

**Op welke manier kan Verhoeven en Leenders een  
wapeningsmodel opzetten in revit.**

**3 dimensionaal wapenen, het kan!**

Document	: Afstudeerscriptie
Datum	: 27 juni 2017
Status	: Definitief

**Verhoeven en Leenders** ingenieurs in bouwconstructies  
de constructieve meedenkers

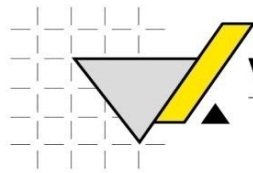


**Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders bv**  
Rudigerstraat 10, 5408 AB Volkel

**T** 0413 - 251 096  
**F** 0413 - 256 502  
**E** [info@verhoeven-leenders.nl](mailto:info@verhoeven-leenders.nl)  
**I** [www.verhoeven-leenders.nl](http://www.verhoeven-leenders.nl)



**Verhoeven en Leenders**  
ingenieurs in bouwconstructies



**Verhoeven en Leenders**

ingenieurs in bouwconstructies

Titel : **Op welke manier kan Verhoeven en Leenders een wapeningsmodel opzetten in revit.**

Subtitel : **3 dimensionaal wapenen, het kan!**

Opdrachtgever : [Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders](#)  
Adres : Rudigerstraat 10  
Postcode : 5408AB Volkel  
Telefoon nummer : 0413-251096  
Begeleider : Dhr. Ing. L.C.M. Leenders

Leer instelling : [Avans hogeschool](#)  
Faculteit : [Academie voor Bouw en Infra \(AB&I\)](#)  
Opleiding : Bouwkunde  
Uitstroom profiel : Constructief ontwerpen  
Adres : Professorcobbenhagenlaan 13  
Postcode : 5780 BC Tilburg  
Telefoon nummer : 013-2545621  
1<sup>e</sup> Afstudeer docent : Dhr. M. Tiggeloven  
2<sup>e</sup> Afstudeer docent : Dhr. H. Bras

Auteur : Dhr. T. van Hal  
Student nummer: : 2074718  
Adres : Snoekstraat 3  
Postcode : 5408AR Volkel  
Telefoon nummer : 06-18746747  
E-mail adres : [thl.hal@student.avans.nl](mailto:thl.hal@student.avans.nl)

Versie: Datum:  
Eerste uitgave : [7 juni 2017](#)  
Tweede uitgave : [27 juni 2017](#)

Status:  
**Concept**  
**Definitief**



## Voorwoord

Voor u ligt de afstudeerscriptie over driedimensionaal wapenen in Revit van Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders, voor de bachelor opleiding bouwkunde constructief aan de Avans hogeschool te Tilburg. Deze afstudeerscriptie is het resultaat van een half jaar durend diepgaand onderzoek.

Ik ben een vierdejaars dual bouwkunde student. Tijdens mijn studie ben ik geboeid geraakt door het constructieve aspect van de bouwkundige opleiding. Ik ben daarom dan ook drie jaar werkzaam geweest bij Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders, waar ik de werkzaamheden van een constructief modelleur heb uitgevoerd. Hierbij is mijn interesse gewekt voor het constructieve aspect van het bim proces. Tijdens mijn opleiding heb ik dan ook een bim gerelateerde minor gevolgd aan de Saxion hogeschool te Enschede. Waarbij ik op verschillende knelpunten in het constructieve bim proces ben gestuit en daarbij de drive heb om deze te optimaliseren.

Het afstudeertraject zal uitgevoerd worden bij Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders te Volkel. Het ingenieursbureau is een adviesbureau voor bouwconstructies. Zij ontwerpen, berekenen en modelleren bouwkundige constructies voor zowel de bouwkundige als de civiele sector en ook ondersteuningsconstructies voor industriële processen.

Gedurende het onderzoek concludeerde ik dat de kennis betreffende drie dimensionaal wapenen in revit minimaal is en het gehele proces nog in ontwikkeling is. Graag wil ik alle hier naast genoteerde bedrijven bedanken voor hun inbreng tijdens de afgenomen interviews.

Ik wil mijn leer/werkbegeleider dhr. Leon Leenders en mijn collega's van ingenieursbureau Verhoeven en Leenders bedanken voor alle hulp tijdens mijn gehele opleidingsperiode. Daarnaast wil ik dhr. Michiel Tiggeloven, mijn eerste afstudeerdocent en dhr. Hans Bras mijn tweede afstudeerdocent van Avans hogeschool bedanken, voor de begeleiding tijdens mijn afstudeerperiode. Ook wil ik graag mevr. R.M.L.J. Tabink mijn dual coach bedanken voor haar begeleiding tijdens mijn gehele opleidingsperiode.

Tom van Hal,

Volkel, 07-06-2017

Een speciaal dankwoord voor  
de volgende bedrijven:

Leon Leenders, Anthony van  
Hek. Jan van de Poel



Mari van Oss



Jelle Rokx



Remmert den Otter,  
Jordi Bergboer



Niels Cornelissen



Mathijs Natrop



Evert Glind



## Leeswijzer

Deze afstudeerscriptie is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

Ten eerste wordt er een samenvatting geformuleerd van de belangrijkste onderdelen en de resultaten van het onderzoek. Deze samenvatting wordt zowel in het Nederlands als Engelstalig verwoord.

Na de samenvattingen wordt er in de vorm van een inhoudsopgave de hoofdstukindeling en de daarbij horende bijlage van deze afstudeerscriptie weergegeven. Daarbij worden ook de begrippen welke gehanteerd worden in dit onderzoek verduidelijkt.

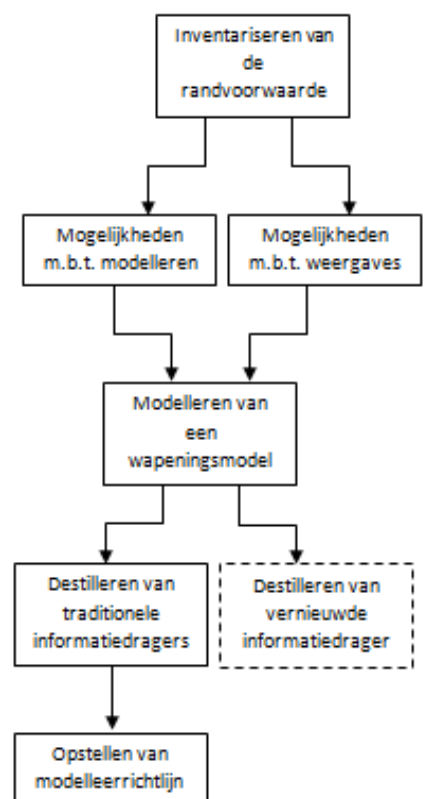
In hoofdstuk 1 is een inleiding geformuleerd betreffende het afstudeeronderzoek met daarbij, mijn persoonlijke ambities, de organisatie structuur, de aanleiding, de probleemstelling, de doelstelling, de onderzoeksvragen en de onderzoeksofzet. In hoofdstuk 2 wordt er voor een ondeskundige het huidige wapeningsproces in kaart gebracht met daarbij aangegeven hoe Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders in dit proces participeert. Dit resulteert in een aantal knelpunten welke doormiddel van drie dimensionaal te wapenen verwacht wordt te kunnen tackelen.

Het tweede deel van het onderzoek bestaat uit diverse deelonderzoeken. In hoofdstuk 3 wordt een toelichting gegeven op de eisen waaraan een wapeningstekening moet voldoen. Daarbij wordt ook toegelicht wat de verschillen zijn tussen de wapeningstekeningen van civiele en bouwkundige projecten. Als resultaat wordt er een toelichting gegeven over de verschillen tussen twee dimensionaal tekenen en drie dimensionaal modelleren. Daarna wordt er in hoofdstuk 4 ingegaan op de (on)mogelijkheden van revit met betrekking tot het wapeningsproces. De mogelijkheden worden verdeeld in twee groepen. Ten eerste worden de modelleermogelijkheden beschreven. Vervolgens worden de weergave op een wapeningstekening toegelicht.

In het derde deel van de afstudeerscriptie wordt er in hoofdstuk 5 de resultaten welke in het tweede deel gevonden zijn getest in een interne proof of concept. Waarbij er een waterstuw drie dimensionaal wordt gewapend. Uit dit model worden wapeningstekeningen en buigstaten gedestilleerd. Als vervolg hierop wordt er in hoofdstuk 6 de verschillende nieuwe informatiedragers toegelicht aan

de hand van een pilot project. Uit het werkproces van hoofdstuk 5 en de vernieuwde informatiedragers uit hoofdstuk 6 wordt er in hoofdstuk 7 het wijzigingsproces toegelicht waarin de modelleerrichtlijn en een elementen bibliotheek opgesteld wordt welke gedeeld wordt door heel het bedrijf.

Om het onderzoek extra te kunnen onderbouwen is er een externe proof of concept uitgevoerd. Deze proof of concept wordt in hoofdstuk 8 besproken.



Figuur 1



In het derde en laatste deel van de afstudeerscriptie worden de deel- en eindconclusies getrokken en de deel- en eindaanbevelingen geformuleerd. De conclusies en aanbevelingen zijn weergegeven in hoofdstuk 9. In het hoofdstuk worden eerst de conclusies getrokken aan de hand van de beantwoording van de onderzoeksvragen, gevolgd door de discussie waarin de meerwaarde en kwaliteit van het onderzoek wordt toegelicht. Vervolgens worden de aanbevelingen met betrekking tot het afstudeeronderzoek weergegeven, met hierop volgend de aanbevelingen voor mogelijke vervolgonderzoeken.

## **Samenvatting**

Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders is een constructiebureau welke veelal participeert als hoofdconstructeur in zowel bouwkundige als civiele projecten. In 2007 is Verhoeven en Leenders begonnen met het gebruik van het constructieve aspect van bim. In de daarop volgende jaren is het streven van Verhoeven en Leenders geweest om alle projecten uit te voeren in de bim werkmethode. De bim werkmethode schrijft voor dat alle informatie, welke verwerkt wordt in de eindproducten, gedestilleerd zijn uit het model.

In de huidige werkmethode van Verhoeven en Leenders worden de wapeningstekeningen gecreëerd door twee dimensionale informatie te verwerken in de wapeningstekeningen. Hierdoor verliest de tekening haar intelligentie. In 2013 is er door Verhoeven en Leenders een onderzoek gestart om de benodigde wapeningsinformatie op de tekening te destilleren uit het model. Dit resulteerde in een inefficiënt en kwalitatief ontoereikend resultaat, waardoor werd besloten dit niet verder door te voeren.

Verhoeven en Leenders modelleert in de softwarepakketten tekla en revit. In 2016 is er door Verhoeven en Leenders een onderzoek gestart naar het drie dimensionaal modelleren van wapening in tekla. Het resultaat was dusdanig positief dat Verhoeven en Leenders heeft besloten om projecten, welke in tekla gemodelleerd worden, drie dimensionaal te wapenen. Mede door de geruchten dat Autodesk het drie dimensionaal wapeningsproces in revit een flinke update heeft gegeven, en de resultaten uit het onderzoek in tekla heeft Verhoeven en Leenders besloten, om een nieuw onderzoek op te starten naar het drie dimensionaal wapenen in revit.

Het doel van het onderzoek is om een methodiek te ontwikkelen waarmee een correct wapeningsmodel opgesteld kan worden, waaruit in eerste instantie kwalitatief goede traditionele wapeningstekeningen uit gedestilleerd kunnen worden. Doordat er een wapeningsmodel voor handen is, stelt het de gebruiker in staat om de benodigde wapeningsinformatie op een andere manier duidelijk te maken aan de betrokken partijen. Verhoeven en Leenders wil graag dat er ook wordt gekeken naar andere mogelijkheden om de wapeningsinformatie weer te geven. Om dit doel te bereiken zal er antwoord gegeven moeten worden op de onderzoekshoofdvraag: *Op welke manier kan Verhoeven en Leenders een wapeningsmodel opzetten waaruit zowel traditionele informatiedragers als mogelijke nieuwe informatiedragers gedestilleerd kunnen worden, welke voldoen aan de eisen welke gesteld worden door de NEN 3870?*

Uit het onderzoek is gebleken dat de volgende onderdelen cruciaal zijn om gegrond te kunnen concluderen, of revit geschikt is om drie dimensionaal te wapenen:

1. Het opstellen van randvoorwaarde waaraan een wapeningsteekening moet voldoen:

Door middel van het gebruik van onderbouwde bronnen en het oog van Verhoeven en Leenders zijn de randvoorwaarde van een kwalitatieve wapeningsteekening geformuleerd. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid om een toetsing te verrichten op de gedestilleerde wapeningstekeningen.



**2. Het testen van de mogelijkheden binnen revit:**

Omdat het driedimensionaal wapeningsproces in revit nog in ontwikkeling is, zijn er vrijwel geen instanties welke projectmatig drie dimensionale wapening modelleren in native revit. Er zijn verschillende tutorial's van leveranciers welke insinueren dat het drie dimensionaal wapeningsproces naar behoren functioneert. Door middel van een trial en error proces is er gekeken of deze insinuaties kloppen en of revit inderdaad kan voldoen aan de randvoorwaarde van een wapeningstekening.

**3. Het uitvoeren van een proof of concept:**

Om de resultaten uit bovenstaand punt te bekrachtigen is het noodzakelijk om de resultaten te verwerken in een proof of concept. Gelijktijdig met het proof of concept is er een modelleerrichtlijn opgesteld. In deze modelleerrichtlijn wordt stapsgewijs beschreven welke acties uitgevoerd moeten worden, om tot een correct wapeningsmodel te komen en daaruit de noodzakelijke informatiedragers te destilleren.

Om de modelleerrichtlijn te testen is deze door een constructief modelleur van Verhoeven en Leenders in een bouwkundig project gebruikt. De ervaring van de modelleur is dat het modelleren van wapening in revit mogelijk is. Deze conclusie wordt voorzichtig getrokken, omdat er nog wel enkele inefficiënte handelingen in de modelleeromgeving van revit zitten. Daarentegen is het gehele wapeningsproces wel in ontwikkeling. Het weergeven van de wapening op een tekening is tot op heden vrijwel onmogelijk. Er zijn te veel inefficiënte handelingen en de werkomgeving is dusdanig traag dat er een onwerkbaar omgeving ontstaat.

De geruchten gaan dat verschillende partijen opzoek zijn om het huidige wapeningsproces aan te passen. Door dit onderzoek heeft Verhoeven en Leenders een leidende positie in dit werkproces. Door drie dimensionaal te wapenen in revit en de recente ontwikkelingen op de voet te blijven volgen, zal Verhoeven en Leenders deze positie kunnen behouden. Ook door open te zijn in hun werkmethodiek, kan Verhoeven en Leenders een trendsetter zijn en collega-bedrijven overtuigen van de noodzaak.

## Summary

Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders is an engineering company that often participates as a main structural engineer, in the design of constructional and infrastructural projects. In the year 2007, the company started the implementation of bim. In the following years, Verhoeven and Leenders has been aiming to carry out all the projects in the bim methodology. The bim methodology prescribes that all information processed on the final products is distilled from the model.

In the current methodology of Verhoeven and Leenders, the reinforcement drawings are created by adding two-dimensional information in the reinforcement drawings. As a result, the drawing loses its intelligence. In the year 2013 Verhoeven and Leenders started an investigation to distil the reinforcement information needed on the drawing from the model. This resulted in an inefficient and insufficient quality result, so it was decided not to continue this.

Verhoeven and Leenders model in the software packages Tekla and Revit. In the year 2016, Verhoeven and Leenders launched an research into the mythology of three-dimensional modelling of reinforcement in Tekla. The result was so positive that Verhoeven and Leenders decided to model the reinforcement three-dimensional in the following projects modelled in tekla. Due to rumours that Autodesk has given the three-dimensional reinforcement process in revit a significant update and the results from the research in Tekla, Verhoeven and Leenders has decided to launch a new research into the three-dimensional reinforcement in revit.

The intention of the research is to develop a methodology that can establish a correct reinforcement model from which, in the first instance, the desired quality-grade traditional reinforcement drawings can be distilled. Due to the existence of a reinforcement model, it allows the user to distil the required reinforcement information to the involved parties. Verhoeven and Leenders would like to look at other possibilities to inform the other parties the reinforcement information. To accomplish this goal, there need to be given an answer to the research question: In what way can Verhoeven and Leenders set up a reinforcement model from which both traditional information carriers and possible new information carriers can be distilled which meet the requirements of the NEN 3870?

The research has shown that the following components are crucial to be able to conclude whether revit is suitable for modelling three dimensional reinforcement and to formulate a methodology:

1. Creating a boundary condition to which a reinforcement drawing must comply:  
By using substantiated sources and Verhoeven and Leenders' eyes on quality, the preconditions for a qualitative reinforcement drawing have been formulated. This gives rise to a possibility to carry out a review of the final products to be obtained.
2. Testing the possibilities within revit:  
Because the three-dimensional reinforcement process is still under development, there are virtually no instances that protectively model three-dimensional reinforcement in native revit. There are several tutorials from supplier that insist that the three-dimensional reinforcement process is functioning properly. Through a trial and error process, it was checked whether this insinuation is correct and whether revit can indeed meet the boundary condition of a reinforcement drawing.



### 3. Performing a proof of concept:

To confirm the results from the above point, it is necessary to process the results in a proof of concept. At the same time as the proof of concept, a modelling methodology has been prepared. This modelling methodology describes step-by-step actions to be taken to achieve a correct reinforcement model, and how to distil the necessary information carriers.

To test the modelling methodology, a employee of Verhoeven en Leenders used the modeling methodology in an constructional project. The modeller's experience is that modelling of reinforcement in revit is possible! This conclusion is being drawn with caution, as some inefficient actions are still in the model environment of Revit. Against this, the entire reinforcement process is in development. To display the reinforcement on a drawing is impossible. There are too many inefficient operations and the work environment is so slow that an unworkable environment is created.

The rumours are that several parties are looking for adapting the current reinforcement process. Through this research, Verhoeven and Leenders have a leading position in the work process. By continuing to use the three-dimensional weaponry process in revit and monitoring the recent developments, Verhoeven and Leenders will be able to maintain this position. Even by providing a lot of openness in their working methods, they can also be a trendsetter and convince colleagues of the necessity of modelling the reinforcement three dimensional.

## Inhoud

Voorwoord.....	- 1 -
Leeswijzer .....	- 2 -
Samenvatting .....	- 4 -
Summary.....	- 6 -
Begrippenlijst.....	- 11 -
1. Inleiding .....	- 16 -
1.1 Persoonlijke ambitie .....	- 16 -
1.2 Organisatiestructuur.....	- 16 -
1.3 Aanleiding .....	- 17 -
1.3.1 Huidige bouwsector .....	- 17 -
1.4 Probleemstelling.....	- 18 -
1.5 Doelstelling.....	- 18 -
1.6 Onderzoeksvragen.....	- 19 -
1.6.1 Centrale onderzoeksvraag.....	- 19 -
1.6.2 Deelvragen .....	- 19 -
1.7 Afbakening onderzoek.....	- 20 -
1.8 Onderzoeksopzet.....	- 20 -
1.8.1 Onderzoeksmethode .....	- 20 -
1.8.3 Onderzoeksaanpak .....	- 21 -
1.8.4. Proof of concept .....	- 21 -
2. Huidig wapeningsproces.....	- 22 -
2.1 Flow schema.....	- 23 -
2.2 Current state .....	- 24 -
2.2.1 conclusie.....	- 25 -
2.3 Voordelen van 3D wapening .....	- 26 -
3. Traditionele wapeningstekening.....	- 27 -
3.1 Verschil tussen Civiele en Bouwkundige projecten .....	- 27 -
3.2 Interpretatie van Verhoeven en Leenders .....	- 28 -
3.3 Verschillen tussen 2D en 3D.....	- 29 -
3.3.1 Werkelijkheid.....	- 31 -
3.3.2 Alles modelleren .....	- 31 -



4. Toetsingscriteria.....	- 32 -
4.1 Te wapenen betonnen elementen .....	- 33 -
4.2 Wapeningsmethodieken.....	- 34 -
4.3 Wapeningsconfiguraties .....	- 35 -
4.4 Applicaties.....	- 36 -
4.5(On)-mogelijkheden betreffende het modelleren in revit.....	- 36 -
4.5.1 Multi criteria tabel .....	- 37 -
4.5.2 Conclusie: .....	- 38 -
4.6 Wapeningstekeningen .....	- 39 -
4.7 (On)-mogelijkheden betreffende de weergave op de tekening.....	- 40 -
4.7.1 Multi criteria tabel .....	- 41 -
4.7.2 Conclusie .....	- 41 -
5. Interne proof of concept .....	- 42 -
5.1 Onderdelen .....	- 43 -
5.2 modelleren.....	- 44 -
5.3 Wapeningstekeningen .....	- 45 -
5.4 Buigstaten .....	- 45 -
5.4.1 De visuele weergave van de buigvorm .....	- 45 -
5.4.2 Het opdelen in A4-formaten .....	- 46 -
6. Vernieuwde informatiedrager .....	- 47 -
6.1 Ifc.....	- 47 -
6.1.1 Ifcreinforcementbar.....	- 48 -
6.1.2 Kleur weergave .....	- 49 -
6.2 Ikea Handleiding.....	- 50 -
7. Wijzigingsproces.....	- 52 -
7.1 Modelleerrichtlijnen .....	- 52 -
7.2 Bibliotheek .....	- 52 -
7.2.1 Family's .....	- 53 -
7.3 Dream state.....	- 56 -
8. Externe proof of concept.....	- 57 -
8.1 resultaat .....	- 58 -
9. Conclusies en aanbevelingen .....	- 59 -

9.1 Conclusie .....	- 59 -
9.1.1 Deelconclusie.....	- 59 -
9.1.2 Eindconclusie.....	- 64 -
9.2 Kwaliteitsborging.....	- 65 -
9.2.1 Kwaliteit en betrouwbaarheid.....	- 65 -
9.2.2 Bruikbaarheid en meerwaarde van het onderzoek .....	- 66 -
9.3 Aanbevelingen.....	- 67 -
9.3.1 Eindaanbeveling.....	- 67 -
9.3.2 Deelaanbevelingen .....	- 68 -
9.3.3 Vervolg onderzoeken .....	- 69 -
Bijlagenbundel: .....	- 70 -
Bijlage I Toelichting op het huidige wapeningsproces. ....	- 70 -
Bijlage II Toetsingscriteria versus de interpretatie van Verhoeven en Leenders.....	- 70 -
Bijlage III (on) mogelijkheden in revit.....	- 70 -
Bijlage IV Applicaties.....	- 70 -
Bijlage V Modelleren van wapening .....	- 70 -
Bijlage VI Weergave van wapening .....	- 70 -
Bijlage VII Concept wapeningstekeningen.....	- 70 -
Bijlage VIII Wapeningstekening en buigstaat gedestilleerd uit proof of concept. ....	- 70 -
Bijlage IX Modelleerrichtlijn deel 4. ....	- 70 -
Bijlage X Samenstellingsboekje.....	- 70 -
Literatuurlijst .....	- 71 -



## Begrippenlijst

### Begrip

2D informatie

### Definitie

Wordt ook "platte tekst" genoemd. Uit een bim-model kan twee dimensionale informatie gedestilleerd worden. Bijvoorbeeld door middel van een tekening. Aan deze twee dimensionale informatiedrager kan twee dimensionale informatie worden toegevoegd. Deze informatie heeft geen enkele relatie met het bim-model en daardoor verliest het zijn intelligentie.

Asbuilt-model

Dit is een variant van een model. Wanneer er gesproken wordt over een asbuilt-model houdt dat in dat het model de realiteit weerspiegelt. Dit betekent dat er aan het uitvoeringsmodel eventuele wijzigingen doorgevoerd moeten worden. Zoals deze in het werk zijn gerealiseerd.

Aspect model

Dit is een model van één discipline/partij in een bouw project. Alle aspect modellen van elke discipline vormen samen het bim model.

Beton dekking

Dit is de afstand van de rand van de betonnen constructie tot de buitenkant van een wapeningsstaaf. De wapening moet worden beschermd tegen roest en brand. De afstand wordt bepaald door de milieuklasse van het beton.

Bim

"Building information model" een of meer digitale gebouw modellen waarin alle data gedurende de levenscyclus is vastgelegd. De data bestaan zowel uit geometrische informatie als non geometrische informatie.

Buig centrale

Is een bedrijf welke wapeningstekeningen omzet naar buigstaten waarna het door middel van het aansturen van een buigmachine de wapening naar de gewenste configuratie vormt.

Buigradius

Dit is de radius van een gebogen wapeningsstaaf. De buigradius moet tussen de 2,5 en 5 maal de diameter van de wapeningsstaaf zijn. De minimale eis heeft te maken met het verkleinen van de staal oppervlak wanneer er een buiging plaats vindt. De maximale eis heeft te maken met de plaatsingsmethode.

Buigstaat

Is een materiaalstaat van de wapening uit een project. In deze staat staan alle benodigde gegevens om de wapening te kunnen fabriceren.

Clash

Wanneer er binnen een Bim model objecten elkaar treffen of een object niet voldoet aan de eisen wordt er gesproken van een clash.

Current-state

Dit is een Engelstalige benaming voor "huidige senario". Hiermee wordt in dit onderzoek de huidige procesgang bedoeld.

Engineering

De technische wetenschap die zich bezig houdt met het construeren van producten en systemen.

Euro code

Dit zijn tien Europese normen waarin wordt aangegeven hoe constructieve ontwerpen binnen de Europese unie moeten worden uitgevoerd.

Dream-state

Dit is een Engelstalige benaming voor "droom senario". Hiermee wordt in dit onderzoek de beoogde procesgang bedoeld. Volgens de optiek van Verhoeven en Leenders is dit de optimale manier van werken.

Haarspeld

Dit is een bepaalde wapeningsconfiguratie welke veelvuldig wordt gebruikt. De vorm is een U-vorm. De meest voorkomende toepassing is randwapening.

IFC

"Industry foundation classes" is een neutraal en open bestandsformaat. IFC is onafhankelijk waardoor men niet gebonden is aan software pakketten. Met IFC kan men de gehele bouwkolom, van architect tot aannemer van dezelfde intelligente data voorzien. In theorie verloopt dit zonder gegevensverlies, afhankelijk van de mate van ondersteuning door het softwarepakket.

Ikea handleiding/samenstellingsboekje

Met een Ikea handleiding wordt bedoelt het stapsgewijs, zowel visueel als tekstueel documenteren van de te volgen acties om zo het gewenste eindresultaat te bereiken.

ILS

Een document waarin de uitgangspunten voor de informatie uitwisseling worden vastgelegd.

Leek

Persoon die weinig of geen verstand heeft van een bepaald vakgebied.

Model

Benaming van een digitaal driedimensionaal bouwwerk binnen de bouwwereld. Verschillende (aspect) modellen vormen samen een bim-model.

Modelleren

Opbouwen van een bim model. In dit onderzoek wordt ermee bedoeld als het opbouwen van een model d.m.v. objecten in drie dimensionaal modelleerpakket.

Mindmap

Een mindmap is een visuele beeldvorming van gedachten. Bestaande uit steekwoorden, teksten, verbindingslijnen en/of figuren. Geordend in een boomstructuur waarbij het onderwerp centraal staat.

Modelleerrichtlijn

Richtlijn die aangeeft hoe een BIM model gemodelleerd dient te worden. De modelleerrichtlijnen zijn hoofdzakelijk software afhankelijk.

Nulpunt

Voor bim projecten is het nulpunt het punt waaraan alle aspect modellen gekoppeld zijn.



Overlappingslengte

Dit is lengte welke wapeningsstaven langs elkaar moeten lopen. Dit is bedoeld om de trekkracht welke in de wapeningsstaaf wordt opgenomen over te dragen naar de andere staven.

Principedetailering

Standaard details welke voor algemene knooppunten een toelichting geeft op materiaal gebruik en uitvoeringsmethode.

Proof of concept

Basisimplementatie om aan te tonen dat de voorgestelde oplossing in de praktijk te gebruiken is.

Stelpost

Is een indicatie van een prijs welke wordt meegenomen in een begroting wanneer de werkelijke kosten nog niet bekend zijn.

Stramienlijnen

Dit zijn hulplijnen welke op een tekening worden geplaatst om een plaatsbepaling te verduidelijken. Stramienlijnen vormen een raster waarbij in het linker onder kruispunt zich het nulpunt bevindt. Een stramienlijn heeft op het begin altijd een cirkel met daarin een cijfer of letter. In de basis worden horizontale stramienlijnen met een cijfer aangeduide en de verticale met een letter.

Tilnorm

Norm voor het maximale gewicht dat een werknemer met de hand mag tillen.

Traditionele wapeningstekeningen

Een tekening waarin wordt aangegeven hoe er bij een bepaald betonnen onderdeel de wapening geplaatst moet worden. Hierbij wordt aangegeven welke diameter, wapeningslaag, overlappingslengte, verankeringslengte en hart op hart afstand er toegepast dient te worden.

Verankeringslengte

Dit is de lengte van een wapeningsstaaf welke benodigd is om het optredende krachtspeel in de betonconstructie over te dragen op een aansluitende betonnen constructie.

Vlechter

Dit is de persoon welke de daadwerkelijke wapening plaatst op de bouwplaats.

## Wapeningslaag

Dit is een aanduiding van de plaatsing van een wapeningsstaaf. Op een wapeningstekening wordt de wapeningslaag aangeduid met een driehoek. De richting van de driehoek bepaald wapeningslaag. De driehoek wijst ten alle tijden naar de kern van het betonnen element. Het aantal driehoeken geeft de wapeningslaag aan. Bijvoorbeeld: Één naar beneden wijzende driehoek houdt in: eerstelaagsboven wapening.

## Wapeningsnet

Is een geprefabriceerde wapeningsconfiguratie waar wapeningsstaven kruislings op elkaar zijn gepuntlast. Deze zijn in verschillende configuraties te verkrijgen.

## Wapeningsproces

Met het wapeningsproces wordt in dit onderzoek bedoeld om het proces van het berekenen van de wapening tot het daadwerkelijk storten van het “natte” beton.

## Work-around

Is een tijdelijke oplossing om een probleem te omzeilen.

## **1. Inleiding**

In dit hoofdstuk wordt mijn persoonlijke ambitie (§1.1) en de organisatiestructuur (§1.2) van het afstudeerbedrijf toegelicht. Vervolgens wordt de aanleiding (§1.3) van het onderzoek beschreven. Hieruit volgen de probleem- en doelstelling (§1.4 & §1.5). Ten slotte worden de onderzoeksvragen (§1.6), de afbakening (§1.7) en de onderzoeksopzet (§1.8) vastgesteld.

### **1.1 Persoonlijke ambitie**

Tijdens mijn duale studie heb ik drie jaar werkervaring bij Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders opgedaan. Daar heb ik de werkzaamheden van een constructief modelleur uitgevoerd. Tijdens deze werkzaamheden ben ik geboeid geraakt door het constructieve bim-proces. Zodoende ben ik de ontwikkelingen op het gebied van driedimensionaal wapening modelleren tegengekomen. Ik ben nieuwsgierig naar het verwerkingsproces en naar de voordelen van een wapeningsmodel.

Tijdens het afstudeeronderzoek wilde ik een technisch onderzoek doen naar het modelleren van driedimensionale wapening en de implementatie van de onderzochte wapeningsmethodiek in een bedrijfsproces. Dit omdat ik in mijn toekomstige beroep graag het technische aspecten van de bouw en organisatorisch aspect van het bedrijfsleven wil combineren. Vanuit mijn persoonlijke ambities en de bedrijfsmatige ambitie is er in overleg met de directie van ingenieursbureau Verhoeven en Leenders een opdracht geformuleerd, welke resulteert in dit onderzoeksrapport.

### **1.2 Organisatiestructuur**

Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders te Volkel is een constructiebureau welke constructief adviezen levert voor zowel bouwkundige als civiele projecten. De werkzaamheden bestaan uit construeren, constructief ontwerpen, tekenen en modelleren. Het bedrijf beschikt over ongeveer 20 medewerkers welke de volgende disciplines bekleden. Directie, administratief medewerkster, projectleider, constructeur en constructief modelleur. Tijdens de uitvoering van haar werkzaamheden maakt Verhoeven en Leenders gebruik van twee dimensionaal en 3D reken- en tekensoftware. Binnen Verhoeven en Leenders staat binnen hoog in het vaandel. Hun streven is dat er tijdwinst gerealiseerd kan worden voor alle partijen binnen het bouwproces.

## 1.3 Aanleiding

In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van de huidige manier van werken in de bouwsector met betrekking tot het wapeningsproces. Dit als inleiding op de aanleiding van het onderzoek.

### 1.3.1 Huidige bouwsector

Uit een artikel in op Imdbv.nl (24-02-2011) maak ik op dat er in de afgelopen jaren de druk op de kosten van het bouwproces is toegenomen. Hierdoor groeide het takenpakket van de aannemer en de leverancier terwijl dat van de adviseur kromp. Deze verschuiving zou geen probleem hoeven te zijn wanneer de kwaliteit gelijk bleef of verbeterde. Helaas blijkt dit niet zo, ondanks alle goede wil en inzet.

#### 1.3.1.1 Waarom bim?

Bim is een methode die voor een productiever, goedkoper en kwalitatief beter eindresultaat zorgt. Als er gekozen wordt voor bim wordt er gekozen voor een andere taakverdeling, Adviseurs doen meer om zo het werk van de uitvoerende partij te vergemakkelijken en uiteindelijk de prijs voor de opdrachtgever te verlagen.

Om het bim-proces optimaal te laten verlopen zullen er wel wijzigingen doorgevoerd moeten worden in de huidige werkmethodiek. Adviseurs zullen over meer tijd en financiële middelen moeten beschikken om hun expertise te laten spreken.



**Figuur 2**

#### 1.3.1.2 Waarom 3D wapenen

Uit een artikel in de cobouw (06-09-2016) maak ik op dat de route van engineering, via de tekening, naar de uiteindelijke verwerking van wapening omslachtig en tijdrovend is. Vaak modeleren de engineers een wapeningsmodel eerst in drie dimensionaal. Vervolgens wordt dat ontwerp 'omgetekend en platgeslagen' naar een twee dimensionaal tekening. Die tekening wordt opgestuurd naar de vlechter, die er met zijn eigen softwarepakket een nieuwe 3D-tekening van produceert en die ook weer omzet naar twee dimensionaal. Daarna volgt controle, eventuele aanpassing en goedkeuring van een opdrachtgever. Pas daarna kunnen de vlechters op de bouwplaats met onhandige en vaak moeilijk leesbare tekeningen aan de slag.



## 1.4 Probleemstelling

De probleemstelling van dit onderzoek betreft een gebrek aan kennis met betrekking tot het drie dimensionaal wapeningsproces in revit. Verhoeven en Leenders wil graag de kennis betreffende drie dimensionaal wapening in revit in huis halen. Om haar klanten een kwalitatief beter product te kunnen leveren. Ook de kwantiteit en verantwoordelijkheid spelen een belangrijke rol in de probleemstelling. Het drie dimensionaal wapeningsproces moet dusdanig productief blijven zodat de mogelijke extra kosten opwegen tegen het kwalitatief betere eindproduct. Door gebruik te maken van het drie dimensionaal wapeningsproces wordt er extra informatie toegevoegd aan het model. Logischerwijs zal Verhoeven en Leenders verantwoordelijkheid dragen voor deze informatie. Dat wil zeggen dat Verhoeven en Leenders een stukje verantwoordelijkheid van de aannemer tot zich neemt. Hierover rust de vraag of Verhoeven en Leenders deze verantwoordelijkheid kan en wil dragen. Zij beschikken niet over de benodigde specialistische kennis betreffende het uitvoeringstechnische aspect van de wapening. Door middel van dit onderzoek willen ze graag meer kennis kunnen vergaren en een duidelijk standpunt in te kunnen nemen over het drie dimensionaal wapeningsproces.

## 1.5 Doelstelling

De doelstelling van het onderzoek is het vergaren van kennis betreffende het drie dimensionaal wapeningsproces in revit. Deze doelstelling wordt onderverdeeld in 5 deel doelstellingen:

1. Het analyseren van de (on)-mogelijkheden binnen revit bij het modelleren van wapening:  
Door de (on)-mogelijkheden van het modeleren van drie dimensionaal wapening te specificeren ontstaat er een beter inzicht. Met dit inzicht kan Verhoeven en Leenders een beter standpunt in nemen over het drie dimensionaal wapeningsproces. Met dit standpunt kan Verhoeven en Leenders bepalen tot op welk detailniveau ze hun eindproducten kunnen aanleveren.
2. Een methodiek ontwikkelen om traditionele wapeningstekeningen te destilleren uit het wapeningsmodel:  
Door in eerste instantie een traditionele wapeningstekening te destilleren wordt de drempel zo laag mogelijk gelegd voor andere partijen om mee te gaan in deze ontwikkeling. Verder blijft er de mogelijkheid voor overige partijen om de traditionele tekeningen in te dienen voor een omgevingsvergunning.
3. Een template creëren om een IFC bestand met wapening volgens de eisen van buildingsmart te exporteren:  
Verhoeven en Leenders hecht veel waarde aan de door buildingsmart gestelde eisen voor een IFC export. Daarom willen zij dat het IFC bestand met de wapening voldoet aan de eisen van building smart.
4. Een correctheidsonderzoek naar de modelgegevens:  
Door de wapening daadwerkelijk te modelleren in het model zal er geen gebruik meer gemaakt kunnen worden van principedetailering. Dat wil zeggen dat de wapening correct gemodelleerd zal moeten worden. Door alle wapening correct te modelleren stelt dat de software instaat om hier een buigstaat uit te genereren. Deze buigstaat wordt door de buigcentrale gebruikt om zijn wapeningsvormen te creëren. Hierdoor moet er met zekerheid gezegd kunnen worden dat de informatie uit het model correct is.

5. Een onderzoek naar de methodiek om vernieuwden informatiedragers te destilleren uit het wapeningsmodel:

Om het wapeningsproces te optimaliseren heeft Verhoeven en Leenders de wens om af te stappen van de traditionele wapeningstekeningen en te kijken naar andere varianten. Het idee is om een Ikea handleiding te creëren waarin stap voor stap wordt weergegeven op welke wijze de wapening geplaatst moet worden.

De bovengenoemde doelstellingen ga ik onderzoeken, waarna ik op basis van dit onderzoek voor Verhoeven en Leenders een document ga opleveren. Het document is een modelleerrichtlijn gespecificeerd op het drie dimensionaal wapeningsproces. Hierin wordt de methodiek vastgesteld hoe de wapening gemodelleerd moet worden, Hoe de weergave op de traditionele wapeningstekeningen is en hoe de Ikea handleidingen worden gedestilleerd.

## 1.6 Onderzoeksvragen

Om de doelstellingen te kunnen bereiken is er een centrale onderzoeksvraag opgesteld, welke leidt als leidraad voor mijn afstudeeronderzoek. Deze vraagstelling is niet in een keer te beantwoorden. Dit is de reden waarom de vraag is opgesplitst in verschillende deelvragen.

### 1.6.1 Centrale onderzoeksvraag

*Op welke manier kan Verhoeven en Leenders een wapeningsmodel opzetten waaruit zowel traditionele informatiedragers als mogelijke nieuwe informatiedragers gedestilleerd kunnen worden, welke voldoen aan de eisen welke gesteld worden door de NEN 3870?*

*\*De NEN 3870 "Tekeningen voor betonconstructies" is een norm waarin de eisen worden beschreven waaraan een wapeningstekening moet voldoen zodat een aannemer/buigcentrale voldoende informatie heeft om zijn werkzaamheden kan verrichten.*

### 1.6.2 Deelvragen

1. Hoe verloopt het huidige proces van een wapeningsontwerp na het storten van het "natte" beton?
2. Hoe participeert Verhoeven en Leenders in dat proces?
3. Welke informatie moet er verwerkt worden op een traditionele wapeningstekening?
4. Wat zijn de verschillen tussen twee dimensionaal en drie dimensionaal wapenen?
5. Bied revit voldoende mogelijkheden aan om een correct wapeningsmodel te modelleren?
6. Bied revit voldoende mogelijkheden om de gemodelleerde wapening op een correcte wijze weer te geven op een wapeningstekening?
7. Kan je door middel van drie dimensionaal wapenen voldoen aan de informatievraag voor een traditionele wapeningstekening?
8. Zijn er applicaties welke het wapeningsproces vergemakkelijken?
9. Welke vernieuwende informatiedragers kunnen er gedestilleerd worden uit een wapeningsmodel?
10. Welke wijzigingen moeten er door
11. gevoerd worden in het huidige werkproces om een correct wapeningsmodel op te stellen

## **1.7 Afbakening onderzoek**

Om het afstudeeronderzoek binnen de gestelde termijn af te kunnen ronden wordt er een reële afbakening van het onderzoek bepaald. Gezien persoonlijke- en bedrijfsambitie is het onderzoek gericht op het engineerende aspect van het wapeningsproces.

Het engineerende aspect van het wapeningsproces verloopt binnen Verhoeven en Leenders (en andere ingenieursbureaus) nog volgens het traditionele traject. Door het plaatsen van twee dimensionaal lijnen op een traditionele tekening en deze te verstrekken aan de aannemer. Door gebruik te maken van de huidige technologie zijn we in staat om drie dimensionaal wapeningsmodellen te creëren, waardoor de ketensamenwerking soepeler verloopt, omdat de uitwisseling van modelgegevens veel (onnodig) dubbelwerk kan voorkomen.

Het uitwisselen van modelgegevens binnen het wapeningsproces is een breed kader, dat verder wordt verdeeld in deelonderzoeken. De deelonderzoeken bestaan uit een onderzoek naar het modellerenproces. Daarnaast volgt er een onderzoek naar het verwerken van de modelgegevens op een eindproduct.

Voor de mogelijkheden in de modelleromgeving wordt er gefocust op het bouwkundige aspect van de Nederlandse bouwwereld. Dit omdat revit veelal gebruikt wordt voor bouwkundige projecten en voor het ontwerpstadium van civiele projecten. Voor het uitvoeringstechnische aspect bij civiele projecten wordt er overgeschakeld naar andere modelleerssoftware namelijk tekla. Dit was voor Verhoeven en Leenders de keuze om voor het gehele traject van civiele projecten de modelleerssoftware tekla te gebruiken. Voor de mogelijkheden in de tekenomgeving wordt er gekeken naar een traditionele wapeningstekening. Dat wil zeggen een kopie van de huidige wapeningstekeningen van Verhoeven en Leenders.

## **1.8 Onderzoeksopzet**

De methode hoe het onderzoek wordt aangepakt wordt in dit hoofdstuk besproken.

### **1.8.1 Onderzoeksmethode**

Als voorbereiding op het onderzoek is bepaald welke onderzoeksmethoden het meest geschikt zijn voor de uitvoering van het onderzoek. Het onderzoek bestaat uit een combinatie van field- en deskresearch.

#### **1.8.1.1 Deskresearch**

Ten eerste wordt het huidige proces vanaf het creëren van wapeningstekening tot het storten van het “natte” beton bij Verhoeven en Leenders in kaart gebracht. Het doel hiervan is het vergaren van kennis om zo goed voorbereid te kunnen beginnen aan het fieldresearch. Met behulp van het literatuuronderzoek en interne interviews worden de knelpunten die ontstaan tijdens het wapeningsproces in kaart gebracht.

#### **1.8.1.2 Fieldresearch**

Het fieldresearch bestaat uit het een literatuur- en marktonderzoek waar de on- en mogelijkheden van wapenen in revit in kaart worden gebracht. Hierbij wordt er gekeken naar regelgeving, applicaties in revit en dergelijke. De mogelijkheden zowel met als zonder de hulp van de applicaties zijn onderzocht door middel van een trial – en error proces.

### 1.8.3 Onderzoeksaanpak

Om een goed beeld te kunnen krijgen van het huidige wapeningsproces wordt de bijdrage van Verhoeven en Leenders geanalyseerd. Er wordt gekeken naar het proces hoe de eindproducten worden opgesteld en hoe er wordt omgegaan met de informatie uitwisseling in het wapeningsproces. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de procesgang in een bouwkundig en een civiel project. Hierna wordt het wapeningsproces bij diverse partners in het proces geanalyseerd. Dit wordt gedaan om de knelpunten te kunnen bepalen.

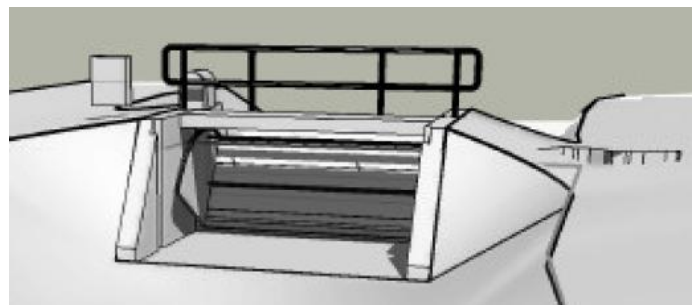
De benodigde wapeningsinformatie wordt hierna geanalyseerd en overzichtelijk in kaart gebracht. De benodigde wapeningsinformatie zijn de eisen waaraan de traditionele wapeningstekening moet voldoen. De eisen worden aan de hand van de nen 3870 en de interpretatie van het bedrijf geanalyseerd, zodat in kaart wordt gebracht welke eisen op dit moment wel of niet voldoen.

Vervolgens wordt er bekeken hoe deze modelgegevens verwerkt kunnen worden in de huidige bedrijfsvoering. Hierbij wordt een advies uitgebracht welke wijzigingen benodigd zijn voor het opleveren van een correct traditionele wapeningstekening gedestilleerd uit een wapeningsmodel, zodat deze voor de leidinggevendenden van het bedrijf inzichtelijk worden gemaakt. Daarnaast wordt er een handleiding geschreven gebaseerd op de benodigde wijzigingen waardoor voor de medewerkers inzichtelijk wordt gemaakt hoe een correct wapeningsmodel opgeleverd dient te worden.

Wanneer is bepaald hoe een correct wapeningsmodel opgeleverd kan worden, wordt het externe deelonderzoek naar het gebruik van de handleiding voor het opzetten van een wapeningsmodel waaruit andere informatiedragers gedestilleerd kunnen worden. Uit dit onderzoek worden aanbevelingen gedaan voor het gebruik van de onderzochte methodieken, vergaren van kennis en ondersteuningsapplicaties.

### 1.8.4. Proof of concept

Na het literatuuronderzoek en het marktonderzoek wordt er een proof of concept opgesteld. Dit wordt gedaan om het optimale wapeningsproces te testen. Deze proof of concept betreft de vorm van een civiel project wat twee dimensionaal is gewapend. Het project betreft een drietal stuwten welke allemaal verschillende afmetingen bevatten. In samenspraak met Verhoeven en Leenders is er voor dit project gekozen. De reden hiervoor is als volgt: ten eerste het is een compact project waar veel diversiteit aan wapeningsvormen voorkomen. Een schuine vorstrand balk geïntegreerd onder de vloer; twee druk verlichtende balken geïntegreerd boven de vloer en twee symmetrische wanden met verschillende schuinite. Doordat de wanden symmetrisch zijn kan er ook worden getest met symmetrie van de wapening. Ten slotte zijn er een drietal stuwten met verschillende afmetingen waardoor er ook getest kan worden met wijzigingen in het model.



**Figuur 3**



Om te beginnen zal het constructief ontwerp geanalyseerd worden. Daar wordt een idee gevormd over de configuraties van de toe te passen wapening. Vervolgens zal de wapening worden gemodelleerd volgens het schetsontwerp van de constructeur. Door de gevonden informatie op youtube is er door middel van een trial and error proces de wapening gemodelleerd. Uit het model zijn de volgende documenten de gedestilleerd.

- Wapeningstekeningen;
- Buigstaten.

## **2. Huidig wapeningsproces**

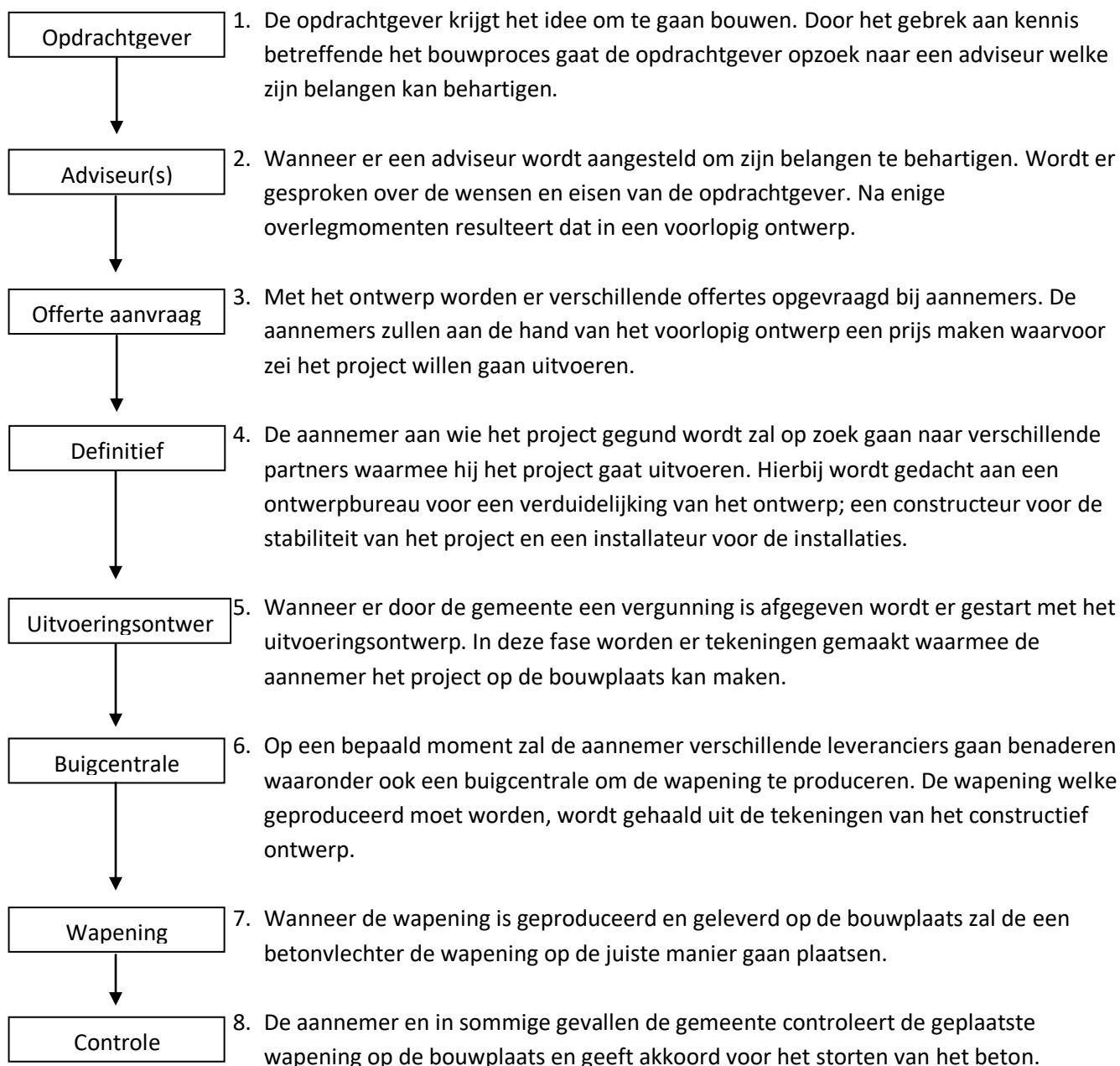
In dit hoofdstuk wordt de “*current-state*” van het wapeningsproces beschreven. Er wordt door middel van een flow schema (§2.1) duidelijk gemaakt wat de huidige procesgang is vanaf het berekenen van de wapening tot het daadwerkelijk storten van het beton. Door middel van een stroom schema (§2.2) wordt er visueel weergegeven door welke discipline welke acties worden uitgevoerd. Tot slot worden de verwachte voordelen van drie dimensionaal wapening beschreven (§2.3). Dit hoofdstuk heeft betrekking op de volgende deelvragen:

1. Hoe verloopt het huidige proces van een wapeningsontwerp naar het storten van het “natte” beton?
2. Hoe participeert Verhoeven en Leenders in dat proces?

Dit hoofdstuk is opgemaakt uit gesprekken met verschillende betrokken partijen (Anthony van Hek, *Verhoeven en Leenders*; Mario van Oss, *Van Boekel*; Evert Glind, *Bisoton*) en internetbronnen (Afstudeerscriptie, *Wapening in BIM*; presentatie Ruud van Tongeren, *Bim en de rol van de opdrachtgever*). Op basis van deze bronnen is er een beeld gevormd over het huidige bouw- en wapeningsproces wat in dit hoofdstuk beschreven wordt.

## 2.1 Flow schema

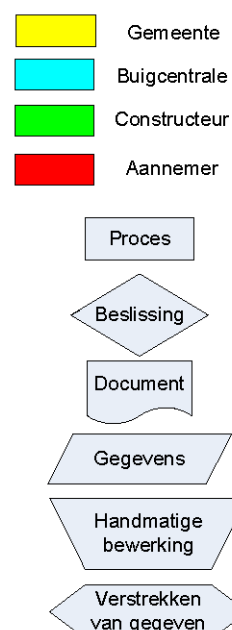
Om een overzichtelijk beeld te krijgen van het huidige wapeningsproces is het verwerkt in een globaal flow-schema. Voor een uitgebreide tekstuele ondersteuning van het flow-schema en de manier hoe Verhoeven en Leenders participeert in dit proces wordt er verwezen naar bijlage I: Toelichting op het huidige wapeningsproces.



Figuur 4

Doormiddel van dit stroomschema wordt de tekstuele omschrijving welke te zien is in bijlage I visueel weergegeven.

Het stroomschema  
weerspiegelt de huidige manier  
van het wapeningsproces waarbij  
elke discipline een eigen kleur betreft.



### Figuur 5

### 2.2.1 conclusie

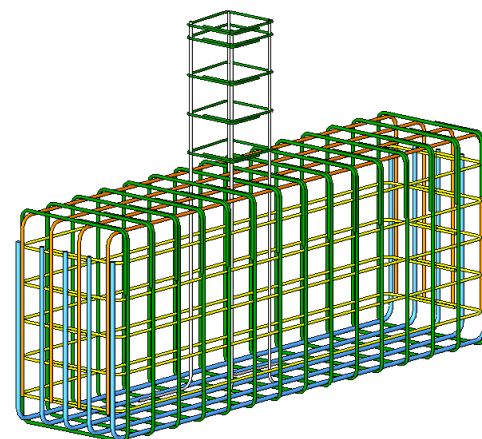
Uit bovenstaand stroomschema wordt opgemaakt. Dat er een duidelijke scheiding is van het werkgebied per discipline. Tijdens een bim proces wordt het gehele project drie dimensionaal geengineerd. Van het model wordt er een twee dimensionaal tekeningen gedestilleerd en verstrekt aan de aannemer. Deze voert een controle uit op de geleverde stukken. Na goedkeuring worden de tekeningen verstrekt aan de leveranciers. Zo ook de buigcentrale. De buigcentrale analyseert de stukken en zet een geheel nieuw model op om zo haar buigstaten te kunnen generen. Terwijl er bij de constructeur een model voor handen was, deze wordt echter niet gebruikt. Er is totaal geen samenwerkingsverband tussen de disciplines. Wanneer het eindproduct gereed is wordt deze over de schutting gegooid en verder niet naar gekeken.



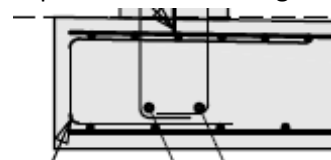
## 2.3 Voordelen van 3D wapening

De voordelen in het wapeningsproces zijn gevormd door een brainstormsessie met een aannemer en een medewerker van een constructiebureau. Er is met beide partijen om de tafel gezeten waarbij de current state van het proces is toegelicht. Tijdens het gesprek is er de vraag gesteld welke voordelen drie dimensionaal wapenen zou hebben ten opzichte van twee dimensionaal tekenen. In eerste instantie is er in dit gesprek alleen gekeken naar de mogelijke voordelen. Tijdens het gesprek groeide het enthousiasme van beide partijen en zijn ze het eens dat het drie dimensionaal wapeningsproces voordelen biedt. In dit hoofdstuk worden de verwachte voordelen wanneer er gekozen wordt voor drie dimensionaal wapenen toegelicht.

- Meer duidelijkheid en een efficiënter ontwerp;  
Door de wapening driedimensionaal uit te werken wordt het ontwerp overzichtelijker. In het huidige proces wordt er voor een knooppunt zonder na te denken een principe detail op de tekening geplaatst. In veel gevallen kan het specifieke detail efficiënter en effectiever uitgevoerd worden.
- In een vroeger stadium clashes detecteren;  
Doordat alle wapening is gemodelleerd is het uiteindelijke resultaat duidelijker. Waardoor clashes al in het ontwerp stadium zichtbaar zijn. Hierdoor kunnen er al maatregelen getroffen worden zodat er op de bouwplaats geen problemen ontstaan.
- Werkelijke vorm;  
Om meer duidelijkheid te creëren wordt er op de traditionele wapeningstekeningen niet de werkelijke vorm van de wapeningsstaaf aan gegeven. Zoals in figuur 7 is te zien wordt de haarspeld in de derde laag getekend. In werkelijkheid wordt de haarspeld in de eerste laag geplaatst. Toch wordt het zo getekend om de overlappingslengte van de haarspeld aan te geven. Wanneer de wapening drie dimensionaal gemodelleerd wordt zal de werkelijke vorm gemodelleerd moeten worden. Dit omdat de wapening een-op-een wordt weergegeven in de daaruit volgende buigstaat.
- Betere samenwerking tussen buigcentrale en constructeur;  
Doordat er een drie dimensionaal wapeningsmodel voor handen is kan de samenwerking tussen de constructeur en de buigcentrale soepeler verlopen. Uit een wapeningsmodel zou een buigstaat gedestilleerd kunnen worden mits het goed gemodelleerd is! Na een check van de buigcentrale kan de buigmachine direct aangestuurd worden.
- Makkelijkere uitvoeringsmogelijkheden.  
Door een drie dimensionaal weergave van de wapening kan er op de bouwplaats makkelijker worden gewerkt. Er kan op bepaalde specifieke knooppunten worden ingezoomd en beter bekeken worden. In de visuele weergave kan er bepaald worden in welke kleur de wapening weergegeven wordt. Hierdoor maak je in een oogopslag duidelijk wat er wordt bedoeld.



Figuur 6



Figuur 7

### 3. Traditionele wapeningstekening

In dit hoofdstuk worden de toetsingscriteria van de traditionele wapeningstekeningen toegelicht. Alles eerst wordt het verschil tussen bouwkundige en civiele wapeningstekeningen toegelicht (§3.1). Vervolgens worden de eisen uit de NEN 3870 en de interpretatie van Verhoeven en Leenders uitgelegd (§3.2). In (§3.3) wordt de mindset van twee dimensionaal en drie dimensionaal beschreven. Dit hoofdstuk heeft betrekking op de volgende onderzoeksvragen:

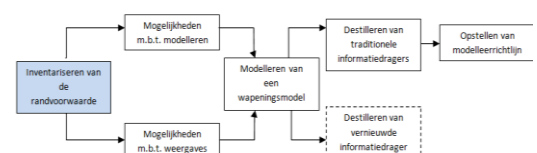
3. Welke informatie moet er verwerkt worden op een traditionele wapeningstekening?
4. Wat zijn de verschillen tussen twee dimensionaal en drie dimensionaal wapenen?

Dit hoofdstuk is opgemaakt uit gesprekken met zowel een bouwkundig als civiel modelleur, de NEN 3870 *Tekeningen voor betonconstructie* en een analyse van twee dimensionale wapeningstekening.

#### 3.1 Verschil tussen Civiele en Bouwkundige projecten

Binnen Verhoeven en Leenders worden er twee verschillende soorten wapeningstekeningen gecreëerd. Er wordt onderscheid gemaakt tussen bouwkundige wapeningstekeningen en civiele wapeningstekeningen. Hierbij zijn bouwkundige wapeningstekeningen globale wapeningstekeningen. Bij bouwkundige projecten worden kleinere wapeningstaaf diameter toegepast. Welke eventueel op de bouwplaats nog vervormd kunnen worden om ze op de juiste positie te plaatsen. Door de kleinere diameters zijn wapeningsconfiguraties lichter van gewicht en daardoor handzamer om te plaatsen. Bouwkundige projecten betreffen veelal simplistischere knooppunten in vergelijking met civiele projecten waardoor de wapeningspositie en configuratie gemakkelijker te achterhalen zijn. Er vindt ook geen externe toetsing plaats op de geleverde wapeningstekeningen.

Bij civiele projecten worden de staafdiameters gebruikt waar bouwkundige projecten stoppen. Door het gebruik van grotere diameters vergroot ook het gewicht van de wapeningsstaaf en daarbij ook het verwerkingsgemak. Hierdoor dient er extra aandacht besteed te worden aan de detaillering. Het uitvoeringstechnische aspect krijgt zo een belangrijkere rol. Er moet rekening gehouden worden met de plaatsingsmethodiek. Daaruit volgend kunnen de wapeningsconfiguratie worden bepaald. Hierbij wordt gekeken naar gewicht per wapeningsstaaf. Deze moet binnen de gestelde eisen van de tilnorm vallen. Alle civiele wapeningstekeningen worden door een externe partij getoetst. Mede hierdoor wordt er van civiele wapeningstekeningen een hoger niveau verwacht.

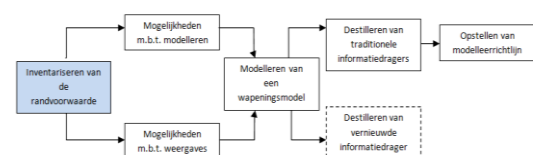


## 3.2 Interpretatie van Verhoeven en Leenders

Nu de eisen van een wapeningstekening bekend zijn worden deze getoetst aan de wapeningstekeningen van Verhoeven en Leenders. Dit is gedaan door de regels uit de norm op te sommen in een tabel vorm met de nodige visuele beeldvorming. Door de regels een-op-een te toetsen aan de wapeningstekeningen van Verhoeven en Leenders wordt de interpretatie duidelijk. Verhoeven en Leenders werkt zowel civiele als bouwkundige projecten uit. Beide wapeningstekeningen hebben een wezenlijk verschil van elkaar (zie bijlage II Toetsingscriteria versus de interpretatie Verhoeven en Leenders)

De resultaten uit de toetsing geven aan dat er 9 maal niet voldaan is aan de eisen van de Nen3870; 7 maal gedeeltelijk de eisen van de Nen 3870 wordt gevolgd en 11 maal exact de regels honoreren in haar eindproducten. Daaruit wordt geconcludeerd dat er meerdere manieren zijn om de benodigde informatie weer te geven op een wapeningstekening. Ik vind het een goed principe om een NEN norm te wijten aan de weergave van wapeningstekeningen. De norm welke dateert uit 1980 en is niet meer toereikend voor de ontwikkelingen met betrekking tot de bim werkmethode. Hierdoor wordt de norm beschouwd als een richtlijn wellicht zal deze aangepast moeten worden naar de huidige stand van zaken in de bouwwereld. Er staan verschillende goede manieren beschreven om wapening weer te geven op een tekening. Echter denk ik wel dat elk bedrijf zijn eigen handtekening moet kunnen drukken op deze regelgeving.

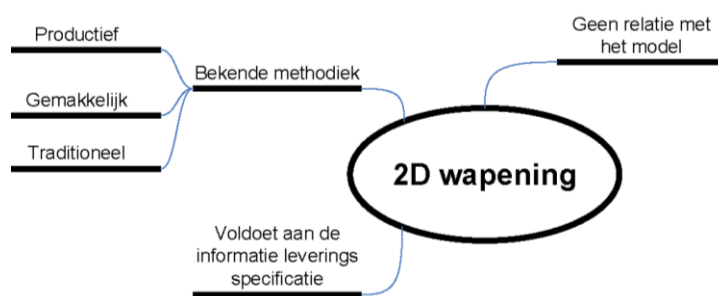
Met betrekking tot drie dimensionaal wapening. Revit heeft dusdanig veel mogelijkheden met betrekking tot de visuele en tekstuele weergave op een wapeningstekening dat het mogelijk is om te voldoen aan de Nen 3870. Na gesprekken met modellers en de directie van Verhoeven en Leenders concludeer ik dat de wens er is om zo min mogelijk af te wijken van de huidige methodiek van Verhoeven en Leenders. Om het simpele feit dat de partners het gewend zijn om op die manier een wapeningstekening van Verhoeven en Leenders aangeleverd te krijgen. De Nen 3870 is opgesteld in 1980 dat wil zeggen dat er in geen enkele vorm rekening is gehouden met de mogelijkheden van drie dimensionaal modelleren. Door de methodiek van drie dimensionaal wapening zoveel mogelijk te laten aansluiten met de huidige methodiek van Verhoeven en Leenders houd ik de drempel om over te stappen zo klein mogelijk.



### 3.3 Verschillen tussen 2D en 3D

Er zit een groot verschil tussen twee dimensionale wapeningstekeningen en wapeningstekeningen gedestilleerd uit een drie dimensionaal wapeningmodel. Uit een artikel uit de cobouw (2016) en verschillende gesprekken met constructief modelleers bij Verhoeven en Leenders zijn er een tweetal mindmaps opgesteld. Door

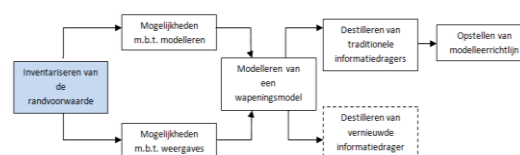
middel van een mindmap is er inzichtelijk gemaakt welke mindsets er zijn bij de verschillende disciplines.



**Figuur 8**

Het twee dimensionaal wapeningsprincipe houdt in dat er lijnen worden toegevoegd aan een tekening. Deze lijnen weerspiegelen de wapeningsstaven en door middel van tekstuele ondersteuning wordt benodigde informatie toegevoegd. Zoals te zien in figuur 8, is twee dimensionaal wapening een bekende vertrouwde methodiek om een wapeningstekening op te zetten. Doordat de methodiek bekend is werkt het productief. Het eindresultaat dekt de informatie leveringsspecificatie. Hierdoor maakt dit een zeer geschikt systeem om wapeningstekeningen te creëren.

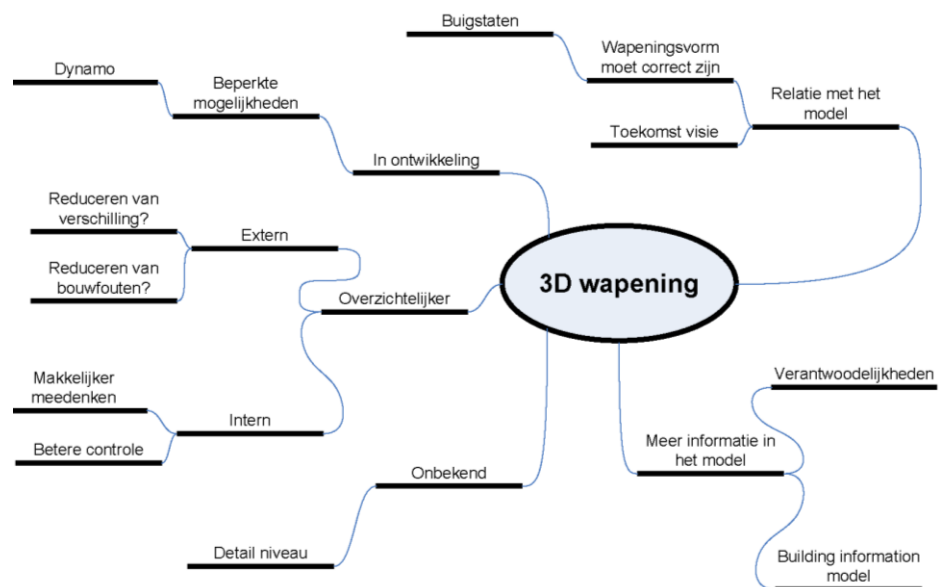
Wanneer er echter gekozen wordt voor een bim-proces wordt er bewust gekozen om alle informatie te destilleren uit het model. Hierdoor kunnen alle betrokken disciplines in een vroeger stadium inzichtelijk krijgen waar welke objecten geplaatst worden en indien nodig aanpassingen door voeren zodat er geen clashes ontstaan. Door deze eis kan er niet meer worden voldaan aan het twee dimensionaal wapeningsprincipe! Het twee dimensionaal wapeningsprincipe heeft totaal geen relatie met het constructieve aspect model. Hierdoor is het noodzakelijk om ook de benodigde wapeningsinformatie te verwerken in het model. Dit kan gedaan worden door drie dimensionaal wapening.



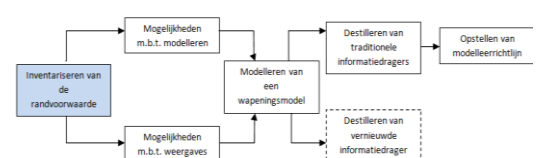


Het drie dimensionaal wapeningsproces houdt in dat de wapening daadwerkelijk wordt gemodelleerd in een model. Zoals te zien in figuur 9. lopen de ideeën betreffende drie dimensionaal wapening ver uiteen. Over het algemeen ziet de aannemer veel voordelen in het drie dimensionaal uit wapenen van de projecten. De extra kosten en de extra expertise waar de constructeur over zal moeten beschikken wordt niet gesproken. De punten waar de constructief modelleur tegenaan loopt zijn:

- **Ontwikkeling**  
Er verschijnen dagelijks berichten over nieuwe bevindingen en ontwikkelingen. Hierdoor kan een ingeslagen werkmethode plotseling ineens veranderen.
- **Onbekende**  
Er zijn veel speculaties over de mogelijkheden van modeleren en weergeven. Maar zeker over de nieuwe manieren om informatie over te dragen. Hier is nog geen standaard voor, waardoor iedereen in onwetendheid verkeerd.
- **Informatie input**  
Er wordt meer informatie in het model gestopt. Dit kost extra tijd en er is de nodige extra expertise benodigd.
- **Overzicht**  
Beide partijen zijn er over eens dat er meer overzicht komt en dat dit een positieve bijdrage heeft op het project.
- **Relatie**  
Doordat de wapeningsinformatie in het model verwerkt wordt kunnen andere partijen meer informatie destilleren uit het model. Op dit moment is het nog onbekend welke informatiedrager hiervoor geschikt is.



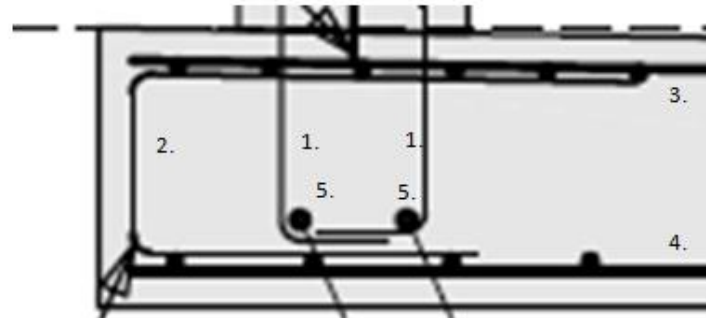
Figuur 9



Uit de brainstormsessie wordt opgemaakt dat er een tweetal hekelpunten zijn welke dusdanige impact heeft waardoor de overstap naar drie dimensionaal wapenen nog niet is door gebroken in de huidige bouwwereld.

### 3.3.1 Werkelijkheid

In de Nen 3870 worden er randvoorwaarden gesteld aan wapeningstekeningen zodat deze niet de werkelijkheid betreffen. In figuur 10 is een wand/ vloer aansluiting te zien. In figuur 10 is de boven wapening [3.] en de onderwapening [4.] van de vloer aangegeven. Ter plaatsen van de vloerrand wordt er een haarspeld[2.] geplaatst. Deze wapeningsvorm is aan de binnenkant [derde wapeningslaag] van de boven [3.] en onderwapening [4.] getekend. In de werkelijkheid zal de haarspeld geplaatst worden in de eerste wapeningslaag. Verder zijn de wapeningstekken [1.] welke de bevestiging met de wand realiseren boven elkaar in de vierde en vijfde wapeningslaag getekend. In werkelijkheid zullen deze geplaatst worden in de derde wapeningslaag.



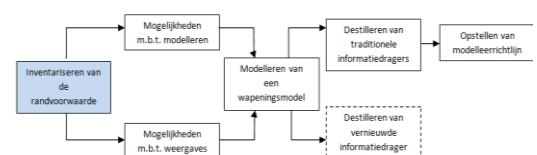
Figuur 10

De reden om de tekening af te laten wijken van de werkelijkheid heeft als argument om de overlapping en verankeringslengte beter weer te kunnen geven. Deze lengtes geven aan hoelang een wapeningsstaaf daadwerkelijk wordt. Op deze manier kan de buigcentrale zien hoe hij de wapening moet produceren.

### 3.3.2 Alles modelleren

Doordat de wapening drie dimensionaal wordt gemodelleerd kan er in de tekenomgeving geen gebruik worden gemaakt van principedetaillering. Alle wapening zal gemodelleerd moeten worden. In sommige gevallen zal dit meerwerk opleveren. Knoopunten waarbij de wapening op de “standaard” methode gewapend wordt zal ook moeten worden gemodelleerd. Dit kost extra tijd en ergenis bij de modelleur.

Wanneer er wordt gekozen om drie dimensionaal te gaan wapenen moet de wapeningsvorm in de werkelijke vorm gemodelleerd worden. Dit enerzijds omdat het model een weerspiegeling dient te zijn van de werkelijkheid en anderzijds omdat er buigstaten gegenereerd kunnen worden uit een model. Deze buigstaten zijn een weerspiegeling van de wapeningstaven uit het model. Wanneer er niet correct gemodelleerd is zal de buigstaat ook niet correct zijn.

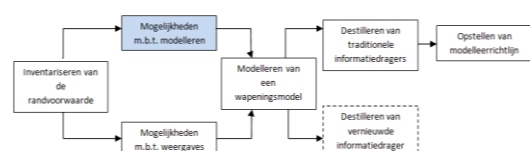


## 4. Toetsingscriteria

Om drie dimensionaal te wapenen wordt er in dit hoofdstuk opgesomd aan welke randvoorwaarde revit moet kunnen voldoen. De toetsingscriteria kunnen worden opgedeeld in twee delen. Het eerste deel zijn de toetsingscriteria van het modelleren van de wapening. Hierbij is onderscheid gemaakt in, de te wapenen betonnen elementen (§4.1), de methode waarop wapening geplaatst kan worden (§4.2). en de wapeningsconfiguraties (§4.3). Vervolgens worden verschillende applicaties toegelicht (§4.4). Tenslotte volgt er een conclusie van de bevonden resultaten in een multi criteria tabel (§4.5). Het tweede deel worden de toetsingscriteria betreffende de weergave van de wapening op de tekening vermeld (§4.6) Met als vervolg hierop een conclusie (§4.7). Dit hoofdstuk heeft betrekking op de volgende onderzoeksvragen:

5. Bied revit voldoende mogelijkheden aan om een correct wapeningsmodel te modelleren?
6. Bied revit voldoende mogelijkheden om de gemodelleerde wapening op een correcte wijze weer te geven op een wapeningstekening?
7. Kan je doormiddel van drie dimensionaal wapenen voldoen aan de informatievraag voor een traditionele wapeningstekeningen?
8. Zijn er applicaties welke het wapeningsproces vergemakkelijken?

Dit hoofdstuk is opgemaakt uit gesprekken met constructieve modelleers, verschillende tutorial's welke op internet zijn gevonden en gesprekken met verschillende softwareleveranciers, waaronder Niels Cornelissen en Paul Born (ICN) en Remmert den Otter en Jordi Bergboer (Ittanex)

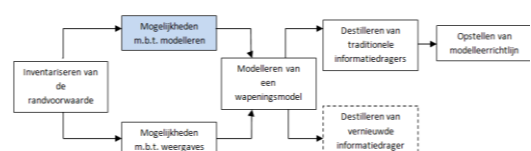


## 4.1 Te wapenen betonnen elementen

In dit hoofdstuk worden de vormen waarin wapening gemodelleerd wordt toegelicht. Hierin wordt er onderscheid gemaakt tussen wanden, vloeren, balken en kolommen.

- Wanden;  
Een verticale rechthoekige plaat van beton. Wanden worden bij voorkeur rechtlijnig in een rechthoekige vorm uitgevoerd. Er zijn echter verschillende varianten mogelijk:
- Vloeren;  
Een horizontale rechthoekige plaat van beton. Vloeren worden bij voorkeur rechtlijnig in een rechthoekige vorm uitgevoerd. Er zijn echter verschillende varianten mogelijk:
- Balken;  
Dit zijn horizontale lijnvormige betonnen stroken. Van deze objecten wordt veelvuldig gebruik gemaakt. Deze vormen worden vooral gebruikt in fundering constructies zoals balken, poeren, liggers en stroken. Het is afhankelijk van de toepassing van het object op welke wijze deze gewapend dient te worden.
- Kolommen;  
Dit zijn verticale betonnen objecten met een relatief klein oppervlak. Bij voorkeur wordt de wapening vervaardigd door een beugel horizontaal te plaatsen met een bepaalde hart op hart afstand. Daar in worden de benodigde verticale staven geplaatst. Het is goed mogelijk dat er stekken uit de kolom blijven steken om een verbinding te creëren met een ander object. Dit moet dus meegenomen worden in het onderzoek. Ook bij kolommen zijn er verschillende denkbare vormen. Deze zijn opgedeeld in drie verschillende varianten welke onderzocht worden of het mogelijk is om de vormen te wapenen in revit.

Voor een tekstuele verdieping zie "bijlage III (on) mogelijkheden in revit" hoofdstuk IV.1 te wapenen vormen.



## 4.2 Wapeningsmethodieken

In dit hoofdstuk worden de methodes toegelicht op welke mogelijke methode wapening geplaatst kan worden. Deze inventarisatie wordt gedaan om vervolgens te kunnen bepalen of het modelleerprogramma revit deze methodes kan verwerken.

### - Wapeningsnetten

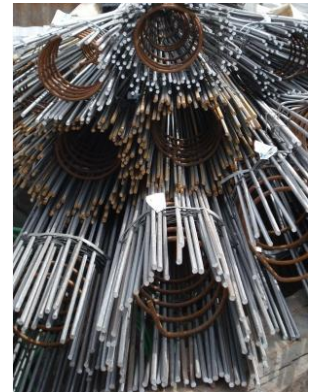
Wapeningsnetten zijn vooraf vervaardigde kruislinks op elkaar gepuntlaste wapeningsstaven.

Wapeningsnetten worden veelvuldig gebruikt bij het wapenen van grote repeterende oppervlakken. Met standaard afmetingen kan er efficiënt en effectief een groot oppervlak gewapend worden.

Wapeningsnetten zijn in verschillende configuraties te bestellen. Standaard is de maximale diameter van de staven zestien millimeter en de maximale hart op hart afstand 300 millimeter.

### - Rolmatten

Rolmatten zijn wapeningsconfiguraties waarbij de hoofdwapening op de juiste plaatst geplaatst worden. Hierop wordt op enkele plaatsen verdeel wapening gepuntlast voor de verbinding. Deze verdeelwapening wordt in tientallen meters lang uitgevoerd en op een rol op de bouwplaats geleverd (zie figuur 11). Om een constructief kruisnet te kunnen creëren moeten de rolmatten kruislinks over elkaar heen gelegd worden. Door middel van deze methode is men in staat om relatief vlug een groot oppervlak te wapenen. Het nadeel is dat als er in het te wapenen oppervlak obstakels aanwezig zijn dit grote consequenties heeft betreffende de wapeningsprocedure.



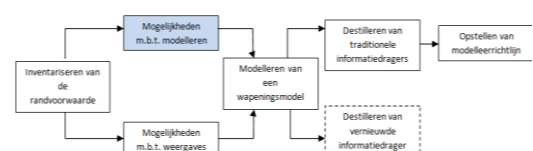
Figuur 11

### - Losse staven

In bouwkundige projecten wordt er veelal met losse staven gewapend wanneer het een specialistisch knooppunt betreft. Omdat er binnen civiele projecten over het algemeen grotere diameters en daarbij dus ook meer gewicht wordt verwerkt, wordt er in de civiele sector vaker gebruik gemaakt van wapenen met losse staven. Het wapenen met wapeningsnetten zal vaak te zwaar zijn voor de werknemer op de bouwplaats om te tillen. Het wapenen met losse staven is in dit onderzoek opgedeeld in twee verschillende methodieken. Rechthoekig wapenen en radiaal wapenen. Beide methodieken moeten mogelijk zijn in revit.

Voor een tekstuele verdieping zie “bijlage III (on) mogelijkheden in revit” hoofdstuk IV.2 Wapeningsmethode.

Voor een optimaal bim project, zodat er een as-built model opgeleverd kan worden. Zal de methode waarop gewapend gaat worden tijdens het ontwerpen van de wapening bekend moeten zijn. Hierdoor kan een constructeur/ modelleur rekening houden met de gemaakte wapeningsmethode keuze. Voor de constructeur door in de berekening rekening te houden en voor een modelleur om in het model de te plaatsen netten te modelleren zodat er een nettenplan of iets degelijks ontstaat.





### 4.3 Wapeningsconfiguraties

Om betonnen vormen te wapenen worden rechte wapeningsstaven gebogen naar benodigde configuraties. In dit hoofdstuk worden er verschillende wapeningsconfiguraties toegelicht. De configuraties welke toegelicht worden zijn een aantal veel voorkomende vormen. De mogelijkheden in buigen zijn oneindig. Daarom wordt de configuratie "vrije vorm" mee genomen in het onderzoek. Het modelleerprogramma moet om kunnen gaan met de verschillende configuraties tijdens het modelleren.

- Staven;

Met de term staven worden de rechte wapeningsstaven bedoeld. In deze staven vind geen buiging plaats. Rechte staven komen vrijwel altijd voor in een wapeningsproject.

- Stekken;

In dit onderzoek wordt er met stekken bedoeld een L-vormige wapeningsstaaf. Deze staven worden veelvuldig gebruikt om verschillende betonnen onderdelen aan elkaar te koppelen. Bij een stek is de ombuig lengte van belang deze moet voldoen aan de verankering en/of overlappingslengte.

- Beugels;

Beugels zijn rechthoekige wapeningsconfiguratie welke rondom geheel dicht zijn. Hierbij is het van belang dat de overlappingslengte van de beugel voldoet aan de eurocode. De breedte en hoogte afmeting van de beugel kan variëren. Beugels worden gebruikt om dwarskrachten op te vangen in de betonnen constructie.

- Haarspelden;

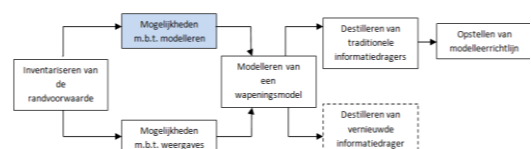
Haarspelden zijn U-vormige wapeningsconfiguraties. Deze vormen worden veelal gebruikt om de randen van een betonnen object te wapenen. Voor een visuele beeldvorming van alle bovenstaande vormen zie figuur 12.

- Vrije vorm.

In de huidige bouwontwerpen worden er verschillende excentrische vormen gebruikt. Om deze op de juiste manieren te wapenen zullen er andere wapeningsconfiguraties gemaakt moeten worden. Dat wil zeggen dat het softwarepakket meerdere verschillende wapeningsvormen moet kunnen generen dan de bovenstaande configuraties.



Figuur 12



## 4.4 Applicaties

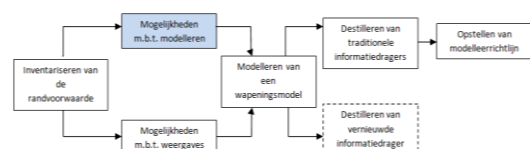
Dit hoofdstuk is opgemaakt uit een gesprek met Jelle Roks. Jelle is een medewerker van ABT. Waar hij de werkzaamheden van een constructief modelleur uitvoert. Tijdens het interview werd verteld dat wapenen in revit zonder hulp van applicaties vrijwel onmogelijk was. Hierdoor zijn de applicaties welke Jelle tijdens zijn werkzaamheden gebruikt ook onderzocht.

In het software pakket revit is het mogelijk voor andere software leveranciers om een applicatie te ontwikkelen welke ingeladen kunnen worden in revit. Hierdoor kunnen andere software leveranciers bepaalde specifieke commando's, hulpmiddelen of slimme trucjes ontwikkelen welke in default revit niet mogelijk zijn. Er zijn verschillende instanties zowel persoonlijke als bedrijfsmatige welke zich bezig houden met het ontwikkelen van deze applicaties. Waarbij de ontwikkelaar bepaald of de applicatie kosteloos gedownload kan worden of tegen betaling. Voor het wapeningsproces zijn er een tweetal applicaties welke zeggen dat zij het wapeningsproces vergemakkelijken.

De applicaties welke insinueren dat ze het wapeningsproces versoepelen zijn Dynamo en sofistik. Dynamo is een gratis programmeer programma binnen revit. Sofistik is een betaald software pakket met verschillende toepassingsgebieden. Beide applicaties zijn onderzocht in dit onderzoek. (zie bijlage IV:applicaties)

## 4.5(On)-mogelijkheden betreffende het modelleren in revit

In dit hoofdstuk wordt een conclusie gegeven op de mogelijkheden van de te wapenen vormen, de wapeningsconfiguraties en de wapeningsmethodieken. Voordat er een antwoord gegeven kan worden op de vraag of revit bovenstaande onderdelen kan modelleren is er voorafgaand het artikel "wapenen in Revit deel 1" gelezen en de tutorial "Modeling 3D Reinforcement in Autodesk Revit" op youtube bekeken. De resultaten zijn verkregen door alle voorgaande onderdelen te modelleren en door middel van een trial en error proces zijn de gewenste wapeningsconfiguraties bekeken. Deze resultaten zijn gecombineerd in een multi criteria tabel.

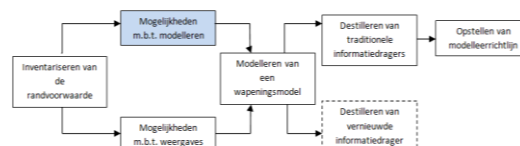


## 4.5.1 Multi criteria tabel

			revit	Dynamo	Sofistik
<b>Te wapenen vormen</b>					
	Wanden				
		Recht	+	+	-
		Gecurved	-	+	-
		Hoogte verlopend	+	+	-
		N-vorm	+/-	+	-
		Met sparingen	+/-	+	-
		Met sparingen gecurved	-	+/-	-
	Vloeren				
		Recht	+	+	-
		Gecurved	-	+	-
		Met sparingen	+	+	-
		Gecurved met sparingen	-	+/-	-
	Balken				
		Recht ( <i>Gecurved</i> )	+	+	-
		Gecurved	-	+	-
		Verlopend ( <i>Gecurved</i> )	+	+	-
	Kolommen				
		Vierkant	+	+	-
		Rond	+	+	-
		Ovaal	+	+	-
<b>Wapeningsmethode</b>					
	Wapeningsnetten		+	+	-
	Losse staven		+	+	-
	Radiaal		-	+	+
<b>Wapeningsvormen</b>					
	Staven		+	-	-
	Stekken		+	-	-
	Beugels		+	-	-
	Haarspelden		+	-	-
	Vrije vorm		+	-	-

Legenda:

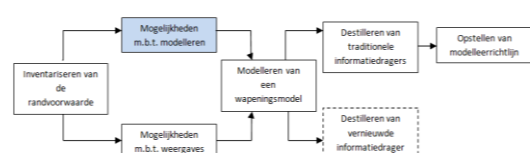
- + = Er kan zonder enige moeite wapening gemodelleerd worden in de gewenste configuratie.
- +/- = Er kan met de nodige work-arounds wapening gemodelleerd worden in de gewenste configuratie.
- = De gewenste wapeningsconfiguratie kan niet worden gemodelleerd.



**4.5.2 Conclusie:**

In eerste instantie zijn alle te wapenen vormen gewapend met default revit mogelijkheden. Vervolgens is er gekeken naar de mogelijkheden met de hulp van de applicatie dynamo. Als laatste is er gekeken naar de modelleer mogelijkheden met de applicatie sofistik. Er is voor deze volgorde gekozen omdat het de wens van Verhoeven en Leenders is om het wapeningsproces zoveel mogelijk binnen default revit te houden en alleen indien nodig een stap te maken naar een hulp applicaties. Dynamo is de eerste applicatie welke bekeken wordt. Dit heeft als reden dat deze applicatie kosteloos is en elk script welke geschreven wordt meteen overgedragen kan worden op alle modelleurs binnen Verhoeven en Leenders. Als laatste is er gekeken naar sofistik deze betaalde applicatie versneld veelal het wapeningsproces.

Algemeen scoort revit op zestien punten ruim voldoende. De punten waarbij revit een onvoldoende scoort zijn: radiaal wapenen en gecurved vormen wapenen. Dit zijn vormen welke sporadisch voorkomen in projectmatig verband. Hierbij kan gekozen worden om een dynamo script op te stellen of met de kennis waarover Verhoeven en Leenders nu beschikt bewust te kiezen om het project niet drie dimensionaal te wapenen. Verhoeven en Leenders beschikt op dit moment over de nodige kennis om een goed gefundeerd standpunt in te nemen op het gebied van het modelleren van drie dimensionaal wapenen. Voor de individuele tekstuele ondersteuning (zie Bijlage V: modelleren van wapening)



## 4.6 Wapeningstekeningen

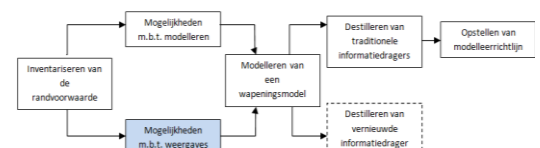
In dit hoofdstuk wordt toegelicht wat de toetsingscriteria zijn betreffende de weergaves op een wapeningstekening. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen weergave, taggen en bijkomende informatie

Zoals eerder vermeld moeten de wapeningstekeningen welke gedestilleerd worden uit het drie dimensionaal wapeningsmodel lijken op de traditionele wapeningstekeningen van Verhoeven en Leenders. Hiervoor is gekozen omdat de klant een bepaalde standaard van het bedrijf gewent is. In eerste instantie is de wens om zo min mogelijk af te wijken van deze standaard. Puur om de verwachtingswaarde van de klant te kunnen beantwoorden.

### - Weergave

De weergave van de wapeningsstaven is een belangrijk aspect bij het opstellen van een wapeningstekening. Hierbij wordt er onderscheid gemaakt tussen:

- **Staf weergave;**  
In de twee dimensionale traditionele wapeningstekeningen wordt een langsdoorsnede van een wapeningsstaaf weergegeven door middel van een lijn. In de drie dimensionale wapeningstekeningen wordt de staaf aan gegeven door 2 lijntjes. In de Nen 3870 wordt de eis gesteld dat een wapeningstaaf als een solid staaf wordt weergegeven.
- **Diameter weergave;**  
De dwarsdoorsnede van een wapeningsstaaf wordt zowel twee als driedimensionaal solid weergegeven. De grootte van de diameter is visueel weergegeven door de vorm van de cirkel op de tekening.
- **Buigradius;**  
De buigradius geeft aan met welke radius een wapeningsstaaf gebogen wordt. Door deze visueel op een wapeningstekening weer te geven wordt het overzichtelijk welke ruimte er nog is voor eventueel andere staven en of de mazen voldoende groot zijn zodat het beton gestort kan worden.
- **Overlappingslengte en verankeringslengte;**  
De lengte welke de wapeningsstaven moeten overlappen om de optredende krachten over te brengen. In twee dimensionale tekeningen wordt de wapening bewust niet correct gemodelleerd om zo de overlappingslengte aan te geven. Dit wil zeggen dat de wapeningsconfiguraties met opzet in een andere wapeningslaag worden getekend. Bij drie dimensionale wapeningstekeningen is dit niet mogelijk omdat het model de wapening moet weerspiegelen. Hierdoor lopen staven door elkaar heen en is er geen overlapping/verankeringslengte zichtbaar.
- **Leggebied aangeven**  
Om het overzicht op een wapeningstekening te bewaren is er de oplossing om niet alle wapeningsstaven aan te geven maar ervoor te kiezen om één wapeningsstaaf aan te geven met daarbij een pijl wat het leggebied is van de bewuste wapeningsconfiguratie. Hierdoor wordt de tekening minder druk en makkelijk te lezen voor de gene welke de wapening plaatst.





- Wapeningsvorm buiten de vorm halen;

Een andere manier om een wapeningstekening overzichtelijker te maken is om een wapeningsvorm op de tekening uit het te wapenen betonnen onderdeel te halen. Door de wapeningsvorm buiten het betonnen element te halen wordt de vorm rustiger op de tekening en is er bij de wapeningsvorm meer ruimte voor een tekstuele omschrijving.

#### - Taggen

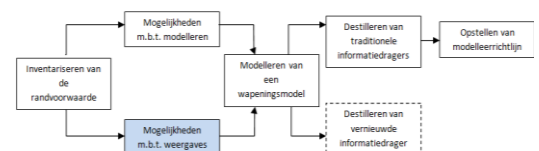
Een tag is een tekstuele omschrijving van een object op een tekening. Bij een wapeningstekening zijn dit voornamelijk de tekstuele weergave van wapeningstaven waarin de diameter, hart op hart afstand, lengte, aantal, wapeningslaag en wapeningsvorm worden uitgelezen. Het verschilt per functie van de wapeningsstaaf welke tekstuele omschrijving erbij geplaatst moet worden.

#### - Bijkomende informatie

Op een wapeningstekening moet ook informatie betreffende het betonmengsel op een tekening weergegeven worden. Hierbij wordt bedoeld de milieuklasse, de sterkteklasse en de dekking van het beton. Deze informatie zal uit het model gedestilleerd moeten worden zodat de informatie ten alle tijden een relatie heeft met het model.

## 4.7 (On)-mogelijkheden betreffende de weergave op de tekening

In dit hoofdstuk wordt een conclusie gegeven over de wapeningsweergave op de wapeningstekening waarbij wordt gekeken naar bovenstaande onderdelen. Voordat er een antwoord gegeven kan worden op de vraag of revit bovenstaande onderdelen kan weergeven op de tekening is er voorafgaand het artikel “wapenen in Revit deel 1” gelezen en de tutorial “Modeling 3D Reinforcement in Autodesk Revit” op youtube bekeken. De resultaten zijn verkregen door een tekening op te stellen waarbij alle voorgaande onderdelen op de tekening worden weergegeven. Deze resultaten zijn gecombineerd in een multi criteria tabel.



#### 4.7.1 Multi criteria tabel

			revit	Dynamo	Sofistik
<b>Wapeningstekeningen</b>					
	Weergave				
		Staaf weergave	+	+/-	-
		Diameter weergave	+	+	+
		Buigradius	+	+/-	+
		Overlappingslengte	-	-	-
		Wapeningsvorm buiten de vorm halen	+/-	-	+
		Leggebied aangeven	+/-	-	-
	Taggen				
		Informatie	+	+	+
		Wapeningslaag	+/-	-	-
	Bijkomende informatie				
		Milieu klassen	?	?	-
		Beton kwaliteit	?	?	-
		Dekking	?	?	-

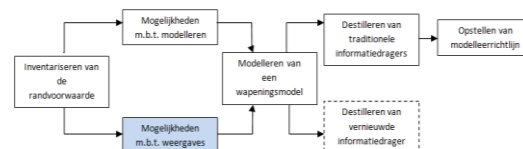
Legenda:

- + = Er kan zonder enige moeite wapening weergegeven worden op de wapeningstekening.
- +/- = Er kan met de nodige work-arounds de wapening weergegeven worden op de tekening.
- = De gewenste wapeningsweergave kan niet worden bereikt.

#### 4.7.2 Conclusie

In eerste instantie zijn alle mogelijkheden betreffende de weergave van de wapening onderzocht met default revit. Vervolgens is gekeken naar de mogelijkheden met behulp van de applicatie dynamo. Als laatste is gekeken naar de modelleer mogelijkheden met de applicatie sofistik. Er is voor deze volgorde gekozen omdat het de wens van Verhoeven en Leenders is om het wapeningsproces zoveel mogelijk binnen default revit te houden en alleen indien nodig een stap te maken naar hulp applicaties. Dynamo is de eerste applicatie welke bekeken wordt. Dit heeft als reden dat deze applicatie kosteloos is en elk script welke geschreven wordt meteen overgedragen kan worden op alle modelleers binnen Verhoeven en Leenders. Als laatste is er gekeken naar sofistik deze betaalde applicatie versneld veelal het wapeningsproces. Voor de individuele tekstuele ondersteuning (zie Bijlage VI: weergave van de wapening)

Algemeen scoort revit op vrijwel alle punten een voldoende. Betreffende de weergaves van de wapening op een tekening heeft revit betrekkelijk veel verschillende opties. De manieren waarop dit moet gebeuren zijn behoorlijk omslachtig. Hierbij kan dynamo ook geen hulp bieden dit heeft te maken met project specifieke eigenschappen van een tekening. Sofistik daarentegen kan hier veel ondersteuning in bieden. Door middel van de vernuftige commando's welke sofistik heeft gecreëerd kan er meer snelheid uit het tekenwerk worden gegenereerd. Voor een visuele weergave van de concept wapeningstekeningen welke zijn gemaakt met de bevindingen uit bovenstaand hoofdstuk (zie Bijlage VII: concept wapeningstekeningen)



## 5. Interne proof of concept

Om de gevonden resultaten te bekrachtigen worden de deze getest in een interne proof of concept. het boogde proces is het opstellen van een wapeningsmodel waaruit traditionele wapeningstekeningen uit gedestilleerd kunnen worden. In dit hoofdstuk wordt de casus waarin een wapeningsmodel is opgesteld verder toegelicht. Door middel van deze proof of concept wordt er getest in hoeverre het mogelijk is om in revit een wapeningsmodel te creëren. Met behulp van de voorgaand verkregen resultaten wordt er door middel van een trial en error proces het model gewapend.

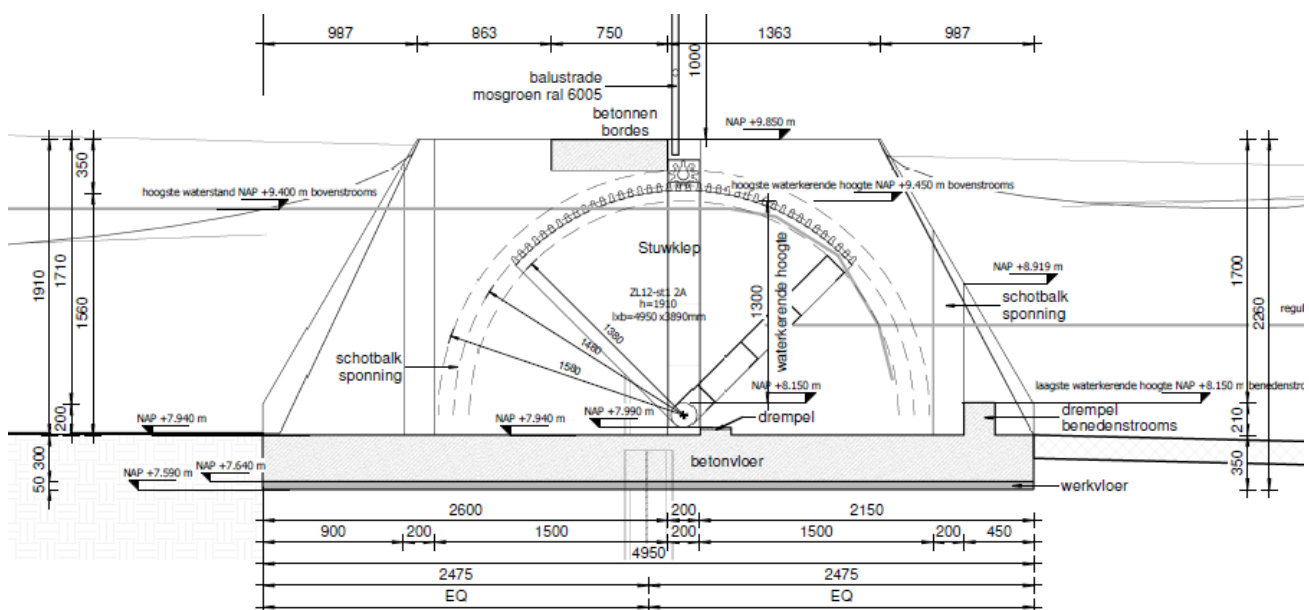


Figuur 13

Dit hoofdstuk heeft betrekking op de volgende onderzoeksvragen:

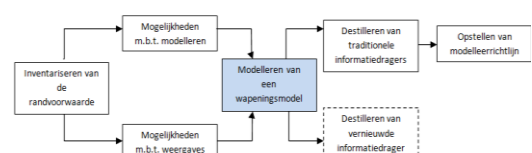
7. Kan je door middel van drie dimensionaal wapenen voldoen aan de informatievraag voor een traditionele wapeningstekening?
8. Zijn er applicaties welke het wapeningsproces vergemakkelijken?

De casus betreft waterstuw aan de Zantkantse Leij te Drunen. Er is voor dit project gekozen omdat het een relatief klein project is. Het project is uitgewerkt in AutoCad, het heeft dusdanige excentrieke vormen dat vrijwel elk aspect van de wapeningsmethode, wapeningsvormen en te wapenen vormen aan bod komen. Deze casus is bedoeld om een beter beeld te krijgen van de (on)- en mogelijkheden van het wapeningsproces



binnen het modelleerpakket revit. Aan de hand van de tekeningen welke door de aannemer zijn verstrekt zie

Figuur 14



figuur 14 wordt de vorm van de stuw opgezet in revit.

## 5.1 Onderdelen

De onderdelen welke voor komen zijn:

- Versterkte strook onder de vloer; [1.]

Dit is een afgeschuinde betonnen balk welke gelijk met beide vloerzijde wordt gemaakt.

Deze strook is bedoeld om voldoende hoogte te kunnen creëren om de damwandplaten welke onder de stuw gedrukt worden te kunnen bevestigen aan de stuw.

- Rechthoekige vloer; [2.]

Over de vloer zal het water gaan stromen en daar wordt de stuw op bevestigd.

- Aanslag balk op de vloer; [3.]

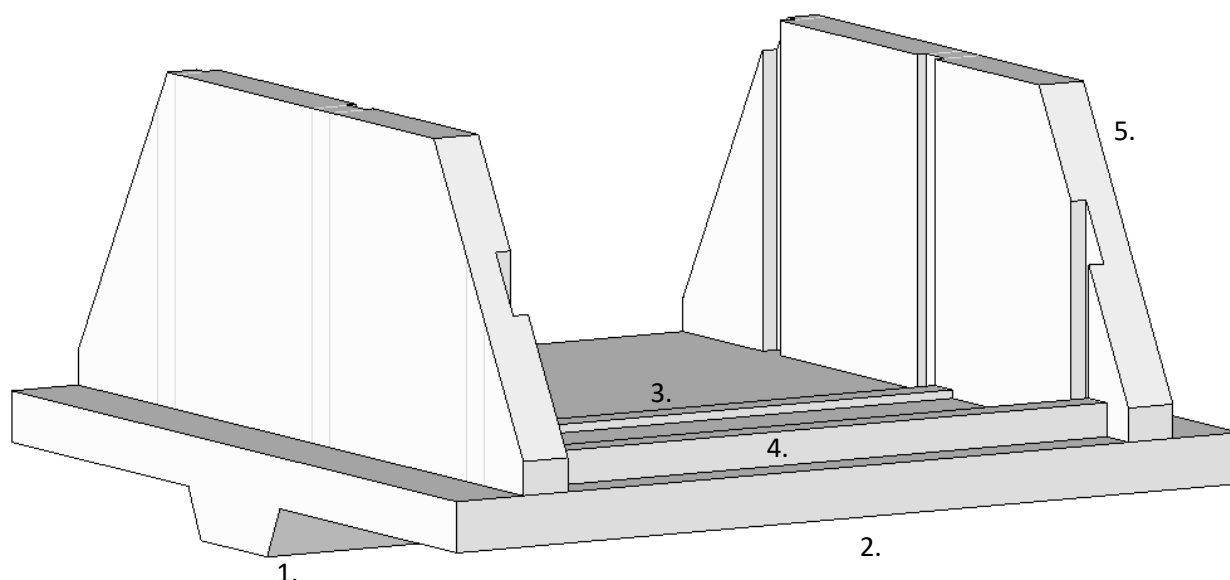
Dit is een rechthoekige betonnen opstortingsstrook welke op de vloer en tussen de wanden geplaatst wordt. Tegen deze opstorting wordt de stuw bevestigd.

- Stroomkeringsbalk op de vloer; [4.]

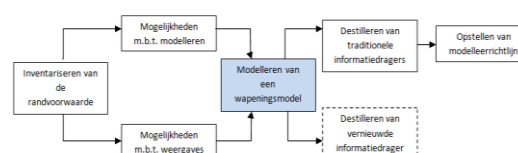
Dit is een rechthoekige betonnen opstortingsstrook welke op de vloer en tussen de wanden geplaatst wordt. Deze opstorting is hoger als opstorting nummer 3. De opstorting is bedoel om de stroming van het water te weren.

- Wanden; [5.]

De wanden sluiten de zeikanten van de stuw af. Uit esthetisch oogpunt zijn de wanden aan de bovenzijde afgeschuind. In de wand moeten 3 sleuven gestort worden. De twee buitenste sleuven zijn bedoeld om schotten in te kunnen plaatsen zodat de stuw doorgepompt kan worden ten behoeve van onderhoud. In de middelste sleuf wordt de stuwklep geschoven en bevestigd.



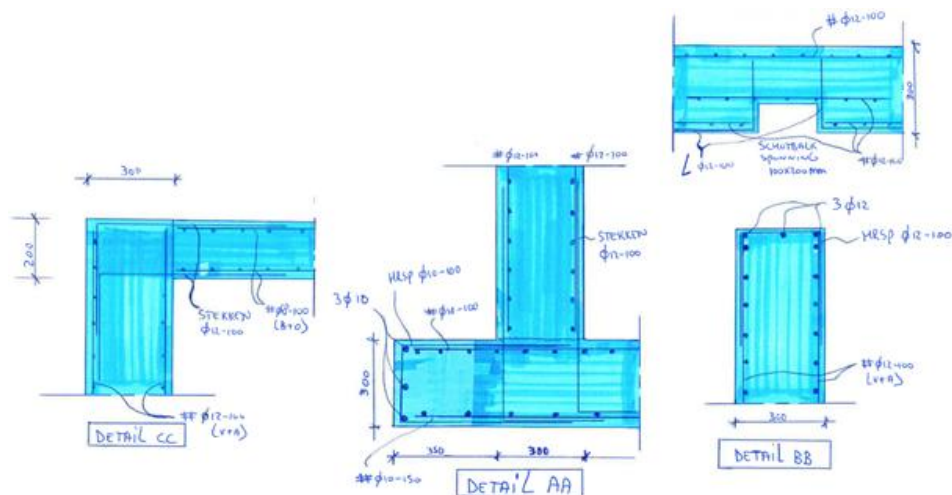
Figuur 15



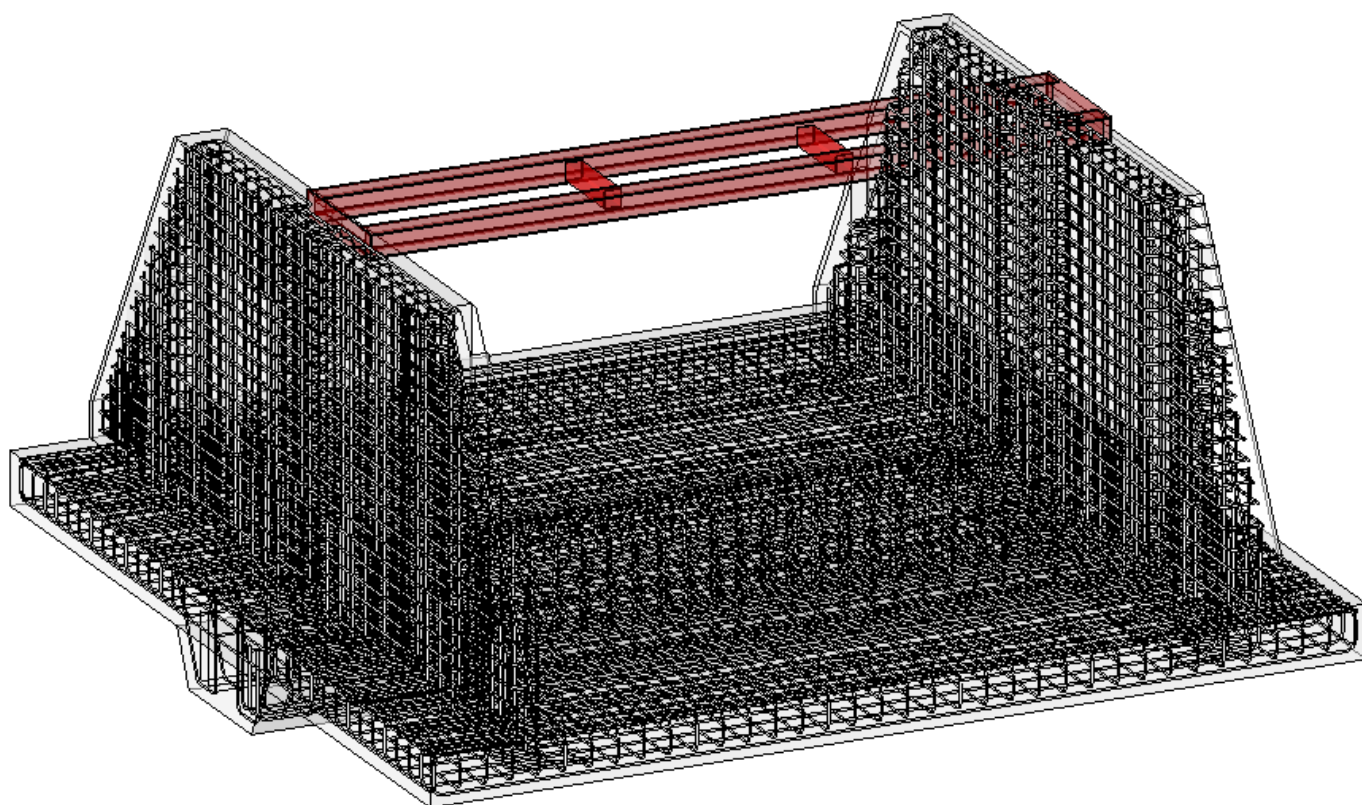


## 5.2 modelleren

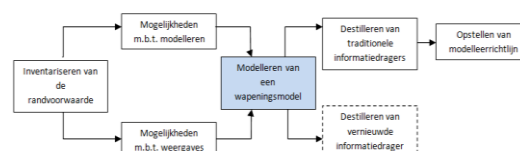
Wanneer de vorm is opgezet wordt het schetsontwerp van de constructeur doorgenomen. Hierop is globaal de wapening aan gegeven zie figuur 16. Door de wapening aan te geven in de details wordt in dit projectspecifieke geval de wapening aangegeven. Met de verkregen resultaten uit hoofdstuk 4 en wapeningsinformatie van het constructieve schetsontwerp. Wordt het wapeningsmodel gemodelleerd. Zoals te zien in figuur 17.



Figuur 16



Figuur 17





## 5.3 Wapeningstekeningen

Uit het wapeningsmodel wordt er een wapeningstekening gedestilleerd. Doordat het project door Verhoeven en Leenders al is uitgewerkt zijn er al wapeningstekeningen beschikbaar. Deze twee dimensionale wapeningstekeningen zijn gebruikt als randvoorwaarde waar de wapeningstekening welke uit het model gedestilleerd word aan moet voldoen. In "bijlage VIII Wapeningstekening en buigstaat gedestilleerd uit proof of concept" zijn beide tekeningen weergegeven.

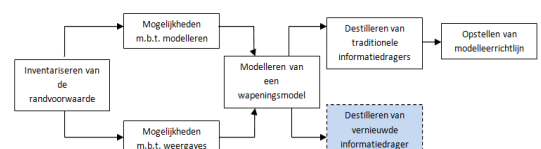
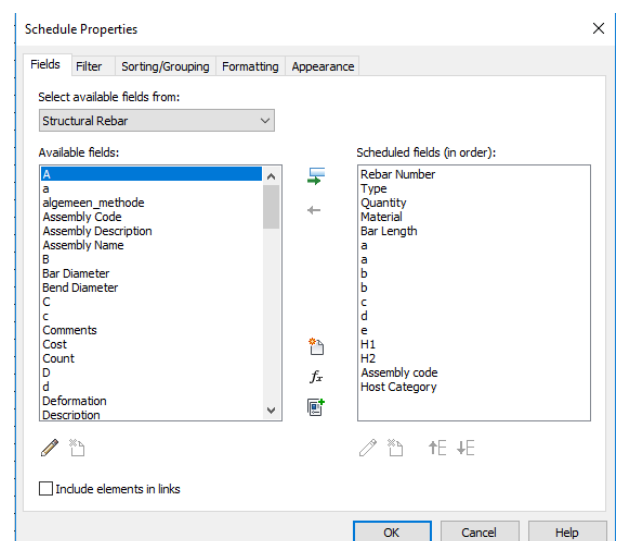
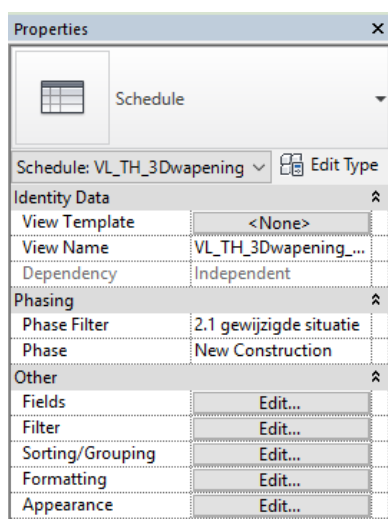
Betreffende de weergave zijn er enkele verschillen te detecteren. Dit heeft te maken met de met het softwarepakket waarmee de tekening is vervaardigd. Het onderliggend doel van dit onderzoek is om dezelfde informatieoverdracht te kunnen waarborgen. De informatieoverdracht bij de wapeningstekeningen gedestilleerd uit het wapeningsmodel kan vele malen groter zijn. Dit komt doordat het gehele model gewapend is. Er kan op elke locatie een doorsnede of aanzicht gemaakt worden om de situatie te verduidelijken. Hierdoor is de vrijheid van de modelleur vele male groter.

## 5.4 Buigstaten

Nederland is een van de weinige landen waar een hoofdconstructeur geen buigstaat creëert. Om deze reden is er gekeken of er in native revit een buigstaat gegenereerd kan worden. Als randvoorwaarde is er door een modelleur van Verhoeven en Leenders een buigstaat gegenereerd uit tekla. Een buigstaat uit revit zal dezelfde informatie moeten leveren als deze buigstaat. Deze is te zien in "bijlage VIII Wapeningstekening en buigstaat gedestilleerd uit proof of concept".

Door gebruik te maken van een schedule in revit wordt er een tabel gemaakt van een family in revit. In de tabel kunnen er kolommen worden toegevoegd waar de parameters van de family's worden uitgelezen. waarin elke parameter van een bepaalde family uitgelezen kan worden. Betreffende de buigstaat kan er in de schedule elke benodigde parameter informatie weergegeven in de buigstaat. Er zitten echter een aantal work-arounds namelijk:



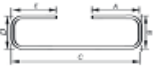
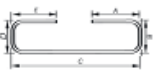

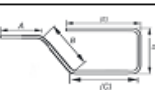

- De visuele weergave van de buigvorm;
- Het opdelen in A4 formaten oid.



### 5.4.1 De visuele weergave van de buigvorm

Revit kan geen visuele weergave van de buigvorm generen. Bij de installatie van revit worden er automatisch ook visuele weergave van de wapeningsvormen geïnstalleerd. Zoals eerder vernoemd mogen de standaard geïnstalleerde wapeningsvormen in revit niet gebruikt worden op Nederlandse wapeningstekeningen.

Hierdoor zijn ook de visuele beeldvorming van deze vormen niet te gebruiken. Door middel van het creatieve knip- en plak werk is het mogelijk om zelf afbeeldingen in .JPG formaat te creëren en deze in te laden in revit. Deze afbeeldingen kunnen worden uitgelezen in de buigstaat., mits deze op een tekening staat.

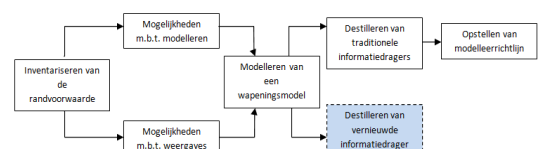
VL_TH_buigstaat_tekla							
Positie nur.	Diameter	Aantal	Kwaliteit	Lengte	Gewicht per stuk	Gewicht	Buigvorm
1	10	51	FEB 500	5220	3,20	163,09	
2	10	54	FEB 500	4980	3,05	164,74	
3	12	15	FEB 500	6553	5,78	86,71	
4	10	36	FEB 500	6274	3,84	138,36	
5	12	14	FEB 500	6552	5,78	80,92	
6	10	36	FEB 500	1949	1,19	42,99	
7	12	3	FEB 500	5911	5,21	15,64	

### 5.4.2 Het opdelen in A4-formaten

In grote projecten is het denkbaar dat er een buigstaat gedestilleerd dient te worden van meerdere A4-formaten. Een schedule in revit wordt niet automatisch aan gepast op papier formaten. Er zijn twee optie om deze schedule te bewerken zodat deze toch verstrekt kan worden naar een opdrachtgever.

- Verkleinen door middel van filters  
In een schedule kan er doormiddel van filtering verschillende objecten uit de schedule gehaald worden. Hierbij valt te denken aan een buigstaat waar alleen de wapening van een bepaalde host wordt weergegeven of een buigstaat met alleen een bepaald diameter weergegeven.
- Exporteren naar Excel  
Er is een mogelijkheid om een schedule te exporteren naar EXCEL. Het nadeel hiervan is dat de afbeelding niet wordt geëxporteerd.

Beide opties belooft niet de voorkeur echter zijn erop dit moment geen betere oplossing. Zoals te lezen in "Bijlage IX Modelleerrichtlijn deel 4" is deze kwestie in neergelegd bij de software leverancier ICN. Zodat ze een beter work-around kunnen ontwikkelen of verwerken in de nieuwe update van revit.



## **6. Vernieuwde informatiedrager**

Doordat er een wapeningsmodel voor handen is bestaat de mogelijkheid om de benodigde wapeningsinformatie op een andere manier aan te leveren dan in de vorm van een traditionele wapeningstekening. In dit hoofdstuk worden een aantal varianten toegelicht. De verschillende varianten zijn opge maakt uit een brainstorm sessie met de medewerkers van Verhoeven en Leenders en een gesprek met een specialist op wapeningsgebied. Dit hoofdstuk heeft betrekking op de volgende onderzoeksvragen:

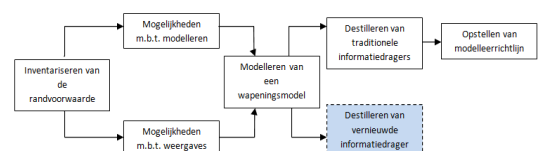
9. Welke vernieuwende informatiedragers kunnen er gedestilleerd worden uit een wapeningsmodel?

### **6.1 Ifc**

De afkorting ifc staat voor (Industrial Foundation Classes) dit is een neutrale en uniforme open bestandsformaat welke wordt gebruikt om te communiceren in de verschillende modelleerpakketten. Dit houdt in dat het bestandsformaat software onafhankelijk is. Ifc kan door iedereen vrijblijvend gebruikt en hergebruikt worden.

Het ifc bestand is ontwikkeld door buildingsmart, dit is een non-profit organisatie welke de samenwerking in de bouwwereld wil verbeteren en vergemakkelijken. Door middel van ifc kan er een eenduidige uniforme informatie uitwisseling plaatsvinden over de gehele bouwkolom.

Ifc is alleen bedoeld voor het uitwisselen van modelinformatie. Het is een manier om informatie te versturen, te ontvangen en te reageren, het is echter niet de intentie om het te gebruiken als bewerkingsformaat. In een ifc bestand wordt zowel geometrische als non-geometrisch informatie opgeslagen. De gegevens van de aspect modellen van elke discipline in de bouwkolom wordt omgezet naar één manier van informatieopslag, zodat iedereen de beschikbare informatie kan bekijken en gebruiken zonder enig data verlies.



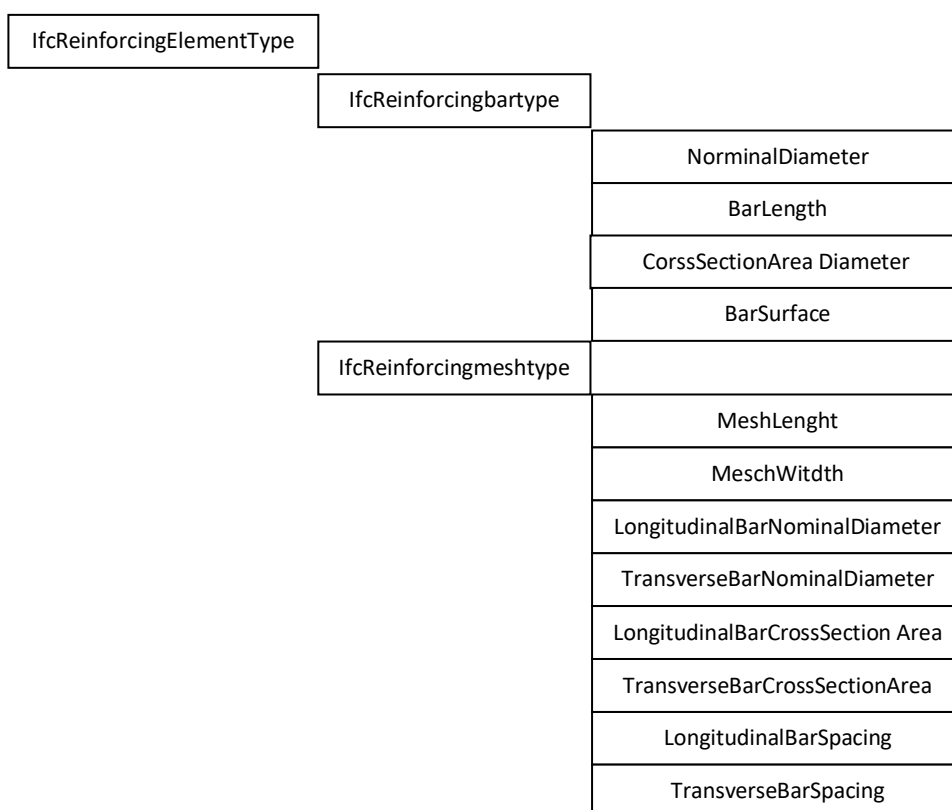
### 6.1.1 Ifcreinforcementbar

Building smart schrijft voor hoe objecten moeten worden opgeslagen in een bestand. Eigenschappen van objecten in een IFC model worden attributen genoemd. Attributen worden onderverdeeld in verschillende typen of entiteiten. De entiteiten worden ook wel 'IFC Classes' genoemd. Ter verduidelijking wordt hieronder een visuele weergave gemaakt van een wapeningsstaaf. Het elementen in revit, "de wapeningsstaaf" wordt geëxporteerd als een ifc Reinforcement Bar type.

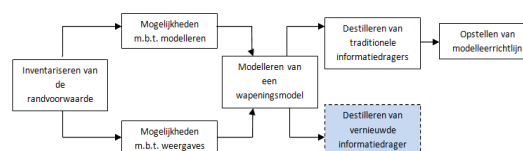
Ifc Root

Ifc classes

ifc attributes



- Ifc root:  
De bovenste algemene groep waarin een ifc bestand is opgebouwd is de Ifc root.
- Ifc classes:  
Deze laag van een ifc bestand geeft het element in revit weer. Meerdere elementen behoren tot één ifc root. Een class kan uit meerdere objecten bestaan.
- ifc object:  
De ifc object is een weerspiegeling van zowel de non-geometrische als de geometrische informatie van een element uit het modelleerpakket. Met betrekking tot revit is deze informatie is als waarde in een parameter toegevoegd. Verschillende ifc objecten creëren een ifc object defination.



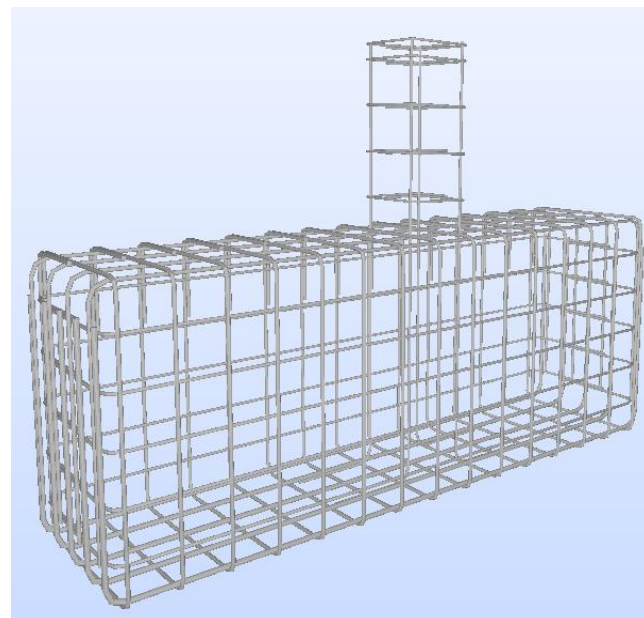


### 6.1.2 Kleur weergave

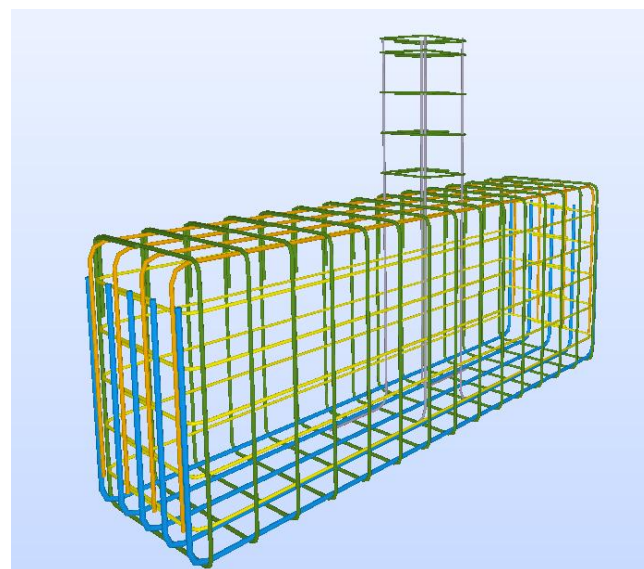
In revit wordt de kleurweergave van het element bepaald door het materiaal. Doordat wapeningsstaaf veelal uit hetzelfde materiaal bestaat zullen alle wapeningsstaven met één kleur worden weergegeven zoals te zien in figuur 18.

Om het ifc bestand overzichtelijk te maken voor andere gebruikers is het wenselijk om onderscheid te kunnen maken tussen de verschillende wapeningsstaven. Omdat ifc geen bewerkingsbestand is zou het bestand moeten worden geïmporteerd in een ander modelleerpakket om zo wijzigingen te kunnen doorvoeren. Echter is er door software leverancier kubus een programma ontwikkeld genaamd, simple bim. Simple bim stelt de gebruiker in staat om de gegevens uit een ifc bestand te filteren. Hierdoor kunnen er verschillende clash check's gedaan worden.

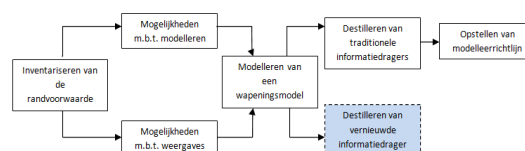
Door middel van de filters kan er ook gefilterd worden op de verschillende types staven en deze zijn individueel te voor zien van een kleur. Zoals te zien in figuur 19. Heeft Simple bim heeft de mogelijkheid om een ifc te exporteren met de filter weergave welke is ingesteld in het programma.



Figuur 18



Figuur 19

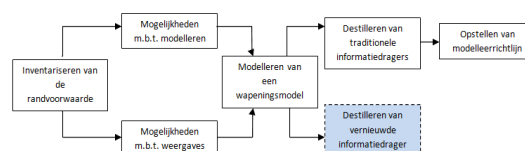






In revit is er door middel van een trail en error proces een concept versie ontwikkeld welke is besproken met de directie en een constructief modelleur. Na enkele wijzigingen in de concept versie is de ikea handleiding tot definitief bestempeld. De methode hoe deze ikea handleidingen opgesteld moeten worden is terug te lezen in bijlage IX Modelleerrichtlijn deel 4.

De methodiek is de eerste versie. Dat houdt in dat er veel acties nog handmatig gedaan moeten worden. Na het afsluiten van dit onderzoek zullen er nog verdere ontwikkelingen plaats vinden in de werkmethode. Er wordt gestreeft naar een volledig geautomatische manier om de ikea handleiding te creëren. In bijlage IX: samenstellingsboekje wordt het voorbeeld van het pilot project weergegeven.



## 7. Wijzigingsproces

Dit hoofdstuk is opgemaakt uit de resultaten van de voorgaande twee hoofdstukken. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe het proces zou moeten lopen om een correct wapeningsmodel op te zetten waaruit tekeningen, ifc, en Ikea handleidingen uit gedestilleerd kunnen worden. Dit hoofdstuk heeft betrekking op de volgende onderzoeksvragen:

10. Welke wijzigingen moeten er doorgevoerd worden in het huidige werkproces op een correct wapeningsmodel op te stellen.

### 7.1 Modelleerrichtlijnen

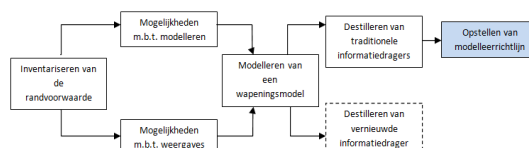
Een modelleerrichtlijn is de methode welke Verhoeven en Leenders hanteert om een duidelijke proces beschrijving te formuleren en deze te delen met haar medewerkers. In een modelleerrichtlijn wordt stapsgewijs beschreven welke acties er uit gevoerd dienen te worden om tot een kwalitatief goed eindproduct te komen.

Om overzicht te bewaren in de richtlijnen heeft Verhoeven en Leenders op dit moment een drietal modelleerrichtlijnen. Modelleerrichtlijn deel 1, heeft betrekking op het algemene deel met betrekking tot het modelleren in bim. Modelleerrichtlijn deel 2, heeft betrekking op noodzakelijke modelopbouw ten behoeve van een correcte ifc. Modelleerrichtlijn deel 3, heeft betrekking op de verificatie van het ifc model.

Het eindproduct van dit onderzoek is een modelleerrichtlijn deel 4. Deze modelleerrichtlijn heeft betrekking op de noodzakelijke modelopbouw ten behoeve van een correct wapeningsmodel. In deze modelleerrichtlijn wordt stapsgewijs beschreven hoe een correct wapeningsmodel opgesteld dient te worden. Ook wordt er toegelicht welke producten er gedestilleerd kunnen worden uit het wapeningsmodel. De producten variëren tussen een wapeningstekening, een buigstaat, een ifc bestand en een Ikea handleiding. Zie bijlage IX modelleerrichtlijnen deel 4) voor de modelleerrichtlijn.

### 7.2 Bibliotheek

Het BIM model wordt opgebouwd met behulp van een elementen/profielendatabase. In revit is niet standaard een uitgebreide profielendatabase aanwezig, maar enkel een profielendatabase bestaande uit een paar families. Om als bedrijf de advieswerkzaamheden te kunnen uitvoeren is een complete bibliotheek benodigd met profielen welke gebruikt worden in de Nederlandse bouwsector. De basis van deze bibliotheek van ingenieursbureau Verhoeven en Leenders komt van softwareleverancier 'ICN Solutions'. De families van deze softwareleverancier zijn in de loop der jaren aangepast, aangevuld en geoptimaliseerd voor het werkproces van het bedrijf.



### 7.2.1 Family's

De elementen bibliotheek van revit bestaat uit zogenaamde family's. Family's zijn elementen waarmee je een model kunt opbouwen. Denk hierbij aan wanden vloeren ramen en trappen. Gerefereerd naar dit onderzoek zijn de relevante family's in de vorm van wapeningstaven, wapeningsnetten, tags en wapeningslaag aanduidingen gecreëerd. Elke familie kan verschillende types hebben. Met de verschillende types kunnen andere grootte, materiaal, parameters etc. aangeduid worden. Elke wijziging in een type zal doorgevoerd worden in het gehele project. Daarom moet er op voorhand nagedacht worden over de family's en types zodat er geen ongewenste wijzigingen plaats vinden tijdens het modelleren.

De family's welke gecreëerd zijn op in wapeningmodel kunnen worden opgedeeld in twee verschillende groepen. De tastbare family's en de annotative family's. De tastbare family's zijn de family's waarmee het model wordt opgebouwd. Hierbij wordt bedoeld, de wapeningstaven en wapeningsnetten. Voor de annotative family's worden de family's bedoeld waarmee de tekening wordt opgemaakt. Denk hierbij aan tags en wapeningslaag aanduidingen.

#### 7.2.1.1 tastbare family's

Zoals eerder genoemd zijn de gecreëerde tastbare family's voor het wapeningsproces wapeningsstaven en wapeningsnetten. In revit werken wapeningsfamily's iets anders dan andere family's in revit. Naast verschillende types kunnen er ook de zogenaamde "shape" aangemaakt worden. De shape geeft de configuratie van de wapening aan.

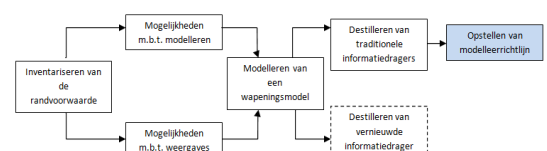
Zoals in de modelleerrichtlijn te lezen is zijn de volgende types aan gemaakt:

Voor horizontale elementen, zoals funderingsbalken/stroken, poeren, vloeren, platte daken en liggers:

- VL\_BOVEN\_VOOR\_HW
- VL\_ONDER\_ACHTER
- VL\_FLANK\_RAND
- VL\_BEUGELS
- VL\_HAARSPEDEN
- VL\_STEKKEN

Voor verticale plaatvormige elementen, zoals wanden:

- VL\_BOVEN\_VOOR\_HW
- VL\_ONDER\_ACHTER
- VL\_FLANK\_RAND
- VL\_BEUGELS
- VL\_HAARSPEDEN
- VL\_STEKKEN



Voor verticale elementen zoals palen, opstortingen en kolommen:

- VL\_BOVEN\_VOOR\_HW
- VL\_BEUGELS
- VL\_HAARSPELDEN
- VL\_STEKKEN

Er is voor deze opzet gekozen omdat er in revit geen aanduiding in wapeningspositie gegeven kan worden. Door hier onderscheid in te maken tijdens het modelleren kan er doormiddel van weergave filters doormiddel van zichtbaarheid of kleuren overzicht gecreëerd worden.

Betreffende de wapeningsconfiguraties zijn er standaard een aantal shape gedefinieerd.

- Beugels
- Haarspelden
- Staven
- Stekken

Wapening kan in elke denkbare configuratie worden gecreëerd. Het is projectspecifiek welke configuratie wordt toegepast. Dit is de reden om deze vormen default te definiëren is dat deze configuratie veelvuldig voorkomen. Zoals te lezen in de modelleerrichtlijn wordt er zeer specifiek ingegaan om het zelf definiëren van de configuratie.

### 7.2.1.2 annotative family's

Zoals eerder beschreven worden annotative family's gebruikt voor het opmaken van een tekening. In de family's kan onderscheid worden gemaakt in tags en symbolen. Tags zijn de family's welke de tekstuele informatie op de tekening weergeven. Wapeningsstaven hebben niet altijd dezelfde functie. Hierdoor is er de behoefte om verschillende soorten informatie op de tekening te vermelden. Hierom zijn er verschillende types aangemaakt:

- Losse staaf

Bij de tag losse staaf worden de volgende parameters uitgelezen:

- Quantity;
- Bar diameter.

Deze tag kan gebruikt worden wanneer er gewapend is met losse staven.

1 Ø12



- Bijleg wapening

Bij de tag bijlegwapening worden de volgende parameters uitgelezen:

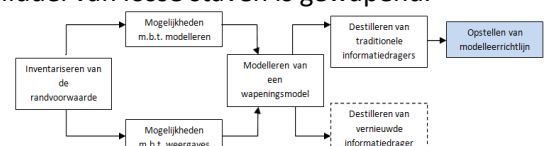
- Quantity;
- Bar diameter;
- "lg." Staaflengte.

1 Ø12 lg.3070 mm



Deze tag kan gebruikt worden wanneer er bijlegwapening door middel van losse staven is gewapend.

Hierbij wordt ook de lengte van de staaf weergegeven.





- Net dmv losse staven

Het zou voor kunnen komen dat er wordt gekozen om te wapenen met losse staven. Hiervoor is er een tag gemaakt:

- “#” staaf diameter;
- “-” hoh-afstand.

# #Ø12 -100



Deze tag kan gebruikt worden wanneer er bijlegwapening door middel van losse staven is gewapend. Hierbij wordt ook de lengte van de staaf weergegeven.

- Wapeningsvorm

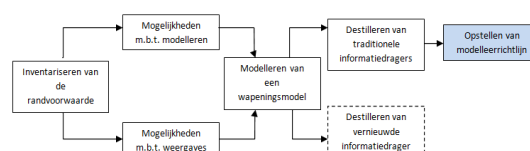
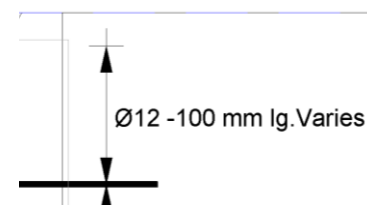
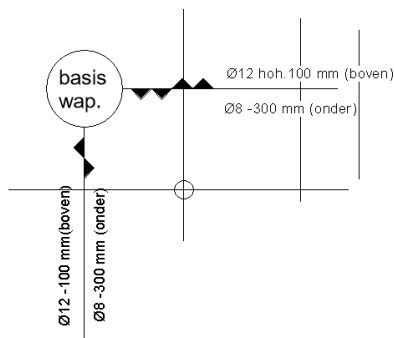
Bij de tag losse staaf worden de volgende parameters uitgelezen:

- Wapeningsvorm;
- Staaf diameter;
- “-”Hoh-afstand.

# bgls. Ø12 -100

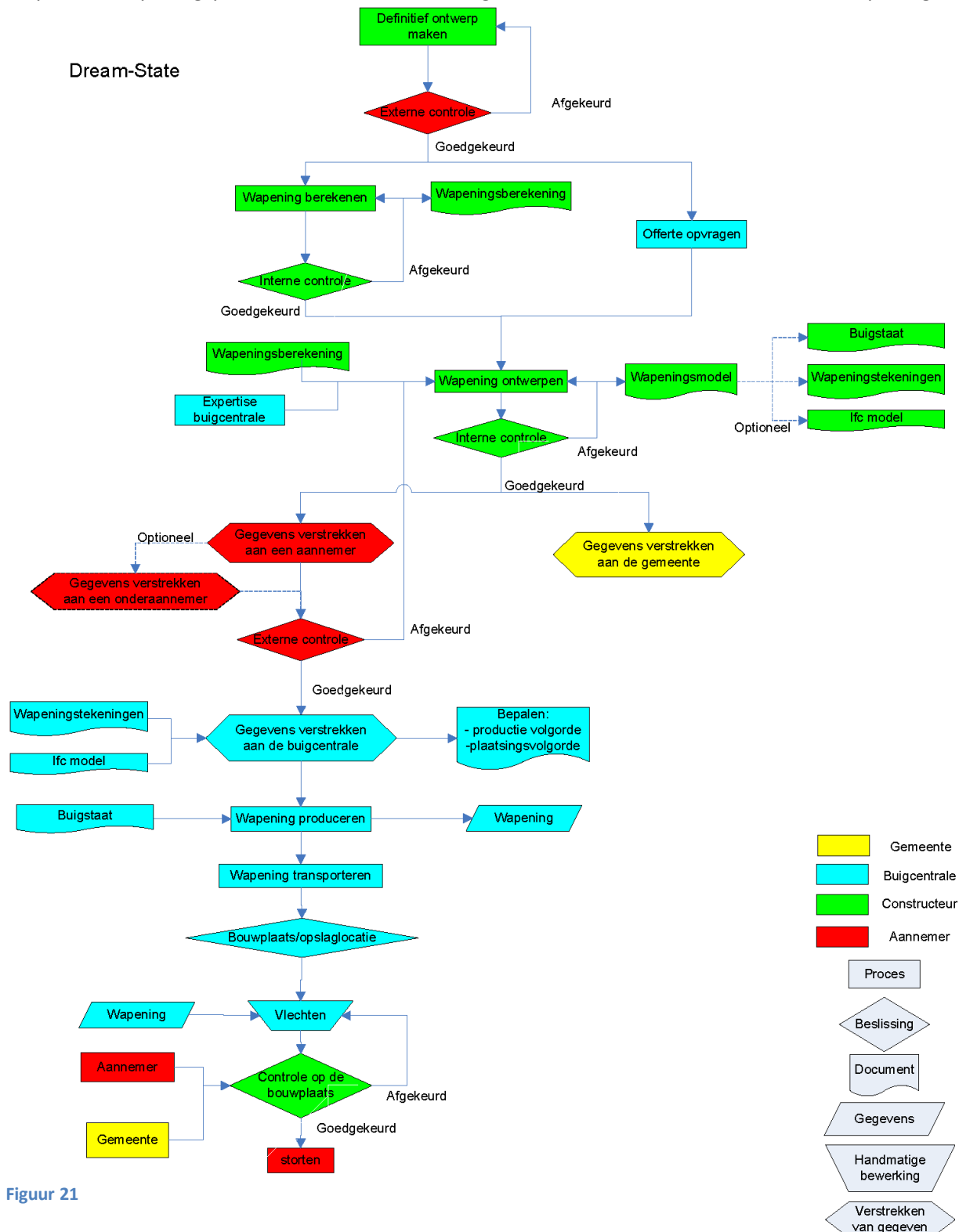


Betreffende de wapeningssymbolen wordt er geduid op de aanduiding van de wapeningslaag door middel van wapeningsvlaggen of het basiswapeningssymbool.



## 7.3 Dream state

Met de kennis welke nu vergaard is betreffende het driedimensionale wapeningsproces is er een gesprek aan gegaan met Mario van Oss, een werknemer van aannemingsbedrijf van Boekel. Daaruit is er een stroomschema opgesteld waarin wordt weergegeven hoe in de optiek van Verhoeven en Leenders het optimale wapeningsproces eruit ziet wanneer er gekozen wordt voor driedimensionale wapening.

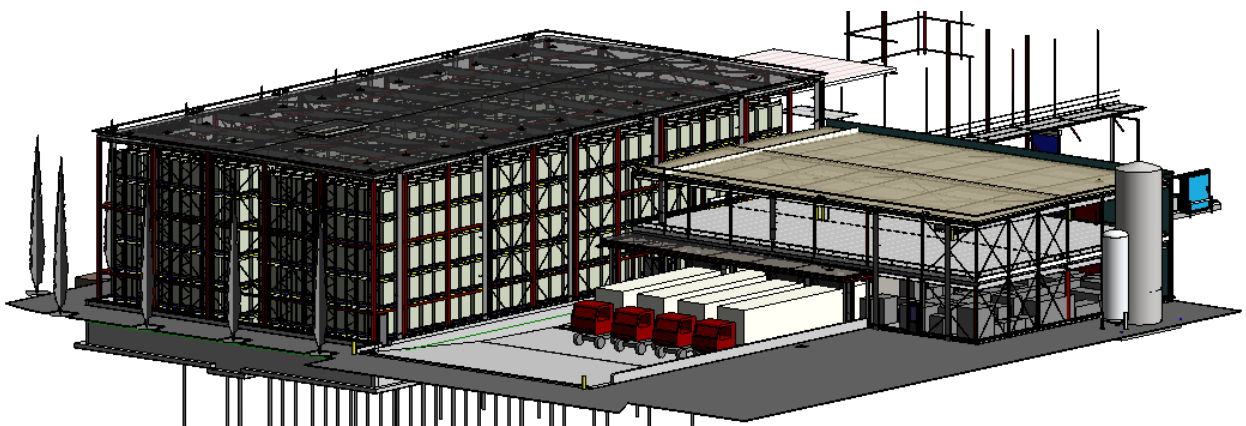


Figuur 21

## **8. Externe proof of concept**

Om de resultaten van het onderzoek te kunnen bekrachtigen is ervoor gekozen om een externe proof of concept uit te voeren. Dit houdt in dat er een modelleur van Verhoeven en Leenders een bouwkundig project drie dimensionaal is gaan wapenen.

Het project betreft een aanpassing van een fabriekspand zoals te zien in figuur 22. De te wapenen onderdelen bestaan uit balken, wanden en vloeren. Als uitdaging is er in dit pand een vriescel en een laad en loskuil aanwezig. Vanwege de tijdsbestek is besloten dat de laad en loskuil niet wordt gewapende door de modelleur.



**Figuur 22**

Dit project wordt op een andere manier opgezet dan dat voor Verhoeven en Leenders standaard is. In dit project wordt er gewerkt met het zogenoemde "central file". Dit houdt in dat er op een server een project wordt opgeslagen. Van dit centrale model maakt elke modelleur van dit project een eigen "local file". In deze local file wordt er gemodelleerd en eens in de zoveel tijd wordt de local file opgeslagen in de central file. Dit houdt in dat elk model (onnodig) groot wordt. Dat komt doordat er in het constructieve aspect model ook informatie van een aspect model van de architect zal staan en dit geldt vice versa.

De modelleur van Verhoeven en Leenders heeft kort en bondig zijn bevindingen samen gevat. De bevindingen luiden als volgt:

"Project : 17048 Uitbreiding Mola  
Doel : wapenen in 3D  
Modelleur: J. van de Poel

#### Ervaringen:

- Opzetten wapening.  
*Het opzetten van wapening in 3D gaat redelijk zodra men de verschillende families kent. Groot nadeel: alle wapening moet worden gemodelleerd. In 2D zijn principe doorsneden en principe details voldoende.*
- Taggen  
*Het taggen van de gemodelleerde wapening verloopt niet altijd even soepel.*

#### Oorzaken:

*Tags corresponderen niet altijd met de gewenste uitvoer waardoor deze telkens weer gewijzigd dienen te worden naar de gewenste tag. Gedrag van de tags vaak niet gewenst (bijv. aangrijppunt van leaders) Vaak erg traag bij selecteren (bijv. pad van haarspelden) Onbekendheid met de te gebruiken tags*

#### Conclusie:

*Wapenen in 3D kan, kost echter veel meer tijd dan traditioneel in 2D, in het nadeel van 3D spreken: Alle wapening moet worden gemodelleerd. Dat geldt ook voor haarspelden, haken, bijlegstaven, stekken, hoekoplossingen etc. Taggen is omslachtig en tijdvretend.*

*Tussenoplossing zou kunnen zijn: alleen de extra wapening modelleren, de grote bulk (wand- en vloerwapening) middels aanhaallijnen. (onderzoek nodig)"*

## 8.1 resultaat

Naast geregeld mee te hebben gekeken naar de manier van modelleren en gezien de ervaring van de modelleur wordt er uit de ervaring van de modelleur op gemaakt dat: het wapeningsproces nog op diverse punten omslachtig werkt. Het modelleren van de wapening verloopt redelijk wanneer er meer ervaring opgedaan wordt met de methodiek. Tijdens mijn observatie heb ik kunnen concluderen dat het model traag werd waardoor een onwerkbaar situatie ontstond. Al kan dat ook komen door de keuze om dit project uit te voeren in een "central file".

## **9. Conclusies en aanbevelingen**

Na het afronden van het onderzoek bij ingenieursbureau Verhoeven en Leenders zijn er conclusies getrokken aan de hand van de vooraf opgestelde onderzoeksvragen. Naar aanleiding van de conclusies zijn aanbevelingen geformuleerd toegespitst op de werkmethodiek van Verhoeven en Leenders.

### **9.1 Conclusie**

De conclusies zijn getrokken door het beantwoorden van de onderzoeksvragen. Als eerste worden de deelvragen beantwoord zodat er toegewerkt wordt naar een eindconclusie. Hierna worden ter discussie de kwaliteit, betrouwbaarheid, bruikbaarheid en meerwaarde van het onderzoek beschreven.

#### **9.1.1 Deelconclusie**

➤ **Hoe verloopt het huidige proces van een wapeningsontwerp naar het storten van het “natte” beton?**

Zoals in hoofdstuk 2 te lezen is, is het gehele proces van het creëren van de wapeningsberekening tot het daadwerkelijk storten van het “natte”beton in kaart gebracht. Hieruit blijkt dat de communicatie veelal verloopt via de aannemer. De aannemer fungeert als centraal aanspreekpunt voor zowel de constructeur als de buigcentrale. Hierdoor ontstaat er (onbewust) informatieverlies tijdens de informatieoverdracht. Ook levert het (onnodig) dubbele werkzaamheden op.

Door het gebruik van twee dimensionale informatiedragers raakt er veel waardevolle informatie verwaarloosd en vergeten. Terwijl later in het bouwproces een nieuwe drie dimensionale informatiedrager wordt opgebouwd. Door tijdens het gehele bouwproces één model centraal te stellen kan er geen informatieverlies ontstaan. Echter moet er wel voor gewaakt worden dat het model niet onwerkbaar wordt door de toevoeging van overbodige informatie.

➤ **Hoe participeert Verhoeven en Leenders in dat proces?**

Zoals in hoofdstuk 1 te lezen is, ontwerpt, berekent, modelleert en controleert Verhoeven en Leenders de wapening. In het huidige proces worden de engineerende werkzaamheden veelal twee dimensionaal uitgevoerd. Verhoeven en Leenders streeft er naar om deze werkzaamheden uit te kunnen voeren in een drie dimensionaal ontwerp en modelleeromgeving.

Doordat er in 2016 onderzoek is verricht naar drie dimensionaal wapening in tekla, is het voor Verhoeven en Leenders nu mogelijk om projecten zowel twee dimensionaal als drie dimensionaal te wapenen. In revit wordt het model drie dimensionaal gemodelleerd en de wapening voorsnog twee dimensionaal toegevoegd. In beide modelleerpakketten is het uitwisselingsbestand ifc.



➤ **Welke informatie moet er verwerkt worden op een traditionele wapeningstekening?**

In hoofdstuk 3 is te lezen welke eisen er worden gesteld aan de traditionele wapeningstekeningen. Een wapeningstekening heeft als doel dat een buigcentrale de wapening kan produceren en plaatsen.

Om eenduidigheid te creëren tussen wapeningstekeningen van verschillende ingenieursbureaus, is er een norm opgesteld waarin regels voor tekeningen van betonconstructies worden beschreven. Deze norm is geschreven in het jaartal 1980. Ten tijde van schrijven van deze norm was er geen sprake van drie dimensionaal modelleren. In de huidige werkmethode is drie dimensionaal modelleren niet meer weg te denken. Doordat de verschillen tussen twee dimensionaal en drie dimensionaal met betrekking tot wapening dusdanig veel van elkaar verschillen, kan er niet meer worden voldaan aan de regels die gesteld in de NEN 3870.

Door deze bevinding is er gezocht naar nieuwe toetsingscriteria. Door de eisen uit de NEN 3870 op te sommen en te spiegelen aan de wapeningstekeningen van Verhoeven en Leenders, is er bepaald waar de wapeningstekeningen afwijken van de regels, en wat hierbij de beargumentatie is. Deze bevindingen zijn besproken met een constructief modelleur en de directie van Verhoeven en Leenders om zo tot een goed onderbouwde toetsingscriteria te komen.

➤ **Wat zijn de verschillen tussen twee dimensionaal en drie dimensionaal wapenen?**

Verhoeven en Leenders streeft er naar om haar projecten zoveel mogelijk in te richten naar een BIM werkmethode. Een BIM werkmethode beschrijft dat alle eindproducten gedestilleerd worden uit het driedimensionale model. Tijdens het onderzoek is naar voren gekomen dat er grote verschillen zijn tussen twee dimensionaal en driedimensionaal wapenen. Hieronder worden de twee grootste verschillen toegelicht.

*Werkelijkheid*

Bij traditionele twee dimensionale wapeningstekeningen wordt er bewust afgeweken van de werkelijkheid. Er wordt bewust gekozen om de wapening niet in de juiste wapeningslaag te tekenen zodat de overlappingslengte visueel zichtbaar wordt. Hierdoor kan een buigcentrale zien met welke afmetingen de wapeningsvorm geproduceerd moet worden. Gezien de ervaring van een buigcentrale wordt er aangenomen dat de buigcentrale zelf de expertise bezit over de juiste wapeningslaag van de wapeningsvorm. Wanneer er gekozen wordt om de wapening drie dimensionaal te modelleren is het noodzakelijk dat de wapening gemodelleerd wordt naar de exacte configuratie. Dat wil zeggen dat de exacte vorm op een tekening zal verschijnen waardoor wapeningsstaven in elkaar overlopen. Op een tekening is er dan niet meer te zien wat de overlappings- en verankeringslengte is, echter is er nu een model voor handen waar dit wel te zien is. Met het oogpunt om latere verwarring te voorkomen is het advies om de wapening exact te modelleren. Ten eerste worden er op een later tijdstip geen vragen gesteld over mogelijke concessie die er zijn gedaan met betrekking tot de vorm van de wapening. Ten tweede is er de mogelijkheid om een buigstaat te genereren uit het wapeningsmodel.

*Principe detaillering*

Bij twee dimensionale wapening wordt er veel gebruik gemaakt van principe detaillering. Dat wil zeggen dat er verschillende aansluitingen, knooppunten en elementen over gedimensioneerd zijn qua wapening. Dat houdt in dat er meer wapening in zit terwijl dit niet nodig is. Dit kost meer wapening en daarbij ook meer manuren. Dit zijn onnodige hoge uitvoeringskosten. Daarentegen vermindert het de reken en teken tijd van het ingenieursbureau en daarmee ook de kosten. Hierin moet een afweging gemaakt worden welke kosten opwegen tegen de andere.

➤ **Bied revit voldoende mogelijkheden aan om een correct wapeningsmodel te modelleren?**

In hoofdstuk 4 is te lezen, welke mogelijkheden revit heeft met betrekking tot het modelleren van wapening. Te lezen is dat er een afbakening is gemaakt in de te analyseren elementen. Als voorbereidende werkzaamheden is er informatie opgedaan door het volgen van tutorial's. Door middel van een trial en error proces zijn de verschillende elementen in revit gewapend. Hieruit wordt geconcludeerd dat de basis, rechthoekige vormen, in revit zonder enige problemen gemodelleerd kunnen worden.

De vormen die niet rechthoekig zijn, bijvoorbeeld door uitsparingen, leveren meer handelingen op in revit. Dit houdt in dat het werkproces meer tijd in beslag neemt. Er kan wel worden voldaan aan de modelleer eisen. Dat wil zeggen dat er geconcludeerd kan worden dat revit voldoende mogelijkheden bied om rechte lijnige, vormvrije elementen te wapenen.

Daarentegen zijn gecurveerde vormen onmogelijk in native revit te wapenen. Theoretisch is er de optie om de wapening te modelleren door middel van enkele staven. Wanneer hiervoor gekozen wordt moet er rekening gehouden worden, dat dit een arbeidsintensiever proces is. Een andere oplossing is om gebruik te maken van de applicatie dynamo. Dynamo stelt de gebruiker in staat om in revit te kunnen programmeren. Hierdoor zijn de mogelijkheden voor de gebruiker eindeloos. Er zal wel geïnverteerd moeten worden om voldoende kennis te bezitten over de applicatie. Hieruit wordt geconcludeerd dat native revit onvoldoende mogelijkheden bied om gecurveerde vormen te wapenen.

Gezien de minimale repetitie van gecurveerde vormen in bouwkundig projectmatig verband, luidt de eindconclusie, dat revit met behulp van dynamo voldoende mogelijkheden biedt om de een correct wapeningsmodel op te kunnen stellen.

➤ **Bied revit voldoende mogelijkheden om de gemodelleerde wapening op een correcte wijze weer te geven op een wapeningstekening?**

Zoals in hoofdstuk 4 te lezen is, is er onderscheid gemaakt in de verschillende facetten van tekening weergaves. De onderverdeling is gemaakt omdat de onderdelen wezenlijk andere instellingen betreffen in revit.

Met betrekking tot de weergaves worden de instellingen ten behoeve van de visibility graphics aangepast. De weergave instellingen hebben betrekking op zowel de modelleeromgeving als in de tekenomgeving. In de driedimensionale modelleeromgeving wordt een wapeningsmodel al vrij snel onoverzichtelijk. Als oplossing hierop is zijn er verschillende weergave filters gemaakt. In hoofdstuk 7 is te lezen, dat een (wapenings)family is opgebouwd uit verschillende types. Door in de types onderscheid te maken tussen de wapeningslagen kan hierop ook worden ingespeeld met de weergavefilters. Uit het onderzoek is een methodiek ontwikkeld om per wapeningslaag een kleurtint te definiëren.

In de tekenomgeving worden wapeningsstaven default aangegeven met twee dunne lijnen. In de Nen 3870 wordt de eis gesteld dat een wapeningsstaaf moet worden weergegeven door middel van een enkele lijn. Door middel van de weergave filters is het mogelijk om alle wapeningsstaven geheel zwart te arceren, waardoor er maar een lijn op de tekening verschijnt. Een bijkomend voordeel ten opzichte van de huidige methodiek is dat de dikte van de lijn ook de diameter van de staaf weergeeft.

Met betrekking tot het taggen van de wapeningsstaven kan elke parameter uitgelezen worden en weergegeven worden op een tekening. Het ligt aan de reden waarom een wapeningsstaaf geplaatst wordt welke informatie er op een tekening zal moeten verschijnen. Zoals er in hoofdstuk 7 en in de Bijlage IX modelleerrichtlijn deel 4 is te lezen, zijn er voor de verschillende functie staven verschillende type tags aangemaakt.

De informatie over het betonmengsel, welke niet afhankelijk maar wel een relatie heeft met de wapening, dient daarom ook op een wapeningstekening weergegeven te worden. De informatie over het betonmengsel kan vooralsnog niet gedestilleerd worden uit het wapeningsmodel. Deze vraag is neergelegd bij de support afdeling van revit leverancier ICN.

Als eindconclusie geldt dat native revit voldoende mogelijkheden biedt om wapeningstekeningen te destilleren uit een wapeningsmodel. Zoals in hoofdstuk 4 wordt beschreven, kan er met behulp van Sofistik veel productiever een wapeningstekening opgesteld worden. Het is aan het ingenieursbureau om een keuze te maken tussen kwaliteit en kwantiteit.

➤ **Kan je door middel van drie dimensionaal wapenen voldoen aan de informatie vraag voor een traditionele wapeningstekeningen?**

De conclusie op bovenstaande deelvraag is, dat revit met behulp van dynamo voldoende mogelijkheden biedt in de modelleer omgeving om een kwalitatief goed wapeningsmodel te modelleren. Gezegd hebbende dat er verschillende inefficiënte acties in default revit zitten. Zoals in bijlage IX modelleerrichtlijn deel 4 te lezen is, is er een wensenlijst opgesteld waar alle inefficiënte handelingen worden opgesomd. Deze lijst wordt door Verhoeven en Leenders verstuurd naar een leverancier van revit ICN, zodat ze kunnen beargumenteren of de opmerkingen terecht zijn, en deze zonnodig aan te passen in de volgende revit update.

➤ **Zijn er applicaties welke het wapeningsproces vergemakkelijken?**

Zoals in hoofdstuk 4 en in Bijlage IV Applicaties te lezen is, zijn er verschillende applicaties welke ondersteuning bieden over het gehele wapeningsproces. Om het onderzoek in het juiste tijdsbestek te realiseren is er met een beperkte scope gekeken naar de ondersteuning van de applicaties. De applicatie welke zijn bekeken zijn: Dynamo en Sofistik.

De conclusie luidt dat het gebruik van dynamo tijdens het modelleren van wapening zeker de moeite waard is. Mede door de (bijna) oneindige mogelijkheden van dynamo zal er meer geïnverteerd moeten worden in het vergaren van kennis. Wanneer deze kennis vergaard is, kan deze in het gehele werkproces geïmplementeerd worden. Zoals in Bijlage IV Applicaties beschreven, biedt Sofistik de meeste hulp bij het opstellen van wapeningstekeningen. De applicatie kan het opstellen van de wapeningstekeningen drastisch versnellen. Het is aan de organisatie om de keuze te maken om te investeren in de applicatie en de productietijd te reduceren, of niet investeren en de productietijd verlengen. Het is organisatie en project afhankelijk om hier een goede keuze in te maken.

➤ **Welke vernieuwende informatiedragers kunnen er gedestilleerd worden uit een wapeningsmodel?**

Zoals in hoofdstuk 6 te lezen is, zijn er verschillende nieuwe informatiedragers te destilleren uit een wapeningsmodel. Doordat er een wapeningsmodel voorhanden is, is het niet meer nodig om de traditionele wapeningstekeningen te gebruiken als hoofdinformatiedrager.

In de bouwwereld klinken er verschillende geluiden over de manier hoe de wapeninginformatie overgedragen moet worden van het wapeningsmodel van de constructeur, naar andere betrokken partijen. Veel partijen zijn nog zoekende naar de optimale manier. In dit onderzoek zijn een tweetal informatiedragers onderzocht hoe deze opgesteld moeten worden in revit.



- Ifc

Het ifc bestand wordt door vrijwel iedere bim gebruiker gehanteerd als het uniforme communicatie format. Door de wapening uit revit te exporteren naar een ifc model, wordt de wapening default in de goede ifcgroup geplaatst met de benodigde ifcobjects, volgens de eisen van buildingsmart. Zij het niet dat de kleur weergave in ifc in revit wordt bepaald door het materiaal. Door gebruik te maken van het programma simple bim kunnen er filters gemaakt worden waardoor er ook een andere kleurweergave gemaakt kan worden. Deze instellingen kunnen worden opgeslagen naar een apart ifc bestand. Hierdoor is het dus mogelijk om een correcte ifc met de nodige kleurweergaves te exporteren.

- Ikea handleiding

Een Ikea handleiding is een voorbeeld van een vernieuwde informatiedrager. Doordat Verhoeven en Leenders de vraag heeft gekregen om deze variant uit te werken, is er voor deze varianten een uitgebreide methodiek ontwikkeld om tot een kwalitatief goed eindresultaat te komen. Het eindresultaat is in revit dermate goed dat er verder wordt onderzocht hoe het creëren van deze Ikea handleiding nog verder geautomatiseerd kan worden.

➤ **Welke wijzigingen moeten er doorgevoerd worden in het huidige werkproces om een correct wapeningsmodel op te stellen?**

De methode, hoe de wapening gemodelleerd dient te worden in revit, en hoe de weergave van de wapening op een wapeningstekening zou kunnen komen, zijn uitgebreid beschreven in het eindresultaat van dit onderzoek. Deze is te lezen in bijlage IX Modelleerrichtlijn.

### 9.1.2 Eindconclusie

*Op welke manier kan Verhoeven en Leenders een wapeningsmodel opzetten, waaruit zowel traditionele informatiedragers als mogelijke nieuwe informatiedragers gedestilleerd kunnen worden, welke voldoen aan de eisen welke gesteld worden door de NEN 3870?*

De eindconclusie is gebaseerd op het onderzoek en de antwoorden op bovenstaande deelvragen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat:

**Een wapeningsmodel in native revit modelleren waaruit verschillende informatiedragers gedestilleerd kunnen worden is mogelijk.**

Zoals er in hoofdstuk 5 en 8 is beschreven blijkt dat er zowel uit de interne als de externe proof of concept revit voldoende mogelijkheden bied om een wapeningsmodel te modelleren. Wellis waar zijn er nog enkele inefficiënte handelingen, maar met de wetenschap dat het proces nog in ontwikkeling is, kan deze conclusie getrokken worden.

In eerste instantie is het doel van het onderzoek om traditionele informatiedragers in de vorm van wapeningstekening te destilleren. Zoals in hoofdstuk 5 te lezen is blijkt uit de interne proof of concept op een gemakkelijke manier de wapeningstekeningen gedestilleerd kunnen worden. Alle handelingen en mogelijkheden zijn terug te lezen in "bijlage IX modeleerrichtlijn deel 4".

Uit de externe proof of concept blijkt dat het destilleren van een wapeningstekening in dat model vrijwel onmogelijk is. Toen de methodiek werd getest in projectmatig verband bleek dat de performance van revit te wensen over liet. Zoals in hoofdstuk 6 te lezen is, is deze externe proof of concept op een andere werkmethodek opgezet dan dat voor Verhoeven en Leenders standaard is.

Uit het interne proof of concept wordt geconcludeerd dat het destilleren van wapeningstekeningen uit een wapeningsmodel mogelijk is. Door de wetenschap van de externe proof of concept zal echter gekeken moeten worden naar de omvang en werkmethodek van het project.

Er zijn verschillende andere informatiedragers te destilleren uit het wapeningsmodel. Het is projectspecifiek en partner afhankelijk welke informatiedrager de voorkeur behoeft. Zoals in hoofdstuk 7 te lezen is, zijn er in dit onderzoek een tweetal informatiedragers bekeken. Het betreft een ifc bestand en een Ikea handleiding. Het ifc bestand, welke voldoet aan de eisen van buildingsmart is met enige work-arounds te exporteren uit het wapeningsmodel. De Ikea handleiding is getest op een specifiek knooppunt. Zowel productiviteit als de benodigde informatie voldeden aan de verwachtingen. Zoals er in hoofdstuk 6 beschreven staat kan er niet gegarandeerd worden dat deze informatiedrager toereikend is in projectmatig verband. Hiervoor moet een projectmatig test project opgesteld worden en de methodiek zal verder geautomatiseerd moeten worden.

## **9.2 Kwaliteitsborging**

Om kritisch te blijven op het gevoerde onderzoek, wordt er in deze paragraaf de kwaliteit, betrouwbaarheid bruikbaarheid en meerwaarde van het onderzoek beschreven.

### **9.2.1 Kwaliteit en betrouwbaarheid**

Het begrip bim is op dit moment een hype in de bouwwereld. Dit onderzoek belicht een klein specifiek deel van het gehele bim proces. Het is een deel waar vrij onbaatzuchtig over gedacht wordt, terwijl het een cruciaal onderdeel is van het bouwproces. Dit onderzoek is gericht op het wapeningsproces in bim specifiek gericht op het modelleren van de wapening in revit en de informatiedeling vanuit het model.

Het onderzoek is deels een interpretatie van ervaringen uit interviews met diverse partijen en deels een diepgaande studie naar het modelleerpakket revit. Om de informatie te vergaren is er contact opgenomen met verschillende partijen, onder andere:

- Één aannemer, om de uitvoeringstechnische aspecten van het wapeningsproces te verhelderen
- Één Buigcentrale, om het productieproces beter te kunnen begrijpen
- Drie constructieve ingenieursbureaus, om inzichtelijk te krijgen hoe het interne proces verloopt
- Twee BIM Consultant's, om hen ervaringen te interpreteren

Doordat het onderzoek gebaseerd is op ervaringen van diverse partijen is de kwaliteit en de betrouwbaarheid van het onderzoek voldoende afgebakend.

De diepgaande studie van het modelleerpakket revit is verricht met de hulp van verschillende betrouwbare internet bronnen zoals Autodesk helpdesk en verschillende tutorial's gecreëerd door ICN. Verder zijn er gesprekken gevoerd met twee Software leveranciers om de modelleer mogelijkheden te bespreken, work-arounds te creëren en update wensen aan te geven.

De diepgaande studie is door zowel een interne als een externe proof of concept gecontroleerd en gevalideerd, om de kwaliteit en betrouwbaarheid te waarborgen. De studie omtrent productiviteit dient in de praktijk m.b.v. pilot projecten nader getest te worden om de kwaliteit, betrouwbaarheid en bruikbaarheid te vergroten. Om de kwaliteit en betrouwbaarheid van het onderzoek te vergroten zijn er discussies gevoerd en feedback gevraagd aan de medewerkers van ingenieursbureau Verhoeven en Leenders. Dit om de gevolgen van wijzigingen in het bedrijfsproces omtrent tekenwerk in kaart te brengen.

Als samenvatting van het brongebruik wordt in onderstaande tabel is visueel weergegeven welke bronnen voor welk deelonderzoek zijn geraadpleegd.

Deel onderzoeken						
	Informatie vergaren	Modelleer mogelijkheden	Weergave mogelijkheden	Interne proof of concept	Opstellen modelleer richtlijnen	Externe proof of concept
<b>Interview</b>						
Een aannemer	X					
Een modelleur		X	X		X	X
Software leverancier		X	X			
Bim expert	X					
<b>Website's</b>						
Artikelen	X					
Tutorial's				X	X	

## 9.2.2 Bruikbaarheid en meerwaarde van het onderzoek

Het onderzoek is gericht op de optimalisatie van het huidig wapeningsproces in een bim omgeving, toegespitst op het modelleren van de wapening in revit. De ketensamenwerking binnen het constructieve BIM proces is geoptimaliseerd op twee gebieden, namelijk:

- het opzetten van een wapeningsmodel
- het destilleren van de informatie uit het model op een informatiedrager om informatie uit te wisselen

Het onderzoek is bruikbaar en biedt meerwaarde aan aannemers, buigcentrales en constructieve ingenieursbureaus waaronder ingenieursbureau Verhoeven en Leenders. Voornamelijk de constructieve ingenieursbureaus, die als ontwerpende partij betrokken zijn bij het BIM proces kunnen m.b.v. het onderzoek de keuze maken om wapening voortaan drie dimensionaal uit te werken. Deze bedrijven dienen hiervoor gebruik te maken van modelleerpakket revit. Doordat het constructief aspectmodel wordt verbeterd hebben de aannemers, buigcentrales en overige betrokken partijen baat bij het onderzoek, omdat de benodigde modelgegevens voor hun werkzaamheden in het BIM model terug te vinden zijn. Door dit onderzoek is er aangetoond waarom en hoe wapeningsinformatie toegevoegd kan worden aan het model. Daarnaast is het duidelijk geworden welke voordelen het heeft om de wapeningsinformatie te verwerken in het model.

Door het continueren van de ontwikkeling betreffende de mogelijkheden in alle softwarepakketten op wapeningsgebied, is het van belang om innovatief bezig te zijn op het gebied van bim. Dit om de partijen in de markt bewust te maken dat de optimalisatie van de ketensamenwerking in het bim proces noodzakelijk is. Door middel van het onderzoek en de mogelijkheden van het modelleerpakket revit in kaart te brengen, kan verwacht worden dat bedrijven aangezet worden om hun bedrijfsproces te optimaliseren voor een betere ketensamenwerking. Door het optimaliseren van de ketensamenwerking heeft iedere betrokken partij voordeel, wat zich uitdrukt in o.a. het verhogen van de kwaliteit en verminderen van de doorlooptijden.

## 9.3 Aanbevelingen

Na het beschrijven van de conclusies aan de hand van de onderzoeksvragen, worden aanbevelingen gedaan met betrekking tot het onderzoek en suggesties gedaan voor eventuele vervolgonderzoeken.

### 9.3.1 Eindaanbeveling

Verhoeven en Leenders wordt geadviseerd om de benodigde maatregelen te treffen, om de wapeningsinformatie te verwerken in het model door middel van het drie dimensionaal modelleren van de wapening. De maatregelen welke genomen moeten worden om de wapeningsinformatie correct te verwerken in het model zijn:

1. Ervaring op doen

Door de eindproducten van dit onderzoek met een kritische opbouwende blik te bekijken en deze regelmatig te gebruiken, kan de methodiek eigen gemaakt worden. Hierdoor is het mogelijk om een voorloper op het drie dimensionale wapeningsproces te worden.

2. Beïnvloeden van de huidige wapeningsmethodiek

Wanneer het drie dimensionaal aspectmodel wordt voorzien van wapening kunnen, alle betrokken partijen verschillende vervolgstappen ondernemen zonder de twee dimensionale informatiedrager.



### 9.3.2 Deelaanbevelingen

#### 9.3.2.1 Ervaring op doen

Alleen het modelleren van een driedimensionaal model maakt het nog geen bim. Om te bimmen heb je een bepaalde mindset en werkmethode nodig. Deze mindset zal vanuit de directie overgebracht (of verder ontwikkeld) worden aan de werknemers, om het gehele bedrijf bim proof te maken. Het werkt effectiever om een selecte groep enthousiastelingen te vinden om de nieuwe ontwikkelingen van bim te onderzoeken, in plaats van alle werknemers een keer te laten proeven aan het bim proces. Door hun enthousiasme willen ze ontwikkelen en niet terugvallen op oude vertrouwde methodieken. Bij de aanvang van het project zal er wel gekeken moeten worden of het project geschikt is om drie dimensionaal te wapenen. Het is aan te raden om meteen een reëel project te gebruiken voor de testcase. Hierdoor ontstaan alle situaties welke voorkomen in het alle daagse werkproces. Dit groepje medewerkers kunnen hun kennis betreffende drie dimensionale wapening overbrengen naar de overige werknemers. Zo zal het werken met een bim mindset zich steeds verder over het bedrijf verspreiden.

Om een voorloper te blijven in de ontwikkelingen voor de gehele wapeningssector. Zal er vaak met de methode gewerkt moeten worden. Door meteen volgens de eisen van buildingsmart het model op te zetten, kan dit in de toekomst meerwaarde hebben voor de klant. De klant zal dit onthouden en het zorgt voor long term relationships tussen beide partijen. In de toekomst zal de klant dus eerder bij het bedrijf met de meerwaarde met betrekking tot BIM uitkomen. Investeren in kennis kan onderverdeeld worden in twee aspecten:

- Inzicht met betrekking tot de (on)mogelijkheden  
Het inzicht krijgen in (on)mogelijkheden in de modelleersoftware zorgt ervoor dat er meer kansen inzichtelijk zullen worden en interne processen hierop afgestemd kunnen worden.
- Kennis met betrekking tot het modelleren en weergeven van wapening  
Met het vergaren van kennis over het modelleren van de wapening kunnen drie dimensionale modellen opgesteld (of geïnterpreteerd) worden. Hierdoor kan elke partij, welke deze kennis in huis heeft, zijn meerwaarde bewijzen door mee te denken in het ontwerp/te ontwerpen.

#### 9.3.2.2 Beïnvloeden van de huidige wapeningsmethodiek

Door dit onderzoek kan Verhoeven en Leenders een voorlopende speler in de ontwikkeling van het drie dimensionale wapeningsproces zijn. Door hier aandacht en enthousiasme voor te ontwikkelen kunnen ze deze status behouden en uitbreiden zodat dit een toonbeeld gaan vormen voor collega bedrijven. Mogelijk zelfs standaarden schrijven en uitbrengen, waar andere instanties gehoor aan geven door deze op te volgen.

### 9.3.3 Vervolg onderzoeken

Uit het onderzoek zijn enkele onderdelen gekomen welke buiten de scope van het onderzoek vielen. Hierdoor kan de wapeningsmethodiek verder geoptimaliseerd worden. Daarnaast dienen er aanpassingen uit het afstudeeronderzoek doorgevoerd te worden in de huidige bedrijfsvoering van ingenieursbureau Verhoeven en Leenders.

#### 9.3.3.1 Vervolg onderzoek naar performance issues

Uit het externe proof of concept bleek dat revit performance issues vertoonde tijdens het opmaken van een wapeningstekening. Door het tijdsgebrek is er in dit onderzoek niet meer vastgesteld wat hiervan de oorzaak is. De verwachting is dat, de werkmethode van de externe proof of concept de oorzaak is. Dit is echter niet getest.

#### 9.3.3.2 Verdieping in de programmeer applicatie dynamo

Uit het onderzoek is gebleken dat er in revit nog enkele gebreken zijn betreffende modelleren van wapening. Een applicatie wat als hulpmiddel kan werken is dynamo. Dynamo is een programmeer applicatie binnen revit. Het stelt de gebruiker in staat om parametrisch te modelleren. Hierdoor wordt er op andere manieren gekeken naar het modelleren, waardoor er andere inzichten en mogelijkheden ontstaan. Het scala van mogelijkheden verbreedt zich en werkzaamheden met repetitie kunnen worden uitbesteed.

De omvang en de mogelijkheden van dynamo zijn enorm. Het is aan te raden om te inventariseren bij welke toepassingen dynamo wellicht een toegevoegde waarde kan zijn. Om zo de scope van de zoektocht naar de oplossing af te bakenen. Het is zaak om een aantal enthousiaste personen te vinden welke door middel van het volgen/bijwonen van tutorial's, cursussen en bijeenkomsten voldoende kennis kunnen vergaren om tot het gewenste eindresultaat te komen.

#### 9.3.3.3 Verdieping naar het generen visuele beeld vorming van wapeningsconfiguraties.

Bij een buigstaaf hoort een realistische visualisatie van de wapeningsconfiguratie. Door middel van de applicatie Sofistik is het mogelijk om deze automatisch te generen. Deze applicatie is echter niet kosteloos. De enige toepassing waarin Verhoeven en Leenders Sofistik zal gebruiken is voor het gebruik van de visualisatie van de wapeningsconfiguraties. Hierdoor heeft Verhoeven en Leenders de keuze gemaakt om de applicatie niet aan te schaffen.

Op dit moment is er een work-around opgenomen in de huidige werkmethode. Het feit dat sofistik in staat is om deze visualisaties te genereren wil zeggen dat dit commando ook eigenhandig gemaakt kan worden. Het advies is om met behulp van dynamo hier een eigenhandige oplossing voor te vinden.

#### 9.3.3.4 Verdieping naar het automatisch generen van Ikea handleidingen.

Zoals te lezen is in het onderzoek is er een casus getest waarin er van een element een samenstellingsboekje is gemaakt. Deze testfase is zeer goed verlopen, echter zal de opzet voor een groot project wellicht andere knelpunten teweeg brengen. Vandaar het advies om het creëren van samenstellingsboekjes te automatiseren.

## **Bijlagenbundel:**

- Bijlage I**      **Toelichting op het huidige wapeningsproces.**
- Bijlage II**      **Toetsingscriteria versus de interpretatie van Verhoeven en Leenders.**
- Bijlage III**      **(on) mogelijkheden in revit**
- Bijlage IV**      **Applicaties.**
- Bijlage V**      **Modelleren van wapening**
- Bijlage VI**      **Weergave van wapening**
- Bijlage VII**      **Concept wapeningstekeningen.**
- Bijlage VIII**      **Wapeningstekening en buigstaat gedestilleerd uit proof of concept.**
- Bijlage IX**      **Modelleerrichtlijn deel 4.**
- Bijlage X**      **Samenstellingsboekje.**

## Literatuurlijst

### Algemeen

- <https://www.scribbr.nl/plagiaat-checker/apa-generator/>)<https://www.scribbr.nl/plagiaat-checker/apa-generator/>
- <http://www.encyclo.nl/>
- <http://synoniemen.net/>

### Boeken

- Ridder, H. d. (2001). *Legoriseren van de bouw* (Herz. ed.). Haarlem, Nederland: Uitgeverij mauritsgroen.mgmc.
- Betonvereniging, (maart 2003). *Handboek Praktisch wapenen*

### Personen

- Dhr. Ing. L Leenders, owner Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders [internationaal spreker op Trimble Euopean Bim forum 2016 te Warschau]
- Dhr. J Roks, constructeur ABT ingenieursbureau [internationaal spreker op AU2016 te Las Vegas]
- Dhr ir. Witjer, Owner IMd raadgevende ingenieurs
- Dhr. Lockefer, Bim manager BAM Techniek [initiatief nemer Nationaal Model Bim uitvoeringsplan]
- Dhr. M. van Oss, Aannemer Van Boekel
- Dhr. R. den Otter, Salesconsultant Ittanex
- Dhr. J Bergboer, Rebar/ dynamo consultant Ittanex [Spreker op nationale staal en betondag te Utrecht]
- Dhr. N. Cornelissen, opleidingscoördinator ICN
- Dhr. M. Natrop, owner Solidu bouw en advies [bestuurslid building smart]

### Rapporten

- Geurts, M., & Thijssen, H. (2015). *Improved BIM*. Geraadpleegd van <http://www.verhoeven-leenders.nl>
- Janssens, H., & Kampen, D. van. (2014). *Wapening in BIM*. Geraadpleegd van [http://www.wagemaker.nl/wp-content/uploads/Onderzoeksrapport-Wapening-in-BIM\\_definitief\\_inc-bijlagen-kl.pdf](http://www.wagemaker.nl/wp-content/uploads/Onderzoeksrapport-Wapening-in-BIM_definitief_inc-bijlagen-kl.pdf)
- Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders. (2016). *Modelleerrichtlijnen deel 4*
- ABT. (2015). *Transforming the Delivery of Reinforced Concrete Designs*. Geraadpleegd van Transforming the Delivery of Reinforced Concrete Designs
- Kraker, G. (2015). *Projectplan Aanpassing Zandkantse Leij & Zandleij*. Geraadpleegd van <https://www.dommel.nl/binaries/content/assets/dommel---website/werk-in-uitvoering/sanering-zandleij-zandkantse-leij-en-kasteelloop/1.-definitief-projectplan-de-brand1.pdf>



## Websites

- 4orange. (2015). *7 tips voor een waardevolle proof of concept*. Geraadpleegd van <http://www.4orange.nl/wp-content/uploads/2015/04/7-tips-voor-een-waardevolle-PoC.pdf>
- Bruijtel, K. (2015, 09 januari). Wat is BIM'en? Geraadpleegd van <http://www.detechniekachternederland.nl/algemeen/bim/?gclid=Cj0KEQjwhpnGBRDKpY-My9rdutABEiQAWNcslKlnRt5BMqhD5o5iEkFdaUvtsvjFSy39gVdpUNQqoK0aAtcE8P8HAQ>
- Buildingsmart. (z.j.). 7.8.2.6 IfcReinforcingBar. Geraadpleegd op 02 juni, 2017, van <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x4/rc2/html/schema/ifcstructuralelementsdomain/lexical/ifcreinforcingbar.htm>
- Groot, J. de. (2014, oktober). De ombuigstaat. *wagenmaker*, pp. 1-3. Geraadpleegd van <http://www.wagemaker.nl/wp-content/uploads/de-OMBuigstaat-Wagemaker-kl.pdf>
- Landman, A. (2016, 06 september). Wapenen in 3D loont. Geraadpleegd van <http://www.cobouw.nl/artikel/1641821-wapenen-3d-loont>
- Lubbers, A. (2016, 11 april). Dynamo: visueel programmeren voor BIM = FUN! Geraadpleegd van <http://www.cadcompany.nl/blog/dynamo-visueel-programmeren-bim-fun/>
- Meertens, A. (2017, 11 mei). Moeten wij nu 2D of 3D wapenen in Revit? Geraadpleegd van <http://www.itannex.com/item/tip-van-de-week-20/>
- Mollet, M. (2015, 15 april). 10 nieuwe functies voor Revit Structure 2017. Geraadpleegd van <http://www.cadcompany.nl/blog/10-nieuwe-functies-Revit-structure-2017/>
- Sofistik. (z.j.). Reinforcement Detailing. Geraadpleegd van <http://www.sofistik.com/products/bim-cad/reinforcement-detailing/>
- Tongeren, R. van. (2013, april). BIM en de rol van de opdrachtgever [Presentatie]. Geraadpleegd van <http://www.stumico.nl/wp-content/uploads/2013/04/BIM-en-rol-opdrachtgever.pdf>
- Topos Architecten. (2014, 29 april). Onterechte angst voor aansprakelijkheid BIM. Geraadpleegd van [http://www.toposarchitecten.nl/topos/site/blog\\_article/item/199/Onterechte-angst-voor-aansprakelijkheid-BIM](http://www.toposarchitecten.nl/topos/site/blog_article/item/199/Onterechte-angst-voor-aansprakelijkheid-BIM)
- Vroegindewij, M. (2015, 18 april). Wapenen in Revit deel 1 [Blogpost]. Geraadpleegd van <http://revitstructure-nl.blogspot.nl/2015/04/wapenen-in-revit-deel-1.html>
- Wiltjer, R. (2011, 24 februari). Opinie: BIM dwingt tot 'traditioneel' ontwerpproces. Geraadpleegd van [http://imdbv.nl/Nieuws/Opinie\\_colon\\_-BIM-dwingt-tot-\\_lquote\\_traditioneel\\_rquote\\_-ontwerpproces](http://imdbv.nl/Nieuws/Opinie_colon_-BIM-dwingt-tot-_lquote_traditioneel_rquote_-ontwerpproces)

## Figuurlijst

- **Figuur 1:**  
Visuele verduidelijking van het flow-proces van de scriptie.  
*"Eigen creatie"* (20170), Verhoeven en Leenders.
- **Figuur 2:**  
Topos Architecten. (2014, 29 april). *Onterechte angst voor aansprakelijkheid BIM*. Geraadpleegd van [http://www.toposarchitecten.nl/topos/site/blog\\_article/item/199/Onterechte-angst-voor-aansprakelijkheid-BIM](http://www.toposarchitecten.nl/topos/site/blog_article/item/199/Onterechte-angst-voor-aansprakelijkheid-BIM)
- **Figuur 3:**  
Pilot project waterstuw aan de Zantkantse Leij.  
*"Eigen creatie"* (20170), Verhoeven en Leenders.
- **Figuur 4:**  
Visuele verduidelijking van het huidige wapeningsproces.  
*"Eigen creatie"* (20170), Verhoeven en Leenders.
- **Figuur 5:**  
"current state" stroomschema.  
*"Eigen creatie"* (20170), Verhoeven en Leenders.
- **Figuur 6:**  
3D weergave van een wapeningsmodel  
*"Eigen creatie"* (20170), Verhoeven en Leenders.
- **Figuur 7:**  
2D weergave van wapening  
*"Eigen creatie"* (20170), Verhoeven en Leenders.
- **Figuur 8:**  
Mindmap betreffende 2D wapening  
*"Eigen creatie"* (20170), Verhoeven en Leenders.
- **Figuur 9:**  
Mindmap betreffende 3D wapening  
*"Eigen creatie"* (20170), Verhoeven en Leenders.
- **Figuur 10:**  
Visuele toelichting van de plaatsing van de wapening  
*"Eigen creatie"* (20170), Verhoeven en Leenders.
- **Figuur 11:**  
Prefab Beton Veghel, (2016, 02 december). *Staven (bijlegwapening)* Geraadpleegd van <http://www.prefab.nl/producten/bijleg-en-bovenwapening/staven-bijlegwapening>
- **Figuur 12:**  
Van de Zanden. (2017,19 januari). *Aanpassing Zandkantse Leij en Zandleij*. Geraadpleegd van <http://www.vanderzanden.nl/projecten/aanpassing-zandkantse-leij-en-zandleij/>
- **Figuur 13:**  
Van Boekel. (2017, 14 januari). *Vormtekening Zantkantse Leij*. Geraadpleegd van interne documenten

- **Figuur 14:**  
Verduidelijking van de onderdelen betreffende het pilot project.  
*"Eigen creatie"* (20170), Verhoeven en Leenders.
- **Figuur 15:**  
Wouter de Groot. (2017, februari 20). *Schetsontwerp*. Geraadpleegd van interne documenten van Verhoeven en Leenders.
- **Figuur 16:**  
3D weergave van het wapeningsmodel  
*"Eigen creatie"* (20170), Verhoeven en Leenders.
- **Figuur 17:**  
Kleurloze weergave van een ifc-model  
*"Eigen creatie"* (20170), Verhoeven en Leenders.
- **Figuur 18:**  
Kleurrijke weergave van een ifc-model  
*"Eigen creatie"* (20170), Verhoeven en Leenders.
- **Figuur 19:**  
*Prorail, Voorbeeld weergave Samenstellingsboekje*. Geraadpleegd van "E-mail correspondentie Jeroen de Zwart.  
(20170), Verhoeven en Leenders.
- **Figuur 21:**  
"dream state" stroomschema.  
*"Eigen creatie"* (20170), Verhoeven en Leenders.
- **Figuur 22:**  
3D weergave van de externe proof of concept.  
*"Eigen creatie"* (20170), Verhoeven en Leenders.

## **Bijlage I: Toelichting op het huidige wapeningsproces.**



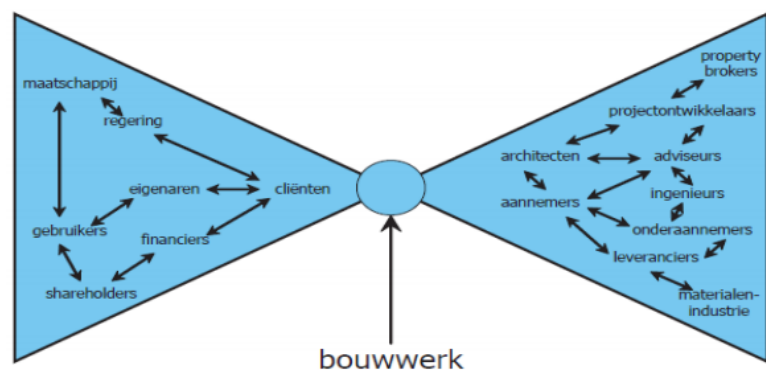
## **Inhoud**

Bijlage I: Toelichting op het huidige wapeningsproces .....	- 1 -
I.1 Opdrachtgever .....	- 3 -
I.2 Adviseurs(s) .....	- 4 -
I.3 Offerte aanvraag .....	- 4 -
I.4 Definitief ontwerp .....	- 5 -
I.4.1 Definitief ontwerp bij Verhoeven en Leenders .....	- 5 -
I.5 Uitvoeringsontwerp .....	- 6 -
I.5.1 Uitvoeringsontwerp bij Verhoeven en Leenders .....	- 7 -
I.6 Buigcentrale .....	- 7 -
I.7 Wapening .....	- 8 -
I.8 Controle .....	- 9 -

## I.1 Opdrachtgever

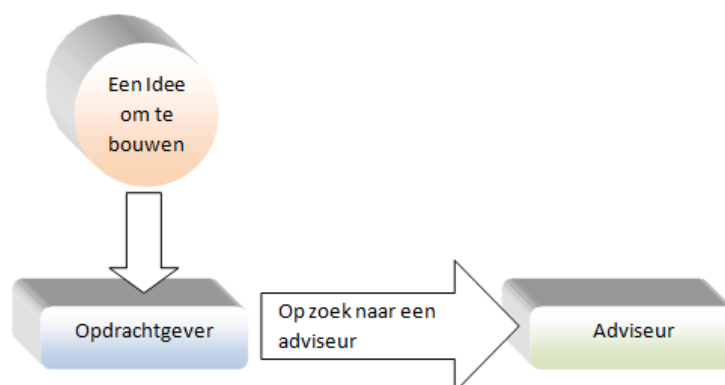
Uit de presentatie van Ruud van Tongeren, 2013 maak ik op dat, in het huidige bouwproces de opdrachtgever (over het algemeen) een leek is welke het idee heeft gekregen om iets te laten bouwen. De opdrachtgever heeft veelal geen kennis over het te volgen bouwproces en de daar bijhorende deelprocessen. Door zijn gebrek aan kennis betreffende het bouwproces en de daar onder vallende deelprocessen schakelt hij adviseur(s) in welke het bouwproces voor hem monitoren.

- Hierdoor verliest de opdrachtgever de grip op het bouwproces;
- Wordt de opdrachtgever meer een financier van het proces;
- Is het eindresultaat vaak niet een weerspiegeling van het gevraagde resultaat;
- Wordt de opdrachtgever geconfronteerd met (onnodige) faalkosten, bouwfouten en budgetoverschrijdingen.



Figuur 1

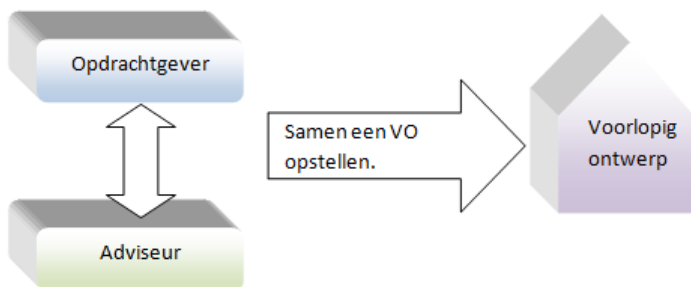
Door de adviseurs de regie in handen te geven wordt er verwacht dat de belangen van de opdrachtgever behartigd worden. Er ontstaat echter een ondoorgrondelijke proces waardoor de opdrachtgever zich nog meer distantieert en zich beperkt tot zijn noodzakelijke taken. In onderstaand figuur 2. Is bovenstaande tekst visueel weergegeven.



Figuur 2

## I.2 Adviseurs(s)

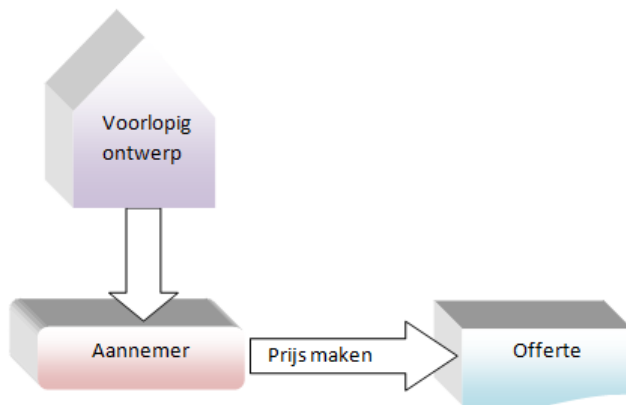
Op basis van de wensen en eisen van de opdrachtgever wordt er een voorlopig ontwerp opgesteld door een ontwerp bureau. Een voorlopig ontwerp houdt in dat er een globale opzet van het ontwerp wordt gemaakt. Er wordt vrijwel niets uitgewerkt. Er worden echter wel enkele principe details bijgevoegd. Betreffende wapening wordt er in het voorlopig ontwerp geen aandacht aan besteed. Met het voorlopig ontwerp wordt de offerte voor de aannemer aangevraagd. In onderstaand figuur 3. Is bovenstaande tekst visueel weergegeven.



Figuur 3

## I.3 Offerte aanvraag

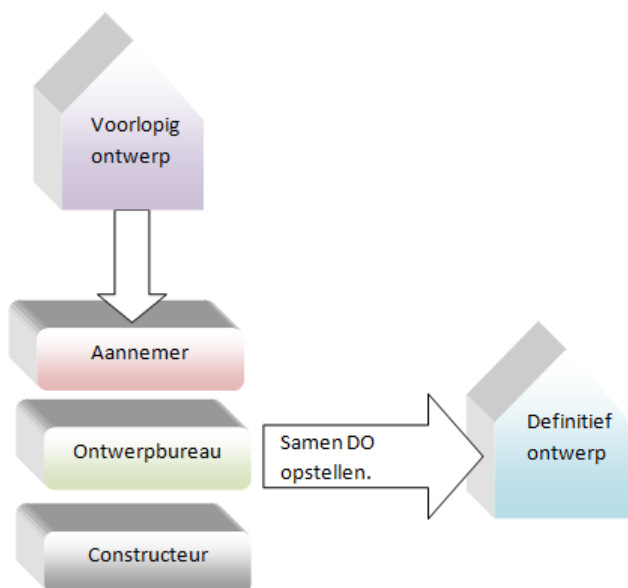
In de meeste gevallen wordt er een offerte aanvraag bij de aannemer gedaan aan de hand van het voorlopig ontwerp. Op basis van het voorlopig ontwerp stelt een aannemer zijn prijs op. Voor de nog onbekende onderdelen zoals wapening wordt een stelpost opgenomen. Betreffende de wapening wordt er een grove schatting gemaakt over de hoeveelheid wapening. Aan de hand van deze schatting wordt er een prijs voor de wapening gegeven. In onderstaand figuur 4. Is bovenstaande tekst visueel weergegeven.



Figuur 4

## I.4 Definitief ontwerp

Wanneer de opdrachtgever besloten heeft welke aannemer zijn project mag gaan bouwen zal de aannemer contact opnemen met het ontwerpbureau. Samen met een constructeur, het ontwerpbureau en de aannemer zal het voorlopige ontwerp uitgewerkt worden naar een definitief ontwerp. Een definitief ontwerp houdt in dat de materiaal keuze bekend is en dat de maatvoering veelal vast ligt. Met dit ontwerp wordt er bij de gemeente een omgevingsvergunning aangevraagd. Betreffende de wapening wordt er door de constructeur een schatting gemaakt hoeveel kilo's wapening er per kubieke meter beton benodigd zal zijn. Zo weet de aannemer of zijn schatting in de VO-fase correct is. In onderstaand figuur 5. Is bovenstaande tekst visueel weergegeven.



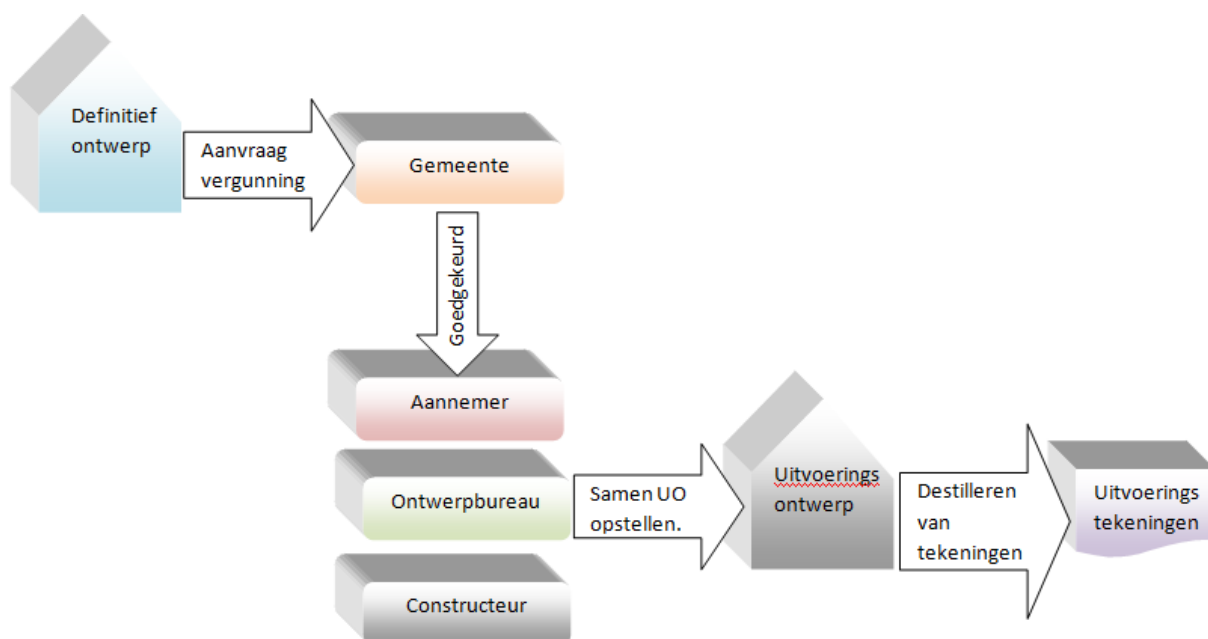
Figuur 5

### I.4.1 Definitief ontwerp bij Verhoeven en Leenders

Verhoeven en Leenders wil zo vroeg mogelijk betrokken worden in het ontwerp proces. Wanneer ze betrokken worden zal er door de constructeur een schetsontwerp gemaakt worden waarin wordt aangegeven welke delen dragend uitgevoerd moeten worden. Hierbij proberen ze zoveel mogelijk rekening te houden met het bouwkundig ontwerp zodat er geen clashes ontstaan. Dit schetsontwerp wordt verstrekt aan de betrokken partijen. Wanneer er akkoord is gegeven op het constructief ontwerp zal de constructeur de profilering van de constructieve onderdelen gaan bepalen. Verhoeven en Leenders streeft ernaar om al haar projecten driedimensionaal uit te werken. Zo ontstaat er meer overzicht over het uiteindelijke eindresultaat.

## I.5 Uitvoeringsontwerp

Er wordt gestart met het uitvoeringsontwerp wanneer er door de gemeente een omgevingsvergunning wordt gegunt. Dit wil zeggen dat het is toegestaan om het project daadwerkelijk te gaan bouwen. Met de tekeningen uit het uitvoeringsontwerp kan de aannemer het project daadwerkelijk gaan bouwen op de bouwplaats. Dat wil zeggen dat alle materialen, maatvoering en details bekend en vastgelegd zijn. In deze fase gaat de constructeur de exacte wapening berekenen zodat de aannemer deze bij een buigcentrale kan bestellen. In onderstaand figuur 6. Is bovenstaande tekst visueel weergegeven.



Figuur 6



### I.5.1 Uitvoeringsontwerp bij Verhoeven en Leenders

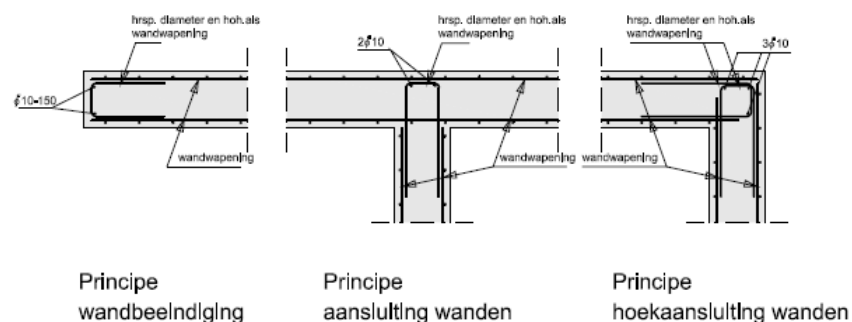
De bovenbouw van het definitieve ontwerp wordt door Verhoeven en Leenders dusdanig gedetailleerd uitgewerkt dat deze tekeningen een-op-een worden omgezet van definitief ontwerp naar Uitvoeringsontwerp. Aan de onderbouw tekeningen wordt het een en ander aangepast. Er worden een aantal tekeningen toegevoegd, maatvoeringstekeningen en

wapeningstekeningen. Bij de

maatvoeringstekeningen wordt de betonnen

constructie gemaatvoerd naar vaste punten in het bouwproject (meestal stramienlijnen).

Bij de wapeningstekeningen wordt er bij Verhoeven en Leenders gebruik gemaakt van twee dimensionale lijnen op de funderingstekening. Deze lijnen weerspiegelen de wapening. Door middel van tekstuele ondersteuning wordt er aangegeven welke soort wapening in welk object geplaatst moet worden. Voor hoekoplossingen, balk beëindigingen en plaatsing van een beugel worden principe details op de tekening geplaatst zoals te zien in figuur 7. De dekkingen van de verschillende objecten, de verankeringslengte en overlappingslengte worden op de tekeningen weergegeven in een tabel vorm.



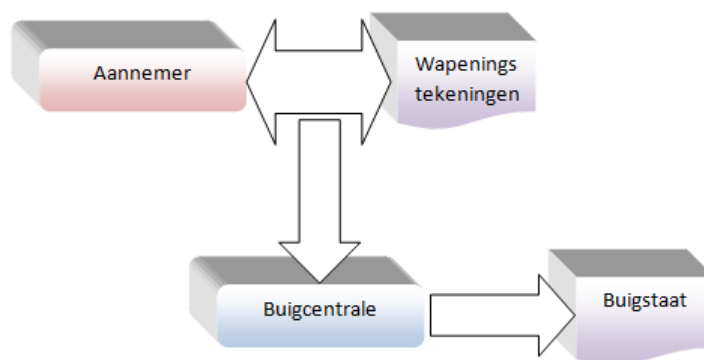
Figuur 7

## I.6 Buigcentrale

Door de aannemer wordt een buigcentrale benaderd om de wapening te produceren. Op basis van de wapeningstekeningen zal de buigcentrale de wapening produceren. Door ervaring wordt de volgorde van het wapenen bepaald. Er zijn verschillende manieren waarop een buigcentrale te werk kan gaan:

1. Door de wapeningstekeningen dusdanig te modificeren zodat de buigcentrale handmatig een buigstaat kan creëren. Om de productie te versnellen wordt de buigstaat digitaal gemaakt in een PXML bestandsformaat.
2. Door de wapeningstekeningen 3D te modelleren en vervolgens hier 3D wapening in te plaatsen. Op deze manier kan er automatisch een buigstaat uit gegenereerd worden in het juiste bestandsformaat.

In onderstaand figuur 8. Is bovenstaande tekst visueel weergegeven.



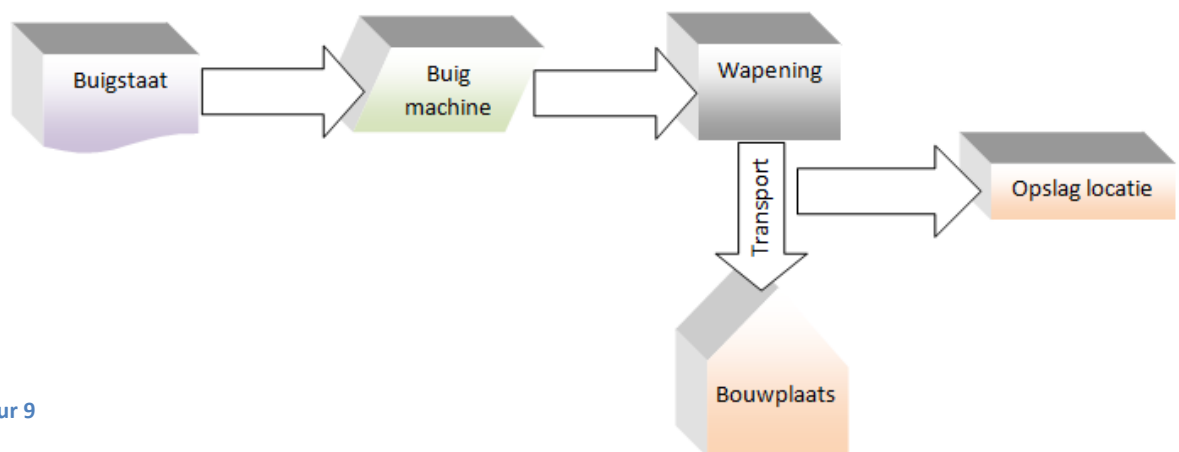
Figuur 8

## I.7 Wapening

Wanneer de buigstaten gemaakt zijn kan de wapening geproduceerd worden. De wapening wordt precies op maat gemaakt door een buigmachine. In een buigmachine worden verschillende diameters wapeningsstaal op een rol als input geleverd aan de machine. Hierdoor kan de machine verschillende diameters in verschillende lengtes afkorten en in verschillende graden buigen. Het aansturen van een buigmachine kan op drie verschillende manieren:

- Handmatig, een medewerker zou handmatig alle gegevens in de machine kunnen invoeren .
- Door middel van een code, de buigcentrale kan aan elke wapeningsgroep een code hangen. De machine kan deze code scannen en weet meteen hoe hij de wapeningsconfiguratie moet maken.
- Door middel van een digitale buigstaat, Wanneer de buigstaat digitaal is gemaakt en geëxporteerd kan worden in een PXML bestand dan kan deze direct naar de buigmachine gestuurd worden.

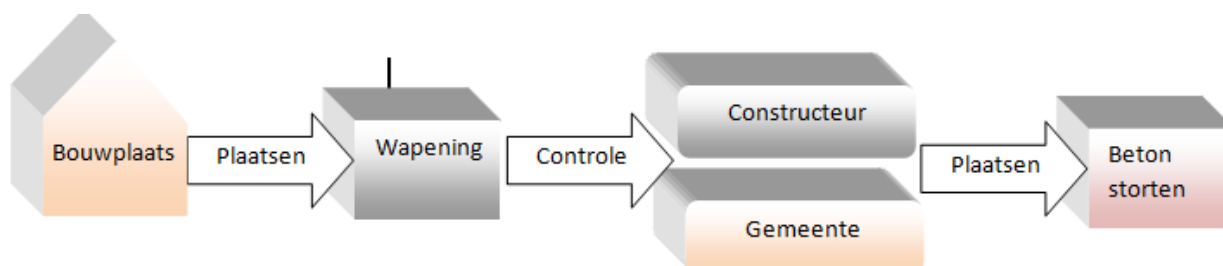
Tijdens het produceren wordt er ook rekening gehouden met de plaatsingsvolgorde. De wapening welke als eerste geplaatst wordt op de bouwplaats wordt als eerste geproduceerd. Hierdoor kan de eerste vracht wapening meteen getransporteerd worden naar de bouwplaats. Waarna de wapening meteen verwerkt kan worden. Het is goed denkbaar dat niet alle wapening meteen geplaatst kan worden. Hiervoor moet dan wel een juiste opslaglocatie worden gevonden. Voor het transport worden de staven gelabeld zodat het duidelijk blijft waar welke staaf geplaatst moet worden. In onderstaand figuur 9. Is bovenstaande tekst visueel weergegeven.



Figuur 9

## I.8 Controle









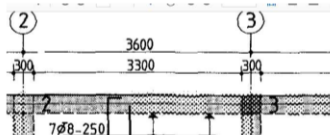
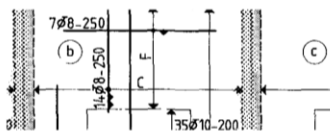
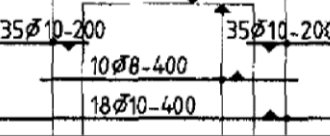
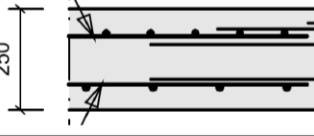
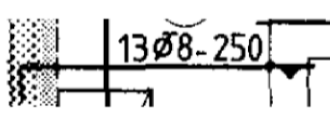
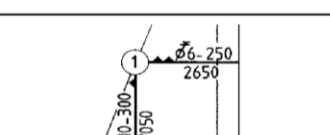
Uiteindelijk zullen de aannemer en de gemeente op de bouwplaats de wapening komen controleren. Hierbij wordt er voornamelijk gekeken naar dekkingen en diameters. Wanneer beide partijen akkoord geven kan het beton gestort worden. In onderstaand figuur 10. Is bovenstaande tekst visueel weergegeven.



Figuur 10

## **Bijlage II: Toetsingscriteria versus de interpretatie van Verhoeven en Leenders.**

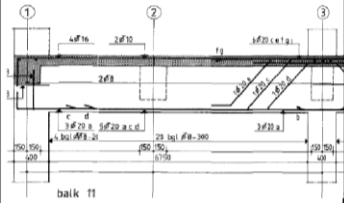
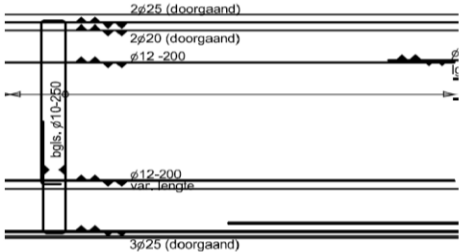
Door middel van onderstaande tabel wordt weergegeven hoe Verhoeven en Leenders de regels hebben geïmplementeerd in hun eindproducten. Er is gekozen om aan de interpretatie drie verschillende kleur coderingen te kiezen. Rood, wil zeggen dat Verhoeven en Leenders de regel totaal anders heeft geïnterpreteerd dan dat er in de NEN norm beschreven wordt. Oranje, wil zeggen dat Verhoeven en Leenders de regel gedeeltelijk goed interpreteert. Groen, wil zeggen dat de regel geheel goed wordt meegenomen in het opzetten van de wapeningstekening. Naast de visuele kleur codering wordt er een tekstuele beargumentatie gegeven waarom verhoeven de keuze heeft gemaakt om af te wijken of juist de regelgeving te volgen.

Nen 3870		2D	
Regelgeving	Afbeelding	Actie	Afbeelding
Arceringen:			
Balken, kolommen en wanden onder een vloer en balken boven een vloer van in het werk gestort beton en van vooraf vervaardigd beton		Betonwand/ kolom onder de vloer.	
Kolommen en wanden boven een vloer en alle doorsnede van in het werk gestort beton en van vooraf vervaardigd beton.		Betonwand/ kolom boven de vloer.	
Doorsnede van vooraf vervaardigd beton in combinatie met in het werk gestort beton.		Prefab wand/balk.	
Dragend metselwerk.		Metselwerk onder de vloer.	
4.6.2.B Balken moeten in volgorde worden gemerkt 1, 2, 3.		Dit doet V&L ook. Ze maken ook balkdoorsnede details waar ze refereren aan het blak nummer op de wapening aan te geven.	
4.6.2.C Vloeren moeten in volgorde worden gemerkt a, b, c.		Dit doet V&L niet. Ik weet niet precies waarom niet, echter zie ik ook geen meerwaarde in het nummeren van vloeren.	
4.7.1 Wapeningsstaven moeten met een enkele lijn getekend worden.		Dit doet V_L ook, voor elke staaf diameter wordt dezelfde lijn dikte gebruikt. 5,0 of 3,5 mm.	
4.7.2. Haken, beugels en ombuigingen moeten schematisch worden getekend door middel van rechte lijnen zonder cirkelvormige overgangen.		V&L tekent de doordiameter in aanzicht en doorsneden niet. Echter in details wel. Dit wordt gedaan omdat er wel rekening mee gehouden moet worden i.v.m. ruimte. Doordiameter is 2,5*d.	
4.8.1 De netten moeten in volgorde worden gemerkt met 1, 2, 3 enz. te plaatsen in een cirkel in de diagonaal.		Dit doet V&L niet. Ik weet niet precies waarom niet, echter zie ik ook geen meerwaarde in het nummeren van vloeren.	
4.9 De door de constructeur en/of architect voorgeschreven stortnaden moeten op de tekening worden weergegeven.	Op de voorbeelden van Nen 3870 wordt dit ook niet gedaan	Verhoeven en Leenders doet dit niet.	





Nen 3870		2D	
Regelgeving	Afbeelding	Actie	Afbeelding
5.1.2 C Komen er meerdere wapeningsgebieden voor met dezelfde wapening dan volstaat het om dezelfde codering wapening te gebruiken.		V&L geeft de wapening niet aan dmv een codering. Zei tekenen de wapening opnieuw.	
5.1.3.A Netten met eventuele bijleg staven moeten voor de onder en boven wapening afzonderlijk in plattegrond worden getekend.		V&L maakt geen aparte tekeningen voor boven en onderwapening. Zei vangen dit op door in het wapeningssymbool beide wapening aan te geven.	
5.1.3 B Ter plaatsen van overlappings moet in een dwarsdoorsnede over de netten worden aangegeven hoe deze ten opzichte van elkaar, met de gewenste laslengte.		V&L geeft overlappinglengte aan dmv een renvooi. Deze verschilt per betonklasse.	
5.1.3 C Het reduceren van netten moeten de plaats en de lengte van de reductie met de aanduiding R=... worden aangegeven.		Wanneer er een wapeningsnet eerder stopt als het vloerveld dan geeft V&L een kleiner wapeningsveld aan.	
5.1.3 F Op de tekening moeten in een tabel de nummers van de netten en de merken van de bijlegstaven met bijbehorende aantallen worden vermeld.	Hier wordt in de Nen 380 geen voorbeeld van gegeven	V&L geeft geen tabel weer. Zij nummeren haar netten ook niet.	
5.3.2 A In het aanzicht en doorsnede van een balk moeten het aantallen en indien nodig de merktekens van de wapening worden weergegeven.		V&L geeft de wapening op de zelfde manier aan. Echter geeft ze geen codering aan de wapeningsstaven. Tekstueel wordt er beschreven op welke locatie de staven zich bevinden.	
5.3.4. C beugels behoeven alleen in een doorsnede te worden getekend. De vorm mag schematisch als een rechthoek worden aangegeven indien in een renvooi de juiste vorm met laslengte wordt opgenomen.	Hier wordt in de Nen 380 geen voorbeeld van gegeven	V&L tekent de doordiameter in details wel $R=2,5 \cdot d$ . De laslengte van een beugel wordt niet weergegeven op de tekening.	Zie bovenstaande voor visuele ondersteuning

Nen 3870		2D	
Regelgeving	Afbeelding	Actie	Afbeelding
5.3.4 C In het aanzicht mag worden volstaan om met het aangeven van de plaats, het aantal en de hoh-afstand van de beugels.		V&L geeft de beugel in aanzicht aan met daarbij het leggebied.	

Resultaat:

Rood 9x

Oranje 7x

Groen 11x

## **Bijlage III: (on) mogelijkheden in revit**

## Inhoud

Bijlage III: (on) mogelijkheden in revit .....	1
III.1. Te wapenen vormen .....	3
1.1 Wanden .....	3
1.1.1 Recht [1.] .....	3
1.1.2 Gecurved [2.] .....	3
1.1.3 In hoogte verlopend [3.] .....	3
1.1.4 N-vorm (vrije vorm) [4.] .....	3
1.1.5 Met sparingen (zowel rechthoekig als rond) [5.] .....	3
1.1.6 Gecurved met sparingen (zowel vierkant als rond) [6.] .....	3
1.2 Vloeren .....	4
1.2.1 Recht [7.] .....	4
1.2.2 Gecurved[8.] .....	4
1.2.3 Met sparingen (zowel vierkant als rond) [9.] .....	4
1.2.4 Gecurved met sparingen (zowel vierkant als rond) .....	4
1.3. Balken .....	5
1. 3.1 Recht [11.] .....	5
1.3.2 Verlopend[12.] .....	5
1. 3.3 Gecurved[13./14.] .....	5
1.4. Kolommen.....	5
III.2. Wapeningsmethode .....	6
2.1 Fabrieksnetten .....	6
2.1.1 P- en PS-Netten .....	6
2.1.2 B-Netten.....	6
2.1.3 BEC-Netten.....	6
2.1.4 D-Netten .....	7
2.1.5 Alternatieve netten .....	7
2.2 Rolmatten .....	7
2.3 Losse staven .....	8
2.3.1 Rechtljnig.....	8
2.3.2 Radiaal .....	8



## **III.1. Te wapenen vormen**

### **1.1 Wanden**

#### **1.1.1 Recht [1.]**

Dit is de basis vorm van een wand. Hierbij wordt het oppervlak gewapend met wapeningsnetten aan de binnen en de buitenkant. Aan de randen van de wanden worden haarspelden bevestigd om de juiste afstand tussen de netten te bewaren.

#### **1.1.2 Gecurved [2.]**

Een Gecurvede wand is een verticale betonnen plaat welke over een gebogen lijn verloopt. De basis van deze wapening is gelijk aan de wapening van een rechte wand echter zal de wapeningsnetten gebogen uitgevoerd moeten worden. Deze vorm komt sporadisch voor, daarom is het niet noodzakelijk dat deze vorm gewapend kan worden.

#### **1.1.3 In hoogte verlopend [3.]**

Bij een hoogte verlopende wand is de verticale afstand tussen de bovenzijde en de onderzijde van de wand niet gelijk. Betreffende de wapening houdt dit in dat er een verlopende wapeningsgroep geplaatst moet kunnen worden in het modelleerpakket.

#### **1.1.4 N-vorm (vrije vorm) [4.]**

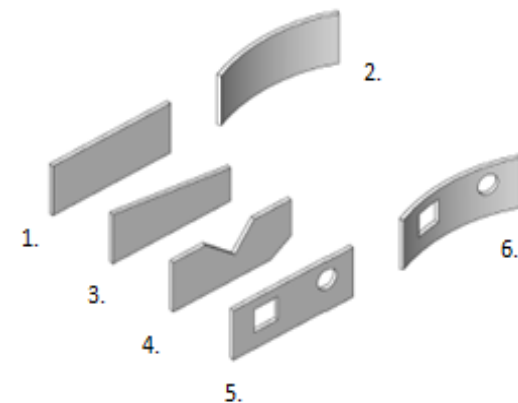
Een wand kan in elke verschillende vormen voorkomen. Hierop zal de wapening in het modelleer pakket op moeten kunnen anticiperen. Door middel van onder andere verlopende wapeningsgroepen, gesplitste wapeningsgroepen en diagonale wapeningsgroepen.

#### **1.1.5 Met sparingen (zowel rechthoekig als rond) [5.]**

Zowel ronde als rechthoekige sparingen wordt veelvuldig toegepast. De randen van een sparing moet afgewapend worden met wapening.

#### **1.1.6 Gecurved met sparingen (zowel vierkant als rond) [6.]**

Deze variant komt niet veel voor in de beroepspraktijk. Om het onderzoek zo breed mogelijk te houden wordt deze variant mee genomen het is een combinatie van de varianten "gecurved " + "sparingen".



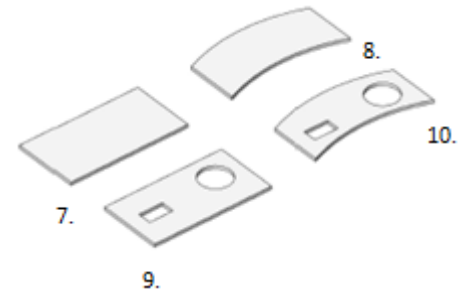
## 1.2 Vloeren

### 1.2.1 Recht [7.]

Dit is de basis vorm van een vloer. Deze horizontale plaat beton wordt gewapend door middel van wapeningsnetten. De plaatsing van het wapeningsnet is project afhankelijk. Het is afhankelijk van de dikte van de vloer of er in de randen gebruik gemaakt moet worden van wapening. In het geval dat dit benodigd is worden de wapeningsnetten rondom verbonden met haarspelden

### 1.2.2 Gecurved[8.]

Een gecurveerde vloer is een horizontale plaat beton welke over een gebogen lijn geplaatst wordt. Deze betonnen plaat kan op twee verschillende manieren gewapend worden. Door middel van rechtlijnige wapeningsnetten of door middel van radiaal gelegde wapeningsstaven. Beide wapeningsmethodieken worden verder uitgelegd in hoofdstuk 4.2



### 1.2.3 Met sparingen (zowel vierkant als rond) [9.]

In verband met vides, trapparingen of leiding is het noodzakelijk dat revit de mogelijkheid biedt om een horizontale betonnen plaat te wapenen met de benodigde sparingen. In dit onderzoek zijn vierkante en ronde sparingen mee genomen.

### 1.2.4 Gecurved met sparingen (zowel vierkant als rond)

Deze vorm is een combinatie van de "gecurveerde vloer" en de "vloer met sparingen". Het is niet een veel voorkomende vorm maar wel een interessante om mee te nemen in het onderzoek.

## 1.3. Balken

### 1.3.1 Recht [11.]

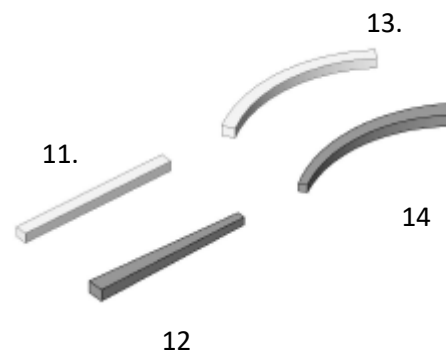
Dit zijn horizontale lijnvormige betonnen stroken. Van deze objecten wordt veelvuldig gebruik gemaakt. Deze vormen worden vooral gebuikt in fundering constructies zoals balken, poeren, liggers en stroken. Het is afhankelijk van de toepassing van het object op welke wijze deze gewapend dient te worden.

### 1.3.2 Verlopend[12.]

Een balk komt voor in een diversiteit van vormen. Verlopende breedtes, verlopende hoogtes of een combinatie daarvan. In dit onderzoek is een test gedaan met een combinatie van de twee varianten. Betreffende de wapening is het van belang dat de wapeningsgroepen verlopende vormen aan kunnen nemen.

### 1.3.3 Gecurved[13./14.]

In figuur 11 [13] en [14]. Zijn gecurveerde vormen afgebeeld, deze zijn afgeleid van bovenstaande balk vormen. Betreffende de wapening in deze vormen zal deze radiaal gelegd moeten worden.



Figuur 1

## 1.4. Kolommen

- Vierkant[15.]
- Ovaal[17.]
- Rond[16.]



## **III.2. Wapeningsmethode**

### **2.1 Fabrieksnetten**

Voor elk bouwproject zullen er verschillende wapeningsconfiguraties optimaal zijn. De keuze voor de toepassing van de wapeningsnetten wordt gemaakt door de aannemer. Deze keuze wordt gebaseerd op de verwerkingsmethode en de kosten. Wapeningsnetten zijn te verkrijgen in verschillende standaard configuraties:

#### **2.1.1 P- en PS-Netten**

Dit zijn wapeningsnetten met dezelfde hoofd en verdeelwapening. De standaard afmeting betreft twee bij vijf meter. P-netten worden toegepast bij eenvoudige wapeningsconstructies, deze wapeningsnetten worden ook wel kruisnetten genoemd.

Naast de P-netten is er de kleinere variant de PS-net met een afmeting van twee bij drie meter. Deze netten zijn minder zwaar en daardoor ook handzamer. Deze netten worden vaak gebruikt bij kleinere projecten.

#### **2.1.2 B-Netten**

Dit zijn wapeningsnetten met een efficiënter overlappingslengte. Bij deze netten zal er aan een langszijde en een korte zijde langere stekken toegepast worden. Dit wordt gedaan om de overlappingslengte te waarborgen. Hierdoor ontstaan er minder onnodige dubbele wapeningslagen.

#### **2.1.3 BEC-Netten**

Deze wapeningsnetten zijn een variant van de B-Netten. Bij deze netten voldoet de overlappingslengte aan de normen welke in de eurocode 2 gesteld worden. De omstandigheden waarmee gerekend is zijn:

- goede aanhechtingsomstandigheden;
- dekking  $C_{nom.} = 15 \text{ mm}$ ;
- beton C20/25.

Deze wapeningsnetten zijn als standaard netten voor de Nederlandse markt aangemerkt.

### 2.1.4 D-Netten

Doordat er in de eurocode hoge eisen worden gesteld aan de overlappingslengte en er een tilnorm is welke aangeeft dat het maximaal te tillen gewicht voor twee personen 50 kilo is zijn er weinig wapeningsnetten welke voldoen aan beide regelgevingen. Hierom is het D-net ook wel staafnet genoemd ontwikkeld. Het net bestaat uit de benodigde hoeveelheid hoofdwapening staven. Welke bij elkaar worden gehouden door middel van enkele gepuntlaste dwarsstaven. Door de netten kruislinks te plaatsen ontstaat er een kruisnet.

### 2.1.5 Alternatieve netten

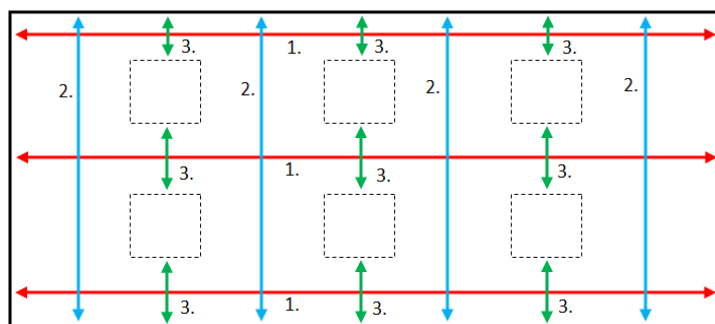
Doordat een constructeur voor een oppervlak vaak aangeeft hoeveel kilo wapening er per kubieke meter beton er geplaatst moet worden. Hierdoor kan er besloten worden om een wapeningsnet dusdanig te configureren zodat er exact wordt voldaan aan deze eis. Hierdoor bestaat de mogelijkheid om verschillende diameters op een wapeningsnet te verwerken.

## 2.2 Rolmatten

Rolmatten zijn wapeningsconfiguraties waarbij de hoofdwapening op de juiste plaatst geplaatst worden. Hierop wordt op enkele plaatsen verdeel wapening gepuntlast voor de verbinding. Deze verdeelwapening wordt in tientallen meters lang uitgevoerd en op een rol op de bouwplaats geleverd (zie figuur 13). Om een constructief kruisnet te kunnen creëren moeten de rolmatten kruislinks over elkaar heen gelegd worden. Door middel van deze methode is men instaat om relatief vlug een groot oppervlak te wapenen. Het nadeel is dat als er in het te wapenen oppervlak obstakels aanwezig zijn dit grote consequenties heeft betreffende de wapeningsprocedure.



In figuur 14. Is schematisch een vloerveld met 6 obstakels weergegeven. In het figuur 14 is weergegeven hoe een rolmat in deze configuratie geplaatst zou worden. In eerste instantie plaatsten ze de langste rolmatten, rode pijl nummer 1. Dit zijn drie verschillende matten welke langs de obstakels worden gerold. Om hier een kruisnet van te kunnen maken moet er kruislinks een mat gerold worden, blauwe pijl nummer 2. Deze matten worden ook langs de obstakels afgerold. Om het gehele vloerveld compleet af te wapenen zal er door middel van losse staven de nog open liggende stukken wapening geplaatst moeten

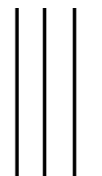




## 2.3 Losse staven

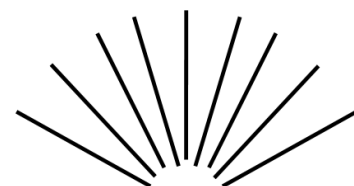
### 2.3.1 Rechthoekig

Rechthoekig wapenen is het basis verloop van de wapening. Rechthoekig wapenen houdt in dat het leggebied van de wapening rechthoekig verloopt voor een visuele beeldvorming zie afbeelding 15. Bij deze methodiek wordt er gekeken naar de juiste hart op hart afstand, diameter en lengte van een staaf.



### 2.3.2 Radiaal

Dit is een wapeningsmethode welke voorkomt bij gecurved wapeningsvormen. Hierbij wordt er een basis punt bepaald van waar de wapening wordt gestart en de hart op hart afstand wordt bepaald aan het uiteinde van de staaf. voor een visuele beeldvorming zie afbeelding 16.



## **Bijlage IV: Applicaties.**

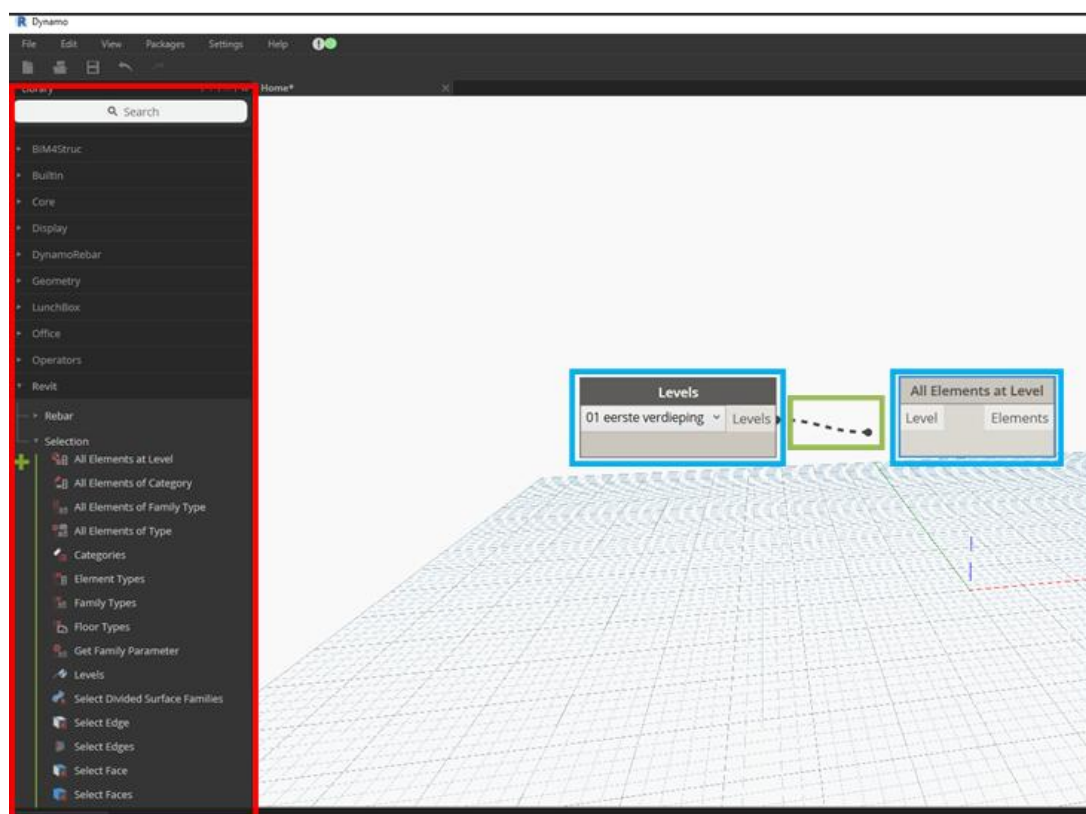
## **Inhoud**

Bijlage IV: Applicaties. ....	- 1 -
IV.1 Dynamo.....	- 3 -
IV.2 Sofistik .....	- 5 -

## IV.1 Dynamo

Deze applicatie stelt de gebruiker in staat om scripts schrijven en daadwerkelijk in Revit te programmeren. Hier rust niet de expertise van een doorsnee modelleur waardoor de werkzaamheden als moeilijk beschouwd worden. Wanneer er echter een concreet doel gesteld is kan er concreet naar een oplossing gezocht worden. De mogelijkheden zijn eindeloos: van een excentriek volledig geparametriseerd gebouw tot het automatisch repeterende informatie aan het model toevoegen.

Dynamo werkt met zo genoemde “node’s”. Deze node’s hebben een input nodig welke wordt omgezet in een output. Door verschillende node’s te koppelen met verbindingslijnen kan de gebruiker verschillende script’s schrijven. In onderstaande figuur 1. wordt de werkomgeving van dynamo weergegeven. Aan de linkerkant (rode rechthoek) bevindt zich de lijst met de verschillende node’s welke toepasbaar zijn binnen dynamo. In de engineeringomgeving aan de rechterkant van de afbeelding worden de node’s geplaatst. De blauwe rechthoeken omcirkelen een tweetal node’s welke de tweede verdieping van het Revit model selecteren. In de groene rechthoek wordt de verbindingslijn weergegeven welke de relatie tussen beide node’s vast legt.

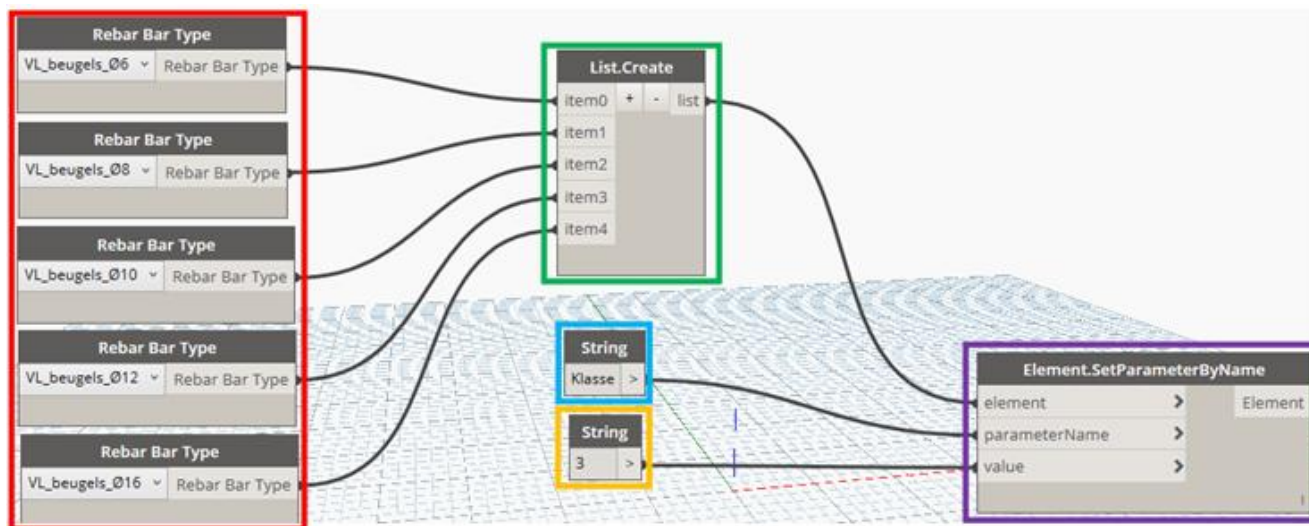


Figuur 1

Dynamo is een open source programma. Dat wil zeggen dat personen het programma kunnen aanpassen en delen in een publieke omgeving. Hiervoor is een forum opgericht waarin verschillende instanties zowel particulier als in een organisatie kunnen leren, vragen, meningen en aanpassingen delen. Standaard dynamo heeft geen specifieke node’s voor wapening. Er zijn echter verschillende zogenaamde packages beschikbaar gemaakt door enthousiaste personen. Voorbeelden van packages gemaakt om mee te wapenen zijn:

- BIM4STRUC.Rebar
- Dynamo for rebar

Beide packages zijn kosteloos te downloaden. In beide packages zitten verschillende node's waar in standaard wapeningsnodes zitten om zo het wapeningsproces te vergemakkelijken. In onderstaande figuur 2 wordt een voorbeeld gegeven van een dynamo script. Voor een toelichting op het dynamo script wordt achteraan begonnen. In de paarse rechthoek is een node welke als output een parameter invult bij een element. Als input moet de node, een element, een parameter en een waarde hebben. De parameter welke ingevuld moet worden is "klasse" zoals te zien in de blauwe rechthoek. De waarde welke ingevuld moet worden is "3" zoals te zien in de oranje driehoek. Om de elementen weer te geven wordt er een opsomming gemaakt van de elementen zoals te zien in de groene rechthoek. In het rode vierkant zijn de verschillende wapeningstypes aangegeven waarbij de parameter "klasse" met de waarde 3 moet worden ingevuld. Dit is een van de vele manieren waarop dynamo ingezet kan worden voor drie dimensionale wapening.



Figuur 2



## IV.2 Sofistik

Dit hoofdstuk is opgemaakt uit een presentatie van Andrés von Breyman. Andrés is een Technical Sales Consultant bij Sofistik. Sofistik is een Duitse leverancier van rekensoftware welke is opgericht in 1987. De rekensoftware is gespecialiseerd in wapeningsberekeningen waarbij ze de scope hebben gelegd op de bim werkmethode met als specialisatie in revit. Door de ontwikkelingen in de bim methode is Sofistik mee ontwikkeld. De huidige status quo is dat sofistik als basis de reken software ontwikkeld. Langs deze reken software heeft Sofistik nog verschillende applicaties welke in verschillende software pakketen ondersteund.

Binnen de scope van dit onderzoek is de applicatie "reinforcement detailing" interessant. Deze applicatie ondersteund het opmaken van de twee dimensionale wapeningstekening binnen revit. Sofistik is een verzameling van commando's welke default Revit niet heeft. De commando's welke significante meer waarde hebben tijdens het opmaken van een tekening zijn:

- Het plat slaan van een wapeningsvorm  
In sommige gevallen kan het nodig zijn dat in een boven aanzicht een wapeningsconfiguratie plat geslagen moet worden. Zo wordt de vorm van de wapeningsstaaf duidelijk en de wapeningslaag kan direct aan gegeven worden. In native revit zou er een doorsnede over de wapeningsvorm gemaakt moeten worden en deze op tekening plaatsen. Sofistik heeft hier een commando voor ontwikkeld.
- Het taggen van alle zichtbare wapeningsvormen;  
Dit commando geeft een tekstuele verduidelijking van alle zichtbare wapeningsstaaf in een bepaalde view weer op de twee dimensionale tekening. In native revit zit een commando welke ook aan alle wapeningsstaven een tekstuele verduidelijking kan hangen. Dit commando doet dit voor alle wapeningsstaven in de gehele sheet.
- Het splitsen van te lange wapeningsstaven en gelijktijdig een overlappingslengte aangeven;  
Betreffende het uitvoeringstechnische aspect is dit een zeer gemakkelijk commando.
- Aangeven van wapeningseinde;
- Genereren van een buigstaat;  
Het grote voordeel van Sofistik is dat er automatisch een buigstaat gegenereerd wordt. Door middel van enkele instellingen wordt er automatisch een buigstaat van de wapening gegenereerd. Zoals te zien in figuur 3.

BENDING SCHEDULE Steelgrade: FEB 500															
Bar-mark	Bar-diameter	Length of each bar	Total number	Total length	dbr ds	Shape code	End-hook	Bending dimensions							
								a	b	c	d	e	R	h	
17								Pos. 1	No. 1	Length 2389	-X-				
								Comment: binnenzijde1							
18	10	-	5	6830	8	21		1448	196	300					
								<div><div><div><div></div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div><div>a-</div><div>SS</div><div>300</div></div>							
								Pos. 1	No. 1	Length 1885	1448				
								2	1	1625	1189				
								3	1	1366	929				
								4	1	1106	669				
								5	1	846	409				
								Comment: binnenzijde1							

Figuur 3

### Nadelen

Het nadeel van sofistiek is dat ze de Duitse manier van wapenen hanteren. Hierbij wordt er aan elke wapeningsstaaf een nummer en aan elk wapeningsnet een letter codering gehangen. Deze coderingen worden weergegeven in de tekstuele omschrijving van een wapeningsstaaf in de tekening. In een renvooi wordt omschreven welke codering bij welke wapeningsstaaf past. In de Nederlandse werkmethode is dit hoogst ongebruikelijk. Nederland is gewent om wapeningsconfiguraties direct van een tekening te kunnen aflezen. Wanneer hiervoor gekozen wordt zal de mindset van de betrokken partijen moeten veranderen.

## **Bijlage V: modelleren van wapening**

## Inhoud

Bijlage V: modelleren van wapening.....	- 1 -
V.1 Te wapenen vormen.....	- 3 -
1.1 Default revit.....	- 3 -
1.2 Dynamo .....	- 3 -
1.3 Sofistik.....	- 3 -
V.2 Wapeningsmethode .....	- 4 -
V.3 Wapeningsvormen .....	- 4 -

## V.1 Te wapenen vormen

### 1.1 Default revit

Betreffende de te wapenen vormen zijn zowel de wapeningsmethode, wapeningsnetten als wapenen met losse staven bekeken. Het bleek dat voor rechthoekige vormen het wapenen zeer voorspoedig verliep. Ook de rechthoekige vormen met sparingen of de N-vorm zijn te wapenen. Hier zijn er echter wel enkele aspecten waar rekening mee gehouden dient te worden. Revit houdt geen rekening met de excentrieke vormen deze moeten handmatig aan gegeven worden. Wanneer dit gebeurd is werkt het naar behoren.

Gecurvede vormen zijn radiaal gewapend. Dit werkt in revit nagenoeg niet! Het is niet mogelijk om de staven een bepaalde hart op hart afstand te geven in een radius.

### 1.2 Dynamo

Met behulp van Dynamo zijn er verschillende extra mogelijkheden betreffende het wapeningsproces. De mogelijkheden zijn oneindig. De mogelijkheid welke in dit onderzoek is meegenomen is het wapenen aan de hand van een "face" vlak. Hierbij dien je in revit een vlak te selecteren en dynamo modelleert de gewenste wapening evenwijdig aan het oppervlak.

Hierdoor zijn de onmogelijkheden bij de gecurvede vormen in default revit getackeld. Het opzetten van een standaard script in dynamo kost de nodige tijd. Wanneer deze echter gereed is, is het wel op elke gewenste moment te gebruiken.

### 1.3 Sofistik

Voor het modelleren van wapening biedt Sofistik geen ondersteuning op één onderdeel na. Dit is het radiaal modelleren van wapening. Hiervoor is er speciaal een apart commando gemaakt welke de gebruiker instaat stelt radiaal te wapenen.



## V.2 Wapeningsmethode

Betreffende het wapenen met wapeningsnetten zitten er in default revit twee mogelijkheden om wapeningsnetten te modelleren. De mogelijkheden zijn het engineeren van wapeningsnetten en het modelleren van fabrieksnetten. Binnen Verhoeven en Leenders wordt er alleen door middel van engineering de wapening aangegeven. Hierbij wordt er over een geheel veld de benodigde wapeningsconfiguratie aangegeven.

Door middel van het commando fabrieksnetten wordt er door revit een netten plan gemaakt. Revit rekent een zo efficiënt en effectieve mogelijke indeling van de wapeningsnetten het gene wat de gebruiker moet aangeven zijn de lengte en breedte van de wapeningsnetten en de overlappingslengte. Bij deze manier van wapenen moet er tijdens het ontwerpen al vast liggen welke wapeningsmethodiek er door de buigcentrale toegepast gaat worden. Zodat de ontwerper hier rekening mee kan houden.

## V.3 Wapeningsvormen

In de installatie map van revit worden default verschillende wapeningsvormen geïnstalleerd. Deze vormen zijn gebaseerd op de Amerikaanse wapeningsmethode. De vorm van de wapening heeft invloed op de manier hoe de beton in de bekisting beland. In de Nederlandse nationale bijlage van de eurocode worden er eisen gesteld aan de wapeningsvormen. Dit wil zeggen dat verschillende standaard geïnstalleerde vormen niet op een Nederlandse wapeningstekening geplaatst mogen worden. Dat houdt in dat de standaard mee geïnstalleerde vormen vrijwel niet gebruikt mogen worden.

In revit is er een commando wat de gebruiker in staat stelt om eigenhandig een wapeningsvorm te tekenen. Hierdoor kan elke wapeningsvorm gecreëerd worden. De gecreëerde wapeningsvormen worden opgeslagen in een elementen bibliotheek zodat deze met iedereen gedeeld kunnen worden. Hierdoor is de gebruiker vrij om elke gewenste vorm te modelleren.

## **Bijlage VI: Weergave van de wapening.**

## **Inhoud**

Bijlage VI: Weergave van de wapening .....	- 1 -
VI.1 Weergave.....	- 3 -
1.1 Default revit .....	- 3 -
1.2 Dynamo .....	- 3 -
1.3. Sofistik.....	- 4 -
VI.2 Taggen .....	- 4 -
VI.3 Bijkomende informatie.....	- 5 -

## **VI.1 Weergave**

In eerste instantie zijn alle mogelijkheden met betrekking tot de weergaves van de wapening met default revit bekeken. Vervolgens is er gekeken naar de mogelijkheden met de hulp van de applicatie dynamo. Als laatste is er gekeken naar de modelleer mogelijkheden met de applicatie sofistik. Er is voor deze volgorde gekozen omdat de wenst van Verhoeven en Leenders is om het wapeningsproces zoveel mogelijk binnen default revit te houden en alleen indien nodig een stap te maken naar hulp applicaties. Dynamo is de eerste applicatie welke bekeken wordt dit heeft als reden dat deze applicatie kosteloos is en elk script welke geschreven wordt meteen overgedragen kan worden op alle modelleers binnen Verhoeven en Leenders. Als laatste is gekeken naar sofistik deze betaalde applicatie versnelt veelal het wapeningsproces.

In onderstaande opsomming worden de hoofdpunten van de toetsingscriteria toegelicht, welke een relevante bijdrage leveren aan dit onderzoek.

### **1.1 Default revit**

- Staaf weergave

Default wordt in revit de wapeningsstaven weergegeven door middel van twee lijnen. Door middel van weergave filters kan de gebruiker instellen dat wapeningsstaven solid worden weergegeven op de wapeningstekening. Een bijkomend voordeel ten opzichte van de traditionele wapeningstekening is dat de staafdiameter ook wordt weergegeven.

- Wapening buiten de vorm halen

Om een wapeningsconfiguratie buiten het betonnen onderdeel te halen is er standaard in revit geen commando. Hiervoor is een work-around ontwikkeld. Door een doorsnede te maken over de gewenste wapeningsvorm en in de doorsnede de weergave dusdanig in te stellen dat alleen de wapeningsvorm zichtbaar is. Deze doorsnede kan op de tekening geplaatst worden op een locatie welke de gebruiker zelf bepaald. Op deze manier wordt de wapeningsvorm uit de betonnen element gehaald.

- Leggebied aangeven

Om het leggebied aan te geven heeft revit standaard een commando om doormiddel van een pijl het complete leggebied van een bewust wapeningsvorm aan te geven.

### **1.2 Dynamo**

Met behulp van dynamo zijn er niet per definitie meer mogelijkheden dan bij standaard revit. Er zijn enkele commando's welke met behulp van dynamo versnelt kunnen worden echter het voorbereidende proces om in dynamo een script te maken neemt veel tijd in beslag. Het is cruciaal om een duidelijk afweging tussen kwaliteit en kwantiteit te maken.

### 1.3. Sofistik

Om de wapening op de juiste manier weer te geven op de wapeningstekening bied sofistik een aantal vernuftige commando's welke het opstellen van een tekening drastisch versnelt. De volgende commando's bieden veel ondersteuning tijdens het opzetten van een tekening:

- Rebar Visibility settings  
Een model waarin alles drie dimensionaal wordt gewapend wordt onoverzichtelijk. Door middel van dit commando wordt de gebruiker in staat gesteld om door een druk op de knop de gewenste wapening (on)zichtbaar te maken in de tekening, waardoor de tekening overzichtelijker wordt.
- Tag all  
Door middel van dit commando wordt de gebruiker in staat gesteld om alle gewenste wapeningstaven te voorzien van een tag. In standaard revit dient de gebruiker bij elke staaf individueel aan te klikken. Dit commando kan dus veel tijd besparen.
- Group/split  
Dit commando kan verschillende wapeningstaven combineren tot een groep wapeningstaven. Hierdoor kan er door middel van de tag en de zichtbaarheid van de staafgroepen een overzichtelijkere wapeningstekening gecreëerd worden.
- Bar end  
Bij drie dimensionale wapening is het niet duidelijk wat de overlapping/verankeringslengte precies is. Door middel van dit commando kan de gebruiker door een druk op de knop het einde van een wapeningsstaaf aangeven.
- Shape detail  
Dit is het grootste voordeel van Sofistik. Dit commando stelt de gebruiker in staat om met een druk op de knop de wapeningsvorm te destilleren uit de tekening.

## VI.2 Taggen

In een wapeningstekening zal het noodzakelijk zijn om sommige tekstuele informatie op een tekening te verwerken. Tijdens het onderzoek bleek dat het verschilt bij het doel van de wapeningstaaf welke informatie op de tekening moet komen te staan. Hierbij is er onderscheid gemaakt tussen:

- Losse staven (hoh) & Losse staven (aantal)  
Losse staven zijn staven waarbij minste informatie benodigd is. Deze staven worden bijvoorbeeld toegepast als boven of onderwapening in een balk doorsnede. De informatie welke uitgelezen wordt zijn: Aantal en diameter. Bijvoorbeeld 4xØ8, Ø8-300
- Bijleg wapening (hoh) & Bijleg wapening (aantal)  
Deze staven moeten plaatselijk extra bijgelegd worden om te voldoen aan de benodigde wapeningshoeveelheid. Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee verschillende tags waarbij de hoh afstand wordt uitgelezen en de tag waarbij de aantal staven die bijgelegd worden aangegeven. De informatie welke uitgelezen wordt zijn: (Aantal), diameter (hart op hart afstand), lengte. Bijvoorbeeld 4xØ8 lg. 2000, Ø8-300 lg.2000.



- Wapeningsvormen

Deze tag wordt gebruikt bij wapeningsstaven met een excentrieke vorm. Waarbij het benodigd is om deze vorm te benoemen op de tekening. De informatie welke uitgelezen wordt zijn: de vorm, diameter hart op hart afstand. Bijvoorbeeld haarspeld Ø8-300.

## **VI.3 Bijkomende informatie**

De informatie over het betonmengsel moet zal gedestilleerd moeten worden uit het wapeningsmodel.

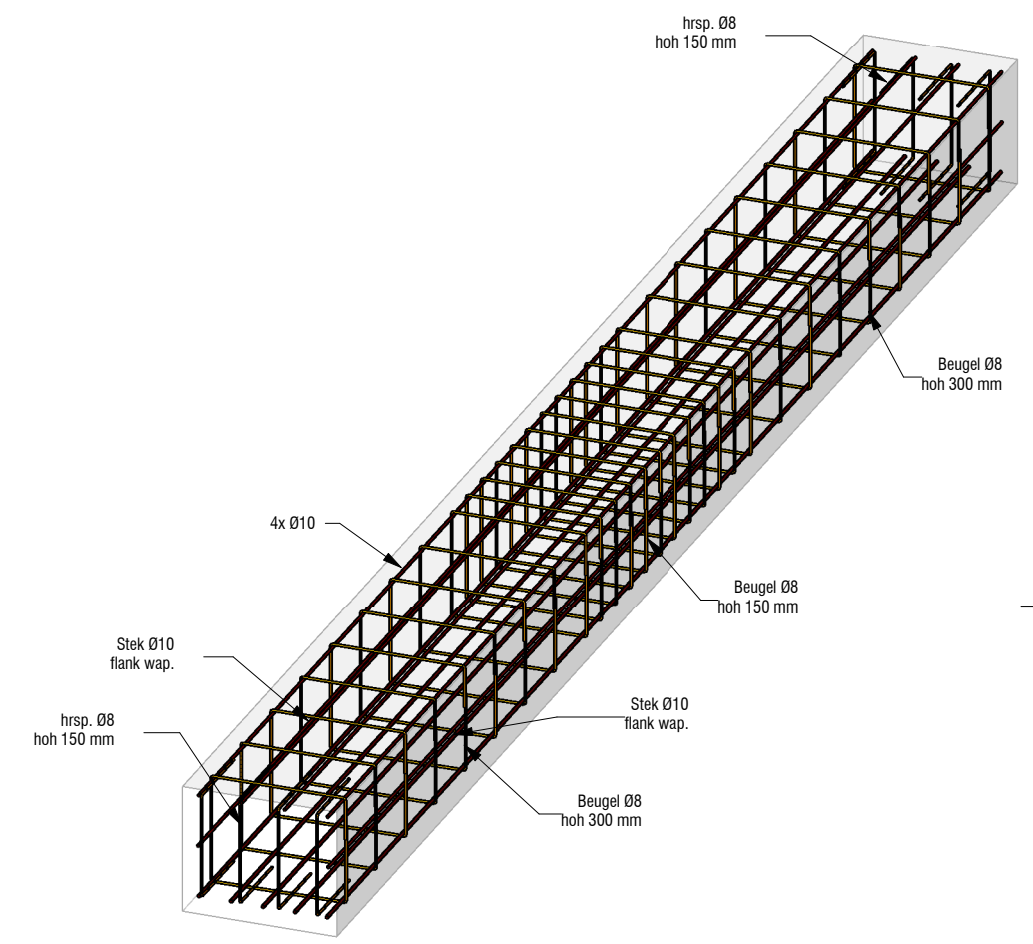
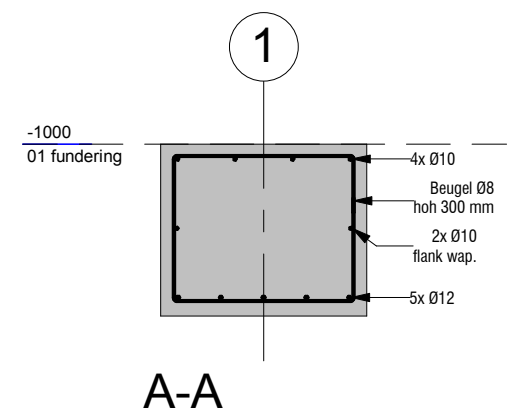
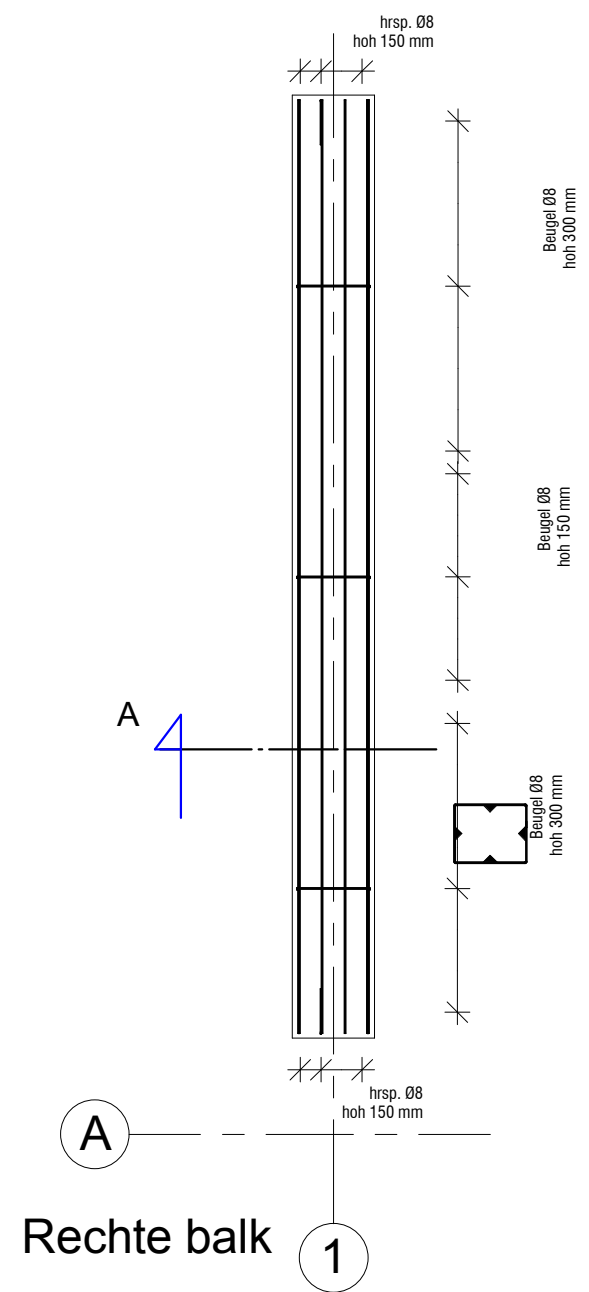
In de huidige methodiek van Verhoeven en Leenders wordt deze informatie afgevangen door middel van het toevoegen van twee dimensionale informatie in een tabelvorm.

Zowel In default revit als in dynamo is het vooralsnog niet mogelijk om de dekking uit het model weer te geven op de tekening. Door bij de support afdeling van ICN solutions de vraag neer te leggen wordt hier nu naar een oplossing gezicht. Vooralsnog kan hier geen concrete conclusie over gegeven worden.



## **Bijlage VII Concept wapeningstekeningen.**

Aanzicht rechte balk



Rudigerstraat 10, 5408 AB Volkel  
Telefoon: 0413 - 25 10 96  
E-mail: info@verhoeven-leenders.nl  
WWW.verhoeven-leenders.nl



Project :  
**Afstudeerproject 3 dimensionaal wapenen in Revit**

Onderdeel :  
**Rechte Balk**

In opdracht van :  
**Verhoeven en Leenders**

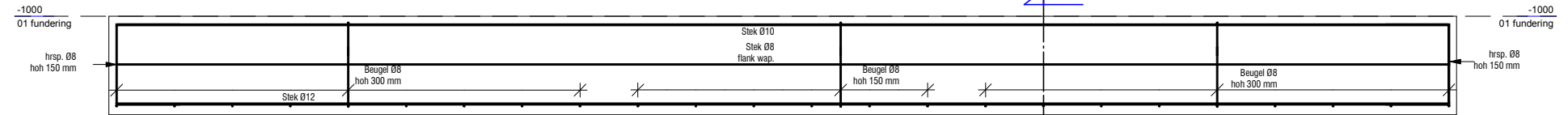
Architect :

Status:  
**Definitief**

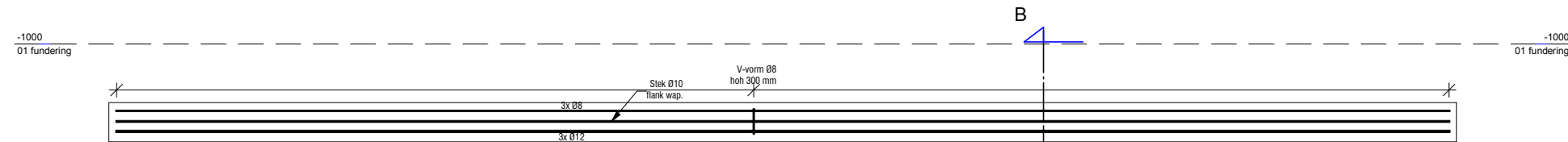
Wijz.: Get.: Wijz.datum :

Tek./gez. :	Constr. :	Projectleider :	Formaat :	Schaal :	Project nummer :	Tekening nummer :	Datum :
TH/AH			A3	1:50/20	16183	DO-01	16-03-2016

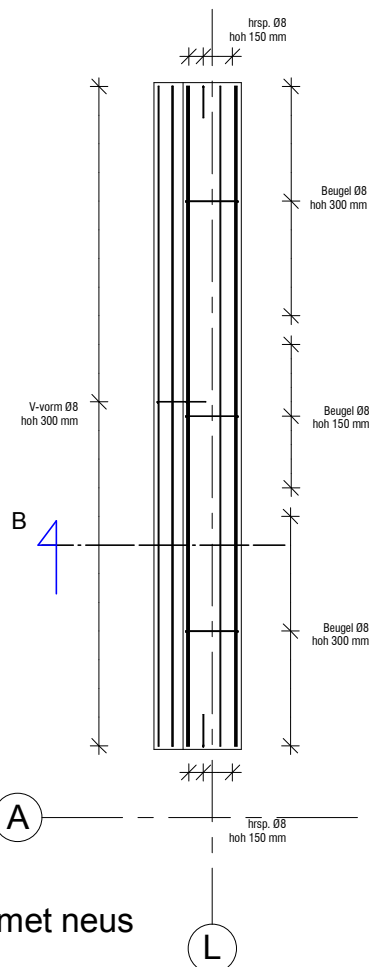
© ing.bureau Verhoeven en Leenders bv. Deze tekening mag niet worden vermenigvuldigd of aan derden ter inzage worden gegeven zonder onze schriftelijke toestemming.



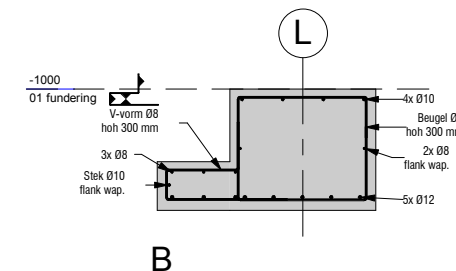
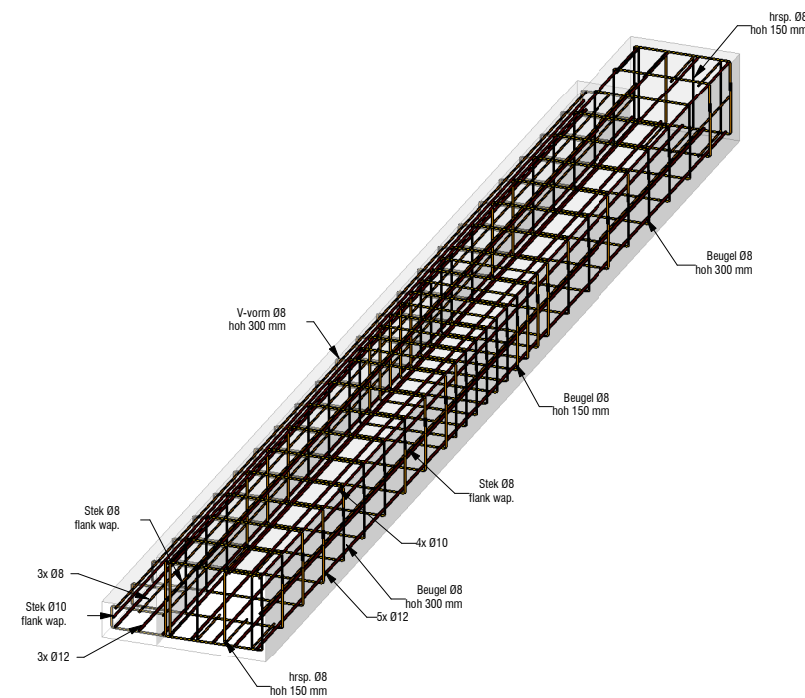
Aanzicht rechte balk met neus



Aanzicht neus



Rechte balk met neus



Rudigerstraat 10, 5408 AB Volkel  
Telefoon: 0413 - 25 10 96  
E-mail: info@verhoeven-leenders.nl  
WWW.verhoeven-leenders.nl



Project :  
**Afstudeerproject 3 dimensionaal wapenen in Revit**

Onderdeel :  
**Rechte balk met neus**

In opdracht van :  
**Verhoeven en Leenders**

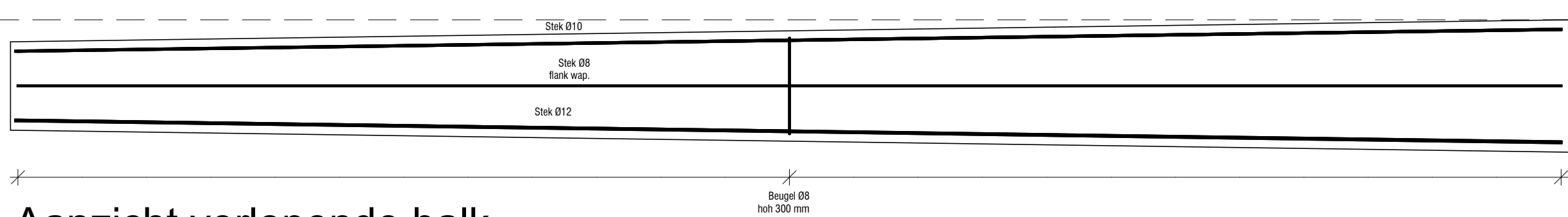
Architect :

Status:  
**Definitief**

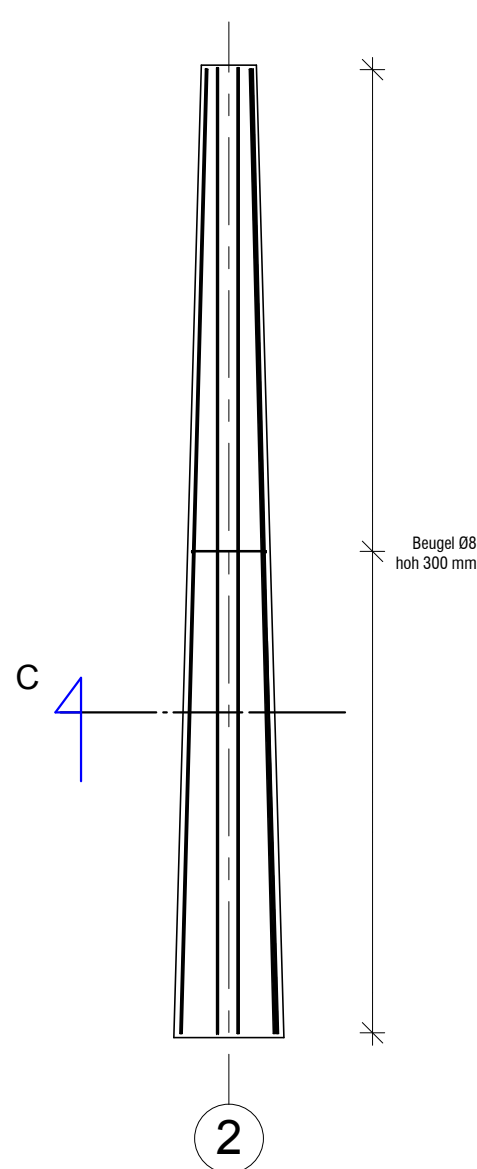
Wijz.: Get.: Wijz.datum :

Tek./gez. :	Constr. :	Projectleider :	Formaat :	Schaal :	Project nummer :	Tekening nummer :	Datum :
TH/AH			A2	1:50/20	16183	DO-02	16-03-2016

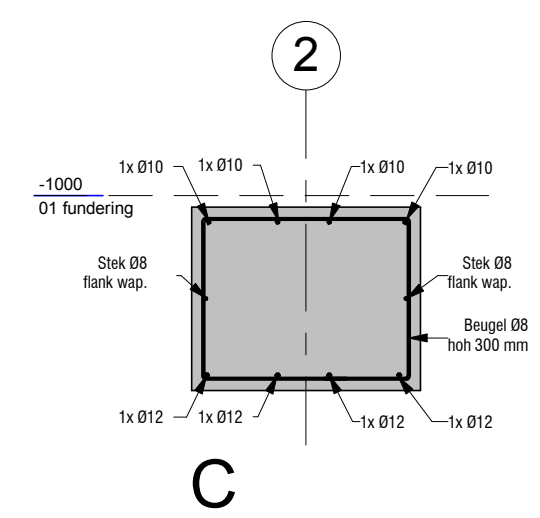
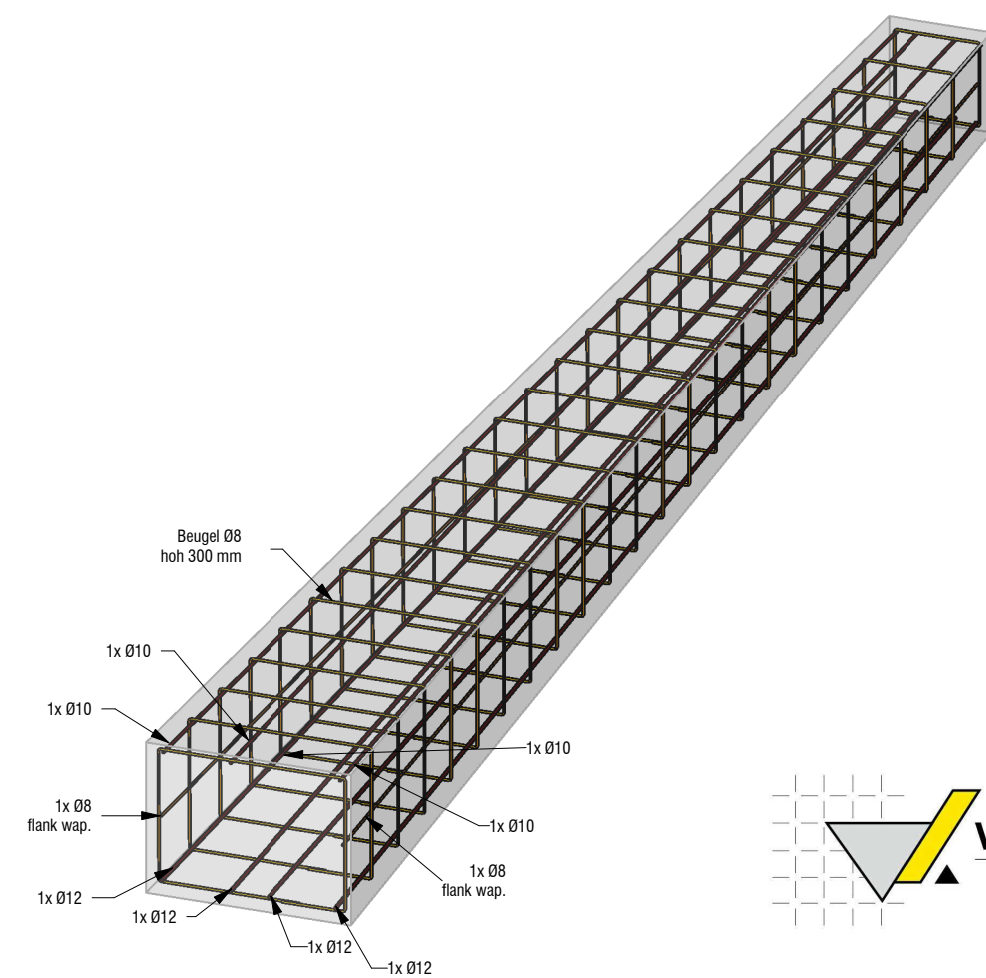
© ing.bureau Verhoeven en Leenders bv. Deze tekening mag niet worden vermenigvuldigd of aan derden ter inzage worden gegeven zonder onze schriftelijke toestemming.



Aanzicht verlopende balk



Verlopende balk



Rudigerstraat 10, 5408 AB Volkel  
Telefoon: 0413 - 25 10 96  
E-mail: info@verhoeven-leenders.nl  
WWW.verhoeven-leenders.nl

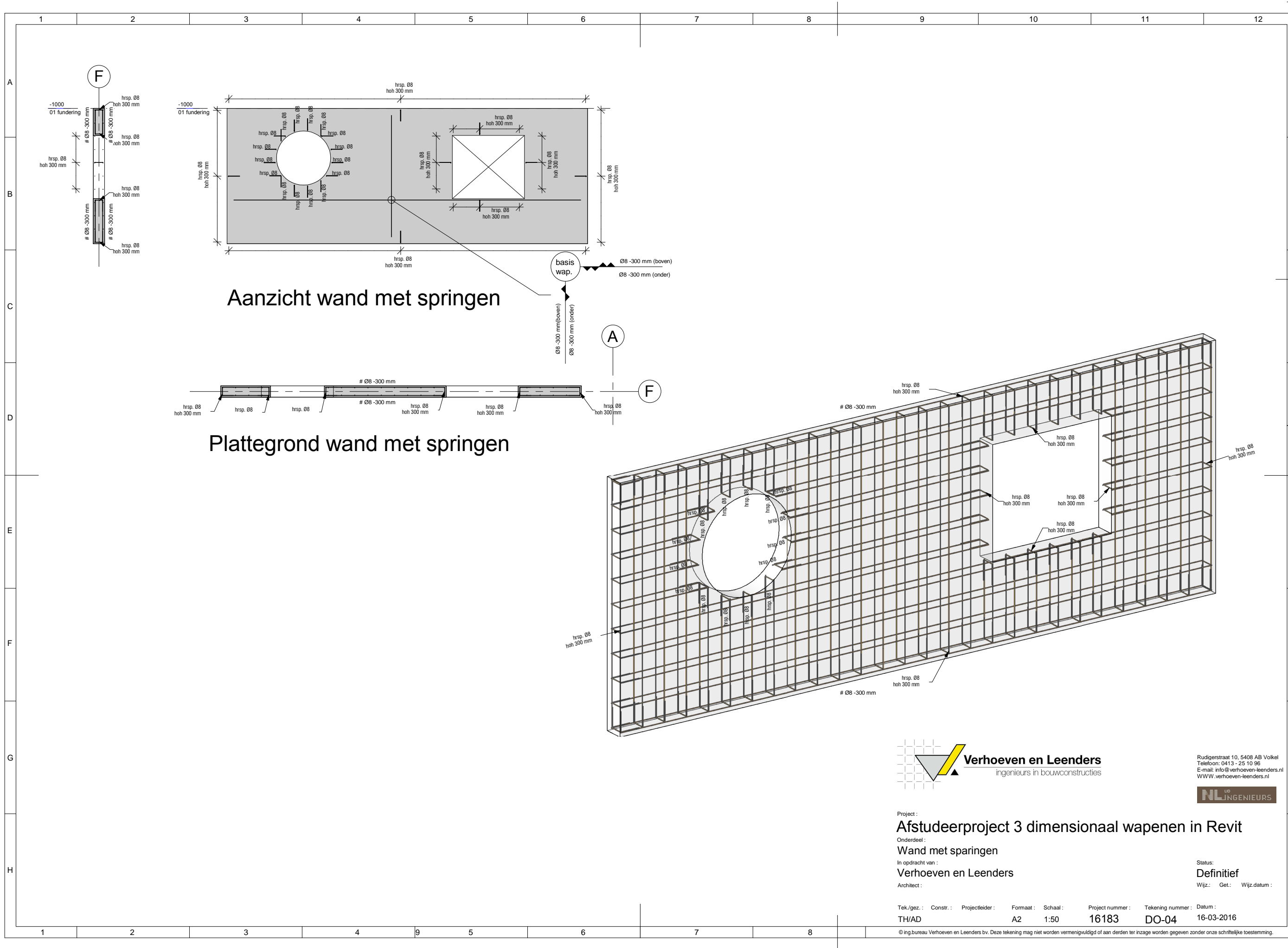


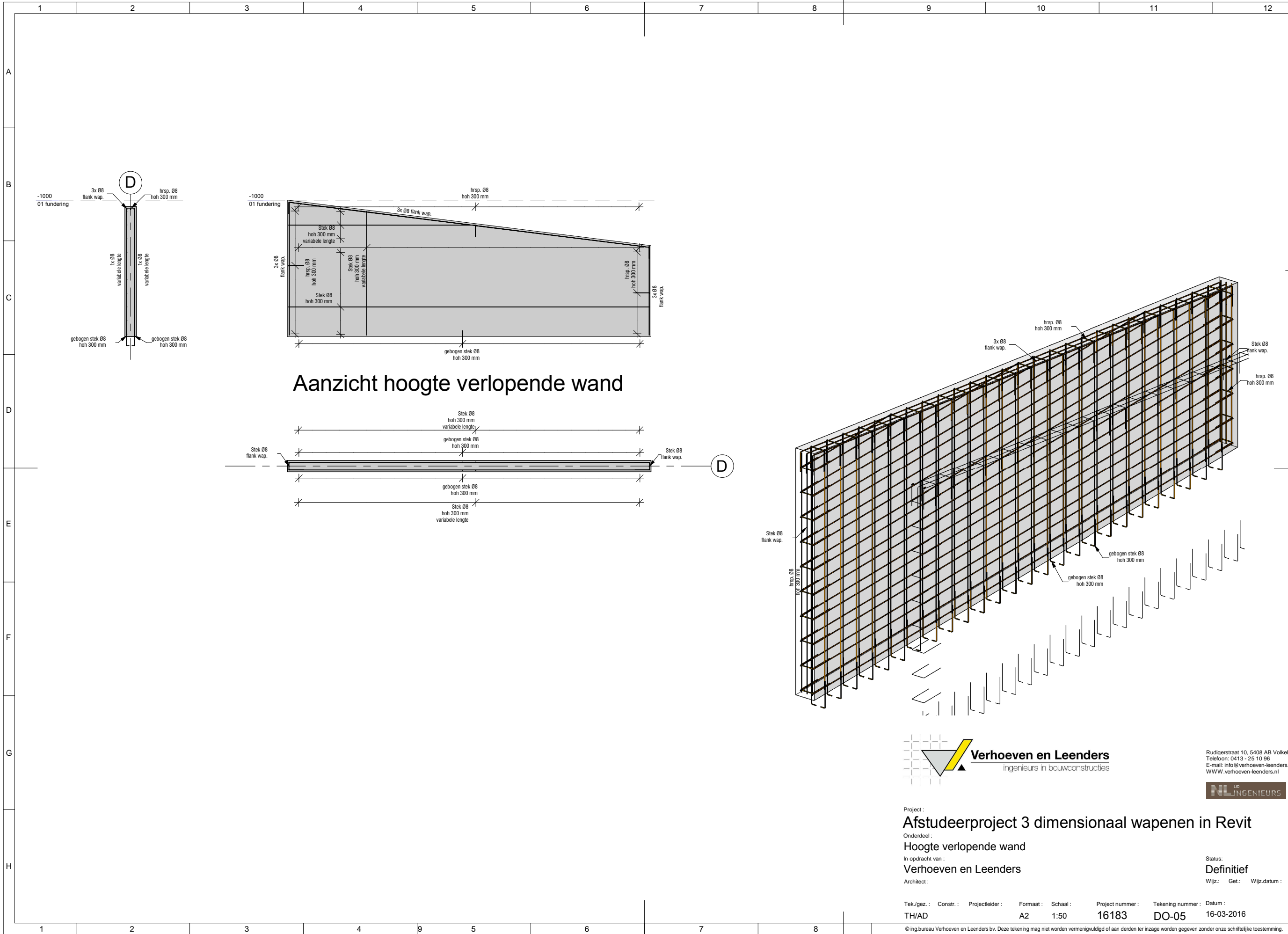
Project :  
**Afstudeerproject 3 dimensionaal wapenen in Revit**  
Onderdeel :  
**Verlopende balk**  
In opdracht van :  
**Verhoeven en Leenders**  
Architect :  
**Verhoeven en Leenders**  
Status:  
**Definitief**  
Wijz.: Get.: Wijz.datum :

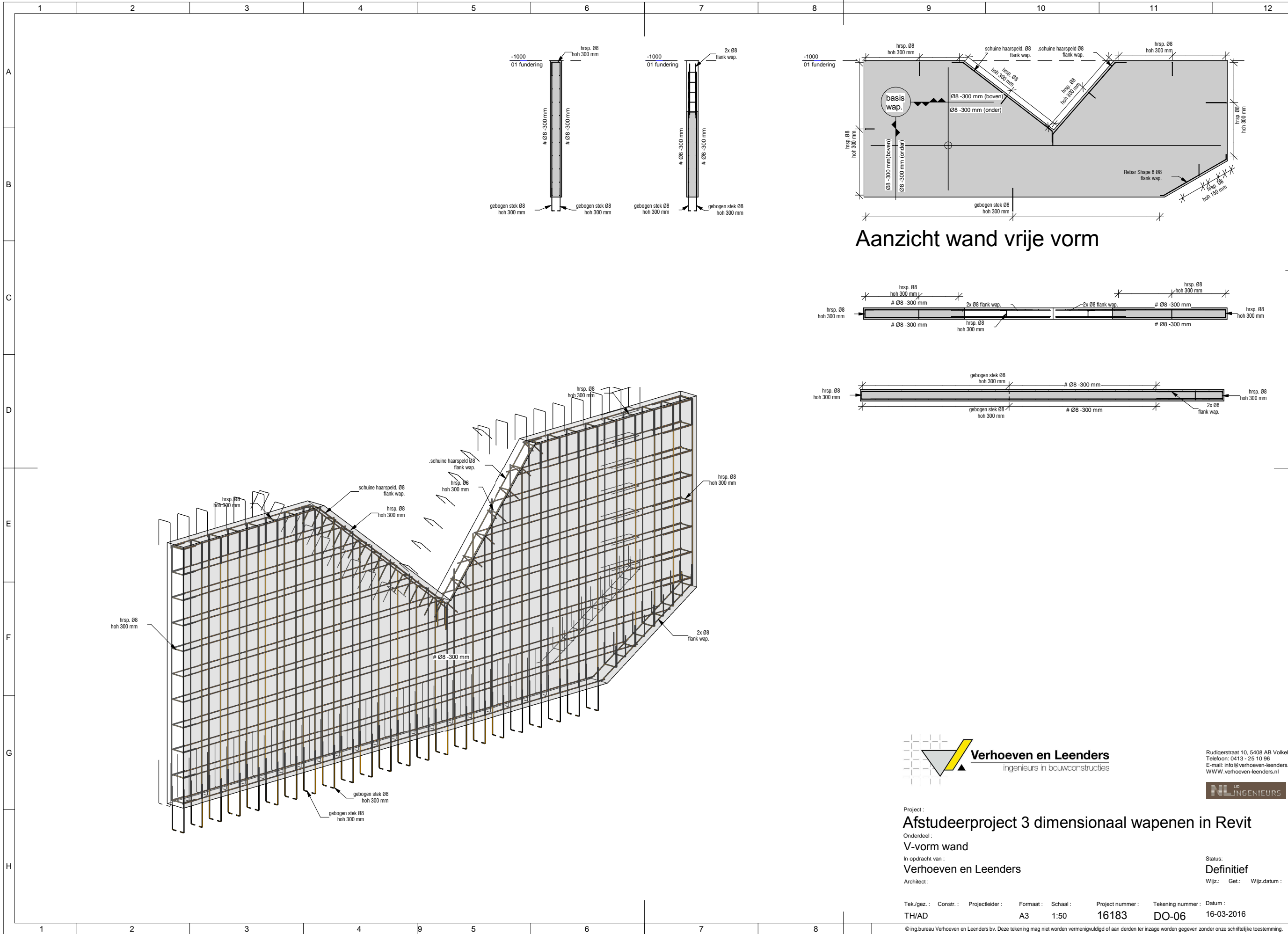
Tek./gez. :	Constr. :	Projectleider :	Formaat :	Schaal :	Project nummer :	Tekening nummer :	Datum :
TH/AH			A3	1:50/20	16183	DO-03	16-03-2016

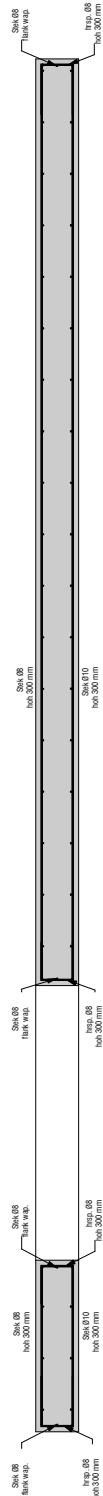
© ing.bureau Verhoeven en Leenders bv. Deze tekening mag niet worden vermenigvuldigd of aan derden ter inzage worden gegeven zonder onze schriftelijke toestemming.



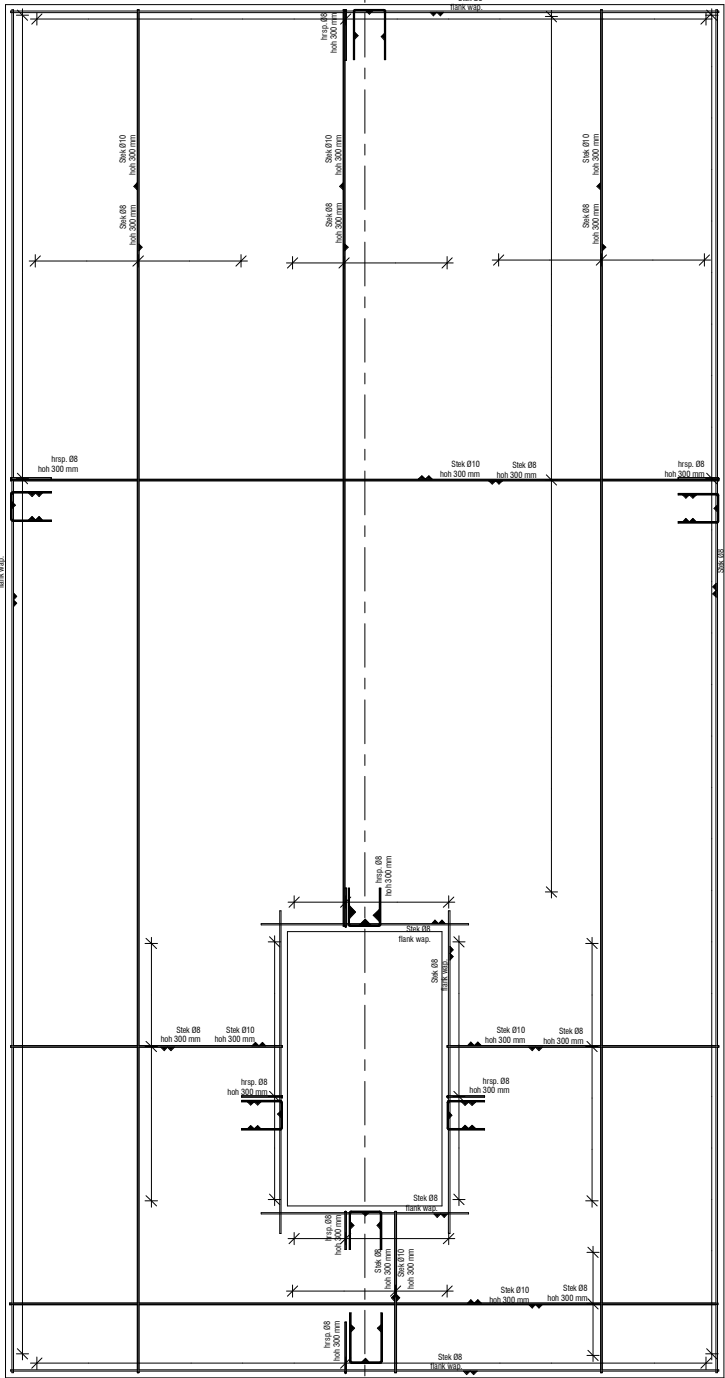




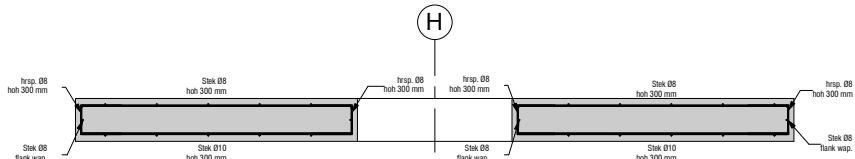




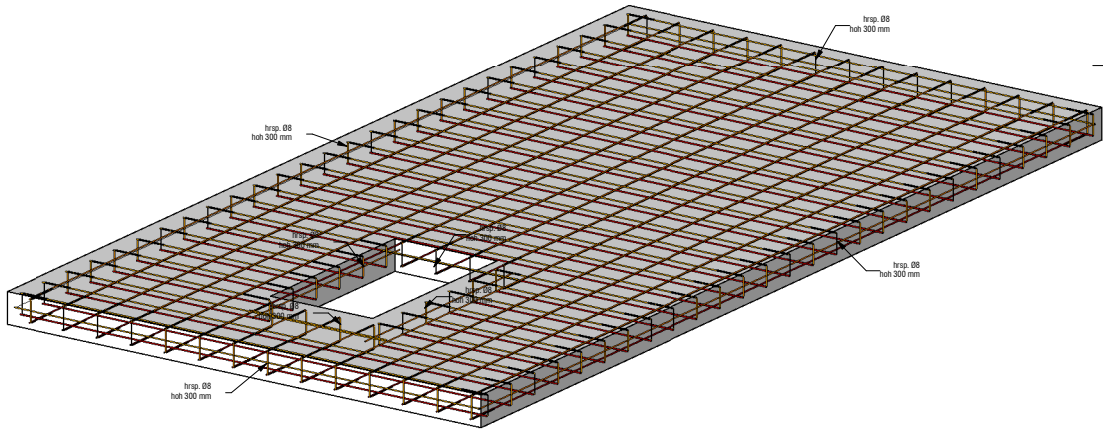
Aanzicht vloer



Gecurvede vloer met sprongen



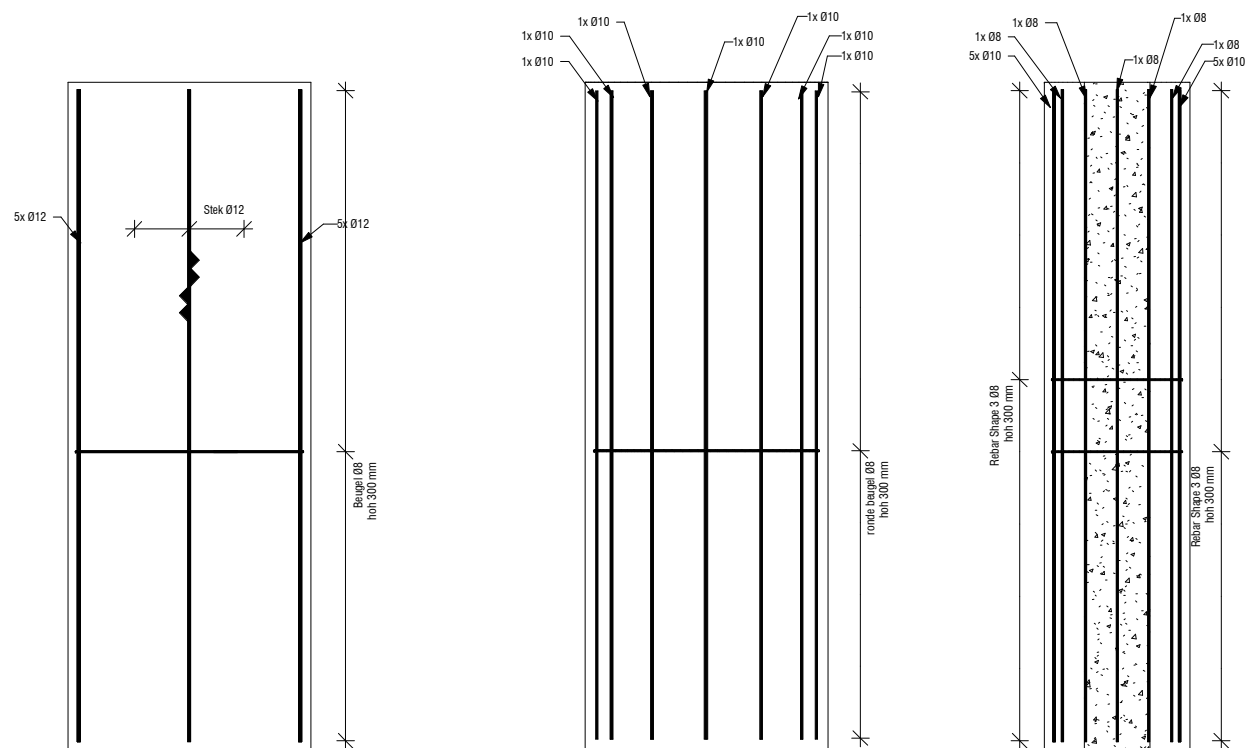
Doorsnede rechte vloer



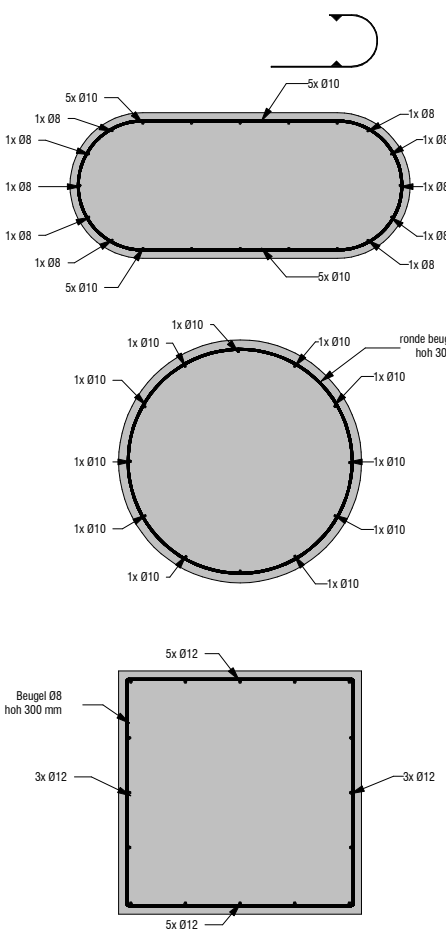
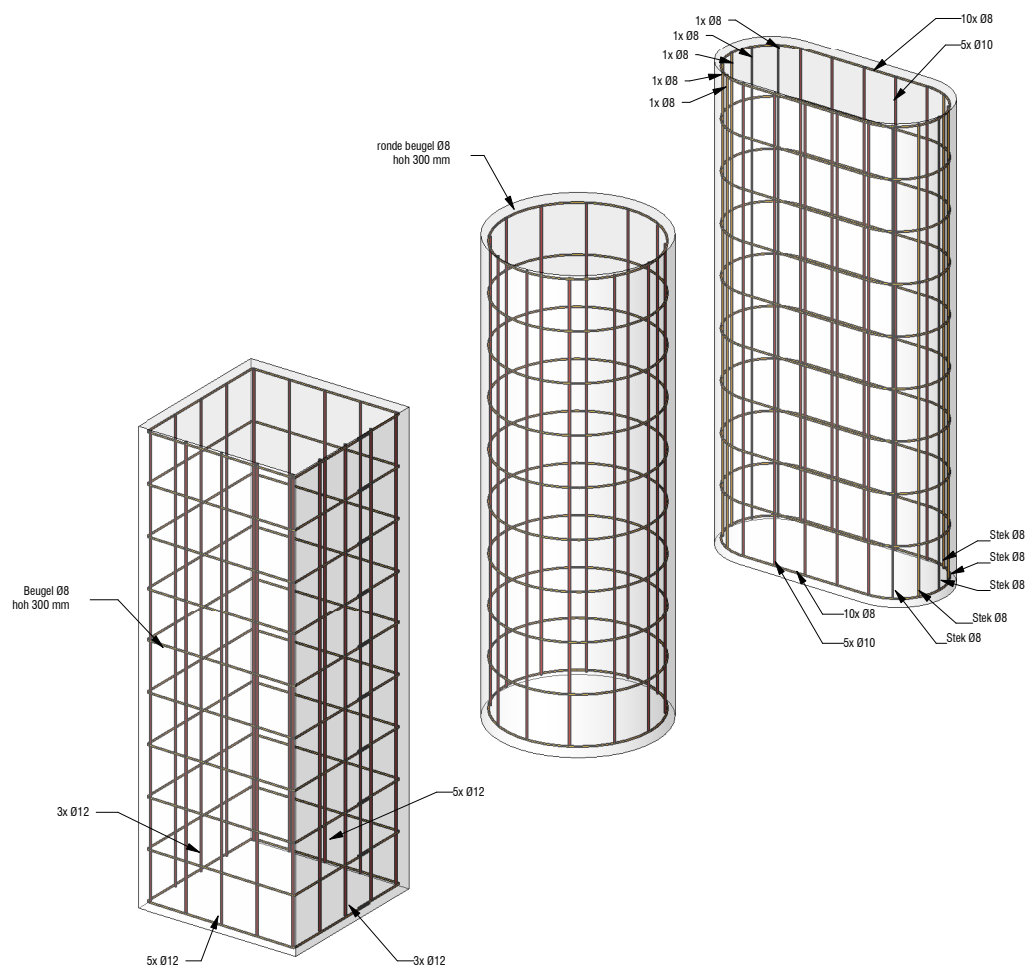
Project:  
Afstudeerproject 3 dimensionaal wapenen in Revit  
Onderdeel:  
Vloeren  
In opdracht van:  
Verhoeven en Leenders  
Architect:  
Rudigerstraat 10, 5408 AS Volkel  
Telefoon: 0413 - 25 10 96  
E-mail: info@verhoeven-leenders.nl  
WWW.verhoeven-leenders.nl  
NLINGENIEURS  
Status:  
Definitief  
Wijz.: Get.: Wijz.datum:

Tek.igz.: Constr.: Projectleider: Formaat: Schaal: Project nummer: Tekening nummer: Datum:  
TH/AD A1 1:20 16183 DO-07 16-03-2016

© Ing.bureau Verhoeven en Leenders bv. Deze tekening mag niet worden vermenigvuldigd of aan derden ter inzage worden gegeven zonder onze schriftelijke toestemming.



alle kolommen



Rudigerstraat 10, 5408 AB Volkel  
Telefoon: 0413 - 25 10 96  
E-mail: info@verhoeven-leenders.nl  
WWW.verhoeven-leenders.nl

Project :  
Afstudeerproject 3 dimensionaal wapenen in Revit  
Onderdeel :  
Kolommen  
In opdracht van :  
Verhoeven en Leenders  
Architect :  
Status:  
Definitief  
Wijz.: Get.: Wijz.datum :  
Tek./gez.: Constr.: Projectleider : Formaat : Schaal : Project nummer : Tekening nummer : Datum :  
TH/AD A2 1:20 16183 DO-08 16-03-2016  
© ing.bureau Verhoeven en Leenders bv. Deze tekening mag niet worden vermenigvuldigd of aan derden ter inzage worden gegeven zonder onze schriftelijke toestemming.

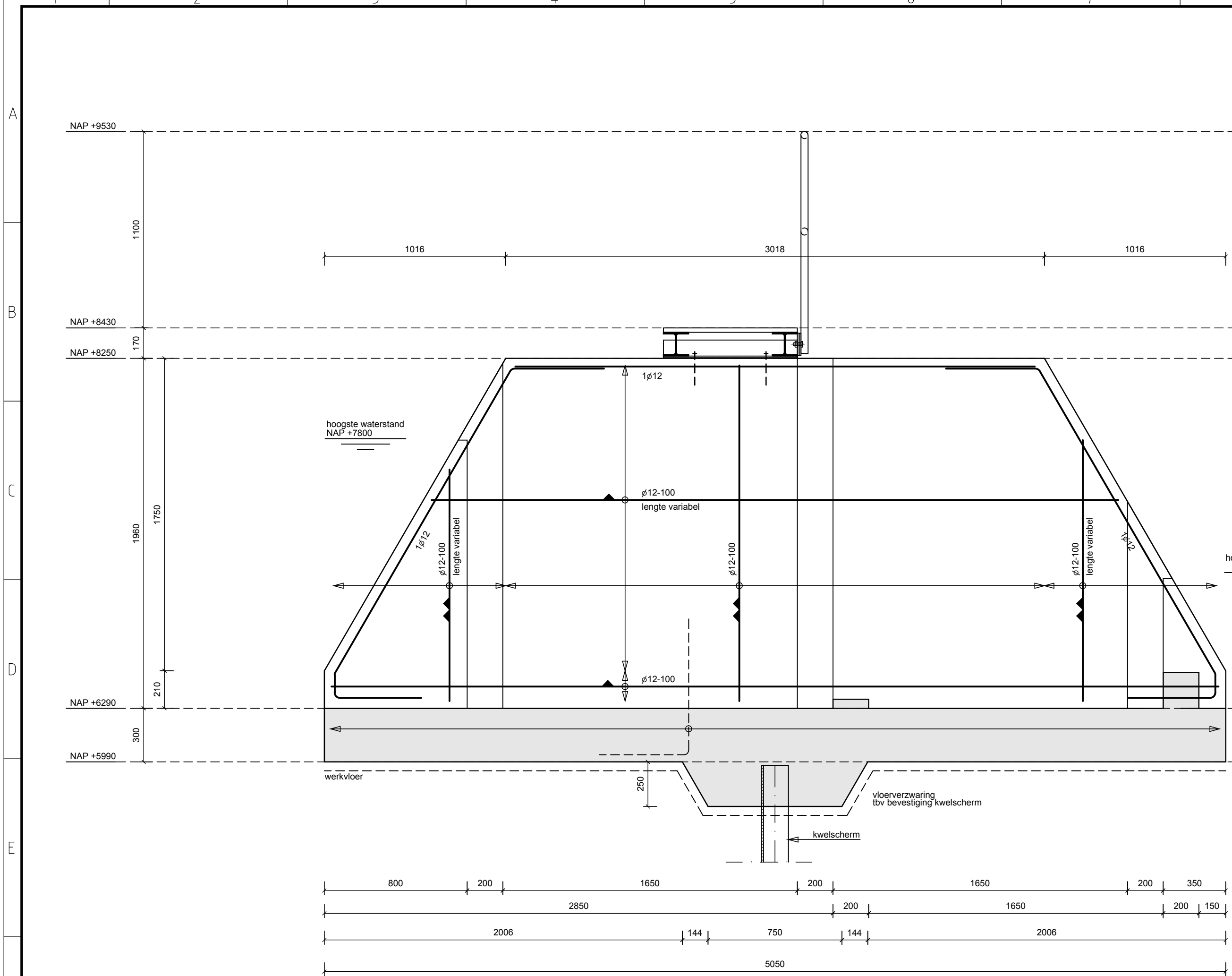


## **Bijlage VIII Wapeningstekening en buigstaat gedestilleerd** **uit proof of concept.**

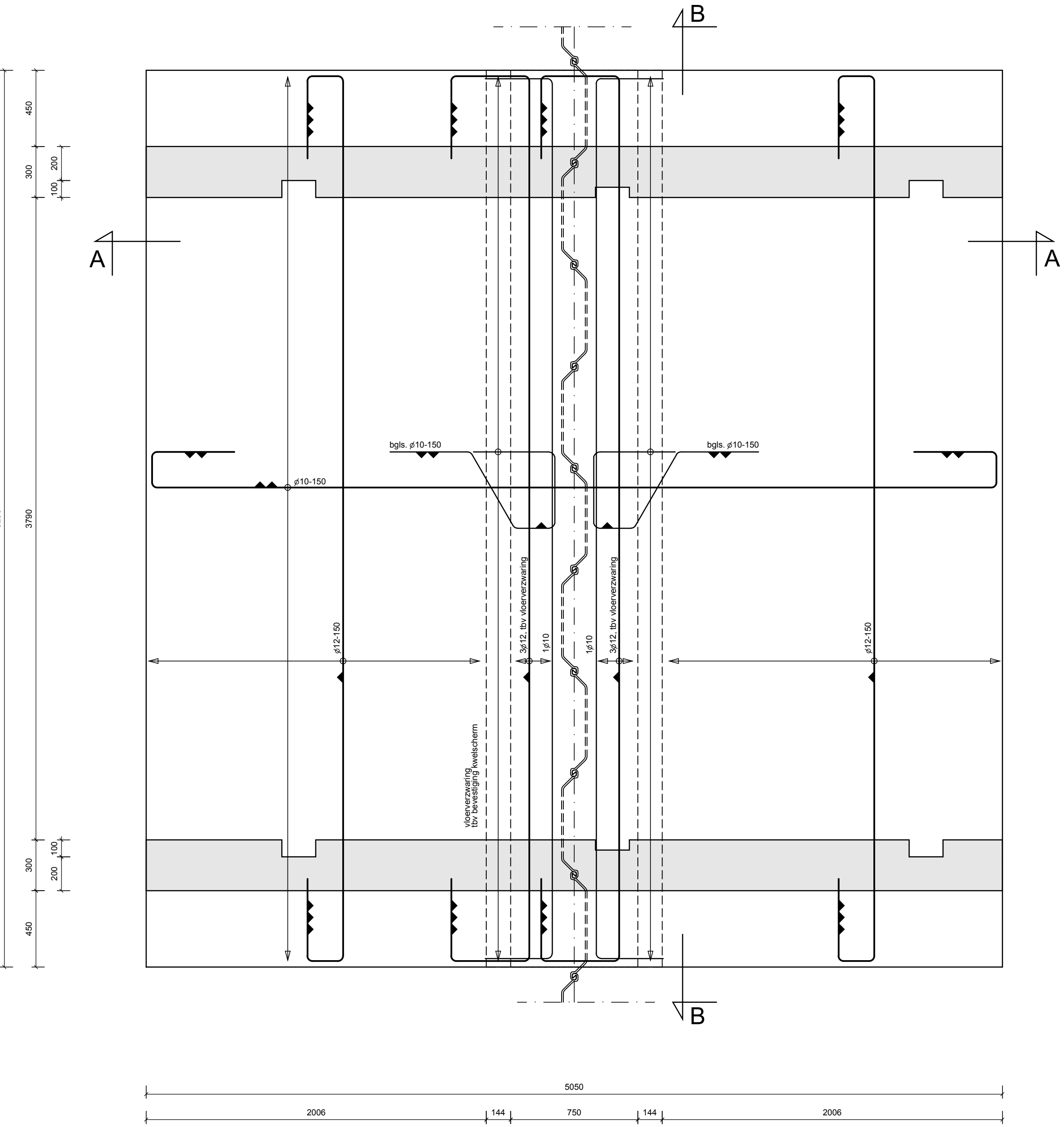
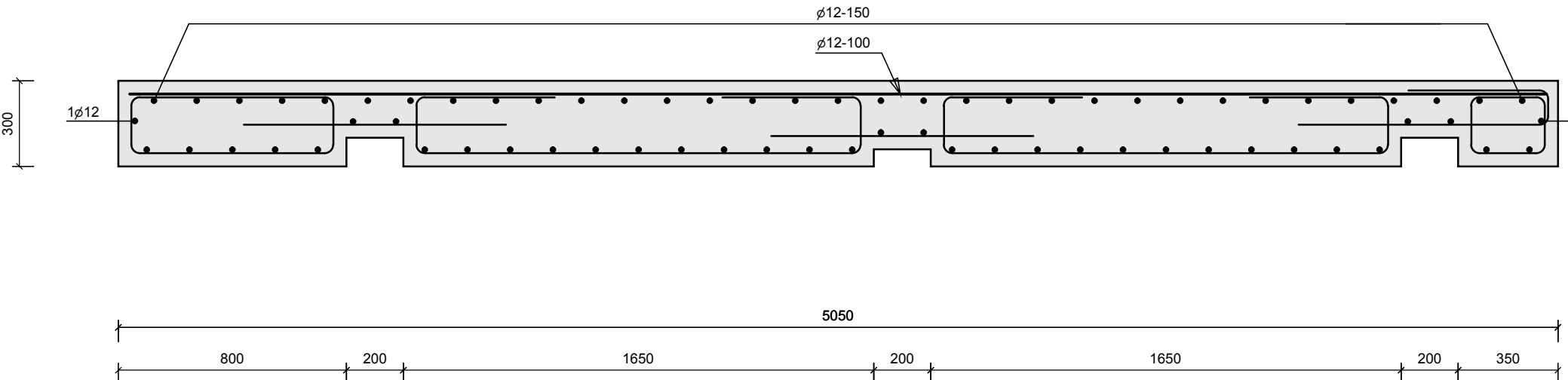
## **Inhoudsopgave**

Bijlage VIII Wapeningstekening en buigstaat gedestilleerd uit proof of concept.....	- 1 -
1. Traditionele wapeningstekening.....	- 3 -
2. wapeningstekeningen gedestilleerd uit het model .....	- 4 -
3. Buigstaat gecreëerd door Verhoeven en Leenders .....	- 5 -

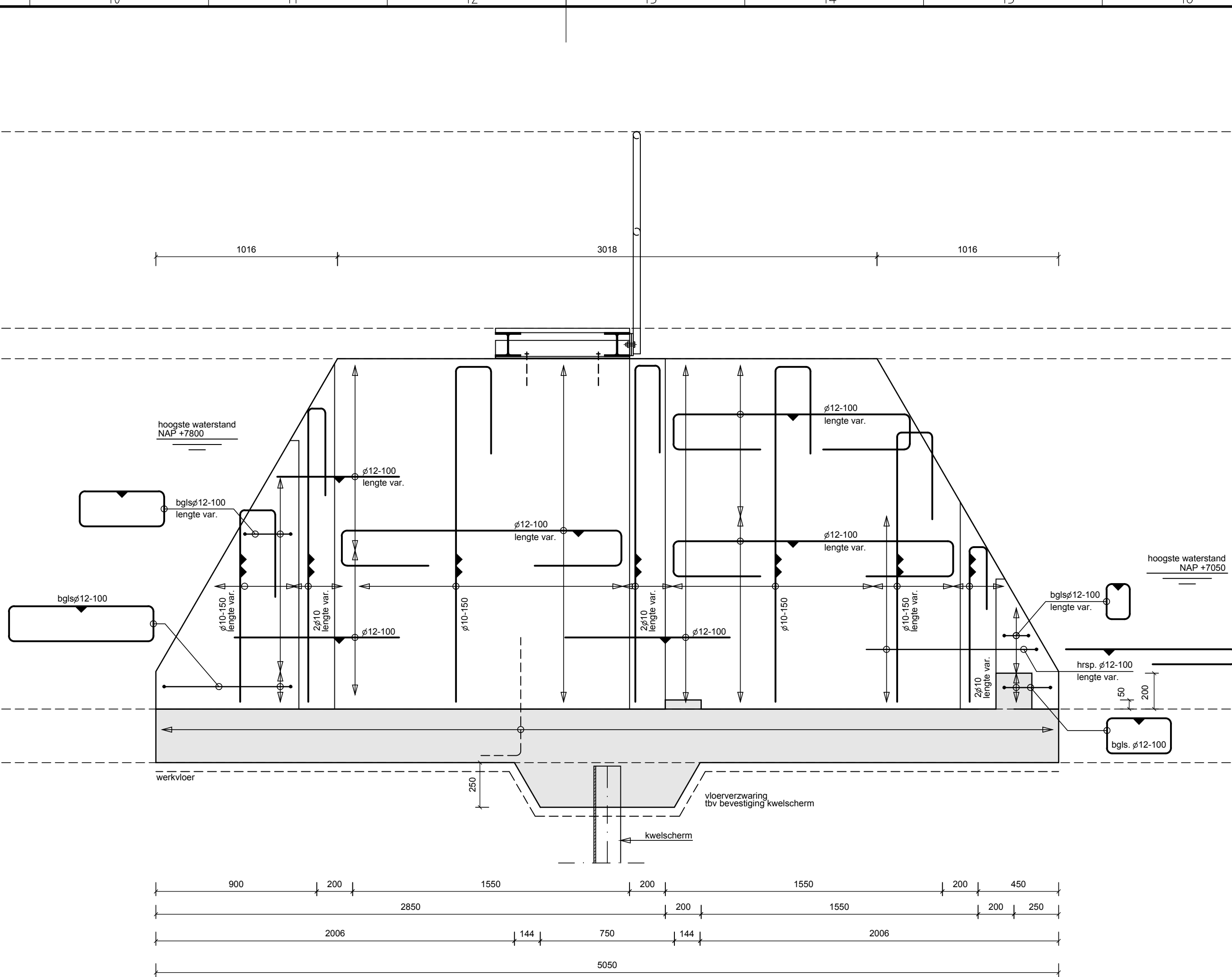
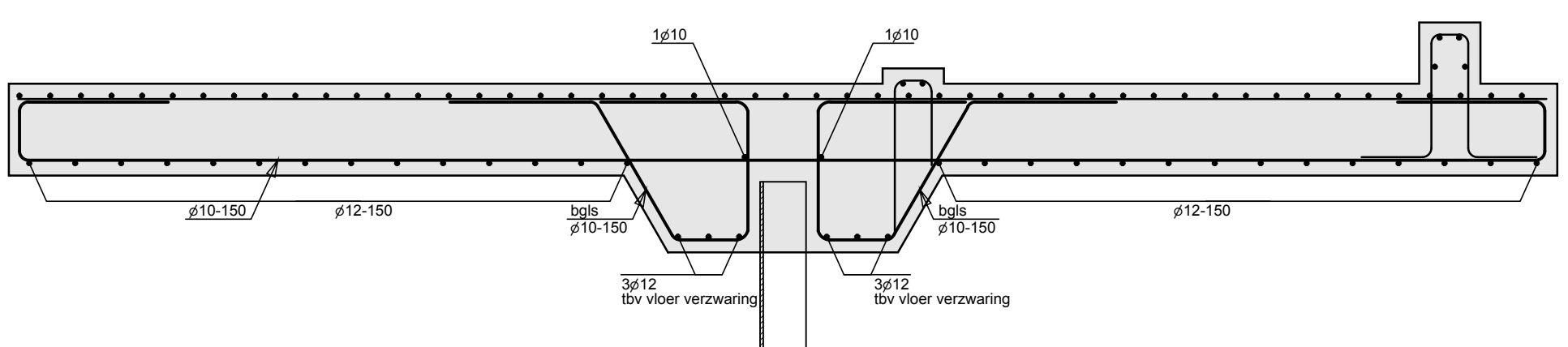
## **1. Traditionele wapeningstekening**



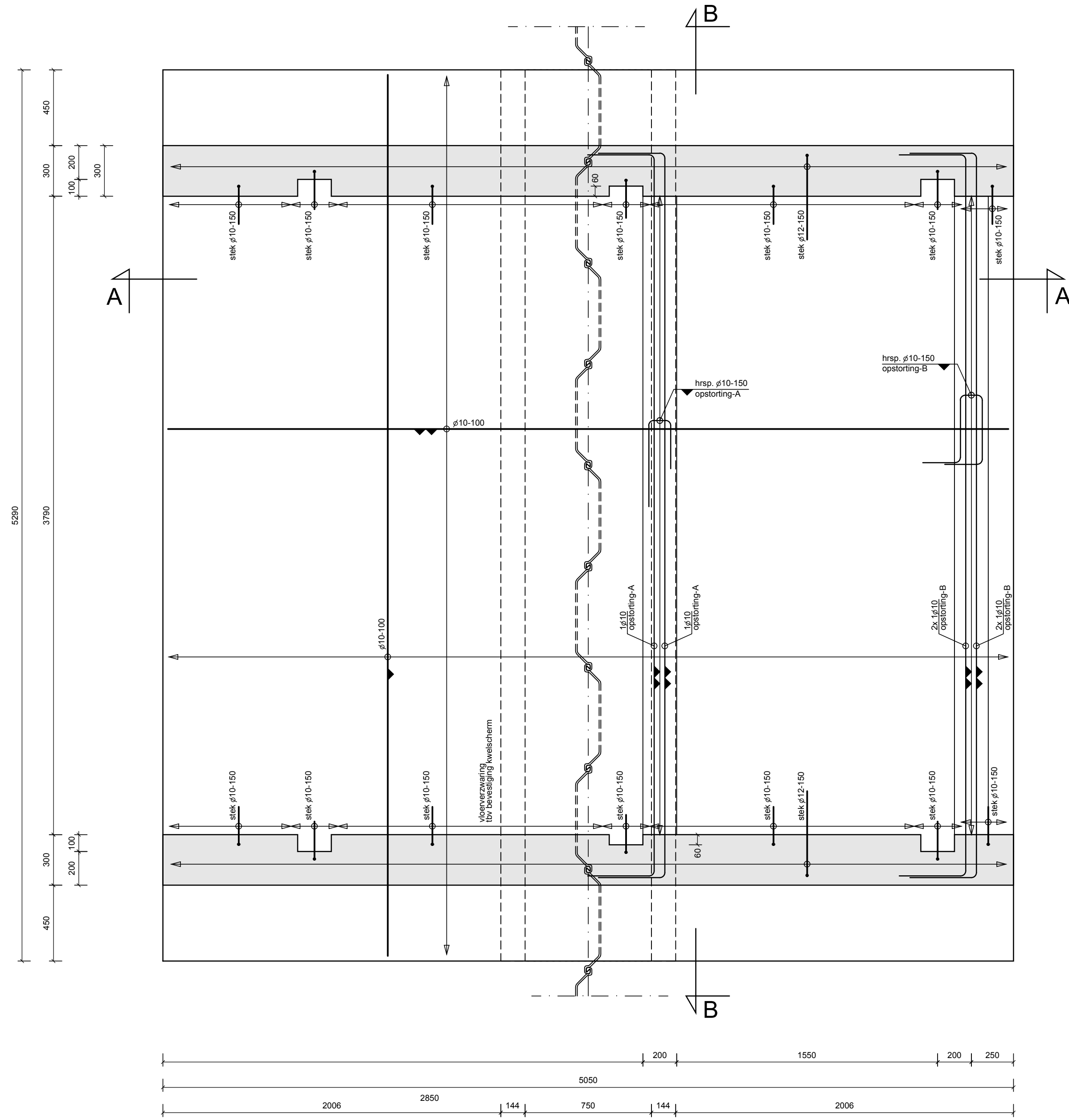
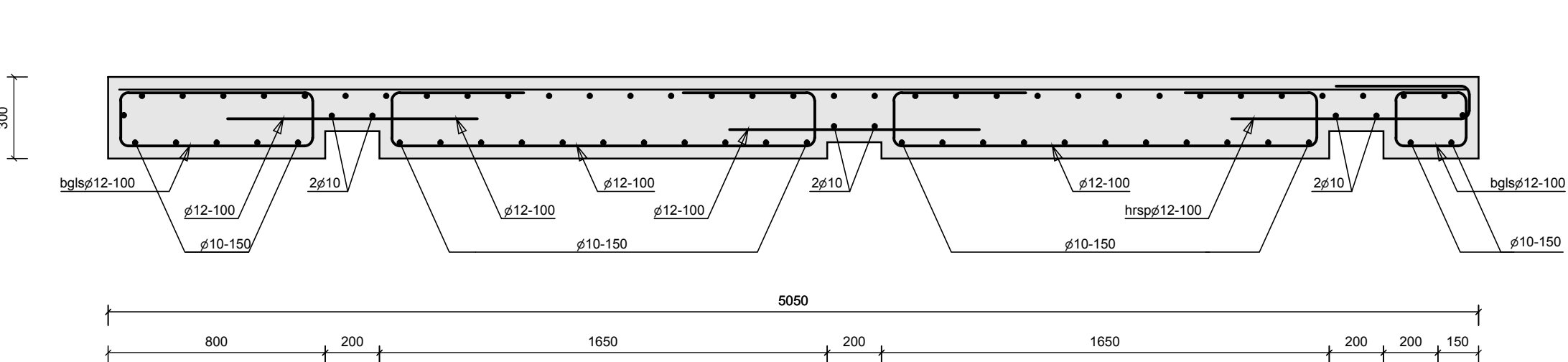
Aanzicht A-A - wapening buitenzijde wand  
(1x als getekend + 1x gespiegeld)



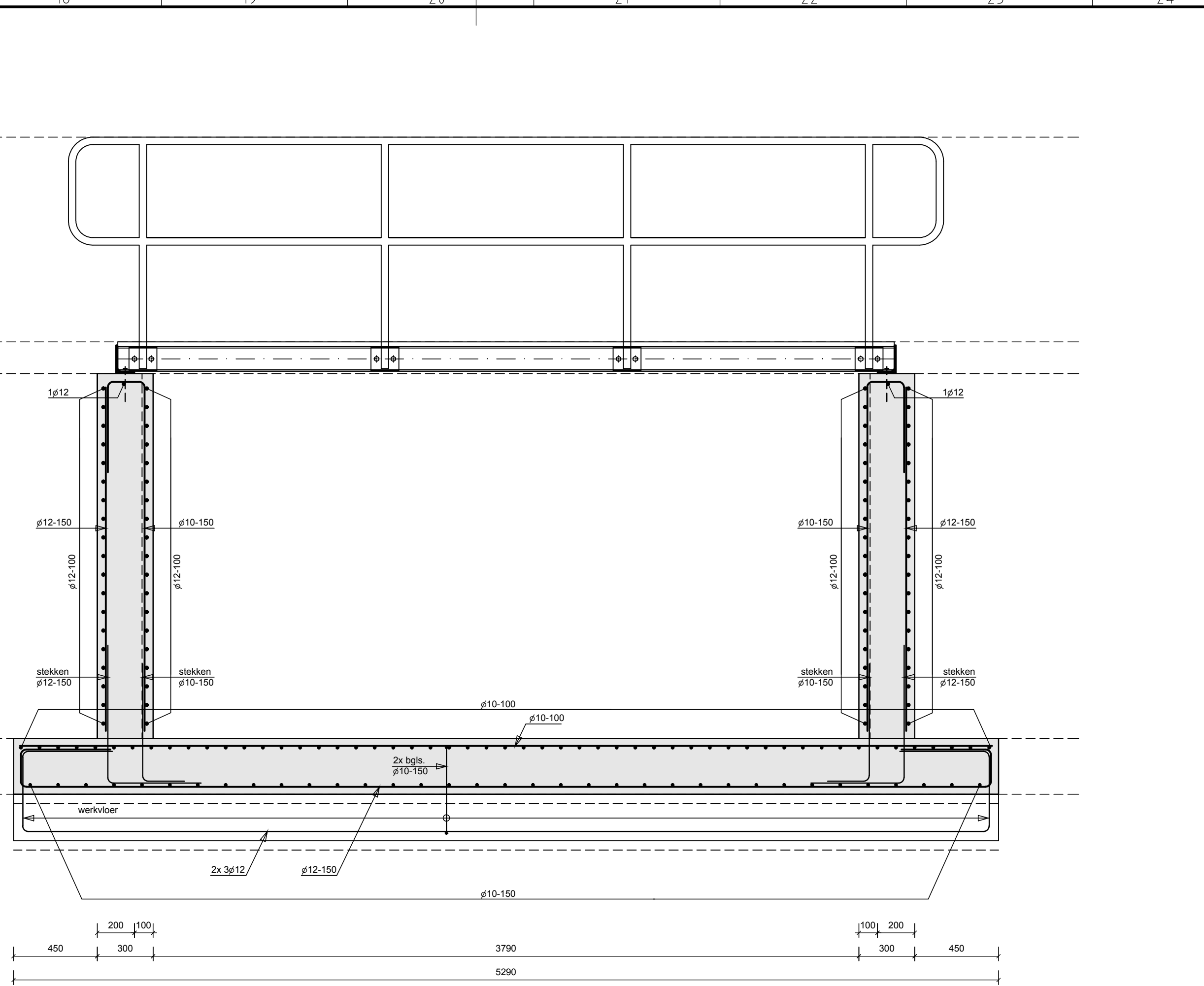
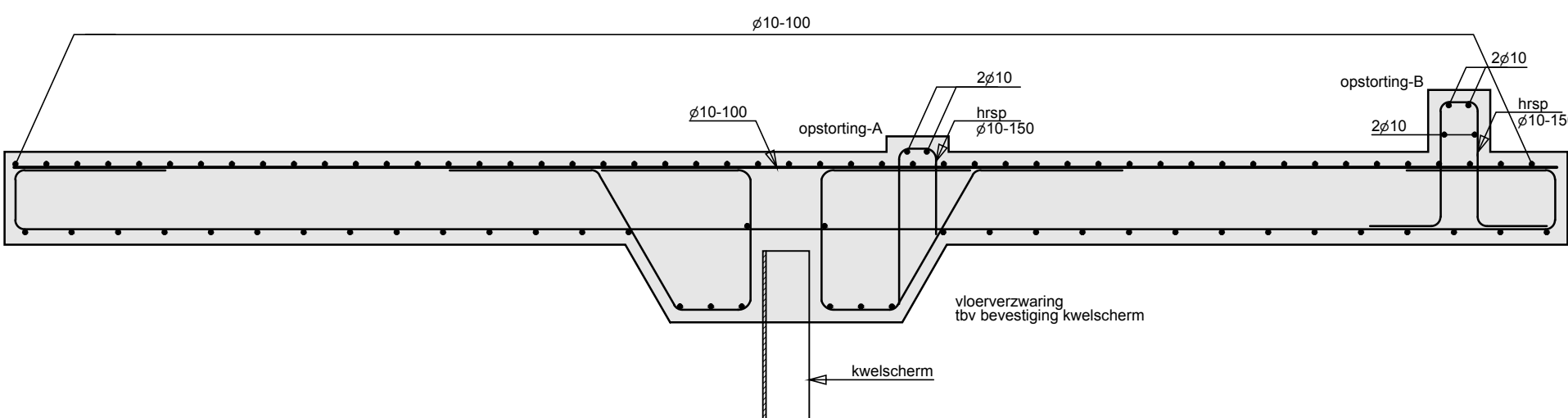
Onderwapening vloer + wapening vloerverzwarening



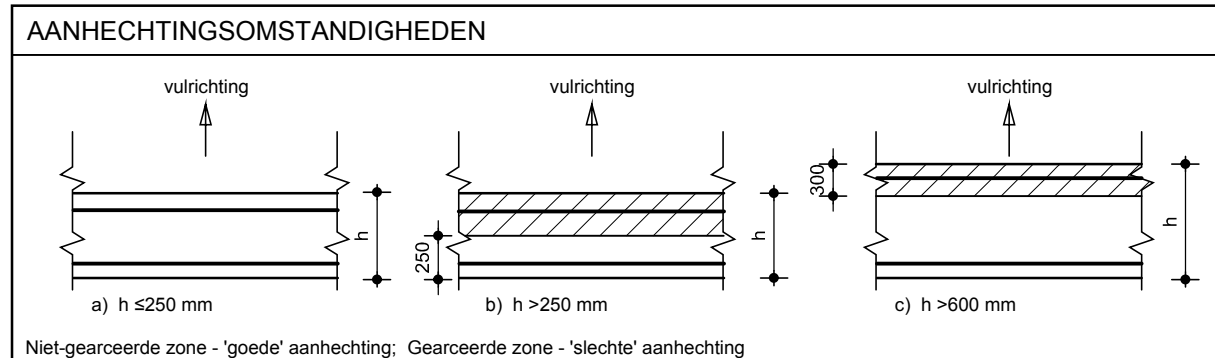
Aanzicht A-A - wapening binnenzijde wand  
(1x als getekend + 1x gespiegeld)



Bovenwapening vloer + wapening opstortingen



Aanzicht B-B



Overlappingslengten voor rechte staven in mm conform NEN-EN 1992-1-1+C2:2011NB																Beton C30/37	
Dekking op staaf met 'goede' aanhechting in mm									Dekking op staaf met 'vlechter' aanhechting in mm								
Øs	Øb	Ø10	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25	Ø32	Ø40	Øs	Øb	Ø10	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25	Ø32	Ø40
15	300	175	200	250	300	350	400	450	15	300	175	200	250	300	350	400	450
20	300	175	200	250	300	350	400	450	20	325	180	205	255	310	360	410	460
25	300	175	200	250	300	350	400	450	25	325	180	205	255	310	360	410	460
30	300	175	200	250	300	350	400	450	30	325	180	205	255	310	360	410	460
35	300	175	200	250	300	350	400	450	35	325	180	205	255	310	360	410	460
40	300	175	200	250	300	350	400	450	40	325	180	205	255	310	360	410	460
45	300	175	200	250	300	350	400	450	45	325	180	205	255	310	360	410	460
50	300	175	200	250	300	350	400	450	50	325	180	205	255	310	360	410	460
55	300	175	200	250	300	350	400	450	55	325	180	205	255	310	360	410	460
60	300	175	200	250	300	350	400	450	60	325	180	205	255	310	360	410	460

BETONDEKING OP BUITENSTE BEWAPENING			
Kolom	Balk	Balk in vloer	Wand
Boven	Boven	Boven	Boven
Order	Order	Order	Order

ALGEMENE RICHTLIJN VOOR HET UITVOEREN VAN GRONDVERBETERING

- ALGEMENE RICHTLIJN VOOR HET UITVOEREN VAN GRONDVERBETERING
- Het toe te passen materiaal voor de grondverbetering moet matig grof zand zijn, en mag niet meer dan 5 gronddeeltjes kleiner zijn.
  - De grondwaterstand mag in het algemeen niet hoger zijn dan 500 mm onder het te verdichten oppervlak.
  - De verdichting moet laagsgewijs worden aangebracht, waarbij de laagdikte maximaal 300 mm mag bedragen.
  - De verdichting dient overal te komen, met uitzondering van de opvoering van de opvoering van de verdichting.

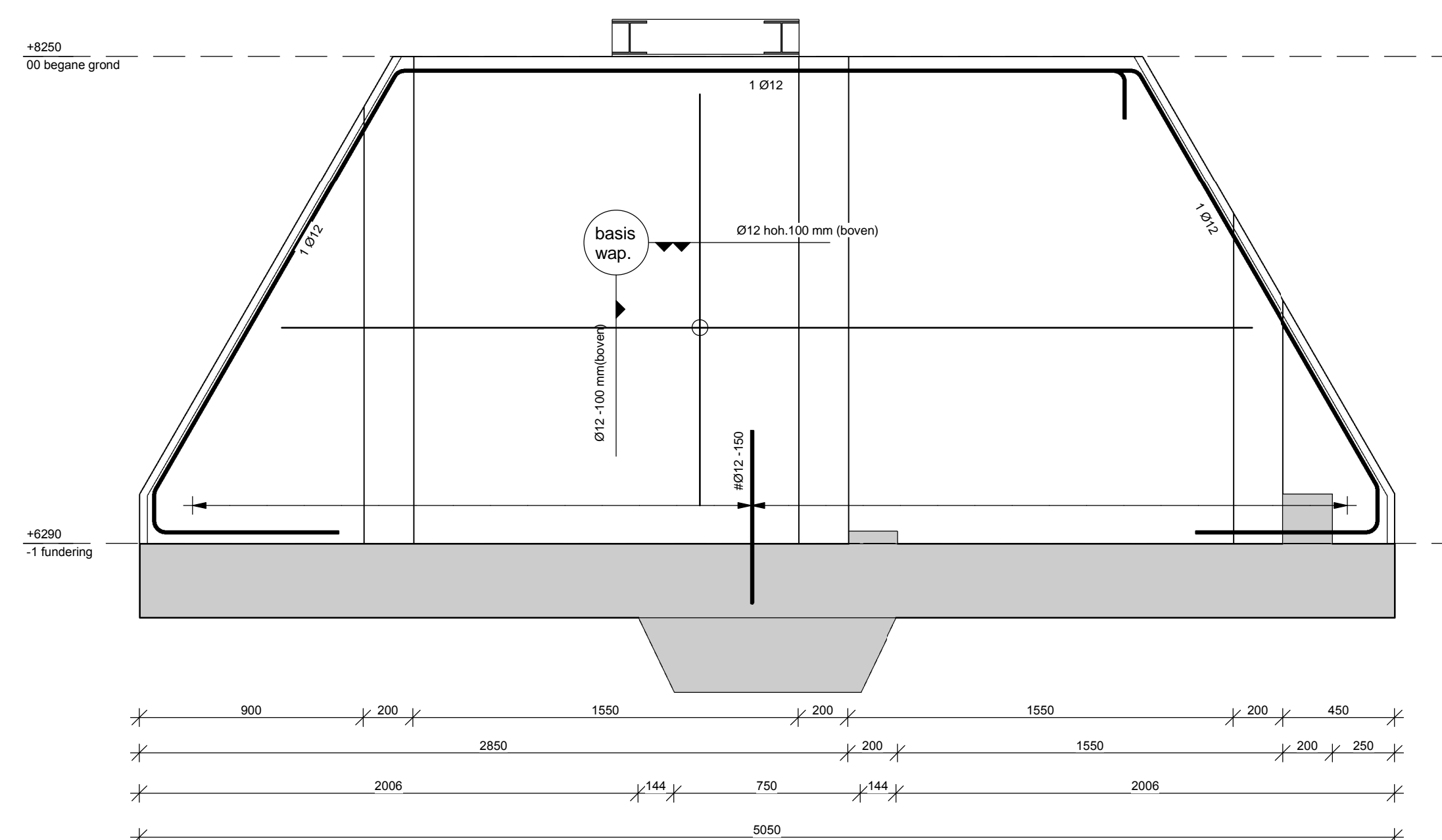
BETON			
Onderdeel	Betonkwaliteit	Milieuklasse	Staalkwaliteit
Vloer	C30/37	XCA, XFA, XAT	B500B
Wanden	C30/37	XCA, XFA, XAT	B500B
Betonarmstelling op basis van CEM III B, t.a.v.			
Betonarmstelling te bepalen door betontechnologie / betonleverancier volgens NEN-EN 206-1 / 197-1			
E.a. gebaseerd op de toepassende milieuklasse			



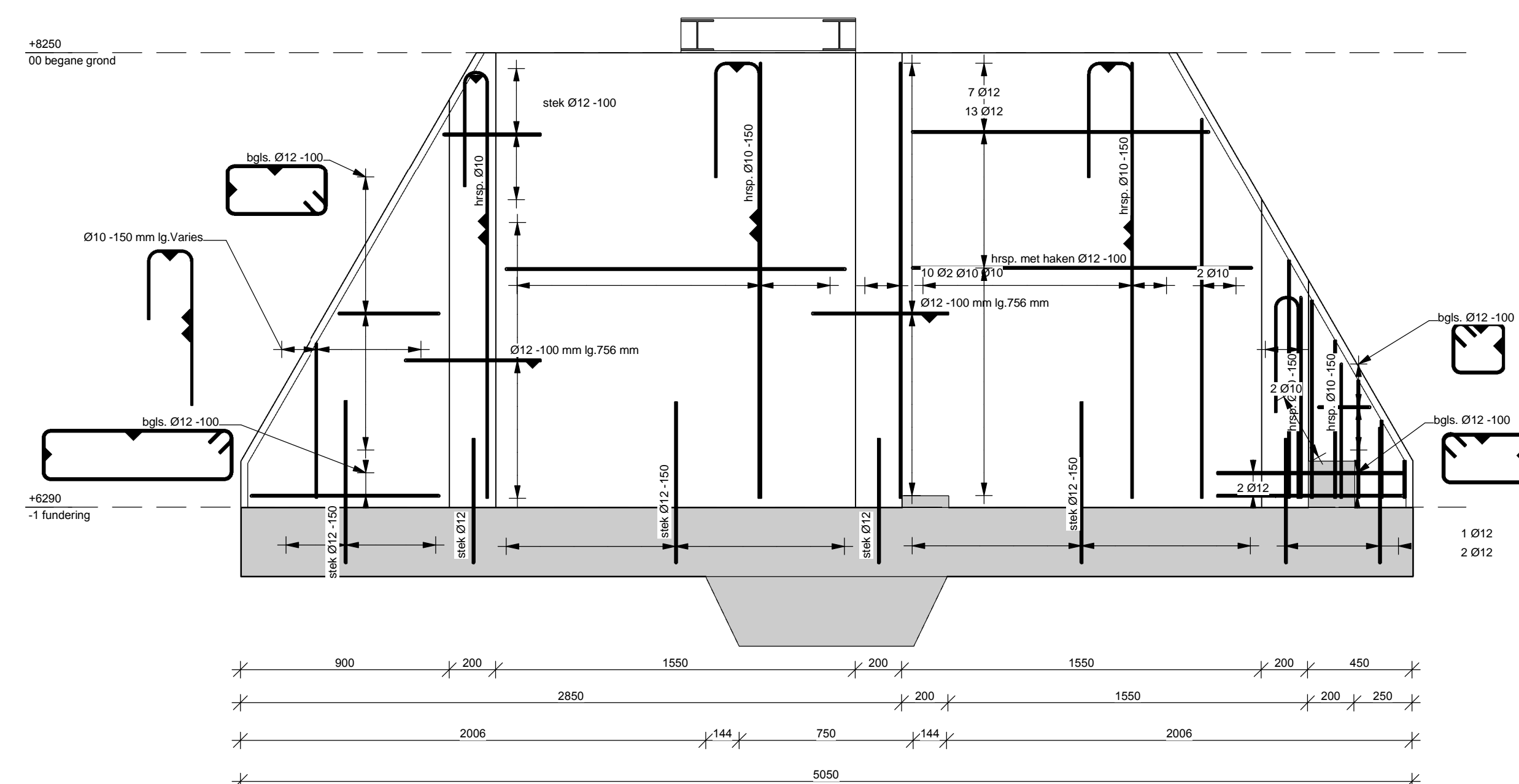
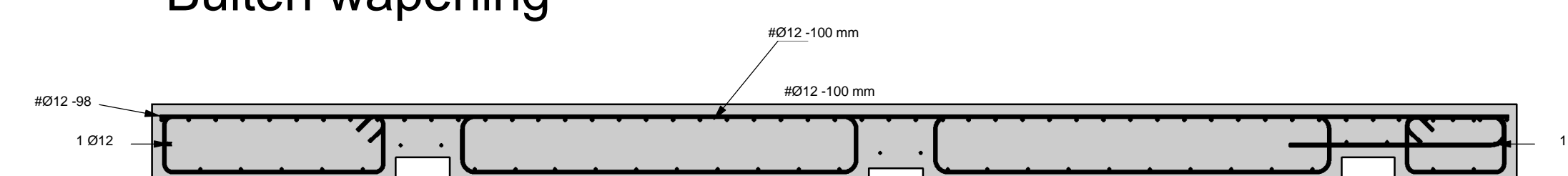
Project: Zandkanse Leij te Udenhout  
Onderdeel: Wapeningstekening tbv stuw B2  
Van boekel  
Architect: B LV 16-02-2017  
Status: Definitief  
Wijz. Get. Wjz. datum: B LV 16-02-2017  
Datum: 16-02-2017

## **2. wapeningstekeningen gedestilleerd uit het model**

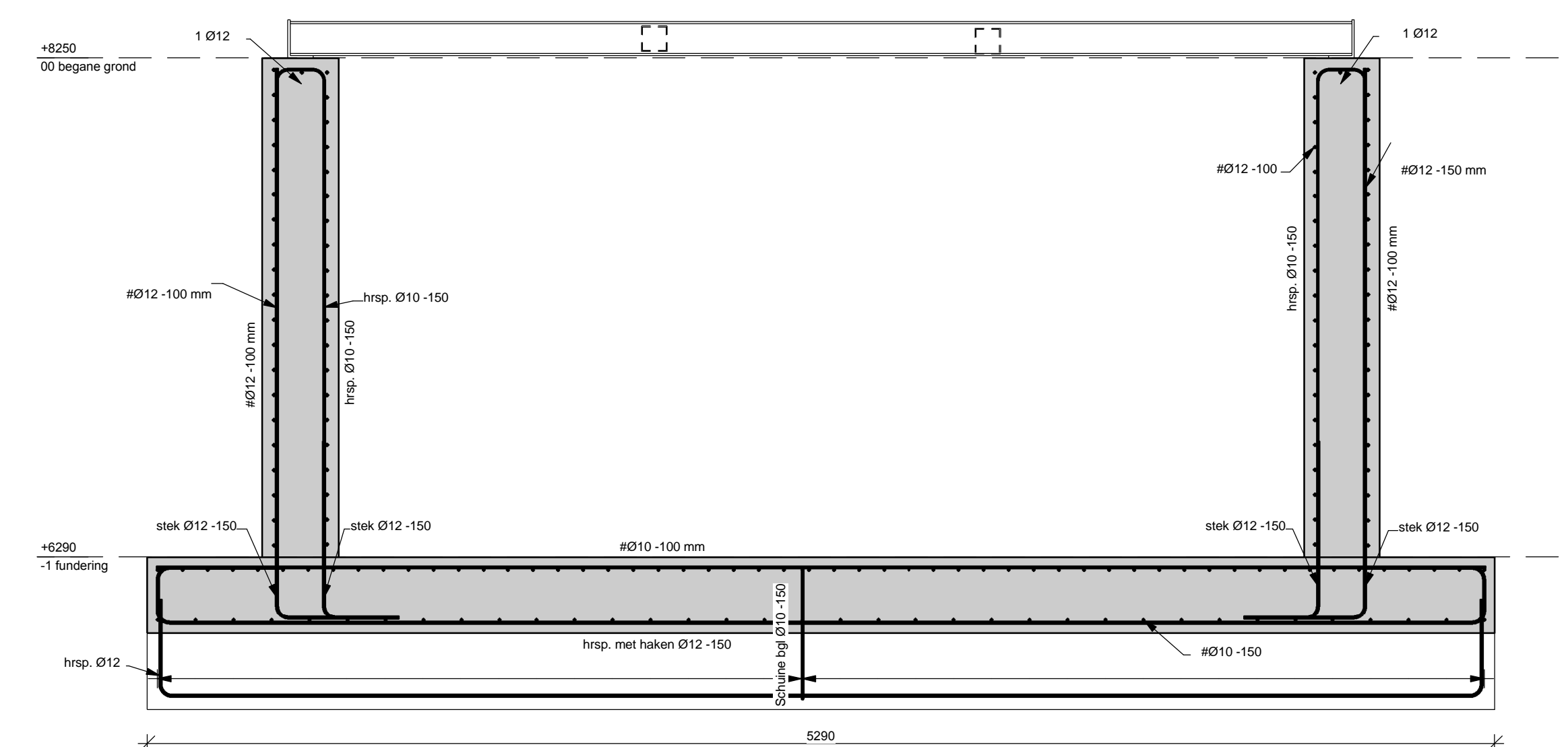
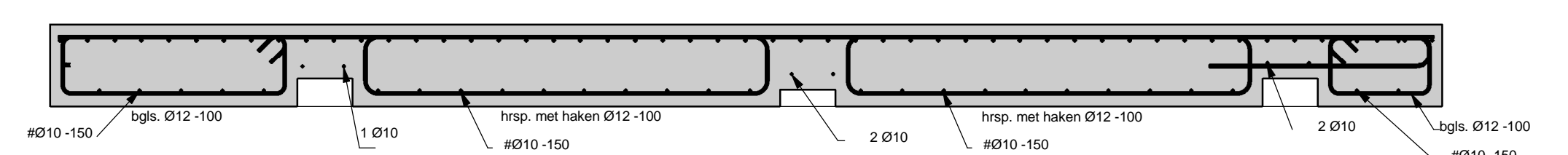




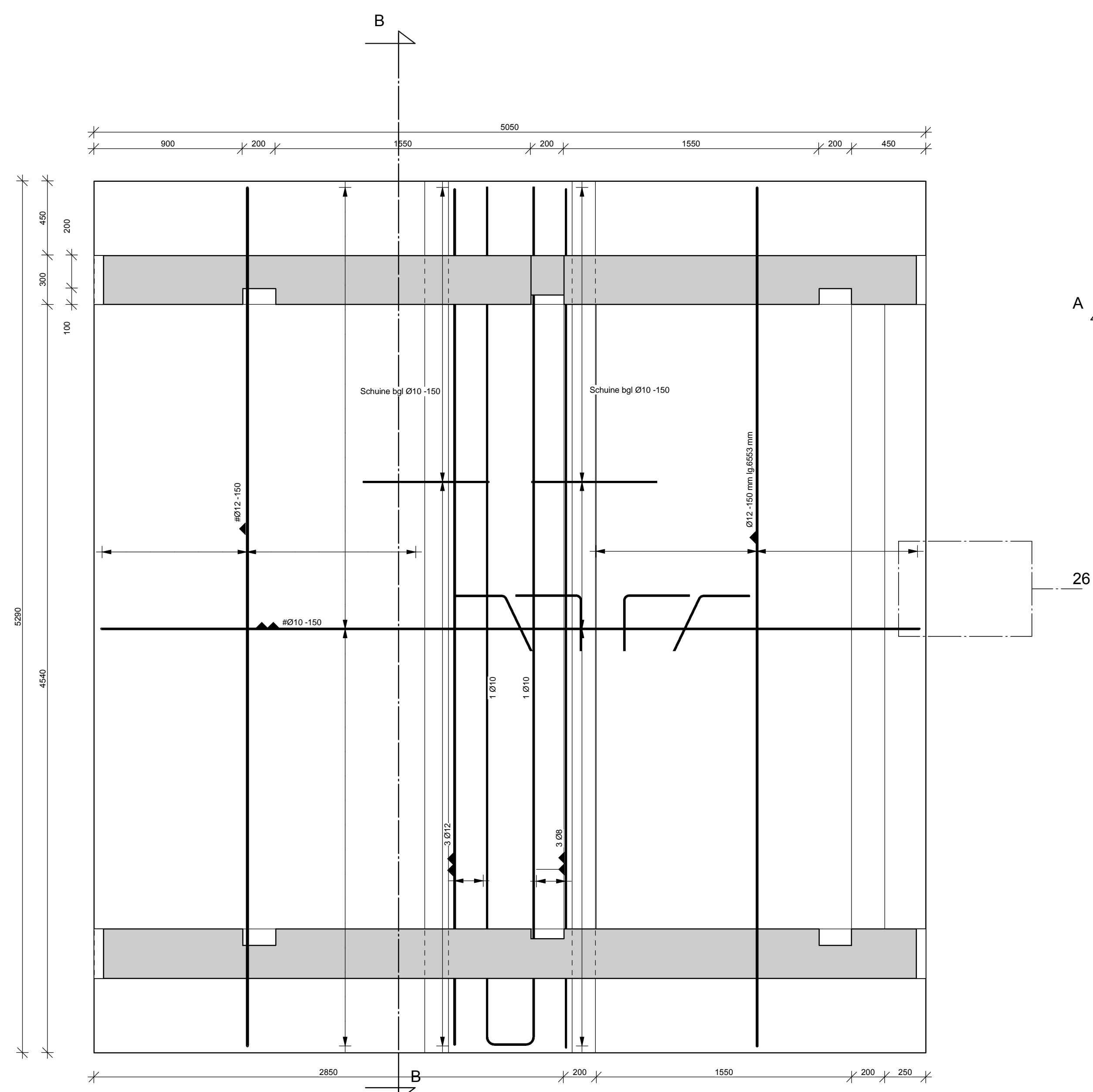
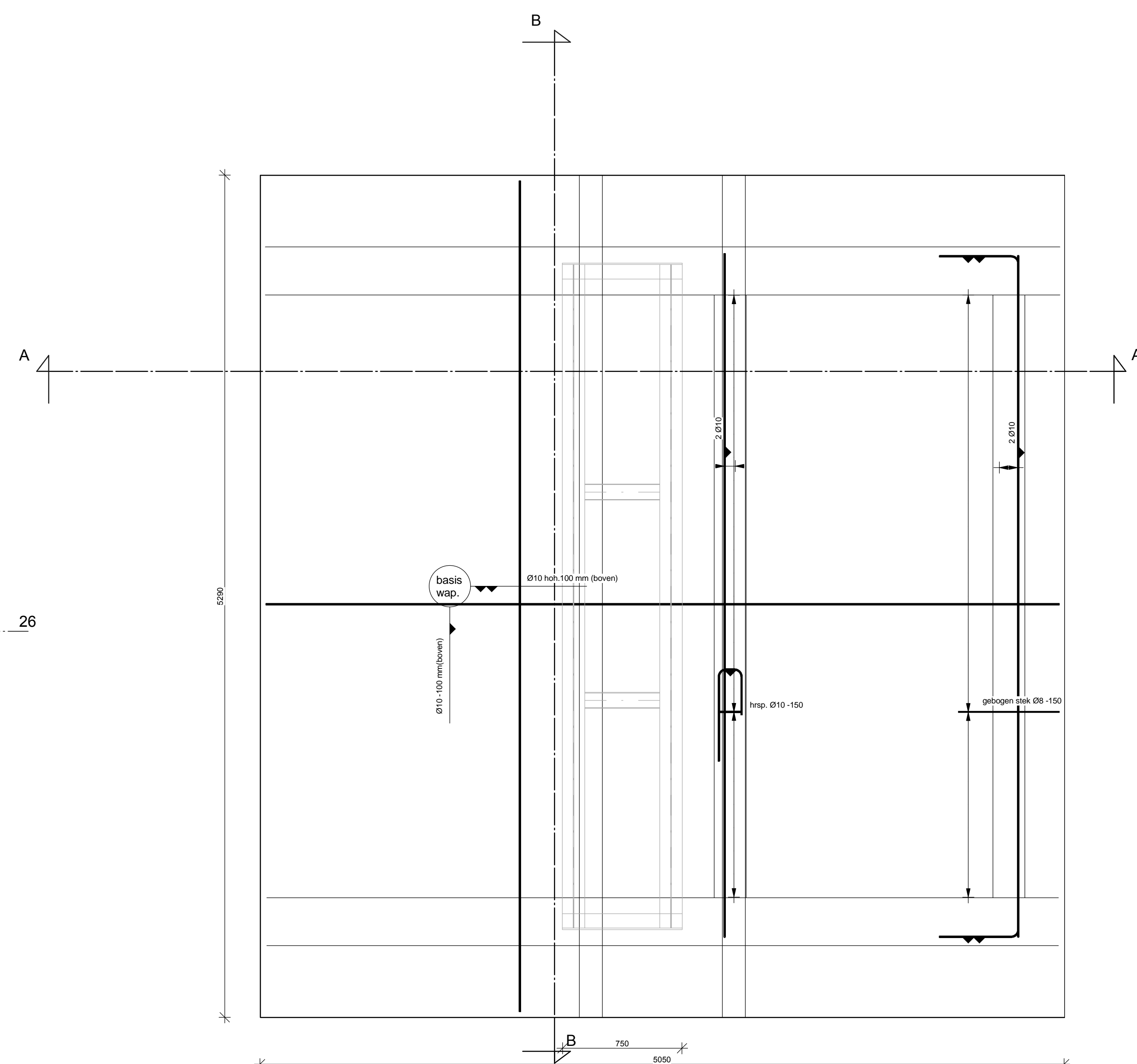
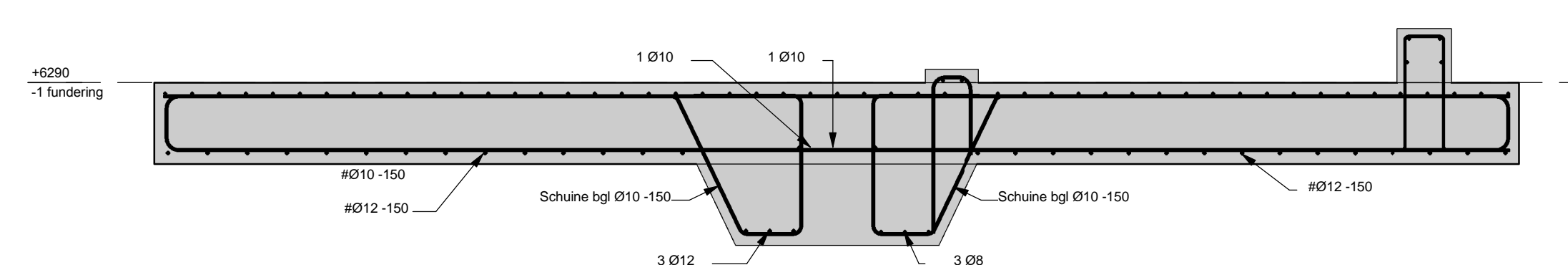
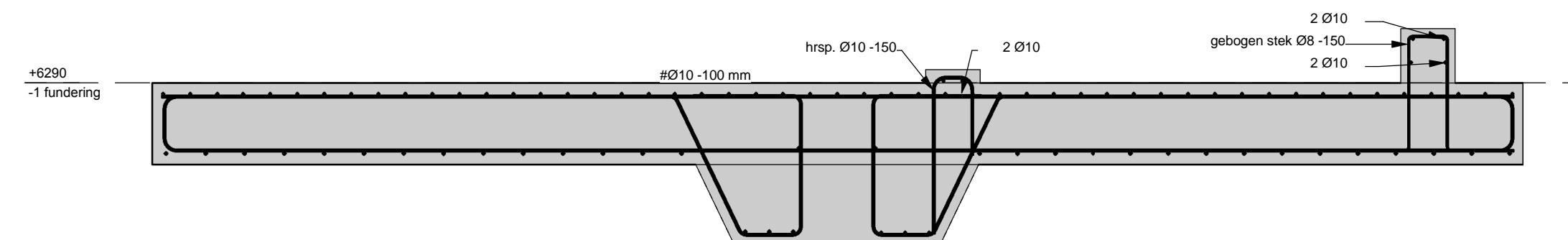
Buiten wapening



## Binnenwapening



Doorsnede B-B

Plattegrond  
NAP + 6490Platttegrond  
NAP + 8400

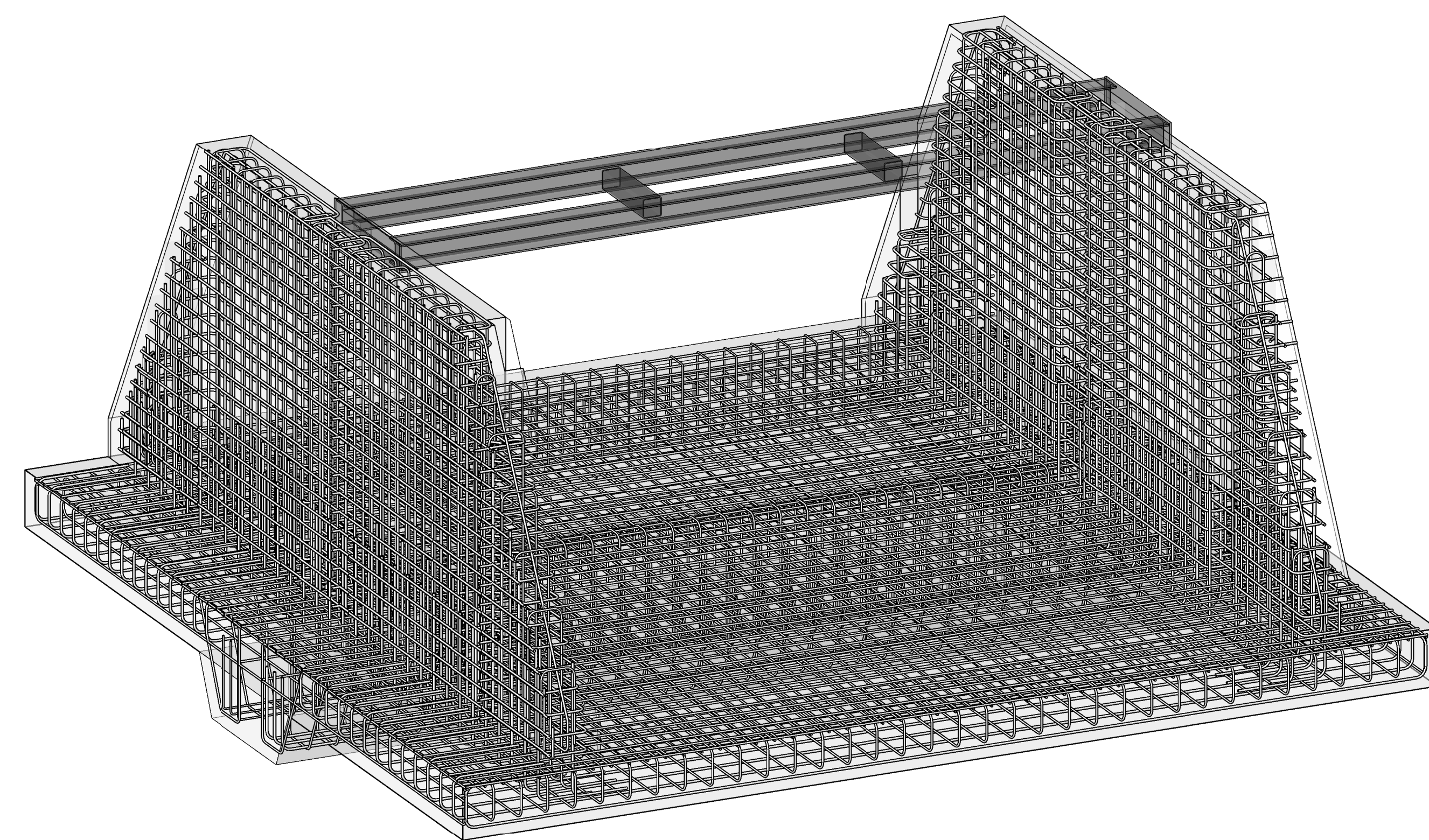
Wanden Overzicht				
Type	Material	Milieuklasse	Aantal	
beton_om_geslot_200mm	CONCRETE/C20/25	XCA, XH4, XA1	4	
beton_om_geslot_240mm	CONCRETE/C20/25	XCA, XH4, XA1	2	
beton_om_geslot_300mm	CONCRETE/C20/25	XCA, XH4, XA1	8	

betonbalken overzicht				
Type	Material	Milieuklasse	Aantal	
25_VL_beton-balk	CONCRETE/C20/25	XCA, XA1	2	
schuine balk	CONCRETE/C20/25	XCA, XA1	1	

Vloeren Overzicht				
w	Material	Milieuklasse	Aantal	
beton_om_300mm	CONCRETE/C20/25	XCA2	1	



Voor overige opmerkingen zie:



Rudigerstraat 10, 5408 AB Volkel  
Telefoon: 0413 - 25 10 96  
E-mail: info@verhoeven-leenders.  
WWW.verhoeven-leenders.nl

**NL** VO **INGENIEURS**

Project : **Zandkanse leij te Udenhout**  
Onderdeel :

Wapeningstekening tov sluwzb				Status:	
In opdracht van:				Voorlopig	
Van boekel				Wjz: Get: Wjz.datum	
Architect:					
Architect?					
Tek. tje:	Const:	Projectleider:	Formaat:	Schaal:	Project nummer:
TH			A0	1:20	16252
					UO_WT_W_01

© Koninklijke Verhoeven en Leenders bv. Deze tekening mag niet worden verspreid of aan derden ter inzage worden gegeven zonder onze schriftelijke toestemming.

### **3. Buigstaat gecreëerd door Verhoeven en Leenders**

# BUIGSTAAT MET BUIGVORMEN

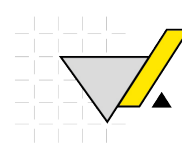
Project Viaduct KW04 - N18 Groenlo - Enschede  
 Onderdeel Landhoofd noord - funderingsbalk + opstortingen  
 Datum 31.03.2017  
 Tijd 12:24:52



Positie nr.	Diameter	Aantal	Kwaliteit	Lengte	Gewicht per stuk	Gewicht	Buigvorm
4	16	12	B500B	8220	12.99	155.9	
65	20	19	B500B	8220	20.30	385.8	
66	20	19	B500B	8220	20.30	385.8	
90	12	45	B500B	1000	0.89	40.0	
111	12	3	B500B	1700	1.51	4.5	
119	12	8	B500B	1650	1.47	11.7	
145	12	8	B500B	1600	1.42	11.4	
208	12	3	B500B	1800	1.60	4.8	
5	16	12	B500B	3140	4.96	59.5	
17	16	67	B500B	3800	6.00	402.0	
18	16	12	B500B	2120	3.35	40.2	
19	16	12	B500B	2280	3.60	43.2	
20	16	25	B500B	4650	7.35	183.6	
21	16	18	B500B	5200	8.22	147.8	
43	25	34	B500B	4860	18.71	635.6	
44	25	4	B500B	840	3.23	12.9	

Project  
Onderdeel  
Datum  
Tijd

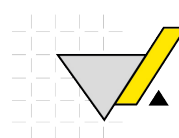
Viaduct KW04 - N18 Groenlo - Enschede  
Landhoofd noord - funderingsbalk + opstortingen  
31.03.2017  
12:24:52

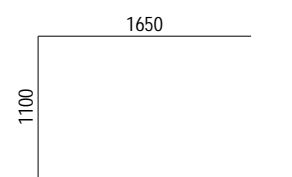
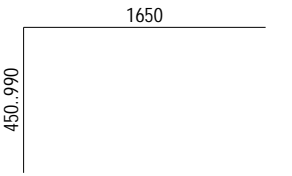
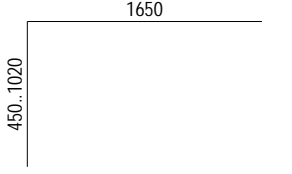
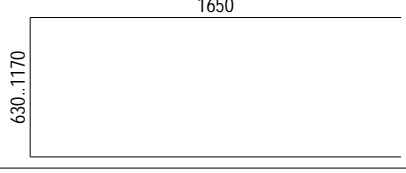
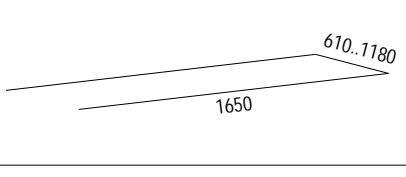


**Verhoeven en Leenders**  
ingenieurs in bouwconstructies

Positie nr.	Diameter	Aantal	Kwaliteit	Lengte	Gewicht per stuk	Gewicht	Buigvorm
64	20	33	B500B	4870	12.03	396.8	
70	20	20	B500B	2200	5.43	108.7	
80	12	4	B500B	1750	1.55	6.2	
82	12	2	B500B	1600	1.42	2.8	
134	12	66	B500B	1100	0.98	64.3	
135	12	16	B500B	1190	1.06	16.9	
136	12	16	B500B	1020	0.91	14.4	
137	12	8	B500B	940	0.83	6.7	
138	12	9	B500B	2980	2.65	23.8	
139	12	9	B500B	3020	2.68	24.2	

Viaduct KW04 - N18 Groenlo - Enschede  
Landhoofd noord - funderingsbalk + opstortingen  
31.03.2017  
12:24:52



Positie nr.	Diameter	Aantal	Kwaliteit	Lengte	Gewicht per stuk	Gewicht	Buigvorm
140	12	8	B500B	2720	2.42	19.3	
141	12	6	B500B	2610	2.32	12.5	
142	12	6	B500B	2640	2.34	12.6	
151	12	4	B500B	3870	3.44	14.7	
152	12	5	B500B	3850	3.42	18.3	
				Totaal staven:	3266.7		



# BUIGSTAAT POLYGONALE BUIGVORMEN

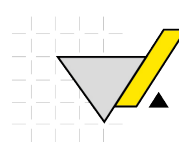
Project Viaduct KW04 - N18 Groenlo - Enschede  
 Onderdeel Landhoofd noord - funderingsbalk + opstortingen  
 Datum 31.03.2017  
 Tijd 12:25:30



Positie nr.	Aantal	Segment						Lengte	Buigvorm
		a	b	c	d	e	e		
141 - 1	1	1650	990					2615	
141 - 2	1	1650	880					2505	
141 - 3	1	1650	770					2395	
141 - 4	1	1650	670					2285	
141 - 5	1	1650	560					2175	
141 - 6	1	1650	450					2065	
142 - 1	1	1650	1020					2645	
142 - 2	1	1650	910					2530	
142 - 3	1	1650	790					2415	

Project  
Onderdeel  
Datum  
Tijd

Viaduct KW04 - N18 Groenlo - Enschede  
Landhoofd noord - funderingsbalk + opstortingen  
31.03.2017  
12:25:30

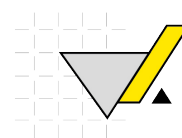


**Verhoeven en Leenders**  
ingenieurs in bouwconstructies

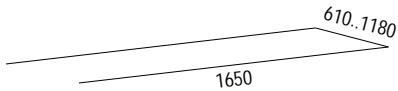
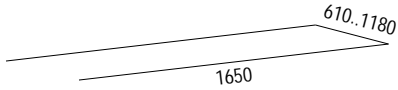
Positie nr.	Aantal	Segment						Lengte	Buigvorm
		a	b	c	d	e	e		
142 - 4	1	1650	680					2300	
142 - 5	1	1650	570					2186	
142 - 6	1	1650	450					2071	
151 - 4	1	1650	1170	1650				4412	
151 - 3	1	1650	990	1650				4232	
151 - 2	1	1650	810	1650				4052	
151 - 1	1	1650	630	1650				3872	
152 - 5	1	1650	1180	1650				4415	
152 - 4	1	1650	1030	1650				4274	
152 - 3	1	1650	890	1650				4133	

Project  
Onderdeel  
Datum  
Tijd

Viaduct KW04 - N18 Groenlo - Enschede  
Landhoofd noord - funderingsbalk + opstortingen  
31.03.2017  
12:25:30



**Verhoeven en Leenders**  
ingenieurs in bouwconstructies

Positie nr.	Aantal	Segment						Lengte	Buigvorm
		a	b	c	d	e	e		
152 - 2	1	1650	750	1650				3992	
152 - 1	1	1650	610	1650				3851	

## **Bijlage IX: Modelleerrichtlijn deel 4**

## **Inhoud**

Bijlage IX: Modelleerrichtlijn deel 4 .....	- 1 -
1. Algemeen .....	- 4 -
1.1 Assembly code .....	- 4 -
1.2 Type.....	- 6 -
1.3 Filtering .....	- 8 -
1.3.1 Klasse.....	- 8 -
1.3.2 Host .....	- 8 -
1.3.3 Shape.....	- 9 -
1.3.4 Diameter .....	- 9 -
1.3.5 Mark .....	- 9 -
1.4 Wapening in 3D view .....	- 10 -
2. Wapening modelleren.....	- 11 -
2.1 Wapeningsmethode.....	- 11 -
2.2 Dekking aangeven .....	- 12 -
2.2.1 Toevoegen.....	- 13 -
3. Wapening commando's .....	- 14 -
3.1 Wapeningsstaaf.....	- 14 -
3.1.1 Vorm selecteren.....	- 14 -
3.1.2 Type selecteren .....	- 15 -
3.1.3 Placement plane.....	- 15 -
3.1.4 Placement orientation .....	- 15 -
3.1.5 Plaatsen staafgroep.....	- 16 -
3.1.6 Verlopende wapeningsgroep .....	- 18 -
3.2 Area Reinforcement .....	- 19 -
3.2.1 Wapeningslaag.....	- 19 -
3.2.2 Properties.....	- 20 -
3.2.3 Aandachtspunten .....	- 21 -
3.3 Tips & tricks.....	- 21 -
4. Wapeningstekening .....	- 22 -
4.1 View template.....	- 22 -
4.2 Weergave .....	- 22 -



4.2.1 Wapeningsvorm omklappen .....	- 23 -
4.3 Tag .....	- 24 -
4.3.1 Informatie tag .....	- 24 -
4.3.2 Wapeningslaag tag .....	- 25 -
4.3.3 Wapeningsgebied tag .....	- 25 -
4.3.4 Wapeningsnet tag .....	- 26 -
5. Buigstaten .....	- 28 -
5.1 Schedule .....	- 29 -
6. Samenstellingsboekje .....	- 30 -
7. Aandachtspunten 3Dwapening in Revit 2017 .....	- 31 -
7.1 Algemeen .....	- 31 -
7.2 Tekening .....	- 36 -
7.3 Het destilleren van samenstellingsboekjes .....	- 37 -

## 1. Algemeen

### 1.1 Assembly code

Bij het plaatsen van elke family in Revit wordt er default een “assembly code VL” en een “assembly discription VL” parameter correct ingevuld. Deze code is een afgeleide van de NL-SFB codering. De codering richt zich op elementen. Daarom is hij ontoereikend voor wapening.

Intern is er besloten om de codering twee extra nummers te geven. Deze nummers refereren naar de *host* (de family waarin de wapening gemodelleerd is) van de wapeningsvorm. In Revit is het (nog) niet mogelijk om de codes default correct in te vullen. Dit omdat er nog niet voorspeld kan worden welke wapeningsvorm in welke host geplaatst gaat worden. Onderstaande lijst kan een-op-een gekopieerd worden en geplaatst worden in het model.

16.11.41-(201) Opstortingen\_beton\_ihw\_gestort\_basiswap

16.11.41-(202) Opstortingen\_beton\_ihw\_gestort\_bijlegwap

16.11.41-(203) Opstortingen\_beton\_ihw\_gestort\_stekwap

16.12.41-(211) Funderingsbalk\_beton\_ihw\_gestort\_basiswap

16.12.41-(212) Funderingsbalk\_beton\_ihw\_gestort\_bijlegwap

16.12.41-(213) Funderingsbalk\_beton\_ihw\_gestort\_stekwap

16.13.41-(221) Poeren\_beton\_ihw\_gestort\_basiswap

16.13.41-(222) Poeren\_beton\_ihw\_gestort\_bijlegwap

16.13.41-(222) Poeren\_beton\_ihw\_gestort\_stekwap

17.12.10-(231) Palen\_beton\_ihw\_gestort\_basiswap

17.12.10-(232) Palen\_beton\_ihw\_gestort\_bijlegwap

17.12.10-(233) Palen\_beton\_ihw\_gestort\_stekwap

22.21.41-(241) Wanden\_beton\_ihw\_gestort\_basiswap

22.21.41-(241) Wanden\_beton\_ihw\_gestort\_bijlegwap

22.21.41-(241) Wanden\_beton\_ihw\_gestort\_stekwap

23.21.41-(251) Vloeren\_beton\_ihw\_gestort\_basiswap

23.21.41-(252) Vloeren\_beton\_ihw\_gestort\_bijlegwap

23.21.41-(253) Vloeren\_beton\_ihw\_gestort\_stekwap

27.21.14-(261) Platte\_daken\_beton\_ihw\_gestort\_basiswap

27.21.14-(262) Platte\_daken\_beton\_ihw\_gestort\_bijlegwap

27.21.14-(263) Platte\_daken\_beton\_ihw\_gestort\_stekwap



**Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders bv**

Rudigerstraat 10, 5408 AB Volkel

**T** 0413 - 251 096

**F** 0413 - 256 502

**E** [info@verhoeven-leenders.nl](mailto:info@verhoeven-leenders.nl)

**I** [www.verhoeven-leenders.nl](http://www.verhoeven-leenders.nl)

28.11.41-(271) Kolommen\_beton\_ihw\_gestort\_basiswap

28.11.41-(272) Kolommen\_beton\_ihw\_gestort\_bijlegwap

28.11.41-(273) Kolommen\_beton\_ihw\_gestort\_stekwap

28.11.41-(281) Liggers\_beton\_ihw\_gestort\_basiswap

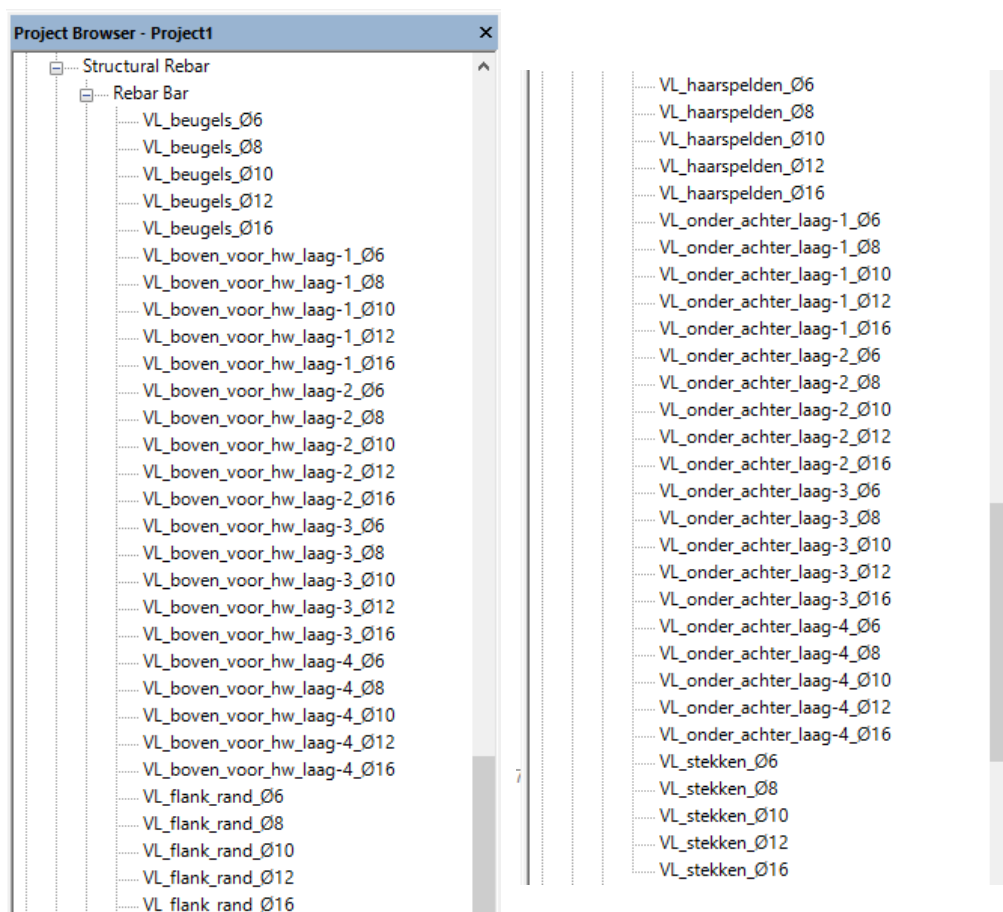
28.11.41-(282) Liggers\_beton\_ihw\_gestort\_bijlegwap

28.11.41-(283) Liggers\_beton\_ihw\_gestort\_stekwap

## 1.2 Type

Naast het toepassen van de Assembly code dient de wapening ook in het juiste type worden gemodelleerd. In de types wordt onderscheid gemaakt in laag en plaatsing. Wanneer de juiste types worden gemodelleerd kan er door middel van het uitvoeren van het dynamo script "Klasse nummering" het juiste nummer aan de parameter "klasse" worden toegevoegd.

VL_BOVEN_VOOR_HW_LAAG-1	KLASSE - 2 (ROOD)
VL_BOVEN_VOOR_HW_LAAG-2	KLASSE - 13 (ORANJE)
VL_BOVEN_VOOR_HW_LAAG-3	KLASSE - 9 (LICHTROOD)
VL_BOVEN_VOOR_HW_LAAG-4	KLASSE - 7 (MAGENTA)
VL_ONDER_ACHTER_LAAG-1	KLASSE - 4 (BLAUW)
VL_ONDER_ACHTER_LAAG-2	KLASSE - 11 (ZEEBLAUW)
VL_ONDER_ACHTER_LAAG-3	KLASSE - 14 (LICHTBLAUW)
VL_ONDER_ACHTER_LAAG-4	KLASSE - 5 (TURKOOIS)
VL_FLANK_RAND	KLASSE - 6 (GEEL)
VL_BEUGELS	KLASSE - 3 (GROEN)
VL_HAARSPELDEN	KLASSE - 10 (LICHTGROEN)
VL_STEKKEN	KLASSE - 1 (LICHTGRIJS)



**Toelichting op het gebruik van de klasse:**

:Voor horizontale elementen, zoals funderingsbalken/stroken, poeren, vloeren, platte daken en liggers:

- VL\_BOVEN\_VOOR\_HW
- VL\_ONDER\_ACHTER
- VL\_FLANK\_RAND
- VL\_BEUGELS
- VL\_HAARSPULDEN
- VL\_STEKKEN

Voor verticale plaatvormige elementen, zoals wanden:

- VL\_BOVEN\_VOOR\_HW
- VL\_ONDER\_ACHTER
- VL\_FLANK\_RAND
- VL\_BEUGELS
- VL\_HAARSPULDEN
- VL\_STEKKEN

Voor verticale elementen zoals palen, opstortingen en kolommen:

- VL\_BOVEN\_VOOR\_HW
- VL\_BEUGELS
- VL\_HAARSPULDEN
- VL\_STEKKEN



## 1.3 Filtering

Tijdens de onderzoeksfase van 3D wapenen is er geconcludeerd dat de juiste filters cruciaal zijn voor het overzicht in het model. Default zijn er een aantal filters aangemaakt welke het werk zullen vergemakkelijken.

### 1.3.1 Klasse

De filter klasse, deze is gebaseerd op de kleurcodering welke intern ook wordt toegepast in tekla.

Klasse - 1 (lichtgrijs) RGB 192-192-192

Klasse - 2 (rood) RGB 255-000-000

Klasse - 3 (groen) RGB 000-128-000

Klasse - 4 (blauw) RGB 000-000-255

Klasse - 5 (Turkoois) RGB 129-192-192

Klasse - 6 (geel) RGB 255-255-000

Klasse - 7 (magenta) RGB 255-000-255

Klasse - 9 (lichtrood) RGB 255-147-147

Klasse - 10 (lichtgroen) RGB 000-255-000

Klasse - 11 (zeeblauw) RGB 000-128-255

Klasse - 13 (oranje) RGB 255-128-000

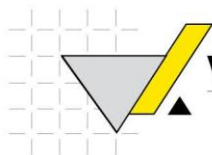
Klasse - 14 (lichtblauw) RGB 128-255-255

Name	Visibility	Projection/Surface			Cut		Halftone
		Lines	Patterns	Transparency	Lines	Patterns	
VL_TH_3Dwap_klasse 1	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_klasse 2	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_klasse 3	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_klasse 4	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_klasse 5	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_klasse 6	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_klasse 7	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_klasse 9	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_klasse 10	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_klasse 11	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_klasse 13	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>

### 1.3.2 Host

De filter host, elke wapeningsstaaf moet gemodelleerd worden in een family. Deze family wordt de host genoemd. Door deze filter te gebruiken kan je zien welke wapening in welke host is gemodelleerd.

Name	Visibility	Projection/Surface			Cut		Halftone
		Lines	Patterns	Transparency	Lines	Patterns	
VL_TH_3Dwap_host_funderingsbalk	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_host_poer	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_host_wand	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_host_funderingsstrook	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_host_vloer	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_host_opstorting	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_host_kolom	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>



### 1.3.3 Shape

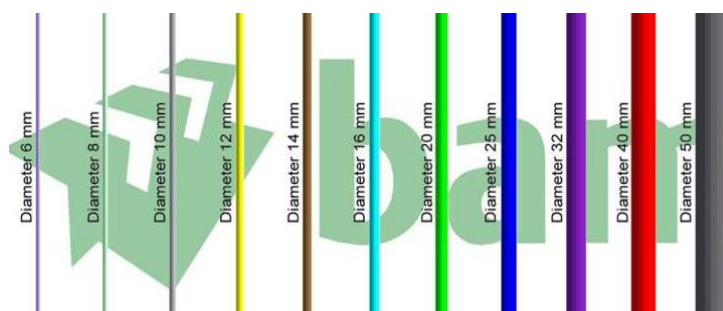
De filter shape, elke wapeningsvorm heeft een shape (wapeningsvorm). In onderstaande afbeeldingen zijn de vier meest voorkomende vormen gedefinieerd. Deze filter is cruciaal wanneer er een buigstaaf gemaakt moet worden.

Name	Visibility	Projection/Surface			Cut		Halftone
		Lines	Patterns	Transparency	Lines	Patterns	
VL_TH_3Dwap_bgls.	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_staaf	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_stek	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_hrsp.	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>

### 1.3.4 Diameter

De filter op diameter, deze filter kan gebruikt worden voor de eigen controle.

Diameter 6 (paars)	RGB 128-128-255
Diameter 8 (donker groen)	RGB 128-128-000
Diameter 10 (licht grijs)	RGB 192-192-192
Diameter 12 (geel)	RGB 255-255-000
Diameter 14 (bruin)	RGB 128-064-000
Diameter 16 (licht blauw)	RGB 000-255-255
Diameter 20 (Groen)	RGB 000-255-000
Diameter 25 (blauw)	RGB 000-000-255
Diameter 32 (Magenta)	RGB 255-000-255



Name	Visibility	Projection/Surface			Cut		Halftone
		Lines	Patterns	Transparency	Lines	Patterns	
VL_TH_3Dwap_06	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_08	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_010	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_012	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_014	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_016	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_020	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_025	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_032	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>

### 1.3.5 Mark

De filter op mark, deze filter zal alleen benodigd zijn wanneer er een samenstellingsboekje gemaakt moet worden. Hoe dit gedaan moet worden wordt later in deze richtlijn toegelicht.

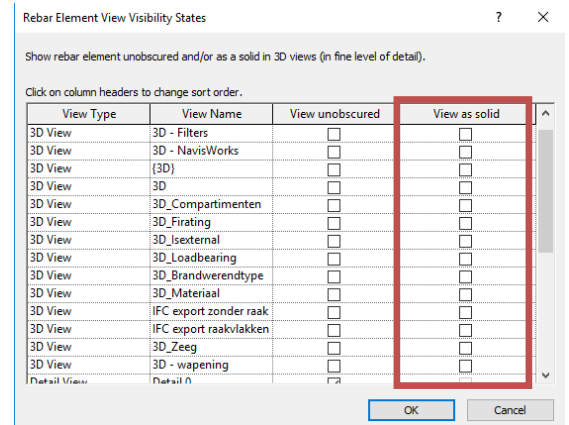
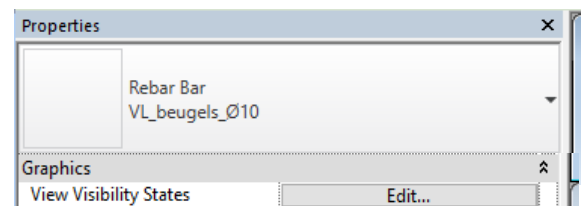
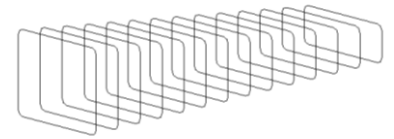
Name	Visibility	Projection/Surface			Cut		Halftone
		Lines	Patterns	Transparency	Lines	Patterns	
VL_TH_3Dwap_mark 1	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_mark 2	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_mark 4	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_mark 3	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_mark 5	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_mark 7	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
VL_TH_3Dwap_mark 6	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>

## 1.4 Wapening in 3D view

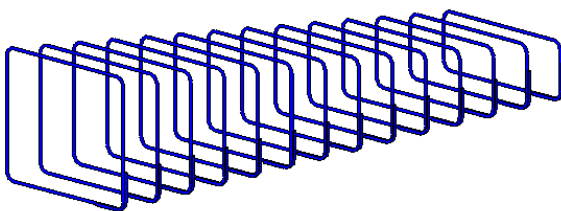
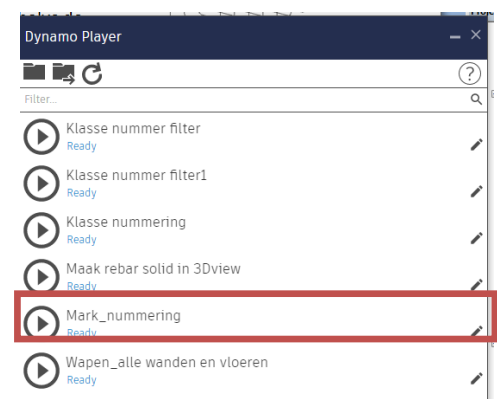
Voordat er wordt begonnen met het modelleren van de wapening is het belangrijk om te weten dat er een 3D view is aangemaakt in de template genaamd: 3D – wapening. In deze view is alles uitgeschakeld behalve de wapening. Wanneer de wapening gemodelleerd wordt zal deze door middel van draden zichtbaar worden in de view.

Er zijn twee manieren om de wapeningsstaven solid weer te geven:

1. In de properties van de wapening kan je onder het tabblad “graphics” de optie “view visibility States” vinden. Wanneer er op “edit” wordt geklikt verschijnt de afbeelding rechts. In dit venster verschijnen alle views. Door middel van een vinkje aanzetten kan je ervoor kiezen in welke view de wapening wordt weergegeven.



2. In dynamo is er een script gemaakt genaamd: “maak rebar solid in 3Dview”. Wanneer de juiste 3D view actief is en het script wordt uitgevoerd wordt alle wapening solid weergegeven.



## 2. Wapening modelleren

### 2.1 Wapeningsmethode

In Revit wordt er wapening gemodelleerd op basis van het definiëren van een plaats, het bepalen van de wapeningsvorm waarna het pad van de wapening wordt aangegeven.

Dekking aangeven.

Wapeningscommando kiezen.

Wapeningsvorm selecteren.

Wapeningslaag bepalen.

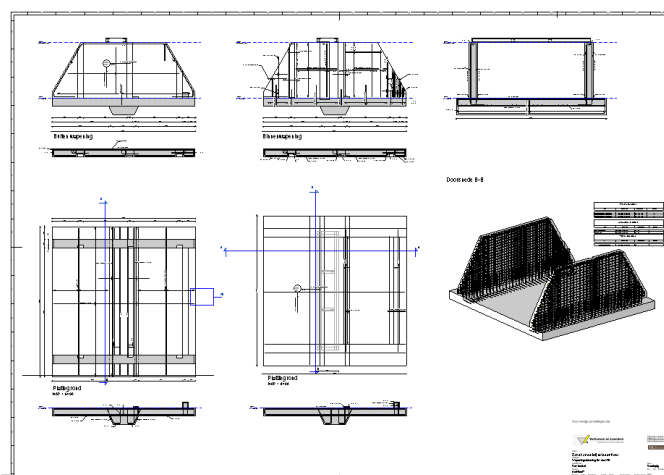
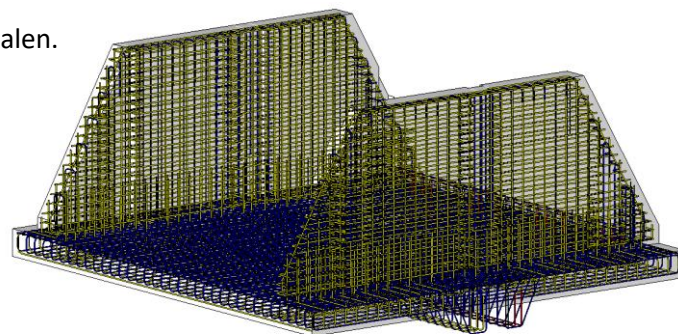
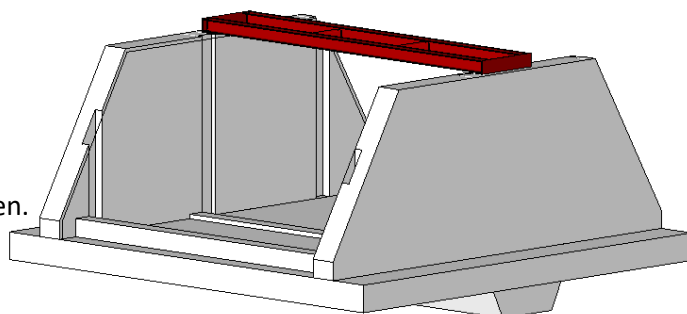
Oriëntatie van de wapening bepalen.

Plaatsen van de wapening.

Controleren van de positie.

Wapeningsgebied aangeven.

Wapeningstekening opmaken.





## 2.2 Dekking aangeven

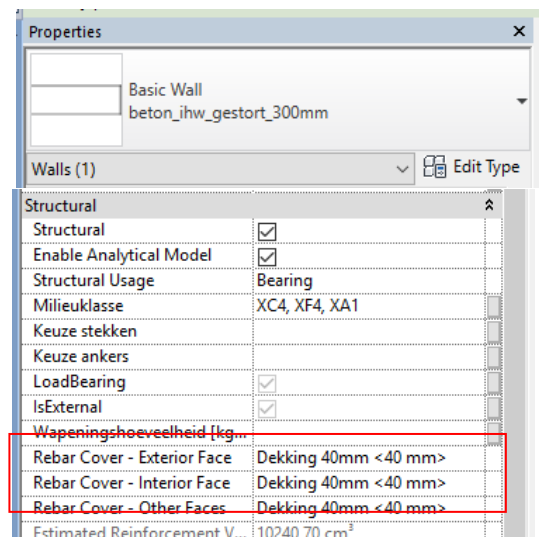
Aan een te wapenen family moet allereerst per zijde een dekking aangegeven worden. Om een dekking toe te kennen aan een family selecteer je de bewuste family. In de property set onder het tabblad structural vindt je de parameters:

Balk/kolom/vloer:

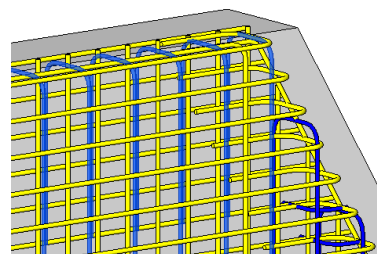
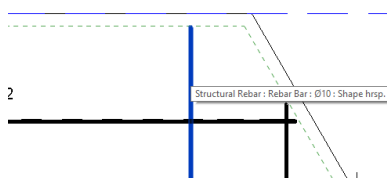
- "Rebar Cover Top face" (dekking aan de bovenzijde)
- "Rebar Cover bottom face" (dekking aan de onderzijde)
- "Rebar Cover other faces" (dekking aan de zijkant)

wand:

- "Rebar Cover Exterior face" (dekking aan de zijkant, van de modelleermethode)
- "Rebar Cover Interior face" (dekking aan de zijkant, afhankelijk van de modelleermethode)
- "Rebar Cover Other faces" (dekking aan de boven en onderzijde)



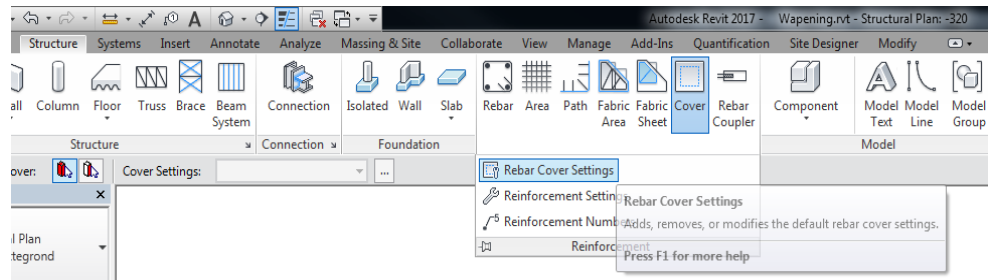
Wanneer je een wapeningsstaaf hebt gemodelleerd en deze vervolgens selecteert. Dan licht de dekking van het gehoste element op door middel van een groene stippellijn.



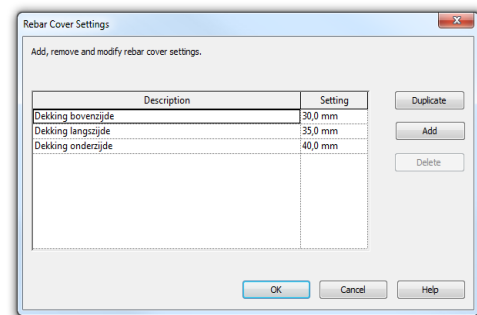


### 2.2.1 Toevoegen

De kans bestaat dat er een andere dekking gewenst is dan dat er al in de template verwerkt zijn. In dat geval zal er een nieuwe dekking toegevoegd moeten worden. Dit doe je door in de ribbon structure, onder Reinforcement naar het drop down menu te gaan en te klikken je op Rebar Cover Settings.



Dit venster zal verschijnen, door op "add" te klikken wordt er een nieuwe regel aangemaakt. Welke je een andere benaming kunt geven en het aantal millimeters op kunt geven.



### 3. Wapening commando's

In Revit kan er met twee commando's wapening gemodelleerd worden.



Rebar



Area

Reinforcement

Reinforcement

Area: dit commando wordt gebruikt om wapeningsnetten te modelleren.

Rebar: dit commando wordt gebruikt voor het wapenen met losse staven.

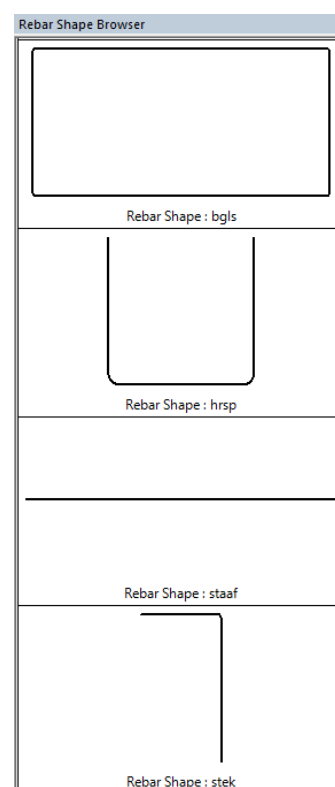
### 3.1 Wapeningsstaaf

Met het commando Rebar gaat men wapenen door middel van losse staven. Het is aan te raden om aan te denken dat bij het plaatsen van wapening eerst de instellingen van de wapeningsstaaf worden aangepast, voor het plaatsen van de daadwerkelijke wapening. De keuze van een type staafgroep bepaald namelijk de modeleerwijze. Om op de juiste wijze te kunnen modelleren moet de betreffende keuze op voorhand worden gemaakt. Wanneer het commando wordt uitgevoerd zijn er een aantal instellingen voordat de wapening geplaatst kan worden. Deze instellingen worden hieronder beschreven.

#### 3.1.1 Vorm selecteren

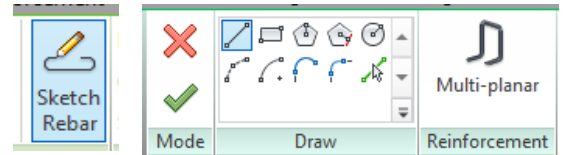
Om te beginnen moet men een keuze maken uit de te wapenen wapeningsvorm. Standaard zijn er vier vormen gedefinieerd in de template.

- Beugel;
- Haarspeld;
- Stek;
- Staaf.



### Zelf tekenen

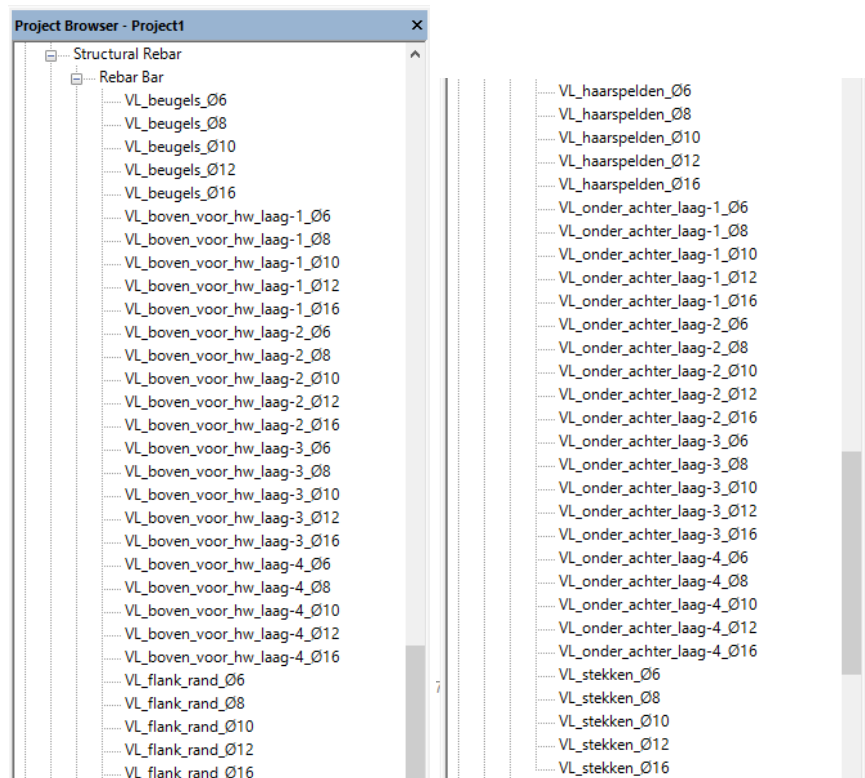
Als eerder genoemde vormen niet toereikend zijn bestaat de mogelijkheid om zelf een “rebar shape” te tekenen. Wanneer hiervoor gekozen wordt maakt Revit automatisch de benodigde parameters aan. Let wel, de benaming zal standaard “rebar shape 1” krijgen. Dit moet aangepast worden omdat dit in de sommige tags de rebar shape wordt uitgelezen. Ook zullen deze vormen nog niet verwerkt zijn in de dynamo scripts, de filtering en de afbeeldingen.



### 3.1.2 Type selecteren

Voor je een wapeningsstaaf gaat plaatsen selecteer je het type van de wapeningsstaaf. Je kunt kiezen uit de vooraf gedefinieerde types:

- VL\_BOVEN\_VOOR\_HW\_LAAG-1
- VL\_BOVEN\_VOOR\_HW\_LAAG-2
- VL\_BOVEN\_VOOR\_HW\_LAAG-3
- VL\_BOVEN\_VOOR\_HW\_LAAG-4
- VL\_ONDER\_ACHTER\_LAAG-1
- VL\_ONDER\_ACHTER\_LAAG-2
- VL\_ONDER\_ACHTER\_LAAG-3
- VL\_ONDER\_ACHTER\_LAAG-4
- VL\_FLANK\_RAND
- VL\_BEUGELS
- VL\_HAARSPENDEN
- VL\_STEKKEN

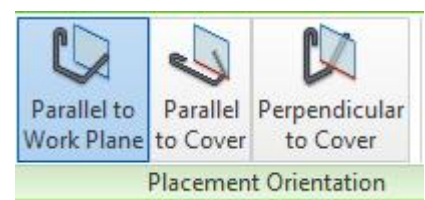
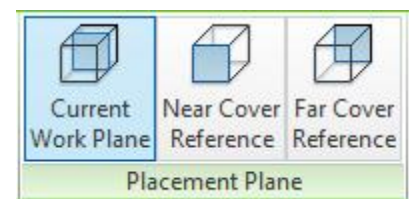


### 3.1.3 Placement plane

Met placement plane geef je aan in welke laag van het object je wilt gaan modelleren.

### 3.1.4 Placement orientation

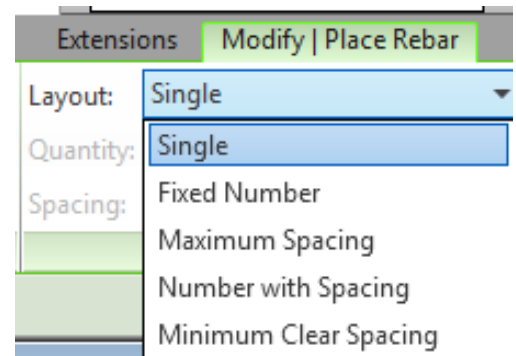
Met placement orientation geef je aan hoe de oriëntatie van de wapeningsvorm ten opzichte van de view.



### 3.1.5 Plaatsen staafgroep

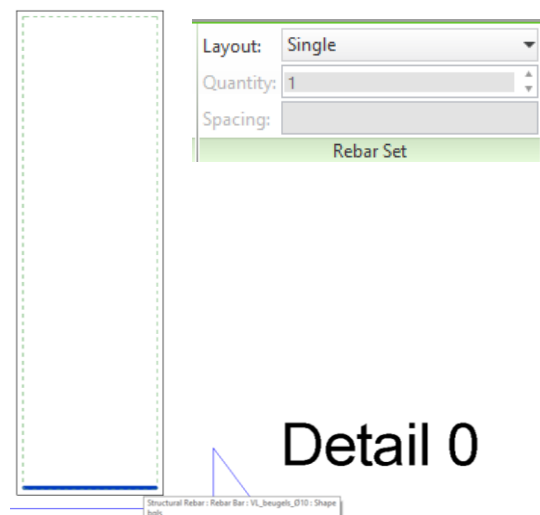
Wanneer je hebt gecontroleerd of je gemodelleerde wapeningsvorm goed geplaatst is. Kan het leggebied aangegeven worden. Dit kan door middel van 5 verschillende opties:

- Single
- Fixed numbers
- Maximum spacing
- Number with spacing
- Minimum clear spacing



#### *Single*

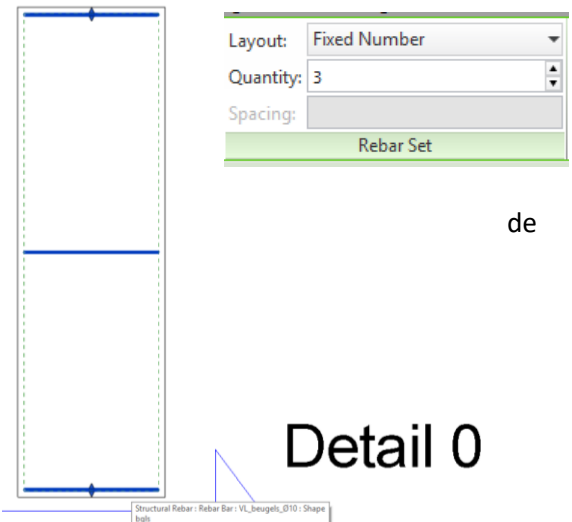
Hierbij geef je een enkele staaf aan.



Detail 0

#### *Fixed numbers*

Hierbij wordt er default drie wapeningsstaven aangegeven over de totale lengte van de te wapenen family. Het wapeningsgebied is gemakkelijk aan te passen door de shape handles aan het uiteinde van de wapening te verslepen. Ook aantal wapeningstaven is te wijzigen door de quantity in de Rebar set aan te passen.

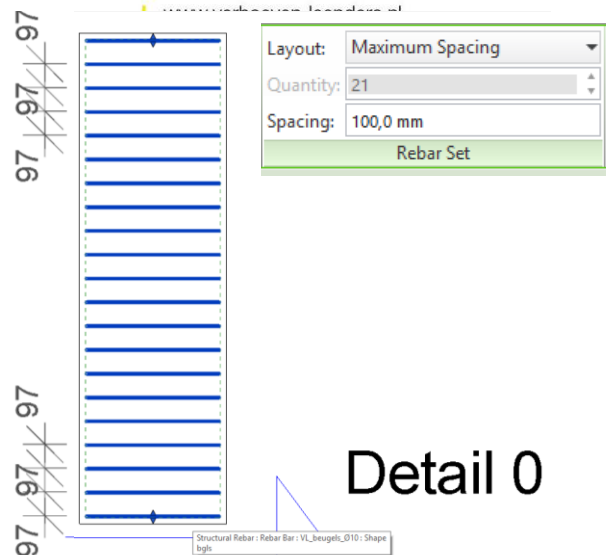


de

Detail 0

### Maximum spacing

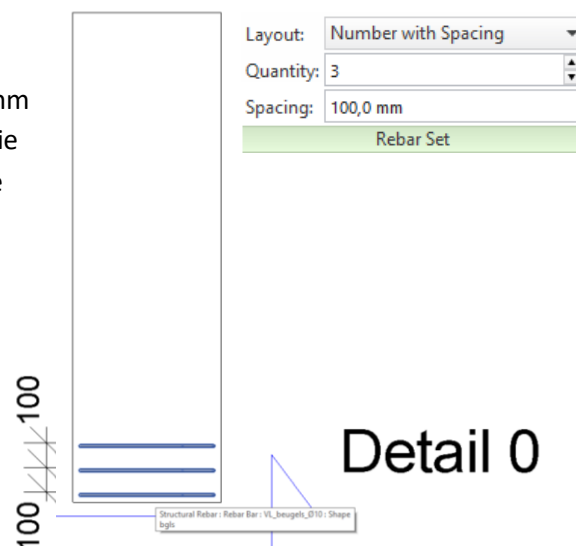
Hierbij zal Revit default een streef hoh-afstand kiezen van maximaal 100mm. Het wapeningsgebied zal de gehele family betreffen. Ook hier is het wapeningsgebied aan te passen doormiddel van de shape handles aan de buiten zijde. De streef hoh-afstand is aan te passen bij de spacing. Let op! In Revit moet er op het begin en het einde van een wapeningsgebied een staaf liggen. Dat wil zeggen dat Revit berekend wat de exacte hoh-afstand wordt.



Detail 0

### Number with spacing

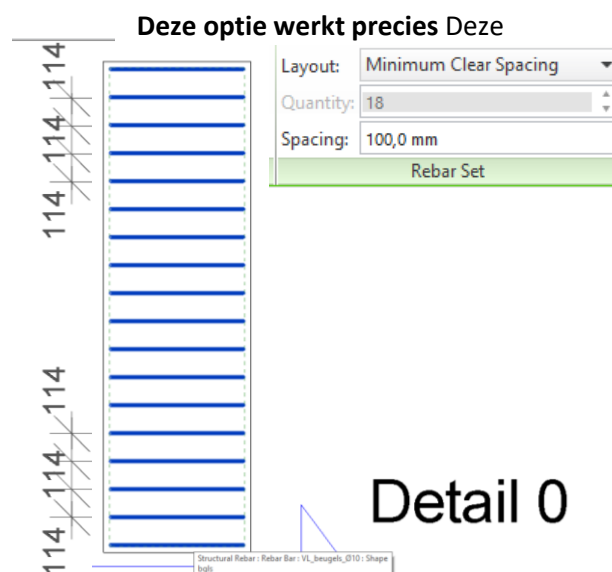
Hierbij zal Revit default drie staven met een hoh-afstand van 100mm modelleren. Dit is beide aan te passen in de rebar set. Bij deze optie is het dus niet mogelijk om een wapeningsgebied te definiëren. De hoh-afstand is echter exact.



Detail 0

### Minimum clear spacing

optie is hetzelfde als de maximum clear spacing. Het enige verschil is dat Revit nu een hoh-afstand berekend welke gelijk of groter is als de opgegeven waarde.



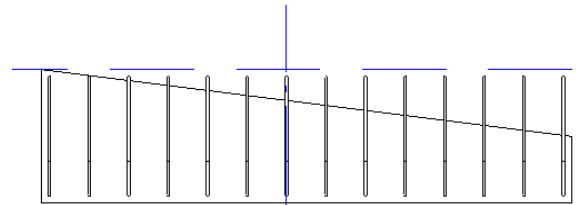
Detail 0



### 3.1.6 Verlopende wapeningsgroep

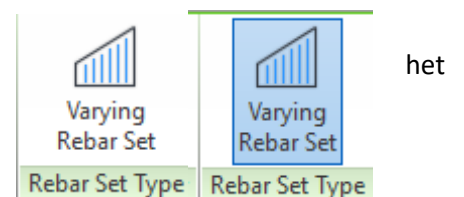
Als er een verlopende family gewapend moet worden zal Revit hier niet automatisch op anticiperen. Door onderstaand stappenplan te volgen kan je een verlopende wapeningsgroep creëren.

1. Geef het wapeningsgebied aan. Revit zal nu de vorm door modelleren en geen rekening houden met het verlopende profiel van de te wapenen family.



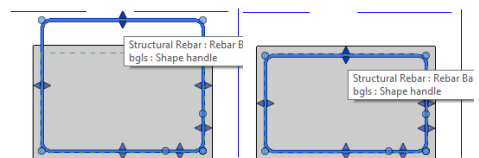
Detail 0

2. Als de rebar set geselecteerd wordt verschijnt er in de ribbon commando "Varying rebar set". Deze moet aangevinkt worden.

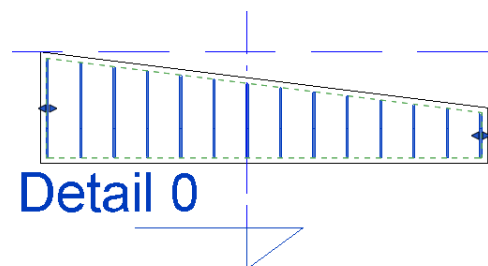


het

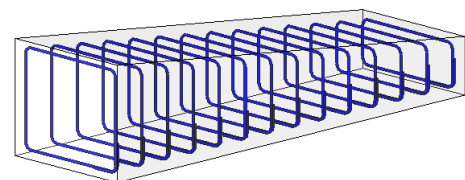
3. In de meeste gevallen doet Revit er nog niets mee. Zoals te zien in de afbeelding bij punt 1 is er een doorsnede "detail 0" gemaakt. Ga naar deze view en pas daar handmatig de hoogte van de wapeningsvorm aan doormiddel van de shape handles.



4. Nu zou Revit de verlopende vorm moeten herkennen. En wordt het toegepast over het gehele wapeningsgebied.



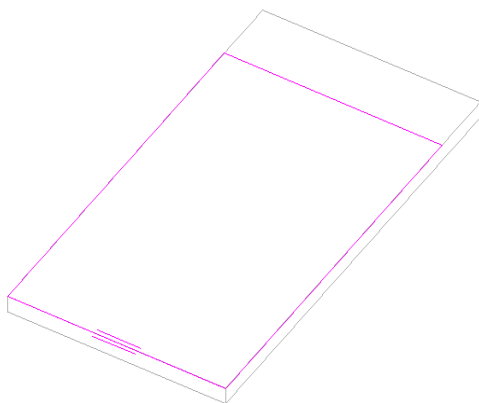
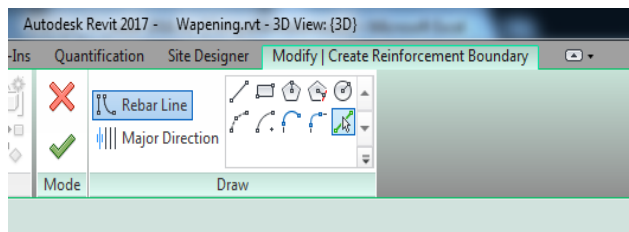
Detail 0



## 3.2 Area Reinforcement

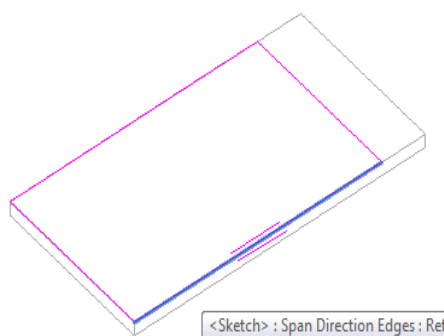
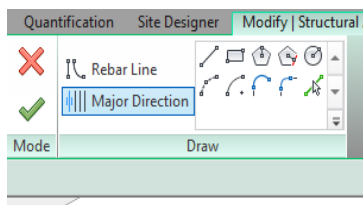
Area reinforcement kan alleen gebruikt worden bij wanden en vloeren.

Om de wapeningsnetten te plaatsen moet je in een 3D view of een plattegrond view modelleren. Wanneer je het commando uitvoert wordt er gevraagd om het wapeningsgebied aan te geven. Dit kan door middel van lijnen of door een referentie lijnen te selecteren.



### 3.2.1 Wapeningslaag

De lijn welke je als eerste aangeeft is direct ook de major direction. Dat wil zeggen dat de wapening welke evenwijdig aan deze lijn lopen liggen in de eerste laag geplaatst worden. Dit is aan te passen door de major direction aan te passen.



### 3.2.2 Properties

#### - Layout Rule

Bij deze instelling heb je keuze uit twee opties:

- Fixed numbers:

Hierbij geef je aan hoeveel staven je wilt gaan plaatsen over het aangegeven wapeningsgebied.

- maximum spacing

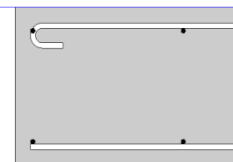
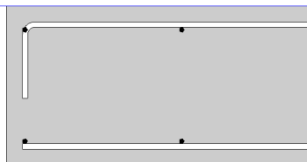
Hierbij geef je aan wat de streef hart op hart afstand moet zijn. Revit rekent zelf het aantal staven uit.

#### - Bij een Area reinforcement zijn er 4 verschillende wapeningslagen.

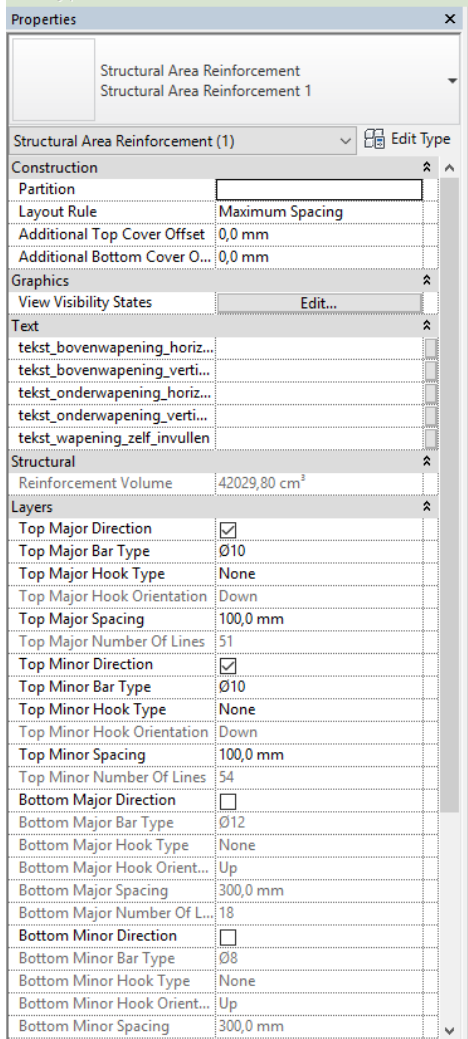
- Top major (bovenwapening in de eerste laag)
- Top minor (bovenwapening in de tweede laag)
- Bottom major (onderwapening in de eerste laag)
- Bottom minor (onderwapening in de tweede laag)

#### - Per wapeningslaag zijn er nog verschillende instellingen.

- Direction, dit is een vinkje waarmee je aangeeft of je deze wapening wel of niet in je model wilt hebben. Wanneer je dit vinkje uit zet past het net zich dusdanig aan dat de eerste volgende laag op de juiste dekking komt. Let op, het blijft mogelijk om deze wapening wel te taggen!
- Bar Type, hierbij geef je aan welke family name je wilt gebruiken.
- Hook type, hierbij geef je aan hoe de afwerking van de staaf is aan beide uiteinde. Let op dit geldt voor beide uiteinde!



- Hook orientation, hierin wordt weergegeven naar welke richting je de afwerking wilt hebben.
- Spacing, hierin geef je aan wat de streef hart op hart maat er gehanteerd dient te worden.
- Number of Lines, hierin geef je de aantal staven aan. Wanneer je met "maximum spacing" modelleert kan je deze natuurlijk niet aanpassen



Properties	
Structural Area Reinforcement Structural Area Reinforcement 1	
Structural Area Reinforcement (1) Edit Type	
<b>Construction</b>	
Partition	
Layout Rule	Maximum Spacing
Additional Top Cover Offset	0,0 mm
Additional Bottom Cover Offset	0,0 mm
<b>Graphics</b>	
View Visibility States	Edit...
<b>Text</b>	
tekst_bovenwapening_horiz...	
tekst_bovenwapening_verti...	
tekst_onderwapening_horiz...	
tekst_onderwapening_verti...	
tekst_wapening_zelf_invullen	
<b>Structural</b>	
Reinforcement Volume	42029,80 cm <sup>3</sup>
<b>Layers</b>	
Top Major Direction	<input checked="" type="checkbox"/>
Top Major Bar Type	Ø10
Top Major Hook Type	None
Top Major Hook Orientation	Down
Top Major Spacing	100,0 mm
Top Major Number Of Lines	51
Top Minor Direction	<input checked="" type="checkbox"/>
Top Minor Bar Type	Ø10
Top Minor Hook Type	None
Top Minor Hook Orientation	Down
Top Minor Spacing	100,0 mm
Top Minor Number Of Lines	54
Bottom Major Direction	<input type="checkbox"/>
Bottom Major Bar Type	Ø12
Bottom Major Hook Type	None
Bottom Major Hook Orientation	Up
Bottom Major Spacing	300,0 mm
Bottom Major Number Of Lines	18
Bottom Minor Direction	<input type="checkbox"/>
Bottom Minor Bar Type	Ø8
Bottom Minor Hook Type	None
Bottom Minor Hook Orientation	Up
Bottom Minor Spacing	300,0 mm

### 3.2.3 Aandachtspunten

- De hoh maten zijn streefmaten. Dat wil zeggen dat Revit zelf bepaald wat de hart op hart afstand is welke het dichtste bij jouw aangegeven maat komt.
- In Revit moet een net op de grenzen van het wapeningsgebied beginnen met een dwars staaf.

## 3.3 Tips & tricks

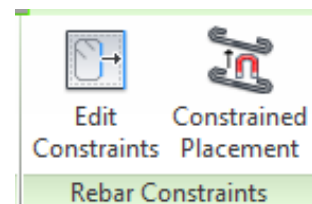
Revit heeft de eigenschap om de wapening te koppelen aan een andere staaf of object. Hier kan het zijn dat de wapening in een bepaalde view er goed uitziet echter klopt in werkelijkheid niet. Hiervoor zijn er twee commando's welke hierbij hulp kunnen bieden.

- Edit constraints

Met dit commando kan je aangeven aan welke lijn een wapeningsstaaf gekoppeld moet zitten. Ook is er de mogelijkheid om vast te stellen dat er een afstand vanaf die bepaalde lijn de wapeningsstaaf gekoppeld moet worden.

- Constrained placement

Met dit commando kan je aangeven of een wapeningsstaaf gekoppeld moet worden aan een andere wapeningsstaaf. Dat wil zeggen wanneer de diameter van de staaf wijzigt dat de andere wapeningsstaaf mee wijzigt.



Beide commando's zul je veel gaan gebruiken tijdens het modelleren. Beide hebben verschillende makkelijke eigenschappen betreffende koppelingen met andere objecten. Door hier zelf mee te experimenteren leer je snel wat voor jou het makkelijkste werkt.

## 4. Wapeningstekening

Voordat een wapeningstekening gemaakt wordt, dient eerst de vormtekening gereed te zijn. Deze vormtekening dient dan gekopieerd te worden om deze te kunnen opwerken naar de wapeningstekening.

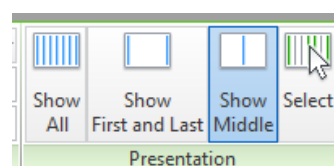
### 4.1 View template

Default zijn er een aantal view templates aangemaakt.

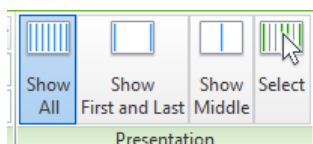
- **VL\_3Dwap\_3d view**  
In deze template zijn default alle klasse filters ingesteld.
- **VL\_3Dwap\_plattegrond**  
In deze template is de standaard weergave van een rebar solid zwart ingesteld. Dit is de weergave hoe Verhoeven en Leenders de wapening wil laten weergeven op de tekening.
- **VL\_3Dwap\_bovenbouw detail**  
Deze template heeft dezelfde instellingen als de "VL\_3Dwap\_plattegrond". Bij deze template zijn de schaal instellingen veranderd naar 1:10
- **VL\_3Dwap\_onderbouw detail**  
Deze template heeft dezelfde instellingen als de "VL\_3Dwap\_plattegrond". Bij deze template zijn de schaal instellingen veranderd naar 1:20
- **VL\_3Dwap\_wapeningsvorm**  
Deze template wordt gebruikt wanneer er een wapeningsstaaf uit zijn vorm gehaald moet worden. De instellingen zijn dusdanig dat alleen wapeningsstaven worden weergegeven. Default zijn de shape filters geactiveerd.

### 4.2 Weergave

Wapening kan op verschillende manieren weergegeven worden. Als de wapening set geselecteerd wordt verschijnt er in de ribbon de volgende commando's. Hiermee kan je instellen welke staven er zichtbaar worden tekening.

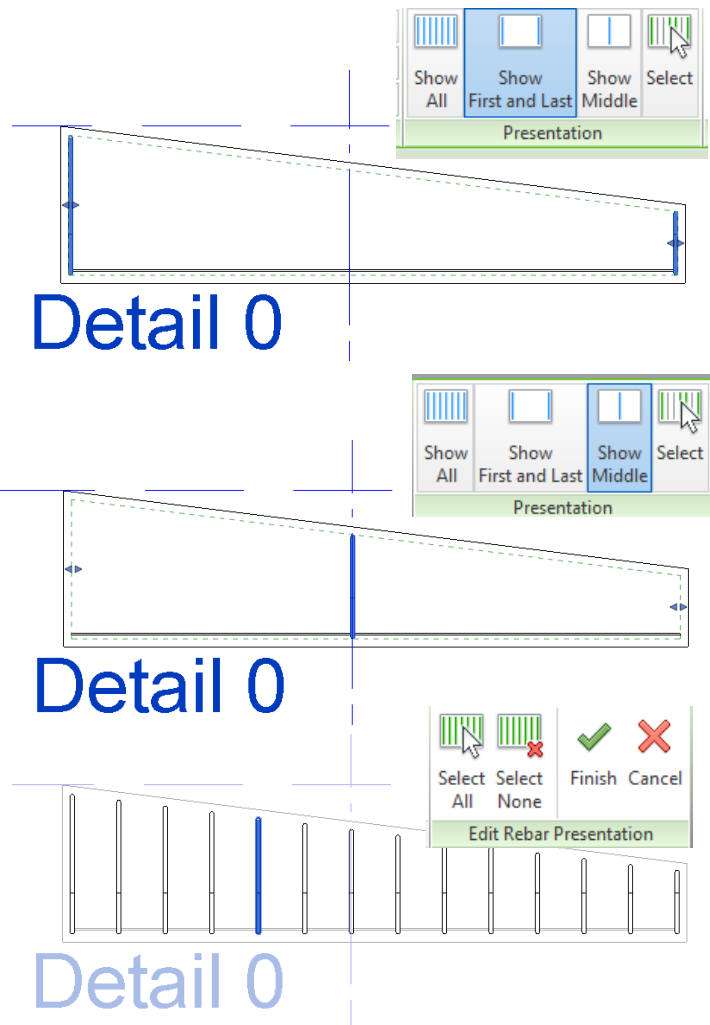


in de



**Detail 0**





#### 4.2.1 Wapeningsvorm omklappen

Wanneer je een wapeningsvorm wilt omklappen maak je een doorsnede over de gewenste wapeningsvorm. Als je de view template VL\_wapeningsvorm kiest worden alleen alle wapeningsvormen solid zwart weergegeven. Door middel van het wijzigen van de Visibility van de shape filters kan je de juiste view creëren. Bijvoorbeeld. In bovenstaande afbeelding is een doorsnede "Detail 0" gemaakt. Als ik deze view open en dan de juiste view template er op zet wordt de wapeningsvorm weer gegeven (zie rechter afbeelding).



## 4.3 Tag

Om de benodigde informatie op de tekening tekstueel weer te geven moet de wapening getagd worden. Er wordt onderscheid gemaakt in 3 verschillende soorten tag's:

- Informatie tag;
- Wapeningsgebied tag;
- Wapeningsnet tag.

-

### 4.3.1 Informatie tag

De informatie tag is de standaard tag welke ook gebruikt wordt in Revit. Voor de losse staven zijn er vier verschillende tags gemaakt. Alle tags zijn twee keer gemaakt. De ene kan horizontaal of verticaal. De andere RWO (rotate with object).

- Losse staaf

Bij de tag losse staaf worden de volgende parameters uitgelezen:

- Quantity
- Bar diameter

Deze tag kan gebruikt worden wanneer er gewapend is met losse staven.

1 Ø12  
✚

- Bijleg wapening

Bij de tag bijleg wapening worden de volgende parameters uitgelezen:

- Quantity
- Bar diameter
- "lg." Staaflengte

1 Ø12 lg.3070 mm  
✚

Deze tag kan gebruikt worden wanneer er bijleg wapening door middel van losse staven is gewapend. Hierbij wordt ook de lengte van de staaf weergegeven.

- Net dmv losse staven

Het zou voor kunnen komen dat er wordt gekozen om te wapenen met losse staven. Hiervoor is er een tag voor gemaakt

- "#" staaf diameter
- "- " hoh-afstand

#Ø12 -100  
✚

Deze tag kan gebruikt worden wanneer er bijleg wapening door middel van losse staven is gewapend. Hierbij wordt ook de lengte van de staaf weergegeven.

- Wapeningsvorm

Bij de tag losse staaf worden de volgende parameters uitgelezen:

- Wapeningsvorm
- Staaf diameter

bgls. Ø12 -100  
✚

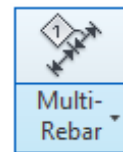
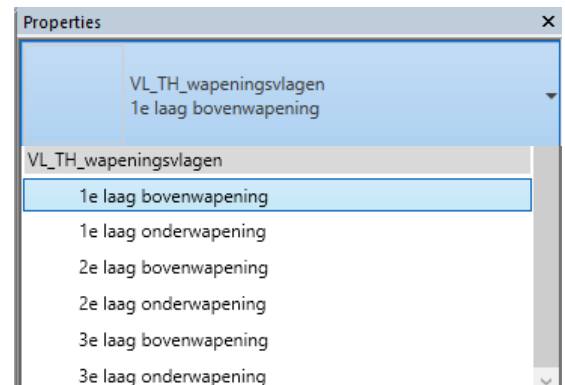
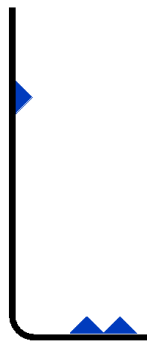
- “-“Hoh-afstand

Deze tag kan gebruikt worden wanneer de vorm van de wapeningsstaaf ook op de tekening weergegeven moet worden.

#### 4.3.2 Wapeningslaag tag

Om de wapeningslaag aan te geven worden er wapeningsvlaggen

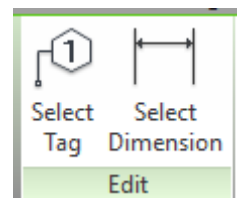
gebruikt. Voor de wapeningsvlaggen zijn ook tags aangemaakt.



#### 4.3.3 Wapeningsgebied tag

Wanneer je het gehele wapeningsgebied wil aangeven en maar enkele staven zichtbaar wil hebben op tekening gebruik je het Multi rebar commando. Dit commando plaatst een lijn over het wapeningsgebied in de vorm van een dimension en plaatst er een label bij.

Beide zijn afzonderlijk van elkaar aan te passen. Door de Multi rebar te selecteren verschijnt er in de ribbon onder het tabblad edit de volgende commando's. Door een van de twee commando's uit te voeren selecteer je het gewenste deel en zou je het aan kunnen passen. De volgende types zijn default ingesteld in de template om verschillende soorten wapeningsgebieden aan te geven.

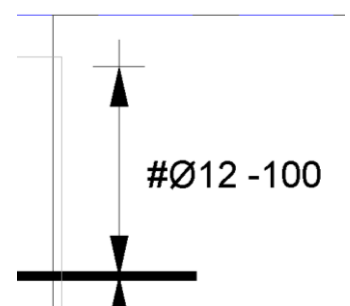


- Net

Bij deze tag wordt de volgende parameters uitgelezen:

- “#” Staaf diameter
- “-“hoh-afstand

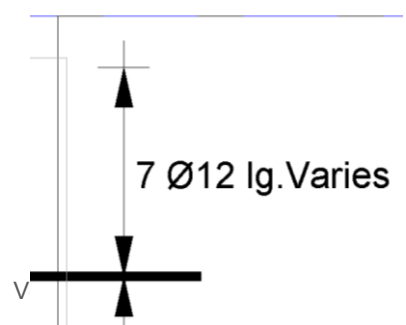
Deze tag kan gebruikt worden wanneer er een net gewapend is met losse staven En wanneer het nodig is om het leggebied aan te geven.



- Bijleg wapening aantal

Bij deze tag wordt de volgende parameters uitgelezen:

- Quantity
- Staaf diameter
- “lg”Staaf lengte



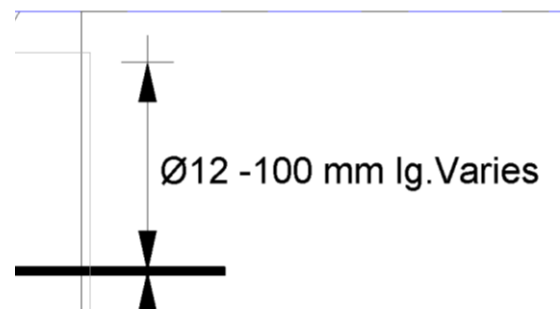
Deze tag kan gebruikt worden wanneer er bijlegwapening is gemodelleerd waarbij je het wapeningsgebied wilt aangeven met de hoeveelheid staven en de lengte ervan. Zoals te zien in de afbeelding zal er bij de lengte "varies" komen te staan wanneer de lengte verlopende is.

- Bijleg wapening hoh-afstand

Bij deze tag wordt de volgende parameters uitgelezen:

- Staaf diameter
- "-spacing
- "lg"Staaf lengte

Deze tag kan gebruikt worden wanneer er bijlegwapening is gemodelleerd waarbij je het wapeningsgebied wilt aangeven met de hoh-afstand van de staven en de lengte ervan. Zoals te zien in de afbeelding zal er bij de lengte "varies" komen te staan wanneer de lengte verlopende is.

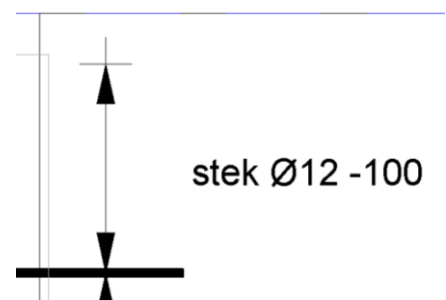


- Wapeningsvorm

Bij deze tag wordt de volgende parameters uitgelezen:

- Shape
- Staaf diameter
- "-spacing

Deze tag kan gebruikt worden wanneer er gewapend is met een specifieke vorm en deze moet tekstueel vermeld worden op de tekening.



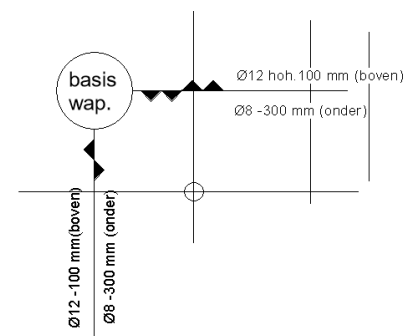
#### 4.3.4 Wapeningsnet tag

Als er gewapend wordt met een area reinforcement moet er gebruik worden gemaakt van een aparte tag. Hier zijn twee verschillende tags voor. Beide zijn default in de template verwerkt.

- Structural area tag

Deze tag is beter bekend als het basis wapeningssymbool welke in AutoCad gebruikt wordt. Deze is in Revit ook gemaakt en is onderverdeeld in verschillende types

- Boven en onder wapening
- Boven wapening
- Onderwapening
- Midden wapening

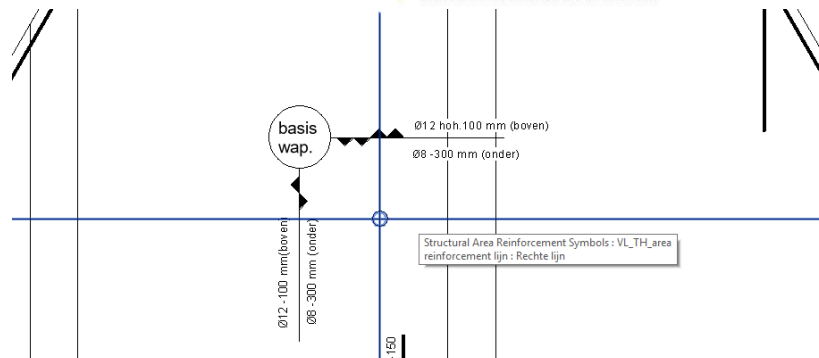


Alle tags spreken voor zich welke wapening ze aangeven.

- Structural area reinforcement symbols



Deze tag is het aangeven van het wapeningsgebied. Deze is standaard ingesteld in Revit en wordt doormiddel van kruisdraden aangegeven wat het wapeningsgebied is.



**Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders bv**

Rudigerstraat 10, 5408 AB Volkel

**T** 0413 - 251 096

**F** 0413 - 256 502

**E** [info@verhoeven-leenders.nl](mailto:info@verhoeven-leenders.nl)

**I** [www.verhoeven-leenders.nl](http://www.verhoeven-leenders.nl)



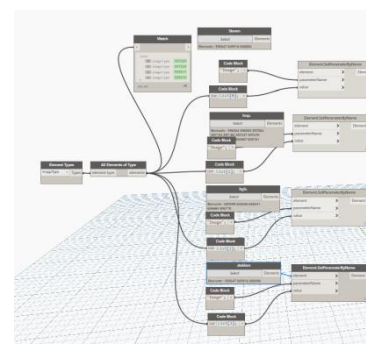
## 5. Buigstaten

Wanneer alle wapening gemodelleerd is kan je pas een buigstaat aanmaken. Door dit stappenplan te volgen komt de correcte buitenstaat er uit.

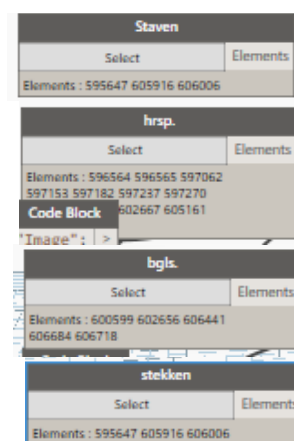
1. Voor het dynamo script "mark nummering" uit.
2. Ga naar de view "3D wapening" en zet alle wapeningsshape filters in de visibility graphics.
3. Open in dynamo het script "set image". (zie figuur 1)
4. (zie figuur 2) Zoek deze notes op in het script.
5. Zet de filters in Revit zo dat je maar een wapeningsvorm kunt zien in je view.
6. Druk in dynamo bij de juiste node op "select" daarna kan je de vormen dmv een cross-section selecteren.
7. Herhaal stap 5 en 6 voor alle wapeningsvormen die voorkomen en druk op "run"
8. Er is een schedule toegevoegd genaamd: "VL\_3D wapening" Wanneer deze op de tekening geplaatst wordt is het de juiste buigstaat.

Er wordt nog gekeken of het plaatsen van de image sneller kan. De schedule wordt nog niet opgedeeld te grootte van een A4.

De afbeelding wordt niet gecreëerd uit de gemodelleerde vorm.



Figuur 1



Figuur 2

VL_TH_3D wapening										
Positie nr.	Diameter	Aantal	Kwaliteit	Segment			Lengte	Gewicht per stuk	Gewicht	Buigvorm
				a	b	c				
1	10	4	FEB 500	8840	700		9510	5,83	23,30	
2	12	5	FEB 500	8850			8850	7,81	39,04	
3	6	3	FEB 500	8850			8850	1,95	5,86	
4	6	3	FEB 500	8850			8850	1,95	5,86	
5	8	74	FEB 500	300	150		720	0,28	20,95	
6	8	80	FEB 500	300	130		710	0,28	22,14	
7	8	8	FEB 500	300	130		710	0,28	2,21	
8	8	80	FEB 500	300	130		710	0,28	22,14	
9	8	9	FEB 500	300	130		710	0,28	2,49	
10	8	74	FEB 500	300	150		720	0,28	20,95	
11	8	22	FEB 500	300	150		720	0,28	6,23	
12	8	22	FEB 500	300	150		720	0,28	6,23	
13	8	17	FEB 500	7850			7850	3,08	52,32	
14	8	7	FEB 500	1470			1470	0,58	4,03	
15	8	7	FEB 500	5430			5430	2,13	14,91	

## 5.1 Schedule

Dit hoofdstuk is niet noodzakelijk om te lezen. In dit hoofdstuk wordt toe gelicht hoe de buigstaat is opgebouwd. De opbouw van de buigstaat is ongeveer het zelfde als de buigstaat welke uit tekla wordt gemaakt.

- Positie nummer:

Deze kolom is een combinatie van de parameter "mark" en "rebar nummer" De parameter mark geeft aan om welke wapeningsgroep het gaat en de parameter rebar nummer specificeert de specifieke staaf. Dit is nodig bij verlopende staaf groepen.

- Diameter, Aantal en Kwaliteit

Deze kolommen lezen de volgende parameters uit bar diameter, quantity en material.

- Segment:

Deze kolom is een gegroepeerde kolom, van alle individuele lengtes van de buigvorm onder verdeeld in de letters "a", "b" en "c". elke letter is een gecombineerde kolom van alle voorkomende parameters "a". Dit is gedaan omdat wanneer er zelf een wapeningsvorm wordt getekend definieert Revit zelfstandig de parameters welke de individuele lengtes weerspiegelen. Al deze parameters hebben een eigen guid.

- Lengte:

Deze kolom leest de volgende parameter uit Length.

- Gewicht per stuk en gewicht

Beide kolommen hangt een formule achter.

Gewicht per stuk:  $((\text{diameter} / 2) ^ 2) * \pi) * 0,0078 * (\text{Length} * 0,001)$

Gewicht: (Gewicht per stuk \* Quantity)

Het gewicht van een wapeningsstaaf per meter is afgeleid uit de formule van tekla.

- Buigvorm

In deze kolom wordt een afbeelding van de wapeningsstaaf weergegeven. De afbeelding is een op voorhand gedefinieerde afbeelding uit de installatie map.

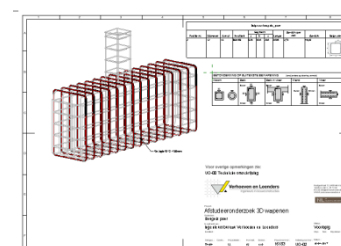
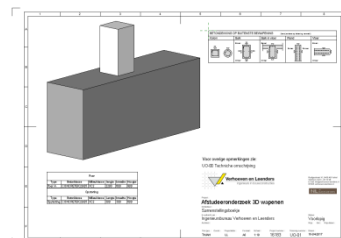
## 6. Samenstellingsboekje

Als er gevraagd wordt om een samenstellingsboekje gemaakt moet worden moet eerst het stappenplan van de buigstaat gevolgd worden. Daarna volgt er het volgende stappenplan om de samenstellingsboekjes te maken.

1. Stel een 3D view zo dat het de juiste stand heeft zoals ja het wilt weergegeven op de tekening. het is aan te raden om van deze 3d view een apart type te maken.
2. Lock de 3D view. Onder in de view instellingen staat het commando



3. Kopieer deze 3D view en geef hem de view instellingen "Samenstellingsboekje 01" bij deze view instellingen wordt alles structural rebar transparant weergegeven behalve de wapeningsstaaf waarbij de parameter "mark" is ingevuld met 1. Dit heb je al gedaan bij stap 1 van het stappenplan van de buigstaat. Deze wapeningsstaaf wordt rood opgelicht. (waarschijnlijk is deze wapeningsstaaf niet de eerste staaf welke geplaatst wordt tijdens het wapenen)
4. Herhaal stap 3 voor alle mark nummer welke voorkomen in het model. Kopieer de view template, de 3d view en de filter. Er wordt gekeken of dit automatisch gedaan kan worden.
5. Kopieer de schedule "VL\_3D wapening" en maak bij de kopie een filter aan op de parameter mark met een value van 1.
6. Herhaal stap 5 voor alle mark nummers welke voorkomen in het model.
7. Nu is het een kwestie van alle buigstaten en 3d views op een tekening te plaatsen. Je zult zelf de volgorde waarin de wapening geplaatst wordt moeten bepalen. Bijv. het kan voorkomen dat de wapening van mark13 eerder geplaatst moet worden dan de wapening van mark 2. Door de tekening nummers wordt de volgorde van het plaatsen van de wapening bepaald. (Probeer om alle views op de zelfde positie op de tekening te krijgen.)



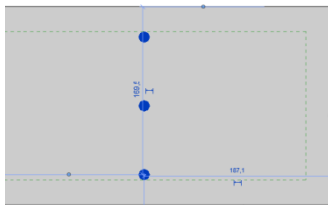
## 7. Aandachtspunten 3Dwapening in Revit 2017

### 7.1 Algemeen

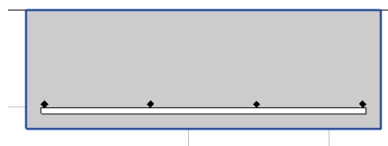
- Wanneer structural rebar wordt gemodelleerd wordt deze automatisch horizontaal geplaatst. Terwijl dit niet altijd gewenst is.

Figuur 3: Gecreëerd resultaat

Figuur 4: gewenst resultaat



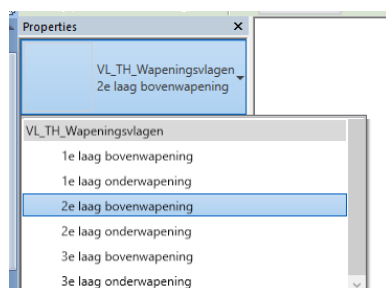
Figuur 4



Figuur 3

- Om de wapeningslaag aan te geven heb ik verschillende tag's gemaakt waar ik de wapeningsvorm mee tag. Dit is een arbeidsintensief proces. Ik verwacht dat dit efficiënter kan maar weet niet goed hoe ik dit kan maken.

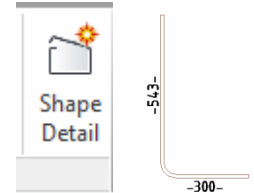
*Voor zover ik weet gaat dit in sofistik nog niet. Graag zou ik wel willen weten of dit efficiënter ingestoken kan worden?*



- Ik kwam er achter dat tijdens het modelleren de lengtes van de wapeningsstaven wijzigt. Op dit moment heb ik het opgelost door de lengtes op te sommen in een Schedule en deze dan aan te passen.

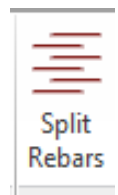
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Shape	Bar Length	Bar Diameter	a	b	c	d	e	f	g
hrsp.	1120 mm	9 mm	500	149,953	500	0	0	0	0
hrsp.	1120 mm	9 mm	500	150	500	0	0	0	0
hrsp.	1120 mm	9 mm	500	149,956	500	0	0	0	0
hrsp.	1120 mm	9 mm	500	150	500	0	0	0	0
hrsp.	1103 mm	9 mm	500	132,5	500	0	0	0	0
hrsp.	1100 mm	9 mm	500	130	500	0	0	0	0
hrsp.	1102 mm	9 mm	500	132	500	0	0	0	0
hrsp.	1102 mm	9 mm	500	132	500	0	0	0	0
hrsp.	1120 mm	9 mm	500	150	500	0	0	0	0
hrsp.	1082 mm	11 mm	500	148,3	494,491	0	0	0	0
hrsp.	1088 mm	11 mm	500	150	499,15	0	0	0	0
hrsp.	1084 mm	11 mm	500	148,3	496,58	0	0	0	0
hrsp.	1287 mm	11 mm	600	148,3	600	0	0	0	0
hrsp.	1089 mm	11 mm	500	150	499,939	0	0	0	0
hrsp.	1100 mm	9 mm	500	130	500	0	0	0	0
hrsp.	1287 mm	11 mm	600	148,3	600	0	0	0	0
hrsp.	1184 mm	11 mm	500	148,3	597	0	0	0	0

- Graag wil ik weten of er standaard wapeningscomponenten zijn  
bijv. voor hoekoplossingen wand/vloer beëindiging of een opstorting.
- Om de vorm van de wapening aan te geven (rode vierkanten in bijlage 1) maak ik  
een doorsnede waar ik alles uit filter behalve de gewenste wapeningsvorm.  
*Terwijl er in het programma Sofistik een commando is gemaakt waar ik met een  
druk op de knop de vorm eruit kan halen als een "detail item"*

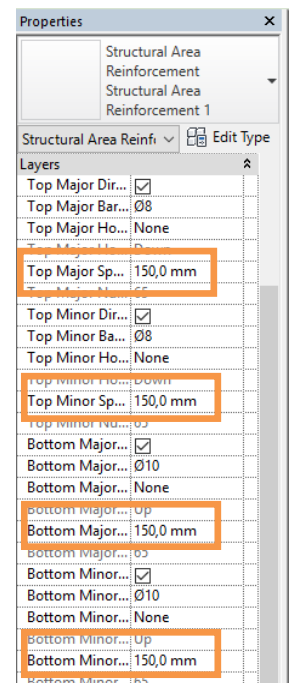
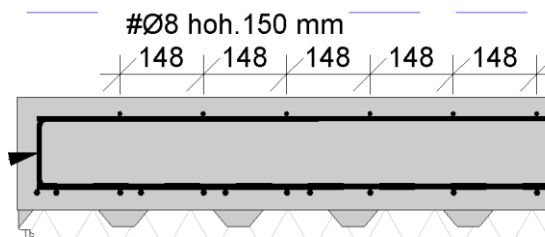


- Ik heb een Schedule gemaakt waarin wordt weergegeven wanneer er een staaf langer als  
14meter of meer als 25 kg weegt. Zodat ik weet dat deze staaf opgeknipt moet worden.  
Ivm handelslengte of verwerking.

*Terwijl er in het programma Sofistik een commando is gemaakt waar ik met een druk op de  
knop daarna een staaf kan selecteren waarbij ik aangeef bij welke lengte er een knip moet  
plaatsvinden en wat de overlappinglengte moet zijn.*

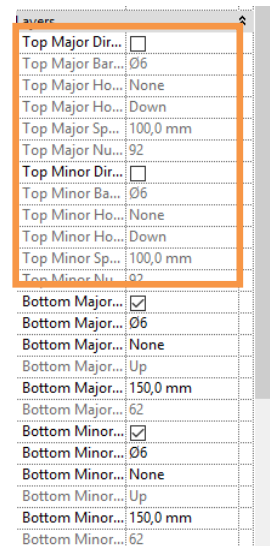
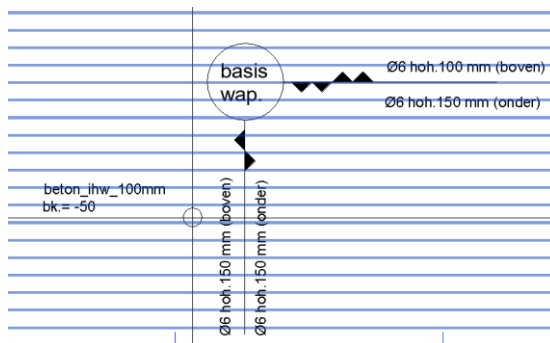
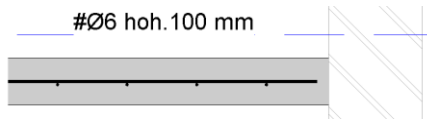


- Bij het commando Area Reinforcement kan je een hoh-afstand aangeven,  
echter blijkt dit een streef hoh-afstand te zijn.



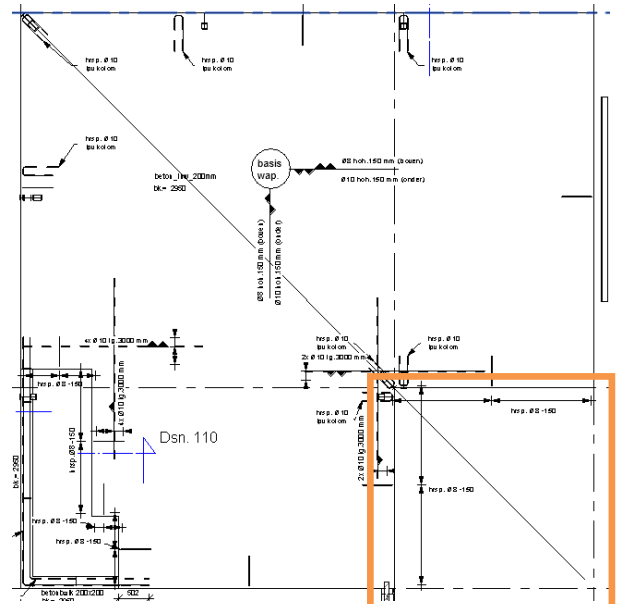
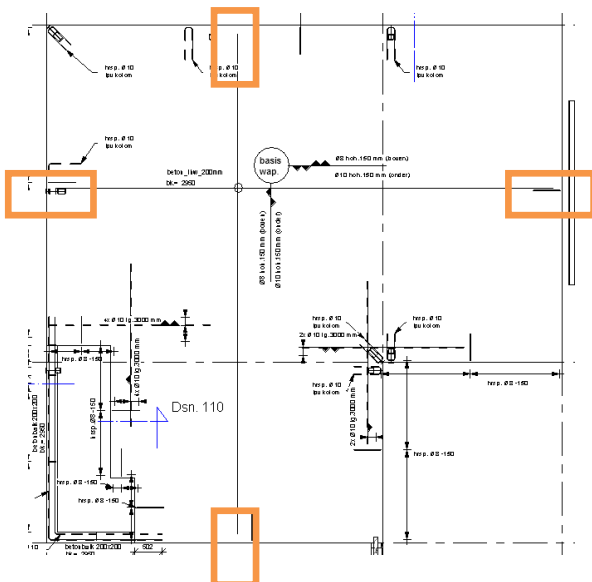


- Wanneer ik een laagsnetwapening ga modelleren doe ik dat door middel van Area Reinforcement waarna ik een laag uit zet. Het blijkt nu dat ik deze wapening nog wel kan uit lezen op tekening door middel van een tag

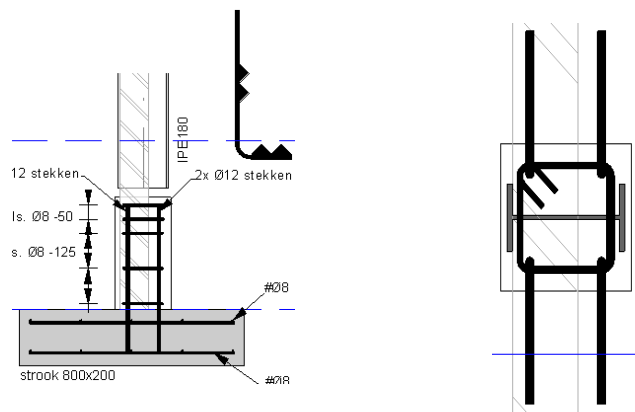


- Ik zou graag een funderingsstrook (beam) willen wapenen met Area Reinforcement helaas gaat dat niet. Nu los ik het op om door middel van lossen staven te wapenen
- Wanneer ik het leggebied van een Area Reinforcement wil taggen geeft deze niet het gehele leggebied weer. Wanneer ik de schuine lijn gebruik gaat hij

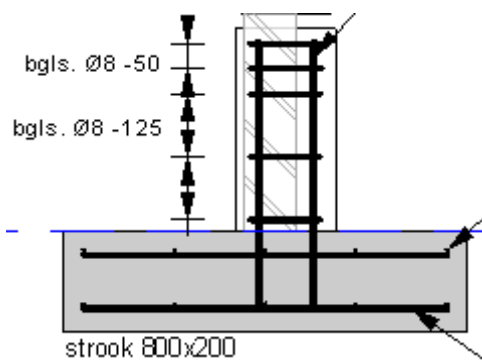
door de  
sparing  
heen.



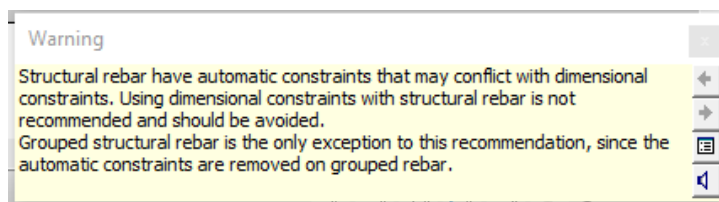
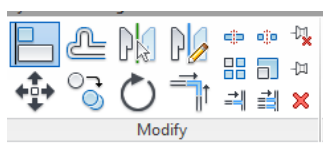
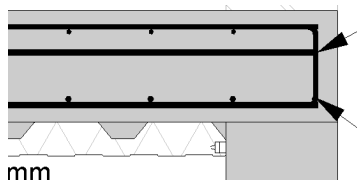
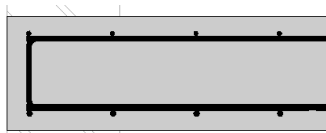
- Bij een opstorting wil ik stekken plaatsen. graag zou ik van deze stekken een groep of iets dergelijks maken zodat ik ze op tekening niet hoeft te taggen als 2x 2stekken



- Bij een opstorting wil ik de bonveste 2 beugels op een hoh-afstand van 50mm verder naar onderen mag de hoh-afstand groter worden. Hiervoor moet ik twee rebar Group modeleren graag zou ik dit in een Group willen kunnen.

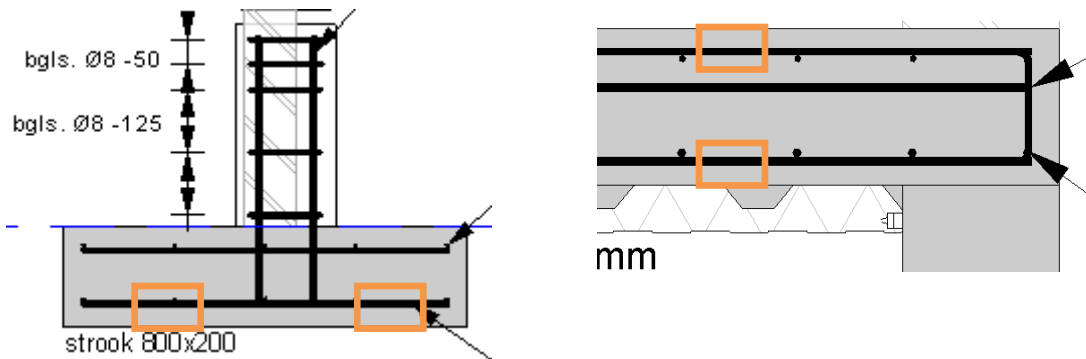


- Een haarspeld tpv de vloerrand wil ik graag koppelen aan de eerste/tweede laag hoofd wapening (ligt aan de wapeningsrichting). Wanneer ik deze koppel dmv het "align" commando krijg ik een foutmelding.

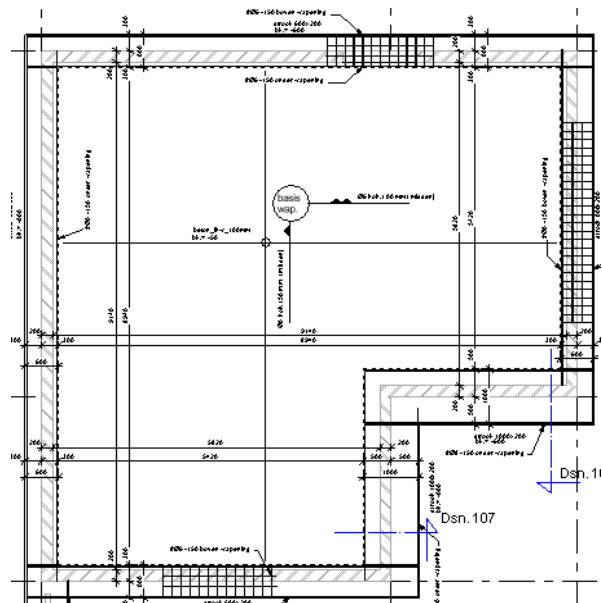


## 7.2 Tekening

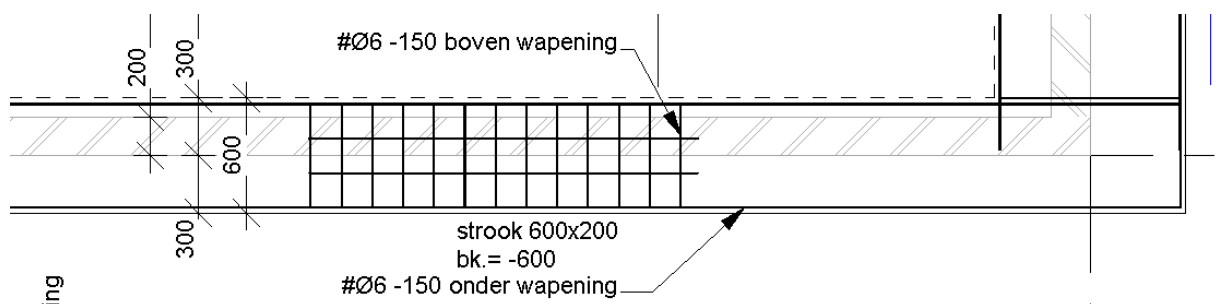
- Graag wil ik weten of er een mogelijkheid is om wapeningseinde aan te geven. Ik heb gekeken om een tag te maken maar om zo alle wapeningseinde aan te geven is arbeidsintensief



- Is het mogelijk om tpv een leggebied een arcering weer te geven op een tekening. Bijvoorbeeld voor het weergeven van boven wapening.



- Op dit moment geven wij in de parameter "comment" aan of het boven of onderwapening betreft en deze lezen wij uit in een tag. Graag wil ik weten of Dit ook automatisch uitgelezen kan worden.



## 7.3 Het destilleren van samenstellingsboekjes

Vanuit een opdrachtgever heeft Verhoeven en Leenders de vraag gekregen om samenstellingsboekjes te maken waar we een voorbeeld van hebben gekregen (zie bijlage 3). Het samenstellingsboekje bestaat uit twee delen: een 3D weergave en een buigstaat.

Ik heb nog niet gekeken naar de 3D weergave maar ik ben van plan om een 3D view in een sheet te plaatsen en door middel van filters de juiste weergave te realiseren. Ik denk echter dat het maatvoeren in 3D lastig wordt en dit te ondervangen in een Schedule of iets dergelijks. (hier ben ik nog mee bezig).

Voor de buigstaat heeft Verhoeven en Leenders een buigstaat als voorbeeld aangehouden (zie bijlage 4). In (bijlage 5) vindt je de buigstaat welke ik uit revit kan destilleren.

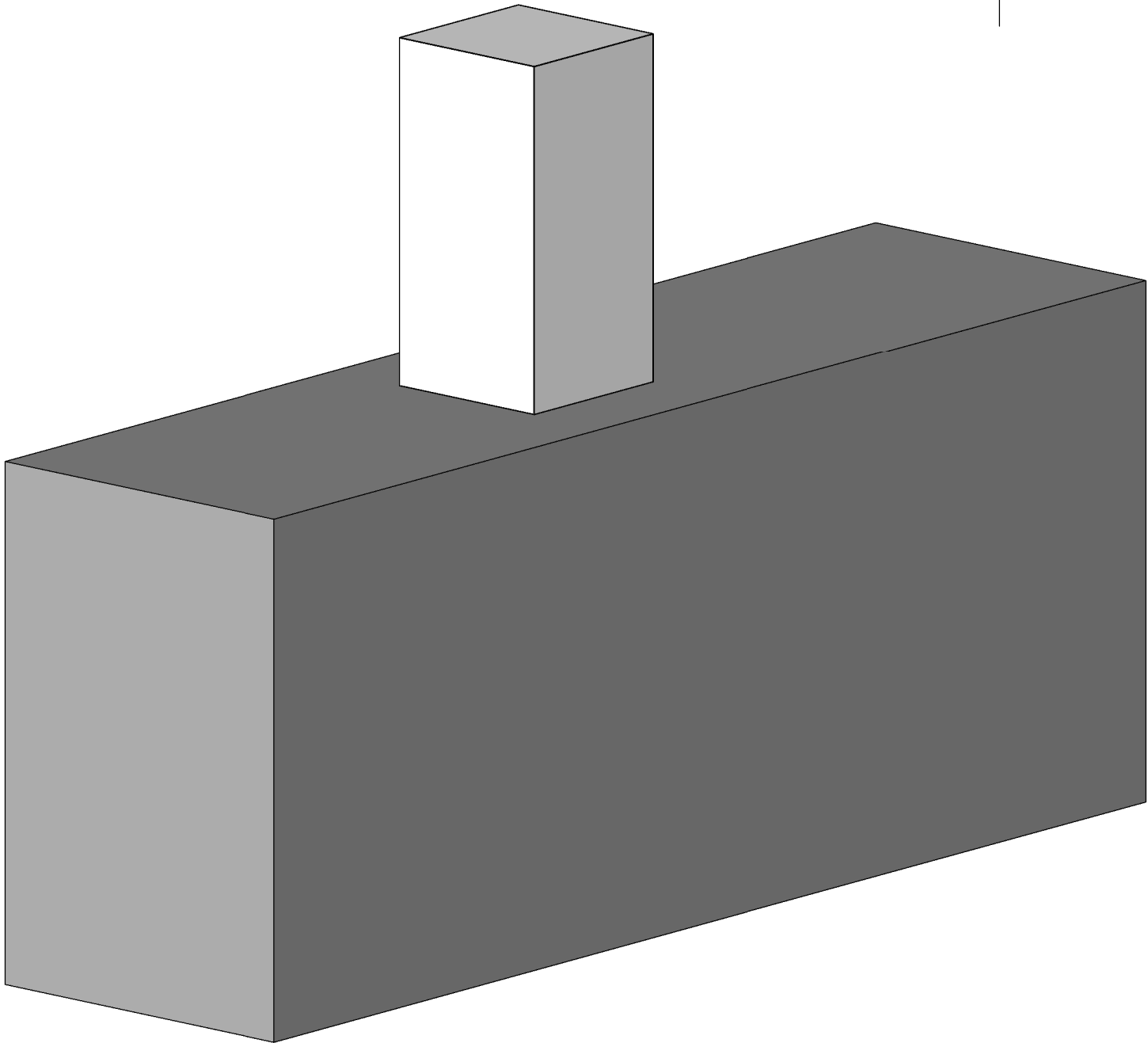
- ik heb de standaard wapeningsvormen uit de installatie map van Revit gebruikt.  
Omdat de "Reinforcement length" parameters in de family allemaal een andere guid hebben heb ik in de Schedule alle verschillende "a" & "b" & "c" parameters gecombineerd.
- Ik heb een dynamo script gemaakt waarin ik alle structural rebar de parameter "mark" wordt ingevuld.
- In de Schedule onder de kolom "Positie nr." heb ik de parameters "mark" en "rebar nummer" gecombineerd. Dit in verband met verlopende wapeningsvormen (zie bijlage 5 positie nr. 5-..)
- In de Schedule onder de kolommen "Gewicht per stuk" en "Gewicht" heb ik een formule achter gehangen om dit uit te rekenen. Deze heb ik gecontroleerd met de buigstaat uit bijlage 4 en deze komt overeen.
- Voor de buigvorm heb ik de standaard afbeeldingen uit de installatie map van revit gebruikt en deze met paint aangepast naar de situatie welke ik nodig heb.

Nu zijn mijn vragen:

- Is het mogelijk om de buigvorm met maten te genereren zoals bijlage 4?  
*In het programma sofistiek is dit mogelijk om wel andere plaatjes te generen (zie bijlage 6).*
- Sommige buigstaten worden heel groot. Is het mogelijk om in een Schedule de tabel te verdelen in stukken ter grootte van een A4?



## **Bijlage X Samenstellingsboekje**



Poer					
Type	Betonklasse	Milieuklasse	lengte	breedte	Hoogte
Poer A	CONCRETE/C20/25	XC2	2200	600	900
Opstorting					
Type	Betonklasse	Milieuklasse	Lengte	breedte	Hoogte
Opstorting	CONCRETE/C20/25	XC2	300	300	600

BETONDEKKING OP BUITENSTE BEWAPENING (tenzij anders op tekening vermeld)				
Kolom	Balk	Balk in vloer	Wand	Vloer

Voor overige opmerkingen zie:  
UO-00 Technische omschrijving



Rudigerstraat 10, 5408 AB Volkel  
Telefoon: 0413 - 25 10 96  
E-mail: info@verhoeven-leenders.nl  
WWW.verhoeven-leenders.nl



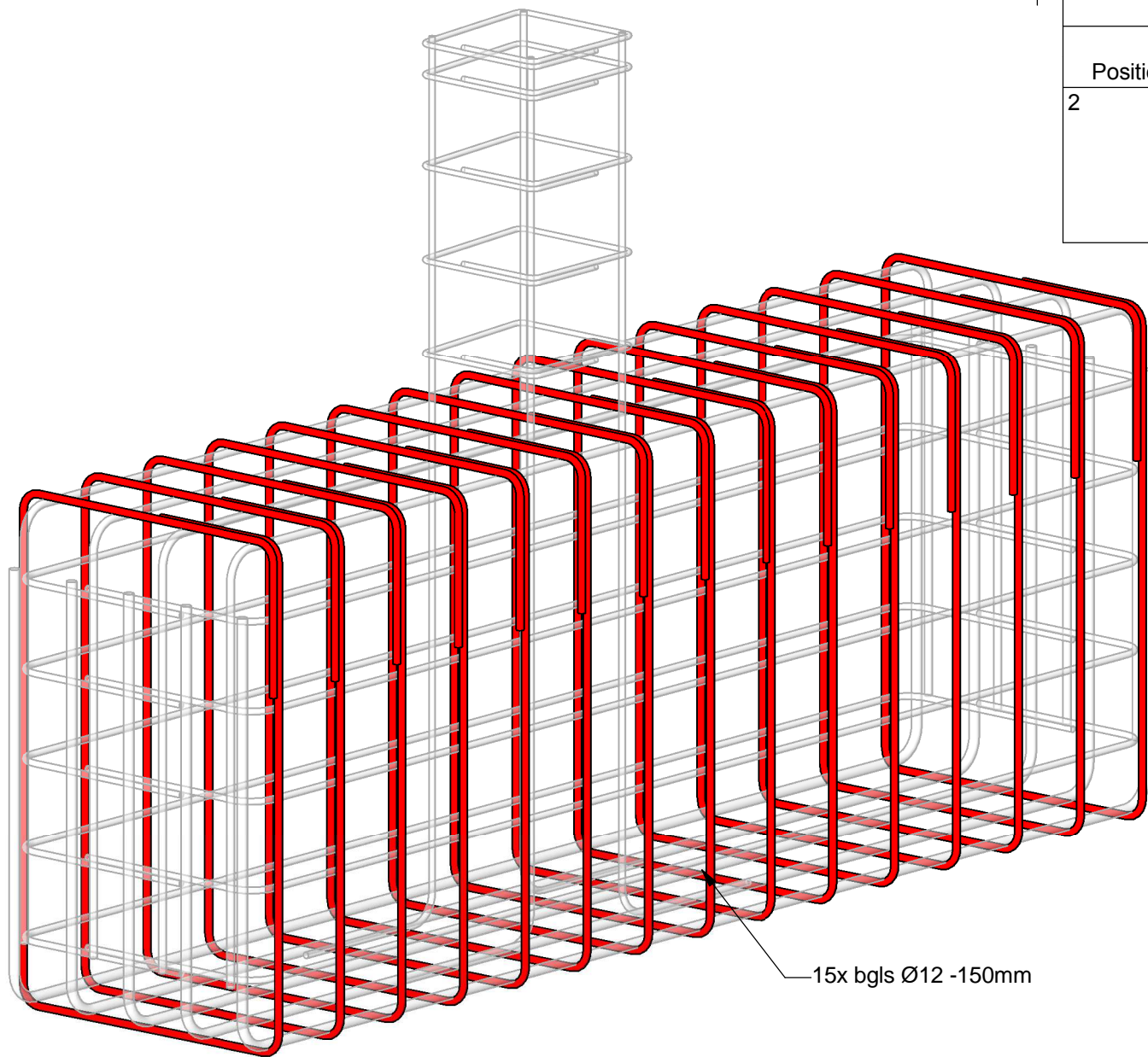
Project :  
**Afstudeeronderzoek 3D wapenen**  
Onderdeel :  
**Samenstellingsboekje**

In opdracht van :  
**Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders**  
Architect :

Status:  
**Voorlopig**

Wijz.: Get.: Wijz.datum :

Tek./gez. : Constr. : Projectleider : Formaat : Schaal : Project nummer : Tekening nummer : Datum :  
TH/AH LL A3 1:10 16183 UO-01 18-04-2017



Buigstaat beugels_poer										
Positie nr.	Diameter	Aantal	Kwaliteit	Segment			Lengte	Gewicht per stuk	Gewicht	Buigvorm
				a	b	c				
2	12	15	B500B	530	830	250	3090	2,73	40,93	

BETONDEKKING OP BUITENSTE BEWAPENING <small>(tenzij anders op tekening vermeld)</small>				
Kolom	Balk	Balk in vloer	Wand	Vloer

Voor overige opmerkingen zie:  
UO-00 Technische omschrijving



Rudigerstraat 10, 5408 AB Volkel  
Telefoon: 0413 - 25 10 96  
E-mail: info@verhoeven-leenders.nl  
WWW.verhoeven-leenders.nl

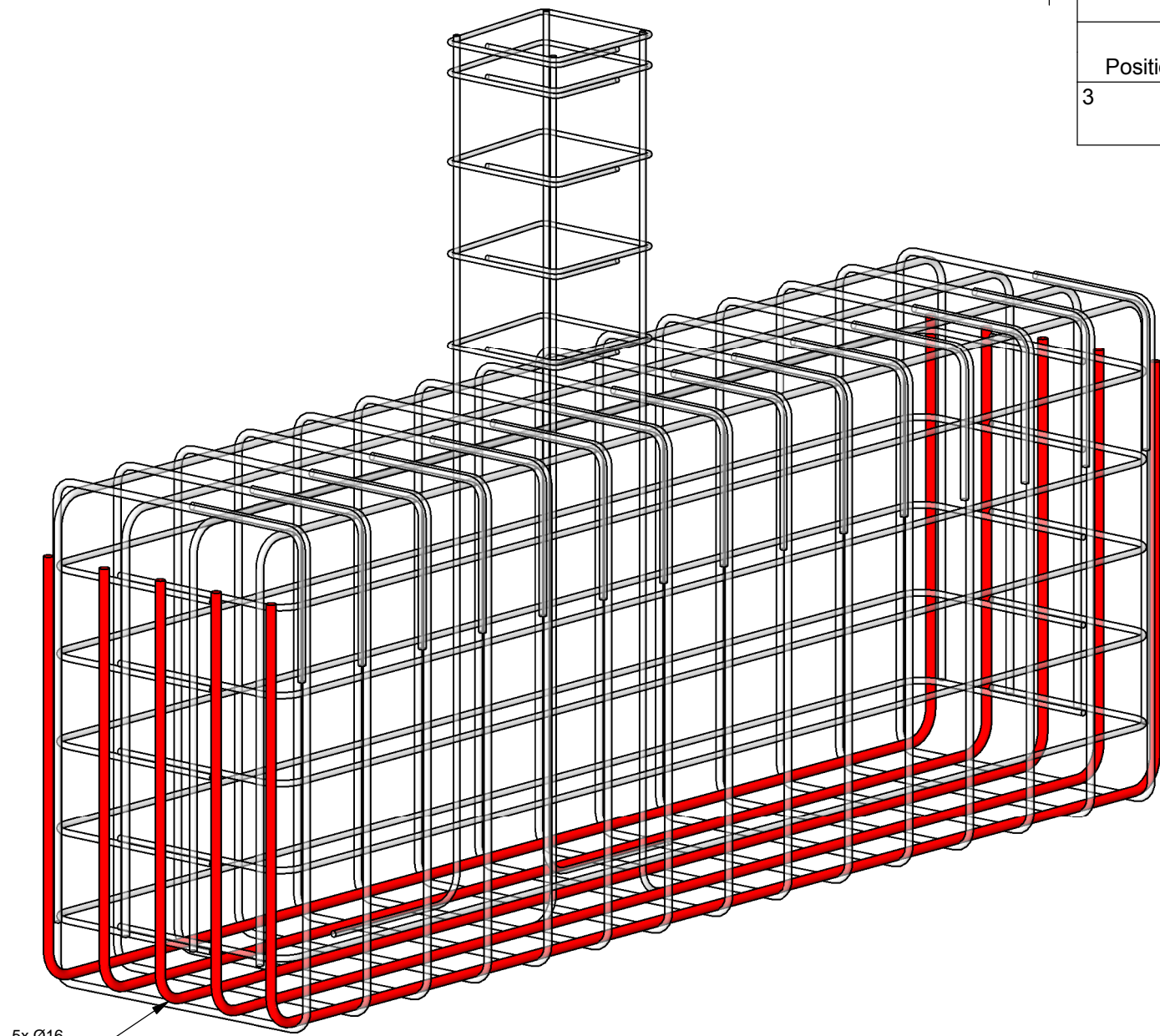


Project :  
**Afstudeeronderzoek 3D wapenen**  
Onderdeel :  
**Beugels poer**

In opdracht van :  
**Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders**  
Architect :

Status:  
**Voorlopig**  
Wijz.: Get.: Wijz.datum :

Tek./gez. : Constr. : Projectleider : Formaat : Schaal : Project nummer : Tekening nummer : Datum :  
TH/AH LL A3 1:10 16183 UO-02 18-04-2017



5x Ø16

### Buigstaat onderwapening

Positie nr.	Diameter	Aantal	Kwaliteit	Segment			Lengte	Gewicht per stuk	Gewicht	Buigvorm
				a	b	c				
3	16	5	B500B	700	2130		3460	5,42	27,11	

### BETONDEKKING OP BUITENSTE BEWAPENING

(tenzij anders op tekening vermeld)

Kolom	Balk	Balk in vloer	Wand	Vloer

Voor overige opmerkingen zie:  
UO-00 Technische omschrijving



Rudigerstraat 10, 5408 AB Volkel  
Telefoon: 0413 - 25 10 96  
E-mail: info@verhoeven-leenders.nl  
WWW.verhoeven-leenders.nl



Project :  
**Afstudeeronderzoek 3D wapenen**  
Onderdeel :  
**Onderwapening**

In opdracht van :  
**Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders**  
Architect :

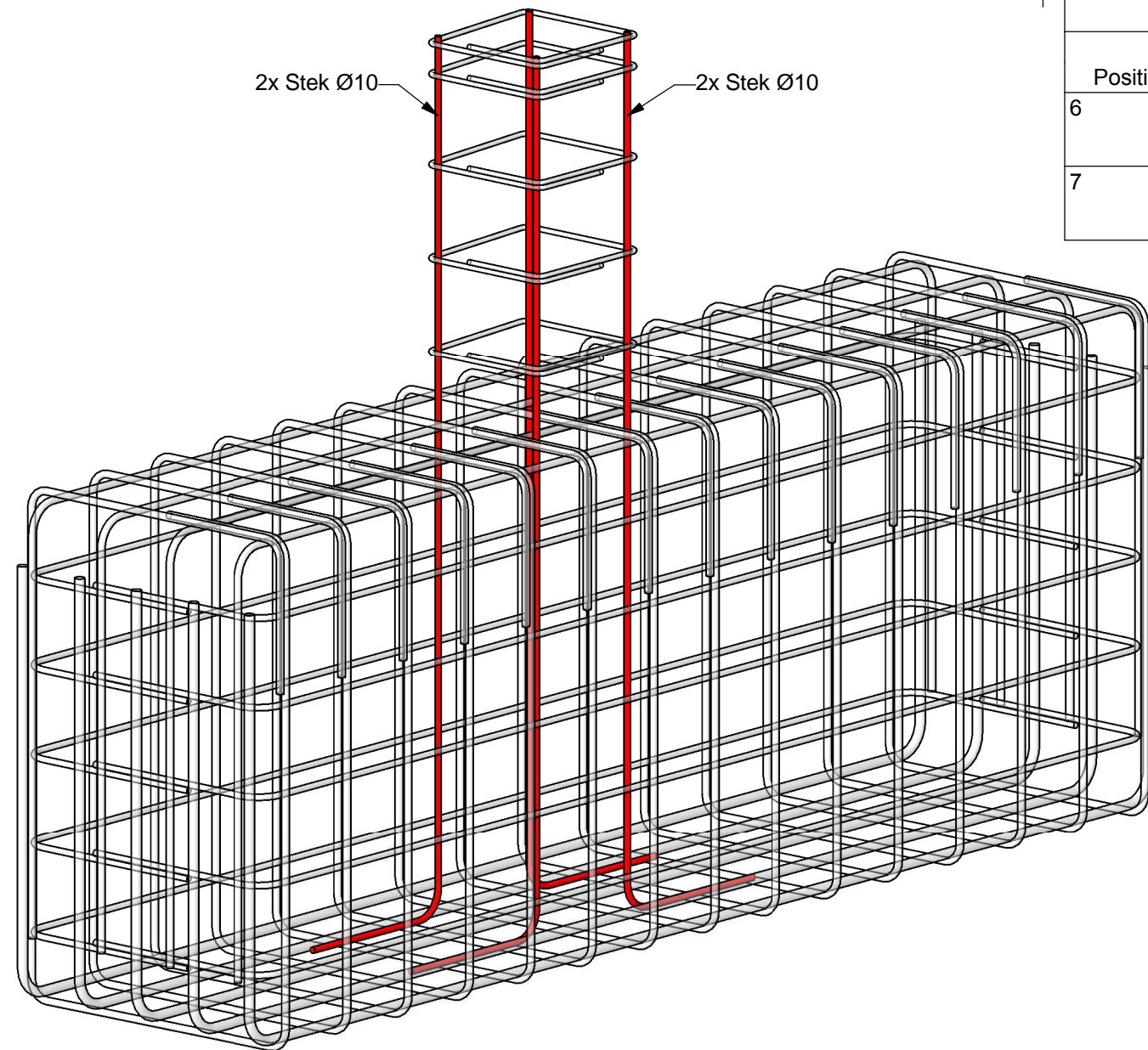
Status:  
**Voorlopig**

Wijz.: Get.: Wijz.datum :

Tek./gez. : Constr. : Projectleider : Formaat : Schaal : Project nummer : Tekening nummer : Datum :  
TH/AH LL A3 1:10 16183 UO-03 18-04-2017

© ing.bureau Verhoeven en Leenders bv. Deze tekening mag niet worden vermenigvuldigd of aan derden ter inzage worden gegeven zonder onze schriftelijke toestemming.





Buigstaat stekken										
Positie nr.	Diameter	Aantal	Kwaliteit	Segment			Lengte	Gewicht per stuk	Gewicht	Buigvorm
				a	b	c				
6	10	2	B500B	1418	300		1690	1,03	2,07	
7	10	2	B500B	1418	300		1690	1,03	2,07	

BETONDEKKING OP BUITENSTE BEWAPENING <small>(tenzij anders op tekening vermeld)</small>				
Kolom	Balk	Balk in vloer	Wand	Vloer

Voor overige opmerkingen zie:  
UO-00 Technische omschrijving



Rudigerstraat 10, 5408 AB Volkel  
Telefoon: 0413 - 25 10 96  
E-mail: info@verhoeven-leenders.nl  
WWW.verhoeven-leenders.nl



Project :  
**Afstudeeronderzoek 3D wapenen**  
Onderdeel :  
**Stekken**

In opdracht van :  
**Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders**  
Architect :

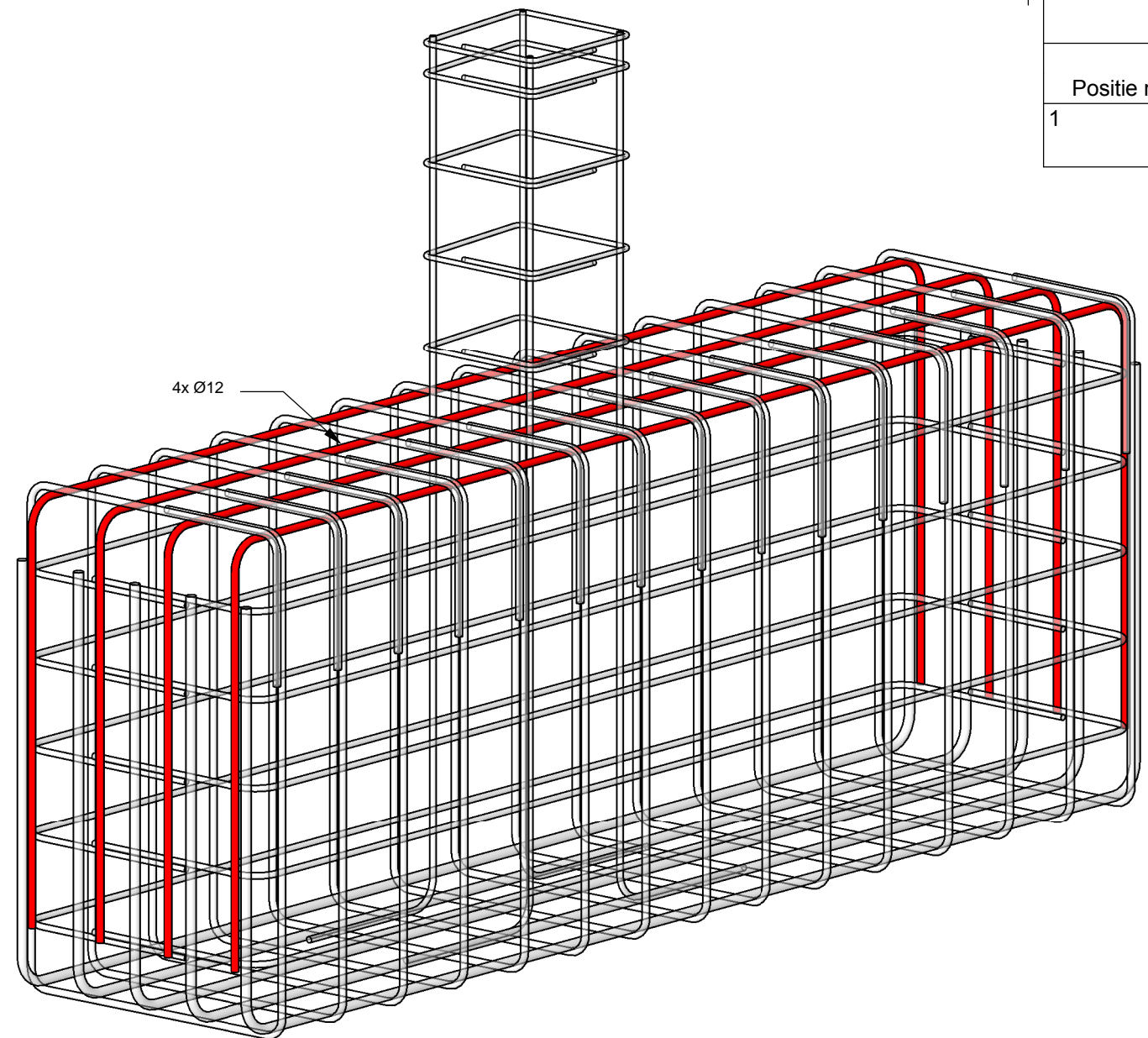
Status:  
**Voorlopig**  
Wijz.: Get.: Wijz.datum :

Tek./gez. : Constr. : Projectleider : Formaat : Schaal : Project nummer : Tekening nummer : Datum :  
TH/AH LL A3 1:10 16183 UO-04 18-04-2017

© ing.bureau Verhoeven en Leenders bv. Deze tekening mag niet worden vermenigvuldigd of aan derden ter inzage worden gegeven zonder onze schriftelijke toestemming.







Buigstaat bovenwapening										
Positie nr.	Diameter	Aantal	Kwaliteit	Segment			Lengte	Gewicht per stuk	Gewicht	Buigvorm
				a	b	c				
1	12	4	B500B	700	2130		3470	3,06	12,23	

Voor overige opmerkingen zie:  
UO-00 Technische omschrijving



Rudigerstraat 10, 5408 AB Volkel  
Telefoon: 0413 - 25 10 96  
E-mail: info@verhoeven-leenders.nl  
WWW.verhoeven-leenders.nl

**NL** LID  
INGENIEURS

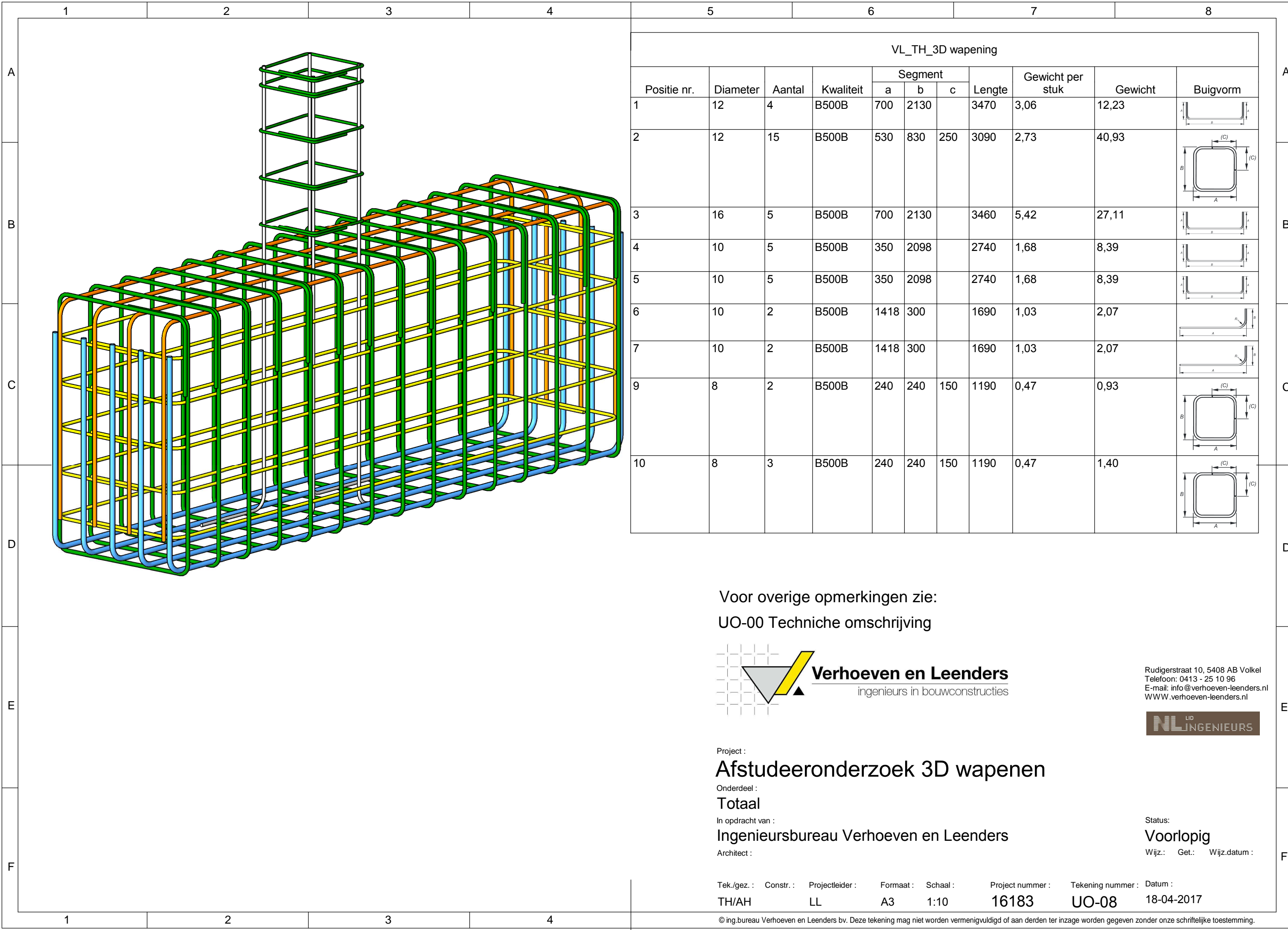
Project :  
**Afstudeeronderzoek 3D wapenen**  
Onderdeel :  
**Bovenwapening**  
In opdracht van :  
**Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders**  
Architect :

Status:  
**Voorlopig**  
Wijz.:    Get.:    Wijz.datum :

Tek./gez. :	Constr. :	Projectleider :	Formaat :	Schaal :	Project nummer :	Tekening nummer :	Datum :
TH/AH		LL	A3	1:10	16183	UO-06	18-04-2017

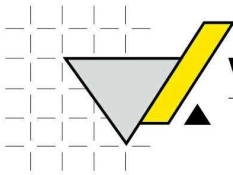






VL_TH_3D wapening										
Positie nr.	Diameter	Aantal	Kwaliteit	Segment			Lengte	Gewicht per stuk	Gewicht	Buigvorm
				a	b	c				
1	12	4	B500B	700	2130		3470	3,06	12,23	
2	12	15	B500B	530	830	250	3090	2,73	40,93	
3	16	5	B500B	700	2130		3460	5,42	27,11	
4	10	5	B500B	350	2098		2740	1,68	8,39	
5	10	5	B500B	350	2098		2740	1,68	8,39	
6	10	2	B500B	1418	300		1690	1,03	2,07	
7	10	2	B500B	1418	300		1690	1,03	2,07	
9	8	2	B500B	240	240	150	1190	0,47	0,93	
10	8	3	B500B	240	240	150	1190	0,47	1,40	

Voor overige opmerkingen zie:  
UO-00 Technische omschrijving



**Verhoeven en Leenders**  
ingenieurs in bouwconstructies

Rudigerstraat 10, 5408 AB Volkel  
Telefoon: 0413 - 25 10 96  
E-mail: info@verhoeven-leenders.nl  
WWW.verhoeven-leenders.nl



Project :  
**Afstudeeronderzoek 3D wapenen**  
Onderdeel :  
**Totaal**

In opdracht van :  
**Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders**  
Architect :

Status:  
**Voorlopig**

Wijz.:    Get.:    Wijz.datum :

Tek./gez.:    Constr.:    Projectleider :    Formaat :    Schaal :    Project nummer :    Tekening nummer :    Datum :  
TH/AH                    LL                    A3                    1:10                    16183                    UO-08                    18-04-2017