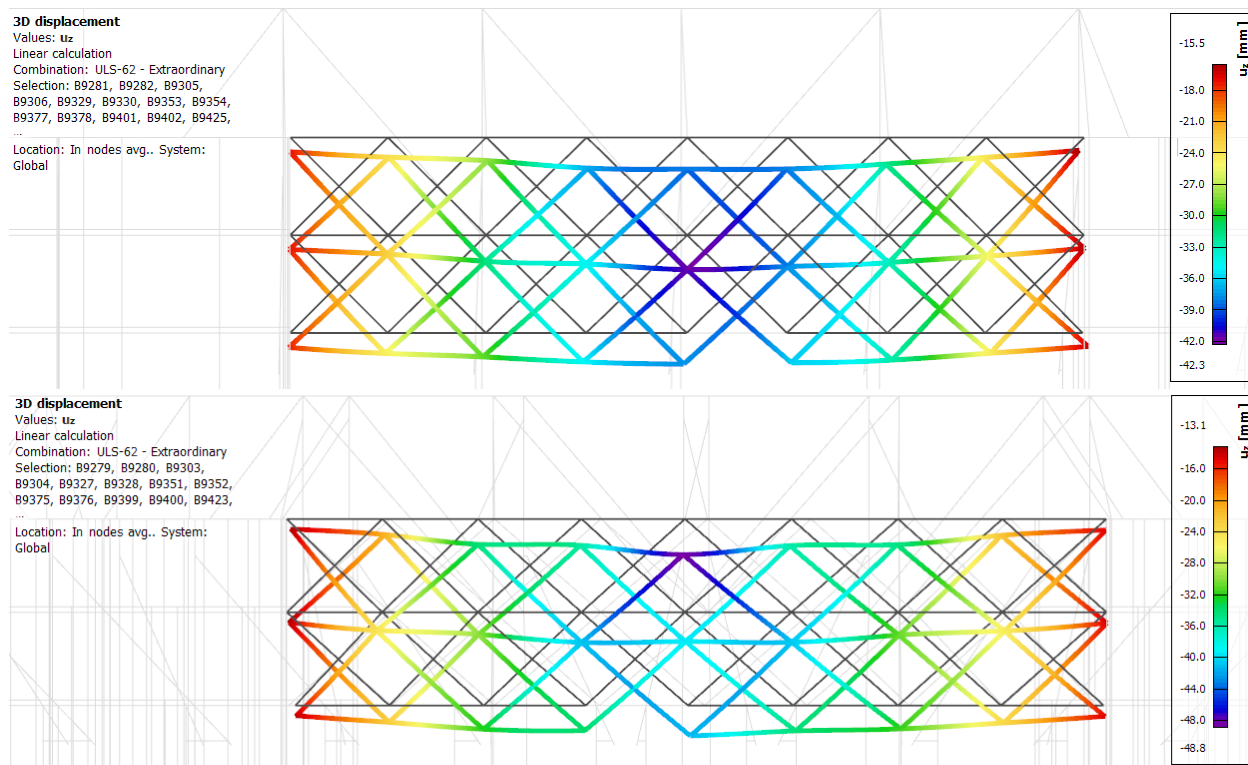
Values: **UC Overall**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: B9279, B9280, B9303,
B9304, B9327, B9328, B9351, B9375,
B9376, B9399, B9400, B9423, B9424,
...



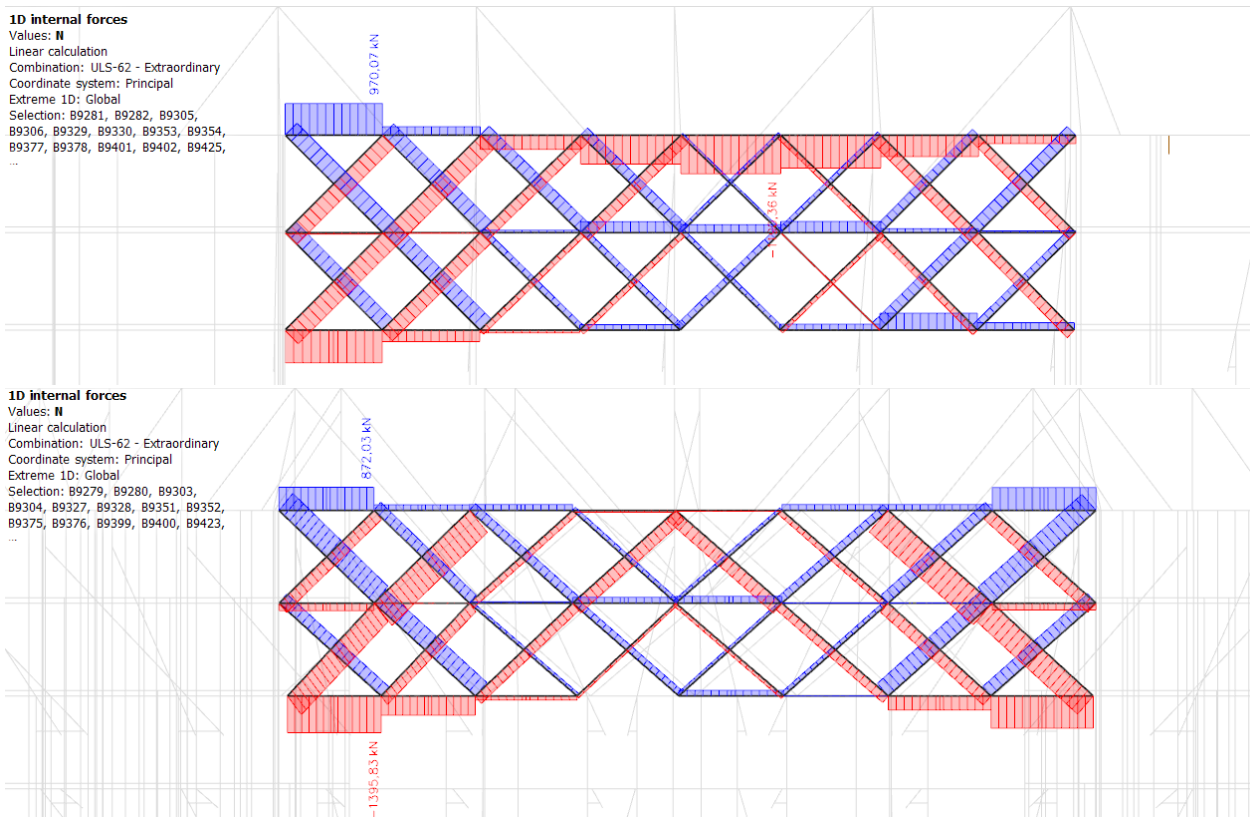
Figuur 7-60: Unity checks van de staalcontrol bij het bezwijken van de zwaarstbelaste trekdiagonaal van de gevelvakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

7.3.4.3 Scenario 9 – bezwijken onderregel

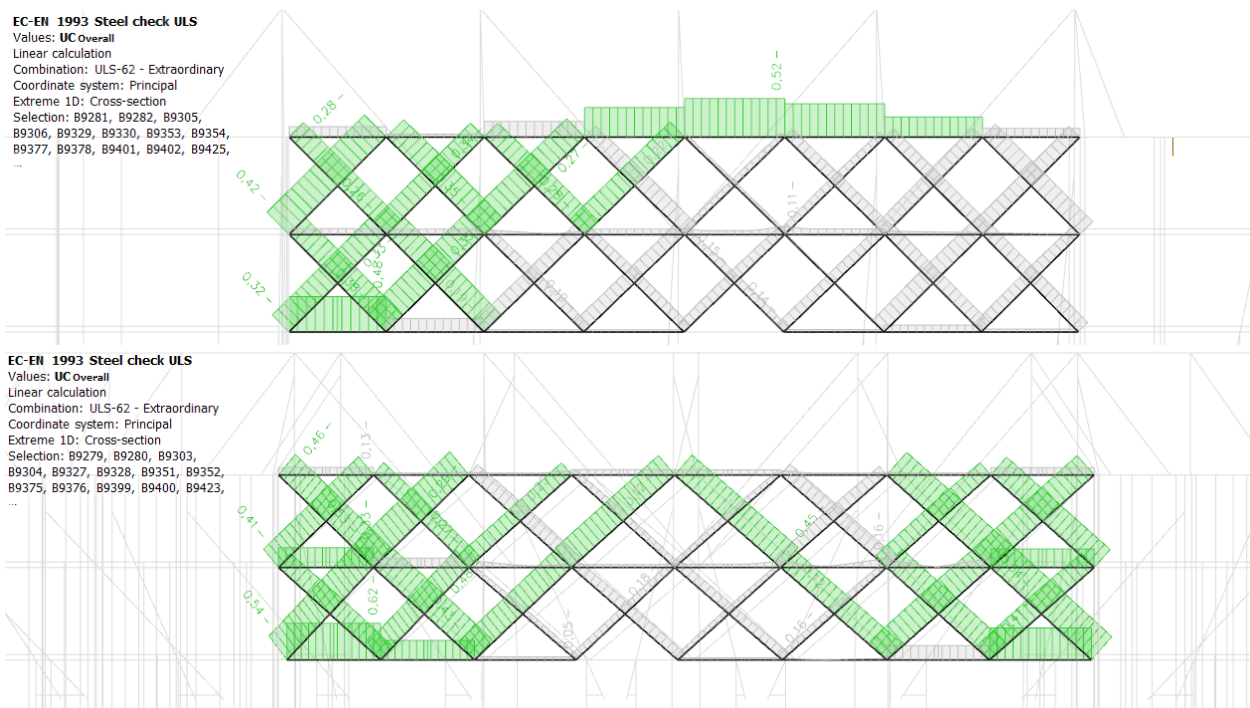
Scenario 9 bestaat uit het bezwijken van de onderregel nabij de kern. Figuur 7-61 geeft de vervorming weer, Figuur 7-62 de normaalkrachten in het vakwerk en Figuur 7-63 de resultaten van de staalcontrole in SCIA Engineer.



Figuur 7-61: Vervormingsgedrag bij het bezwijken van de onderregel van de gevelvakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).



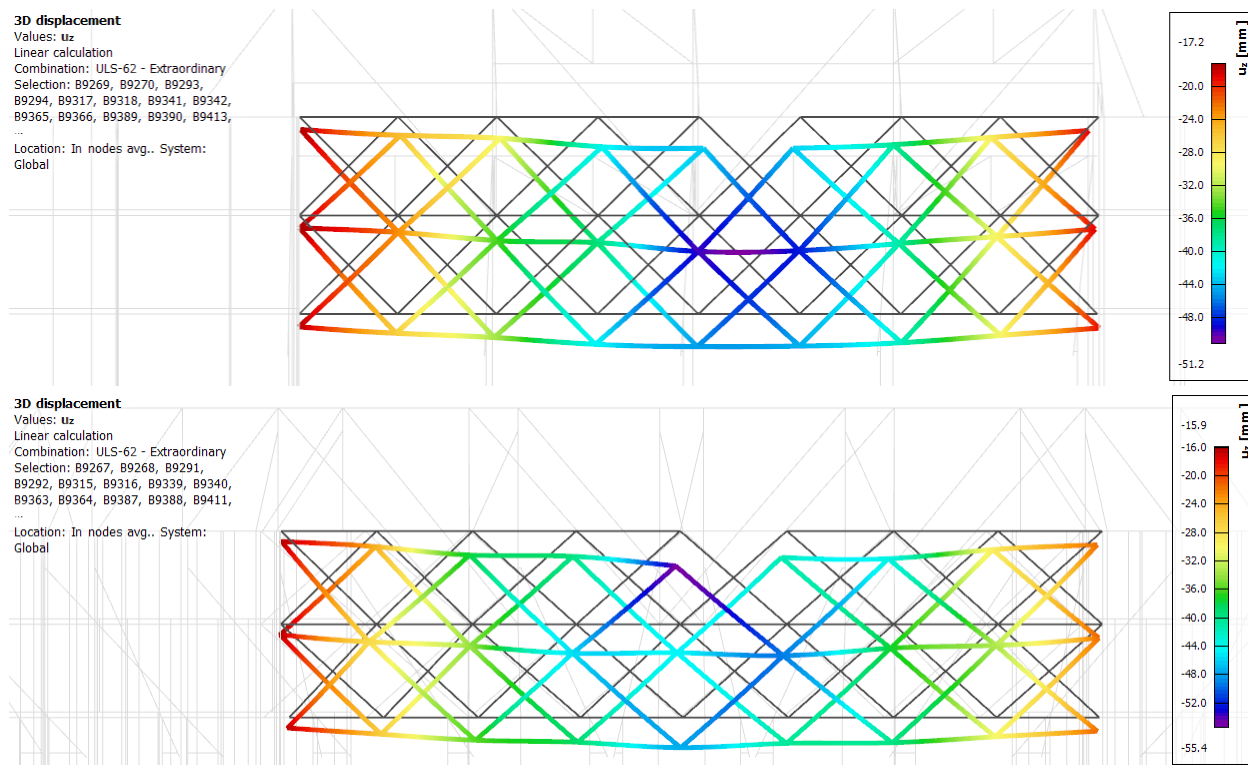
Figuur 7-62: Krachtsafracht bij het bezwijken van de onderregel van de gevelvakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).



Figuur 7-63: Unity checks van de staalcontrolle bij het bezwijken van de onderregel van de gevelvakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

7.3.4.4 Scenario 10 – bezwijken bovenregel

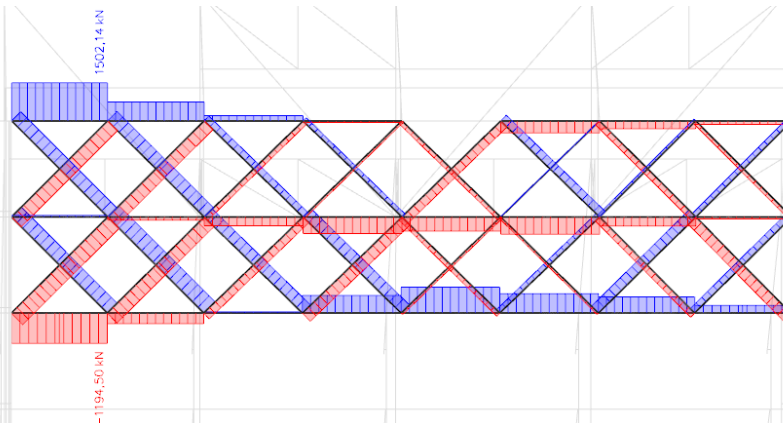
Scenario 10 bestaat uit het bezwijken van de bovenregel nabij de kern. Figuur 7-64 geeft de vervorming weer, Figuur 7-65 de normaalkrachten in het vakwerk en Figuur 7-66 de resultaten van de staalcontrole in SCIA Engineer.



Figuur 7-64: Vervormingsgedrag bij het bezwijken van de bovenregel van de gevelvakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

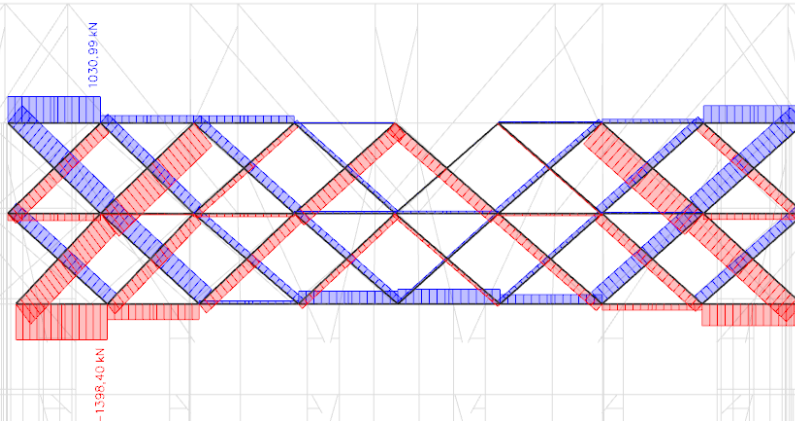
1D internal forces

Values: **N**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Global
Selection: B9269, B9270, B9293,
B9294, B9317, B9318, B9341, B9342,
B9365, B9366, B9389, B9390, B9413,
...



1D internal forces

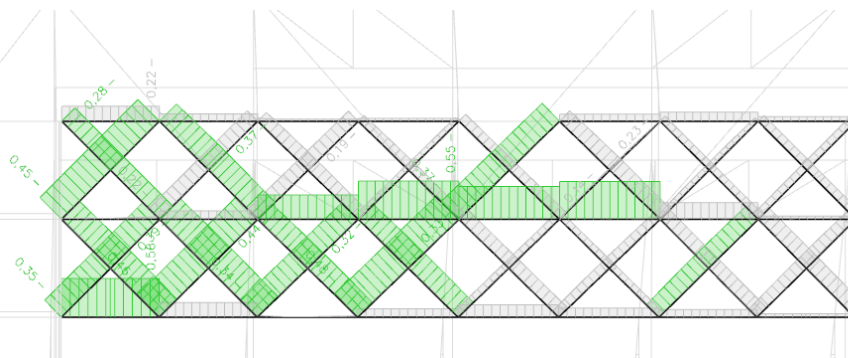
Values: **N**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Global
Selection: B9267, B9268, B9291,
B9292, B9315, B9316, B9339, B9340,
B9363, B9364, B9387, B9388, B9411,
...



Figuur 7-65: Krachtsafdracht bij het bezwijken van de bovenregel van de gevelvakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

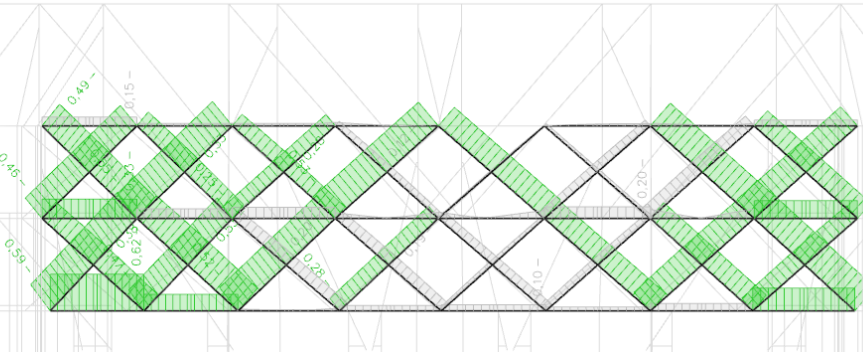
EC-EN 1993 Steel check ULS

Values: **UC Overall**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: B9269, B9270, B9293,
B9294, B9317, B9318, B9341, B9342,
B9365, B9366, B9389, B9390, B9413,
...



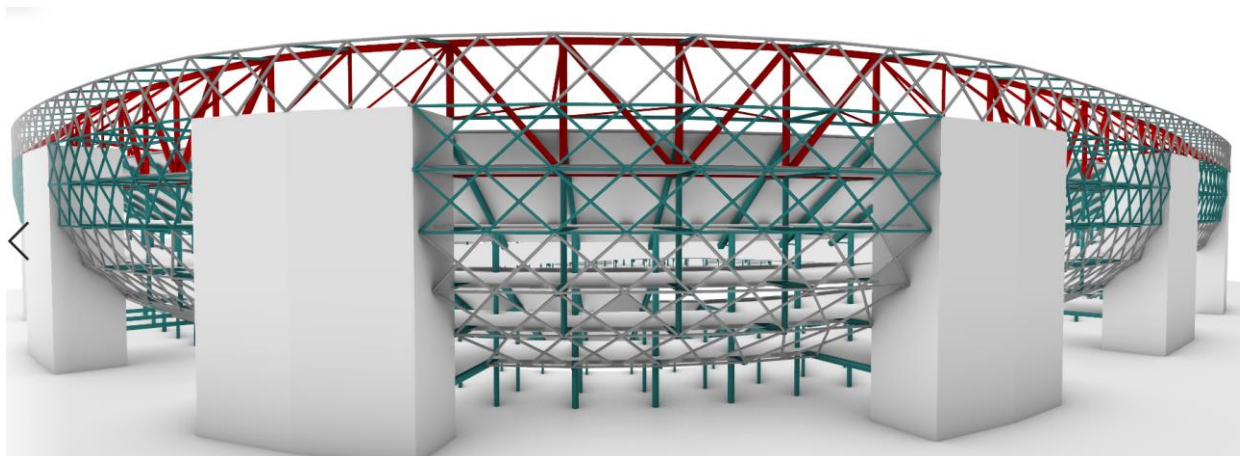
EC-EN 1993 Steel check ULS

Values: **UC Overall**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: B9267, B9268, B9291,
B9292, B9315, B9316, B9339, B9340,
B9363, B9364, B9387, B9388, B9411,
...



Figuur 7-66: Unity checks van de staalcontrolle bij het bezwijken van de bovenregel van de gevelvakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

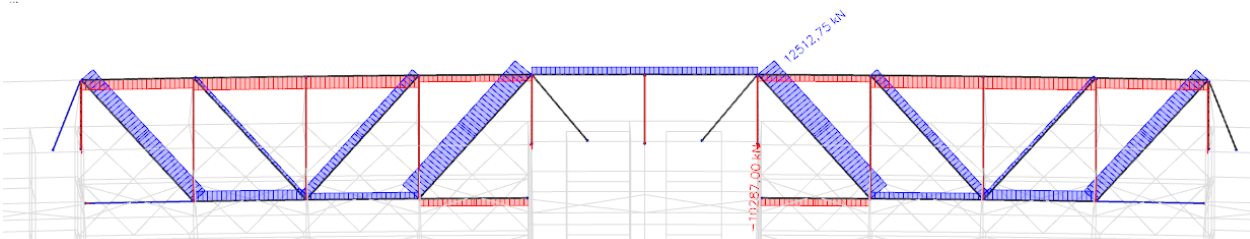
Het vakwerk, met rood aangegeven in Figuur 7-67, draagt een deel van de vloerbelastingen op niveaus L04 t/m L07 en een deel van de belastingen op tier 3. Figuur 7-68 geeft een doorsnede weer met de locatie van het vakwerk. Figuur 7-69 geeft de krachtsafracht weer in een normale situatie.

[illegible]

6 mei 2020

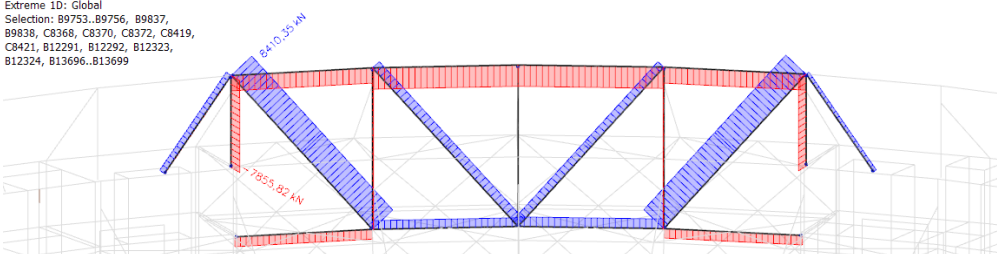
1D internal forces

Values: **N**
 Linear calculation
 Class: All ULS
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Global
 Selection: B9745..B9752, B9892,
 B7224, C8356, C8358, C8360, C8362,
 C8364, C8366, C8411, C8413, C8415,
 ...



1D internal forces

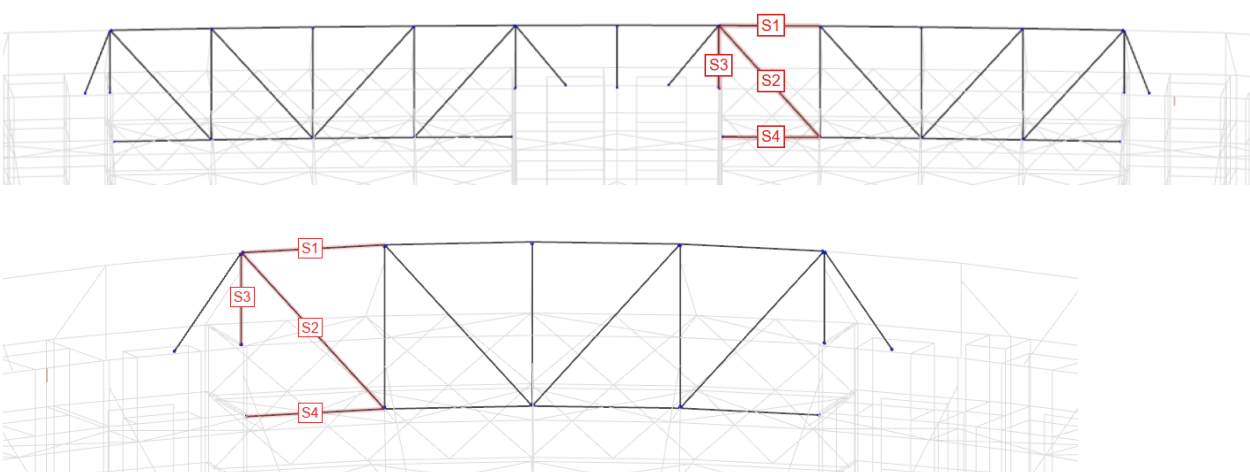
Values: **N**
 Linear calculation
 Class: All ULS
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Global
 Selection: B9753..B9756, B9837,
 B9838, C8368, C8370, C8372, C8419,
 C8421, B12291, B12292, B12323,
 B12324, B13696..B13699



Figuur 7-69: Krachtsafdracht van het vakwerk tussen de kernen in de normale situatie voor de lange en korte zijde (boven) en de hoeken (onder).

Door de vakwerken over de kernen door te laten lopen als een doorgaande ligger, of waar dat niet kan, in te klemmen op de kern, wordt een statisch onbepaald systeem gecreëerd die een zekere vorm van robuustheid biedt die niet gehaald wordt als de vakwerken slechts als statisch bepaalde ligger tussen de kernen spannen. Bij het wegvallen van een staaf in het vakwerk kan het vakwerk voor een groot deel als uitkragende ligger werken.

Voor de tweede draagweg situatie zijn maatgevende scenario's voor het globale gedrag. Deze scenario's zijn weergegeven in Figuur 7-70 en bestaan uit het ontbreken van een bovenregel, diagonaal of verticaal ter plaatse van de kern. Voor de rechte vakwerken geldt dat de scenario's voor zowel de middenkern als één van de kernen aan weerszijden zijn bekeken.



Figuur 7-70: Weergave van de 4 verschillende scenario's voor de lange en korte zijde (boven) en de hoeken (onder).

Voor een tweede draagweg analyse dient er gerekend te worden met een buitengewone belastingcombinatie volgens tabel NB.7 – A1.3 in NEN-EN 1990. Bij deze situatie resulteert dat in de onderstaande combinatie:

Buitengewoon (Vgl. 6.11a/b): $1,0G + \Psi_{2,i}Q_{k,i}$

Hierbij is $\Psi_2 = 0,6$ voor variabele belastingen in categorie C volgens tabel NB.2 – A1.1 in NEN-EN 1990.

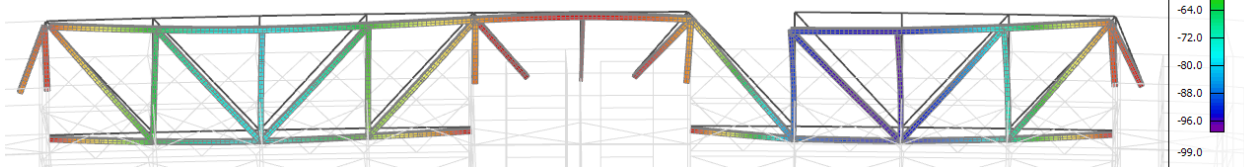
In onderstaande paragrafen zijn de vervormingen te zien in de verschillende scenario's. Hieruit blijkt dat de grootste vervorming optreedt in het geval van het wegvallen van een diagonaal. De bijbehorende verplaatsing bedraagt ca. 310 mm op een overspanning van 40 meter en is in een tweede draagweg situatie acceptabel en voldoende klein om een realistische lineaire analyse uit te voeren.

7.3.5.1 Scenario 1 – bezwijken bovenregel

Scenario 1 bestaat uit het bezwijken van een bovenregel nabij de kern. In dit geval kraagt het vak bij de bezweken bovenregel uit vanaf de kern waar het andere deel van het vakwerk op afsteunt. Figuur 7-71 geeft de vervorming weer, Figuur 7-72 de normaalkrachten in het vakwerk en Figuur 7-73 de resultaten van de staalcontrole in SCIA Engineer.

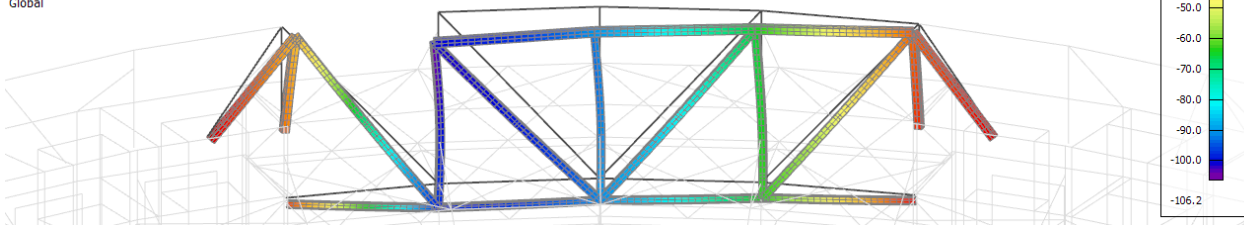
3D displacement

Values: u_z
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Selection: B9745..B9752, B9892,
B7224, C8356, C8358, C8360, C8362,
C8364, C8366, C8411, C8413, C8415,
...
Location: In nodes avg.. System:
Global



3D displacement

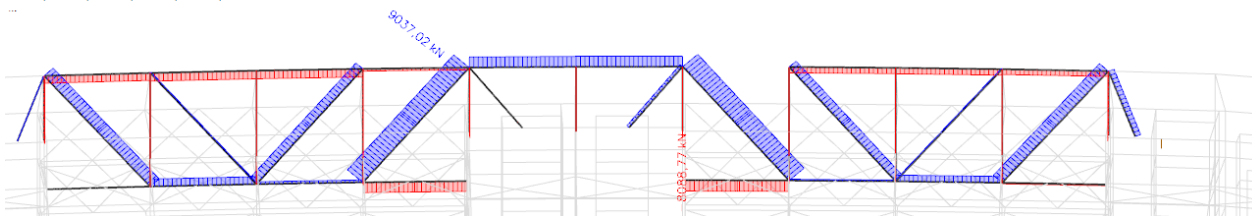
Values: u_z
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Selection: B9741..B9744, B9835,
B9836, C8350, C8352, C8354, C8407,
C8409, B12286, B12313, B12314,
B13804..B13807
Location: In nodes avg.. System:
Global



Figuur 7-71: Vervormingsgedrag bij het bezwijken van de bovenregel voor de vakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

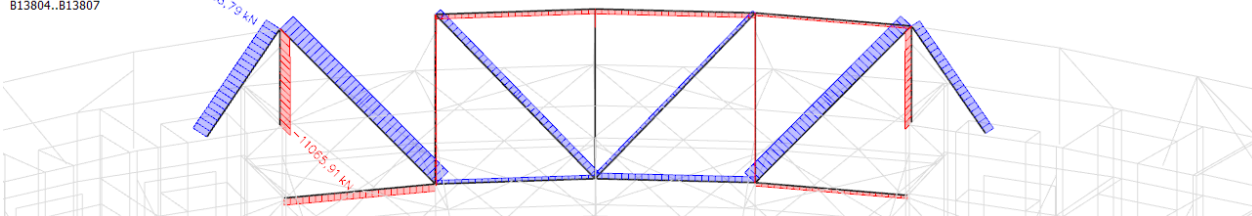
1D internal forces

Values: **N**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Global
Selection: B9745..B9752, B9892,
B7224, C8356, C8358, C8360, C8362,
C8364, C8366, C8411, C8413, C8415,
...



1D internal forces

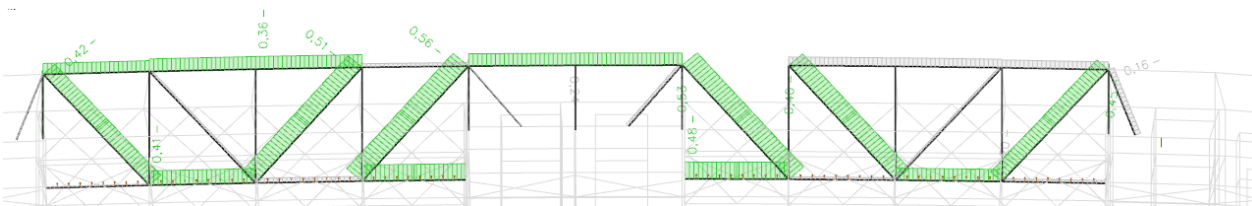
Values: **N**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Global
Selection: B9741..B9744, B9835,
B9836, C8350, C8352, C8354, C8407,
C8409, B12286, B12313, B12314, B12314,
B13804..B13807



Figuur 7-72: Normaalkracht bij het bezwijken van de bovenregel voor de vakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

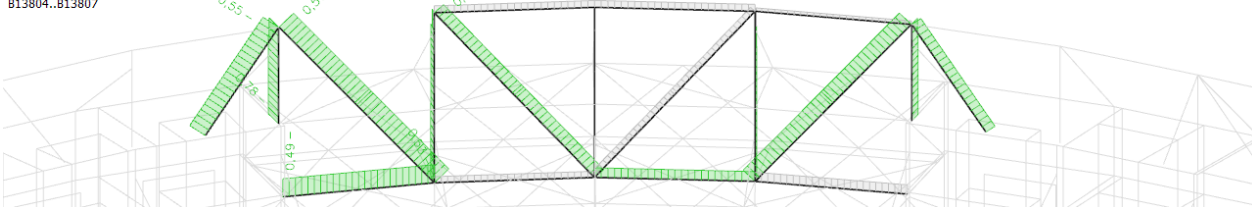
EC-EN 1993 Steel check ULS

Values: **UC_{Overall}**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: B9745..B9752, B9892,
B7224, C8356, C8358, C8360, C8362,
C8364, C8366, C8411, C8413, C8415,
...



EC-EN 1993 Steel check ULS

Values: **UC_{Overall}**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: B9741..B9744, B9835,
B9836, C8350, C8352, C8354, C8407,
C8409, B12286, B12313, B12314,
B13804..B13807

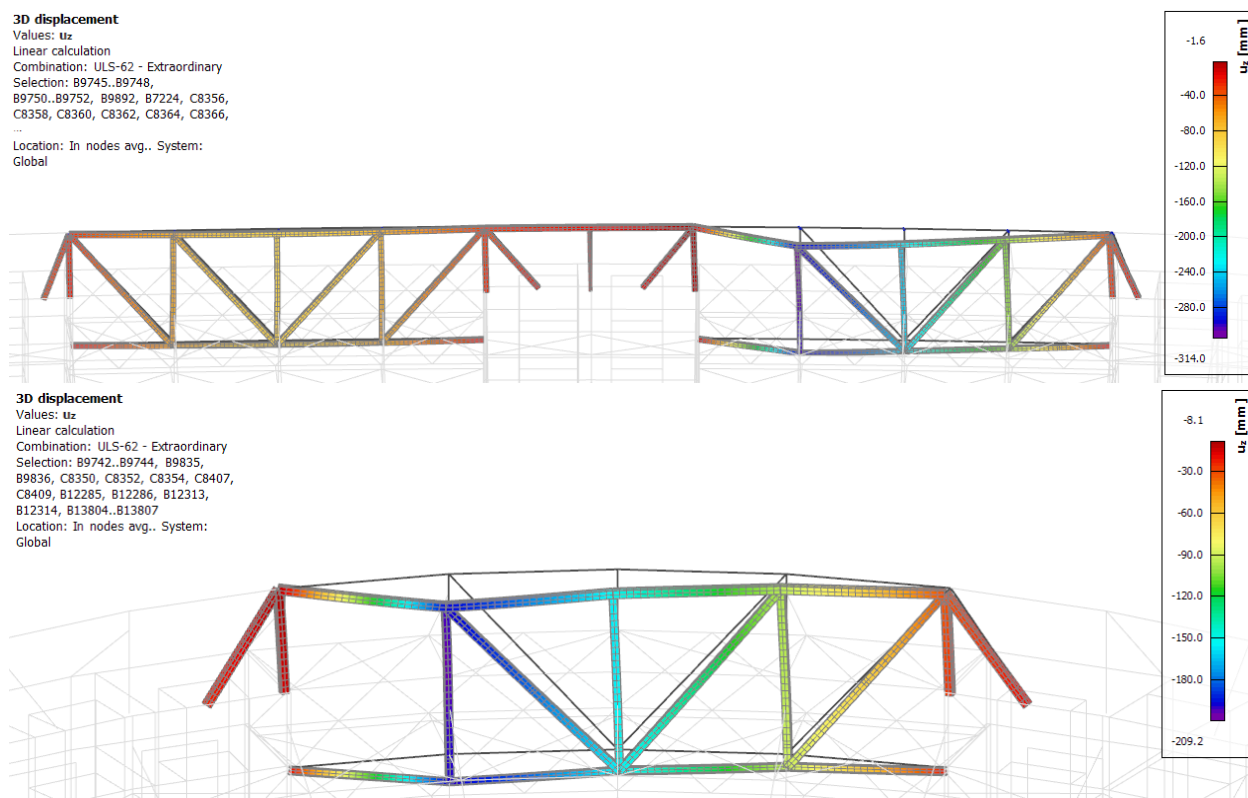


Figuur 7-73: Unity checks van de staalcontrole bij het bezwijken van de bovenregel voor de vakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

7.3.5.2 Scenario 2 – bezwijken diagonaal

Scenario 2 bestaat uit het bezwijken van een diagonaal nabij de kern. Dit is het meest maatgevende scenario van de vier met betrekking tot het vervormingsgedrag en toetsing van het overgrote deel van de constructie. Bij het bezwijken van een diagonaal is het niet mogelijk om belasting naar de kern over te brengen en dient het vakwerk vanaf de andere kant uit te kragen. Figuur 7-74 geeft de vervorming weer, Figuur 7-75 de normaalkrachten in het vakwerk en Figuur 7-76 de resultaten van de staalcontrole in SCIA Engineer.

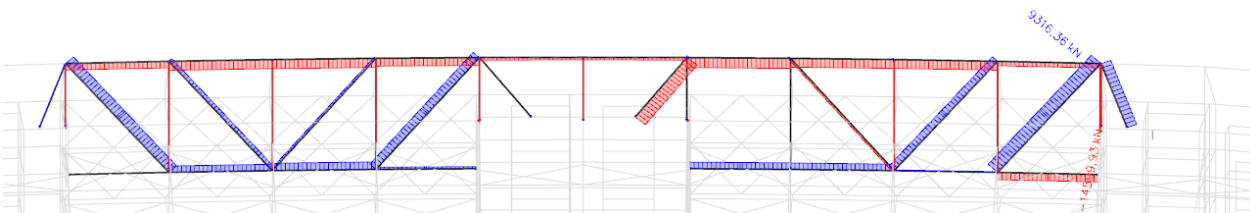
In Figuur 7-76 is te zien dat bij het bezwijken van de diagonaal er een lichte overschrijding van de maximale unity check van de bovenregel optreedt. Dit betreft de toetsing op stabiliteit voor een combinatie van knik en buigend moment. Een dergelijke lichte overschrijding wordt acceptabel geacht in deze bijzondere situatie, omdat de gehanteerde kniklengte gelijk is aan de systeemplengte terwijl in werkelijkheid de bovenregel volledig doorlopend is.



Figuur 7-74: Vervormingsgedrag bij het bezwijken van een diagonaal voor de vakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

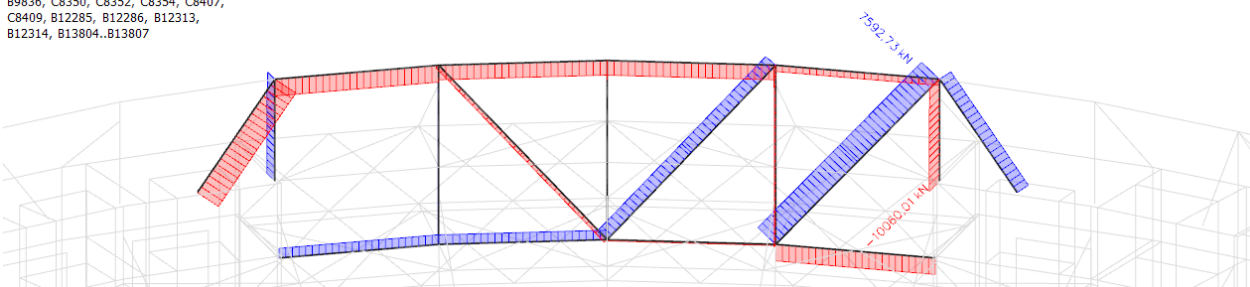
1D internal forces

Values: **N**
 Linear calculation
 Combination: ULS-62 - Extraordinary
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Global
 Selection: B9745..B9748,
 B9750..B9752, B9892, B7224, C8356,
 C8358, C8360, C8362, C8364, C8366,
 ...



1D internal forces

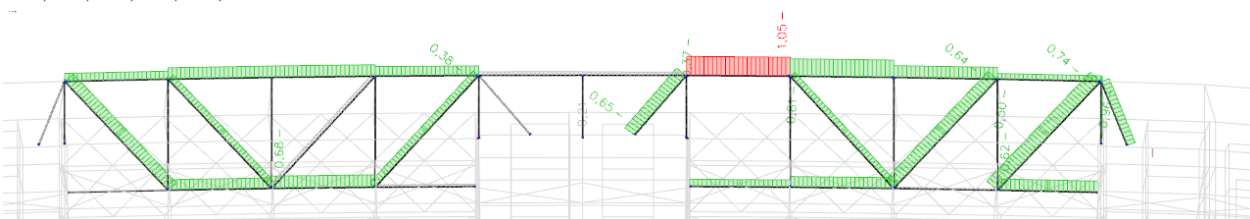
Values: **N**
 Linear calculation
 Combination: ULS-62 - Extraordinary
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Global
 Selection: B9742..B9744, B9835,
 B9836, C8350, C8352, C8354, C8407,
 C8409, B12285, B12286, B12313,
 B12314, B13804..B13807



Figuur 7-75: Normaalkracht bij het bezwijken van een diagonaal voor de vakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

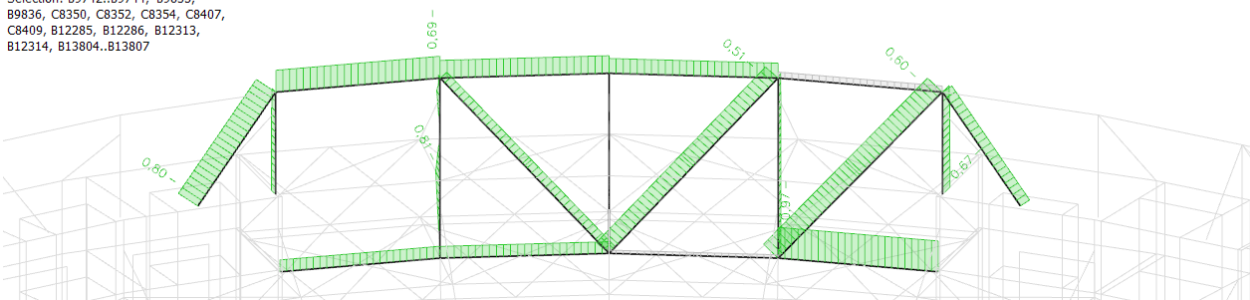
EC-EN 1993 Steel check ULS

Values: **UC_{Overall}**
 Linear calculation
 Combination: ULS-62 - Extraordinary
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Cross-section
 Selection: B9745..B9748,
 B9750..B9752, B9892, B7224, C8356,
 C8358, C8360, C8362, C8364, C8366,
 ...



EC-EN 1993 Steel check ULS

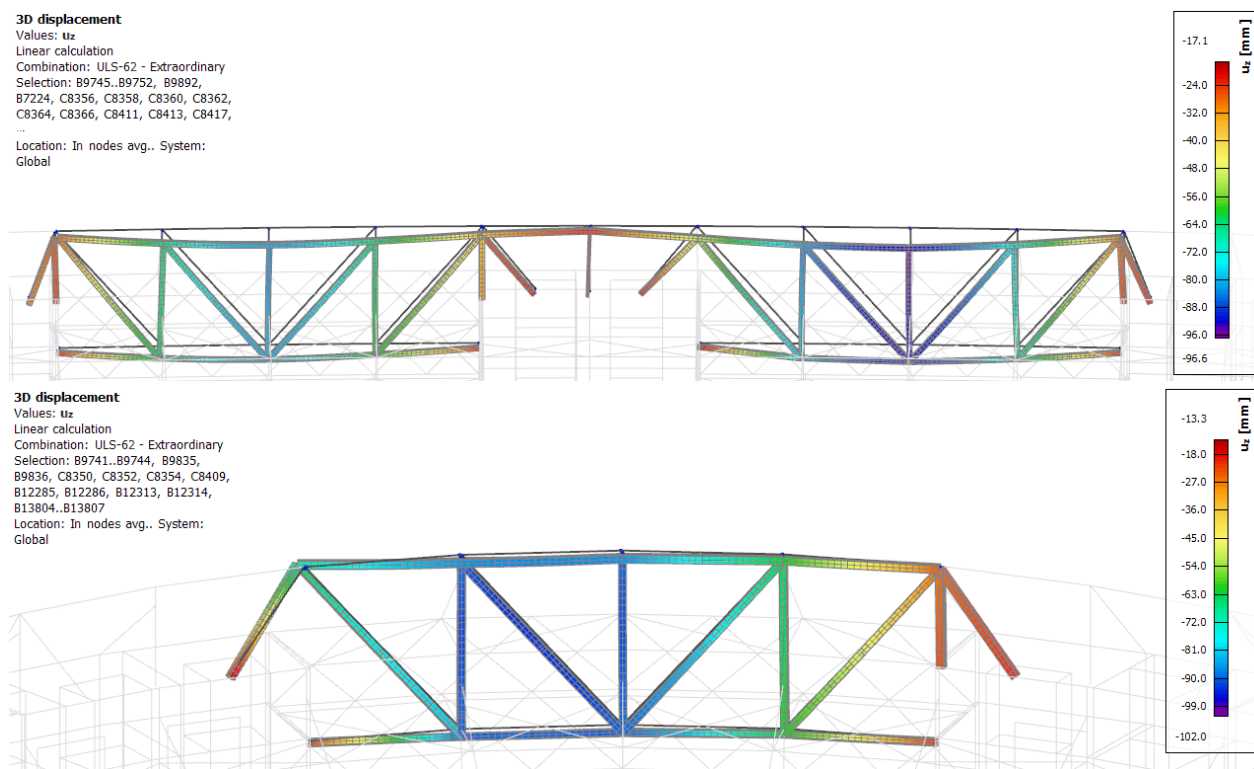
Values: **UC_{Overall}**
 Linear calculation
 Combination: ULS-62 - Extraordinary
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Cross-section
 Selection: B9742..B9744, B9835,
 B9836, C8350, C8352, C8354, C8407,
 C8409, B12285, B12286, B12313,
 B12314, B13804..B13807



Figuur 7-76: Unity checks van de staalcontrole bij het bezwijken van een diagonaal voor de vakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

7.3.5.3 Scenario 3 – bezwijken verticaal

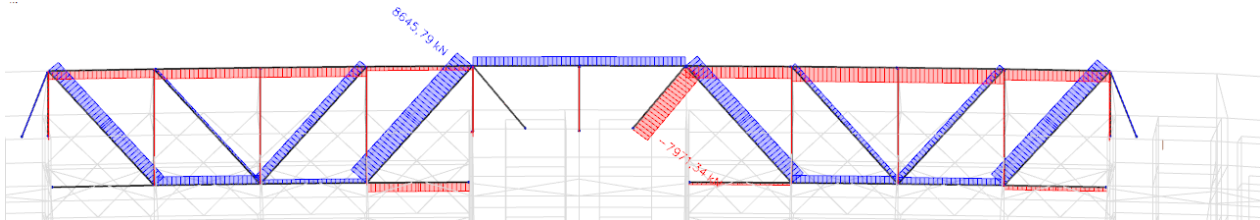
Scenario 3 bestaat uit het bezwijken van de verticaal op de kern. In dit geval moet de dwarskracht die uit het vakwerk volgt naar de kern afgedragen worden via de diagonaal die hier als tweede draagweg voorziening functioneert. Figuur 7-77 geeft de vervorming weer, Figuur 7-78 de normaalkrachten in het vakwerk en Figuur 7-79 de resultaten van de staalcontrole in SCIA Engineer.



Figuur 7-77: Vervormingsgedrag bij het bezwijken van de verticaal op de kern voor de vakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

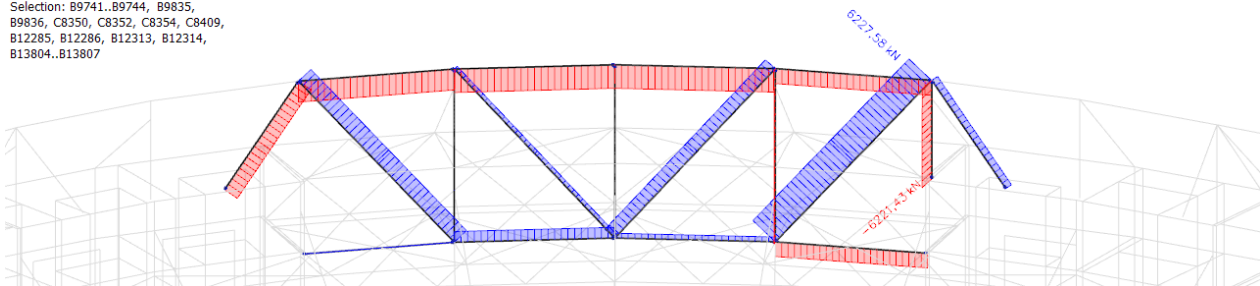
1D internal forces

Values: **N**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Global
Selection: B9745..B9752, B9892,
B7224, C8356, C8358, C8360, C8362,
C8364, C8366, C8411, C8413, C8417,
...



1D internal forces

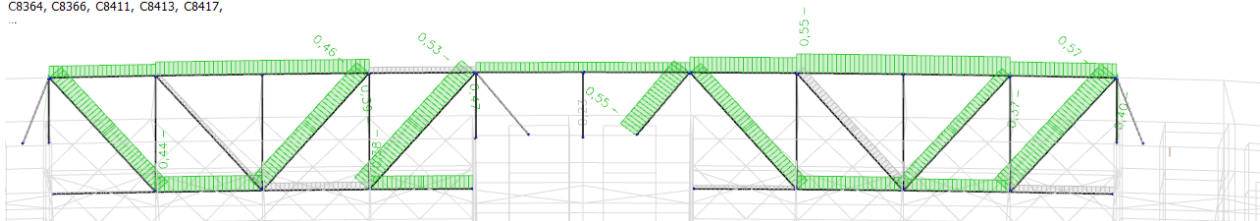
Values: **N**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Global
Selection: B9741..B9744, B9835,
B9836, C8350, C8352, C8354, C8409,
B12285, B12286, B12313, B12314,
B13804..B13807



Figuur 7-78: Normaalkracht bij het bezwijken van de verticaal op de kern voor de vakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

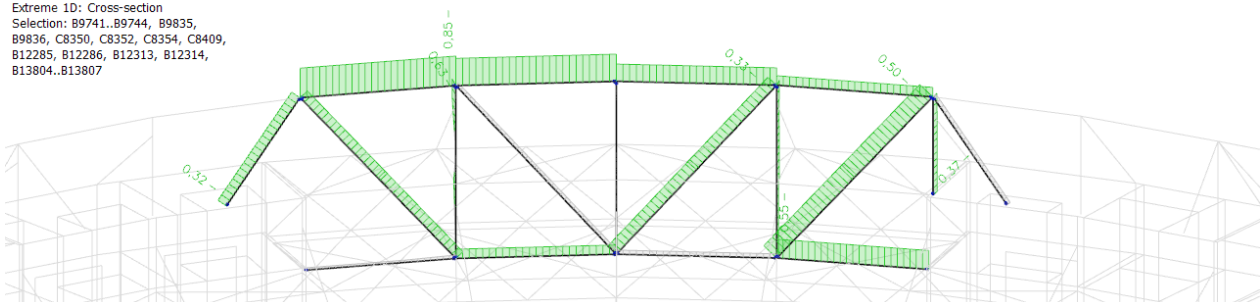
EC-EN 1993 Steel check ULS

Values: **UC_{Overall}**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: B9745..B9752, B9892,
B7224, C8356, C8358, C8360, C8362,
C8364, C8366, C8411, C8413, C8417,
...



EC-EN 1993 Steel check ULS

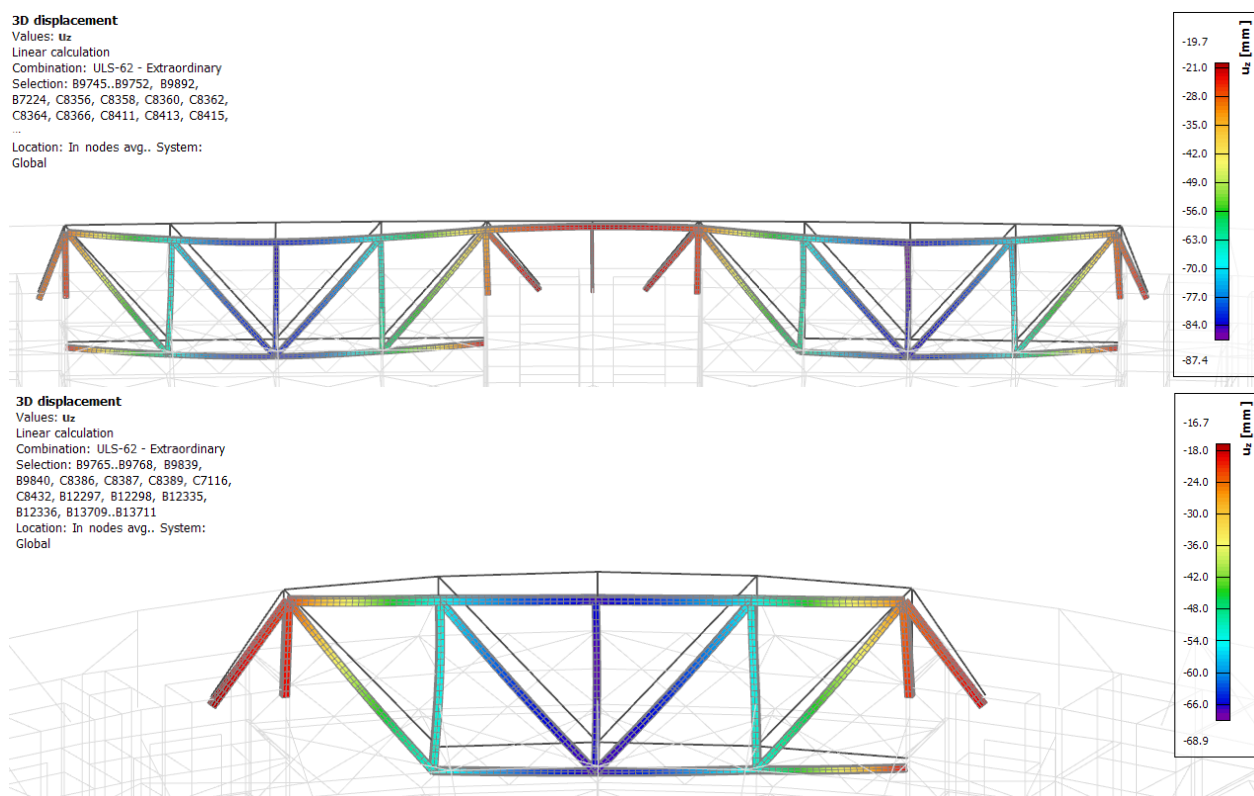
Values: **UC_{Overall}**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: B9741..B9744, B9835,
B9836, C8350, C8352, C8354, C8409,
B12285, B12286, B12313, B12314,
B13804..B13807



Figuur 7-79: Unity checks van de staalcontrol bij het bezwijken van de verticaal op de kern voor de vakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

7.3.5.4 Scenario 4 – bezwijken onderregel

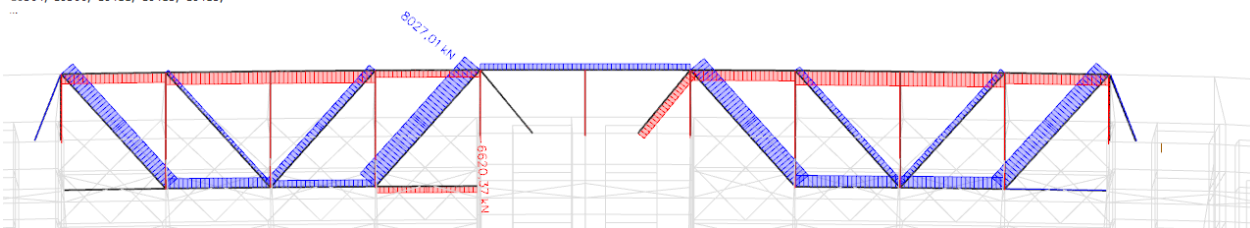
Scenario 4 bestaat uit het bezwijken van een onderregel nabij de kern. In dit geval is het voor het vakwerk niet meer mogelijk als doorgaande of ingeklemde ligger te functioneren en gaat het systeem werken als een normale ligger op twee steunpunten. Figuur 7-80 geeft de vervorming weer, Figuur 7-81 de normaalkrachten in het vakwerk en Figuur 7-82 de resultaten van de staalcontrolen in SCIA Engineer.



Figuur 7-80: Vervormingsgedrag bij het bezwijken van de onderregel voor de vakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

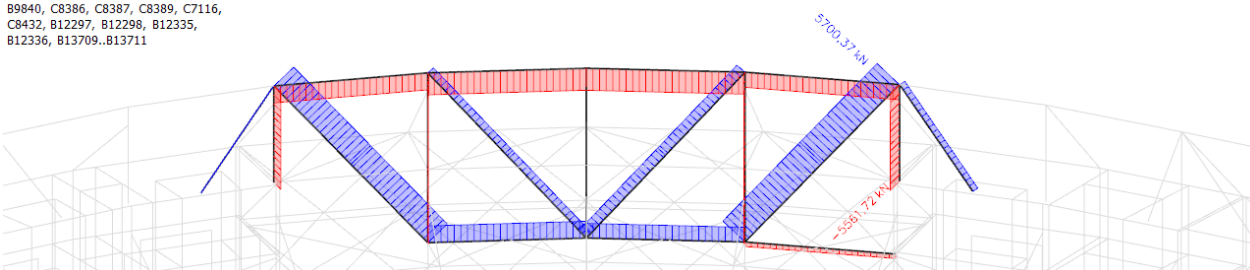
1D internal forces

Values: **N**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Global
Selection: B9745..B9752, B9892,
B7224, C8356, C8358, C8360, C8362,
C8364, C8366, C8411, C8413, C8415,
...



1D internal forces

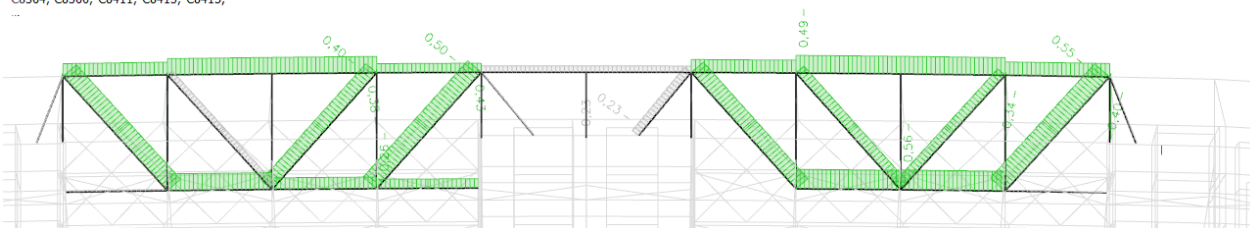
Values: **N**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Global
Selection: B9765..B9768, B9839,
B9840, C8386, C8387, C8389, C7116,
C8432, B12297, B12298, B12335,
B12336, B13709..B13711



Figuur 7-81: Normaalkracht bij het bezwijken van de onderregel voor de vakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

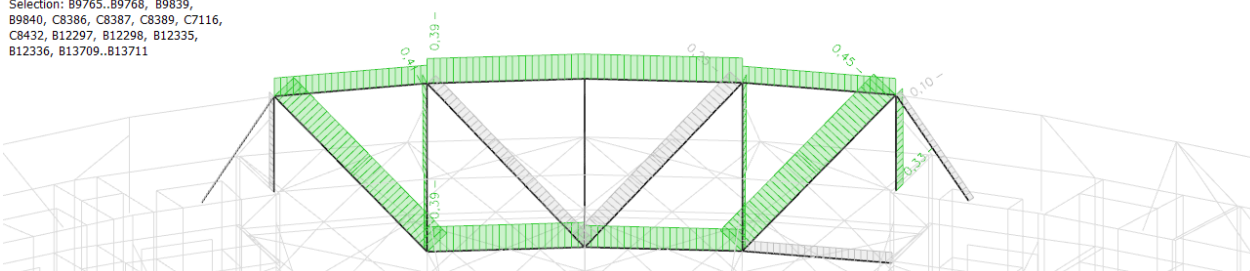
EC-EN 1993 Steel check ULS

Values: **UC Overall**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: B9745..B9752, B9892,
B7224, C8356, C8358, C8360, C8362,
C8364, C8366, C8411, C8413, C8415,
...



EC-EN 1993 Steel check ULS

Values: **UC Overall**
Linear calculation
Combination: ULS-62 - Extraordinary
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: B9765..B9768, B9839,
B9840, C8386, C8387, C8389, C7116,
C8432, B12297, B12298, B12335,
B12336, B13709..B13711



Figuur 7-82: Unity checks van de staalcontrolle bij het bezwijken van de onderregel voor de vakwerken op de lange en korte zijde (boven) en in de hoeken (onder).

7.3.6 Tweede draagweg oplegging primaire liggers t.p.v. dwarswanden

Ter plaatse van de oplegging van de primaire spanten bevinden zich 4 dwarswanden die samen met de buitenwand van de kern de belasting dienen af te dragen. De buitenwand van de kern is onderdeel van de zogeheten kritische elementen, zie paragraaf 7.2.1. Voor de dwarswanden dient er echter vanuit gegaan te worden dat er één van deze afwezig kan zijn in geval van calamiteit. Hiertoe dient de betonbalk (afm. 2,0 x 1,5) uitgewerkt te worden met één van onderstaande situaties in combinatie met de belastingen zoals vermeld in Figuur 7-10.

