

# Aanvaringsrisico's langs de Hollandsche IJssel.

Bouwplan Zelling, Nieuwerkerk a/d IJssel



AA - Planadvies  
altijd vooruitstrevend



## Voorwoord en leeswijzer

AA-Planadvies is een eenmansbedrijf en gespecialiseerd in binnenvaart, logistiek en complexe infrastructuur zoals havens, bruggen, aquaducten, sluizen, enz. Daarvoor wordt samengewerkt met de meest uiteenlopende partijen en adviesbureaus. Gert Schouwstra is zelf opgegroeid in de Rijn- en binnenvaart. Hij heeft gewerkt in de maakindustrie en als schadeacceptant/expert voor een grote maritieme verzekeraar. Daarna is hij opgeleid als ingenieur en bestuurskundige en nu al vele jaren werkzaam als beleidsmaker en strategisch adviseur op het gebied van havens en vaarwegen. Vanaf 2011 doet hij dit als zelfstandige.

AA-Planadvies werkt al vanaf de oprichting samen met Nederlandse Vereniging van Binnenhavens te Rotterdam, en is sinds 2016 geassocieerd lid van deze brancheorganisatie. Meestal wordt gewerkt in opdracht van vaarwegbeheerders of projectorganisaties binnen de overheid en soms ook voor ingenieursbureaus of de Commissie MER. Er wordt ook gewerkt voor buitenlandse opdrachtgevers, bijvoorbeeld uit Zweden, Duitsland, België of het Verenigd Koninkrijk.

AA-Planadvies is door de gemeente Zuidplas in Nieuwerkerk aan den IJssel gevraagd om een deskundigenoordeel, inzake het bouwplan Zelling langs de Hollandsche IJssel. Dit plan heeft enkele jaren stilgelegen en is recent weer geactiveerd. Het gaat om een voormalig industrieterrein wat na sanering een top-woningbouwlocatie moet gaan worden. Rijkswaterstaat is vaarwegbeheerder voor de Hollandsche IJssel en heeft ingebracht veiligheidsrisico's te zien vanwege de mogelijkheid dat de nieuwe huizen aangevaren kunnen worden door schepen. In deze korte notitie wordt ingegaan op de aannemelijkheid van dit scenario, alsmede een inschatting van de mogelijke effecten en risico's.

Ing. Gert Schouwstra BPM.

AA-Planadvies  
Loëngasterlaan 23  
8604 ZC Sneek  
0515-764411  
[gertschouwstra@aa-planadvies.nl](mailto:gertschouwstra@aa-planadvies.nl)

# Inhoudsopgave

Voorwoord en leeswijzer.....	3
Inhoudsopgave .....	4
1 De feiten.....	5
1.1 De Hollandsche IJssel.....	5
1.2 Het project Zelling Onderneming.....	6
1.3 Voorkomende scheepstypen op de Hollandsche IJssel.....	7
1.4 Vrijwaringszone.....	8
1.5 Toetsing en Watervergunning.....	9
1.6 Aanvaringen van huizen en objecten.....	10
2 Algemene beoordeling van de situatie.....	12
2.1 Is er een reële kans dat een schip de projectlocatie ergens kan raken?.....	13
2.2 Onder welke aanvaringshoek kan de projectlocatie worden geraakt?.....	14
2.3 Wat is het effect van de wisselende waterstanden op het risico?.....	15
2.4 Hoe ligt het plan ten opzichte van de geldende zones?.....	16
2.5 Waarmee moet bij een aanvaring rekening worden gehouden?.....	17
3 Beoordeling van alle dwarsdoorsneden.....	18
3.1 Beoordeling van dwarsdoorsnede A.....	19
3.2 Beoordeling van dwarsdoorsnede B.....	20
3.3 Beoordeling van dwarsdoorsnede C.....	21
3.4 Beoordeling van dwarsdoorsnede D.....	22
4 Aangepaste constructie van de woningen.....	23
5 Conclusies.....	24
6 Verantwoording.....	25
7 Bijlage: Rapportage Geo2 engineering.....	25

# 1 De feiten.

## 1.1 De Hollandsche IJssel.

### Beschrijving:

De "Gekanaliseerde Hollandsche IJssel" loopt vanaf de "Doorslag" in Vreeswijk via IJsselstein, Montfoort, Oudewater en Haastrecht tot aan de waaiersluis ten zuiden van Gouda. Dit gedeelte betreft zijn water via sluisen van de aangrenzende vaarwegen.

Vanaf de waaiersluis loopt de Hollandsche IJssel verder via Moordrecht, Nieuwerkerk a/d IJssel, Capelle a/d IJssel totdat hij bij Krimpen a/d IJssel uitmondt in de Nieuwe Maas  $\pm$  1 km bovenstrooms van de Van Brienoordbrug. Deze niet gekanaliseerde benedenloop van de Hollandsche IJssel krijgt zijn hoofdwateraanvoer vanaf de Nieuwe Maas. Daarbij wordt de waterbeweging op de Hollandsche IJssel tot aan de waaiersluis voornamelijk beheerst door de getijbeweging op de Nieuwe Maas. Het normale peil op de rivier varieert daardoor tussen NAP -0,80 tot + 1,20 m.

Nabij Krimpen a/d IJssel kan de Hollandsche IJssel afgesloten worden d.m.v. een stormvloedkering om zodoende ongewenst hoge waterstanden op de Hollandsche IJssel te keren. Naast de kering ligt een schutsluis. De kering wordt alleen bij stormvloed gesloten wanneer een waterstand op de Hollandsche IJssel van tenminste NAP + 2.25 m (keerpeil) wordt verwacht. Deze situatie komt 4 tot 6 keer per jaar voor. De minimale dijkhoogte langs de Hollandsche IJssel bedraagt ca. NAP + 3.50 m. Dat het keerpeil NAP + 2.25 m bedraagt, houdt niet in dat er geen waterstanden boven dit peil op het bovenstroomse deel van de Hollandsche IJssel kunnen voorkomen, maar dit wordt wel zo veel mogelijk beperkt. De schutsluis blijft functioneren tot het peil van NAP + 2,50 m is bereikt, daarna is er geen scheepvaart meer mogelijk. Wanneer het peil van NAP + 2,60 m wordt bereikt wordt er een maalstop voor de poldergemalen afgekondigd<sup>1</sup>.

### Ontstaan:

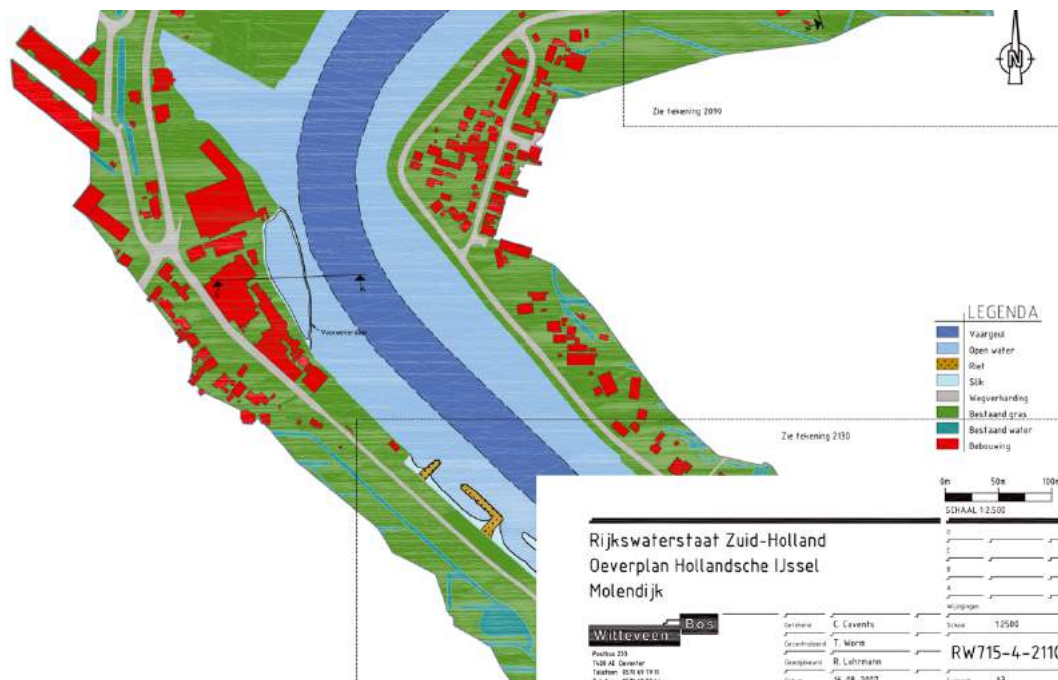
De Hollandsche IJssel was vroeger een zijtak van de Lek. Deze aftakking lag ca. 2 km benedenstrooms van Vreeswijk. In overeenstemming met de huidige loop stroomde de rivier langs de steden IJsselstein, Montfoort, Oudewater, Haastrecht en Gouda om bij Krimpen a/d IJssel uit te monden in de Nieuwe Maas. Door de eeuwen heen is de rivier een bedreiging geweest voor de menselijke bewoning i.v.m. overstromingen. Daarom werd al in 1291 door Graaf Floris V het besluit genomen de IJssel bij het beginpunt aan de Lek af te dammen. Hierdoor slibde de rivier langzaam dicht, wat rampzalig was voor de toenmalige scheepvaart op de Hollandsche IJssel. Een spuisluis in de nieuwe IJsseldam had, door de getijwerking op de rivier vanaf de Nieuwe Maas ook geen resultaat. Daarom is de Doorslag gegraven met daarin een sluis als verbindingskanaal naar de Vaartsche Rijn (nu het noordelijk pand van het Merwedekanaal). De totale lengte van de huidige Hollandsche IJssel, inclusief de Doorslag, is 52 km. In 1862 werd de rivier bovenstrooms van Gouda afgesloten door de voltooiing van een schutsluis en twee spuisluizen bij Haastrecht. De bovenloop van de rivier werd daarbij gekanaliseerd en zo was het gebied tevens beveiligd tegen hoge stormvloed.

Al voor 1939 zijn er diverse verbeteringswerken uitgevoerd in de benedenloop van de Hollandsche IJssel t.b.v. de scheepvaart zoals de bochtafsnijdingen bij Capelle a/d IJssel,

---

<sup>1</sup> Draaiboek waterbeheer Hollandsche IJssel en Lek, Rijkswaterstaat 2006.

Krimpen a/d IJssel, Moordrecht, Nieuwerkerk a/d IJssel en Ouderkerk a/d IJssel. Ook de monding van de Hollandsche IJssel in de Nieuwe Maas is verbeterd en er kwam een nieuwe verbinding met de Gouwe met een grote schutsluis, de Julianasluis. Maar de niet-gekanaliseerde benedenloop van de Hollandsche IJssel bleef nog steeds onbeschermd tegen stormvloed, per getij komt ongeveer 4 miljoen m<sup>3</sup> water bij de mond naar binnen. Na de stormvloed van 1953, werd opdracht gegeven om een waterkering te bouwen en in 1958 werd deze stormvloedkering, voorlopig voorzien van 1 schuif, in bedrijf genomen. In 1976 is een tweede schuif aangebracht waarmee de stormvloedkering compleet is geworden. Naast de kering werd een schutsluis voor de scheepvaart gebouwd.



Afbeelding 1: Vooroeverplan voor het projectgebied (bron Rijkswaterstaat, 2007)

Door jarenlang industrieel gebruik waren de oevergebieden langs de Hollandsche IJssel soms zwaar vervuild geraakt en was de rivier als leefgebied voor plant- en diersoorten van zeer slechte kwaliteit geworden. Midden jaren '90 zijn er door RWS, provincie en gemeenten plannen opgesteld voor een projectmatige aanpak, waarbij natuurwaarden werden hersteld in combinatie met sanering en herontwikkeling. Hiervoor werden convenanten gesloten en is onder meer een vooroeverplan opgesteld. Het plangebied Zelling Onderneming is één van de laatste gebieden die nog aangepakt moet worden.

## 1.2 Het project Zelling Onderneming.

Op 14 december 2016 werd door de gemeente Zuidplas en Synchron een intentieovereenkomst getekend met betrekking tot de herontwikkeling van Zelling Onderneming in Nieuwerkerk aan den IJssel tot een woningbouwlocatie. Deze ontwikkeling was vanaf 2008 eerst door een andere projectontwikkelaar opgepakt, maar vanwege de recessie stilgelegd.

De Zelling Onderneming ligt als een vooruitgeschoven post van het waardenlandschap in de buitenbocht van de IJssel. De 's Gravenweg komt ter hoogte van de Zelling Onderneming uit op de IJsseldijk, ter plaatse bekend als Kortenoord / Groenendijk. Iets verderop staat Molen Windlust symbool voor de oude functie van de zelling als voormalig bedrijfsterrein. De molen



is een markant ruimtelijk element. Kortenoord had vroeger een zelfstandiger karakter, maar maakt nu deel uit van Nieuwerkerk.

Het nieuwe plan van Synchron zal ongeveer 70 woningen omvatten, merendeels grondgebonden. Een klein appartementengebouw markeert de plek waar het plangebied een knik maakt; hierdoor ontstaat een weids uitzicht over de rivier, zowel stroomopwaarts als –afwaarts. De meeste woningen zullen op de Hollandsche IJssel georiënteerd zijn.



**Afbeelding 2 project Zelling Onderneming. (artist impression Synchron)**

Gemeente Zuidplas en Synchron hebben de gezamenlijke ambitie om voor deze ontwikkeling uit te willen gaan van de realisatie van een zogenaamde ‘gasloze’ wijk en tevens in te zetten op een innoverende wijze van bodemsanering. In december 2017 hebben partijen een samenwerkingsovereenkomst gesloten. Met inzet van constructeur en architect wordt het plan nu verder uitgewerkt en op haalbaarheid getoetst, parallel met de procedure voor vaststelling van het ruimtelijke plan. Als alles volgens planning verloopt kunnen de eerste woningen in 2019 gebouwd gaan worden.

### **1.3 Voorkomende scheepstypen op de Hollandsche IJssel.**

Op de Hollandsche IJssel gelden maximale afmetingen voor schepen van 110 x 11,5 x 4,7 meter. Dit komt overeen met CEMT klasse Va. Ook varen er veel schepen van klasse III en IV op de rivier. Deze schepen zijn geladen of komen leeg terug van hun bestemming.

Klasse		
III	 Dortmund-Eemskanaalschip (Dortmunder) Lengte 67 meter - breedte 8,20 meter - diepgang 2,50 meter - laadvermogen 1.000 ton	 40 x
IV	 Rijn-Hernekanaalschip (Europaschip) Lengte 85 meter - breedte 9,50 meter - diepgang 2,50 meter - laadvermogen 1.350 ton	 54 x
Va	 Groot Rijnschip Lengte 110 meter - breedte 11,40 meter - diepgang 3,00 meter - laadvermogen 2.750 ton	 120 x

Created by Paint X

Afbeelding 3: Scheepstypen CEMT III t/m Va. (Bureau Voorlichting Binnenvaart)

In Afbeelding 3 zijn de afmetingen van de op de rivier varende schepen afgenomen. Omdat Rijkswaterstaat op de rivier een grotere diepgang van maximaal 4,7 meter toestaat, kunnen schepen meer lading meenemen dan in de tabel is opgenomen. Niet alle schepen kunnen tot die maximale diepgang afladen.

Een Groot Rijnschip kan bij een diepgang van 4,7 meter ongeveer 4.500 ton lading meenemen. Het eigen gewicht van zo'n schip bedraagt ongeveer 1.000 ton.

Een leeg schip van deze klasse heeft voor een diepgang van slechts 0,20 m en achter van 1,80 m. Gemiddeld is dat dus 0,90 meter en het schip ligt achterover. Hierdoor kan een leeg schip bij aanvaringen makkelijk over een object heen schuiven. Per centimeter inzinking kan meestal iets meer 12 ton worden meegenomen. Bij een diepgang van 2,50 m wordt nog circa 2.100 ton meegenomen.

De Hollandsche IJssel is niet aangewezen als route voor gevaarlijke stoffen, maar deze worden wel over de rivier vervoerd. Dit betreft containerschepen en incidenteel tankers. De moderne binnenvaartschepen welke ingericht zijn voor het vervoer van gevaarlijke stoffen mogen, zijn dubbelwandig uitgevoerd en zo veilig dat bij aanvaring geen extra risico's ontstaan die in deze beoordeling moeten worden meegenomen.

### 1.4 Vrijwaringszone.

Op 22 augustus 2011 heeft het Rijk algemene regels ter bescherming van nationale ruimtelijke belangen vastgesteld. In dit Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro) zijn zogeheten "vrijwaringszones" langs Rijkswaarswegen vastgelegd. Uit het overleg met Rijkswaterstaat, die de beheerder is van de vaarweg, is gebleken dat de ontwikkelde schetsplannen binnen de vrijwaringszone zijn gelegen. In hoofdstuk 2 Barro is hierover het volgende opgenomen:



## Hoofdstuk 2. Nationale belangen

### Titel 2.1. Rijksvaarwegen

#### Artikel 2.1.1. (begripsomschrijvingen)

1. In deze titel en de daarop berustende bepalingen wordt verstaan onder:
- CEMT-klasse: vaarwegklasse zoals vastgesteld door de Conférence Européenne des Ministres de Transport (CEMT), gebaseerd op de afmetingen van standaardschepen en duwstellen;
  - rijksvaarweg: voor het openbaar verkeer van schepen openstaand oppervlaktewaterlichaam in beheer bij het Rijk als bedoeld in [artikel 3.1 van het Waterbesluit](#), uitgezonderd de Noordzee, de Waddenzee, de Westerschelde en het IJsselmeer;
  - vrijwaringszone: zone aan weerszijden grenzend aan een rijksvaarweg.

#### Artikel 2.1.2. (bepaling vrijwaringszone)

1. Een vrijwaringszone wordt gemeten vanaf de begrenzingslijn van de rijksvaarweg zoals opgenomen in de legger, bedoeld in [artikel 5.1 van de Waterwet](#).
2. De breedte van een vrijwaringszone, gemeten vanaf de begrenzingslijn van de rijksvaarweg, bedraagt:
- a. 10 meter aan weerszijden van een rijksvaarweg van CEMT-klasse II;
  - b. 20 meter aan weerszijden van een rijksvaarweg van CEMT-klasse III;
  - c. 25 meter aan weerszijden van een rijksvaarweg van CEMT-klasse IV, V of VI;
  - d. 40 meter aan weerszijden van een zeehaventoegang;
  - e. 50 meter aan weerszijden van een rijksvaarweg binnen een afstand van 300 meter van een vaarwegsplitsing of havenuitvaart.

**Artikel 2.1.3. (veiligheid scheepvaart op vaarwegen)** Bij de vaststelling van een bestemmingsplan dat betrekking heeft op gronden binnen de begrenzing van een rijksvaarweg of op een vrijwaringszone en dat een wijziging inhoudt ten opzichte van het ten tijde van inwerkingtreding van deze titel geldende bestemmingsplan, wordt rekening gehouden met het voorkomen van belemmeringen voor:

- a. de doorvaart van de scheepvaart in de breedte, hoogte en diepte;
- b. de zichtlijnen van de bemanning en de op het schip aanwezige navigatieapparatuur voor de scheepvaart;
- c. het contact van de scheepvaart met bedienings- en begeleidingsobjecten;
- d. de toegankelijkheid van de rijksvaarweg voor hulpdiensten, en
- e. het uitvoeren van beheer en onderhoud van de rijksvaarweg.

#### Afbeelding 4: Vrijwaringszones in het Barro. (Wetstekst)

De Hollandsche IJssel is een Rijksvaarweg van CEMT-klasse Va. Op grond van artikel 2.1.2, lid 2-c moet er rekening worden gehouden met een vrijwaringszone van 25 meter over het plangebied.

Het plangebied grenst direct ten noorden aan de haven van Kortenoord. Deze werkhaven is nog steeds als zodanig in gebruik. Formeel is dus ook lid 2-e van toepassing en geldt er voor een lengte van 300 meter ten weerszijden van de haven een vrijwaringszone van 50 meter. Dit komt overeen met het gehele plangebied.

### 1.5 Toetsing en Watervergunning.

In 2008 is het overleg met Rijkswaterstaat gestart over de vrijwaringszone en de te volgen procedures. In 2009 heeft Rijkswaterstaat per brief<sup>2</sup> aangegeven in dit geval van maatwerk uit te willen gaan. De conclusie is dat medewerking kan worden verleend wanneer een vrijwaringszone van 15 meter ten opzichte van de buitenkant van de strekdam wordt aangehouden. Nautisch zullen bij deze afstand geen belemmeringen voor de scheepvaart worden verwacht.

Op basis van deze informatie heeft de gemeente in 2010 formeel een Watervergunning

---

<sup>2</sup> Brief van 16 april 2009 met kenmerk AAV/2009.2221

aangevraagd<sup>3</sup> voor het verlengen van de vooroeverdam. Na gezamenlijk overleg is deze aanvraag op 17 april 2012 buiten behandeling gesteld. Na een vooroverleg op 14 augustus 2012 is door de gemeente een nieuwe aanvraag<sup>4</sup> ingediend, maar deze is uiteindelijk niet meer afgerond omdat de ontwikkelaar Ballast-Nedam zich terugtrok en het project stil kwam te liggen.

Eind 2016 was een nieuwe projectontwikkelaar gevonden en is het project weer geactiveerd. Bij het overleg met Rijkswaterstaat bleek in 2017 dat ook het aanvaringsrisico nader moest worden beschouwd. Voorkomen moet worden dat schepen die “uit het roer lopen” en de bocht missen, bij het raken van de vaste wal in een huis terecht komen. Het voorkomen van materiele schade is daarbij geen echte overweging voor Rijkswaterstaat, maar persoonlijke ongelukken moeten worden uitgesloten.

### **1.6 Aanvaringen van huizen en objecten.**

Het komt af en toe voor dat schepen vaste objecten aanvaren. Dat kan allerlei oorzaken hebben, variërend van een technische storing tot een hartaanval van de schipper of een menselijke fout. Meestal betreft het nautische kunstwerken zoals bruggen, sluisen, kade's en steigers, maar er zijn uitzonderingen. Hierna volgt een aantal voorbeelden van aanvaring met woningen.



**Afbeelding 5: m/s Victus in aanvaring met vakantiewoning. (Bron Provincie Fryslân)**

Een bekend voorbeeld heeft zich in 2007 in Friesland voorgedaan, toen het m/s “Victus” (klasse Va - 2400 ton) in de vroege morgen een bocht miste en een vakantiewoning kraakte. Het lege schip schoof daarbij ca. tien meter het land op wat werd vergemakkelijkt door het hoge waterpeil. In de woning sliep op dat moment een gezin en een jong kind werd zelfs onder de kop van het schip teruggevonden. Toch zijn er bij deze aanvaring geen doden of gewonden gevallen.

Op 3 april 2005 ramde het rijncruise schip “River Duchess” (130 x 11,45 m) als gevolg van een storing in de besturing tegen de kade van het Amsterdamse Wilhelminadok. Ondanks

<sup>3</sup> Aanvraag Watervergunning Zelling onderneming, d.d. 27 september 2010.

<sup>4</sup> Brief gemeente Zuidplas, kenmerk U12.007742.

achteruitslaan van het schip werd het Italiaanse restaurant zwaar beschadigd en de eerste en tweede verdieping kwamen door het ontzetten van de staalconstructie 10 cm omhoog. Er moesten 3 gewonden in het ziekenhuis worden behandeld. Deze situatie is vergelijkbaar met een aanvaring door een leeg klasse Va schip.



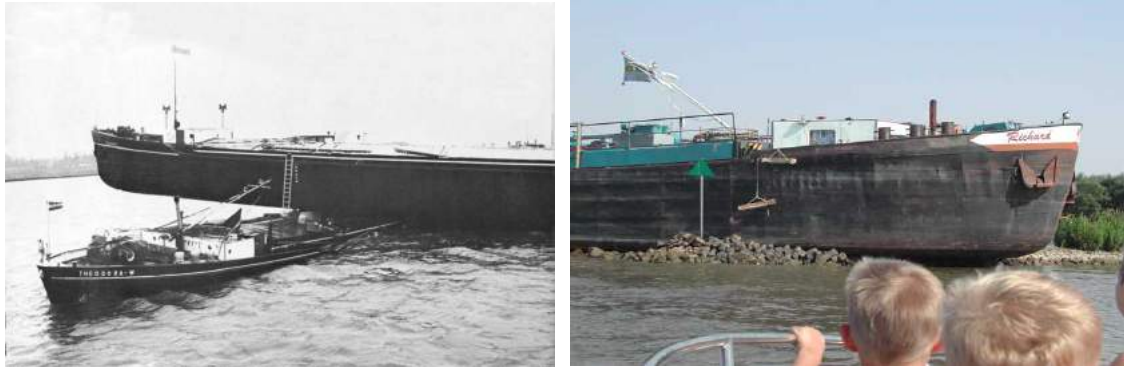
**Afbeelding 6 Schade Restaurant Wilhelminadok (Bron Rijkswaterstaat)**

Een ander bekend voorbeeld was de aanvaring van het “Monethuis” in Zaandam. Dit werd in januari 2010 aangevaren door het lege m/s “Impuls” (klasse Va – 2700 ton), toen door ijsgang de besturing van het schip blokkeerde. Ook hier waren de bewoners thuis. Het Rijksmonument uit 1620 werd zwaar beschadigd en muren raakten ontzet. De afstand naar de vaarweg was slechts enkele meters. Inmiddels heeft de vaarwegbeheerder een remmingswerk geplaatst ter bescherming van de woning.

In april 2017 heeft een geladen Belgische tanker (klasse Va) de kade van het Amsterdam-Rijnkanaal geschampt onder een hoek van 20-30 graden. Een woning die op enkele meters van de oever stond werd niet geraakt, maar na de aanvaring waren er wel enkele kleine scheuren zichtbaar.

Andere voorbeelden laten zien dat het vooral lege schepen zijn die door hun geringe gewicht, de neiging hebben om bij een klein hoogteverschil uit het water te komen en door te schuiven. Het duurt dan een tijdje voordat er voldoende weerstand is opgebouwd om de kinetische energie van het schip op te nemen. Hieronder een paar foto's die dit effect illustreren: De Delacroix, is een zgn. “Franse motor” die in 1974 ruim 25 meter over een ander schip heen schoof. En daarnaast de Richard, een lege tanker die in 2006 tien meter over een krib heenvoer. Al deze schepen waren rond de 1000 ton (CEMT III). In alle beschreven gevallen stuiterde het schip omhoog en kon onvoldoende weerstand worden opgebouwd om het schip af te remmen.





Afbeelding 7: m/s Delacroix en mts Richard. (Oranje / EOC verzekeringen)

Bij een geladen schip treedt dit effect niet op omdat het schip niet uit het water kan komen. Het gevolg is wel dat in zulke gevallen bij een aanvaring alle energie in één keer door de oever moet worden opgenomen, waardoor het schip snel tot stilstand komt. Het schip raakt in zulke gevallen de oever meestal niet, maar onder water kan de vooroever wel flink beschadigd raken. De bebouwing op de oever blijft dan verder schadevrij. Het verschil tussen aanvaring door een geladen en een leeg schip wordt hieronder zichtbaar. De Lorette is ook een klasse III tanker van 1350 ton.



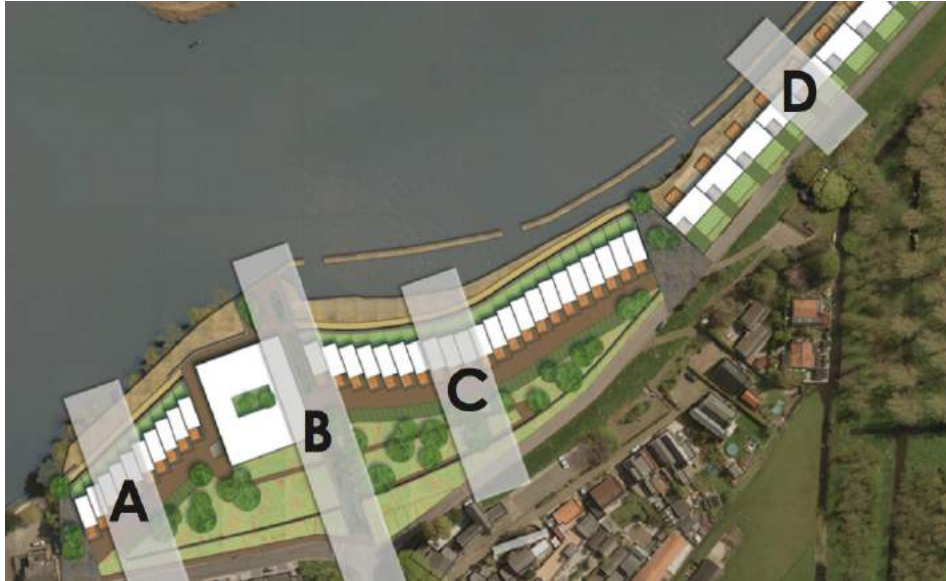
Afbeelding 8: mts Lorette tegen krib IJsselkop + oeveraanvaring in de Noord. (Rijkswaterstaat)

Bij aanvaringen van vaste objecten (kades, sluizen, bruggen) leidt een directe aanvaring vaak wel tot schade wanneer deze constructies in horizontale richting op buiging of afschuiving belast worden. Scheuren in de bovenbouw of gebroken fundatiepalen zijn voorkomende schades.

## 2 Algemene beoordeling van de situatie.

De gemeente Zuidplas heeft aan AA-Planadvies gevraagd om de situatie ter plaatse van de Zelling Onderneming te beoordelen op aanvaringsrisico's. In dit hoofdstuk worden de hiervoor verzamelde feiten van een waardeoordeel voorzien.

Welke kaders waren er op deze situatie van toepassing en hoe kun je de werelden van binnenvaart, projectontwikkeling en vaarwegbeheer met elkaar verbinden? Gekozen is om dit hoofdstuk in te richten met vraag en antwoord vanuit expert-judgement, gebaseerd op feiten en kennis. Ten behoeve van de onderzoeken zijn steeds dezelfde vier dwarsdoorsneden van de locaties beschouwd, die A t/m D genoemd worden.



Afbeelding 9: projectlocatie met vier beoordeelde dwarsdoorsneden.

## 2.1 Is er een reële kans dat een schip de projectlocatie ergens kan raken?

De projectlocatie is gelegen in een buitenbocht van de Hollandsche IJssel. Ondanks het feit dat binnenvaartschepen technisch goed zijn uitgerust en bemanningen goed zijn opgeleid, kunnen ongelukken voor komen. Dit kan zijn door technisch of menselijk falen, maar ook door een black-out of een persoonlijk ongeval wat de schipper treft. Het is niet goed mogelijk hier een kwantitatieve analyse op los te laten. Het aantal ongevallen in Nederland is zeer beperkt, er wordt niet centraal geregistreerd en het gaat om honderdduizenden afgelegde vaarwegkilometers per dag. De kans op een ongeval is daarmee erg klein, maar mag wel als reëel beschouwd worden.

Hieronder zijn in beide richtingen vaarlijnen voor een schip van 110x11,5 meter aangegeven.



Afbeelding 10: Afvarende vaarlijn



Afbeelding 11: Opvarende vaarlijn

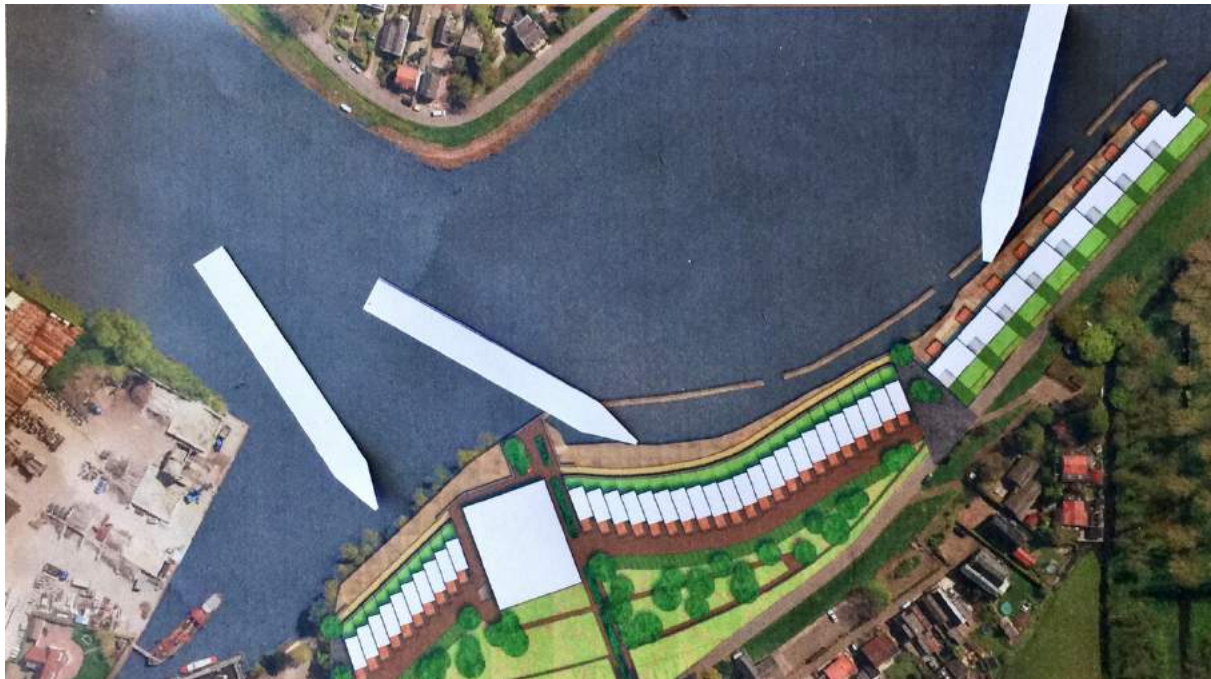
Ter plaatse zit een haakse bocht in de rivier die het voor de allergrootste schepen (110 x 11,5 meter) die gebruik maken van deze vaarweg moeilijker maakt om elkaar daar te passeren. Op de rivier vindt in principe tweestrooms vaart plaats waarbij het gebruikelijk is om de



stuurboordswal te houden. Dit is echter geen verplichting in het BPR<sup>5</sup> en als er geen tegemoetkomend verkeer is zullen naar Rotterdam afvarende grote schepen vlak voor de hoek gedeeltelijk naar de verkeerde wal oversteken om zo een stuk van de bocht af te snijden. Omdat de rivier niet erg druk is, zal dit relatief vaak gebeuren. De breedte van de rivier varieert sterk. Ter hoogte van locatie B bij de haakse bocht is de rivier slechts 90 meter breed en bij locatie D is dat ca. 135 meter.

## **2.2 Onder welke aanvaringshoek kan de projectlocatie worden geraakt?**

De meest ongunstige hoek waarmee een locatie getroffen kan worden is 90 graden. In die situatie kan een geladen schip geen enkele kant op en moet alle energie worden opgenomen door de oeverconstructie. Een leeg schip kan daarbij ook nog omhoog de wal op stuiteren. Dit is bij Zelling Onderneming de situatie die geldt voor projectlocatie A en B. Voor de situatie bij C en D geldt dat de aanvaringshoek varieert tussen 70 en 30 graden. Hierdoor zal een leeg schip minder snel de wal op stuiteren, maar eerder langs de oever blijven glijden. Zie ook Afbeelding 12.



**Afbeelding 12: enkele mogelijke aanvaringshoeken.**

Voor aanvaring zijn verschillende scenario's van belang omdat ze verschillende oorzaken en daarmee ook verschillende effecten hebben.

- A. Black out van de schipper. In deze situatie is er niemand om het schip te besturen. Zonder snelheid te verminderen gaat het schip door op de ingestelde koers tot het wordt tegengehouden. Er zijn dus geen plotselinge koerswijzigingen. De volledige kinetische energie moet worden opgevangen en de motor wordt pas uitgezet nadat de aanvaring heeft plaatsgevonden.
- B. Storing van het stuurwerk. In het ergste geval draait het stuurwerk het roer automatisch naar 1 kant, waardoor het schip met volle snelheid zal proberen een haakse bocht te maken. De mogelijke aanvaringshoek is hierbij maximaal, maar door

---

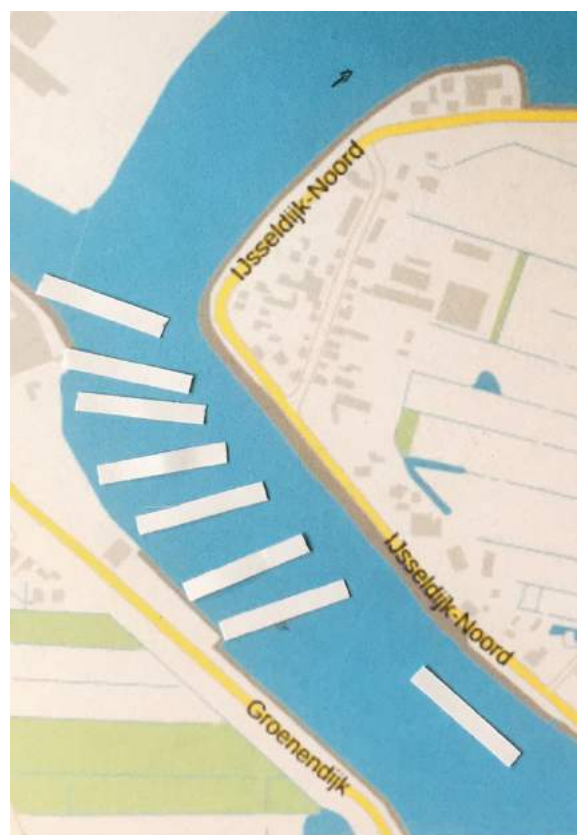
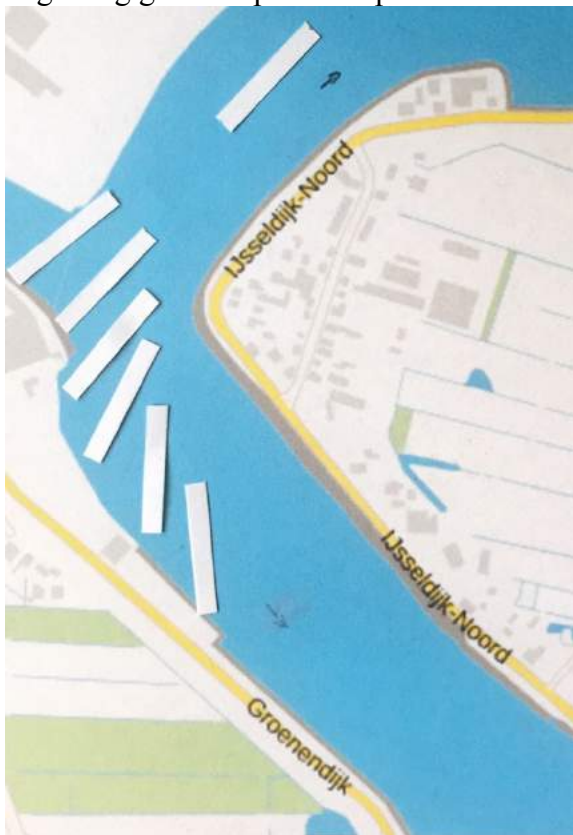
<sup>5</sup> Binnenvaart Politie Regulement (zie [www.wetten.overheid.nl](http://www.wetten.overheid.nl))



het sturen van een bocht wordt het schip gelijk al afgeremd. In deze situatie zal de schipper ook direct ingrijpen door over te schakelen op noodbediening of een noodstop maken door volle kracht achteruit te slaan. De kinetische energie die in deze situatie moet worden opgevangen is altijd veel kleiner dan bij scenario A.

- C. Motorstoring. Dit lijkt ernstig, maar bij uitval van de motor wordt het schip niet gelijk onbestuurbaar. Zolang er snelheid in het schip zit kan er worden gestuurd. Er kan worden geankerd en de voortstuwing kan door de boegschroef worden overgenomen. Dit scenario leidt in principe niet tot aanvaringen.
- D. Beoordelingsfout van de schipper. Hieronder vallen ook de situaties dat er onder invloed van middelen wordt gevaren. Dit is de meest extreme situatie omdat we niet kunnen voorspellen wat er fout kan gaan. Het kan gaan om een eenzijdig ongeval, een mislukte passage van een ander schip, of een combinatie met scenario B of C.

Hieronder zijn de mogelijke aanvaringshoeken weergegeven, uitgaande van de meest ongunstig gekozen posities op de rivier.



**Afbeelding 13** Mogelijke aanvaringshoek afvarend **Afbeelding 14** Mogelijke aanvaringshoek opvarend

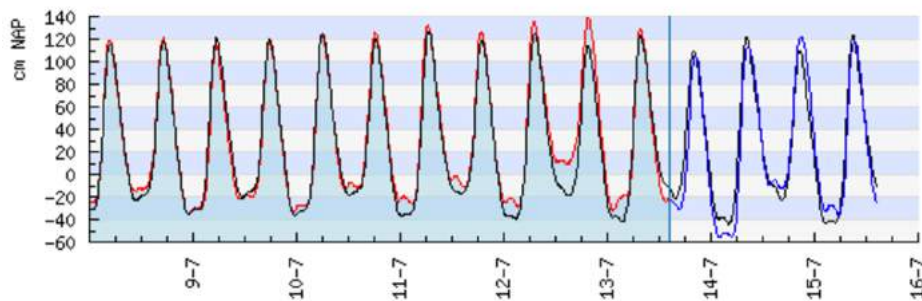
Hieruit volgt dat de maximale aanvaringshoeken zijn:

Doorsnede A:	90 graden
Doorsnede B:	90 graden
Doorsnede C:	45-60 graden
Doorsnede D:	60 graden

### **2.3 Wat is het effect van de wisselende waterstanden op het risico?**

De Hollandsche IJssel is een getijderivier. Het water is niet afkomstig van de bovenloop, maar van de Nieuwe Maas en de stroomrichting is daardoor variabel. Bij locaties A en B is geen vooroeverdam, maar alleen een kade. In het getoetste ontwerp is de bovenkant van de

bestaande vooroeverdam geprojecteerd op 0 NAP. De waterstanden op de rivier variëren bij normaal peil tussen -0,60 NAP tot +1,40 NAP. Bij de stormvloedkering is een meetpunt ingericht waar de actuele waterstanden worden gemeten, zie de weergave hieronder. Bij eb ligt de dam dus droog, bij vloed ligt hij onder water. Achter de dam ligt nog een ondiep stuk vooroever bestaande uit slik en zand met een wisselende breedte.



Afbeelding 15: Gemeten waterstanden NAP voor Krimpen a/d IJssel. (Rijkswaterstaat)

Bij hoge waterstanden neemt het risico op aanvaring toe. Een schip kan dan over de vooroeverdam heen varen en zo het achterliggende gebied bereiken. Bij een waterstand van NAP +2,50 wordt er in Krimpen niet meer geschut en ligt de scheepvaart feitelijk stil. Dit is dus de maximale situatie. De aangegeven maatgevende hoge waterstand van NAP + 2,80 is voor de beoordeling van de nautische veiligheid niet relevant en wordt daarom in de beoordeling niet meegenomen. Het grootste risico doet zich dus voor bij hoogwater.

## 2.4 Hoe ligt het plan ten opzichte van de geldende zones?

Volgens het Barro geldt over een lengte van 300 meter ten weerszijde van een haven een vrijwaringszone van 50 meter. Vanwege de ligging van de haven Kortenoord is deze situatie op het hele plangebied van toepassing. Binnen deze zone kan onder voorwaarden gebouwd worden. De doorvaart mag niet belemmerd worden, zichtlijnen over de vaarweg mogen niet worden beperkt, de toegankelijkheid voor hulpdiensten en onderhoud moet zijn geborgd. Aan deze voorwaarden wordt in het plan voldaan.

In 2009 gold nog een standaard vrijwaringszone van 20 meter ten opzichte van de gemiddelde waterstandlijn (GWL), welke vrij van bebouwing zou moeten worden gehouden. Rijkswaterstaat heeft in 2009 per brief aangegeven in deze situatie maatwerk te willen leveren en voor het plan een aangepaste vrijwaringszone te willen aanhouden:

Het zuidelijke deel van het plan:

“Zelling onderneming (kleinste zelling), tekeningen 1 en 2, de vrijwaringszone te rekenen vanaf de vooroeverdam in plaats van de bestaande zellingoever, waarbij in het zuidelijke deel van de zelling een vrijwaringszone van 15 meter in acht genomen moet worden.”

Het midden en noordelijke deel:

“Zelling Blok, tekeningen 4 en 5, de vrijwaringszone te rekenen vanaf de overeengekomen lage waterstand (OLW) in plaats van de gemiddelde waterstandlijn (GWL). Voorts mag maximaal 55% van de gevellijnen van de nieuwe woningen op minimaal 15 meter afstand van OLW worden gebouwd en dient minimaal 45% van de gevellijnen de vrijwaringszone meer dan 15 meter te bedragen.”

Volgens de algemene inrichtingsschets zou hieraan niet altijd worden voldaan. Maar uit de later aangeleverde detailtekeningen, blijkt dat er wel aan deze eis wordt voldaan.

Een ander belangrijk aandachtspunt is dat de woningen voldoende beschermd moeten zijn tegen aanvaring. Dit betekent dat er aanvullende toetsing noodzakelijk is. Omdat situaties bij de vier doorsneden onderling nogal verschillen, zijn deze apart beoordeeld in hoofdstuk 3.

In paragraaf 3.12.2 van de RVW<sup>6</sup> heeft Rijkswaterstaat het volgende over aanvaringsgevaar opgenomen:

*“Dicht langs de vaarweg staande gebouwen kunnen in het geval van een verticale vaarwegbegrenzing (kademuur, damwand) door een overkragende scheepsboeg geraakt worden. Voor een extreme situatie, dat wil zeggen een betrekkelijk geringe kadehoogte van 1,0 m boven de maatgevende hoge waterstand en een loodrecht op de kade invarend leeg schip, moet men rekening houden met de volgende overkraging:*

- *binnenschip met scherpe voorstev:* 3,5 m
- *duwbak type Europa I of II:* 5,0 m
- *(grote) zeeschepen* 15,0 m

*Deze maten vallen wat de binnenvaarwegen betreft binnen de hierna gedefinieerde vrije ruimte.”*

In de situatie van Zelling Onderneming is dus een veiligheidszone van 5 meter nodig die onderdeel van de vrijwaringszone mag uitmaken. Er wordt aan de Richtlijnen voldaan.

## **2.5 Waarmee moet bij een aanvaring rekening worden gehouden?**

Belangrijk is dat bij een aanvaring de oeverconstructie de optredende horizontale krachten kan opnemen. Dat kan door te kiezen voor een stijve constructie, maar ook door middel van een constructie die juist elastisch is en kan vervormen. De keuze is aan de constructeur. Meer informatie over het opnemen van aanvaringskrachten is bijvoorbeeld te vinden in “Ontwerp van Schutsluizen Deel 2, hoofdstuk 15”.

1<sup>e</sup> Maatgevende situatie is bij hoogwater met een halfgeladen klasse Va schip met een diepgang van 2,5 meter, een totale massa van 3000 ton en een snelheid van 12 km/uur. Dit schip raakt de oeverconstructie diep en het schip zal ca 30 cm uit het water komen.

2<sup>e</sup> Maatgevende situatie is bij hoogwater een leeg klasse Va schip met een diepgang voor van bijna 0 meter, een totale massa van 1000 ton en een snelheid van 16 km/uur. Kleinere schepen zijn niet maatgevend. Dit schip zal over de schuine oevergedeelten heen schuiven en gestopt moeten worden door de eerste verticale kering van 1,5 meter hoog.

De bijbehorende aanvaringshoeken variëren binnen het plangebied en zijn bepaald in paragraaf 2.2.

Indien de motor voor de aanvaring niet uitgeschakeld wordt, kan het motorvermogen worden meegerekend. Gebruikelijk is om een vermogen tussen 800 en 1400 KW te installeren. Dit vermogen is nodig om de Rijn op te kunnen varen. Voor de vaart op de Hollandse IJssel wordt doorgaans niet meer dan 25% van dit vermogen ingezet.

Er zijn verschillende methoden om de optredende krachten te berekenen. Belangrijk is dat de snelheid kwadratisch in alle formules om de energie te bepalen zit. Ze zijn dus erg bepalend.

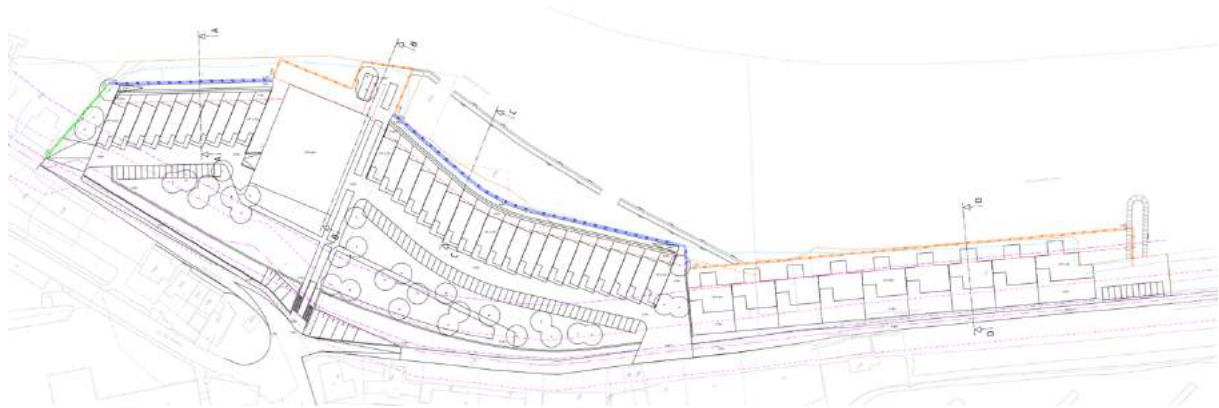
---

<sup>6</sup> Richtlijnen Vaarwegen 2011 (Rijkswaterstaat)

De in dit rapport aangenomen snelheden voor geladen en lege schepen zijn bepaald vanuit de praktijk en overlegd met Rijkswaterstaat. Het zijn dus niet de geldende maximumsnelheden. Hiermee zijn aanvullende berekeningen voor de benodigde sterkte van oeverconstructies uitgevoerd die als bijlage zijn bijgevoegd. Vervolgens is het ontwerp van de oevers hierop aangepast.

### 3 Beoordeling van alle dwarsdoorsneden.

In deze paragraaf zijn de oorspronkelijke dwarsdoorsneden uit het stedenbouwkundig schetsboek beoordeeld en van aanbevelingen voorzien. Deze aanbevelingen hebben geleid tot een nieuwe overzichtstekening en dwarsprofielen die in Afbeelding 16 zijn weergegeven.



**Afbeelding 16 Aangepaste overzichtstekening.**

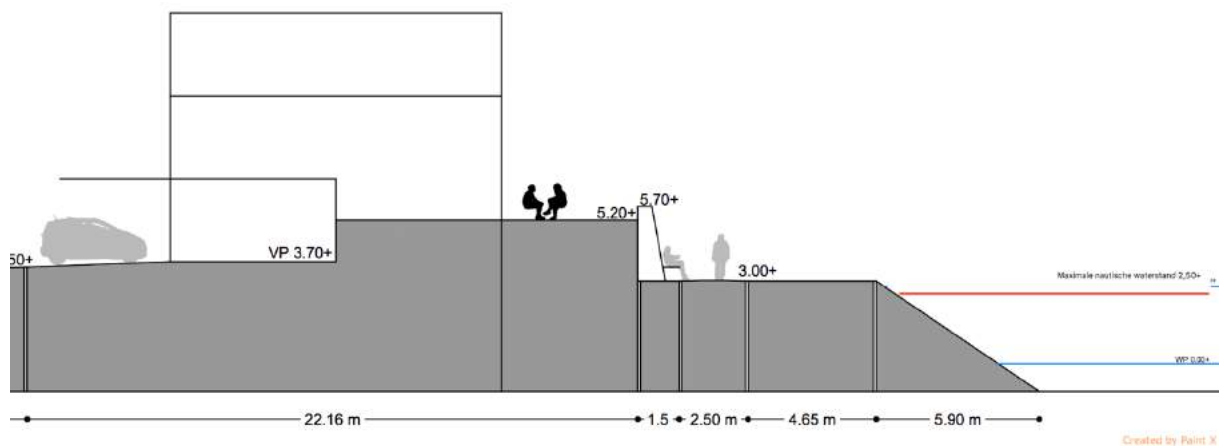
Vanwege de gesignaleerde risico's zijn ook een aantal alternatieven beschouwd. Omdat de initiatiefnemers voldoende duidelijkheid willen over de haalbaarheid van hun plannen en daarover samen (financiële) afspraken willen maken, is eerst bepaald of er binnen redelijke kosten voldoende oplossingsruimte is. Dat lijkt het geval te zijn. Als mogelijke oplossingsrichtingen zijn beschouwd:

- Het verstevigen van de oever door het toevoegen van massa (grond), taluds en kerende constructies (damwand). Het verlies van waterberging beneden het peil van +1,35 NAP, moet dan elders in het plan worden gecompenseerd.
- Het verder achteruit plaatsen van de bebouwing bij A, C en D. Dit is mogelijk, maar gaat ten koste van andere kwaliteiten.
- Het plaatsen van een remmingswerk op de vooroeverdam.

Naar aanleiding van een eerder concept van dit rapport heeft GEO2 Engineering BV in het najaar van 2017 constructieberekeningen uitgevoerd waaruit bleek dat een oplossing technisch en financieel mogelijk was. Bij toepassing van een verticale constructie (keer- of damwand) van voldoende hoogte zal bij een aanvaring de vervorming daarachter ca. 2 meter bedragen. Vervolgens hebben de ontwerpers in een volgende fase een verdere optimalisering van alle maatregelen uitgewerkt. Op basis hiervan kunnen de benodigde vergunningen worden aangevraagd. De berekeningen<sup>7</sup> zijn als bijlage toegevoegd.

<sup>7</sup> Aanvaarbelasting Kadeconstructie, rapport 117005\_10.RA01, GEO2 Engineering, d.d. 8-12-'17.

### 3.1 Beoordeling van dwarsdoorsnede A.

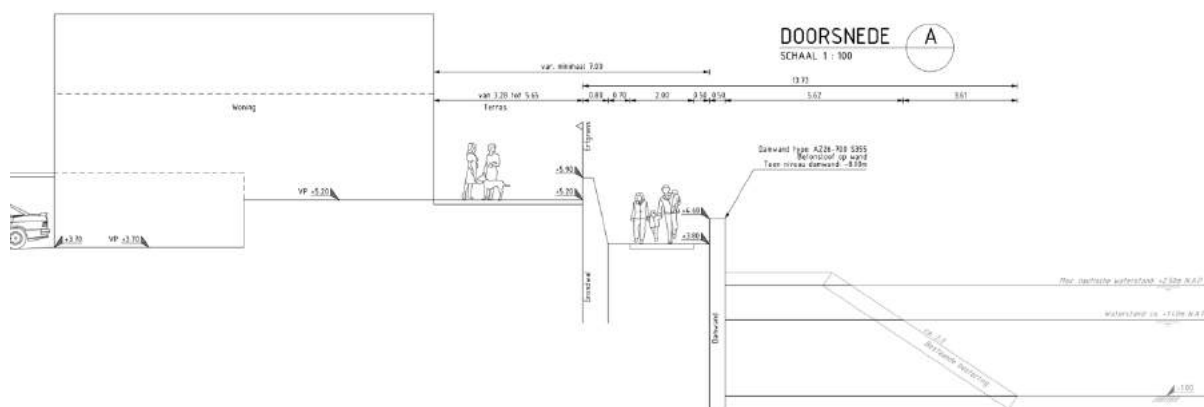


Afbeelding 17: Getoetste doorsnede A uit het oorspronkelijke schetsboek.

Bij doorsnede A is de mogelijke aanvaringshoek het ongunstigst (90 graden) en het maaiveld ligt maar 0,50 meter hoger dan het hoogste waterpeil. Een leeg schip zal vrij eenvoudig bij de schuine oever op stuiteren en met de volledige kinetische energie over het wandelpad schuiven tot het tegengehouden wordt door de veel hogere keerwand en het daarachterliggende grondlichaam. Omdat het grondlichaam maar 5 meter breed is zal dit gaan deformer en waarbij keerwand en woning beschadigd zullen raken.

Bij geladen schepen met een diepgang van meer dan ca. 1,50 meter, is er voldoende massa in het grondlichaam aanwezig om het schip op tijd af te remmen en voor deze categorie schepen worden ook geen extra maatregelen nodig geacht.

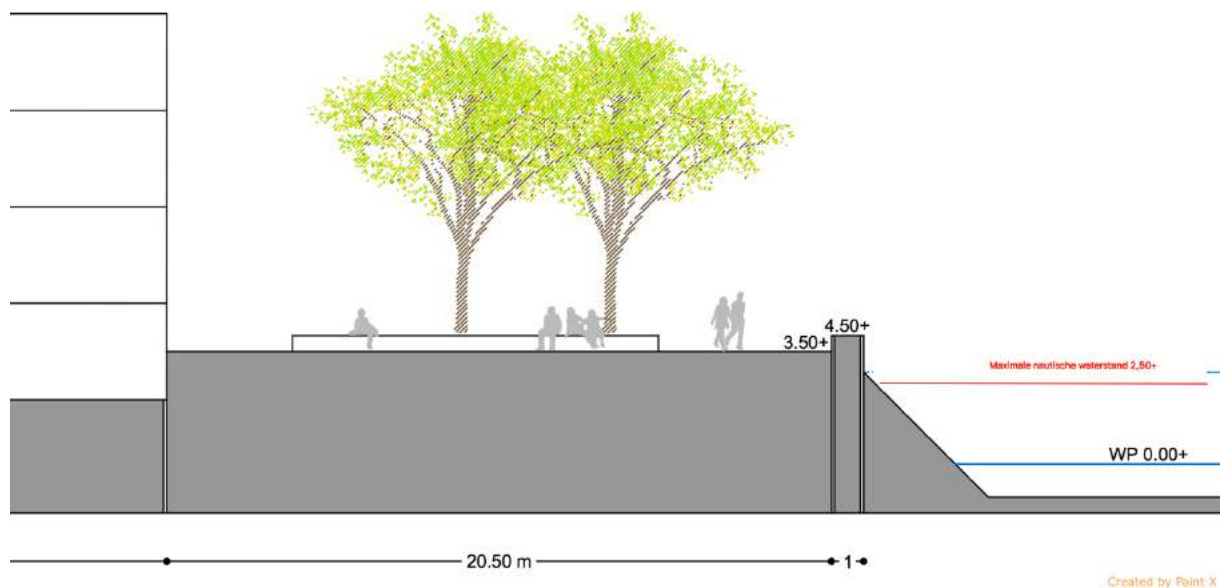
Gekozen is om het bestaande talud af te graven en een damwand te plaatsen met een hoogte van NAP + 4,60 meter. Direct daarachter komt een wandelpad te liggen met een hoogte van NAP +3,80 meter. Dat zal enige effecten op de beleving vanuit de woningen hebben, maar niet significant. Ook is de constructie van de fundering van de woningen aangepast, zodat de woning bij een aanvaring wel wordt beschadigd, maar niet kan instorten. Uit de uitgevoerde constructieberekeningen blijkt dat de veiligheid in de woningen bij doorsnede A hiermee voldoende gewaarborgd is.



Afbeelding 18: Voorgestelde eindsituatie voor doorsnede A.

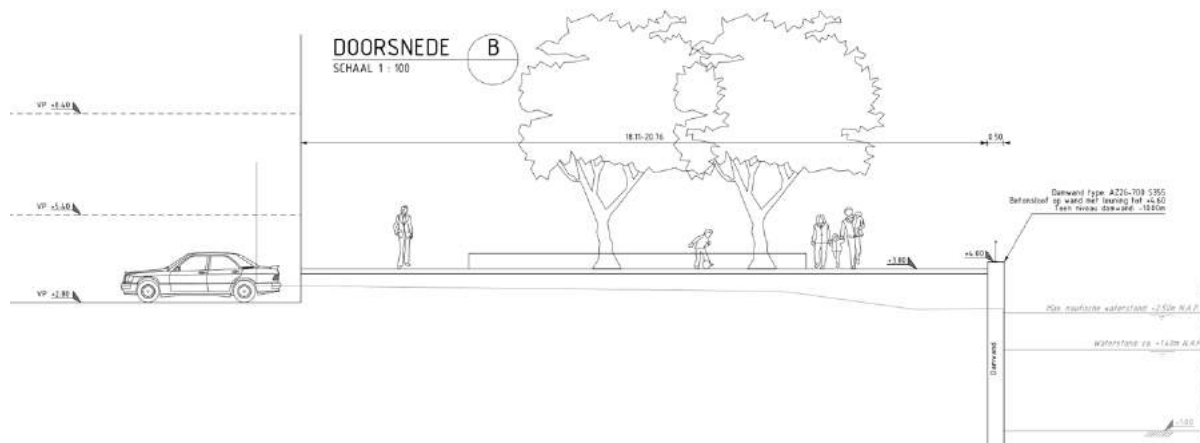


### 3.2 Beoordeling van dwarsdoorsnede B.



Afbeelding 19: Getoetste doorsnede B uit het oorspronkelijke schetsboek.

Bij doorsnede B is de mogelijke aanvaringshoek ook het ongunstigst (90 graden), maar de keerwand ligt direct achter de hoogwaterlijn en is 2 meter hoger dan de hoogste waterstand. Daarachter ligt een robuust grondlichaam met meer dan 15 meter ruimte tot aan de gevelrooilijn. De risico's op ernstige beschadiging van de woningen zijn daardoor verwaarloosbaar. In deze situatie hoeven geen problemen met nautische veiligheid te worden verwacht. Eventueel kan de fundering van de woning nog worden aangepast om materiele schade verder te beperken, maar dit is niet noodzakelijk.

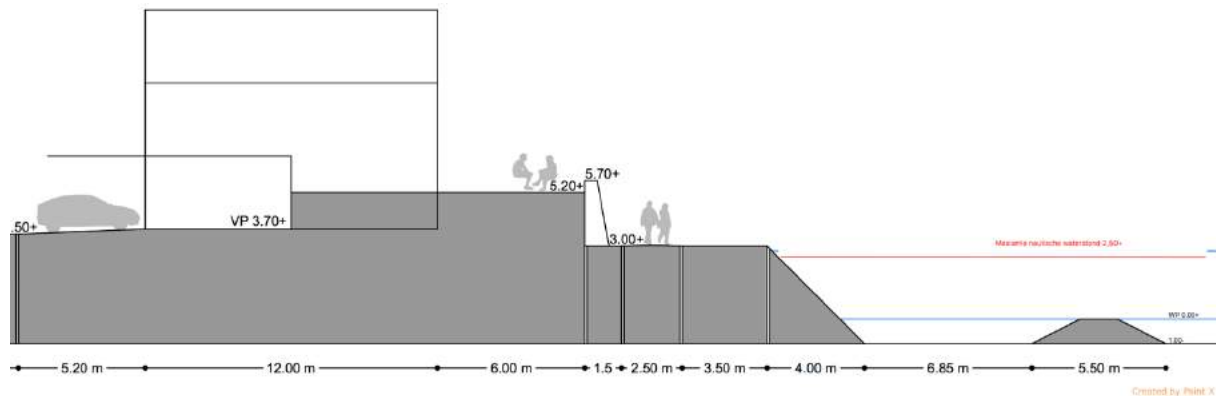


Afbeelding 20: Voorgestelde eindsituatie voor doorsnede B.

Uit de uitgevoerde constructieberekeningen blijkt dat de woningen bij doorsnede B voldoende beschermd zijn.



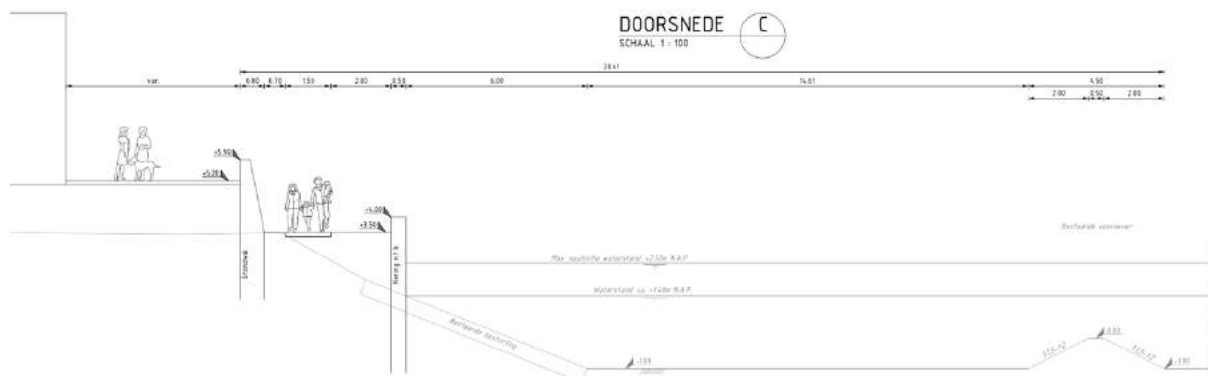
### 3.3 Beoordeling van dwarsdoorsnede C.



Afbeelding 21: Getoetste doorsnede C uit het oorspronkelijke schetsboek.

Doorsnede C lijkt heel erg op doorsnede A, alleen is er sprake van een vooroever met daarvoor langs een strekdam. Ook van belang is dat de maximale aanvaringshoek in deze situatie nooit 90 graden is, maar varieert tussen 45-60 graden. De voorgestelde oplossing is robuust en vergelijkbaar met de situatie bij A.

Rijkswaterstaat heeft aangegeven<sup>8</sup> dat het mogelijk is het gebied achter de strekdam op te hogen tot het niveau van gemiddeld hoogwater (NAP +1,35), zonder dat daarvoor mitigerende maatregelen nodig zijn. Op die lijn wordt een verticale keerwand geplaatst.

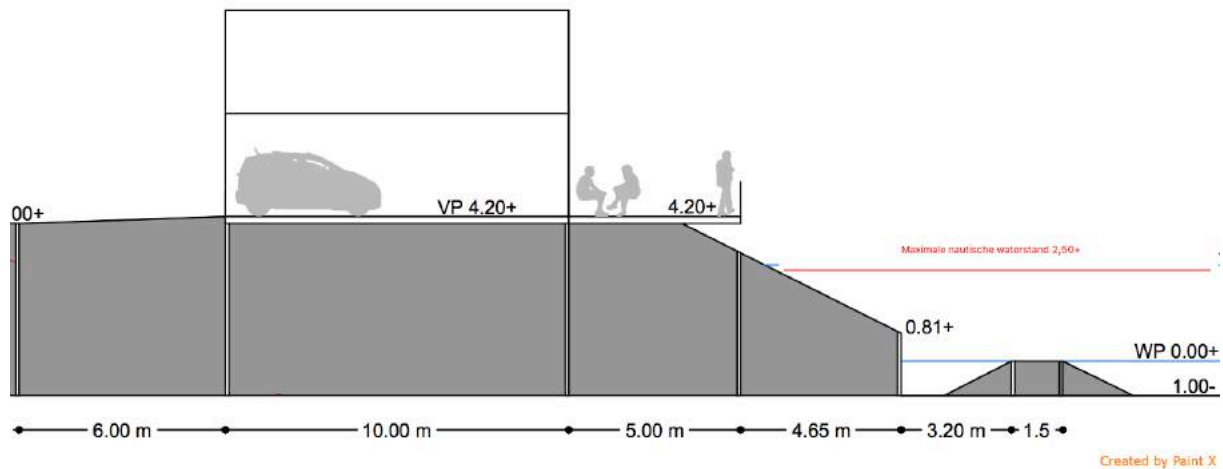


Afbeelding 22: Voorgestelde eindsituatie voor doorsnede C.

Gekozen is om het bestaande talud af te graven en een damwand te plaatsen met een hoogte van NAP + 4,00 meter. Direct daarachter komt een wandelpad te liggen met een hoogte van NAP +3,50 meter. Dat zal enige effecten op de beleving vanuit de woningen hebben, maar niet significant. De gevelrooilijn is nog iets verlegd. Ook is de constructie van de fundering van de woningen aangepast, zodat de woning bij een aanvaring wel wordt beschadigd, maar niet kan instorten. Uit de uitgevoerde constructieberekeningen blijkt dat de veiligheid in de woningen bij doorsnede C hiermee voldoende gewaarborgd is.

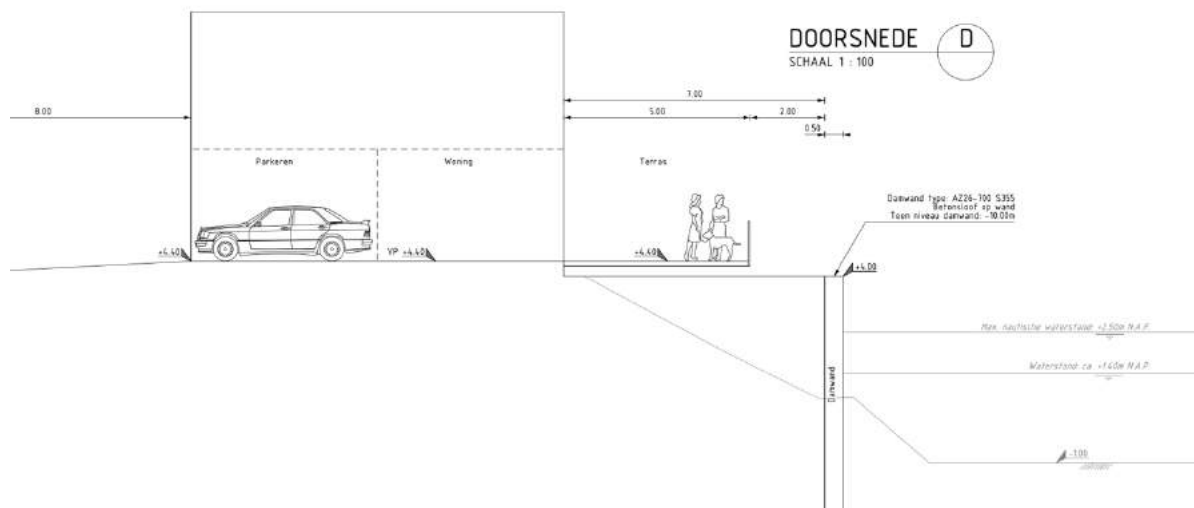
<sup>8</sup> Telefoongesprek met Cees van der Spek en Andries Westrik, 13 juli 2017.

### 3.4 Beoordeling van dwarsdoorsnede D.



Afbeelding 23: Getoetste doorsnede D uit het oorspronkelijke schetsboek.

Dit plangedeelte heeft de meest kritische dwarsdoorsnede. Eigenlijk was er nauwelijks voldoende ruimte om een adequate oplossing te ontwerpen. De maximale aanvaringshoek in dit plangedeelte is 60 graden, zodat gelukkig niet volledig ingezet hoeft te worden op het afremmen van schepen, maar ook op het terugkaatsen van de energie. Het schip moet wanneer het de oeverconstructie raakt daar tegenlangs schampen en zo als het ware terug de rivier op worden geduwd. Hiervoor zijn twee basisoplossingen onderzocht. Dit betrof het plaatsen van een geleidewerk op de strekdam en het plaatsen van een keerwand in de vooroever. Beide oplossingen voldoen, maar uiteindelijk is gekozen voor een keerwand.

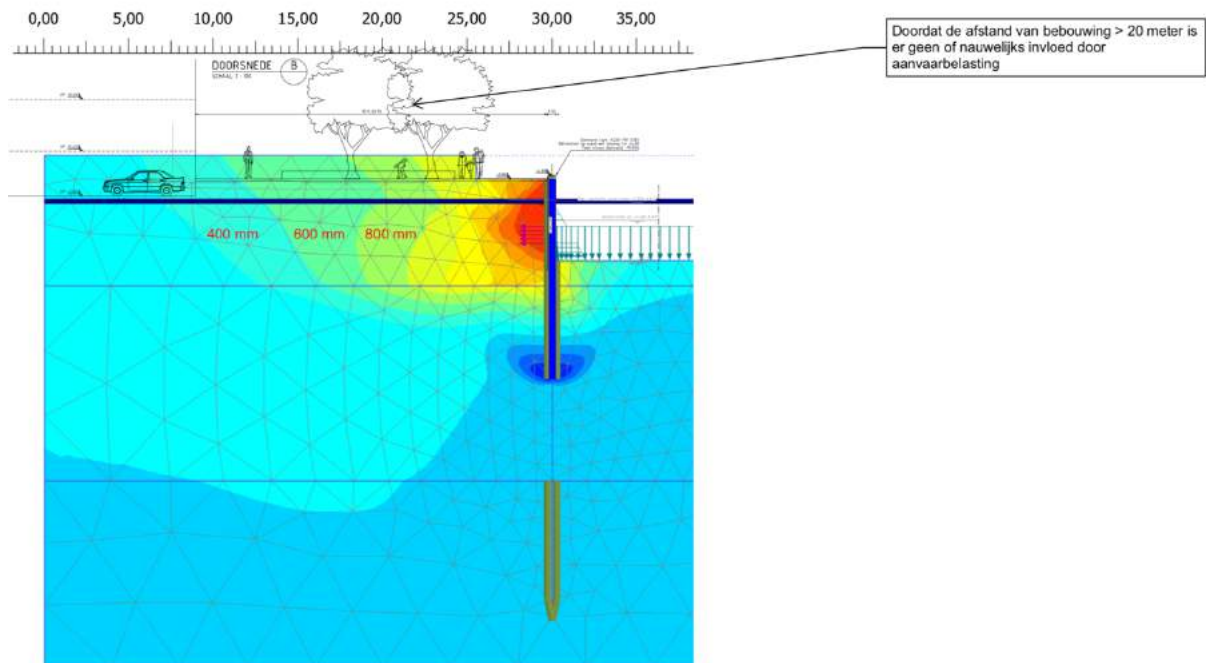


Afbeelding 24: Voorgestelde eindsituatie voor doorsnede D.

Gekozen is om in het bestaande talud een damwand te plaatsen met een hoogte van NAP + 4,00 meter. De balkons komen daarachter vrij te liggen en de gevelrooilijn is nog iets verlegd. De constructie van de fundering van de woningen is aangepast, zodat de woning bij een aanvaring wel wordt beschadigd, maar niet kan instorten. Uit de uitgevoerde constructieberekeningen blijkt dat de veiligheid in de woningen bij doorsnede D hiermee voldoende gewaarborgd is.

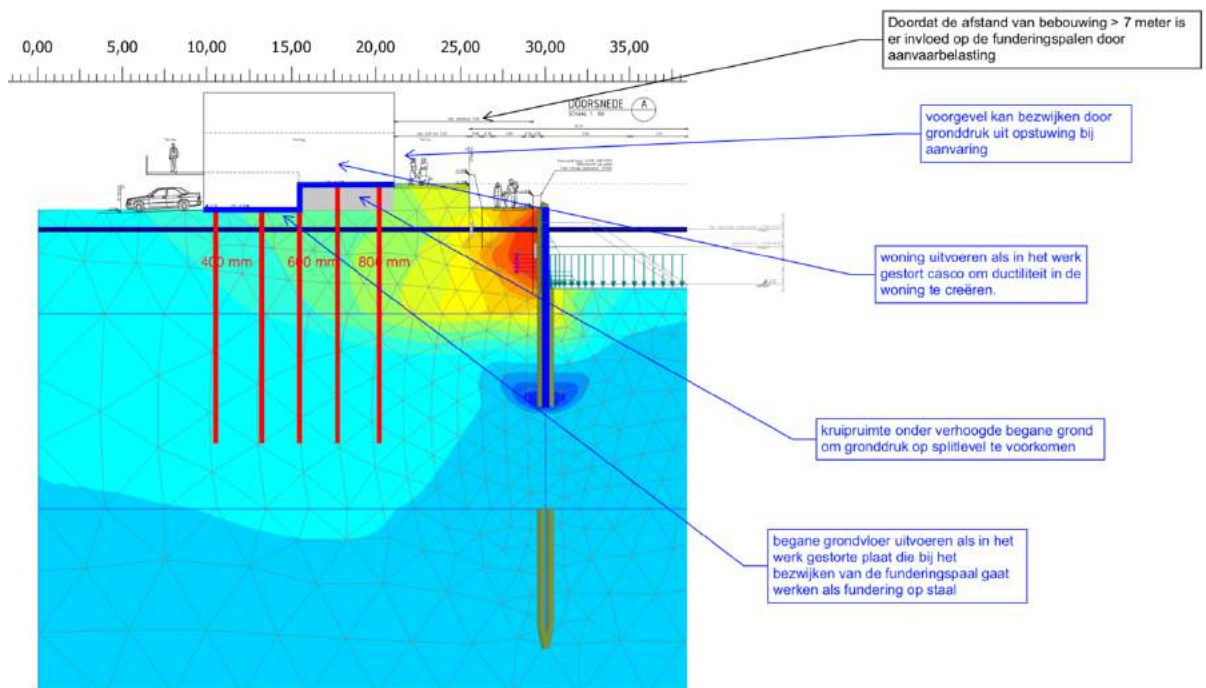
## 4 Aangepaste constructie van de woningen.

In een aantal gevallen staat de woning binnen het invloedsgebied van de grondkegel die bij een aanvaring naar binnen wordt gedrukt. Uit het rapport van GEO2 engineering blijkt dat bij een afstand groter dan 20 meter geen voorzieningen nodig zijn.



Afbeelding 25: Bij meer dan 20 meter is geen extra bescherming nodig.

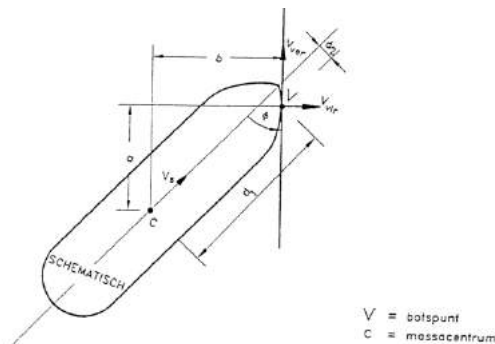
Anders is het met woningen die dichterbij de damwand staan. Deze staan op de grondkegel die bij een aanvaring naar binnen zal worden gedrukt. Van deze woningen zullen de funderingspalen een grote horizontale belasting krijgen en waarschijnlijk afbreken. De woningen van Zelling Onderneming worden beschermd doordat constructie hierop is aangepast. De palen kunnen nog steeds afbreken, maar de woning kan niet instorten.



Afbeelding 26: Pakket beschermingsmaatregelen voor bouw binnen 20 meter.

## 5 Conclusies.

- a) Er worden op basis van expert judgement reële risico's op aanvaring van de projectlocatie verwacht, die toenemen naar mate de waterstand in de rivier toeneemt.
- b) De maximale situatie treedt op bij een waterstand van NAP + 2,50.
- c) Er zijn twee maatgevende situaties:
  - 1) Een leeg schip (eigen massa 1000 ton, snelheid ca. 16 km/uur) met een diepgang voor van 0 m. Het risico hierbij is dat het schip bij hoogwater een stuk over de kade heen schuift en zo de woningen raakt. Dit risico is het grootst bij een afgeschuind kadeprofiel.
  - 2) Een halfgeladen schip met diepgang van max. 2,50m (massa schip+lading = 3000 ton). Snelheid 12 km/uur. Het risico is hierbij dat de bij een aanvaring optredende krachten door de kadeconstructie onvoldoende afgewikkeld kunnen worden, waardoor ook de constructie van de woningen wordt aantast.
- d) De aanvaringshoek varieert per situatie: Voor de dwarsdoorsneden A en B moet rekening worden gehouden met 90 graden. Voor doorsnede C is dat maximaal 60 graden en voor D is het 60 graden. Dit is invoer voor het rekenmodel.



Afbeelding 27: Rekenmodel botsingen. (Rijkswaterstaat)

- e) Voor vier doorsneden is een beschouwing gemaakt op basis van de maatgevende situaties in combinatie met de maximale waterstand.
- f) Op basis van de vastgestelde snelheden, aanvaringshoeken en massa's zijn de ontwerpen getoetst en bijgesteld. Hieruit blijkt dat een kadeontwerp mogelijk is waarbij de aanvaringskrachten deels worden opgevangen en deels worden afgeleid naar de woningen.
- g) Een damwand of keerwand zal bij een aanvaring vervormen en daarbij maximaal 2 meter naar binnen worden gedrukt. Overeenkomstig de Ontwerprichtlijnen Vaarwegen (RVW) moet daarbij voor de scheepsboeg rekening worden gehouden met een overkraging van 3,5 of 5 meter. De gevels van de woningen moeten dus tenminste 7 meter achter de damwand worden geplaatst om fysiek vrij van de aanvaring te blijven.
- h) Bij een aanvaring zal ook een grondkegel achter de damwand worden weggedrukt. Deze grondkegel kan meer dan 10 meter lang zijn en zal de funderingen van de achterliggende woningen ernstig beschadigen. Door de constructie van deze funderingen aan te passen kan toch een veilige woning worden gerealiseerd. Dat kan door een betonnen plaat op de funderingspalen te leggen waarop vervolgens het huis wordt gebouwd. Bij een aanvaring

kan de woning dan als het ware verschuiven ten opzichte van de fundering. Met deze aangepaste constructie zal de woning bij een maximale aanvaring wel onherstelbaar beschadigd raken, maar zal geen instabiliteit optreden waarbij muren en wanden zouden kunnen bezwijken. Er zal dus alleen materiele schade optreden, zonder slachtoffers.

- i) Op basis van bovenstaande uitgangspunten zijn voor alle vier maatgevende doorsneden oplossingen ontwikkeld waarbij de veiligheid in de woningen voldoende wordt gewaarborgd.

## **6 Verantwoording.**

Tenzij anders vermeld zijn de gebruikte foto's en afbeeldingen afkomstig van gemeente Zuidplas en Synchron en al dan niet bewerkt door Aa-Planadvies.

## **7 Bijlage: Rapportage Geo2 engineering**

Op 8 december 2017 heeft Geo2 Engineering in rapport nummer 117005\_10.RA01 de effecten van aanvaring op de kadeconstructies doorgerekend. Het rapport is zelfstandig leesbaar en als bijlage bijgevoegd.





**GEO2 Engineering B.V.**  
Computerweg 11  
Postbus 40205  
3504 AA Utrecht

T	0346 76 9046	Bank	14.91.67.970
E	<a href="mailto:info@geo2.nl">info@geo2.nl</a>	KvK	52849058 (Utrecht)
I	<a href="http://www.geo2.nl">www.geo2.nl</a>	BTW	8506.28.490

## Samenvatting

### *Beschouwing*

Door Waalpartners B.V. is ons de vraag gesteld om een analyse uit te voeren van de aanvaarbeasting op de kadeconstructie voor het project Zelling Onderneming in Nieuwkerk aan den IJssel.

Voorliggend adviesrapport is bedoeld om de grootte van de optredende horizontale vervormingen ten gevolge van een mogelijke aanvaring in beeld te brengen, waarbij wordt aangetoond dat bij het voordoen van een aanvaring, het schip, de langs het water gelegen woningen niet zal bereiken en daarmee geen mensenlevens in het geding komen.

### *Resultaat*

Als gevolg van een aanvaring zal de kadeconstructie zeer grote vervormingen ondervinden (orde grootte tot 1,8 meter) waarbij de kadeconstructie plaatselijk onherstelbaar zal beschadigen. Door de horizontale vervormingen in de achter gelegen bodem zal er een horizontale belasting optreden op de paalfunderingen van de toekomstige woningen. Een nadere beschouwing kan meer inzicht geven in de gevolgen van deze belasting op de funderingen.

De 'indringing' van het maatgevende schip in de grond zal op basis van de berekeningen de gevels niet bereiken. De berekende vervormingen op 7 m uit de kade wijzen uit dat deze dusdanig groot zijn dat ervan moet worden uitgegaan dat constructieve schade aan de fundering van de woningen zeer aannemelijk is.

Geadviseerd wordt om bij het constructief ontwerp van de hoofddraagconstructie voor de woningen hier rekening mee te houden. Zo kan bijvoorbeeld een onderheide plaat op palen een mogelijke oplossing zijn voor de fundatie van de woningen, waardoor zelfs bij aanzienlijke paalschade geen directie instabiliteit op kan treden.

De volgende constructies zijn ontworpen:

Doorsnede	Damwandtype	Lengte [m]
A-A	AZ26-700 S355	12,0
B-B	AZ26-700 S355	14,5
C-C	AZ26-700 S355	12,0
D-D	AZ26-700 S355	14,0

## Inhoudsopgave

1.	Inleiding .....	5
1.1	Algemeen .....	5
1.2	Doel document .....	5
1.3	Leeswijzer.....	5
1.4	Revisie .....	5
2.	Randvoorwaarden en uitgangspunten.....	6
2.1	Beschikbaar gestelde documenten .....	6
2.2	Normen en richtlijnen.....	6
2.3	Software.....	6
3.	Uitgangspunten berekening .....	7
3.1	Bodemopbouw en parameters .....	7
3.2	Berekeningsmethode.....	7
3.3	Belastingen .....	8
3.4	Geometrie.....	9
4.	Resultaten berekeningen .....	10
4.1	Planklengten .....	10
4.2	Vervormingen.....	10
5.	Conclusies en Aanbevelingen.....	12
	Bijlage A – Toegepaste sondering	1
	Bijlage B – Berekeningsuitvoer Plaxis 2D	2
	Bijlage C – Berekeningsuitvoer DSheetpiling	3

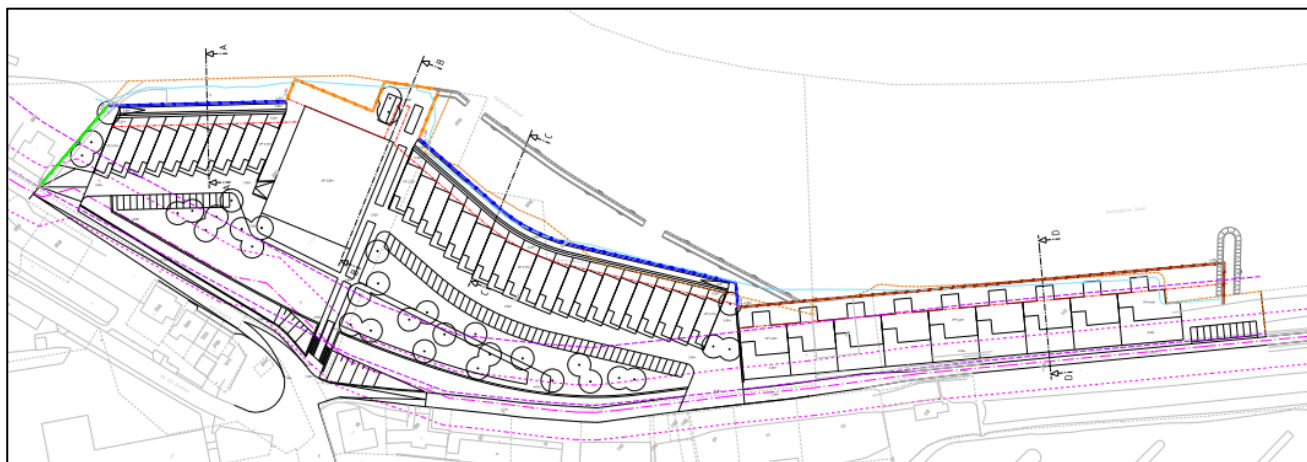
## 1. Inleiding

### 1.1 Algemeen

Door Waalpartners B.V. is ons de vraag gesteld om een analyse uit te voeren van de aanvaarbelasting op de kadeconstructie voor het project Zelling Onderneming in Nieuwkerk aan den IJssel.

Het te ontwikkelen woongebied, genaamd "Zelling", is gelegen langs de Hollandsche IJssel en ligt tevens parallel aan de Kortenoord en de Groenendijk. Door de ligging langs de Hollandsche IJssel is een aanvaring van de kade door binnenvaart een mogelijk risico.

Voorgaand aan dit rapport is door ons een adviesrapportage uitgebracht betreffende het bouwrijp maken van dit project, terug te vinden onder kenmerk 117005\_10.BR01.



Figuur 1-1: Overzichtsligging terrein

### 1.2 Doel document

Voorliggend briefrapport is bedoeld om de grootte van de optredende horizontale vervormingen ten gevolge van een mogelijke aanvaring in beeld te brengen, waarbij wordt aangetoond dat bij het voordoen van een aanvaring, het schip, de langs het water gelegen woningen niet zal bereiken.

De constructieve schade aan zowel de kadeconstructie als de woning(fundering) die ten gevolge van een aanvaring zal optreden is in dit rapport niet beschouwd.

### 1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 1 betreft de inleiding van het rapport, gevolgd door hoofdstuk 2 met daarin de toegepaste bronnen en software. Hoofdstuk 3 beschrijft de gehanteerde uitgangspunten en berekeningsmethode, opgevolgd door hoofdstuk 4 met daarin de berekeningsresultaten uitgewerkt. Hoofdstuk 5 sluit af met de conclusies en aanbevelingen.

### 1.4 Revisie

Voorafgaand aan deze adviesrapportage is reeds een briefrapport uitgebracht waarin de aanvaring van een leeg schip is beschouwd. In deze eerste versie van adviesrapportage is de geometrie aangepast, en tevens de aanvaring van een geladen schip beschouwd.

## **2. Randvoorwaarden en uitgangspunten**

### **2.1 Beschikbaar gestelde documenten**

Ten behoeve van deze adviesrapportage zijn de volgende documenten ter beschikking gesteld:

- [1] Aanvaringsrisico's langs de Hollandsche IJssel, d.d. 22 augustus 2017, A-A Planadvies;
- [2] Handboek Ontwerp van Schutsluizen deel 2, Rijkswaterstaat;
- [3] Geotechnisch onderzoek, sonderingen afkomstig uit archief DINOLOKET;
- [4] Geotechnische grondonderzoek, boringen, 'Actualiserend- en nader bodemonderzoek en verkennend asbest bodemonderzoek Groenendijk 2-18 te Nieuwerkerk aan den IJssel (zelling 'De onderneming'). Rapnr. 816.019\_001, 17 november 2016;
- [5] Inmeting, werknr. 1620, Tukker, 28 december 2016;
- [6] Tekening: Matenplan, W16-11504-PO-006, d.d. 05-12-2017, Waalpartners B.V.

### **2.2 Normen en richtlijnen**

- [1] NEN 9997-1 + C1 (2012), Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: algemene regels.

### **2.3 Software**

- [1] DSheetPiling versie 16.1 van Deltares;
- [2] Plaxis 2D, 2016.

### 3. Uitgangspunten berekening

#### 3.1 Bodemopbouw en parameters

De bodemopbouw in het gebied kenmerkt zich door een dik kleipakket van -2,5m NAP tot een diepte van circa -14m NAP. Bovenop dit kleipakket bevindt zich een zandaanvulling welke bij aanvaren de grootste passieve weerstand aan de kade zal bieden.

In onderstaande tabel is de gehanteerde bodemopbouw gepresenteerd.

Tabel 1: Bodemlaagindeling profiel 1

Grondsoort	BK laag [m NAP]
Zand	Variërend maaiveld
Klei, siltig	-2,50
Zand matig tot vast	-14,0m NAP

In onderstaande tabel 2, zijn de in de berekeningen aangehouden parameters weergegeven. Deze parameters zijn gebaseerd op sondering 1296 (t.p.v. doorsnede A-A), eigen ervaring en de NEN 9997-1+C1: 2012, Tabel 2.b.

Tabel 2: Geotechnische parameters

soort	$\gamma_{nat} / \gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	DSheetPiling (gedraineerd)			Plaxis 2D (ongedraineerd)		
		$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_1, k_2, k_3$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$E_{50}, E_{oed}, E_{ur}$ [kN/m <sup>3</sup> ]
Zand	18 / 20	0	32,5	12000,6000,3000	0	33	35000,35000,104000
Klei siltig	16 / 16	5	25	4000,2000,800	5	25	8000,4000,40000
Zand matig tot vast	18 / 20	0	32,5	20000,10000,5000	0	35	50000,50000,150000

Omdat de aanvaring een relatief kortdurende belasting is, zal de bodem ongedraineerd gedrag vertonen en stijver reageren dan bij een statische belasting. Daarnaast kan uitgegaan worden van pieksterkte voor de parameters, omdat er met zeer grote vervormingen wordt gerekend.

#### 3.2 Berekeningsmethode

De kadeconstructie is op twee verschillende manieren beschouwd:

1. Statische beschouwing (zonder aanvaarbeasting) middels het programma DSheetPiling;
2. Dynamische beschouwing met aanvaarbeasting middels het programma Plaxis 2D.

De eerste methode is toegepast om inzichtelijk te maken welke damwandlengte (bij veiligheidsklasse RC2) minimaal benodigd is om de kerende functie te vervullen.

De tweede methode is uitgevoerd om inzichtelijk te maken hoe de kadeconstructie zich met betrekking tot horizontale vervormingen gedraagt bij aanvaring. Dit is gedaan door een 'voorgescreven verplaatsing' van 1,8 resp. 2,0m aan de kadeconstructie op te leggen, waarbij middels Plaxis wordt uitgerekend welke horizontale belasting daarvoor nodig is. Uit de berekeningsresultaten volgt een diagram waarin de horizontale kracht en vervorming tegen elkaar worden uitgezet. Het oppervlak onder de grafiek is de energie die wordt opgenomen door de kade.



### Horizontale vervormingen ter plaatse van de toekomstige woningen

Met betrekking tot de horizontale vervormingen ter plaatse van de toekomstige woningen is in Plaxis op 7m horizontale afstand vanuit de damwanden een vervormingslijn gegenereerd. De horizontale vervormingen op 7 meter vanuit de damwand zijn gebaseerd op een situatie waarbij de maximaal toegeschreven damwandverplaatsing van 1,8 resp. 2,0m optreedt. Omdat de damwand bij een kleinere vervorming (dan 1,8 resp. 2,0m) reeds de aanvaarbeasting heeft opgenomen zal de vervorming op 7m afstand kleiner zijn dan uit de Plaxis berekening komt. Dit effect is meegenomen in de gerapporteerde resultaten.

## 3.3 Belastingen

### Statische situatie

In de statische situatie is enkel uitgegaan van een maaiveldbelasting:

- 5 kPa maaiveldbelasting;

### Dynamische situatie (aanvaarbeasting)

De dynamische situatie ondervindt een aanvaarbeasting welke is bepaald conform 15-11 & 15-23 ref [2] met behulp van onderstaande formule:

$$E = \frac{1}{2} C_e * C_m * C_s * m * v_{\perp}^2$$

Waarin:

- E = energie [Nm];
- $C_e$  = coëfficiënt voor invloed excentriciteit botsing [-];
- $C_m$  = coëfficiënt voor invloed hydrodynamische massa = 1,20 [-];
- $C_s$  = coëfficiënt voor invloed elasticiteit scheepshuid = 0,95 [-];
- m = massa schip [kg];
- $v_{\perp}$  = snelheid botspunt schip loodrecht op kade [m/s].

Aanvaarhoek:

De aanvaarhoeken zijn ontleend aan [1].

- Ter plaatse van doorsnede A-A en B-B:  $90^{\circ} \rightarrow C_e = 1,0$  [-]
  - Ter plaatse van doorsnede C-C:  $60^{\circ} \rightarrow C_e = 0,5$  [-]
  - Ter plaatse van doorsnede D-D:  $45^{\circ} \rightarrow C_e = 0,4$  [-]
- (bron: figuur 15-12 ref [2]).

Massa en snelheid schip ref.[1]:

- Leeg schip 1000 ton,  $v = 4,4$  m/s, diepgang 1m;
- Volgeladen schip 3000 ton,  $v = 3,3$  m/s, diepgang 2,5m.

In onderstaande tabel is voor een drietal aanvaarhoeken de aanvaarbeasting uitgezet.

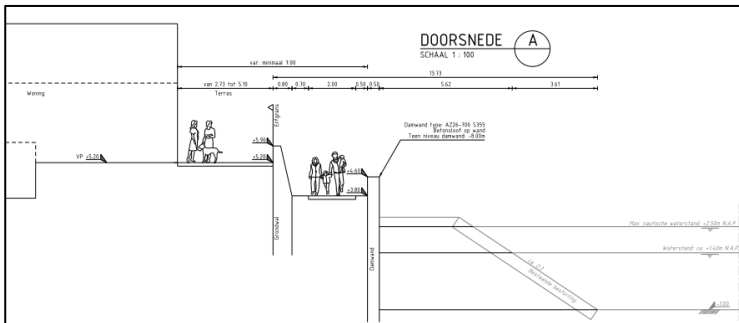
Tabel 3: Aanvaarbeastingen

Aanvaarhoek $\alpha$ [ $^{\circ}$ ]	E geladen [kNm]	E leeg [kNm]	Doorsnede
90	18622	11035	A-A, B-B
60	9311	5518	C-C, D-D
45	7449	4414	C-C

Aangehouden is dat de aanvaarbeasting spreidt over een breedte van 7 meter, dit ten gevolge van de schipbreedte van 11,4m en de betonnen deksloof op de kadeconstructie die voor een meewerkende lengte zal zorgen. In voorliggend rapport is de aanvaarbeasting voor zowel het leeg als geladen schip beschouwd.

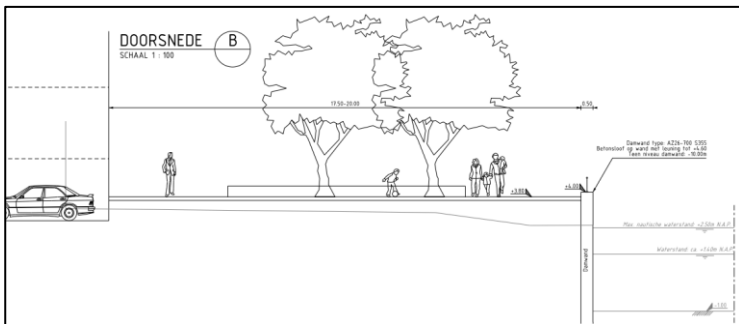
### 3.4 Geometrie

Er is een viertal dwarsdoorsneden berekend (AA, BB, CC en DD), welke in onderstaande figuren zijn weergegeven.



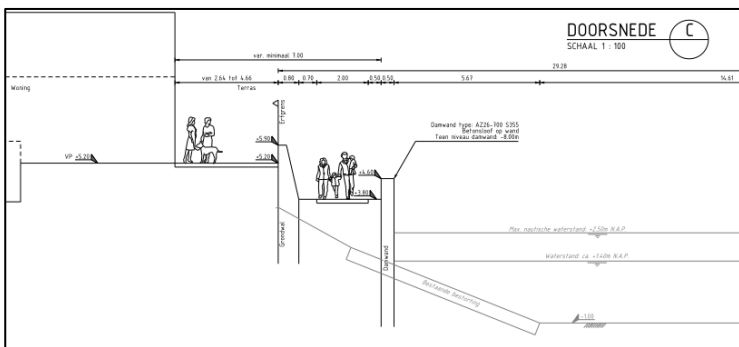
Maaiveld + 3,8 resp. +5,2 m  
NAP  
Waterbodenniveau -1,0 m NAP  
Talud 2:3

Figuur 3-1: Doorsnede A-A



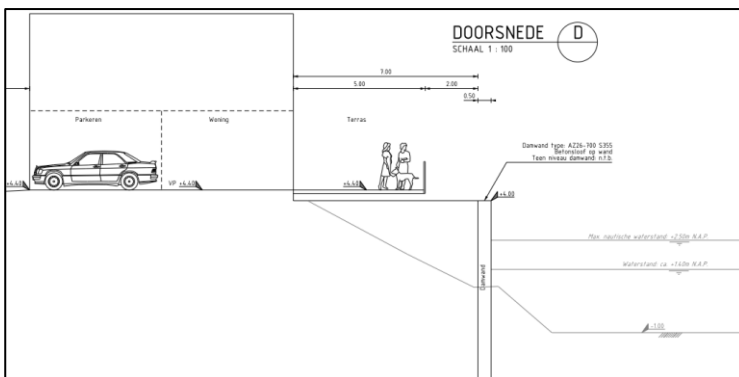
Maaiveld + 3,8 m NAP  
Waterbodenniveau -1,0 m NAP

Figuur 3-2: Doorsnede B-B



Maaiveld + 3,8 m NAP  
Waterbodenniveau -1,0 m NAP

Figuur 3-3: Doorsnede C-C



Maaiveld + 4,0 m NAP  
Waterbodenniveau -1,0 m NAP

Figuur 3-7: Doorsnede D-D

## 4. Resultaten berekeningen

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de uitgevoerde berekeningen besproken.

### 4.1 Planklengten

Op basis van de verrichte berekeningen wordt het volgende damwandprofiel geadviseerd:

- AZ26-700 S355.

De benodigde lengte van de damwand is in onderstaande tabel opgenomen.

Tabel 4: Planklengten damwand

Doorsnede	Bovenkant damwand [m NAP]	<b>DSheetPiling</b> Onderkant damwand [m NAP]	<b>Plaxis 2D</b> Onderkant damwand [m NAP]
A-A	+4,0	-4,5	<b>-8,0</b> (maatgevend)
B-B	+4,5	-7,5	<b>-10,0</b> (maatgevend)
C-C	+4,0	-4,5	<b>-8,0</b> (maatgevend)
D-D	+4,0	-7,0	<b>-10,0</b> (maatgevend)

Zoals in bovenstaande tabel te zien, zijn de benodigde planklengten in Plaxis (waarbij de aanvaarbeasting is beschouwd) veruit maatgevend ten opzichte van de statische situatie die in DSheetPiling is beschouwd.

### 4.2 Vervormingen

De horizontale vervormingen van de kadeconstructie ten gevolge van de aanvaarbeasting zijn zeer groot, in onderstaande tabel is aangegeven hoeveel dit per maatgevende doorsnede bedraagt.

Tabel 5: Horizontale vervormingen

Doorsnede	Belasting	Aanvaarhoek [°]	Horizontale vervorming damwand [m]
A-A	Leeg schip	90	1,3
	Geladen schip	90	1,7
B-B	Leeg schip	90	1,5
	Geladen schip	90	1,8
C-C	Leeg schip	60	0,8
		90	1,4
	Geladen schip	60	0,9
		90	1,5
D-D	Leeg schip	60	1,0
	Geladen schip	60	1,1

Tabel 6: Horizontale vervormingen t.p.v. woningen

Doorsnede	Belasting	Aanvaarhoek [°]	Toegeschreven damwand vervorming Plaxis [m]	Opgetreden damwand vervorming [m]	Horizontale vervorming 7m vanuit damwand [m]
A-A	Leeg schip	90	1,8	1,3	0,26
	Geladen schip	90	2,0	1,7	0,80
B-B	Leeg schip	90	1,8	1,5	0,58
	Geladen schip	90	2,0	1,8	1,13
C-C	Leeg schip	60	1,8	0,8	0,14
		90	1,8	1,4	0,25
	Geladen schip	60	2,0	0,9	0,43
		90	2,0	1,5	0,72
D-D	Leeg schip	60	1,8	1,0	0,36
	Geladen schip	60	1,8	1,1	0,67

## 5. Conclusies en Aanbevelingen

Op basis van de gerapporteerde berekeningen zijn de volgende conclusies en aanbeveling te geven.

### **Conclusies**

Als gevolg van een aanvaring zal de kadeconstructie zeer grote vervormingen ondervinden (orde grootte tot 1,8 meter) waarbij de kadeconstructie plaatselijk onherstelbaar zal beschadigen. Door de horizontale vervormingen in de achter gelegen bodem zal er een horizontale belasting optreden op de funderingen van de woningen. Een nadere beschouwing kan meer inzicht geven op de gevolgen van deze belasting op de funderingen.

De 'indringing' van het maatgevende schip in de grond zal op basis van de berekeningen de gevels niet bereiken. De berekende vervormingen op 7 m uit de kade wijzen uit dat deze dusdanig groot zijn dat ervan moet worden uitgegaan dat constructieve schade aan de fundering van de woningen zeer aannemelijk is.

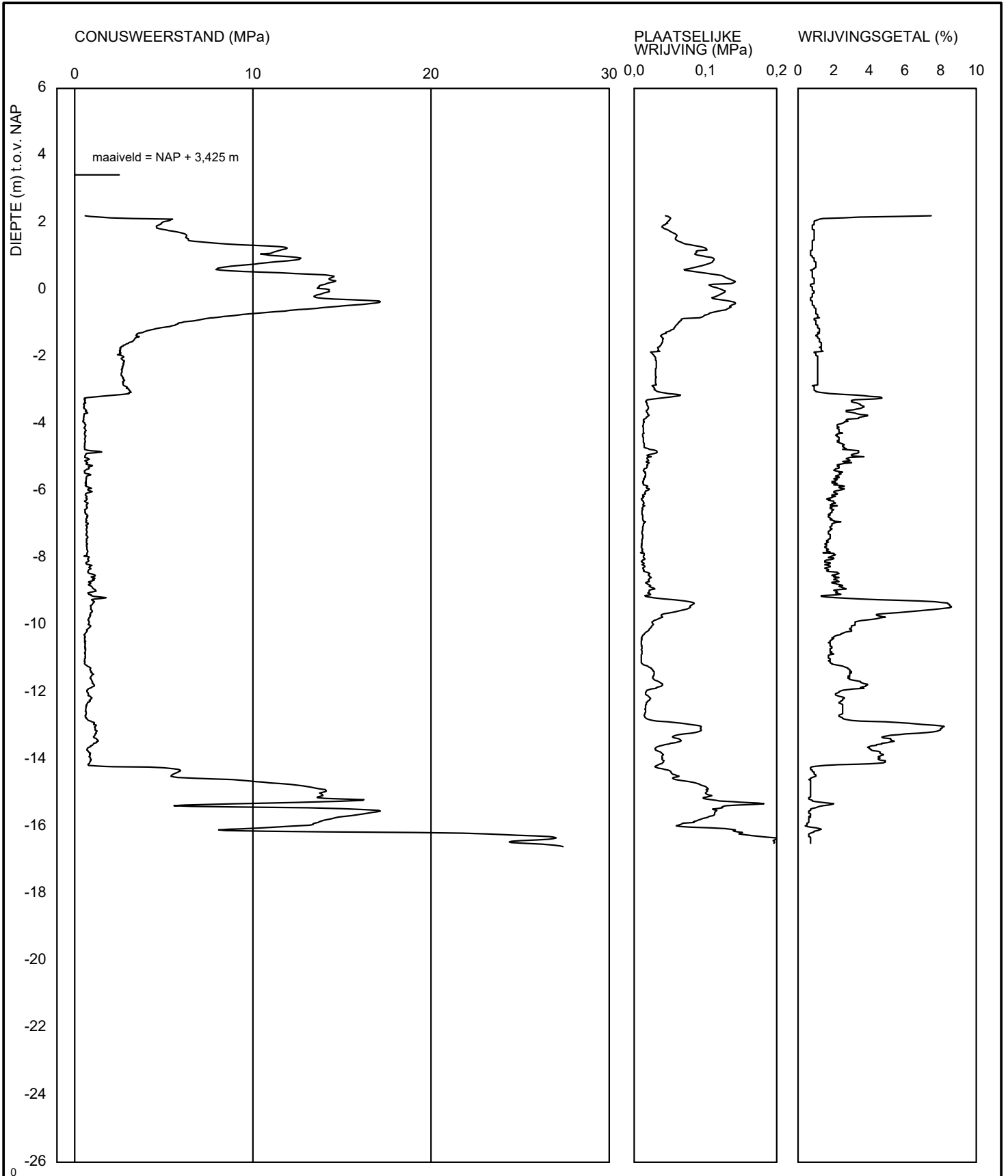
### **Aanbevelingen**

Geadviseerd wordt om bij het constructief ontwerp van de hoofddraagconstructie voor de woningen rekening te houden met de grote horizontale grondverplaatsing. Zo kan bijvoorbeeld een onderheide plaat op palen een mogelijke oplossing zijn voor de fundatie van de woningen, waardoor zelfs bij aanzienlijke paalschade geen directe instabiliteit van de woning op kan treden.

-0-0-0-



## **Bijlage A – Toegepaste sondering**



Telefoon Telefax	datum 2002-04-05	get. -
-	BRO-/ -	gez.
Sondering CPT000000001296	BIJL. -	form. A4

## **Bijlage B – Berekeningsuitvoer Plaxis 2D**

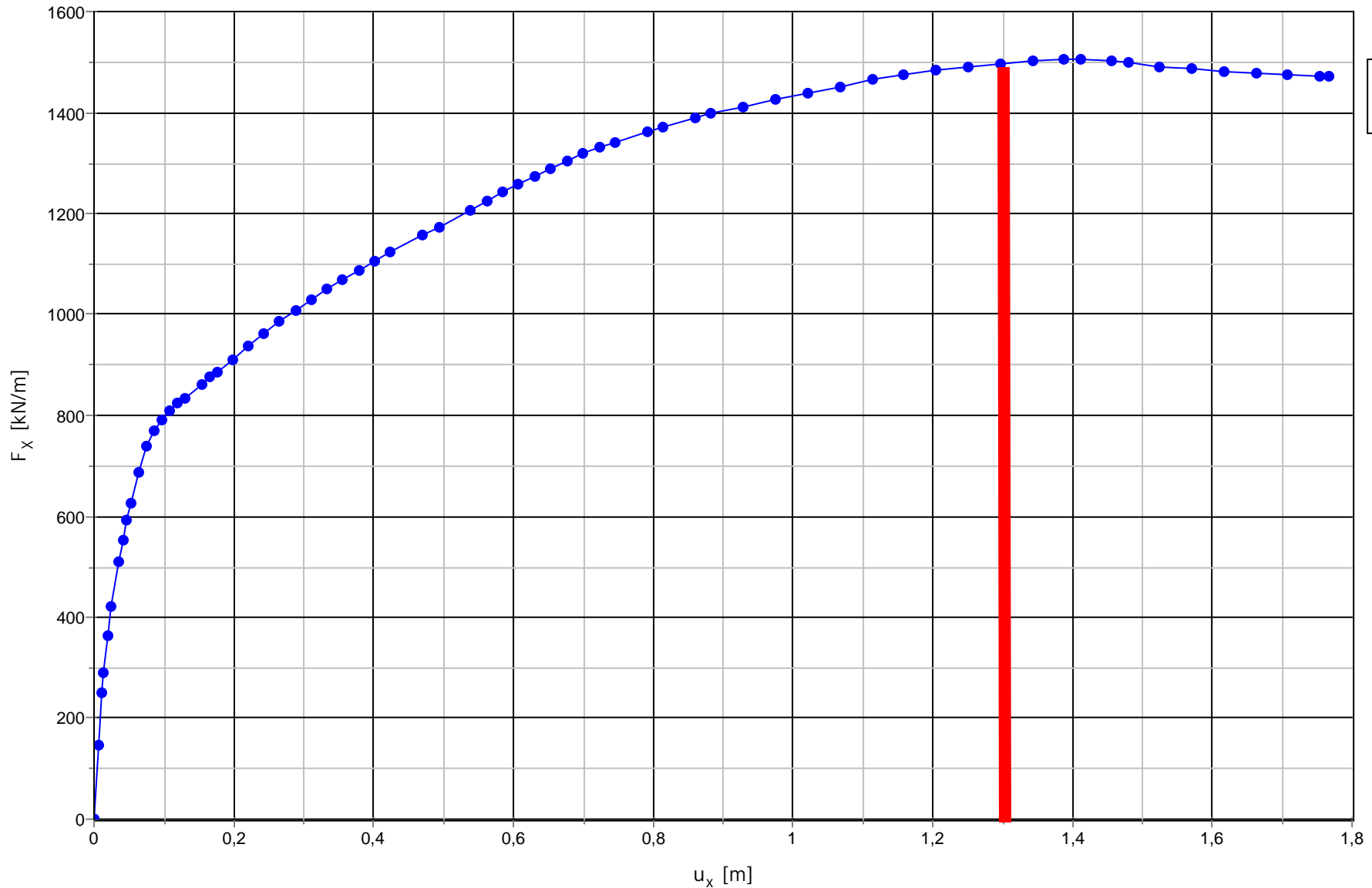
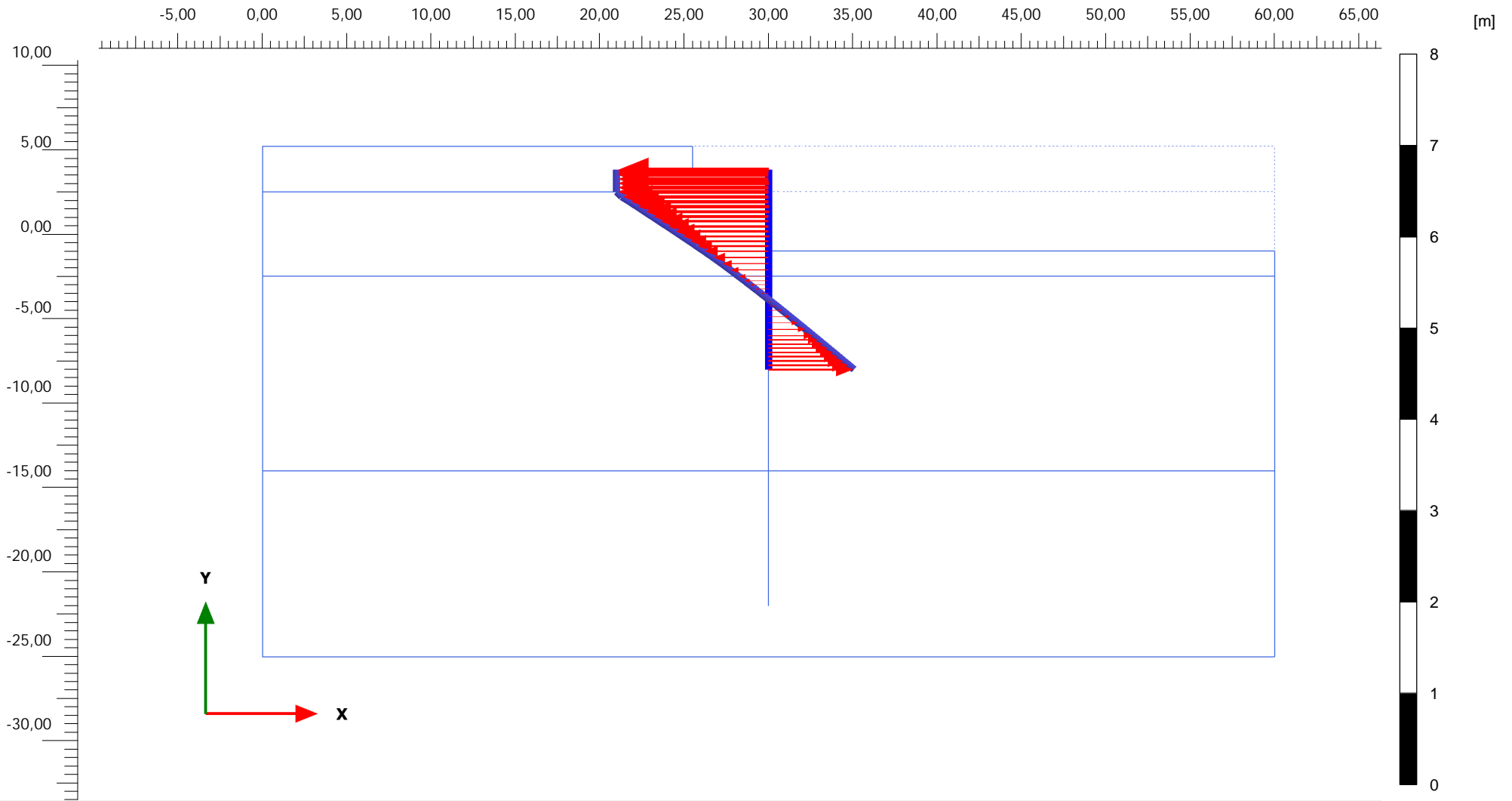


Chart 2  
 ● N302(B)

<i>Project description</i>		Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">A-A Leeg</span>		<i>Date</i>	28-11-2017
<i>Project filename</i>		<i>Step</i>	<i>User name</i>		
Nieuwerkerk Zellingen aan ...		67	GEO2 Engineering		



<i>Project description</i>		<i>Date</i>	
Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn A-A		29-11-2017	
<i>Project filename</i>	<i>Step</i>	<i>User name</i>	
Nieuwerkerk Zellingen aan ...	67	GEO2 Engineering	





**Total displacements  $u_x$  (scaled up 5,00 times)**

Maximum value =  $-1,676 \cdot 10^{-3}$  m

Minimum value = -0,3578 m

*Project description*

**Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn A-A**

*Date*

**29-11-2017**

*Project filename*

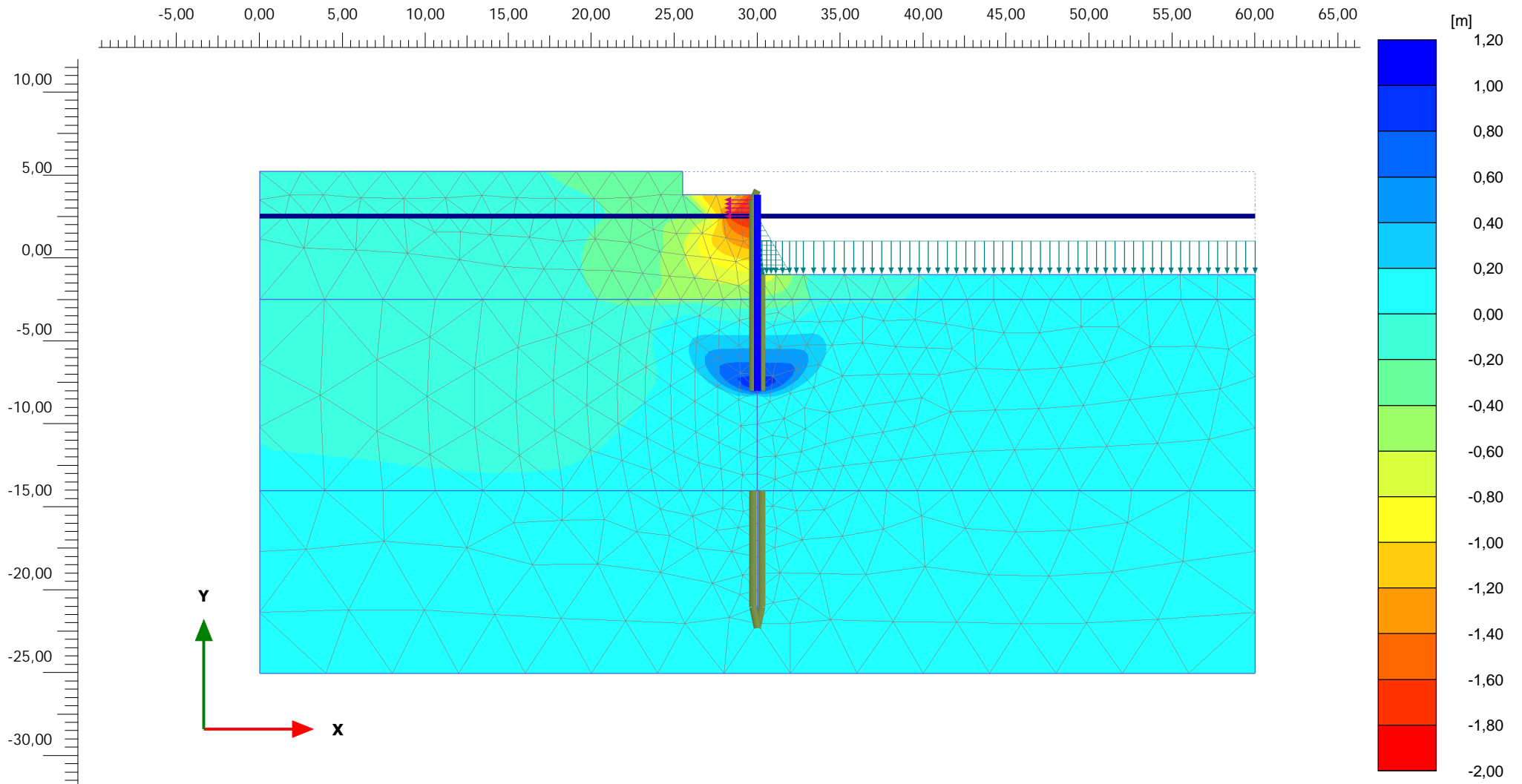
**Nieuwerkerk Zellingen aan ...**

*Step*

**67**

*User name*

**GEO2 Engineering**



**Total displacements  $u_x$**

Maximum value = 1,015 m (Element 606 at Node 3260)

Minimum value = -1,804 m (Element 99 at Node 294)

*Project description*

Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn A-A

*Date*

29-11-2017

*Project filename*

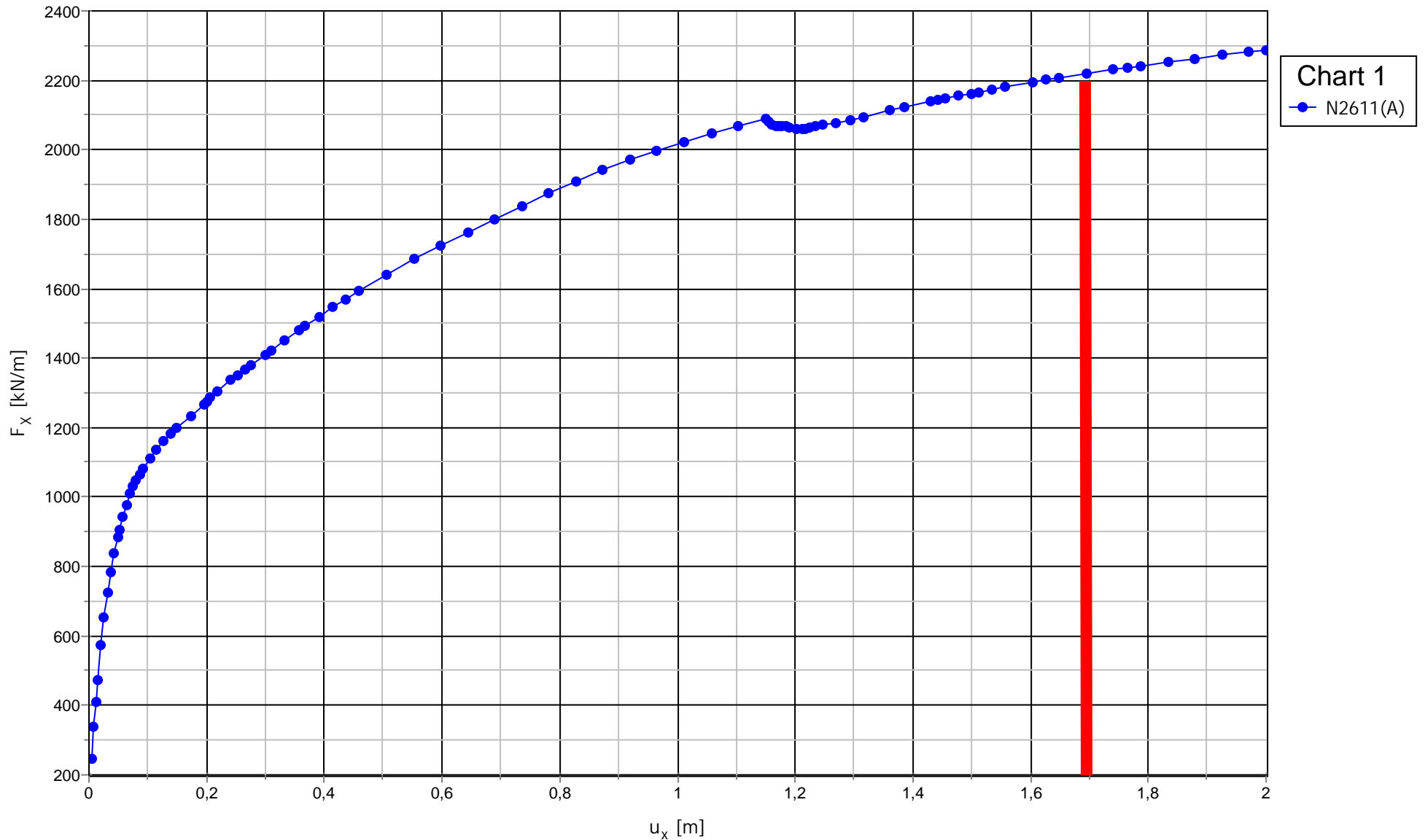
Nieuwerkerk Zellingen aan ...

*Step*

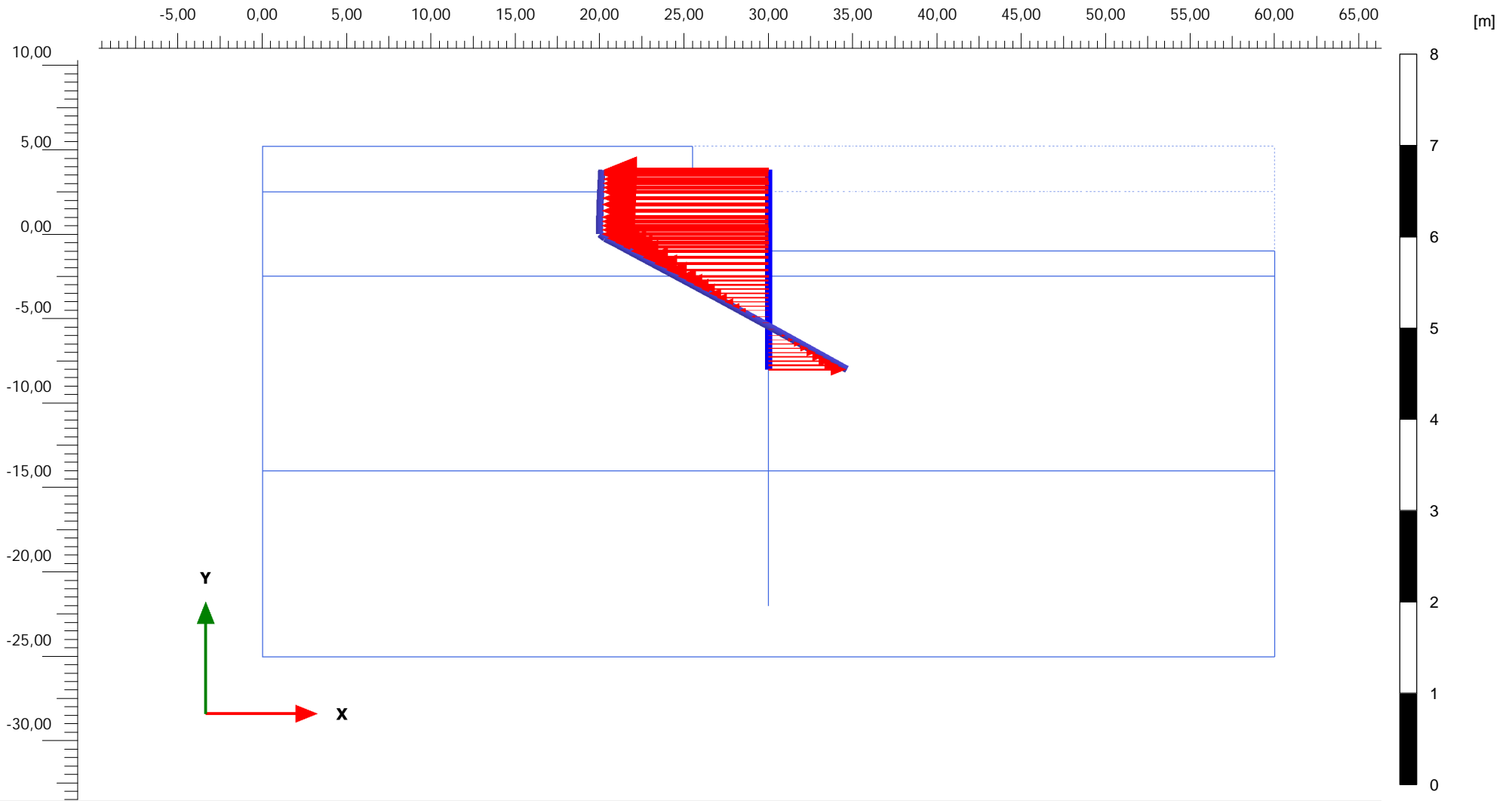
67

*User name*

GEO2 Engineering



<i>Project description</i>		<b>Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting</b>		<b>A-A geladen</b>		<i>Date</i>		<b>28-11-2017</b>				
<i>Project filename</i>			<b>Nieuwerkerk Zellingen aan ...</b>		<i>Step</i>		<b>94</b>		<i>User name</i>		<b>GEO2 Engineering</b>	

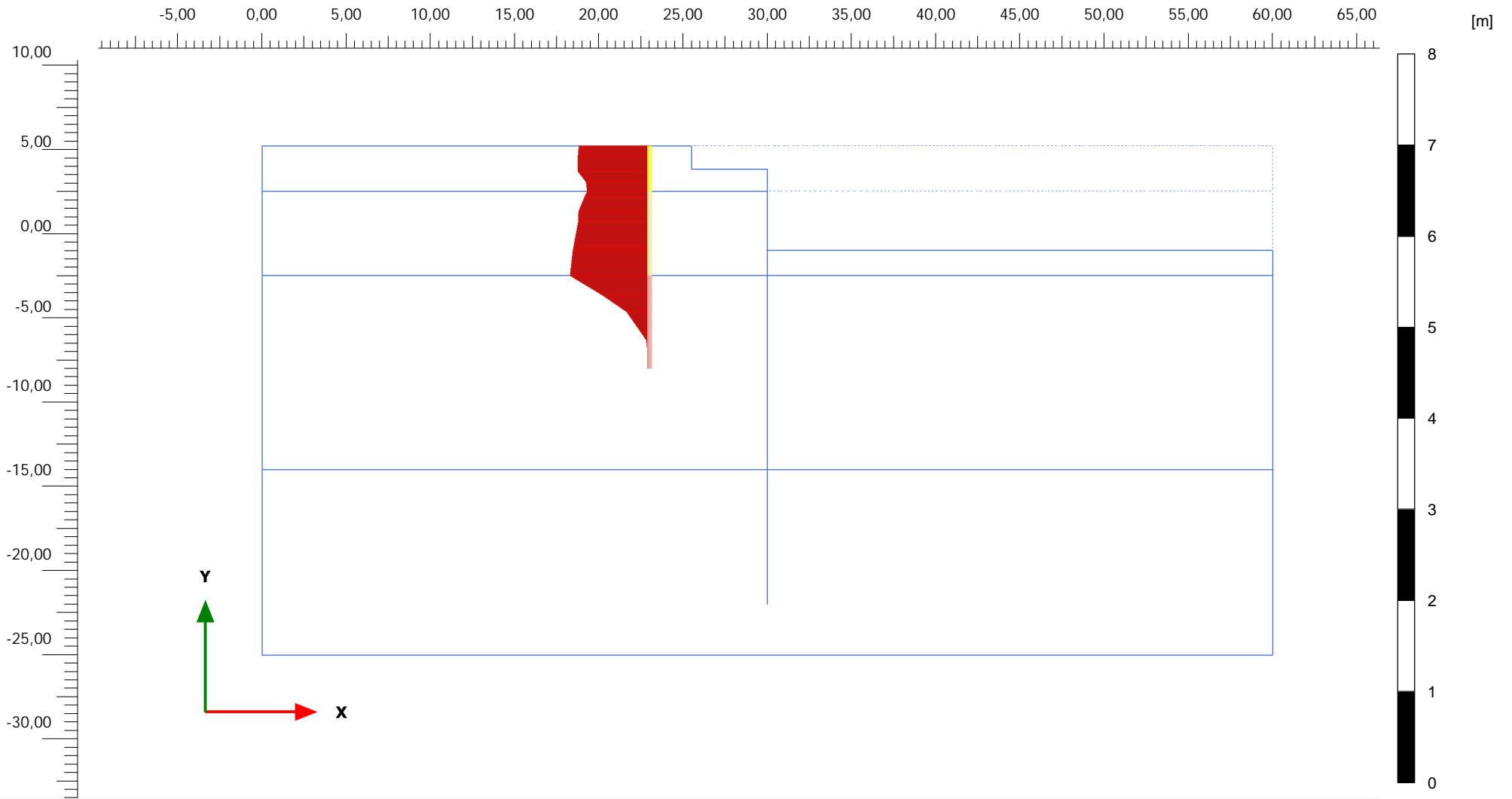


**Total displacements  $u_x$  (scaled up 5,00 times)**

Maximum value = 0,9309 m (Element 11 at Node 2270)

Minimum value = -2,000 m (Element 3 at Node 2641)

<i>Project description</i>		<b>Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn A-A GELADEN</b>		<i>Date</i>	<b>29-11-2017</b>
<i>Project filename</i>		<i>Step</i>	<i>User name</i>		
<b>Nieuwerkerk Zellingen aan ...</b>		<b>94</b>	<b>GEO2 Engineering</b>		



**Total displacements  $u_x$  (scaled up 5,00 times)**

Maximum value = -0,01399 m

Minimum value = -0,9416 m

*Project description*

**Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn A-A GELADEN**

*Date*

**29-11-2017**

*Project filename*

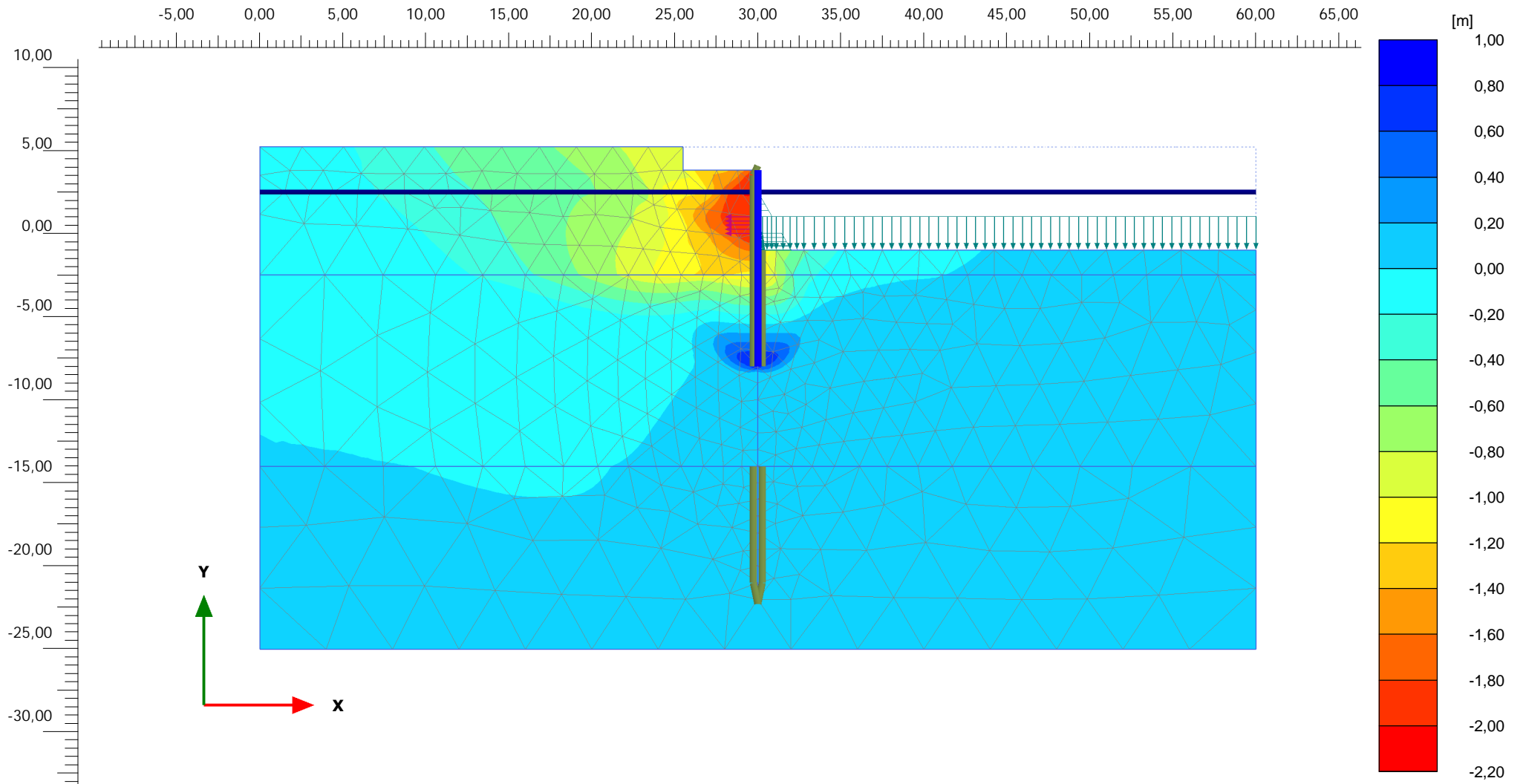
**Nieuwerkerk Zellingen aan ...**

*Step*

**94**

*User name*

**GEO2 Engineering**



**Total displacements  $u_x$**

Maximum value = 0,9308 m (Element 602 at Node 2266)

Minimum value = -2,012 m (Element 99 at Node 3259)

<i>Project description</i>		<b>Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn A-A GELADEN</b>		<i>Date</i>	<b>29-11-2017</b>
<i>Project filename</i>		<i>Step</i>	<i>User name</i>		
<b>Nieuwerkerk Zellingen aan ...</b>		<b>94</b>	<b>GEO2 Engineering</b>		



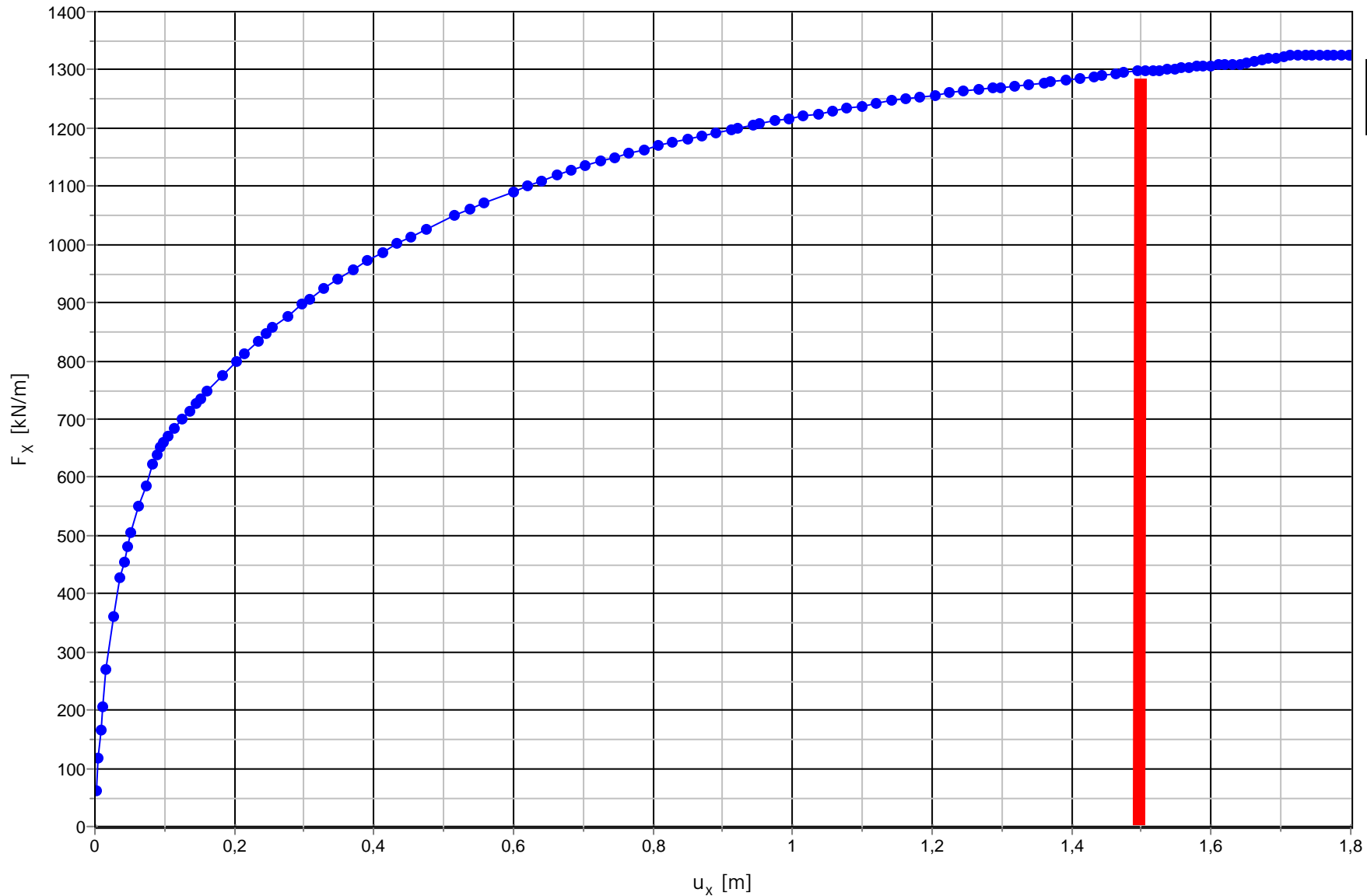
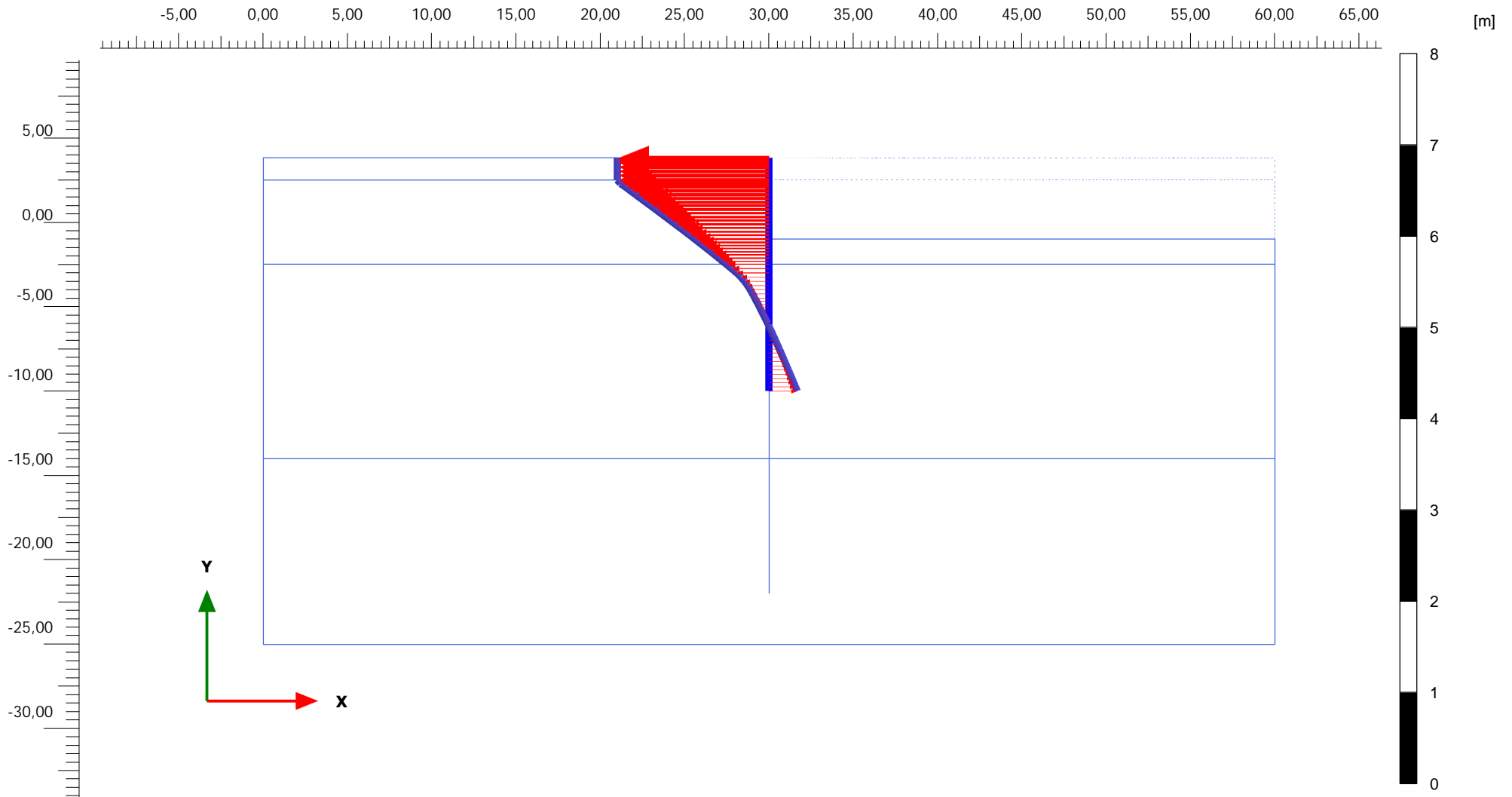


Chart 1  
 -●- N4528(A)

<i>Project description</i>		<b>Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting</b>		<i>Date</i>	
		<b>B-B Leeg</b>		<b>28-11-2017</b>	
<i>Project filename</i>		<i>Step</i>	<i>User name</i>		
Nieuwerkerk Zellingen aan ...		0	GEO2 Engineering		

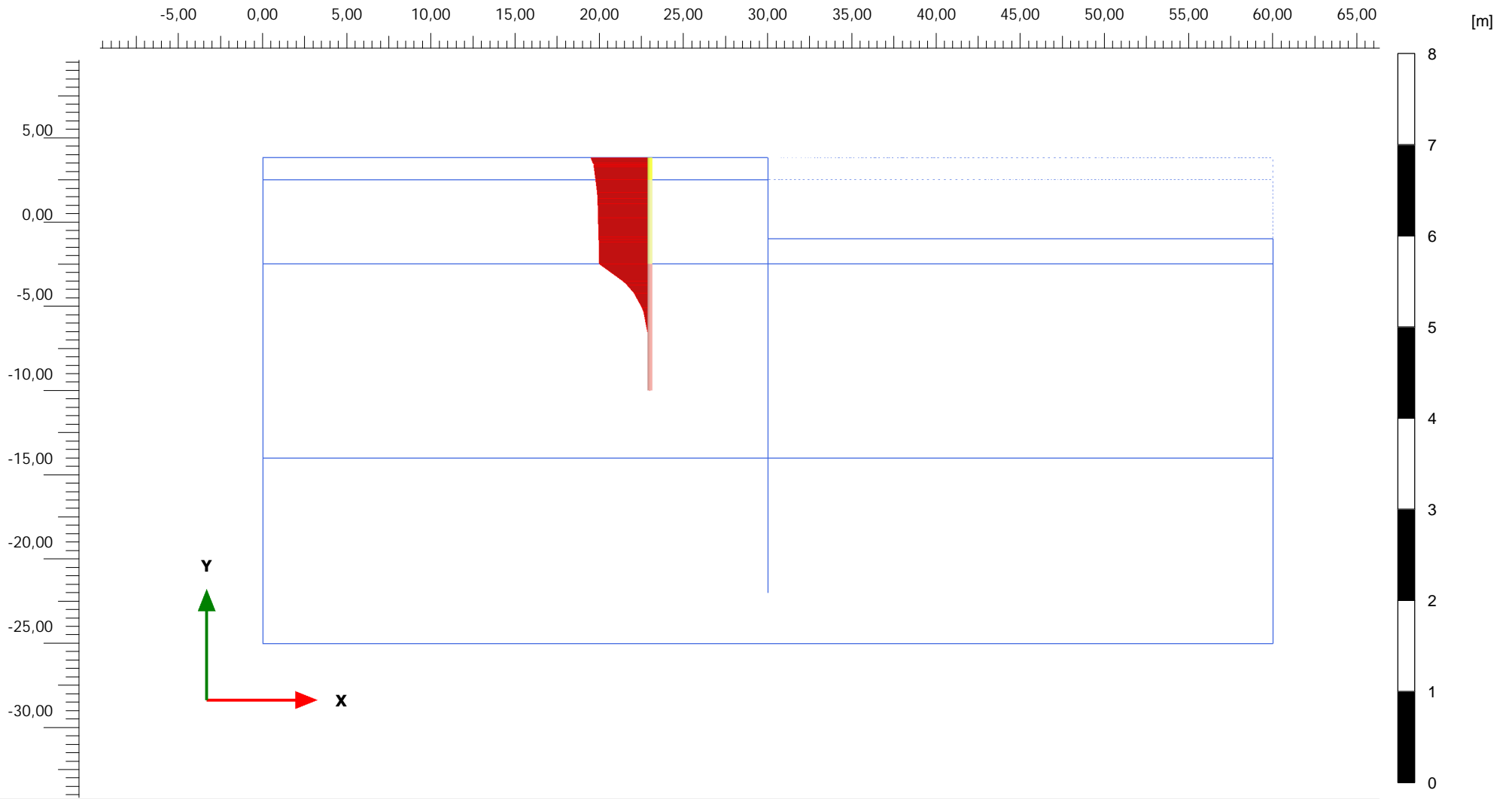


**Total displacements  $u_x$  (scaled up 5,00 times)**

Maximum value = 0,3361 m (Element 16 at Node 3753)

Minimum value = -1,800 m (Element 1 at Node 4544)

<i>Project description</i>		<i>Date</i>	
Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn B-B		29-11-2017	
<i>Project filename</i>	<i>Step</i>	<i>User name</i>	
Nieuwerkerk Zellingen aan ...	120	GEO2 Engineering	



**Total displacements  $u_x$  (scaled up 5,00 times)**

Maximum value =  $-3,848 \cdot 10^{-3}$  m

Minimum value = -0,7024 m

*Project description*

**Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn B-B**

*Date*

**29-11-2017**

*Project filename*

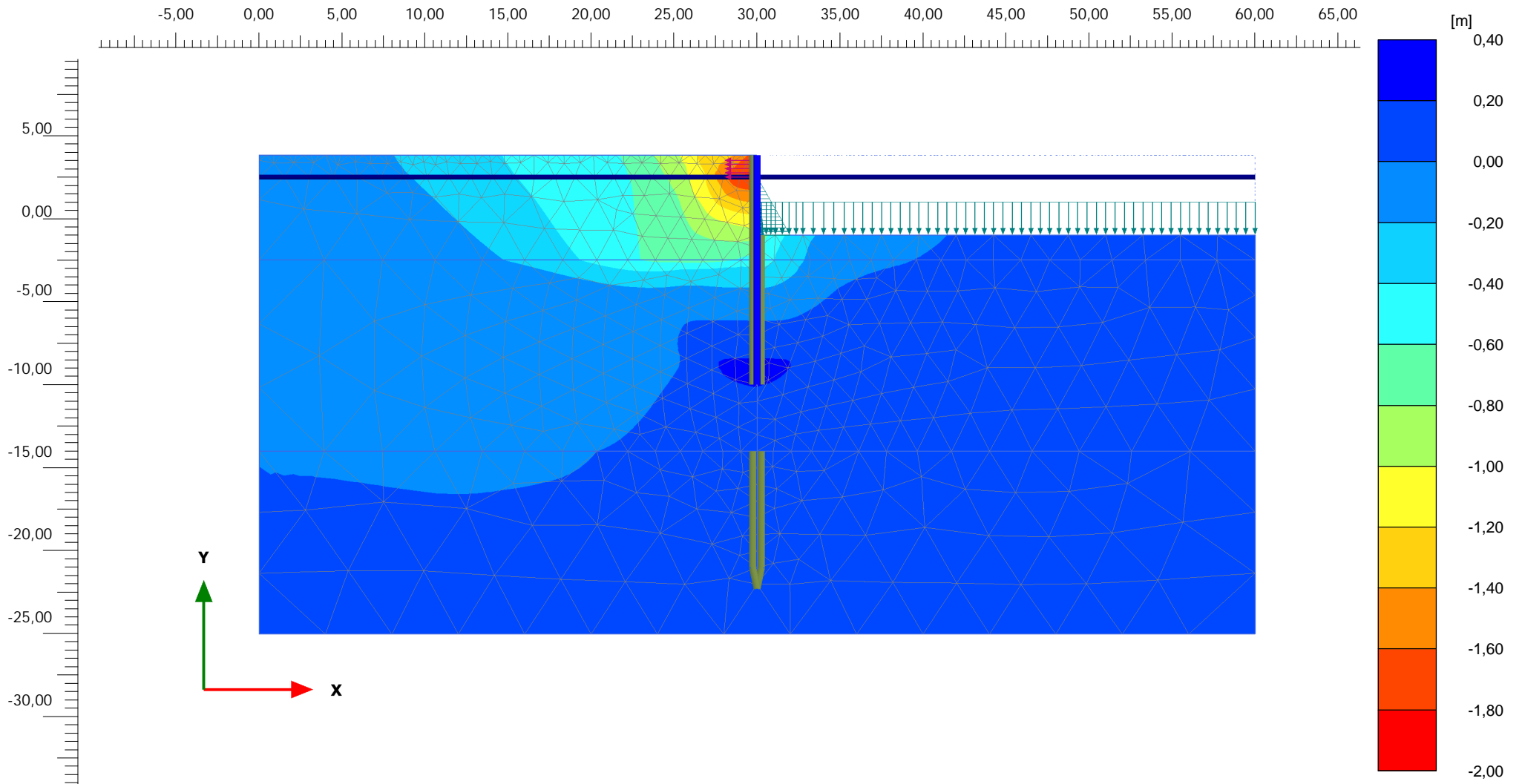
**Nieuwerkerk Zellingen aan ...**

*Step*

**120**

*User name*

**GEO2 Engineering**



**Total displacements  $u_x$**

Maximum value = 0,3479 m (Element 792 at Node 4307)

Minimum value = -1,808 m (Element 38 at Node 4451)

*Project description*

**Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn B-B**

*Date*

**29-11-2017**

*Project filename*

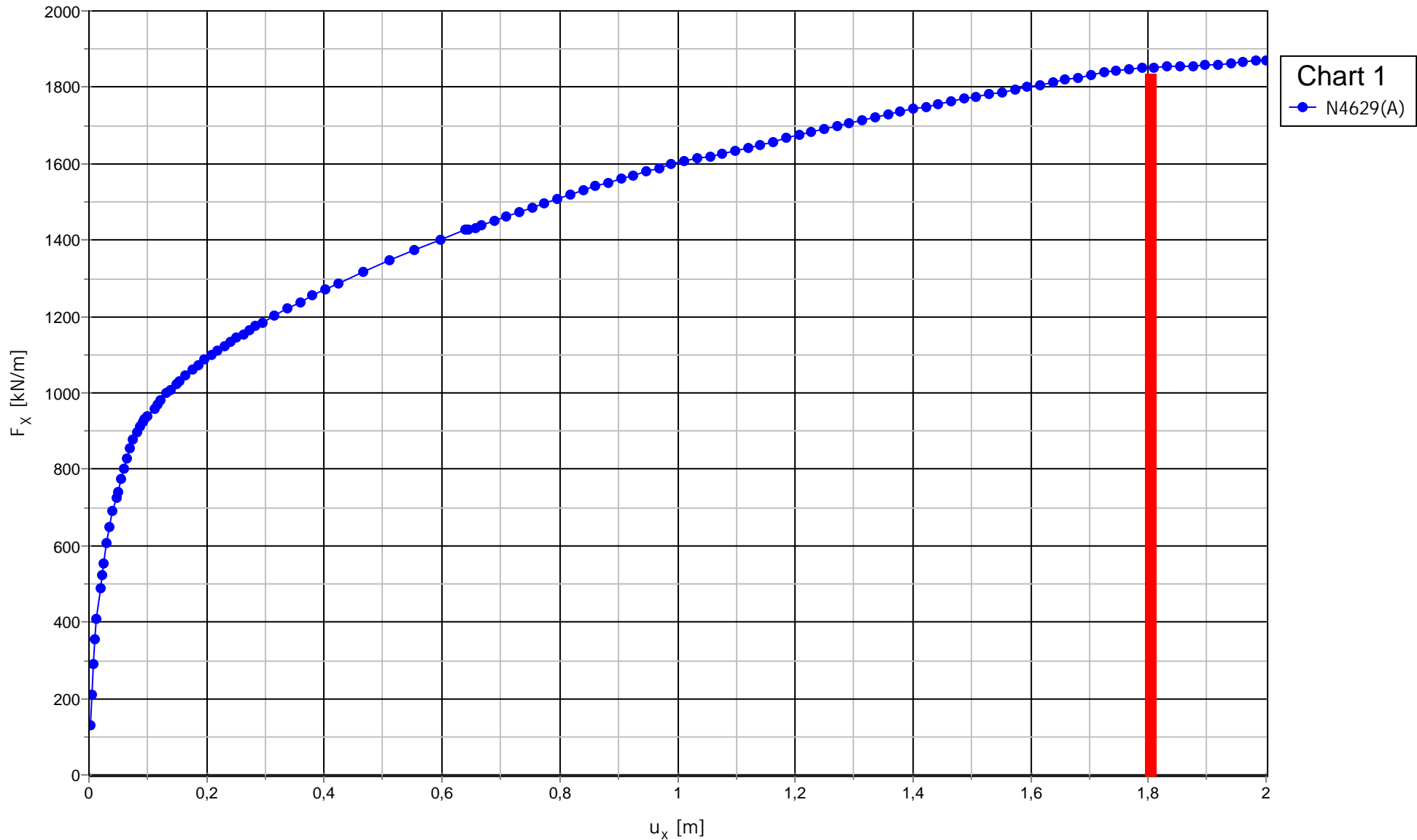
**Nieuwerkerk Zellingen aan ...**

*Step*

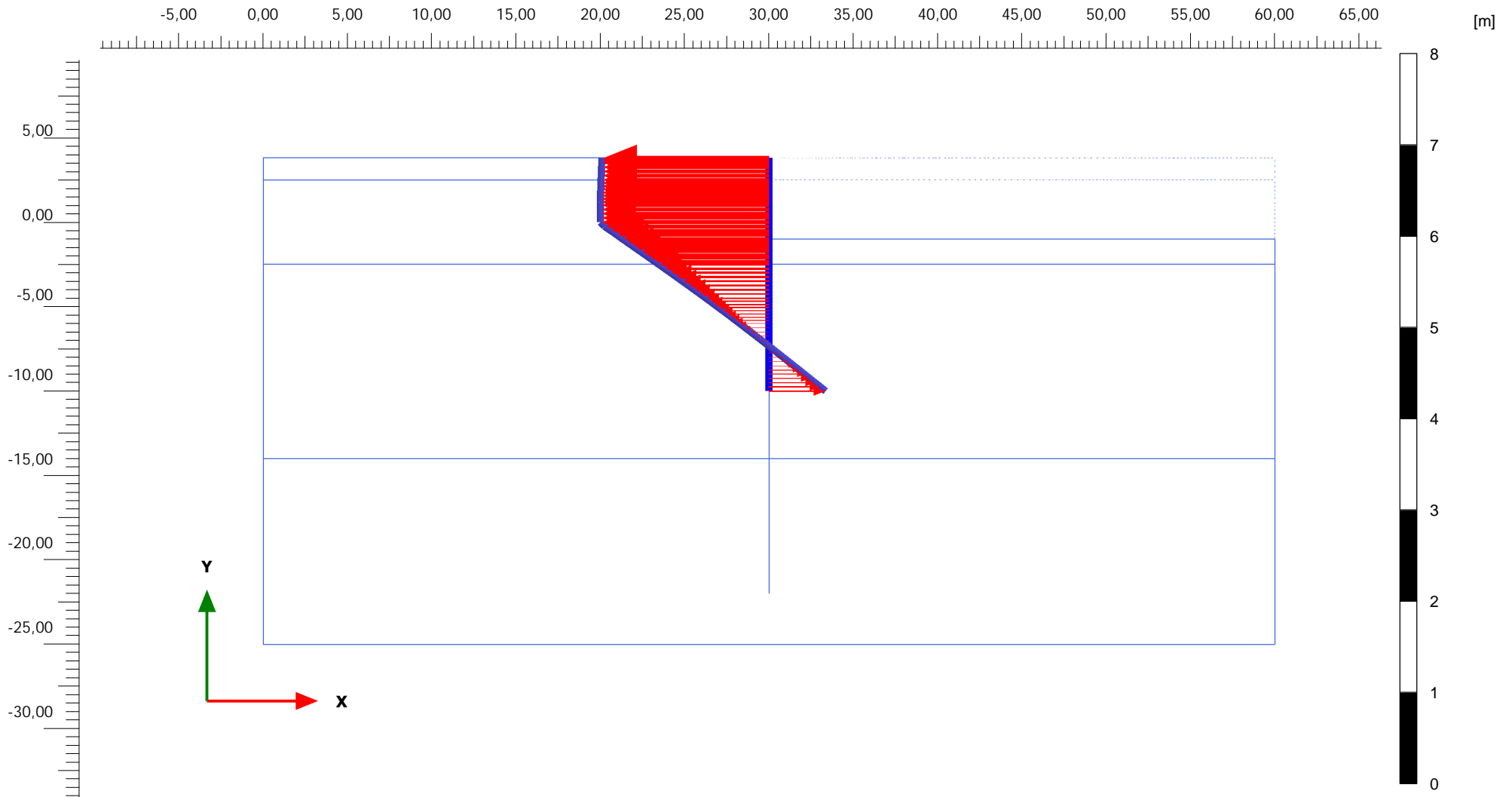
**120**

*User name*

**GEO2 Engineering**



<i>Project description</i>		Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">B-B geladen</span>		<i>Date</i>	28-11-2017
<i>Project filename</i>		<i>Step</i>	<i>User name</i>		
Nieuwerkerk Zellingen aan ...		119	GEO2 Engineering		

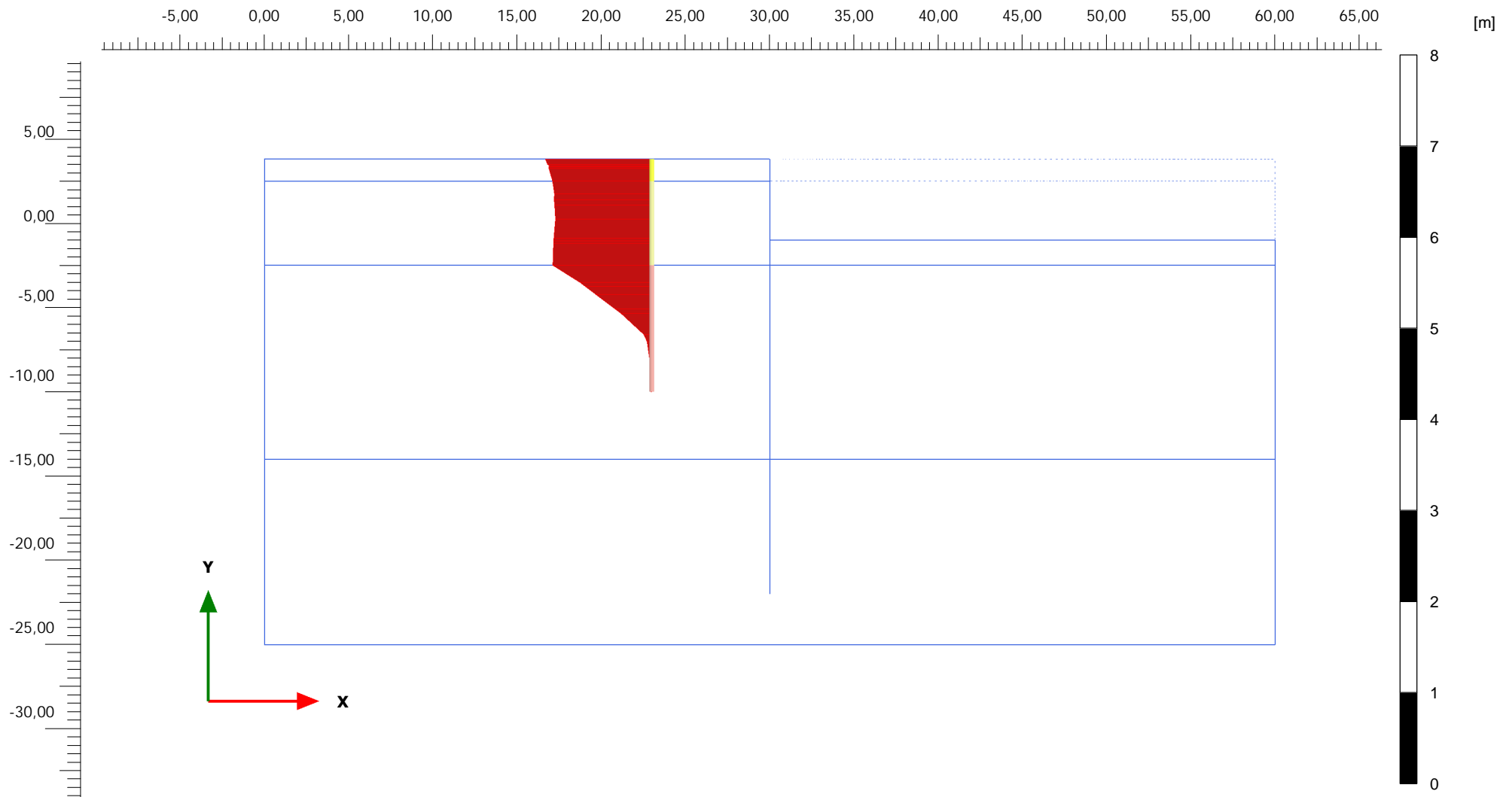


**Total displacements  $u_x$  (scaled up 5,00 times)**

Maximum value = 0,6728 m (Element 16 at Node 3753)

Minimum value = -2,000 m (Element 4 at Node 4628)

<i>Project description</i>		<b>Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn B-B GELADEN</b>		<i>Date</i>	<b>29-11-2017</b>
<i>Project filename</i>		<i>Step</i>	<i>User name</i>		
<b>Nieuwerkerk Zellingen aan ...</b>		<b>119</b>	<b>GEO2 Engineering</b>		



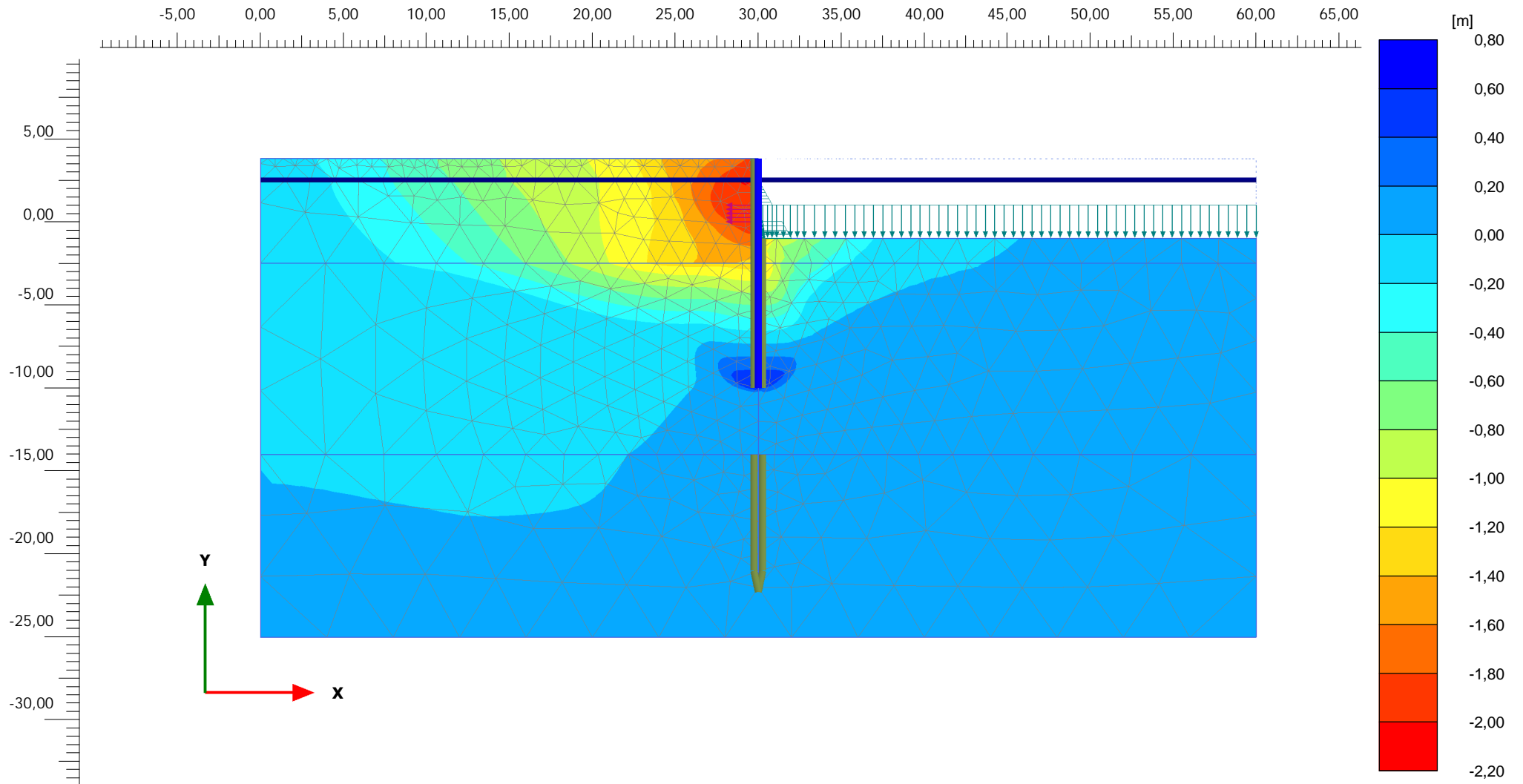
**Total displacements  $u_x$  (scaled up 5,00 times)**

Maximum value =  $-8,690 \cdot 10^{-3}$  m

Minimum value = -1,264 m

<i>Project description</i>		<b>Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn B-B GELADEN</b>		<i>Date</i>	<b>29-11-2017</b>
<i>Project filename</i>		<i>Step</i>	<i>User name</i>		
<b>Nieuwerkerk Zellingen aan ...</b>		<b>119</b>	<b>GEO2 Engineering</b>		





**Total displacements  $u_x$**

Maximum value = 0,7011 m (Element 794 at Node 4307)

Minimum value = -2,012 m (Element 36 at Node 4447)

<i>Project description</i>		<b>Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn B-B GELADEN</b>		<i>Date</i>	<b>29-11-2017</b>
<i>Project filename</i>		<i>Step</i>	<i>User name</i>		
<b>Nieuwerkerk Zellingen aan ...</b>		<b>119</b>	<b>GEO2 Engineering</b>		

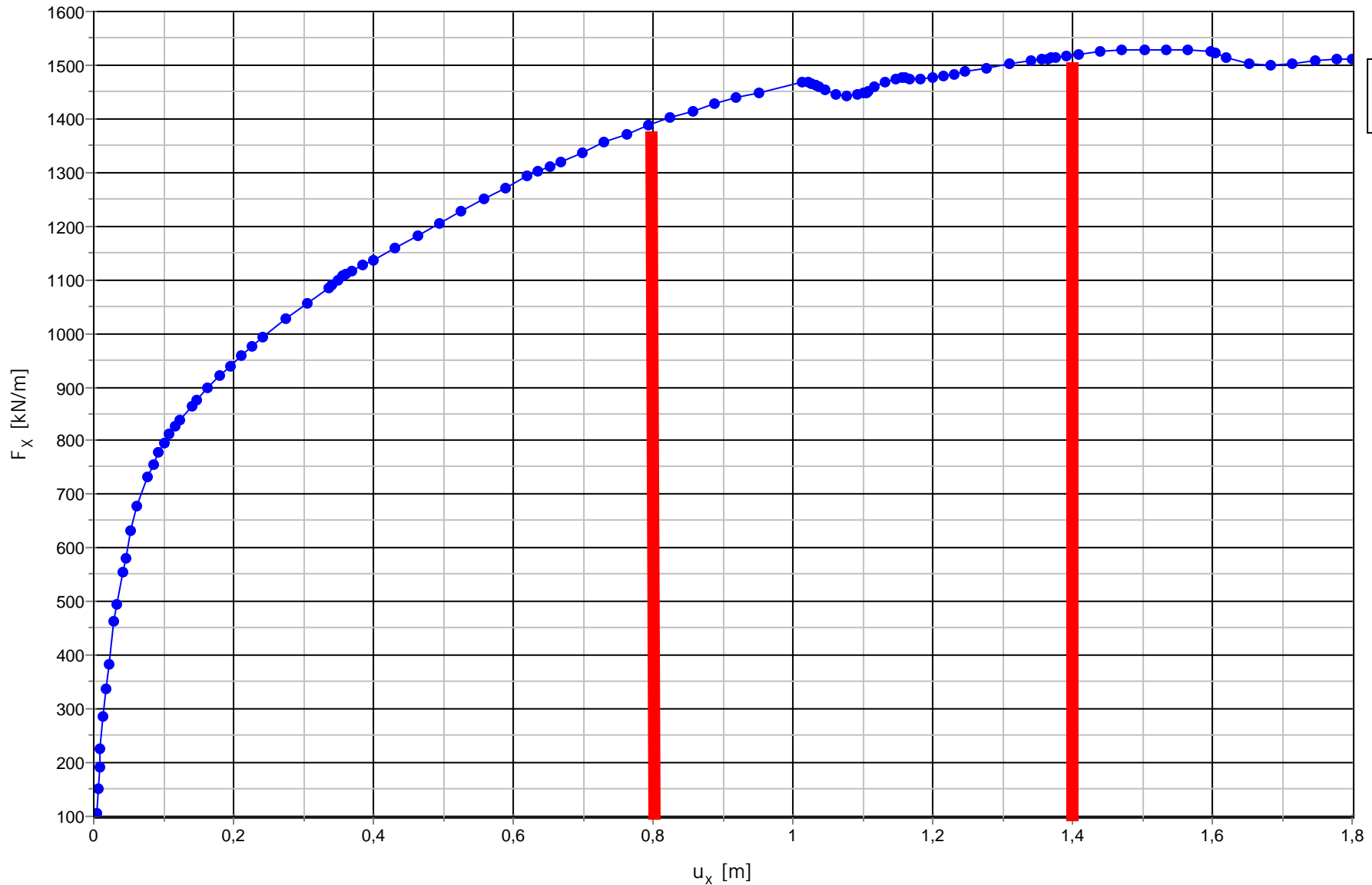
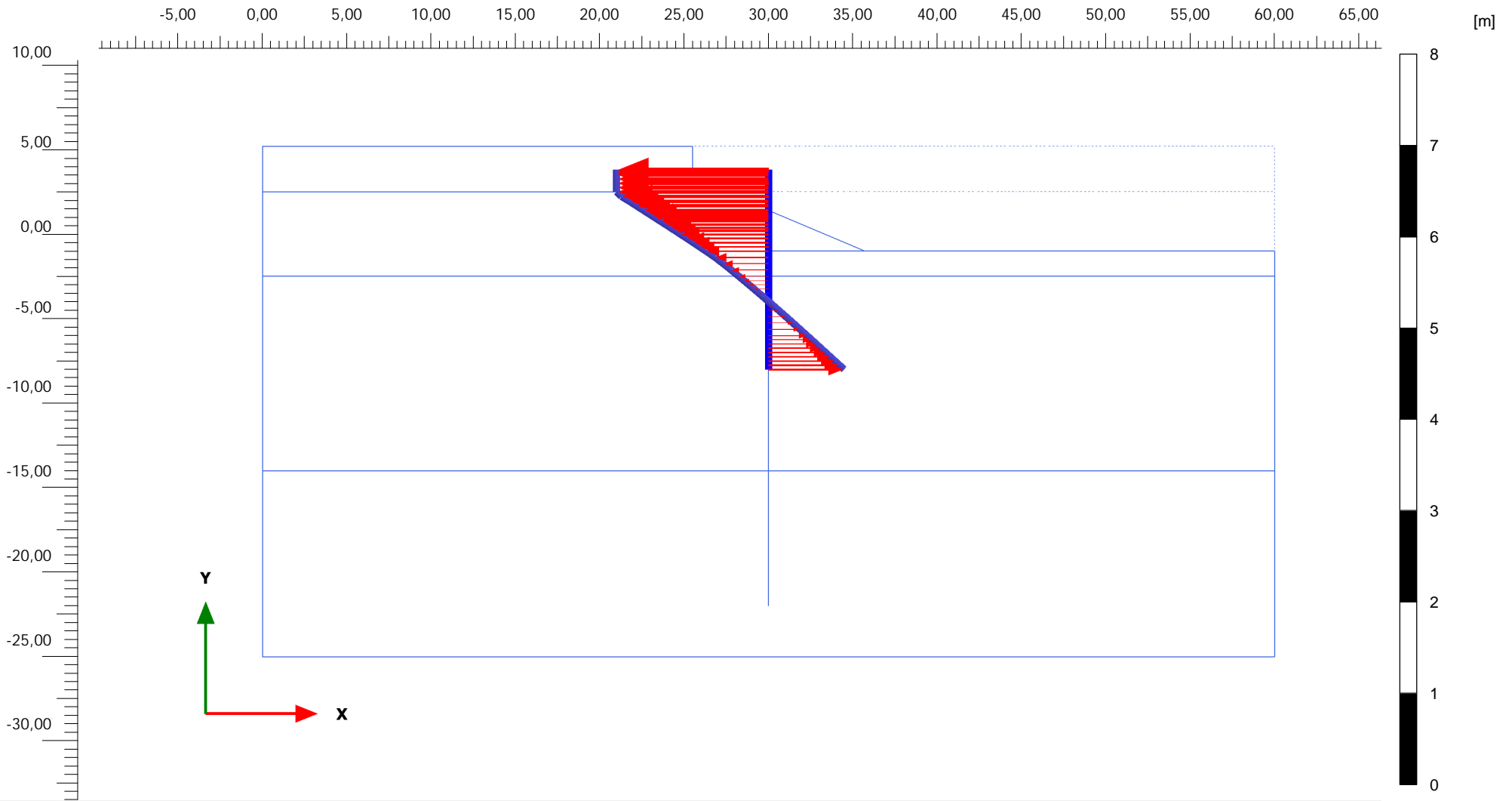


Chart 1  
● N72(A)

<i>Project description</i>		<b>Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting</b>		<b>C-C Leeg</b>		<i>Date</i>		<b>28-11-2017</b>				
<i>Project filename</i>			<b>Nieuwerkerk Zellingen aan ...</b>		<i>Step</i>		<b>0</b>		<i>User name</i>		<b>GEO2 Engineering</b>	



**Total displacements  $u_x$  (scaled up 5,00 times)**

Maximum value = 0,8970 m (Element 12 at Node 3560)

Minimum value = -1,800 m (Element 1 at Node 26)

*Project description*

**Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn A-A**

*Date*

**29-11-2017**

*Project filename*

**Nieuwerkerk Zellingen aan ...**

*Step*

**103**

*User name*

**GEO2 Engineering**



**Total displacements  $u_x$  (scaled up 5,00 times)**

Maximum value =  $-2,848 \cdot 10^{-3}$  m

Minimum value = -0,3239 m

*Project description*

**Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbelasting dsn A-A**

*Date*

**29-11-2017**

*Project filename*

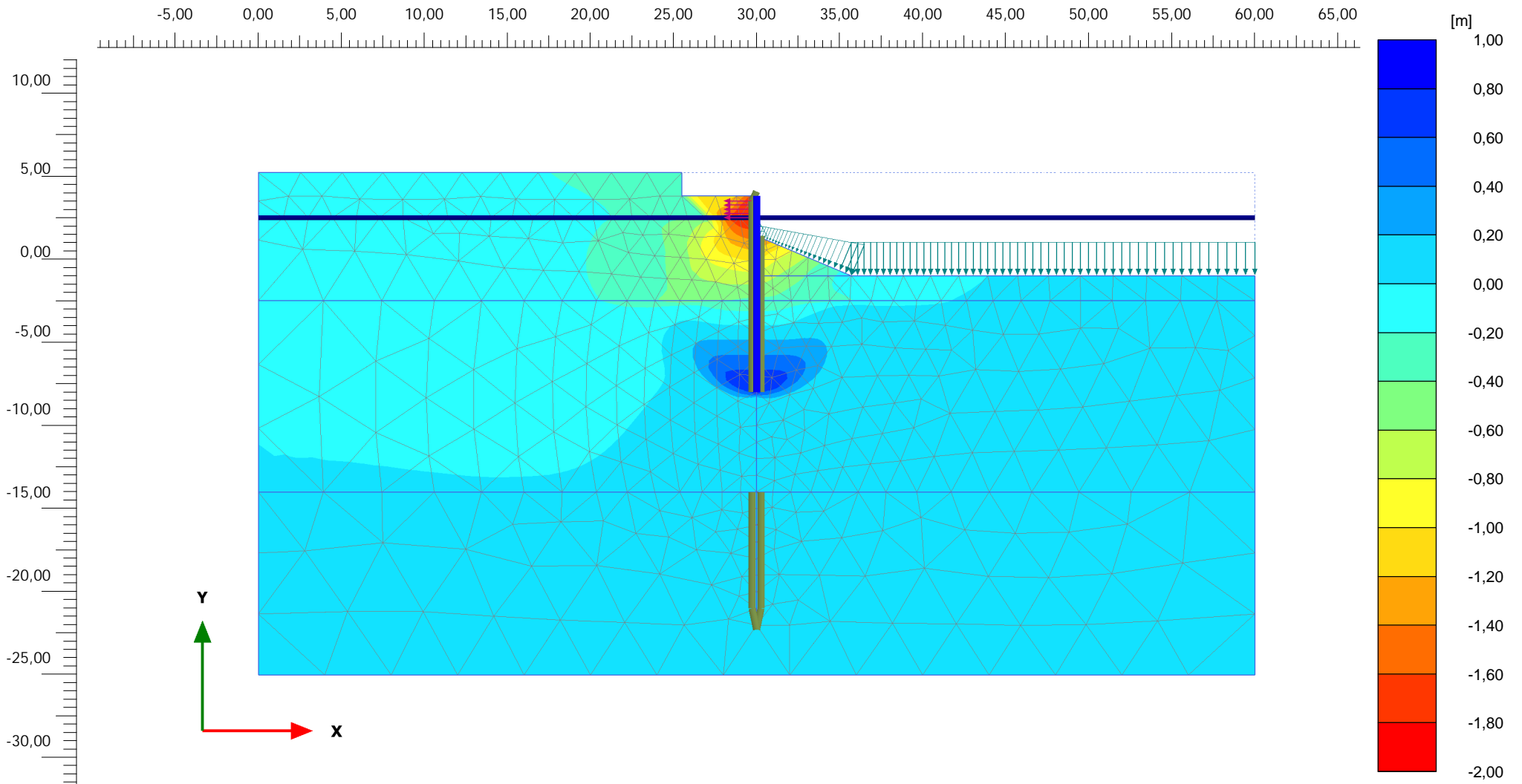
**Nieuwerkerk Zellingen aan ...**

*Step*

**103**

*User name*

**GEO2 Engineering**

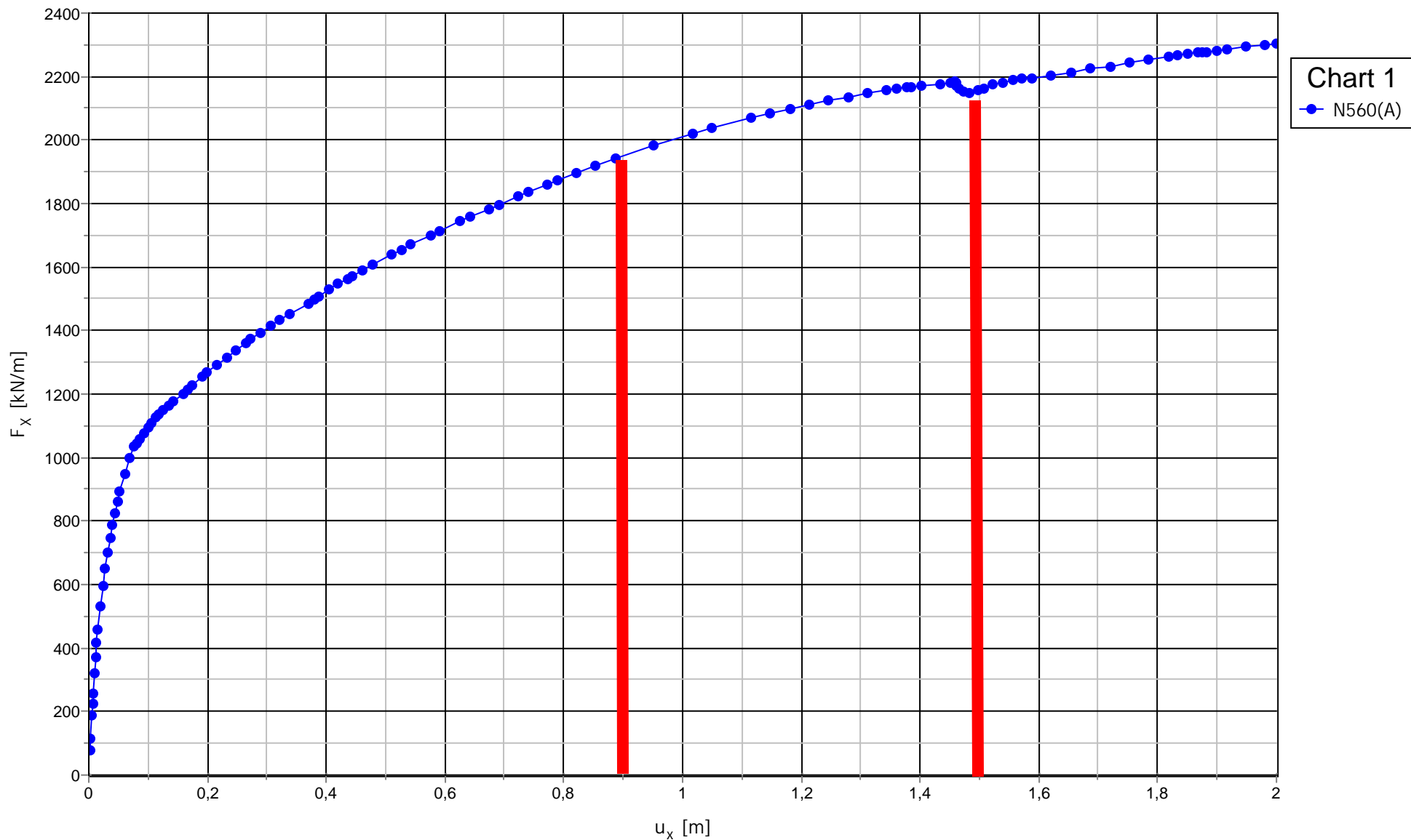


**Total displacements  $u_x$**

Maximum value = 0,8970 m (Element 642 at Node 3556)

Minimum value = -1,804 m (Element 99 at Node 272)

<i>Project description</i> <b>Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn A-A</b>		<i>Date</i> <b>29-11-2017</b>	
<i>Project filename</i> <b>Nieuwerkerk Zellingen aan ...</b>	<i>Step</i> <b>103</b>	<i>User name</i> <b>GEO2 Engineering</b>	



*Project description*

Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting

C-C geladen

*Date*

28-11-2017

*Project filename*

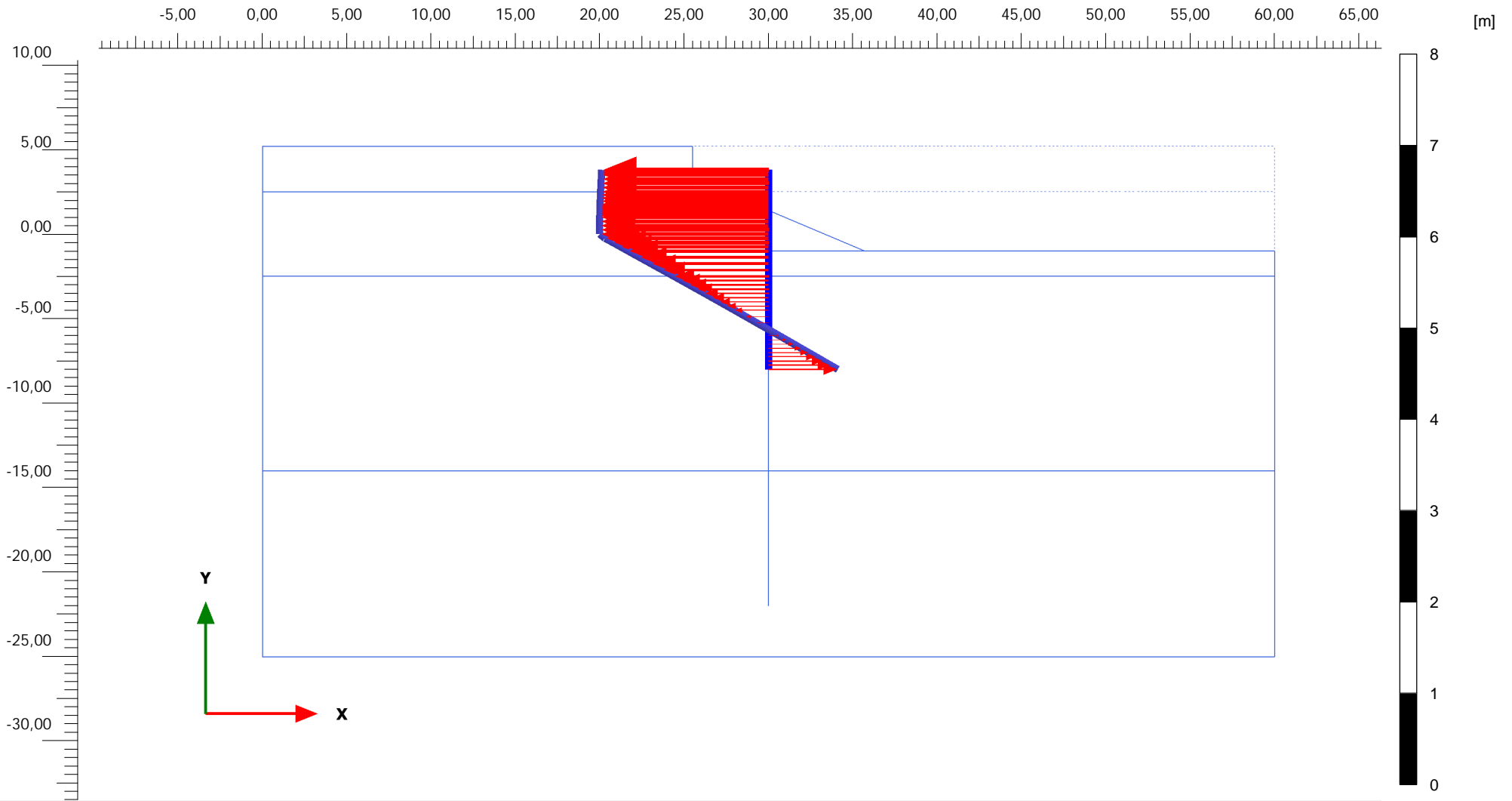
Nieuwerkerk Zellingen aan ...

*Step*

117

*User name*

GEO2 Engineering



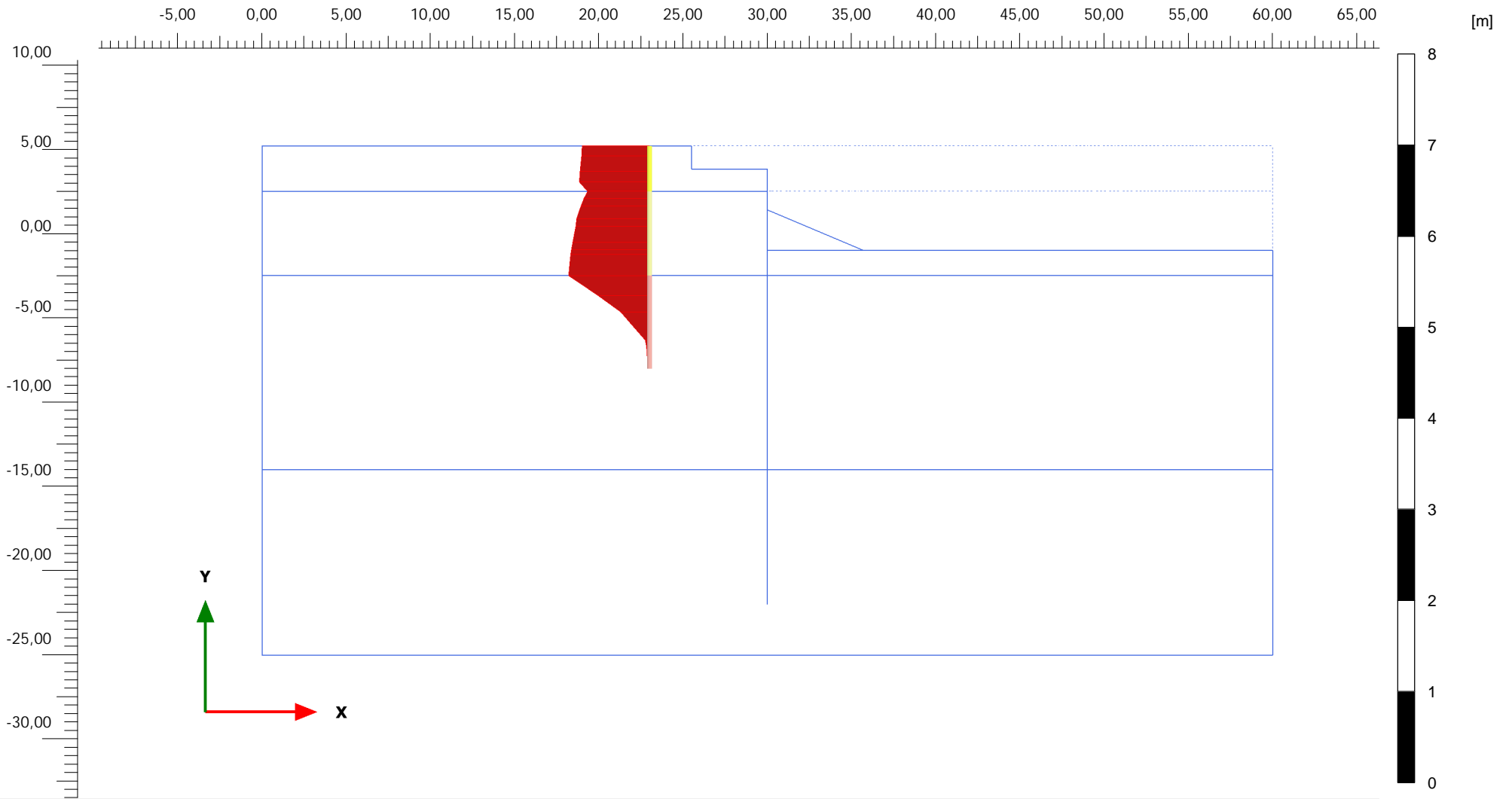
**Total displacements  $u_x$  (scaled up 5,00 times)**

Maximum value = 0,8224 m (Element 13 at Node 3632)

Minimum value = -2,000 m (Element 5 at Node 312)

<i>Project description</i>		<b>Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn A-A GELADEN</b>		<i>Date</i>	<b>29-11-2017</b>
<i>Project filename</i>		<i>Step</i>	<i>User name</i>		
<b>Nieuwerkerk Zellingen aan ...</b>		<b>117</b>	<b>GEO2 Engineering</b>		





**Total displacements  $u_x$  (scaled up 5,00 times)**

Maximum value = -0,01685 m

Minimum value = -0,9595 m

*Project description*

**Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn A-A GELADEN**

*Date*

**29-11-2017**

*Project filename*

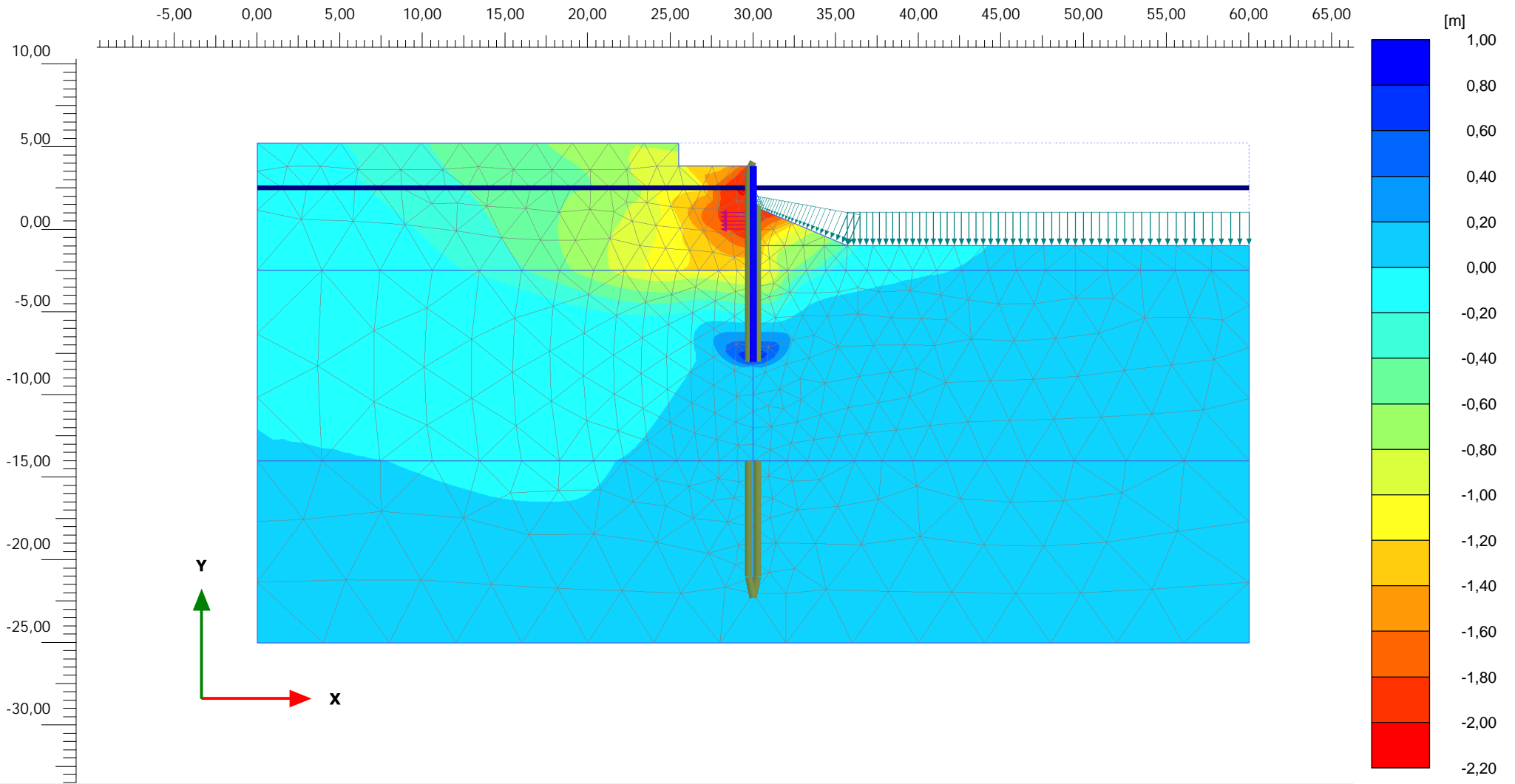
**Nieuwerkerk Zellingen aan ...**

*Step*

**117**

*User name*

**GEO2 Engineering**



**Total displacements  $u_x$**

Maximum value = 0,8223 m (Element 650 at Node 3628)

Minimum value = -2,011 m (Element 99 at Node 160)

<i>Project description</i>		<b>Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn A-A GELADEN</b>		<i>Date</i>	<b>29-11-2017</b>
<i>Project filename</i>		<i>Step</i>	<i>User name</i>		
<b>Nieuwerkerk Zellingen aan ...</b>		<b>117</b>	<b>GEO2 Engineering</b>		

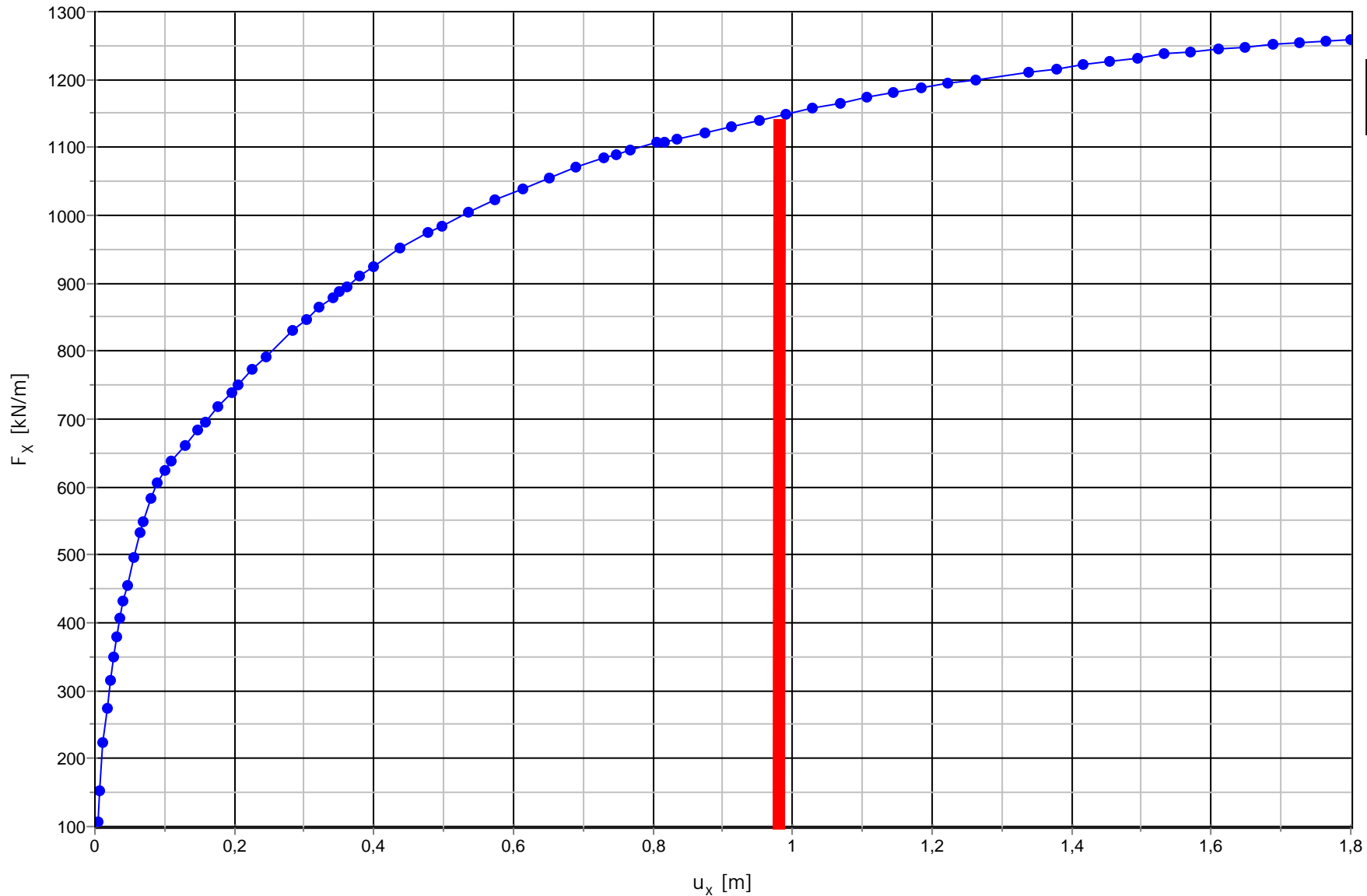
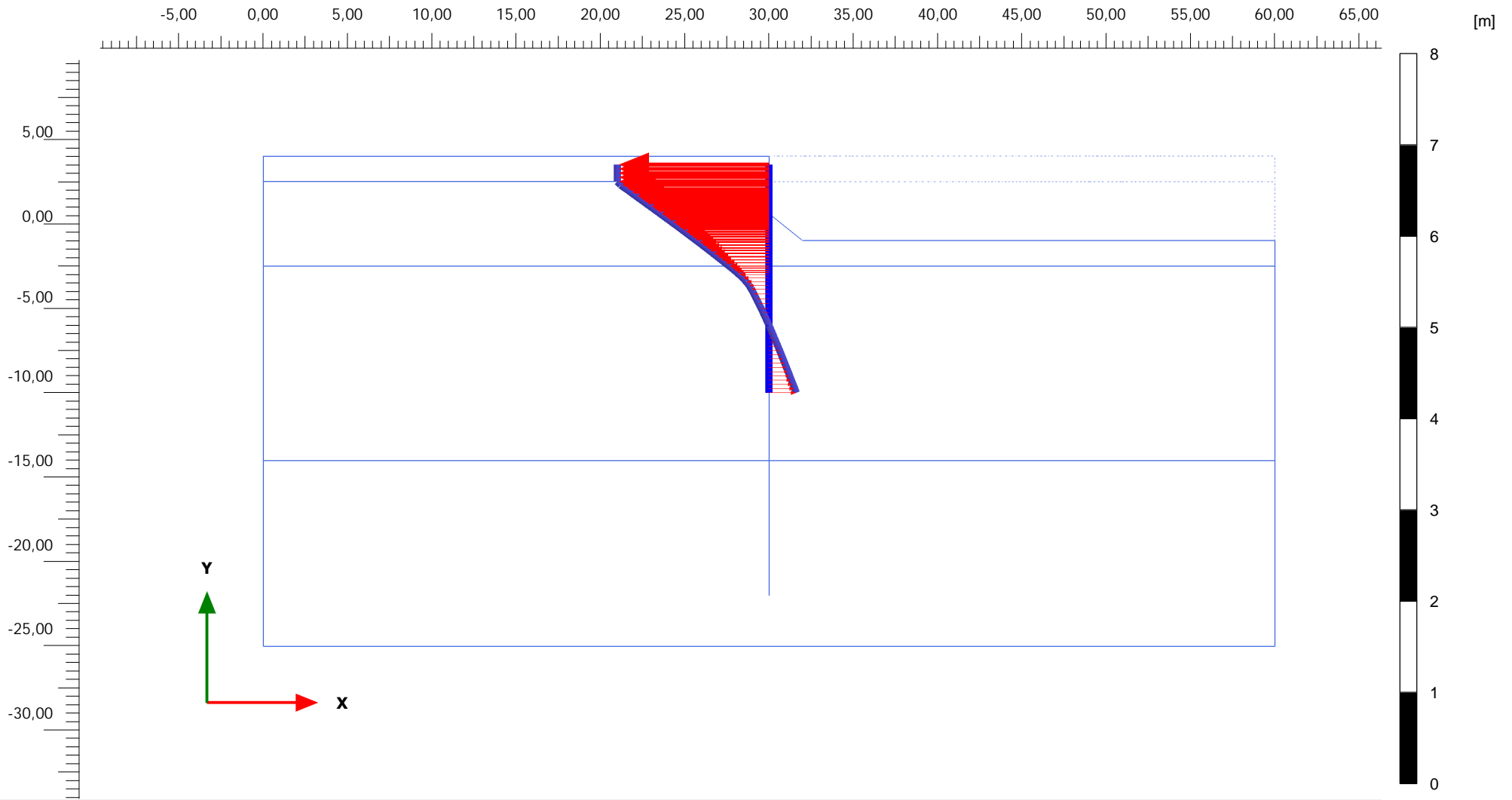
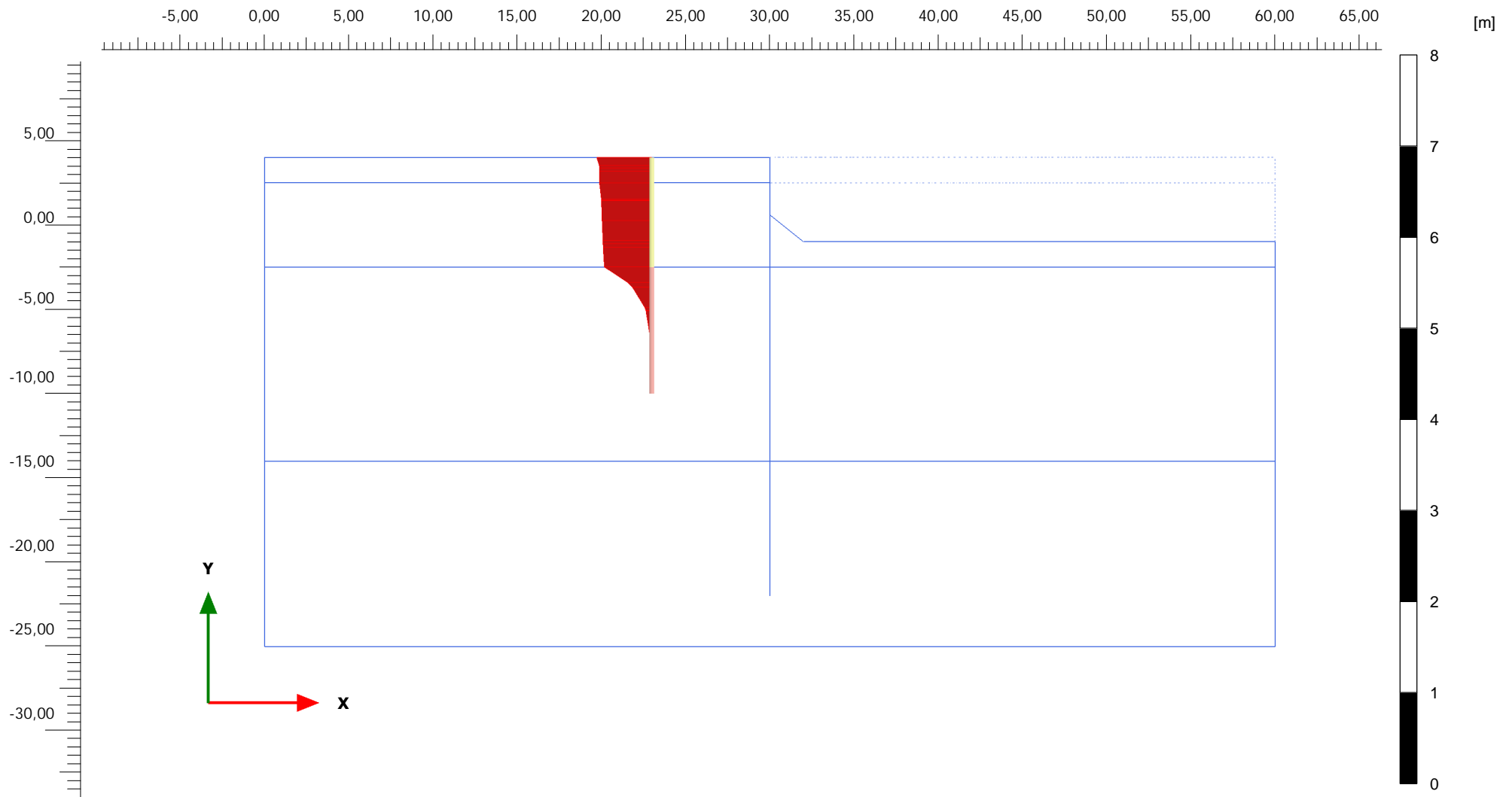


Chart 1  
 ● N4235(A)

<i>Project description</i>		<i>Date</i>	
Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn D-D		7-12-2017	
<i>Project filename</i>	<i>Step</i>	<i>User name</i>	
Nieuwerkerk Zellingen aan ...	0	GEO2 Engineering	



<i>Project description</i>		<i>Date</i>	
Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn D-D		7-12-2017	
<i>Project filename</i>	<i>Step</i>	<i>User name</i>	
Nieuwerkerk Zellingen aan ...	71	GEO2 Engineering	



**Total displacements  $u_x$  (scaled up 5,00 times)**

Maximum value =  $-3,064 \cdot 10^{-3}$  m

Minimum value =  $-0,6548$  m

*Project description*

**Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn D-D**

*Date*

**7-12-2017**

*Project filename*

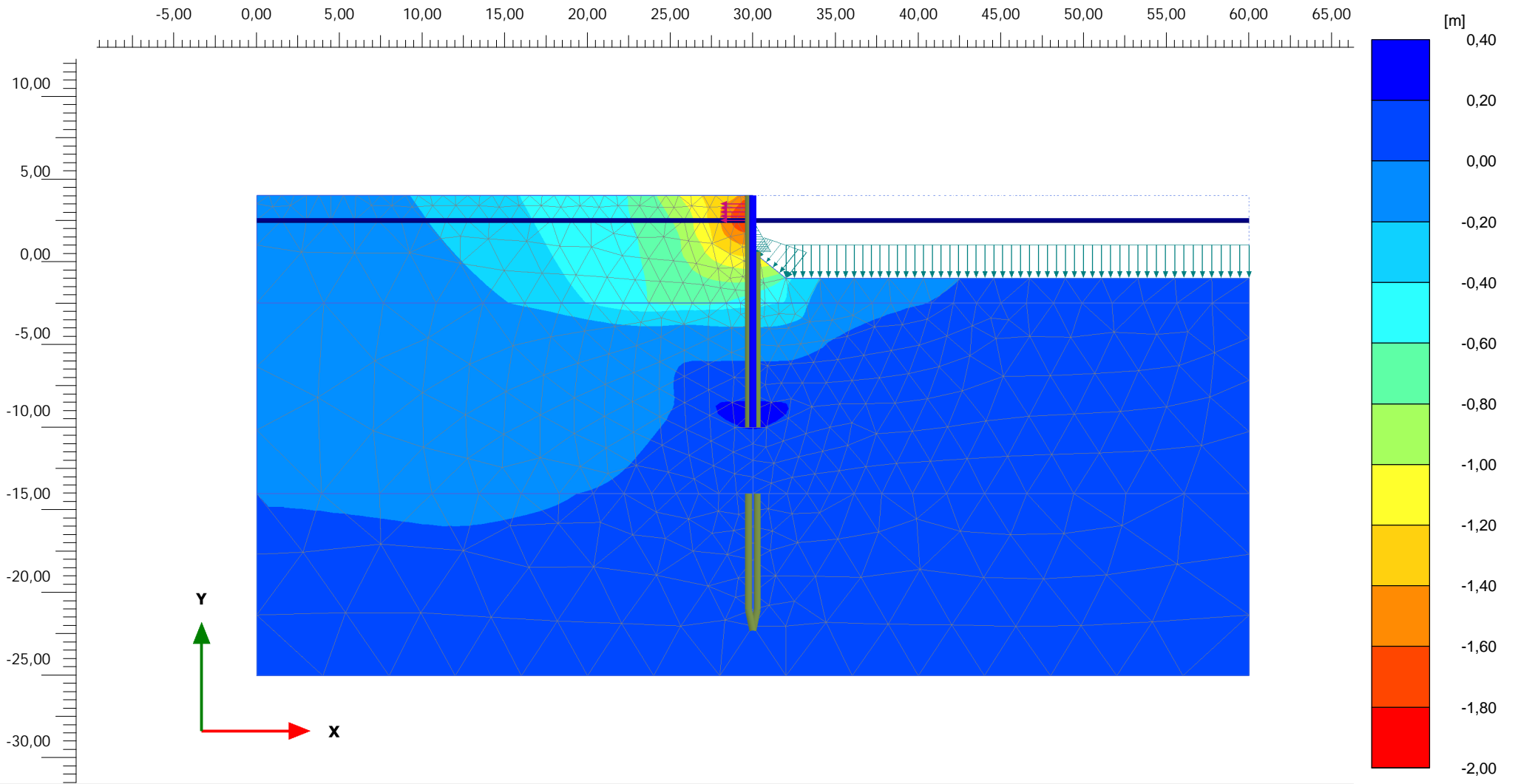
**Nieuwerkerk Zellingen aan ...**

*Step*

**71**

*User name*

**GEO2 Engineering**

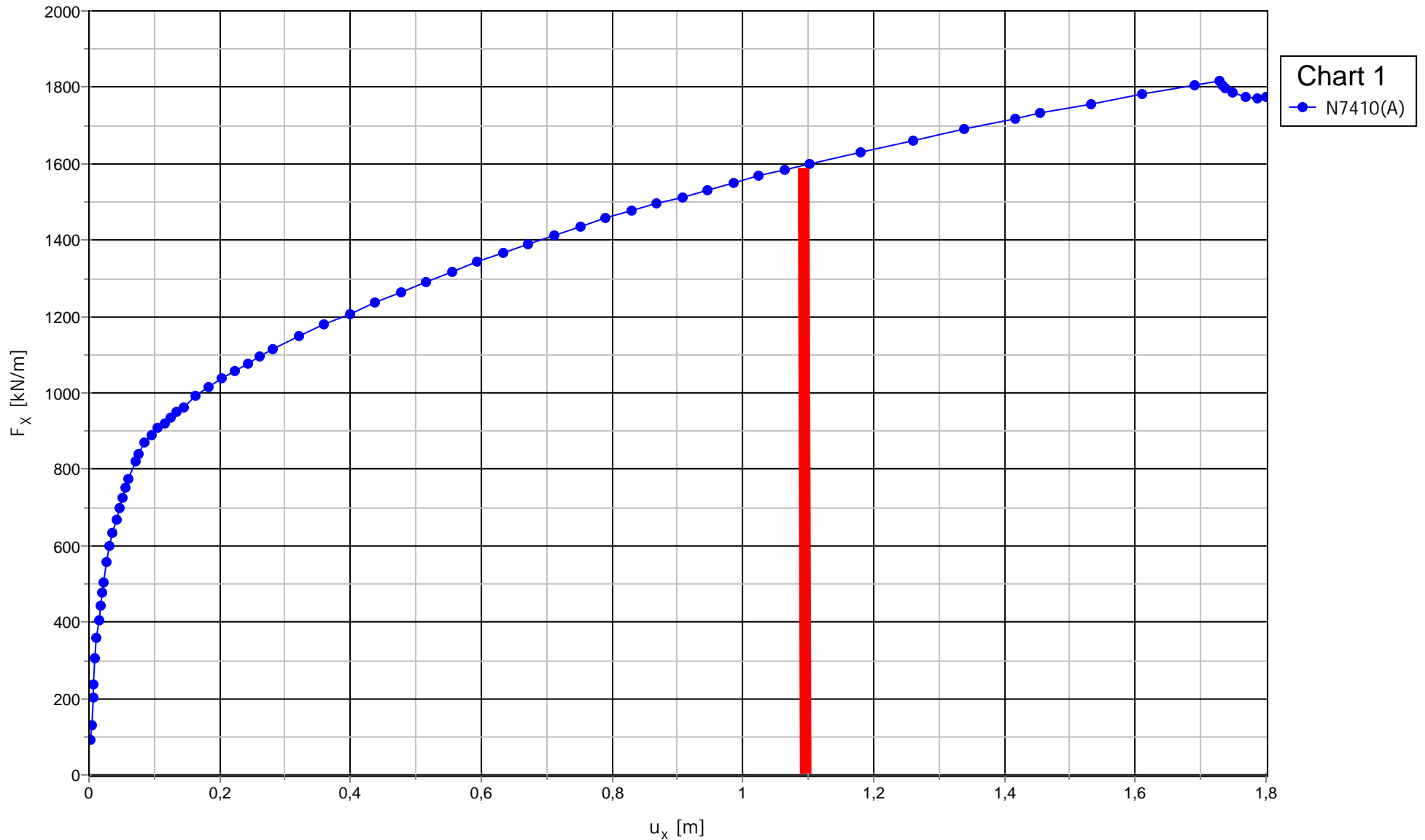


**Total displacements  $u_x$**

Maximum value = 0,3246 m (Element 759 at Node 4343)

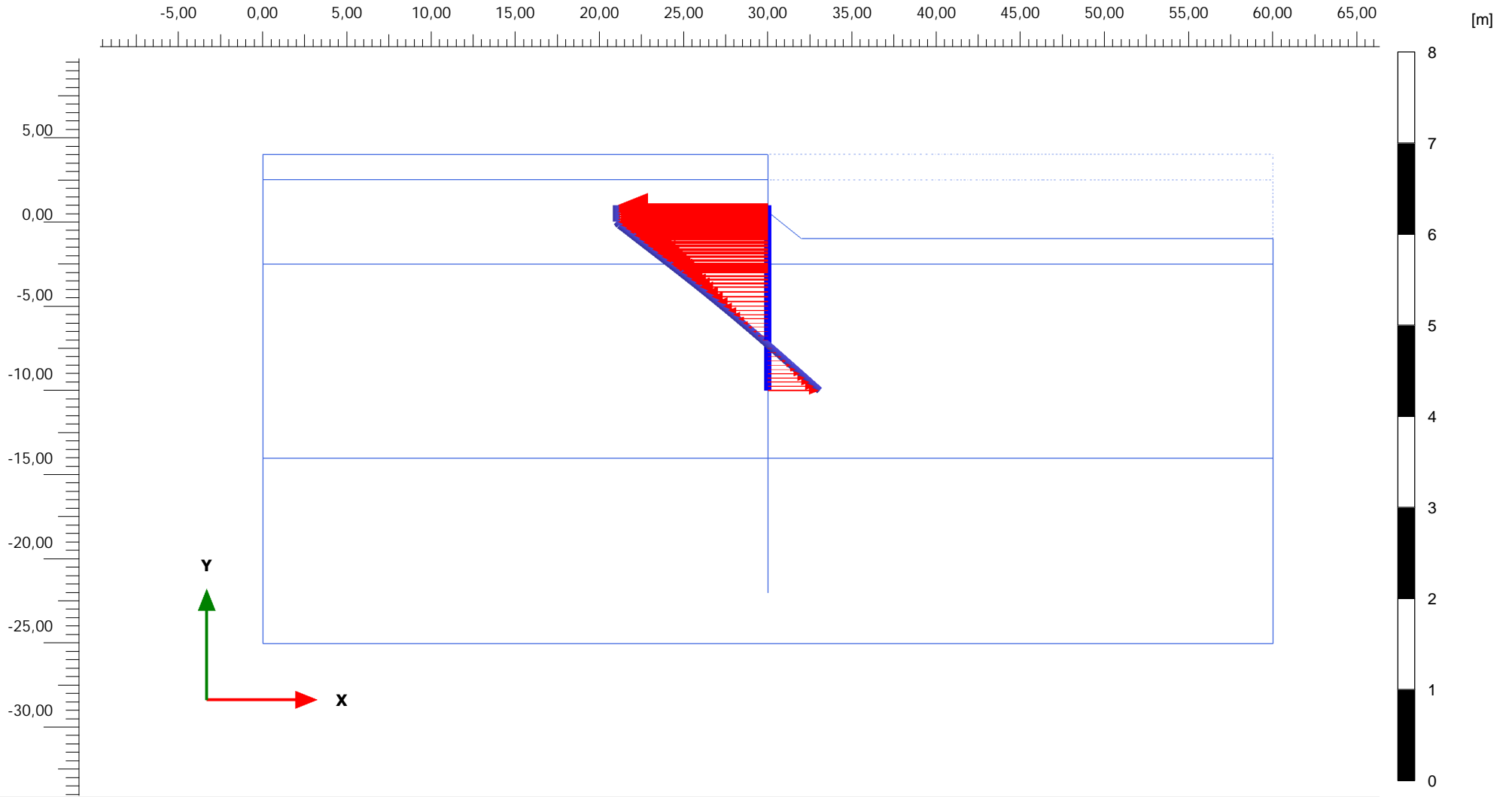
Minimum value = -1,844 m (Element 108 at Node 4099)

<i>Project description</i>		<i>Date</i>	
Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn D-D		7-12-2017	
<i>Project filename</i>	<i>Step</i>	<i>User name</i>	
Nieuwerkerk Zellingen aan ...	71	GEO2 Engineering	

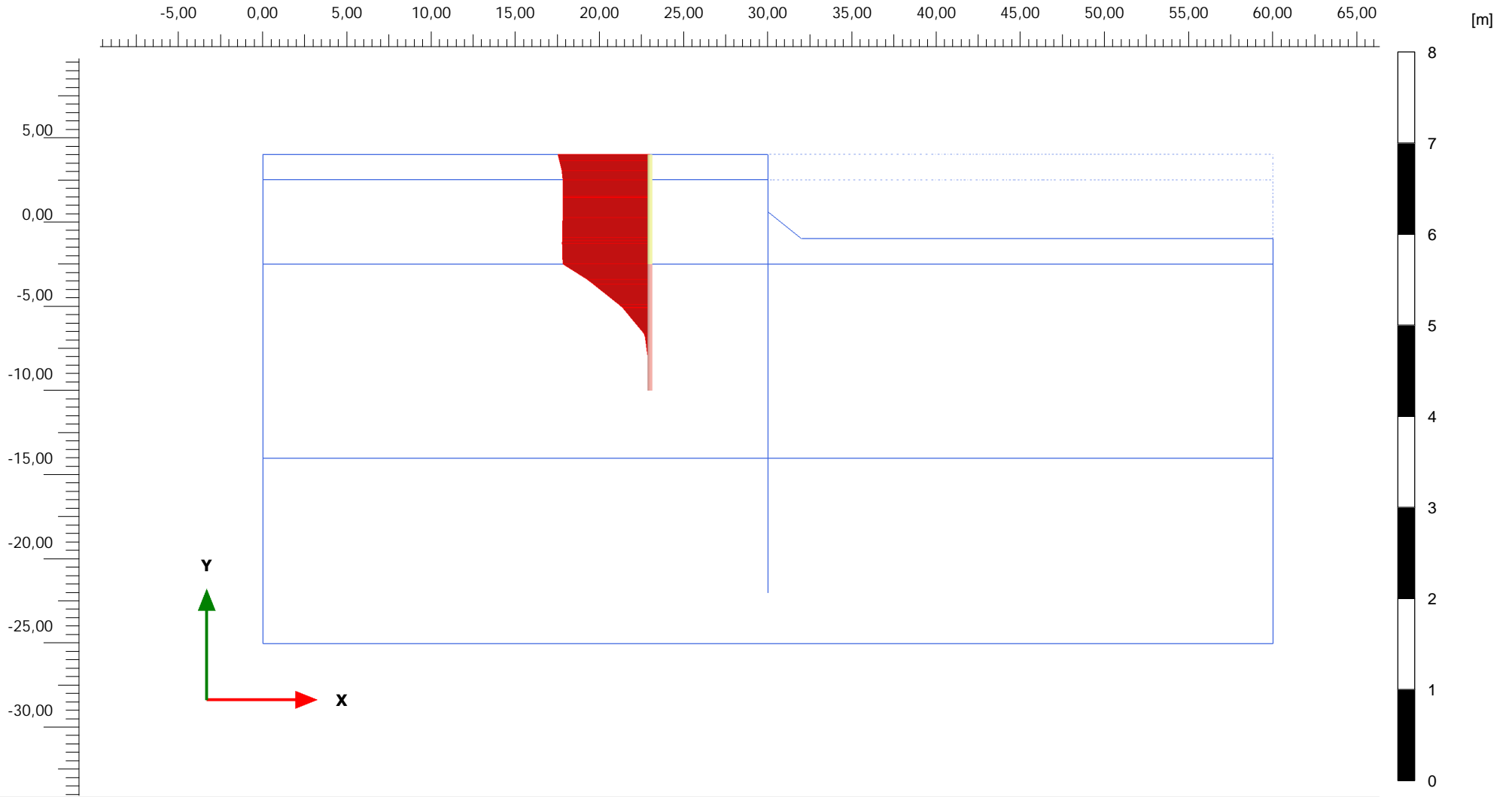


<i>Project description</i>		<i>Date</i>	
Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn D-D GELADEN		7-12-2017	
<i>Project filename</i>	<i>Step</i>	<i>User name</i>	
Nieuwerkerk Zellingen aan ...	70	GEO2 Engineering	





<i>Project description</i>		<i>Date</i>	
Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn D-D GELADEN		7-12-2017	
<i>Project filename</i>	<i>Step</i>	<i>User name</i>	
Nieuwerkerk Zellingen aan ...	70	GEO2 Engineering	



**Total displacements  $u_x$  (scaled up 5,00 times)**

Maximum value =  $-7,545 \cdot 10^{-3}$  m

Minimum value = -1,095 m

*Project description*

**Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn D-D GELADEN**

*Date*

**7-12-2017**

*Project filename*

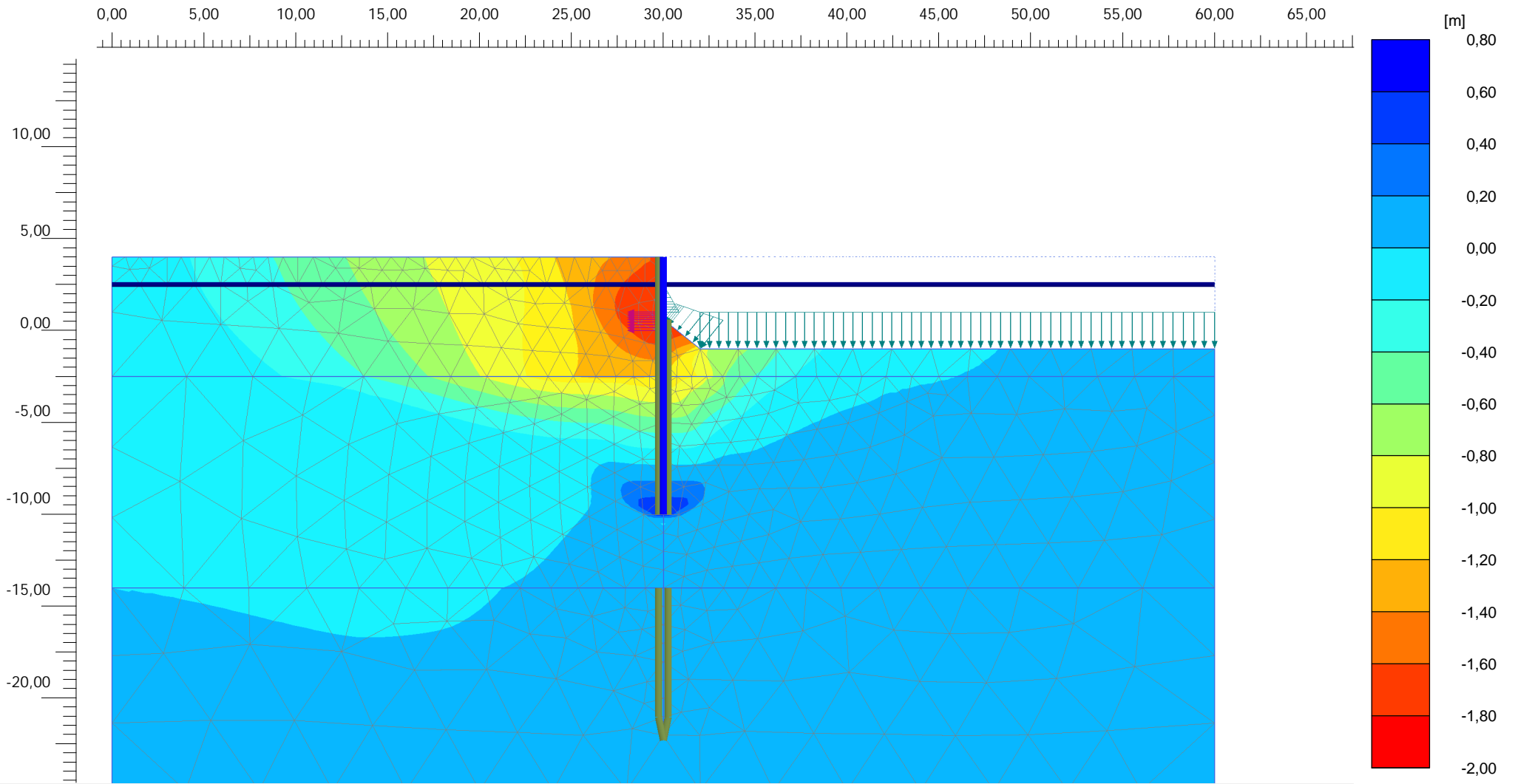
**Nieuwerkerk Zellingen aan ...**

*Step*

**70**

*User name*

**GEO2 Engineering**



**Total displacements  $u_x$**

Maximum value = 0,6154 m (Element 729 at Node 4152)

Minimum value = -1,802 m (Element 319 at Node 7598)

<i>Project description</i>		<b>Nieuwerkerk Zellingen aanvaarbeasting dsn D-D GELADEN</b>		<i>Date</i>	<b>7-12-2017</b>
<i>Project filename</i>		<i>Step</i>	<i>User name</i>		
<b>Nieuwerkerk Zellingen aan ...</b>		<b>70</b>	<b>GEO2 Engineering</b>		

## **Bijlage C – Berekeningsuitvoer DSheetpiling**

**Report for D-Sheet Piling 17.1**  
Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls  
Developed by Deltares



Company: GEO2 Engineering BV

Date of report: 11/30/2017  
Time of report: 8:26:09 AM

Date of calculation: 11/24/2017  
Time of calculation: 1:21:38 PM

Filename: X:\..\Dsheet aanvaar\rapport versie 2\DSN A-A statisch, geen aanvaar

Project identification: Project Zelling  
Statische berekening  
Doorsnede A-A

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

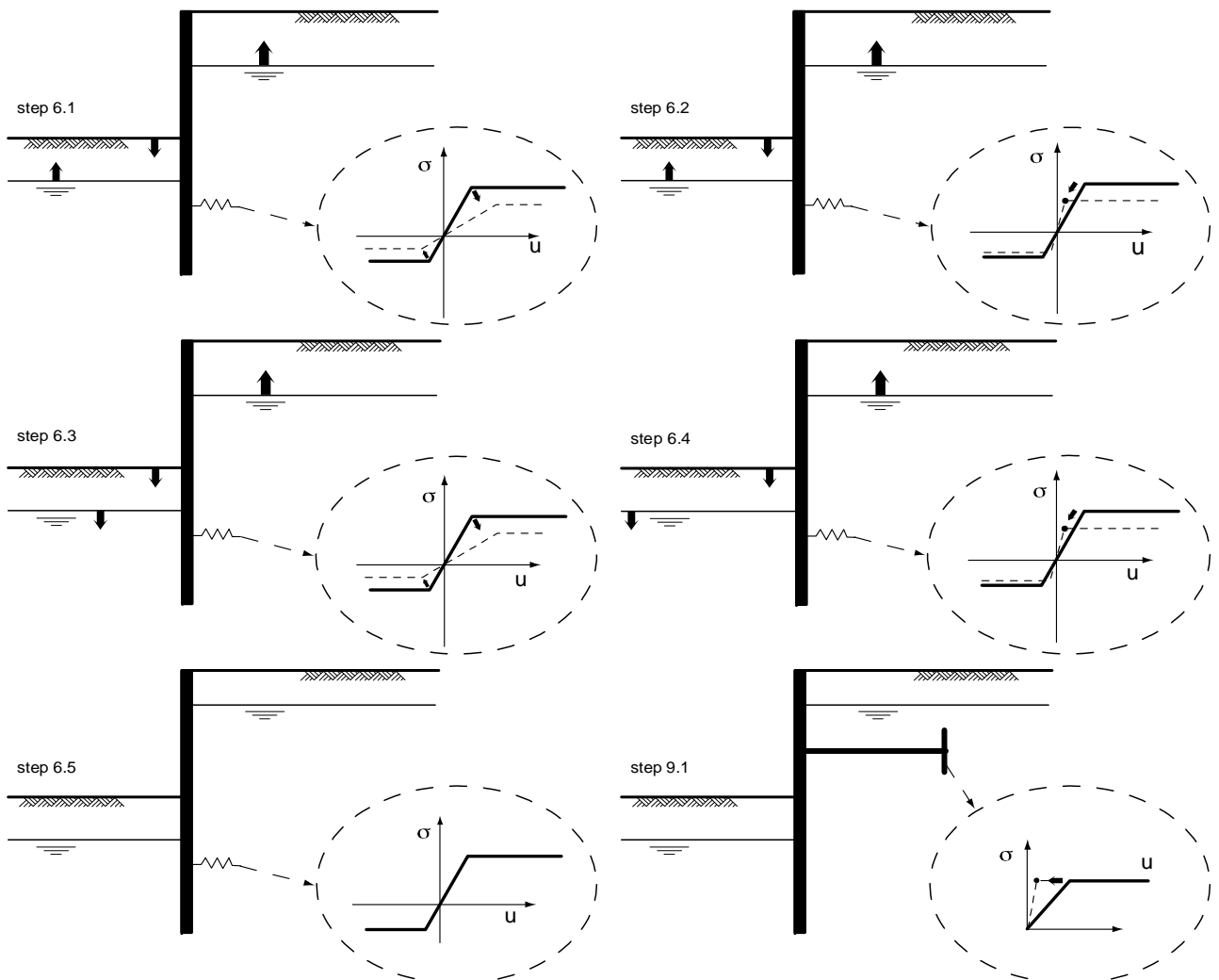
# 1 Summary

## 1.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.3		<b>-258,33</b>	<b>116,67</b>	<b>0,0</b>	<b>60,8</b>	---
1	EC7(NL)-Step 6.4		-258,27	116,09	0,0	60,7	---
1	EC7(NL)-Step 6.5	<b>43,4</b>	-119,69	-42,98	<b>0,0</b>	29,0	---
1	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		-143,62	-51,58			

Max		<b>43,4</b>	<b>-258,33</b>	<b>116,67</b>	<b>0,0</b>	<b>60,8</b>	---
-----	--	-------------	----------------	---------------	------------	-------------	-----

## 1.2 CUR Verification Steps



## 2 Input Data for all Stages

### 2.1 Sheet Piling Properties

Length 12,00 m  
 Level top side 4,00 m  
 Number of sections 1

#### 2.1.1 General properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
AZ 26 -700	-8,00	4,00	Steel	1,00

#### 2.1.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI [kNm <sup>2</sup> /m']	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm <sup>2</sup> ]	Note to reduction factor
AZ 26 -700	1,2541E+05	1,00	1,2541E+05	

#### 2.1.3 Maximum allowable moments

Section name	Mr;char;el [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
AZ 26 -700	923,00	1,00	1,00	1,00	923,00





## 4 Step 6.5 Stage 1: New Stage

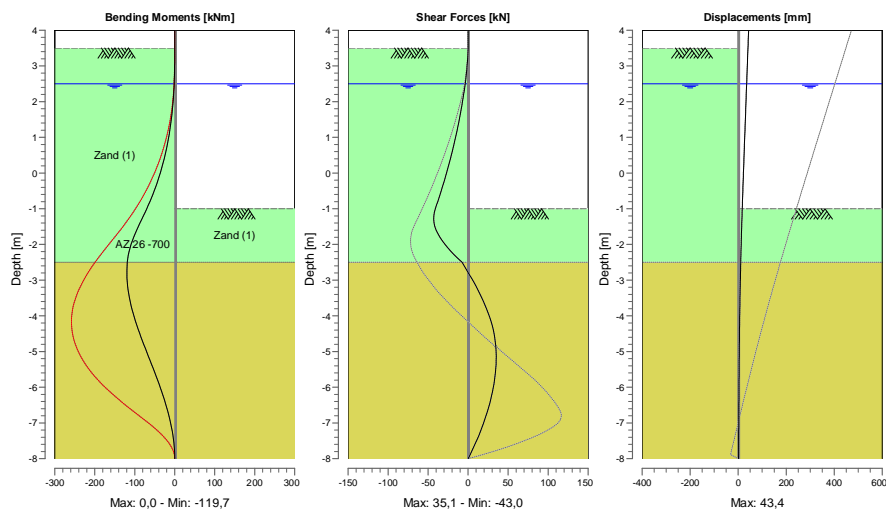
### 4.1 Calculation Results

Number of iterations: 5

#### 4.1.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

##### Moments/Forces/Displacements - Stage 1: New Stage

Step 6.5 - Partial factor set: RC 2



**End of Report**

**Report for D-Sheet Piling 17.1**  
Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls  
Developed by Deltares



Company: GEO2 Engineering BV

Date of report: 11/30/2017  
Time of report: 8:27:08 AM

Date of calculation: 11/24/2017  
Time of calculation: 1:52:11 PM

Filename: X:\..\Dsheet aanvaar\rapport versie 2\DSN C-C statisch, geen aanvaar

Project identification: Project Zelling  
Statische berekening  
Doorsnede C-C

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

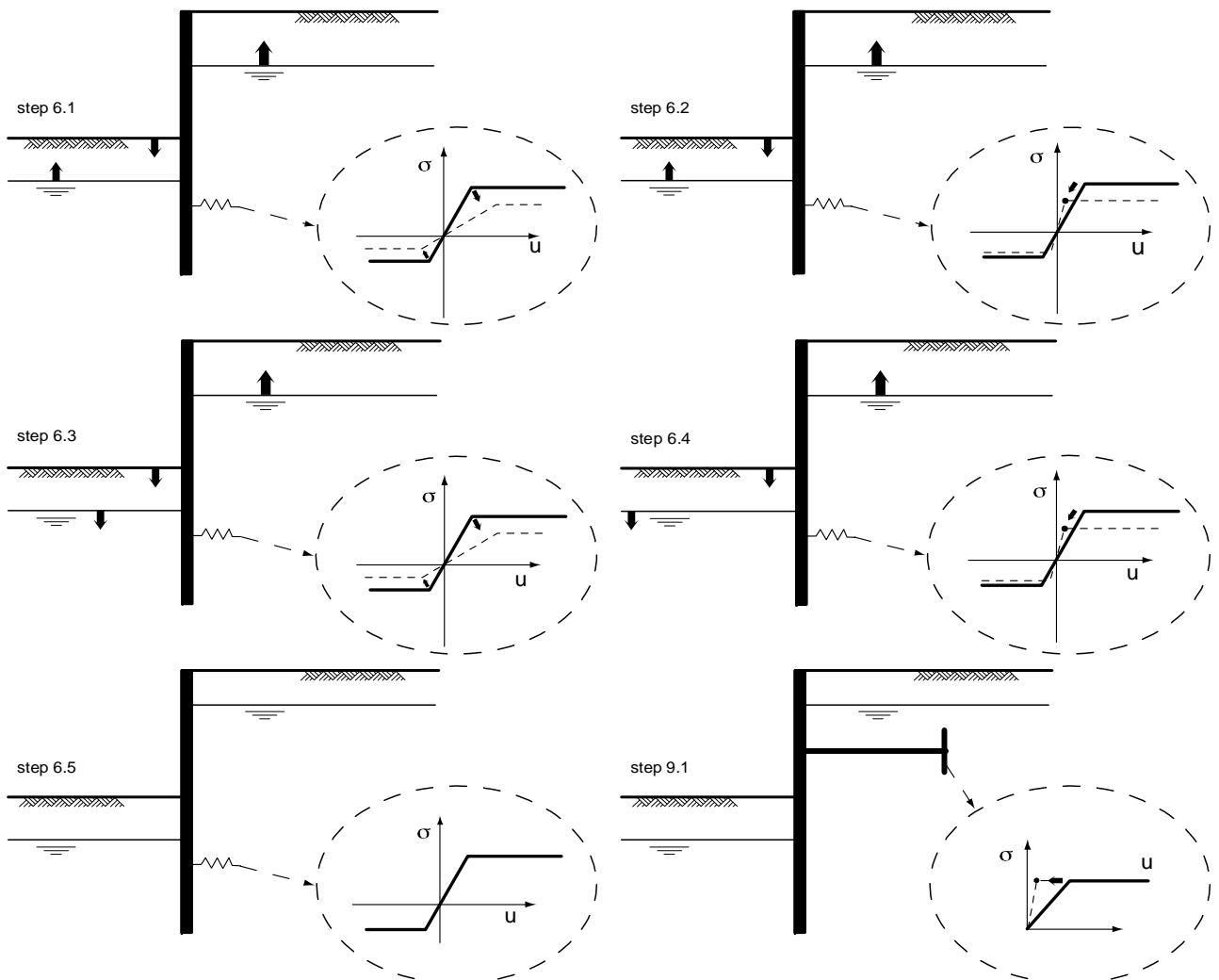
# 1 Summary

## 1.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.3		<b>-133,07</b>	<b>-46,27</b>	<b>0,0</b>	47,4	---
1	EC7(NL)-Step 6.4		-132,87	<b>-46,27</b>	<b>0,0</b>	<b>47,5</b>	---
1	EC7(NL)-Step 6.5	<b>12,3</b>	-59,69	-25,78	<b>0,0</b>	28,1	---
1	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		-71,63	-30,93			

Max		<b>12,3</b>	<b>-133,07</b>	<b>-46,27</b>	<b>0,0</b>	<b>47,5</b>	---
-----	--	-------------	----------------	---------------	------------	-------------	-----

## 1.2 CUR Verification Steps



## 2 Input Data for all Stages

### 2.1 Sheet Piling Properties

Length 12,00 m  
 Level top side 4,00 m  
 Number of sections 1

#### 2.1.1 General properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
AZ 26 -700	-8,00	4,00	Steel	1,00

#### 2.1.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

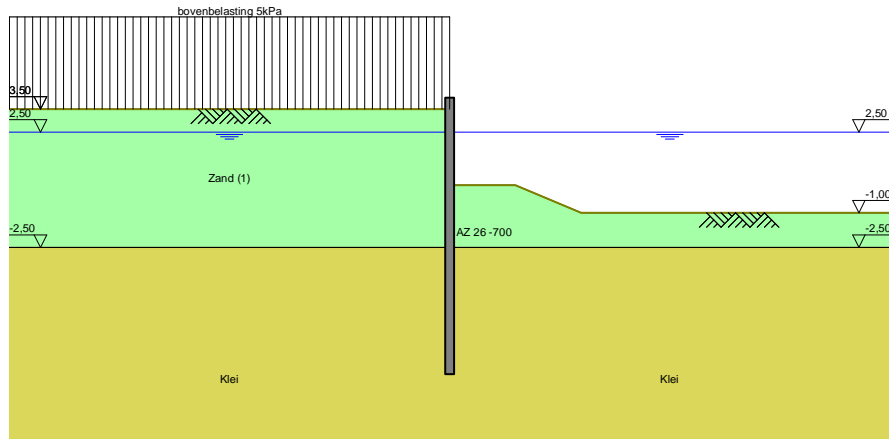
Section name	Elastic stiffness EI [kNm <sup>2</sup> /m']	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm <sup>2</sup> ]	Note to reduction factor
AZ 26 -700	1,2541E+05	1,00	1,2541E+05	

#### 2.1.3 Maximum allowable moments

Section name	Mr;char;el [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
AZ 26 -700	923,00	1,00	1,00	1,00	923,00

### 3 Outline Stage 1: New Stage

Outline - Stage 1: New Stage



## 4 Step 6.5 Stage 1: New Stage

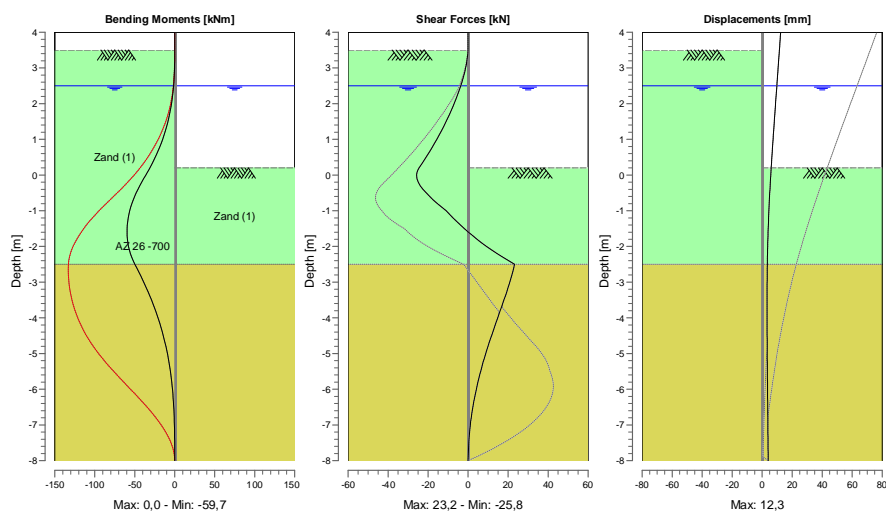
### 4.1 Calculation Results

Number of iterations: 5

#### 4.1.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

##### Moments/Forces/Displacements - Stage 1: New Stage

Step 6.5 - Partial factor set: RC 2



**End of Report**