

# Het gebruik van flexibele betonnen bouwstenen als Keerwand

---

## Onderzoeksverslag

**Tim van den Broek**

**Februari 2015 t/m april 2015**



Begeleiders:

- M.E. Maathuis, Gemeente Enschede
- G.H. Snellink, Universiteit Twente

Een onderzoeksrapport waarin het onderzoek naar de beoordeling van omgevingsvergunningen omtrent flexibele betonnen bouwstenen als (keer)wand staat beschreven. Het doel van het onderzoek is om een advies te geven aan de gemeente Enschede.

## Voorwoord

Waarde lezer,

In het verslag dat voor u ligt heb ik, Tim van den Broek, het onderzoek beschreven naar de beoordeling van omgevingsvergunningen omtrent het gebruik van flexibele betonnen bouwstenen als keerwand. Dit onderzoek is uitgevoerd voor de gemeente Enschede en is onderdeel van de bachelor Civiele Techniek. Dit verslag zal dienen als eindproduct van mijn Bachelor Eindopdracht.

Dat ik terecht ben gekomen bij dit onderwerp is niet geheel zonder reden. In mijn opleiding Civiele Techniek wordt je opgeleid om systematisch te werk te gaan, krijg je scholing in een technische aspecten met betrekking tot wiskunde, mechanica en andere vakgebieden, en krijg je een eerste indruk van processen en de wetgeving. Wanneer je naar deze opdracht kijkt, zie je al deze aspecten terug. Het is dan ook juist daarom dat ik gekozen heb om mijn kennis met behulp van deze opdracht te testen.

Tijdens het uitvoeren van dit onderzoek kon ik terecht in het stadskantoor in Enschede, zo had ik alle middelen ter beschikking om me in te lezen in wetteksten, archieven en kon daar waar nodig hulp vragen bij experts.

Ik wil graag iedereen bedanken die dit onderzoek heeft mogelijk gemaakt. Mijn collega's bij de gemeente Enschede en in het bijzonder mijn begeleider Marc Maathuis, die van begin af aan bereid was om te helpen en mij naar dit resultaat heeft gebracht. Dinant Bijkerk heeft geholpen met een voorbeeld Excel bestand om een fundering te testen, daarom wil ik ook hem bedanken voor zijn bijdrage. Daarnaast wil ik alle geïnterviewde personen bedanken voor hun tijd en kennis. Ook wil ik Gerrit Snellink bedanken die mij al vanaf het begin bij het schrijven van het onderzoeksplan heeft geholpen.

Ik wens u bij het lezen van dit onderzoeksverslag veel plezier en voor vragen kunt u altijd bij mij terecht.

Tim van den Broek



Enschede, 9-3-2015

## Inhoudsopgave

Voorwoord .....	1
Samenvatting .....	4
1. Inleiding.....	5
1.1. Inleiding.....	5
1.2. Doelstelling .....	5
2. Theoretische achtergrond en onderzoeksmethode .....	6
2.1. Externe organisatie: Gemeente Enschede, Programma Leefomgeving, afdeling Handhaving Objectgebonden .....	6
2.2. Werking van omgevingsvergunning.....	6
2.3. Mechanica.....	6
2.4. Grondmechanica.....	6
2.5. Onderzoeksvragen en methodiek.....	8
2.5.1. Onderzoeksvragen .....	8
2.5.2. Methodiek.....	8
3. Resultaten .....	10
3.1. Wat wordt verstaan onder flexibele bouwstenen?.....	10
3.1.1 Wat is de definitie van flexibele bouwstenen?.....	10
3.1.2 Wat zijn de verschillende toepassingen?.....	12
3.1.3. In welke omstandigheden worden ze gebruikt?.....	13
3.1.4. Afbakening .....	13
3.2. Aan welke eisen moeten de (keer)wanden voldoen wanneer deze opgebouwd zijn uit flexibele bouwstenen?.....	14
3.2.1. Hoe staat het gebruik van flexibele bouwstenen als (keer)wand in het bouwbesluit?.....	14
3.2.2. Wat zeggen andere wetten en regelgevingen over het gebruik van flexibele bouwstenen als (keer)wand.....	15
3.2.3. Hoe wordt in andere gemeentes met flexibele bouwstenen als (keer)wand omgegaan?.....	15
3.2.4. Conclusie .....	16
3.3. Welke verschillende risico's zijn er bij het gebruik van flexibele bouwstenen als (keer)wand? .....	17
3.3.1. Inleiding.....	17
3.3.2. Hoe zien de mechanica modellen van de verschillende toepassingen en omstandigheden eruit?.....	17
3.3.2.5. Excel model .....	25
3.3.2.6. Resultaten vanuit de modellen. ....	26

3.3.3. Wat zijn de bijbehorende risico's van de verschillende toepassingen in de bepaalde omstandigheden? .....	28
3.4. Welke constructieve toetsing is noodzakelijk bij het vergeven van vergunningen bij het gebruik van flexibele betonnen bouwstenen als (keer)wand?.....	30
3.4.1. In welke omstandigheden is een constructieve toetsing noodzakelijk? .....	30
3.4.2. Wat is/zijn de constructieve toetsing(en) die moet(en) worden gebruikt? .....	32
3.4.3. Hoe zouden, in verschillende omstandigheden, bouwwerken aangepast kunnen worden, wanneer ze niet voldoen aan de eisen, zodat toch een vergunning kan worden verleend? .....	32
3.4.4. Hoe moet worden omgegaan met bestaande (keer)wanden waarvoor in het verleden geen vergunning is verleend? .....	32
4. Discussie.....	34
5. Conclusies en aanbevelingen .....	36
6. Literatuurlijst.....	37
Bijlage A: Locaties met flexibele betonnen bouwstenen.....	38
Bijlage B: eisen vanuit verschillende wetten. ....	39
Bijlage B.1. Eisen vanuit het bouwbesluit.....	39
Bijlage B.2. Eisen vanuit de Wabo.....	40
Bijlage C: opzet en uitwerking interviews.....	42
Interview met A. Jansen bv. ....	42
Interview met gemeentes.....	45
Interview met gemeente Almelo 24-2-2015.....	46
Uitwerking interview gemeente Maastricht.....	48
Bijlage D: Bepaling windbelasting volgens NEN-EN 1991-1-4 .....	51
Bijlage E: Mechanica .....	53
Bijlage F: grondmechanica .....	54
Bijlage G: Handleiding Model.....	57

## Samenvatting

Er bestaat veel onduidelijkheid over de risico's van het gebruik van flexibele betonnen bouwstenen. De aanleiding van dit onderzoek is dan ook een situatie bij de gemeente Enschede, waar bij een vergunningsaanvraag onduidelijkheid ontstond over de constructieve toetsing van een keerwand opgebouwd uit dit soort stenen.

In dit verslag is het onderzoek naar de beoordeling van omgevingsvergunningen omtrent het gebruik van flexibele betonnen bouwstenen beschreven. De hoofdvraag bij dit onderzoek is dan ook: **Hoe moet worden omgegaan met de vergunningverlening omtrent het gebruik van flexibele bouwstenen als (keer)wand?** Naast deze hoofdvraag zijn vier deelvragen uitgewerkt die ingaan op de definitie, de eisen vanuit de wet en de ervaring uit andere gemeentes, de technische modellen en risico's, en de uiteindelijke manier van beoordelen.

Per deelvraag is een plan gemaakt om zo gestructureerd mogelijk te werk te gaan. Er is bij verschillende bedrijven een bezoek gebracht om de situatie te bekijken en er heeft een interview plaats gevonden met een grote producent van flexibele betonnen bouwblokken. Daarnaast is er een Excel-model gemaakt om de gevolgen van belastingen te analyseren.

Flexibele betonnen bouwstenen zijn grote bouwblokken die met behulp van noppen en zonder lijmstof kunnen worden gestapeld. Deze blokken hebben veel verschillende mogelijkheden, daarom is in dit onderzoek een afbakening gemaakt. Daarbij is gekozen om enkel naar scheidingswanden en keerwanden te kijken. Hieronder zijn kort de conclusies beschreven.

Net als elk ander bouwwerk zal een (keer)wand vergunningplichtig zijn wanneer deze in de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht niet onder de uitzonderingen valt. Het bouwwerk zal dan moeten voldoen aan het bouwbesluit onder de functies 'lichte industrie' en 'bouwwerk geen gebouw zijnde.'

Uit de interviews met andere gemeentes is gebleken dat het vaak onduidelijk is hoe bij de vergunningverlening moet worden omgegaan met flexibele betonnen bouwstenen. In kleinere gemeentes lijken dezelfde problemen te spelen als in Enschede. In grotere gemeentes lijkt wel meer duidelijkheid te zijn, ze behandelen de bouwwerken bestaande uit flexibele betonnen bouwstenen net als elk ander bouwwerk.

Uit de opgestelde modellen is gebleken dat de breedte van de wand zeer bepalend is voor de stabiliteit. Daarnaast is het noodzakelijk dat er een fundering is aangebracht. Wanneer geen fundering is gebruikt en de wanden enkel op zandgrond staat, of een andere niet verharde ondergrond, zal de spanning te groot worden voor de ondergrond en zal de wand bezwijken. Daarnaast is het belangrijk dat de wanden worden geplaatst op een vlakke ondergrond zodat er geen scheuren in de wand ontstaan.

Om in het vervolg goed te kunnen oordelen of een constructieve toetsing noodzakelijk is voor bestaande gevallen, is een model opgesteld waarmee snel kan worden bepaald of een flexibele betonnen (keer)wand zal voldoen of niet. Echter is dit model enkel te gebruiken als inschatting om een aanvraag van een uitgebreide constructieve toetsing te doen. Bij een nieuwe (keer)wand zal net als bij elk ander bouwwerk, en zeker wanneer er gevaar voor personen kan ontstaan, een constructieve onderbouwing moeten worden gevraagd.

Tot slot zijn enkele aanbevelingen gedaan om ervoor te zorgen dat in het vervolg de beoordeling van omgevingsvergunningen versoepeld kan worden. Dit betreft de versimpeling van de vergunningsaanvraag en het zoeken naar een mogelijkheid voor het opstellen van landelijke regels en normen voor het gebruik van deze blokken. Daarnaast is een drietal bedrijfslocaties genoemd waar een controle wenselijk is.

## 1. Inleiding

### 1.1. Inleiding

In het land wordt op grote schaal gebruik gemaakt van flexibele bouwstenen als keerwand. Deze stenen staan ook wel bekend als betonnen legostenen. Dat flexibele betonnen keerwanden risico's met zich meebrengen blijkt onder andere uit het ongeval dat plaatsvond bij een meststoffen bedrijf in Waalwijk. Door het omvallen van een dergelijke wand zijn twee mensen om het leven gekomen (Omroep Brabant, 2014). Om in de toekomst ongevallen als deze te voorkomen, is het belangrijk dat er onderzoek wordt gedaan naar flexibele betonnen (keer)wanden en de vergunningverlening ervan.

De directe aanleiding van dit onderzoek was een situatie bij een vergunningsaanvraag voor een keerwand opgebouwd uit flexibele betonnen bouwstenen, waarbij onduidelijkheid ontstond over de constructieve toetsing. In de meeste gevallen zou volgens de Gemeente Enschede een omgevingsvergunning voor het onderdeel bouwen verleend moeten worden voor een bouwwerk geen gebouw zijnde. Voor het gebruik zou een constructieve toets moeten plaatsvinden om de krachten op de wand te onderbouwen. Om te onderzoeken in hoeverre een constructieve toetsing moet plaatsvinden bij het gebruik van flexibele bouwstenen als keerwand, zal dit onderzoek gedaan worden.

Bij dit onderzoek, dat onderdeel is van de Bachelor Eindopdracht Civiele Techniek, zal gekeken worden naar de vergunningsverlening voor flexibele keerwanden. De doelstelling van dit onderzoek is het komen tot een adviesrapport waarin aangegeven wordt hoe de Gemeente Enschede om zou kunnen gaan met het beoordelen van vergunningen omtrent de flexibele bouwstenen als keerwand.

De hoofdvraag die bij dit onderzoek wordt gesteld is:

**Hoe moet worden omgegaan met de vergunningverlening omtrent het gebruik van flexibele bouwstenen als (keer)wand?** Deze vraag zal aan de hand van verschillende deelvragen worden beantwoord. Deze zullen in hoofdstuk 2 worden behandeld.

In dit onderzoeksrapport zal allereerst de doelstelling ter sprake komen. Daarna zal een theoretisch hoofdstuk volgen waarin de aspecten die terug komen in dit onderzoek zullen worden uitgelegd. In datzelfde hoofdstuk zullen ook de onderzoeksvragen en de methodiek worden beschreven waarna in hoofdstuk 3 de resultaten behorende bij de deelvraag zullen worden behandeld. Deze worden vervolgens bediscussieerd en uiteindelijk worden er in hoofdstuk 5 conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

### 1.2. Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek is het opstellen van een adviesrapport waarin wordt aangegeven hoe moet worden omgegaan met de vergunningverlening omtrent het gebruik van flexibele bouwstenen als keerwand. Daarbij is met name van belang om advies te geven over de constructieve toetsing van deze wanden.

## 2. Theoretische achtergrond en onderzoeksmethode

In dit hoofdstuk zullen de theoretische achtergronden van alle toegepaste kennis aan bod komen. Hierdoor zal het vervolg van het verslag duidelijker te volgen zijn, en zullen eventuele moeilijke onderdelen makkelijker te begrijpen zijn. Daarnaast zullen in dit hoofdstuk de onderzoeksvragen en de onderzoeksmethodes worden toegelicht.

### 2.1. Externe organisatie: Gemeente Enschede, Programma Leefomgeving, afdeling Handhaving Objectgebonden

Het programma Leefomgeving richt zich op het behouden en versterken van het groene en duurzame karakter van de stad Enschede. Onderdeel van dit programma zijn de afdelingen Handhaving en Vergunningverlening. De afdeling handhaving van de gemeente Enschede houdt zich bezig met handhaving van de wet met betrekking tot de leefomgeving. Vanuit deze afdeling worden vergunningsaanvragen beoordeeld en kunnen inspecties worden uitgevoerd op bouw-, milieu- en juridisch-gebied. De afdeling is werkzaam in het Stadskantoor van Enschede en bestaat uit Juristen, bouwinspecteurs en milieu-inspecteurs.

### 2.2. Werking van omgevingsvergunning

Over het algemeen is voor het uitvoeren van bouwactiviteiten een vergunning nodig. Echter is er in het besluit omgevingsrecht aangegeven wanneer dit niet nodig is. Wanneer de uit te voeren activiteit binnen een van deze categorieën valt, kan er dus gebouwd worden zonder dit van te voren aan te vragen. In alle andere gevallen is een omgevingsvergunning nodig.

De omgevingsvergunning is wettelijk geregeld met de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) in is vanaf 1 oktober 2010 in werking getreden. Deze Wet is ingevoerd ter vervanging van vele andere wetten en regels. In deze Wet is geregeld voor welke activiteiten in de omgeving een vergunning nodig is, zoals de bouw, aanleg, milieu, etc. In deze wet staan ook vele verwijzingen naar het bouwbesluit. Eisen die uit de verschillende wetten en besluiten komen zullen in hoofdstuk 3 worden toegelicht.

### 2.3. Mechanica

#### Controle van een constructie

Het controleren van een constructie gaat over het algemeen met drie toetsen: de toetsen op sterkte, stijfheid en stabiliteit. Deze drie begrippen zullen hieronder kort worden uitgelegd.

- **Sterkte:**

Kort gezegd voldoet een constructie aan de eis van sterkte, wanneer het materiaal waaruit deze is opgebouwd het niet begeeft bij de maximaal optredende spanning. Dat wil zeggen dat de optredende spanning kleiner moet zijn dan de maximale spanning die het materiaal aan kan.

- **Stijfheid:**

Een constructie mag niet te ver doorbuigen door de krachten die erop werken. Stijfheid is niet de bepalende factor bij het gebruik van flexibele betonnen (keer)wanden. Omdat de elasticiteitsmodulus van beton zeer hoog is, zullen de stenen eerder van elkaar raken.

- **Stabiliteit:**

Een constructie moet stabiel genoeg zijn. Met andere woorden: de constructie mag niet omvallen door de daarop werkende krachten.

### 2.4. Grondmechanica

De ondergrond onder een constructie is van invloed op de stabiliteit van een constructie. De bodem bestaat namelijk niet uit oneindig sterke materialen. De krachten die op de bodem werken zullen, wanneer deze te groot worden, zorgen voor zetting en/of verzakking. Hierdoor zal het kantelpunt, in plaats van aan het uiteinde van de constructie, meer naar het midden liggen, waardoor het inwendige moment van de constructie afneemt. Het moment vanuit uitwendige krachten, zoals opgeslagen materiaal en die vanuit de windbelasting, zal gelijk blijven of zelfs toenemen. Door die ontwikkeling zal een constructie eerder instabiel worden.



Door ongelijke verdeling van materialen in de ondergrond zou ook een probleem kunnen ontstaan. Dit treedt bijvoorbeeld op bij de wereldberoemde toren van Pisa. Doordat de ene kant van de bodem beter is bestand tegen zetting dan de andere kant, zal de stevigere kant minder inzakken dan de slappere kant. Hierdoor is de toren scheef gaan staan. Ditzelfde kan ook gebeuren bij een keerwand, dan zou, al zonder dat de wand extra belast wordt, deze scheef kunnen gaan staan en dus instabiel worden.

In de grondmechanica is sprake van verschillende soorten spanningen en drukken. De spanningen en drukken die in dit onderzoek worden bekeken zijn de verticale-, de horizontale-spanning en de actieve gronddruk. Volgens Backhausen & Zwanenburg (2014) gaat dit om de volgende formules.

- **Verticaal gewicht**

De verticale grondspanning( $\sigma$ ) is opgebouwd uit waterspanning( $\sigma_w$ ) en korrelspanning( $\sigma'$ ). In de grondmechanica wordt de korrelspanning bepaald aan de hand van de basiswet van Terzaghi:

$$\sigma = \sigma_w + \sigma' \quad \text{en} \quad \sigma' = \sigma - \sigma_w$$

De waterspanning wordt hierin bepaald met de volgende vergelijking:

$$\gamma = \rho_{water} * g = 1000 * 9.81 = 9810 \text{ kN/m}^2 = 9.81 \text{ kN/m}^2$$

Over het algemeen wordt voor het volumieke gewicht van water  $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^2$  genomen.

- **Horizontale kracht**

Net als de verticale grondspanningen bestaan de horizontale grondspanningen uit horizontale waterspanningen en horizontale korrelspanningen.

$$\sigma_H = \sigma_w + \sigma'_h \quad \text{en} \quad \sigma'_h = \sigma_H - \sigma_w$$

Waarin:

- $\sigma_H$  = horizontale grondspanning
- $\sigma'_h$  = horizontale korrelspanning
- $\sigma_w$  = horizontale waterspanning = verticale waterspanning.

De grootte van de horizontale spanning is afhankelijk van de actieve gronddrukcoëfficiënt  $K_{y,a}$ .

$$K_{y,a} = \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

Waarin:

- $\varphi$  = hoek van inwendige wrijving/ natuurlijk talud

**Voorbeeld:**

Zand heeft een volumiek gewicht van  $19 \text{ kN/m}^3$  en een hoek van inwendige wrijving van 35 graden. Dit levert bij een hoogte van 1 meter het volgende resultaat op(in deze laag zit geen water):

$$\sigma_{H:zand} = \sigma_{v:zand} * K_{y,a} = 19 * \tan^2\left(45 - \left(\frac{35}{2}\right)\right) = 5.149 \text{ kN}$$

Schroot weegt slechts  $3 \text{ kN/m}^3$  door de vele open ruimtes. Daarnaast is de hellingshoek veel groter omdat het materiaal in elkaar haakt. De hellingshoek is 70 graden. Dit levert dan ook een veel kleinere horizontale kracht op.

$$\sigma_{H:schroot} = \sigma_{v:schroot} * K_{y,a} = 3 * \tan^2\left(45 - \left(\frac{70}{2}\right)\right) = 0.093 \text{ kN}$$



## 2.5. Onderzoeksvragen en methodiek

### 2.5.1. Onderzoeksvragen

Zoals in de inleiding is genoemd, is de hoofdvraag bij dit onderzoek de volgende:

#### **Hoe moet worden omgegaan met de vergunningverlening omtrent het gebruik van flexibele bouwstenen als (keer)wand?**

Om hier antwoord op te kunnen geven zullen verschillende deelvragen worden gesteld die alle benodigde informatie omvatten. De verschillende deelvragen die daarbij gesteld worden zijn:

- Wat wordt verstaan onder flexibele bouwstenen?
  - Wat is de definitie van flexibele bouwstenen?
  - Wat zijn de verschillende toepassingen?
  - In welke omstandigheden worden ze gebruikt?
- Aan welke eisen moeten de (keer)wanden voldoen wanneer deze opgebouwd zijn uit flexibele bouwstenen?
  - Hoe staat het gebruik van flexibele bouwstenen als (keer)wand in het bouwbesluit?
  - Wat zeggen andere wetten en regelgevingen over het gebruik van flexibele bouwstenen als (keer)wand
  - Hoe wordt in andere gemeentes met flexibele bouwstenen als (keer)wand omgegaan?
- Welke verschillende risico's zijn er bij het gebruik van flexibele bouwstenen als (keer)wand?
  - Hoe zien de mechanica modellen van de verschillende toepassingen en omstandigheden eruit?
  - Wat zijn de bijbehorende risico's van de verschillende toepassingen in de bepaalde omstandigheden.
- Welke constructieve toetsing is noodzakelijk bij het vergeven van vergunningen bij het gebruik van flexibele betonnen bouwstenen als (keer)wand?
  - In welke omstandigheden is een constructieve toetsing noodzakelijk?
  - Wat is/zijn de constructieve toetsing(en) die moet(en) worden gebruikt?
  - Hoe zouden, in verschillende omstandigheden, bouwwerken aangepast kunnen worden, wanneer ze niet voldoen aan de eisen, zodat toch een vergunning kan worden verleend?
  - Hoe moet worden omgegaan met bestaande (keer)wanden waarvoor in het verleden geen vergunning is verleend?

### 2.5.2. Methodiek

In dit hoofdstuk zal per deelvraag worden toegelicht wat de werkwijze zal zijn om tot het antwoord te komen.

#### **Wat wordt verstaan onder flexibele bouwstenen?**

Om een goed beeld te krijgen wat wordt verstaan onder flexibele bouwstenen zal eerst worden gedefinieerd wat de gemeente Enschede hiermee bedoeld. Ook zal worden gekeken of andere gemeentes hier een andere benaming voor hebben. Zodat in het vervolg geen verwarring ontstaat over welke bouwstenen het gaat.

Via onder andere het internet en de database van de gemeente Enschede zal worden gezocht naar de verschillende toepassingen van flexibele bouwstenen. Een andere mogelijkheid is het langs verschillende locaties gaan in bijvoorbeeld Enschede om een goede indruk te krijgen hoe ze hier in de omgeving gebruikt worden. Hierbij zal worden gekeken naar de functies, maar ook zeker naar de omstandigheden waarin ze gebruikt worden. Daarbij wordt onder andere gekeken naar de bodem, de ligging, milieuomstandigheden en de manier waarop ze gestapeld

worden. Om zo veel mogelijk kenmerken te weten te komen, zal ook een producent worden geïnterviewd.

**Aan welke eisen moeten de (keer)wanden voldoen wanneer deze opgebouwd zijn uit flexibele bouwstenen?**

Voor deze vraag zal het bouwbesluit worden doorgespit. Er zal worden gekeken onder welk soort bouwwerk deze flexibele betonnen keerwanden vallen. Zo kan worden opgesteld aan de hand van welke regels de vergunning wordt vergeven in Enschede. Belangrijk is dat hier ook andere regelgevingen, zoals Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (staat boven het bouwbesluit) en Arbowet, mee worden genomen.

Wanneer duidelijk is wat de regelgeving is, worden verschillende belrondes gedaan met de omliggende gemeentes, maar ook zeker met de grotere gemeentes waar het gebruik van deze keerwanden meer voor komt. Hierdoor kan een goed beeld worden verkregen over de situatie in Nederland. Het is hiervoor belangrijk dat eerst duidelijk is wat de wetten en regelgevingen zeggen over de (keer)wanden, zodat een gestructureerd interview kan worden opgesteld.

**Welke verschillende risico's zijn er bij het gebruik van flexibele bouwstenen als (keer)wand?**

Nadat een goed beeld is verkregen van alle mogelijkheden en omstandigheden, is per geval, met behulp van de opgedane kennis bij de vakken van mechanica en grondmechanica, een model opgesteld om zo duidelijk te krijgen hoe alle krachten werken op (keer)wanden die opgebouwd zijn uit flexibele betonnen bouwstenen. Door deze krachten te analyseren en te kijken hoe de omgeving om de muren heen eruit ziet, kunnen de risico's worden bekeken.

**Welke constructieve toetsing is noodzakelijk bij het vergeven van vergunningen?**

Door de wetten, de mechanica modellen, de risico's en de situaties van andere gemeentes te vergelijken, zal gekeken worden wanneer het noodzakelijk is om een uitgebreide constructieve toetsing toe te passen. Er zal een model worden opgesteld waarmee kan worden gekeken of het noodzakelijk is om een uitgebreidere toetsing te doen. Op deze manier kan een inspecteur/constructeur een makkelijkere afweging maken om een uitgebreide constructieve toetsing te vragen.

Daarnaast is gekeken welke oplossingen mogelijk zijn, wanneer een bouwwerk niet voldoet aan de eisen en/of toetsingen, opdat wel een vergunning kan worden verleend.

Tot slot zal worden uitgezocht wat er moet gebeuren met verschillende bestaande keerwanden waar nog geen vergunning voor is verleend.

### 3. Resultaten

In dit hoofdstuk zal per deelvraag worden gegeven wat de resultaten zijn van het onderzoek. Zoals te zien was in paragraaf 2.5.1, is elke deelvraag opgedeeld in kleinere vragen. Deze vragen worden apart beantwoord zodat later in dit verslag een goede conclusie kan worden getrokken.

#### 3.1. *Wat wordt verstaan onder flexibele bouwstenen?*

Om duidelijk te hebben waar het in dit onderzoek over gaat, is het erg belangrijk om goed te definiëren wat wordt verstaan onder flexibele bouwstenen, waar deze voor worden gebruikt en of kunnen worden gebruikt en in welke omstandigheden ze worden gebruikt. In dit hoofdstuk wordt veel gebruik gemaakt van informatie uit een interview met Math Jansen en Jasper Heijnen. Dit zijn medewerkers van A. Jansen bv, een grote leverancier van de blokken die levert in heel Europa. Dit interview is te vinden in Bijlage C: opzet en uitwerking interviews.

##### 3.1.1 Wat is de definitie van flexibele bouwstenen?

**Definitie flexibele betonnen bouwsteen:** Een bouwonderdeel van beton dat bestaat uit een massief blok met de mogelijkheid om deze met elkaar te verbinden zonder ze te verlijmen. Dit gebeurt door middel van nokken aan de bovenkant en gaten aan de onderkant waar deze nokken precies invallen.

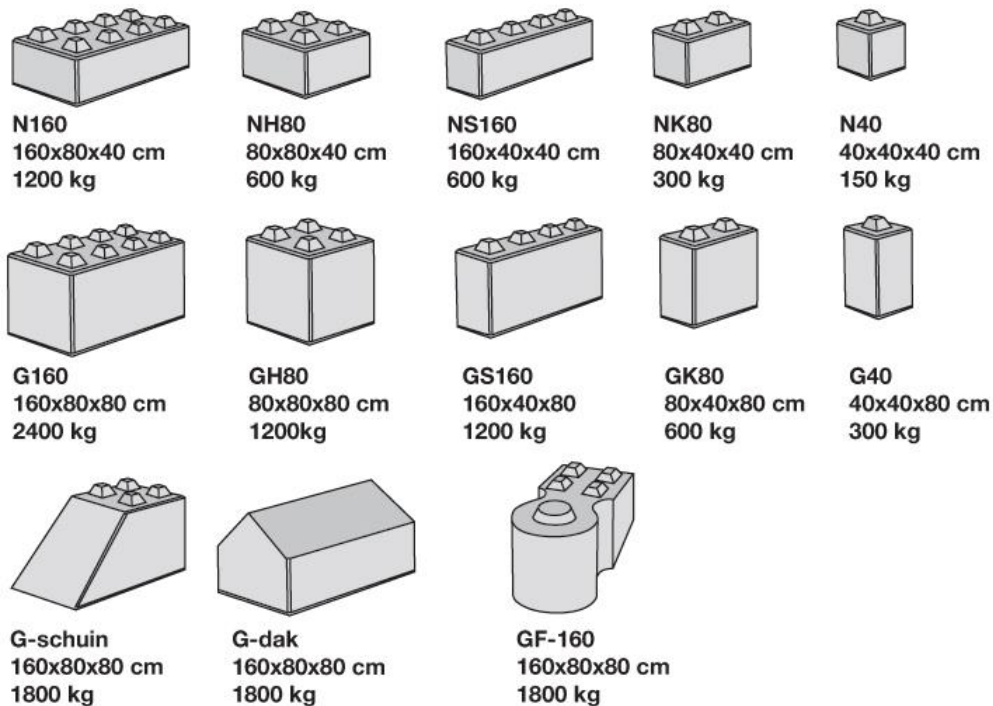
Een paar jaar geleden is een beoordelingsrichtlijn opgesteld(BRL 2815) door KIWA(2012). Hierin worden de blokken gedefinieerd als blokken met nokken waarbij de hoogte van het blok groter is dan of gelijk is aan 400mm en de breedte groter is dan of gelijk is aan 300mm.

**Doel:** De stenen hebben als doel om snel en gemakkelijk zonder lijmstoffen wanden te bouwen. Door de nokken kunnen ze niet van elkaar schuiven, hierdoor ontstaat een starre verbinding. Doordat ze om en om gelegd worden(halfblokverband) ontstaat een stevig geheel. In Figuur 1 is een voorbeeld te zien hoe deze blokken worden gebruikt, door het inklemmen in de hogere muur, staan alle tussenwanden vergrendeld.



Figuur 1 flexibele betonnen bouwstenen gebruikt als keerwanden van materiaal. Bron: A. Jansen BV. (2015)

**Soorten flexibele betonnen bouwstenen:** Er zijn verschillende blokken bekend van verschillende afmetingen. Over het algemeen zijn het wel algemene maten maar verschillen ze van vorm. In Figuur 2 is een overzicht gegeven met daarin de verschillende soorten stenen. De afmetingen die hier staan zijn afkomstig van Fabiton.



Figuur 2 Voorbeelden van flexibele betonnen bouwstenen. Bron: Fabiton Prefab bouwsystemen bv.(2015)

**Mogelijkheden:** De flexibele betonnen bouwstenen lenen zich goed voor het plaatsen van wanden die haaks op elkaar staan. Doordat de stenen in halfbloksverband worden geplaatst, is er de mogelijkheid om haakse wanden aan elkaar te vergrendelen zodat een stevige starre constructie wordt gevormd.

Naast het opstapelen van de stenen zodat ze een muur vormen waar enkel rechte hoeken in zitten, is het met behulp van speciale tussenstukken mogelijk om de muren onder verschillende hoeken te plaatsen. Dit zijn de GF-160, flexi-blokken, zoals te zien in Figuur 2. Hierdoor is het mogelijk om de blokken te plaatsen op verschillende vormen kavelen.

Naast het plaatsen van enkel muren, worden ook mogelijkheden geboden met daken. Deze worden op verschillende manieren geplaatst. In Enschede zijn deze ook te vinden, echter hebben normale (keer) wanden hier de overhand. Op andere locaties in Nederland worden deze wel vaker gebruikt.

**Samenstelling en materiaal:** De blokken bij A. Jansen bv worden op twee manieren geproduceerd. Ze kunnen worden gegoten of ze kunnen worden geperst. Deze leveren net een iets andere sterkte op, echter garandeert A Jansen bv dat deze ten minste een sterke hebben van C20/25. Dit wil zeggen dat de cilinderdruksterkte van 20 N/mm<sup>2</sup> en een kubusdruksterkte van 25 N/mm<sup>2</sup>.

In de normale blokken wordt geen wapening gebruikt, echter worden naast de blokken nog wel lateien geproduceerd waarin wel wapening is verwerkt. Deze lateien worden gebruikt voor grotere overspanningen, hierdoor ontstaat meer trekspanning in het beton waardoor wapening is vereist. In dit onderzoek worden deze lateien niet meegenomen en zal puur gekeken worden naar wanden en keerwanden opgebouwd uit flexibele betonnen bouwstenen.

Het kan voorkomen dat in de blokken glas voorkomt, echter wordt dit volgens de wet niet gelijk gezien als verontreiniging. Wel moet worden uitgekeken dat de blokken sterk en zwaar genoeg blijven. Het is daarom noodzakelijk dat er een keurmerk op de blokken zit. Zonder een keurmerk mogen de blokken niet verkocht worden. De verordening 315/2011(2013) van het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties(2013) zegt dat bouwproducten die worden toegepast in bouwwerken, verplicht zijn om een CE-markering te bezitten. Een voorbeeld van een keurmerk is het KOMO keurmerk vanuit de beoordelingsrichtlijn 2815 opgesteld door Kiwa(2012).

### 3.1.2 Wat zijn de verschillende toepassingen?

Om onderzoek te doen naar de flexibele betonnen bouwstenen is het belangrijk om te weten hoe deze blokken gebruikt worden. Bij deze vraag is gekeken naar de functies en de mogelijkheden.

#### 3.1.2.1. *Functies*

Met behulp van het Geografisch Informatiesysteem Enschede en Losser(GIEL) zijn de verschillende industrieterreinen in gemeente Enschede bekeken en zijn 20 locaties gevonden waar de flexibele betonnen bouwstenen worden gebruikt. (Bijlage A: Locaties met flexibele betonnen bouwstenen.) Daarnaast is ook gekeken op websites en in folders van verschillende leveranciers, zoals A. Jansen bv en Bouwgigant, en zijn de toepassingen van deze stenen duidelijk geworden. Hieronder volgt een opsomming van de bekende functies:

- Brandwerende wanden
- Geluidswanden
- Keerwanden(Bijvoorbeeld opslagboxen)
- Scheidingswanden (erfafscheiding)
- Waterkering(waarschijnlijk in combinatie met een ander materiaal, zoals een kunststoffen zeil.)
- Anders, bijvoorbeeld de grote Legokerk(zie Figuur 3) die op het stationsplein in Enschede heeft gestaan. Dit is echter een uitzonderlijk geval.



Figuur 3 Legokerk, gebouwd met Legioblokken van A Jansen bv, een van de vele extra mogelijkheden van de bouwstenen Bron: LoosFM (2011)



### 3.1.3. In welke omstandigheden worden ze gebruikt?

#### 3.1.3.1. *Omgeving*

De omstandigheden, waarin flexibele betonnen bouwstenen worden gebruikt, zijn verschillend per locatie. Over het algemeen zijn ze terug te vinden op bedrijven terreinen, maar op sommige locaties ook in de buurt van openbare ruimtes of privéterreinen. Een goed voorbeeld hiervan is aan de Najaarsweg 26a te Enschede, hier staat een van de muren tegen een tuin aan.

In Enschede zijn de flexibele betonnen bouwmuren vooral te vinden in het haven gebied. Hier worden ze gebruikt als opslag/keerwanden voor materialen, als afscheiding tussen verschillende gebruiksfuncties en erven, en als geluidswanden. Deze staan voornamelijk aan de waterkant en niet tegen openbare wegen. Echter zijn hier wel uitzonderingen op. Zo staan er op verschillende locaties keerwanden tegen een openbare weg of erven van andere bedrijven/bewoners.

Op de terreinen waar de blokken worden toegepast, wordt veel gewerkt met zwaar materieel. Dit materieel, zoals graafmachines, shovels en heftrucks, worden over het algemeen bestuurd door personen en daardoor kan het zijn dat een fout wordt gemaakt. Wanneer dit gebeurd bestaat de kans dat met bijvoorbeeld een vorkheftruck een flexibele betonnen wand wordt geraakt waardoor deze kan beschadigen of omvallen.

Zover bekend zijn er in Enschede alleen wanden in de buitenlucht, echter worden ze op verschillende locaties elders in Nederland ook gebruik in loodsen, stallen en bedrijfshallen als scheidingsmuren dan wel keerwanden. Een probleem dat daarbij ontstaat is dat ze niet van buiten te zien zijn. Hier zou dus bij inspecties naar gekeken moeten worden.

#### 3.1.3.2. *Ondergrond*

Er zijn locaties bekend waar de stenen goed zijn gefundeerd. Hier ligt, daar waar nodig, een gewapende betonnen fundering, is de bodem speciaal geprepareerd om de last van de (keer)wand te dragen of ligt een goed verharde ondergrond.

Echter is het van veel locaties bij de gemeente onbekend wat de exacte ondergrond van de wanden is, dit heeft te maken met het feit dat veel bedrijven de stenen gebruiken zonder dat daar vergunningen voor zijn aangevraagd. Om toch een indruk te krijgen wat de ondergrond in de meeste gevallen is, zijn verschillende bedrijven bezocht en is met behulp van overleg en foto's bepaald hoe, en of, de grond is geprepareerd. Dit leverde de volgende resultaten op:

- Betonplaten
- Gewapende betonfundering
- Puinpakket
- Gestabiliseerd puingranulaat
- Verhard, bijvoorbeeld door straatstenen
- Ongeprepareerd(gebruik gemaakt van de ondergrond die er lag)

#### 3.1.4. *Afbakening*

Het aantal mogelijkheden met deze blokken loopt zeer uiteen. Om dit onderzoek overzichtelijk te houden, is het noodzakelijk om af te bakenen waar precies naar gekeken zal worden. In het vervolg van dit onderzoek zal enkel nog naar wanden en keerwanden worden gekeken. Voor eventuele andere gebruiken zal extra onderzoek nodig zijn.

Daarnaast zal er in dit verslag verder enkel worden ingegaan op constructieve veiligheid. Aspecten als milieueffecten en brandveiligheid zullen slechts kort aan bod komen. De brandveiligheid van deze blokken is over het algemeen goed gesteld en de blokken mogen alleen verkocht worden als ze voorzien zijn van een CE-markering. (verordening 315/2011(2013))

### 3.2. Aan welke eisen moeten de (keer)wanden voldoen wanneer deze opgebouwd zijn uit flexibele bouwstenen?

Om te onderzoeken aan welke eisen de (keer)wanden moeten voldoen zijn verschillende aspecten uit de wet bekeken. Allereerst is gekeken naar het bouwbesluit en vervolgens in de overige wetten die belangrijk zijn. Daarnaast is met verschillende gemeentes gesproken om te zien hoe zij omgaan met de beoordeling van deze wanden. De wet algemene bepalingen omgevingsrecht staat boven het bouwbesluit, wanneer een vergunning vanuit de Wabo noodzakelijk is, zal deze vervolgens moeten voldoen aan het bouwbesluit. De reden dat het bouwbesluit eerst wordt behandeld, is om een goed beeld te krijgen over eisen met betrekking tot de bouw.

#### 3.2.1. Hoe staat het gebruik van flexibele bouwstenen als (keer)wand in het bouwbesluit?

Het is vaak lastig te zeggen hoe de flexibele bouwstenen als keerwand moeten worden gezien in het bouwbesluit. Ze zouden namelijk onder twee functies kunnen vallen. Deze functies zijn volgens het Bouwbesluit(2012):

- Lichte industrie functie: Industriefunctie waarin activiteiten plaatsvinden, waarbij het verblijven van personen een ondergeschikte rol speelt. (Industriefunctie: Gebruiksfunctie voor het bedrijfsmatig bewerken of opslaan van materialen en goederen, of voor agrarische doeleinden.)
- Bouwwerk geen gebouw zijnde: Bouwwerk of gedeelte daarvan, voor zover het geen gebouw of onderdeel daarvan is. (Gebouw: Volgens artikel 1.1c van het bouwbesluit: elk bouwwerk, dat een voor mensen toegankelijke overdekte, geheel of gedeeltelijk met wanden omsloten ruimte vormt.)

De functie tijdelijk bouwwerk wordt buiten beschouwing gelaten, hiervoor zijn de eisen namelijk minder zwaar en zullen dus vervallen tegenover de andere eisen.

Om een zo volledig mogelijk beeld te krijgen, zijn beide functies bekeken. Het aantal wetten dat hier betrekking tot heeft is enorm groot, daarom is een selectie gemaakt met de belangrijkste eisen, die bepalend zijn voor de beoordeling van scheidingswanden en keerwanden. Deze zijn te vinden in Bijlage B.1. Eisen vanuit het bouwbesluit. Wanneer gebouwen en andere bouwwerken worden gebouwd met deze blokken zullen nog meer regels gelden, maar deze zijn in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

De belangrijkste conclusie die kan worden getrokken vanuit het bouwbesluit is dat de constructie in geen enkele vorm schadelijk/gevaarlijk mag zijn voor de omgeving.

#### Normen

Vanuit het bouwbesluit zijn de volgende normen geselecteerd die bepalend zijn voor een constructieve toetsing van de (keer)wanden. Enkele normen zijn niet afkomstig uit het bouwbesluit, maar zijn wel nodig voor grondmechanica berekeningen. Er zijn naast de hieronder genoemde normen nog een aantal belangrijke normen over brandveiligheid, echter zijn deze buiten beschouwing gelaten in dit onderzoek. Uit het interview met M. Jansen(2015), zie Bijlage C: *opzet en uitwerking interviews*, is namelijk gebleken dat deze betonblokken ruim voldoende weerstand bieden tegen brand. Hij vermeldde in een voorbeeld dat bij een grote brand de blokken meer dan 24 uur binnen de vlammenzee stonden en deze vrijwel niets geleden hadden. Een vrachtwagen die aan de andere kant van die wand stond was ook nauwelijks beschadigd.

Tabel 1 Belangrijkste normen vanuit het bouwbesluit

NEN-EN 1990	Grondslagen van het constructief ontwerp
NEN-EN 1991	Belastingen op constructies
NEN-EN 1992	Betonconstructies
NEN-EN 1997	Geotechnisch ontwerp



### 3.2.2. Wat zeggen andere wetten en regelgevingen over het gebruik van flexibele bouwstenen als (keer)wand

Naast het bouwbesluit is nog gekeken naar de volgende wetten en richtlijn:

- Arbeidsomstandighedenwet
- Wet algemene bepalingen omgevingsrecht
- Nationale beoordelingsrichtlijn 2815: Wandconstructies opgebouwd uit betonnen stapelblokken

#### **Arbeidsomstandighedenwet**

Vanuit de arbeidsomstandighedenwet(2013) gelden een aantal regels die van toepassing zijn bij het gebruik van flexibele betonnen bouwstenen. Deze regels hebben echter niet veel te maken met constructieve eisen. Hierin gaat het vooral over de veiligheid van een werknemer. De strekking van alle belangrijke wetten bij elkaar is dat de werkgever moet zorgen dat zijn werknemers hun werkzaamheden veilig uitkunnen voeren. Verder staan er nog enkele punten over de verantwoordelijkheid. Voor de rest van dit onderzoek zal deze wet weinig betekenen aangezien een constructieberekening voor het vergeven van een vergunning moet aantonen dat de constructie veilig is. Als dat niet het geval is mag de muur niet gebouwd worden.

#### **Wet algemene bepalingen omgevingsrecht**

De belangrijkste punten die naar voren komen uit de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht(2015), zijn afkomstig uit het besluit omgevingsrecht, en dan met name uit Bijlage II. Behorende bij de artikelen 2.3, 2.5a en 2.7. Hierin staat onder andere vermeld voor welke bouwactiviteiten geen omgevingsvergunning is vereist. De tabel met belangrijkste punten hieruit is te vinden in *Bijlage B.2. Eisen vanuit de Wabo*.

#### **Nationale beoordelingsrichtlijn 2815**

Om een KOMO attest met productcertificaat te verkrijgen voor flexibele betonnen bouwstenen, moet volgens de nationale beoordelingsrichtlijn 2815 een wandconstructies opgebouwd uit betonnen stapelblokken aan verschillende eisen voldoen. Hier staan eisen in die te maken hebben met brandveiligheid, maar ook veiligheidseisen vanuit het bouwbesluit en de verschillende NEN-EN normen. Dit betreft dezelfde normen als genoemd in 3.2.1.

### 3.2.3. Hoe wordt in andere gemeentes met flexibele bouwstenen als (keer)wand omgegaan?

Voor de uitwerking van de interviews wordt verwezen naar Bijlage C: opzet en uitwerking interviews. De gemeente Almelo en de gemeente Maastricht zijn uitgebreid geïnterviewd, daarnaast hebben korte gesprekken plaatsgevonden met de gemeente Hengelo en de gemeente Amsterdam. De belangrijkste conclusies hieruit zijn in deze paragraaf samengevat.

#### **Verskil in duidelijkheid tussen grote en kleine gemeentes.**

Over het algemeen bestaat bij de kleinere gemeentes meer onduidelijkheid over de situatie dan in grotere gemeentes. Hier wordt dusdanig weinig gebruik gemaakt van de blokken dat er nooit goed echt over na is gedacht. Een andere reden kan zijn dat de prioriteit van de gemeente anders ligt. Kleinere gemeentes hebben minder bezetting en daardoor minder tijd.

In de grotere gemeentes is meer duidelijkheid omtrent het gebruik van deze blokken. Dit komt doordat daar meer gevallen bekend zijn en er daarom vaker over na is gedacht.

Vanuit de interviews is gebleken dat men het wel nodig vindt dat er meer duidelijkheid komt en waren van mening dat de wanden aan het bouwbesluit moeten voldoen. Dit betekend dat de wanden ook constructief getoetst moeten worden.

#### **Vaak ontbreekt een vergunningsaanvraag**

Wat volgens de ondervraagden vaak een probleem oplevert, is het plaatsen van deze blokken zonder vergunningsaanvraag. Er zijn bijvoorbeeld bedrijven die zelf blokken produceren en deze op hun eigen terrein plaatsen zonder enige aanvraag. Dit lijkt logisch, maar de blokken

worden vaak gestapeld tot wanden die vergunningplichtig zijn. Dat dit wordt gedaan zonder aanvraag is meestal niet omdat het vergeten of ontlopen wordt, maar puur omdat de opvatting van het gebruik van deze blokken moeilijk is. Omdat ze flexibel gebruikt kunnen worden, zien veel mensen het niet als bouwwerk.

#### **Aanpassen van de procedure van een vergunningsaanvraag**

Er zou gekeken moeten worden naar de procedure van vergunnen om zo het aanvragen van een vergunning te vergemakkelijken. De reden dat vaak een vergunning niet aangevraagd zou worden, zou volgens de geïnterviewde mensen de beperking binnen een vergunning kunnen zijn. Zo zou het te lang duren voor er een uitspraak is en zou de mogelijkheid om de muren te verplaatsen beperkt zijn. Om de drempel voor een vergunningsaanvraag lager te leggen zou het nodig kunnen zijn om de vergunning flexibeler te verlenen. In Maastricht werd bijvoorbeeld alleen de buitenste wand vergund. Hierdoor kon het desbetreffende bedrijf de tussenwanden verschuiven om zo verschillende hoeveelheden te kunnen opslaan. Bij deze constructieberekeningen werd daarom naar enkel de draagkracht van de buitenste muren gekeken. De wanden die hierbinnen vallen mogen niet hoger zijn dan de buitenste wanden.

#### **3.2.4. Conclusie**

Een flexibele betonnen (keer)wand is vergunningplichtig tenzij staat vermeld in de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht dat het niet zo is. In deze wet moet een (keer)wand niet gezien worden als bijbehorend bouwwerk. In het bouwbesluit moet het vervolgens gezien worden als 'bouwwerk geen gebouw zijnde' en 'lichte industriefunctie'. Hieruit is duidelijk geworden dat de constructie moet voldoen aan de NEN-EN 1990, 1991, 1992 en 1997 om veilig te zijn. Volgens de Arbowet is de werkgever in beginsel verantwoordelijk voor de veiligheid van zijn werknemers.

### 3.3. Welke verschillende risico's zijn er bij het gebruik van flexibele bouwstenen als (keer)wand?

#### 3.3.1. Inleiding

Om een beeld te krijgen in de verschillende risico's zijn er modellen gemaakt, om te zien wat de invloed is van omgevingsfactoren. Voordat er modellen gemaakt kunnen worden is het belangrijk om te weten welke risico's er zoal spelen. Hieronder volgt een opsomming waarin de belangrijkste risico's staan vermeld die ervoor kunnen zorgen dat een wand bezwijkt:

- De stenen kunnen breken
- De stenen kunnen afschuiven
- De wand kan omvallen
- De wand kan verzakken in de grond
- De wand kan verschuiven

In dit hoofdstuk zullen enkele van deze risico's worden uitgewerkt met behulp van modellen. Allereerst zal worden aangetoond of de stenen voldoen aan de sterkte-eis, vervolgens wordt gekeken naar de stabiliteit van de wand zonder dat daar het effect van de bodem wordt meegenomen en als laatste wordt gekeken naar het effect van de bodem. Hierbij zijn de volgende aannames gedaan:

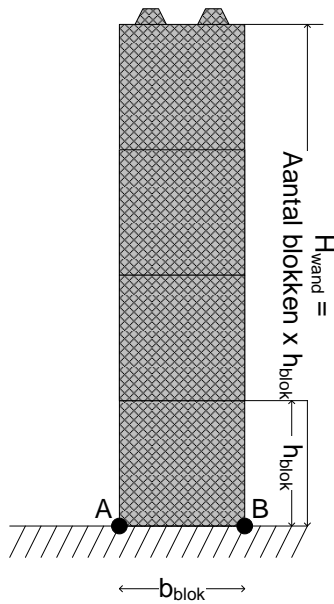
- De windbelasting wordt bepaald aan de hand van NEN-EN 1991-1-4, de Extreme stuwdruk
- Het opgeslagen materiaal zal de windbelasting opnemen. Hierdoor speelt de wind op enkel blootliggende oppervlakten van de wand.
- De berekeningen en waardes van gegevens zijn gebaseerd op de verschillende NEN-EN-normen.
- Voor de geotechniek is aangenomen dat de bodem uit één laag bestaat. Hiervoor wordt, wanneer nodig, de gemiddelde waarde genomen van de verschillende lagen.
- De bodem wordt aangenomen als een gedraineerde bodem. Dit houdt in dat het water door de grond kan wegzakken. De grond in Enschede bestaat namelijk vooral uit zandgrond.

#### 3.3.2. Hoe zien de mechanica modellen van de verschillende toepassingen en omstandigheden eruit?

Allereerst zal een schematisering van een wand worden gegeven waarin vervolgens verschillende belastingsgevallen worden aangegeven. Aan het begin wordt puur gekeken naar de stabiliteit van de wand zelf, om vervolgens verder te gaan met de reactie van de bodem. Met andere woorden eerst wordt uitgegaan van een oneindig sterke bodem. Er is om te experimenteren met afmetingen en belastingen een Excel-model gemaakt. Deze wordt in dit hoofdstuk formule voor formule uitgewerkt. Aan het einde van dit hoofdstuk zal een overzicht worden gegeven met resultaten uit deze experimenten.

##### 3.3.2.1. Schematisering wand

Allereerst is er een schematisering gemaakt van een enkele wand. Met behulp van deze schematisering kan in het vervolg worden gewerkt om belastingen in te tekenen en om daar vervolgens mee te rekenen. In Figuur 4 is deze schematisering te zien. Zoals te zien in de figuur is enkel gekozen om te werken met de onderste kantelpunten. Hiervoor is gekozen omdat de kracht onderaan de wand het grootste is en afneemt in de hoogte. Enkel wanneer er aan beide kanten materiaal ligt opgeslagen, of wanneer er uitzonderlijke krachten op de wand spelen, zal de wand op een andere plek kunnen kantelen.



Figuur 4 Schematisering van een wand opgebouwd uit flexibele bouwstenen

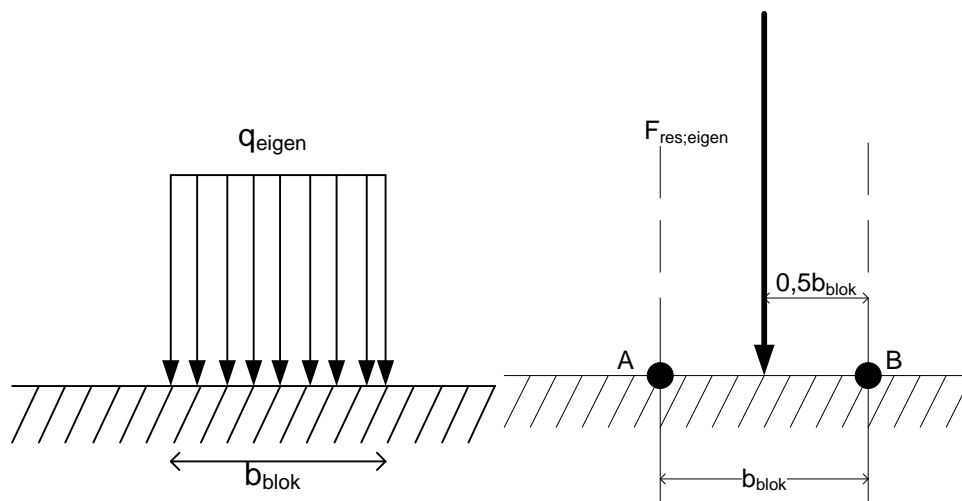
Er zijn verschillende belastingsgevallen mogelijk. De belastingsgevallen die bekeken zijn in dit onderzoek zijn eigen-belasting, windbelasting en belasting van opgeslagen materiaal. De permanente belasting, ook wel de eigen belasting, is enkel opgebouwd uit het eigen gewicht van de blokken. Hierbij is gekeken per meter diepte van een muur, daardoor ontstaan er stukken van:  $1\text{m} \times \text{breedte blok} \times \text{hoogte blok}$ . Om nu het eigen gewicht van de wand te bepalen wordt de volgende formule gebruikt:

$$\text{Eigen gewicht, } q_{\text{eigen}} = \gamma_{\text{beton}} * h_{\text{blok}} * \text{aantal blokken} * \text{veiligheidsfactor}$$

Waarin:

- $\gamma_{\text{beton}}$  = volumiek gewicht beton, in  $\text{kN/m}^3$ ,
- $h_{\text{blok}}$  = de hoogte van een betonblok, in m,
- aantal blokken = het aantal blokken dat de wand hoog is.

Om hiermee verder te kunnen rekenen, is het nodig om eerst de krachten te schematiseren. Deze zien er uit zoals in Figuur 5 en Figuur 6.



Figuur 5 (Links) Eigen gewicht van de wand als q-last

Figuur 6 (rechts)  $q_{\text{eigen}}$  omgezet naar een resulterende puntlast.

Om de stabiliteit van de wand te bepalen is het belangrijk om het moment van het eigen gewicht om punt B,  $M_{inwendig;B}$ , te weten. Deze is als volgt te berekenen:

$$M_{inwendig;B} = Kracht * arm = F_{res;eigen} * \frac{1}{2} * bblok = \frac{1}{2} * q_{eigen} * bblok^2$$

Zoals in paragraaf 2.3 is vermeld, moet deze kracht groter zijn dan het uitwendige moment om stabiel te zijn. In dit geval spelen geen uitwendige krachten op de wand en is de wand dus stabiel. Ten minste als wordt uitgegaan van een oneindig sterke bodem. Hoe de bodem reageert met de wand zal verderop in dit hoofdstuk worden bepaald.

### 3.3.2.2. Sterkte

Allereerst zal gekeken worden naar de sterkte van de blokken, deze mogen uiteraard niet breken door de krachten die werken op het beton. Karakteristiek bij beton is dat de drukspanning die het kan opnemen enorm groot is en de trekspanning klein. Er wordt hieronder aangetoond dat de blokken bij afmetingen die voorkomen in Nederland ruimschoots aan de eisen voldoen.

#### Druksterkte

Om aan te tonen dat de blokken niet zomaar zullen breken wordt gebruik gemaakt van een simpele vergelijking. Deze is als volgt:

$$Spanning \text{ in het beton} \leq \text{de kubusdruksterkte van het beton}$$

Waarin:

- $Spanning \text{ in het beton} = q_{eigen} = \gamma_{beton} * h_{wand} * veiligheidsfactor$ 
  - $\gamma_{beton}$ =volumiek gewicht beton
  - $h_{wand}$ = hoogte van de wand
  - Veiligheidsfactor= 1,2 (Nederlandse norm betondruksterkte)
- Kubusdruksterkte =  $25 \text{ N/mm}^2 = 25000 \text{ kN/m}^2$

Wanneer dit wordt uitgeschreven ontstaat de volgende vergelijking:

$$24 \text{ kN/m} * h_{wand} * 1,2 \geq 25000 \text{ kN/m}^2$$

De maximale hoogte van de wand die hieruit volgt is 868 meter. Hieruit volgt dat de blokken ruim sterk genoeg zullen zijn om niet te breken. Het risico op het bezwijken van blokken zal dan ook verwaarloosd kunnen worden.

#### Afschuiving

De blokken kunnen enorm veel druk aan, daarom zal vanaf er nu van worden uitgegaan dat de nokken ook ruim stevig genoeg zijn. Hierdoor zullen de blokken niet zomaar gaan afschuiven.

#### Treksterkte

In deze wanden treedt vrijwel geen trekspanning op. Zodra trekspanning zou ontstaan, zal de muur omvallen of zullen de blokken van elkaar worden getild. Het is daarom ook niet nodig om hiermee te rekenen. Omdat er vrijwel geen trekspanning optreedt, is het ook niet nodig om wapening toe te passen in de blokken.

Doordat er geen wapening is toegepast in de blokken zou een trekspanning fataal kunnen zijn. Het is daarom ook erg belangrijk dat een muur goed vlak wordt geplaatst op een stabiele ondergrond. Hierover meer in het onderdeel Grondmechanica in paragraaf 3.3.2.4.

### 3.3.2.3. Stabiliteit

#### Windbelasting

De windbelasting wordt vaak aangenomen als een enkele q-last zoals te zien in Figuur 7. Echter zal in dit onderzoek dieper op de windbelasting worden ingegaan. Het kan nog steeds worden aangenomen als een q-last, echter moet deze worden vermenigvuldigd met verschillende factoren. De windbelasting zal worden bepaald met behulp van NEN-EN 1991-1-4. In het bijzonder wordt gekeken naar de extreme stuwdruk, omdat de muur bij geen enkel geval mag omvallen en deze de grootste kracht geeft. In deze paragraaf zal enkel gekeken worden naar wind en eigen belasting. Hoe de wind reageert wanneer materiaal is opgeslagen tegen de muur, zal in de volgende paragraaf worden behandeld.

Om het werkende moment van de windbelasting te bepalen wordt eerst de extreme stuwdruk bepaald. De extreme stuwdruk  $q_p(z)$  op hoogte  $z$ , die de gemiddelde snelheid en korte termijn snelheidsfluctuaties bevat, behoort te zijn bepaald. (NEN-EN 1991-1-4). De bepaling hiervan is zeer omslachtig, daarom wordt deze in *Bijlage D: Bepaling windbelasting volgens NEN-EN 1991-1-4* volledig uitgewerkt. Daarin zijn de variabelen stap voor stap verklaard. In dit hoofdstuk wordt beknopt uitgelegd hoe de windbelasting bepaald wordt. Deze stuwdruk wordt bepaald met de volgende formule:

$$q_p(z) = (1 + 7 * I_v(z)) * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2(z) = c_e(z) * q_b$$

De q-last voor de windbelasting wordt na het uitwerken van deze formule bepaald volgens de volgende formule:

$$q_{wind} = C_s C_d * C_f * q_p(z) * C_{prob} * veiligheidsfactor$$

Waarin:

- $C_s C_d$  = de bouwwerkfactor, in dit geval 1. (bij wanden tot 15 m hoogte)
- $C_f$  = de krachtcoëfficiënt voor de constructie of het constructie-element.
  - o  $C_f$  = de som van alle stuw en zuig coëfficiënten.

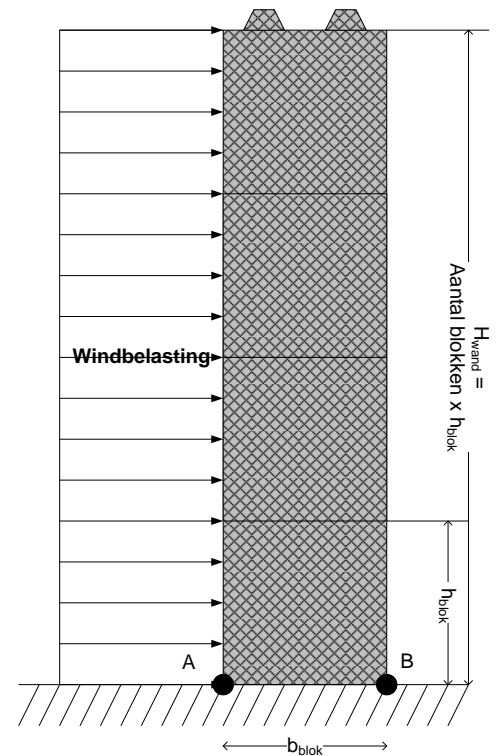
De waarde van  $C_f$  wordt aangenomen als 1,8. Dit komt voort uit Tabel NB. 17 van NEN-EN1991-1-4. Dit volgt uit een wand met omgezette einden in zone B.

Om nu het bepalende moment te berekenen, kijken we naar het moment om punt B in Figuur 7.

$$M_{wind;B} = 0,5 * q_{wind} * h_{wand}^2$$

De wand voldoet als:

$$\frac{M_{inwendig;B}}{M_{wind;B}} \geq 1,0$$

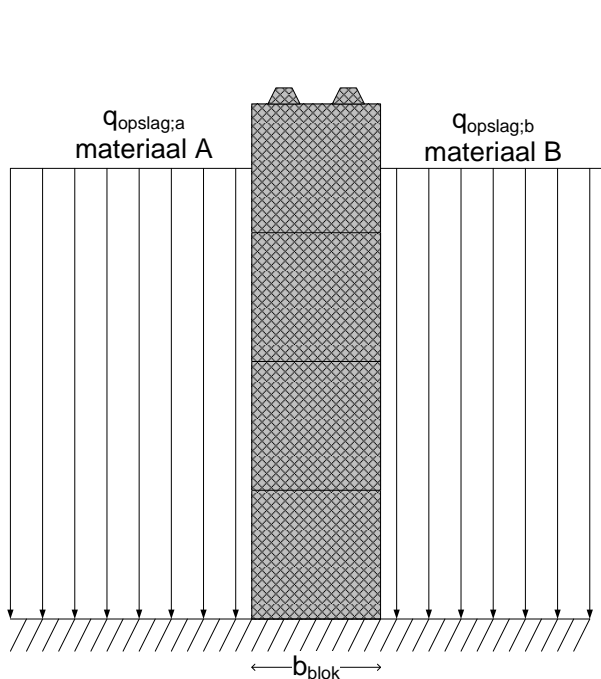


Figuur 7 Schematisatie windbelasting

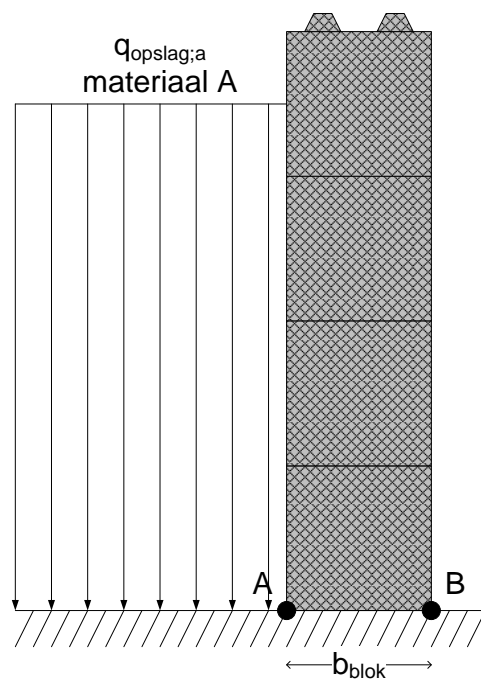
**Belasting vanuit het opgeslagen materiaal**

Nu de windbelasting bij tegen een keerwand is bekeken zonder dat daar materiaal is opgeslagen, zal de belasting van het opgeslagen materiaal worden bekeken. Allereerst wordt hier gekeken naar de enkel de belasting van het materiaal, en vervolgens zal de windbelasting worden mee genomen. Deze verandert namelijk wanneer de opslag hoogte veranderd.

Allereerst is het belangrijk om te kijken welk belastingsgeval maatgevend is. Het kan voorkomen dat aan beide kanten van de wand materiaal ligt opgeslagen. Dit ziet er dan als in Figuur 8. Echter kan het ook voorkomen dat er maar aan één kant materiaal ligt. Dan ziet het eruit als in Figuur 9. Dan is de vraag welke van de twee gevallen maatgevend zal zijn. Beide materialen zullen zorgen voor een zijwaartse druk tegen de wand, daarom zal de wand in Figuur 8 altijd stabielere zijn dan wanneer er maar aan één kant materiaal ligt. Het geval in Figuur 9 zal dus maatgevend zijn. Hierbij is het wel belangrijk dat altijd gerekend wordt met het materiaal dat de grootste zijwaartse druk geeft. Hoe de krachten en de momenten vanuit het opslag materiaal te berekenen is, is te vinden in Bijlage E: Mechanica.



Figuur 8 Een keerwand met aan beide kanten opgeslagen materiaal



Figuur 9 Een keerwand met slechts aan 1 kant opgeslagen materiaal

**Combinatie van wind en opslagmateriaal**

Bij een combinatie van wind en opslagmateriaal is de bepaling van de belasting uit het opslag materiaal hetzelfde als in de voorgaande paragraaf. Echter reageert de wind anders. Er wordt aangenomen dat de wind die tegen het opgeslagen materiaal aankomt wordt opgenomen door dat materiaal, de kracht die daardoor extra tegen de muur komt bij het opslag materiaal wordt verwaarloosd. Wanneer het materiaal niet tot de nok wordt opgeslagen, wordt het bovenste deel van de wand nog wel volledig belast door de wind. Hier wordt daarom gerekend met een coëfficiënt van 1,3 aan de kant van het opslagmateriaal. De rest van de wand wordt berekend met een zuigcoëfficiënt van 0,5. Een overzicht van de krachten is te zien in Figuur 10.

De momentenvergelijking die de stabiliteit van de wand bepaald zonder dat de bodem wordt meegenomen, ziet er dan als volgt uit:

$$\frac{M_{eigen}}{M_{uitwendig}} = \frac{M_{eigen}}{M_{wind} + M_{opslag}} = \frac{\frac{1}{2} * q_{eigen} * breedte^2}{\left( M_{windlinks} + M_{windrechts} + \frac{1}{6} * q_{res; opslag} * h_{opslag}^2 \right)} \geq 1$$

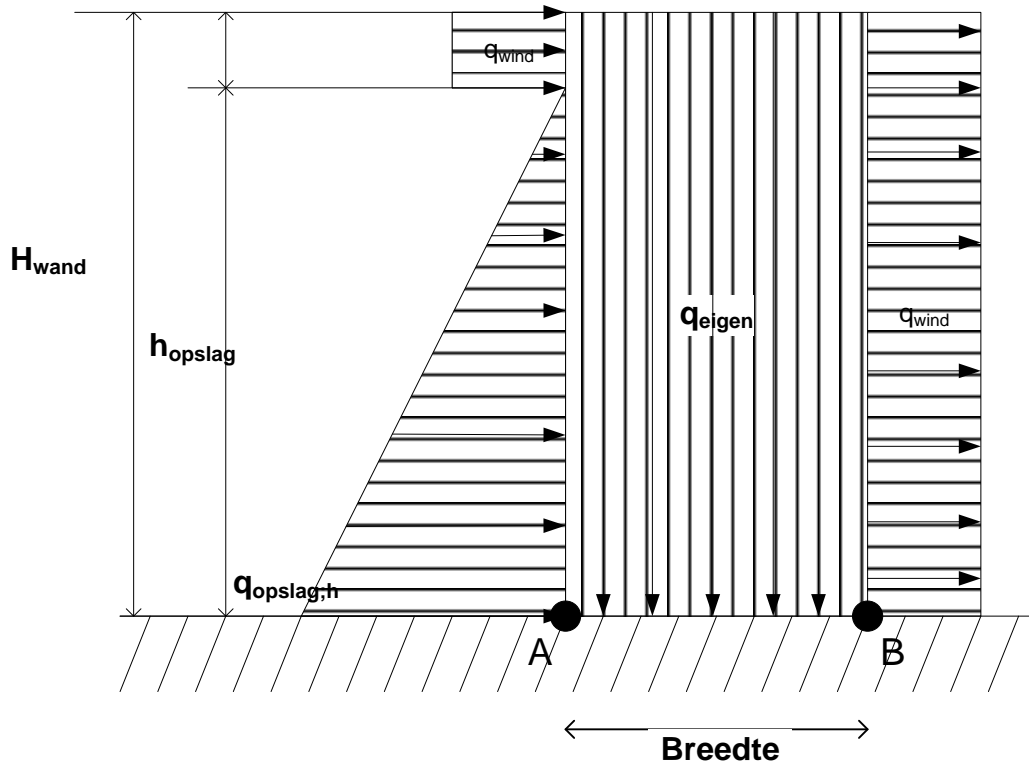


Waarin:

$$M_{windlinks} = \text{moment vanuit de wind boven het opgeslagen materiaal}$$

$$= \left( \frac{h_{wand} - h_{opslag}}{2} + h_{opslag} \right) * (h_{wand} - h_{opslag}) * q_{wind} * 1,3$$

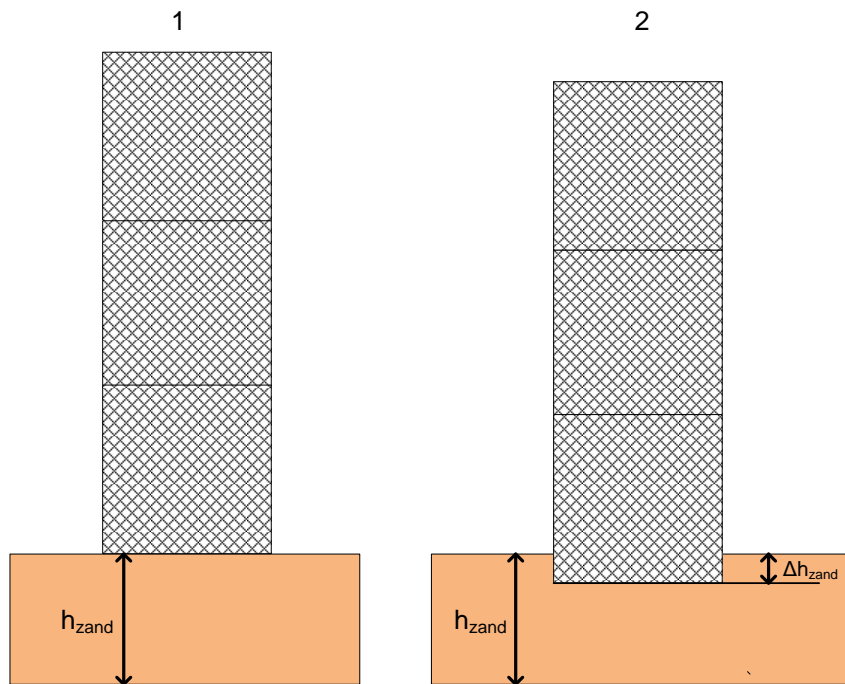
$$M_{windrechts} = \text{moment vanuit de wind aan de onbelaste zijde} = \frac{1}{2} * H_{wand} * q_{wind} * 0,5$$



Figuur 10 Overzicht van de krachten bij windbelasting en belasting van het opgeslagen materiaal

### 3.3.2.4. Grondmechanica

Om een beeld te krijgen wat de invloed van de ondergrond is, zal eerst een versimpeld model worden gebruikt. Bij een versimpeld model, waarbij de bodem is opgebouwd uit enkel zand en er geen horizontale krachten op de wand spelen, zal de wand verzakken maar niet kantelen, dit ziet er dan uit als in Figuur 11. Er zal dus geen probleem ontstaan (als de muur iets lager mag worden) als er enkel verticale krachten spelen vanuit het eigen gewicht.



Figuur 11 verzakking bij een homogene ondergrond met enkel verticale krachten.

Echter zal dit nooit het geval zijn. Aan de hand van het voorbeeld in Bijlage E: Mechanica is de invloed van een horizontale kracht uitgelegd. Hierbij is de wand geschematiseerd als een blok op twee steunpunten. Op deze manier wordt goed zichtbaar wat de invloed van een horizontale kracht is. In werkelijkheid is er geen sprake van twee opleggingen, maar op deze manier is goed te zien dat er sprake is van een verschil in kracht op de bodem.

Om een berekening te maken die aantoont of de grond stevig genoeg is, wordt gebruik gemaakt van de effectieve breedte van de fundering. Deze volgt uit NEN-EN 1997. Backhausen(2011) beschrijft in hoofdstuk 6 van de Reader Geotechniek een stappenplan die in acht stappen deze norm uitwerkt. Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de stappen 1 t/m 6. Hiermee kan de maximale grondspanning worden berekend en worden gekeken of de toegepaste fundering voldoet. De zes stappen die zijn gebruik zien er als volgt uit:

1. Toetsing verticaal draagvermogen:
  - a. Effectieve afmetingen
  - b. Bepaling invloedsdiepte
  - c. Toets verticale draagkracht in gedraineerde toestand
2. Toetsing weerstand tegen horizontaal glijden
3. Toetsing algehele stabiliteit(al gedaan in voorgaande modellen)
4. Toetsing kantelstabiliteit(al gedaan in voorgaande modellen)
5. Toetsing bezwijken van de constructie door verplaatsing van de fundering
6. Toetsing zakkingsen zakkingsverschillen

Bij dit onderzoek worden de stappen 3 en 4 al gedaan voordat wordt begonnen met de rest van dit stappen plan. De blokken staan namelijk los op de fundering, dus de wand wordt eerst op stabiliteit gecontroleerd voordat de fundering getoetst wordt. De uitwerking van deze en de rest van de stappen is te vinden in Bijlage F: grondmechanica.

Bij het invullen van alle formules blijkt dat de wanden zonder fundering, dus enkel rustend op de breedte van de blokken, vaak niet voldoen aan de grond spanning. Dit komt doordat de spanning over een te kleine oppervlakte is verdeeld, de effectieve breedte daarbij veel te klein is en er daarom te veel verzakking op zal treden. Het is daarom noodzakelijk om fundering toe te passen. Hieronder volgt een voorbeeld om te laten zien hoe belangrijk een fundering is.

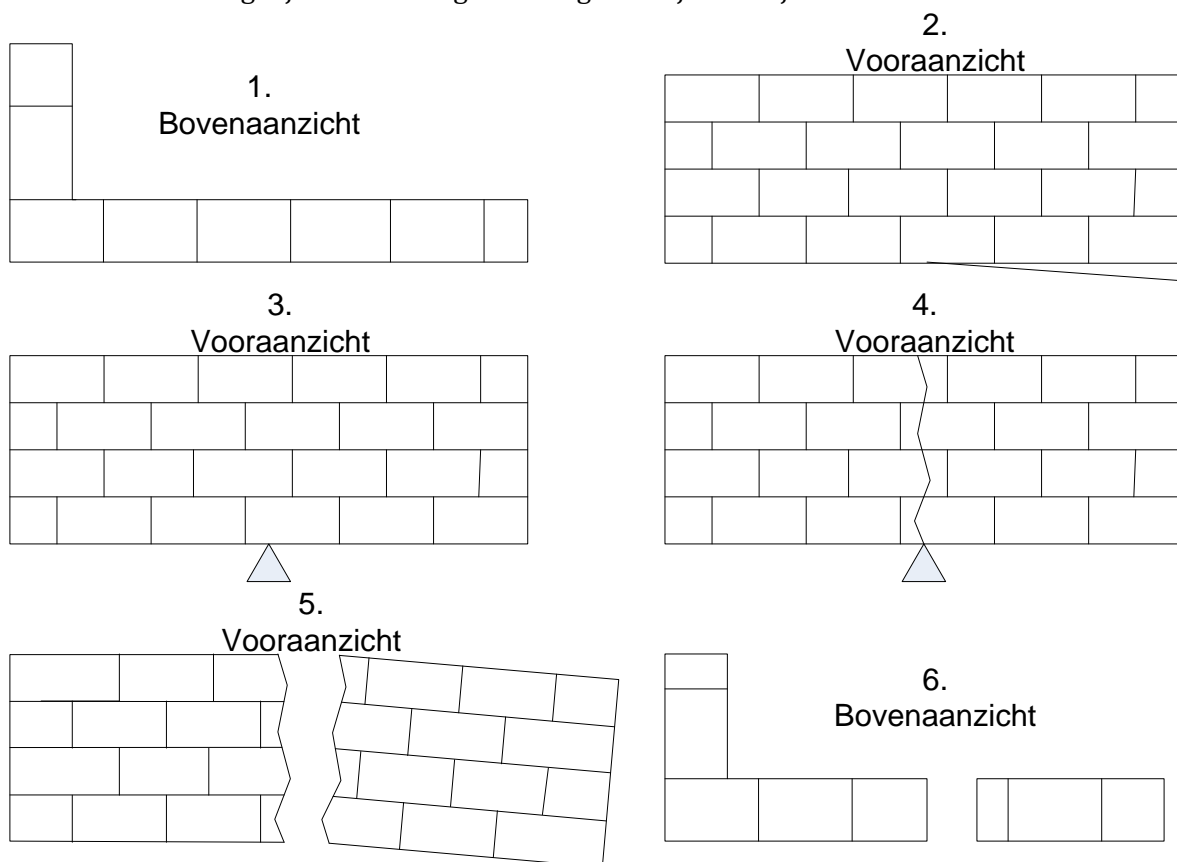
*Een muur van slechts 2 meter hoog en 0,6 meter breed voldoet ruim aan de stabiliteitstest op een stevige ondergrond. Echter wanneer de bodem niet meer oneindig sterk is en er wordt uitgegaan*

van een zandgrond, voldoet de grondspanning niet. Pas bij een muur van slechts 0,8 meter hoog (de hoogte van 1 blok) voldoet de grondspanning.

### Ongelijke verzakking of ongelijke vloer

In dit onderzoek is enkel gebruik gemaakt van de breedte van een enkele wand. Echter is het goed om nog even stil te staan bij de lengte richting van een wand. Wanneer een bodem ongelijk verdeeld is, zoals in Figuur 12, kan het zijn dat een deel van de wand verder verzakt dan een ander deel van diezelfde wand. Het probleem dat hier dan ontstaat, is dat er een trekspanning ontstaat aan de bovenkant van de blokken. Doordat er geen wapening in de blokken zit, zou dit betekenen dat de blokken kunnen breken. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 12.

Bij het gebruik van slechts een enkele wand die voldoet aan de eisen zullen er door een scheur weinig problemen ontstaan, echter wanneer de wand een dusdanige afmeting heeft en tussenwanden nodig heeft om stabiel genoeg te zijn, kan het zijn dat de constructie met scheur niet meer stevig genoeg is. In Figuur 12 is een voorbeeld uitgewerkt om te laten zien dat een scheur door een ongelijke verzakking of vloer gevaarlijk kan zijn.



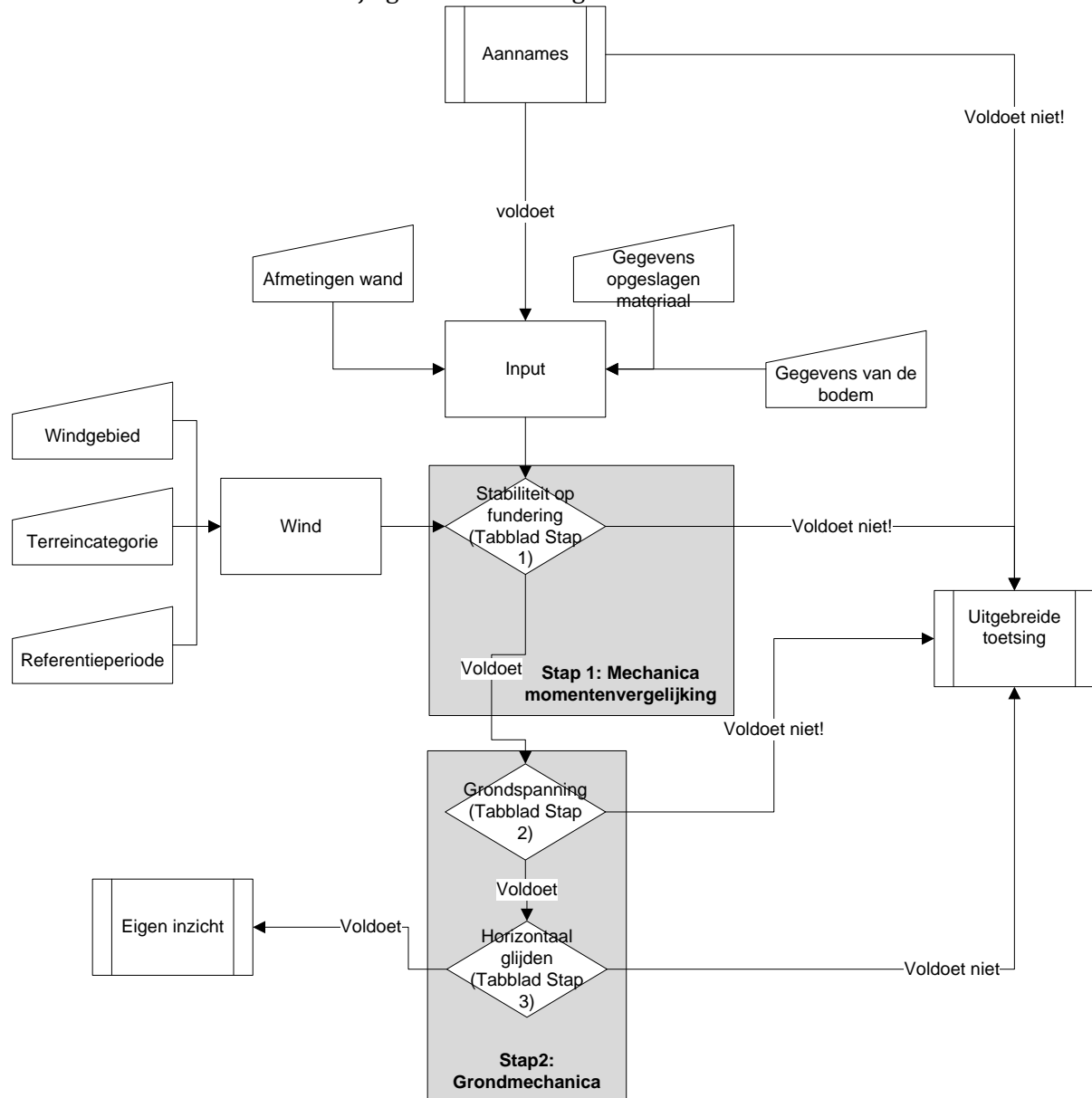
Figuur 12 Ongelijke verzakking van een wand

1. De wand heeft om stabiel genoeg te zijn de zijwand nodig zoals aan de linkerkant.
2. Door een ongelijke verdeling van de grond, is de grond aan de rechterkant meer gezakt dan aan de linkerkant
3. Als het ware staat de wand nu op een enkele oplegging
4. Er zal door een te grote trekspanning aan de bovenkant van de wand een scheur gaan vormen
5. De scheur zal uiteindelijk doorlopen tot onderaan en de twee delen die ontstaan, staan dan los van elkaar.
6. Zoals in dit bovenaanzicht is te zien, staat het rechter deel van de muur nu los, en heeft het geen steun meer aan de zijwand. Het gevaar bestaat nu dat de wand zal omvallen.

### 3.3.2.5. Excel model

Alle hiervoor genoemde formules zijn met behulp van het programma Excel uitgewerkt. Op die manier zijn verschillende maten van de wand doorgerekend. Hierbij werd gevarieerd met hoogte en breedte van de wand en werd ook gevarieerd in soorten opgeslagen materiaal. Door dit te doen zijn de maximale hoogtes bepaald bij breedtes van 0,3 meter tot en met 0,8 meter. Dit zijn de afmetingen van de blokken die leverbaar zijn. De resultaten hiervan zijn weergegeven in 3.3.2.6.

In het schema hieronder, Figuur 13, is een globaal overzicht te zien van de opbouw van het Excel Model. Hierin zijn de rechthoeken de verschillende tabbladen en zijn de schuin afgesneden rechthoeken gegevens die moeten worden ingevoerd. Een uitgebreide handleiding van dit model is te vinden in Bijlage G: Handleiding Model.



Figuur 13 Opbouw Excel Model

Naast de tabbladen die verwerkt zijn in deze tabel, zijn er nog twee tabbladen waarin kan worden afgelezen in een grafiek hoe verschillende breedtes zich verhouden tegenover de maximale hoogte. Deze figuren zijn te vinden in de volgende paragraaf.

### 3.3.2.6. Resultaten vanuit de modellen.

Vanuit de berekeningen en modellen zijn verschillende conclusies te trekken. Deze zijn in deze paragraaf uitgewerkt.

#### **Materiaalsterkte**

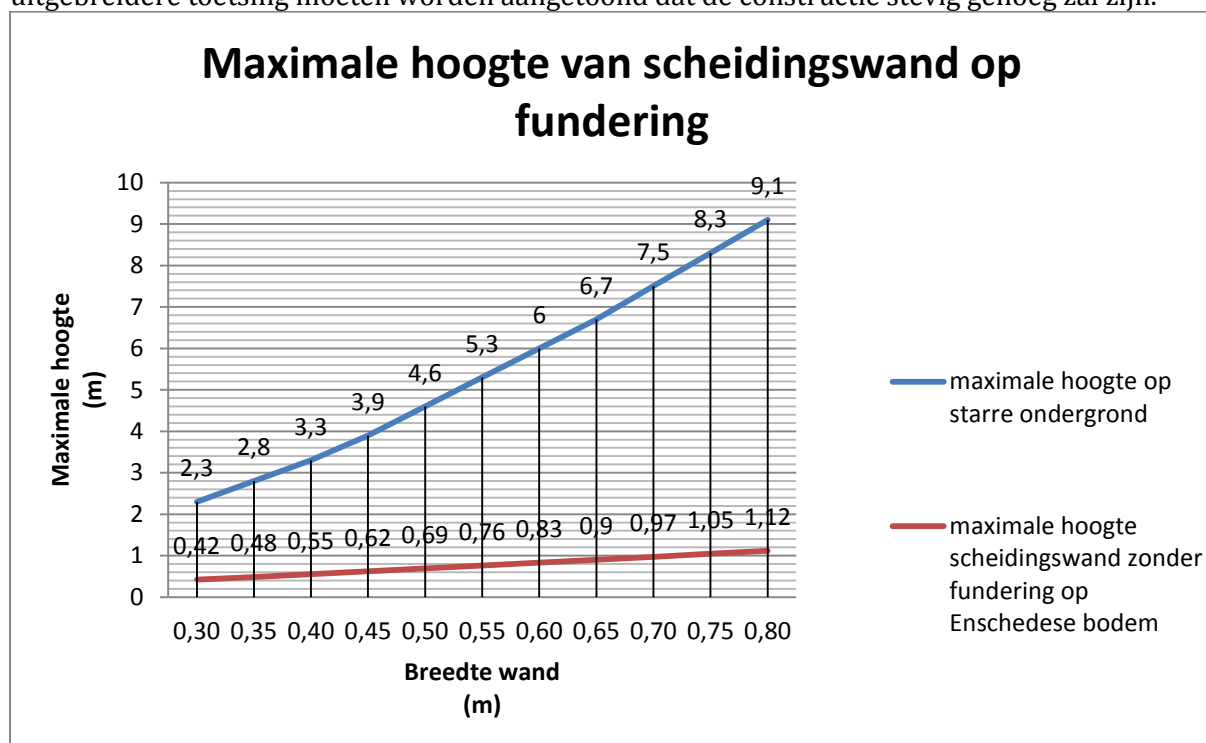
Uit de berekeningen is gebleken dat de stenen de drukkrachten die voorkomen in de wanden ruim aan kunnen. Het risico op brekende stenen is daarom te verwaarlozen en zal daarom in het vervolg van dit onderzoek niet meer worden meegenomen.

#### **Stabiliteit op fundering**

Uit het interview met M. Jansen van A Jansen bv, is gebleken dat bij het afnemen van de breedte van het blok de kerende kracht drastisch afneemt. Dit is ook te zien in het opgestelde model. Zo is bij een scheidingswand van 0,40 meter breed de maximale hoogte 3,3 meter. Wanneer deze breedte wordt verdubbeld naar 0,80 meter, dan kan tot 9,1 meter gebouwd worden. Hieronder volgen twee grafieken. Een grafiek voor de maximale hoogte bij een scheidingswand van flexibele betonnen bouwstenen en een voorbeeldgrafiek voor de maximale hoogte van een keerwand waartegen grind ligt opgeslagen.

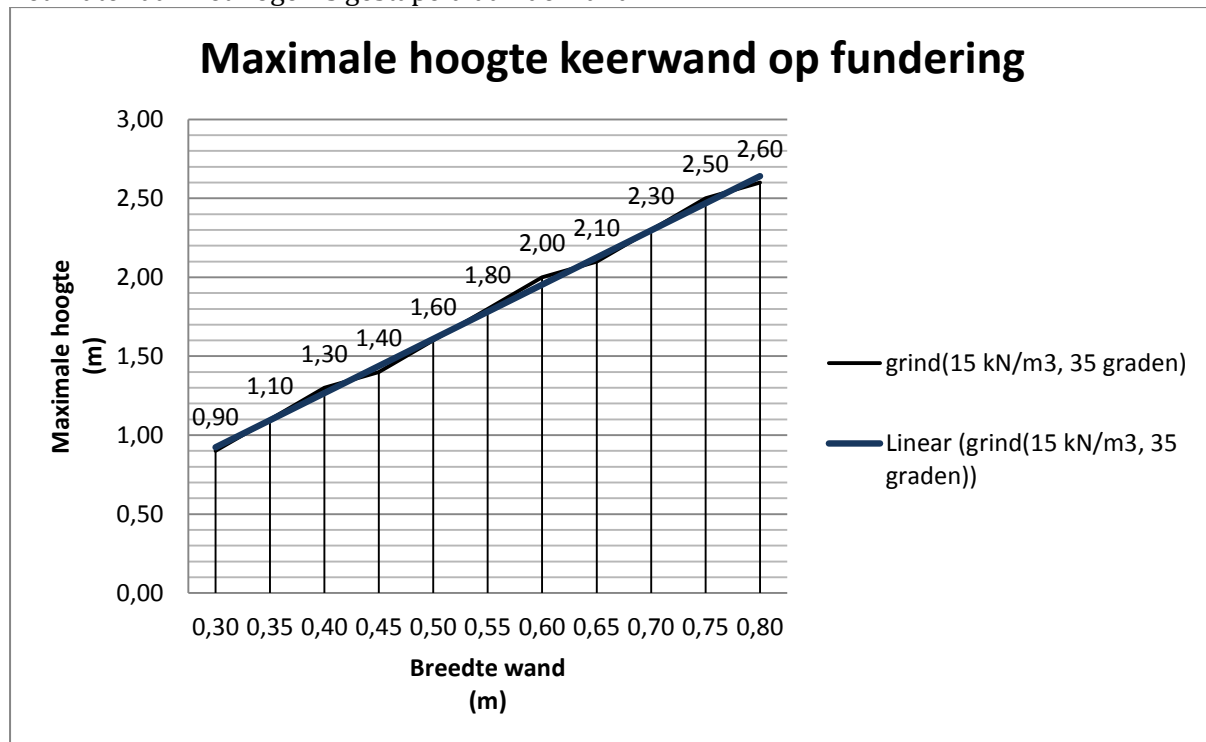
**Scheidingswand:** Voor een scheidingswand geldt dat enkel de windbelasting is meegenomen. Hiervoor is een grafiek gemaakt waarin is aangegeven wat de maximale hoogte is, waarbij een enkele wand stabiel is. Deze is te zien in Figuur 14. De blauwe lijn geeft hierin de maximale hoogte van een scheidingswand aan, wanneer deze geplaatst zou worden op een oneindig sterke ondergrond. De rode lijn geeft de maximale hoogte weer op een Enschedese bodem zonder fundering. Dat wil zeggen dat spanning op de grond wordt verdeeld over enkel de breedte van de wand.

Wanneer de hoogte van een te bouwen scheidingswand boven de lijn ligt, zal met een uitgebreidere toetsing moeten worden aangetoond dat de constructie stevig genoeg zal zijn.



Figuur 14 Maximale hoogte Scheidingswand bij windgebied 3 en terreincategorie 2.

**Keerwand:** Omdat de maximale hoogte van een keerwand afhangt van een hoop verschillende factoren, is niet één plaatje te geven. Hieronder in Figuur 15 is een voorbeeld gegeven waarbij grind wordt opgeslagen. Dit heeft een volumiek gewicht van  $19 \text{ kN/m}^3$  en een hellingshoek van het natuurlijk talud van 30 graden. Ook hier is op dezelfde manier af te lezen wat de maximale hoogte van de wand mag zijn. Hierbij gaat het om de situatie dat het materiaal tot de nok van de wand is opgeslagen zonder kop. Wanneer de wand onder de lijn valt zal deze voldoen wanneer het materiaal niet hoger is gestapeld dan de wand.



Figuur 15 Maximale hoogte keerwand bij zand

De knikken in de lijn zijn het gevolg van afronding van de getallen. In het model is enkel gevarieerd in de breedte met 0,05 meter en in de hoogte met 0,1 meter. De blokken worden namelijk niet geleverd met andere maten. Als het exact zou worden berekend, lijkt het erop dat dit een rechte lijn is, daarom is de rechte lijn toegevoegd aan de grafiek.

Wanneer de wand of de stapel hoogte van het materiaal hoger dan de in Figuur 15 aangegeven waarde is, zal een uitgebreidere constructieve toetsing moeten plaatsvinden. Door een andere combinatie kan het zijn dat een wand wel zal voldoen. Wanneer een wand hoger is dan het opgeslagen materiaal kan het zijn dat deze nog stabiel is, er wordt daar bij dit model uitgegaan van een gelijke hoogte van het materiaal en de wand.

### Effect van de ondergrond

Al snel wordt duidelijk dat de aanwezigheid van een goede ondergrond zeer belangrijk is. Wanneer geen fundering wordt toegepast zal een wand al snel bezwijken. De effectieve breedte wordt dan veel te klein en daardoor wordt de geleverde spanning verdeeld over een te kleine oppervlakte. Dat zou betekenen dat de muur zou kunnen kantelen.

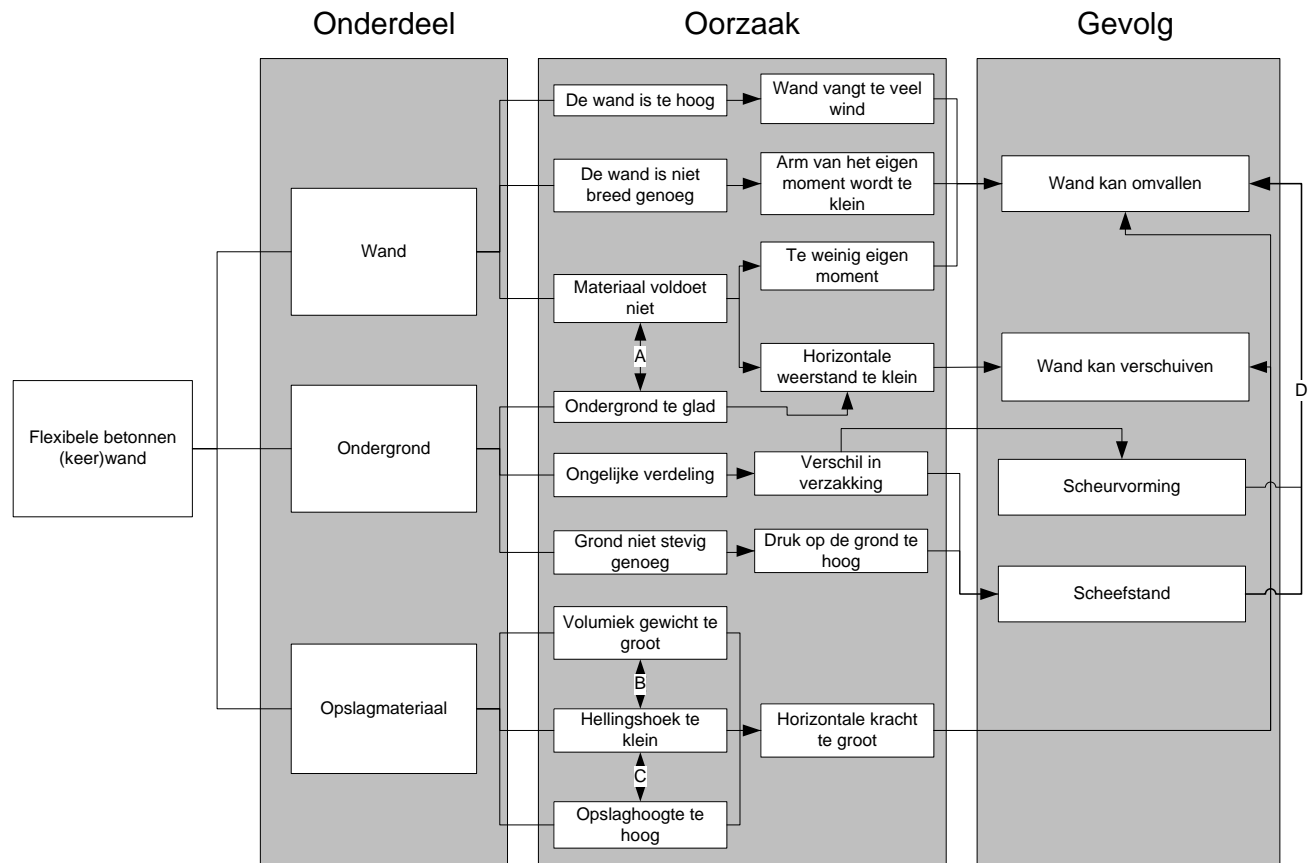
Het effect van de bodem is te zien in figuur 14. De bodem die hier gebruikt is bestaat uit een zandbodem die te vinden is in Enschede. De maximale hoogte van een wand, wanneer deze op een zandgrond wordt geplaatst zonder fundering, ligt vele malen lager. Om de druk van de wand op de grond genoeg te verdelen is dus een goede fundering nodig.

Bij het aanleggen van de fundering is het erg belangrijk dat deze vlak komt te liggen. Wanneer er een knik in de ondergrond zit, levert dit een grote trekspanning op waardoor een scheur kan ontstaan en de constructie onveilig kan worden.

### 3.3.3. Wat zijn de bijbehorende risico's van de verschillende toepassingen in de bepaalde omstandigheden?

#### Bezwijking van de (keer)wand

Het bezwijken van een wand kan gebeuren door verschillende onderdelen die bepalend zijn bij het gebruik van deze (keer)wanden. Dit zijn de wand zelf, het opslagmateriaal en de ondergrond. In Figuur 16 is een risico diagram weergegeven waarin de verschillende onderdelen worden uitgezet tegenover de oorzaken en de gevolgen. Deze gaat in op de gevolgen voor de wanden zelf. In de volgende paragraaf zijn de gevolgen voor de omgeving uitgewerkt.



Figuur 16 Risico-diagram bij het gebruik van flexibele betonnen bouwstenen als keerwand

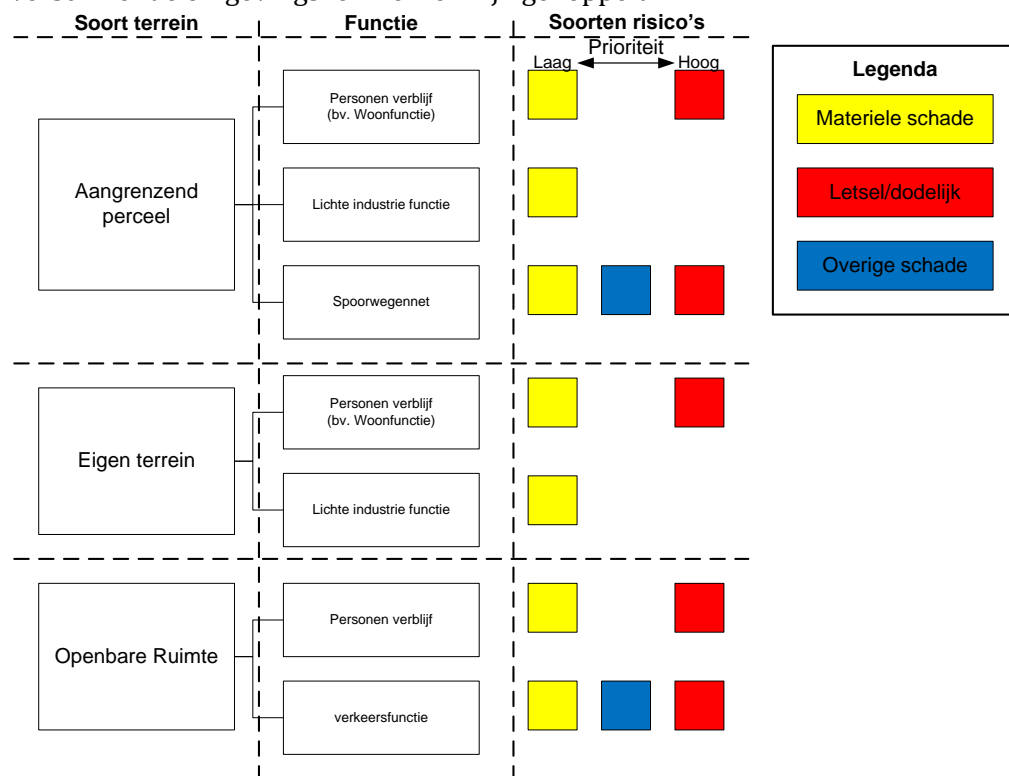
Een aantal relaties in dit schema hebben extra uitleg nodig.

- **A:** Omdat beton van zichzelf een vrij gladde oppervlakte heeft en de blokken vaak worden geplaatst op beton zou het zo kunnen zijn dat de muur bij een te grote horizontale kracht vanuit het opgeslagen materiaal gaat schuiven. De massa van de wand is hierbij belangrijk. Bij een grotere massa zal er meer tegenwerkende wrijvingskracht zijn.
- **B+C:** De horizontale kracht vanuit het opgeslagen materiaal is afhankelijk van het volumiek gewicht, de hellingshoek en de opslaghoogte. De samenkomst van de effecten hiervan zal bepalend zijn voor de horizontale belasting.
- **D:** Scheefstand en scheurvorming zijn een gevolg van een onstabiele bodem. Het gevolg van deze twee is dat de wand kan omvallen.



### Omgeving

Het bezwijken van een flexibele betonnen (keer)wand kan verschillende gevolgen hebben voor de omgeving. In Figuur 17 is een overzicht gegeven waarin de verschillende gevolgen aan verschillende omgevingskenmerken zijn gekoppeld



Figuur 17 Risico's per omgeving

**Materiele schade:** Bij het omvallen van een wand ontstaat schade aan de wand zelf, echter zal er in veel gevallen schade aan omliggend materieel ontstaan. Dit betreft omliggende gebouwen en bouwwerken, maar ook machines, auto's, fietsen, etc. Omdat dit over het algemeen gaat over vervangbare zaken, is de prioriteit van het beschermen tegen materiele schade het laagste.

**Letsel/dodelijk:** Persoonlijk gevaar is verreweg het belangrijkste aspect. Bij het bouwen van bouwwerken en gebouwen moet de veiligheid van omstanders altijd gewaarborgd blijven. Zo dus ook bij het gebruik van flexibele betonnen keerwanden. Omdat het bij letsel vaak gaat om blijvende schade, en bij dodelijke ongevallen altijd blijvende schade aanwezig is, is de prioriteit voor het beschermen hiertegen het hoogste.

*Tijdens het uitvoeren van dit onderzoek blijkt de ernst van het risico op letsel en dodelijk afloop. Volgens de Tubantia(2015) is in Ede/Vriezeveen bij een storm op 31 maart 2015 een betonnen wand omgewaaid en terecht gekomen op een kantoorpand. Hier waren helaas een dode en een zwaargewonde bij te betreuren. Of het hier om flexibele betonnen bouwstenen gaat is niet duidelijk, maar het is een goed voorbeeld van het belang van dit onderzoek.*

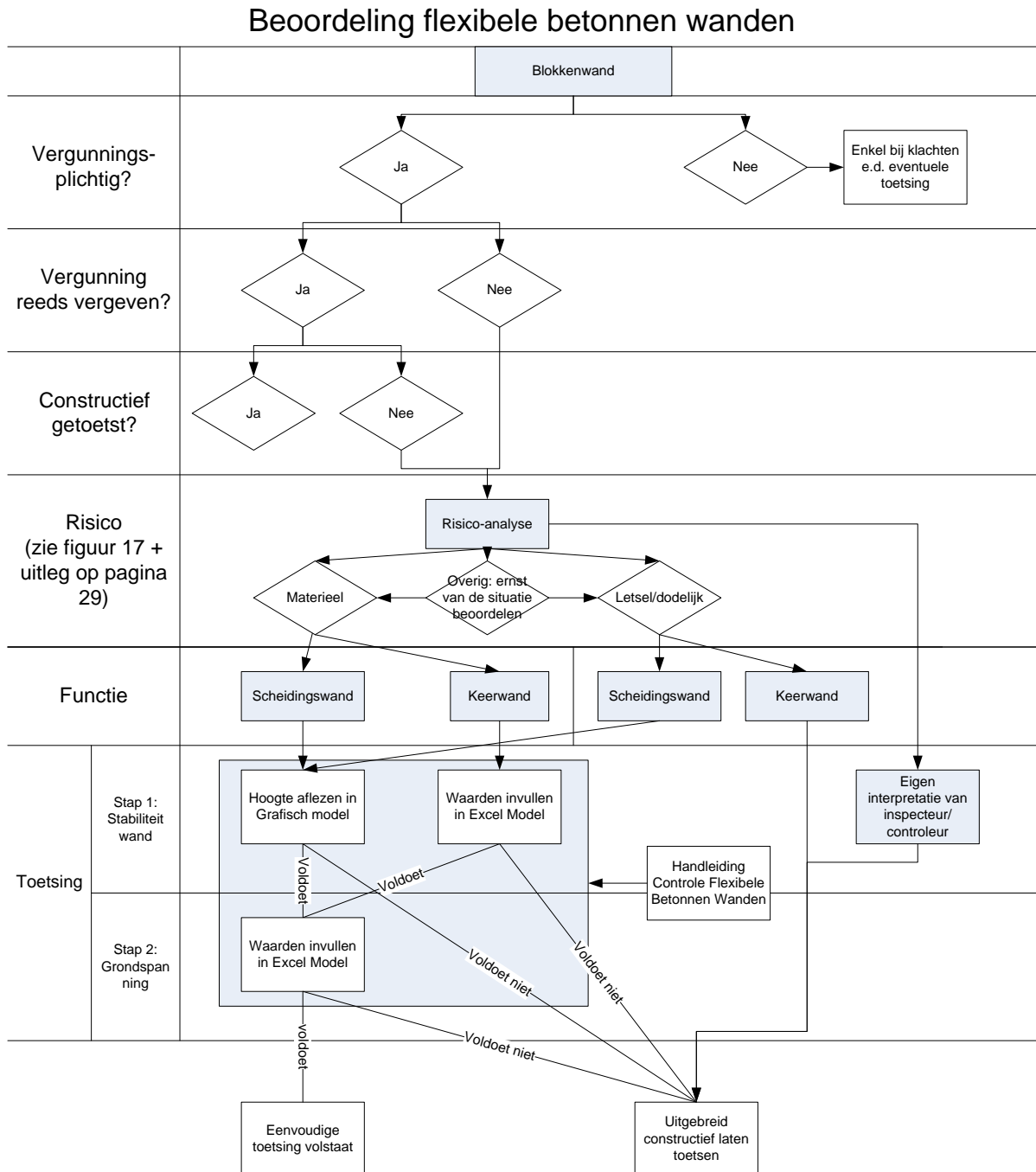
**Overige schade:** Dit betreft onder andere het ontregelen van de bereikbaarheid van gebieden. Hierbij kan gedacht worden aan verschillende soorten verkeer. Het openbaar vervoer zou problemen kunnen ondervinden wanneer bijvoorbeeld blokken op buslijnroutes of het spoor vallen.

Flexibele betonnen bouwstenen worden vaak gebruikt in havengebieden. Bij het bezwijken van een wand zouden blokken in het water kunnen vallen en zo vrachtroutes kunnen blokkeren. Ook zou dit kunnen zorgen voor vervuiling van het water, echter is dat afhankelijk van het soort opgeslagen materiaal. Omdat deze schade zeer uiteenlopend is, is de prioriteit hiervan gemiddeld, er zal per situatie gekeken moeten worden wat de impact is.

**3.4. Welke constructieve toetsing is noodzakelijk bij het vergeven van vergunningen bij het gebruik van flexibele betonnen bouwstenen als (keer)wand?**

**3.4.1. In welke omstandigheden is een constructieve toetsing noodzakelijk?**

Allereerst moet er worden gekeken of de constructie vergunningplichtig is, wanneer dit het geval is zal er in ieder geval een vergunning vereist zijn voor het plaatsen van de wand. Dat wil nog niet meteen zeggen of een constructieve toetsing noodzakelijk is. Met behulp van het schema in Figuur 18 kan worden bepaald of toetsing noodzakelijk is.



**Figuur 18** Processchema beoordeling flexibele betonnen wanden

Het is belangrijk om te kijken naar de omstandigheden en de omgeving waarin het bouwwerk zich bevindt. Wanneer een wand tegen een openbare ruimte, zoals een openbare weg, staat, is er veel meer risico dan wanneer deze tegen een weiland staat. De kans dat bij bezwijken schade

ontstaat, of zelfs letsel en/of levensgevaar, is dan namelijk veel groter. Wanneer er gevaar voor personen zou kunnen ontstaan, zal bij een keerwand altijd moeten worden getoetst op constructieve veiligheid. In alle andere gevallen is het afhankelijk van twee stappen, deze moeten beide voldoen om niet te hoeven toetsen. Hieronder volgt een beknopte beschrijving van de stappen, een uitgebreide handleiding is te vinden in Bijlage G: Handleiding Model.

- **Stap 1: stabiliteit van de wand**

Een scheidingsmuur zal over het algemeen weinig problemen opleveren, maar mocht deze buiten de vanuit Figuur 14 veilige zone vallen, dan zal moeten worden aangetoond dat de constructie voldoet. Het model dat is opgesteld is gebaseerd op een enkele muur. Dit is de minst stevige constructie die zal worden gebouwd. Wanneer deze voldoet, zal bij constructies met zijwanden, die niet hoger zijn dan de hoofdwand, geen probleem ontstaan.

Hetzelfde geldt voor keerwanden, echter is hier niet één grafiek voor beschikbaar waarin kan worden afgelezen of er een toetsing nodig is. Om te controleren of de wand op zichzelf stabiel is, moeten dezelfde waarden worden ingevuld voor de wand, echter komen er nu 2 waarden bij. Dit zijn het volumiek gewicht en het natuurlijk talud van het opgeslagen materiaal. Voor veel materialen is NEN-EN1991-1-1/Bijlage A een lijst weergegeven met materiaal eigenschappen, wanneer een materiaal dat wordt opgeslagen niet vermeld staat, bijvoorbeeld schroot, zal moeten worden aangetoond wat de eigenschappen hiervan zijn. Vervolgens kan na het invullen van deze gegevens, in een grafiek zoals in Figuur 15 worden afgelezen of deze als enkele wand al stabiel zou zijn. Wanneer deze boven de veilige lijn valt, zal moeten worden aangetoond dat de constructie met extra wanden voldoet aan de eisen.

- **Stap 2: grondspanning**

Voor zowel de scheidingswanden als keerwanden is het belangrijk dat ondergrond stevig genoeg is. Dit kan met behulp van het model. Wanneer de stappen 2 en 3 van dit model niet beide voldoen zal moeten worden aangetoond dat de constructie veilig is.

Als blijkt dat er te veel onduidelijkheid is over de ondergrond en als blijkt dat de ondergrond uit verschillende lagen bestaat, is het noodzakelijk dat hiervoor metingen worden gedaan. Er zal dus in zo een geval een constructieve toetsing moeten worden gedaan.

### **Aannames voor het model**

Om het model te kunnen gebruiken moet het volgende gelden:

- Er mag geen scheefstand zijn
- Het materiaal mag niet boven de nok worden opgeslagen
- Alle blokken moeten dezelfde breedte hebben. Met andere woorden: de wand moet van boven tot onder even dik zijn
- Er mag enkel gebruik worden gemaakt van blokken zoals bedoeld in 3.1.
- De grond moet bestaan uit een homogene gedraineerde bodem

### **Eigen inzicht**

Naast de twee stappen, die vooral bedoeld zijn voor gebruik voordat de wanden geplaatst zijn, kan een inspecteur zelf vaak schatten of een situatie beter bekeken moet worden. Het is daarbij belangrijk om te letten op de volgende punten:

- Scheefstand
- Scheurvorming en andere beschadiging
- Overduidelijke overbelasting
- Instabiele ondergrond/onduidelijkheid van de ondergrond
- Aantasting van de blokken door het opgeslagen materiaal(bijvoorbeeld kunstmest)
- Onzorgvuldige omgang met de blokken

### **3.4.2. Wat is/zijn de constructieve toetsing(en) die moet(en) worden gebruikt?**

Een constructie moet volgens het bouwbesluit altijd voldoen aan de normen. De belangrijkste normen die spelen bij flexibele betonnen (keer)wanden zijn vermeld in Tabel 1 van dit verslag. Wanneer een constructieve toetsing is vereist, zal net als bij elk ander bouwwerk moeten worden voldaan aan alle normen. De aanvrager zal via berekeningen aan moeten tonen dat de constructie voldoet.

Om het beoordelen over een flexibele betonnen wand voor een inspecteur of constructeur makkelijker te maken, is een model opgesteld in Excel. Er is gekozen voor het programma Excel omdat dit voor vrijwel iedereen bekend is en omdat zo goed als iedereen hier beschikking over heeft. Dit model wordt uitgelegd in Bijlage G: Handleiding Model.

### **3.4.3. Hoe zouden, in verschillende omstandigheden, bouwwerken aangepast kunnen worden, wanneer ze niet voldoen aan de eisen, zodat toch een vergunning kan worden verleend?**

Voor het verstevigen van de (keer)wand is vaak niet één juiste oplossing. Een wand kan namelijk op meerdere manieren verstevigd worden. Hieronder volgt een lijst met oplossingen die er voor kunnen zorgen dat een wand toch voldoet aan de eisen. De oplossingen die hier genoemd worden, zijn gelinkt aan de gevolgen in figuur 16.

- De wand kan omvallen door een te klein eigen moment: Bredere stenen toepassen voor een stabielere basis door een groter eigen moment. Dit zou ook kunnen door om een bepaalde afstand verbredingen van de wand aan te brengen (bredere kolommen dan de wand zelf). Hierdoor wordt het kantelpunt verlegd en is het eigen moment groter.
- De wand kan omvallen door een te klein eigen moment: Extra tussenwanden voor meer stabiliteit
- De wand kan omvallen door scheefstand: Zorgen voor een voldoende stabiele ondergrond:
  - De fundering vergroten
  - De bodem bewerken zodat deze een grotere druk aankan
- Kans op scheurvorming: Zorgen voor een vlakke ondergrond.
- De wand kan omvallen door een te grote horizontale kracht vanuit het opgeslagen materiaal: Het opleggen van een maximale opslaghoogte
- De wand kan verschuiven: Gebruik maken van anti-slib matten onder de muren

### **3.4.4. Hoe moet worden omgegaan met bestaande (keer)wanden waarvoor in het verleden geen vergunning is verleend?**

In Nederland bevinden zich veel wanden waarvoor nooit een vergunning verleend is. In deze gevallen is dan nooit een aanvraag ingediend of men was destijds van mening dat dit niet nodig was. Om in het vervolg te zorgen voor een zo veilig mogelijke omgeving, moet bij de komende inspecties gekeken worden of de muren stabiel staan, er niet te veel scheuren in de stenen zitten en of het opslag materiaal wel veilig wordt opgeslagen. Hierbij moeten dezelfde punten worden bekeken als in 3.4.1.

#### **Situatie in Enschede**

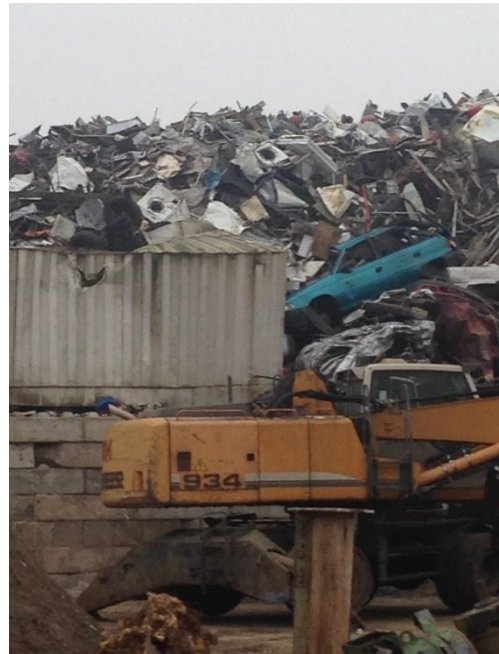
Om een indruk te krijgen hoe het gesteld is met de flexibele betonnen bouwblokken in Enschede, zal van een drietal grotere bedrijven een situatie omschrijving gegeven worden. Er zijn nog veel meer locaties waar deze gebruikt worden, maar de locaties die hier beschreven worden springen er met het aantal blokken uit. De locaties van de bedrijven is te vinden in Bijlage A: Locaties met flexibele betonnen bouwstenen.

Bij Huiskamp aan de Ir. Schiffstraat 250 is duidelijk te zien dat de blokken met zorg zijn geplaatst, een van de medewerkers vertelde dat alle muren zijn voorzien van een fundering, het is ook duidelijk te zien dat de blokken netjes recht staan.

Bij één van de grotere bedrijven in de haven van Enschede, Oostdam Metalen aan de Ir. Schiffstraat 254, staat een grote hoeveelheid blokken. Vergeleken met Huiskamp, zien de muren er hier een stuk minder verzorgd uit. Sommige blokken zijn flink beschadigd en er zijn op verschillende plekken scheuren te zien die over de hele hoogte van de muur zijn te vinden. Een medewerker vertelde dat dit niet erg was en dat de muren genoeg verstevigd waren, echter is het toch zorgwekkend. De muren zijn hier namelijk 4 meter hoog en er staat een hoop materiaal tegen opgeslagen. Door de scheuren is de constructie geen geheel meer en bestaat de kans dat deze omvalt.

Voor dit bedrijf was in het verleden de provincie het bevoegde gezag voor VTH-taken (Vergunningsverlening, Toezicht en Handhaving). Sinds kort is de gemeente Enschede dat. Het advies is dan ook om hier in het vervolg een controle te doen om te kijken of er in de veiligheid kan worden verbeterd.

Aan de overkant van het water, aan de Binnenhaven 111a, zit Inter Metals BV. Hier staan verschillende keerwanden van Flexibele betonnen bouwstenen. Het metaal dat hiertegen is opgeslagen, ligt ver boven de hoogte van de wanden en ziet er vrij onstabiel uit, deze situatie is te zien in Figuur 19. M. Jansen, (A Jansen bv) vertelde in het interview echter dat schroot vaak een minder groot probleem is, omdat dit in elkaar haakt en dus vrijwel geen zijwaartse druk oplevert tegen de wand. Het Excel model dat voor dit onderzoek is gemaakt, is niet geschikt voor deze situatie. Het advies is daarom om hier een controle uit te voeren en de wanden uitgebreider constructief te laten toetsen.



Figuur 19 Situatie bij Inter Metals BV

### Locaties

In Bijlage A: Locaties met flexibele betonnen bouwstenen. is een lijst te vinden met locaties in Enschede waar flexibele betonnen wanden staan. In deze lijst moet prioriteit worden gegeven aan de volgende locaties:

- **Oostdam:** hier zijn enkele scheuren te zien in de keerwanden, dit kan wijzen op onstabiele ondergrond en daarnaast betekenen dat de krachten op de constructie nu wellicht te groot zijn.
- **Inter-metals bv.:** in Figuur 19 was al te zien dat hier erg hoog gestapeld werd. Nu is het zo dat schroot relatief licht is, maar bij dit bedrijf wordt zo hoog gestapeld dat het niet veilig lijkt.
- **Heijn Heun:** op luchtfoto's is te zien dat het opgeslagen materiaal ook achter de keerwanden ligt, dit kan wijzen op scheuren en onstabiele wanden, echter is dit op de luchtfoto's niet goed te zien.

## 4. Discussie

### Theorie tegenover praktijk

Een probleem dat ontstaat bij dit onderzoek, is dat omstandigheden van de bodem niet exact te bepalen zijn. Grondmetingen worden enkel op bepaalde punten genomen. Daarom zal de reactie nooit het zelfde zijn als de resultaten van het model. Dit is dan ook een van de redenen dat er in de normen altijd gebruik wordt gemaakt van veiligheidsfactoren.

Het gevolg van deze veiligheidsfactoren is dat de berekeningen vaak kunnen aantonen dat een constructie zou bezwijken, terwijl dat in de praktijk voor de beleving van de gebruiker nog niet het geval is.

### Beperkingen van het onderzoek

Aan het afnemen van interviews zit altijd een risico verbonden. Het zou kunnen dat antwoorden die worden gegeven niet kloppen tegenover de werkelijkheid. Dit komt doordat het een moment opname is en omdat de geïnterviewde een andere mening heeft over het beleid dat gevoerd wordt. Om toch een zo goed mogelijk antwoord te krijgen is ervoor gezorgd dat voor een interview de geïnterviewde wist waar hij/zij aan toe was. Er werd altijd eerst een voorgesprek gevoerd waarin een datum afgesproken werd voor het interview. Vervolgens werd een e-mail gestuurd met daarin de belangrijkste punten. Hierdoor kon hij/zij zich inlezen in het onderwerp.

Helaas is het aantal afgenomen interviews bij gemeentes erg laag. Hierdoor kan getwijfeld worden aan de validiteit. De bereikbaarheid van de juiste ambtenaar was vaak erg slecht. Bij het zoeken van contact werd vaak na velen malen doorverbinden te zijn, verwezen naar een e-mail adres. Zodra dit gebeurde werd niets meer van de desbetreffende gemeente vernomen. Echter is er wel vergelijkingsmateriaal voor zowel een kleine als een grote gemeente.

Dat het contact leggen zo moeilijk was zou twee redenen kunnen hebben. Zo zou het kunnen liggen aan het drukke schema van de desbetreffende ambtenaren. Hierdoor zouden ze zich bezwaard voelen als er ook nog een interview bij zou komen. Om dit te voorkomen werd bij het contact zoeken al verteld dat het interview slechts een kwartier zal duren. Een andere reden zou te maken kunnen hebben met de exotische bouwstijl. Omdat er nog weinig bekend is over deze manier van bouwen vinden mensen het lastig om hierover te beginnen.

### Functie in het bouwbesluit

In dit onderzoek is een wand, opgebouwd uit flexibele betonnen bouwblokken, gezien als lichte industrie en bouwwerk geen gebouw zijnde. Echter zou deze nog kunnen vallen onder een tijdelijk bouwwerk. Een tijdelijk bouwwerk is een bouwwerk die niet langer van 15 jaar op dezelfde plaats blijft staan. Gebleken is dat de flexibele wanden vaak veel langer op dezelfde plaats blijven staan. Dit is dan ook de rede dat ervoor is gekozen om deze functie niet te bekijken.

Daarnaast zijn bij het gebruik van tijdelijke bouwwerken andere eisen van toepassing die minder veilig zijn dan de eisen van een permanent bouwwerk. Omdat vooral bij keerwanden enorme krachten een rol spelen, is gekozen om gebruik te maken van lichte industrie en bouwwerk geen gebouw zijnde.

### Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

In dit onderzoek is alleen gekeken naar het gebruik van flexibele betonnen bouwstenen als keerwand en scheidingswand. Echter bieden deze bouwstenen nog veel meer mogelijkheden. De overige mogelijkheden zouden in een vervolg onderzoek bekeken kunnen worden. Zo kan er meer duidelijkheid ontstaan over het gebruik en de veiligheid hiervan.

Zoals vermeld is in de afbakening, is in dit onderzoek weinig aandacht besteed aan de milieu effecten ten gevolge van vervuiling in het beton. Wat de effecten hiervan zijn en wat daarvan gevolgen voor de omgeving kunnen zijn, is een interessant onderwerp om onderzoek naar te doen.

Wanneer een wand deel in de grond zou worden aangelegd zou er een stabielere wand kunnen ontstaan. Om dit te onderzoeken zal er een extra model moeten worden gemaakt. Een gevolg van dit onderzoek zou kostenbesparing kunnen zijn doordat een extra fundering wellicht niet nodig zou zijn.

Er is gebleken dat veel materialen, zoals schroot, niet in de NEN-EN normen worden genoemd. Om deze lijst aan te vullen is extra onderzoek nodig. Hiermee zou het makkelijker worden om berekeningen van constructies te onderbouwen.



## 5. Conclusies en aanbevelingen

Tot slot zal in dit hoofdstuk de hoofdvraag worden beantwoord en zullen aanbevelingen worden gedaan. Met deze aanbevelingen kan de gemeente Enschede in het vervolg makkelijker oordelen bij vergunningen.

De hoofdvraag die is gesteld in dit onderzoek is: Hoe moet worden omgegaan met de vergunningsverlening omtrent het gebruik van flexibele bouwstenen als (keer)wand? Net als elk ander bouwwerk is een wand van flexibele betonnen bouwstenen vergunningplichtig wanneer in deze niet in de uitzonderingen uit het Besluit Omgevingsrecht valt. Wanneer de wand vergunningplichtig is, zal deze aan het bouwbesluit moeten voldoen met betrekking tot 'bouwwerk geen gebouw zijnde' en 'lichte industrie functie'.

Omdat veel wanden al geplaatst zijn en in gebruik zijn, is het nodig dat bij controles in het vervolg gekeken wordt naar de staat van de wanden. Hierbij moet worden gelet op de volgende punten:

- Scheefstand
- Stabiele en vlakke ondergrond
- Eigenschappen van het opgeslagen materiaal
- Omgang met de stenen
- Staat van de stenen (geen scheuren)
- Maximale hoogtes vanuit het Excel model voor flexibele betonnen bouwstenen

Dit laatste punt is enkel ter inschatting voor een inspecteur of er een dreigende situatie aanwezig is. Wanneer de wand volgens het Excel model niet voldoet, zal een uitgebreide constructieve toetsing moeten plaatsvinden. Ook wanneer er direct gevaar voor personen kan ontstaan zal deze uitgebreide toetsing moeten plaatsvinden.

Wanneer een uitgebreidere constructieve toetsing noodzakelijk is, moeten de NEN-EN 1990, 1991, 1992 en 1997 worden gevolgd. Deze zullen worden gecontroleerd door de gemeente en aan de hand daarvan kan de vergunning worden verleend of worden afgewezen. Zoals bij elke constructieve toetsing kan gevraagd worden om een aanvulling.

### Aanbevelingen

Om bij een controle de beslissing voor een constructieve toetsing makkelijker te maken, is het advies om een eerste afweging te maken met behulp van het Excel model. Dit gebeurt met stap 1: een grafisch model en stap 2: het controleren van de grondspanning. Wanneer één van de twee stappen niet voldoet zal een uitgebreidere toetsing moeten plaatsvinden.

Om ervoor te zorgen dat een vergunningsaanvraag voor bedrijven makkelijker wordt, is het een goede stap om te kijken naar het eenvoudiger maken van de aanvraag. Het probleem is dat vergunningsverlening altijd lang duurt en deze vaak niet flexibel is. Het advies is, wanneer een bedrijf de wanden flexibel wil toepassen, om enkel de buitenmuren te toetsen en deze te vergunnen. Daardoor kunnen de tussenwanden worden verschoven zodat een flexibele toepassing mogelijk is. Wel is het belangrijk om te zorgen dat de tussenwanden ook stevig genoeg zijn als enkele wand omdat deze dan waarschijnlijk niet ingetand staan. Wanneer de tussenwanden als losse wanden niet stevig genoeg zijn, of de totale constructie niet stevig genoeg is, zal geen flexibele vergunning mogelijk zijn mits er aanpassingen worden gedaan.

In dit onderzoek zijn drie locaties naar voren gekomen waar ik adviseer om een constructieve toetsing en controle te doen. Dit betref Oostdam, Inter Metals bv. en Heijn Heun. Deze zijn alle drie gelegen in de haven van Enschede

Er zijn veel onduidelijkheden omtrent het gebruik van flexibele betonnen bouwstenen. Er is nu wel wat duidelijkheid over wanden en keerwanden, maar de mogelijkheden met deze stenen zijn buiten deze twee mogelijkheden nog veel diverser. Het zou een goede stap zijn om landelijke richtlijnen op te stellen over het gebruik van deze stenen ongeacht de functie van het bouwwerk.

## 6. Literatuurlijst

- Arbeidsomstandighedenwet (2013), Geraadpleegd op 18 februari, van <http://www.briswarenhuis.nl/docs/wenr/arbeidsomstandighedenwet>
- Backhausen, U. & Zwanenburg, C. (2014). 3. Grondmechanica. *Reader Geotechniek*
- Backhausen. (2011). 6 Ontwerpen van funderingen op staal. *Reader Geotechniek*
- Bouwbesluit 2012(2015), Geraadpleegd op 16 februari 2015, van <http://www.briswarenhuis.nl/docs/wet/bb2012>
- Fabiton Prefab Bouwsystemen bv.(2015), Verkregen via <http://www.fabiton.nl/productoverzicht/betonblokken#Omschrijving>
- Jansen bv.(2015)[opslagboxen(outdoor)(15)]. Verkregen via <http://www.legioblock.com/stapelblokken/toepassingen/opslagboxen-en-wanden-outdoor>
- Kiwa(2012), BRL 2851 Wandconstructies opgebouwd uit betonnen stapelblokken, geraadpleegd op 4 mei 2015, van <http://www.kiwabeton.nl/uploadedFiles/Beton/Links/BRL%202815%20wandconstructies%20Oopgebouwd%20uit%20betonnen%20stapelblokken%20d.d.%2022-06-2012.pdf>
- LoosFM(2011) [Abontantus Gigantus]. Verkregen via <https://loosfm.files.wordpress.com/2011/09/p1130723.jpg>
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, DCB/C/Communicatieadvies (2013) *CE-Markering op bouwproducten, Verordening (EU) nr. 305/2011*. Verkregen via [https://www.contactpuntbouwproducten.nl/Brochure\\_CE\\_markering\\_op\\_bouwproducten.pdf](https://www.contactpuntbouwproducten.nl/Brochure_CE_markering_op_bouwproducten.pdf)
- NEN-EN1990(2011), geraadpleegd op 17 februari 2015, van <http://www.briswarenhuis.nl/docs/eurocode/nen-en1990>
- NEN-EN1991(2011), geraadpleegd op 17 februari 2015, van <http://www.briswarenhuis.nl/docs/eurocode/nen-en1991>
- NEN-EN1992(2011), geraadpleegd op 17 februari 2015, van <http://www.briswarenhuis.nl/docs/eurocode/nen-en1992>
- NEN-EN1997(2011), geraadpleegd op 17 februari 2015, van <http://www.briswarenhuis.nl/docs/eurocode/nen-en1997>
- Omroep Brabant(2014), Twee doden na instorten muur bij meststoffenbedrijf in Waalwijk, verkregen via <http://www.omroepbrabant.nl/?news/2166791353/Twee+doden+na+instorten+muur+bij+meststoffenbedrijf+in+Waalwijk.aspx>
- Tubantia (2015), *Bedrijfsongeval door storm eist leven, werknemer bedrijf uit Vriezenveen zwaargewond*, Verkregen op 1 april 2015 van <http://www.tubantia.nl/regio/twenterand/bedrijfsongeval-door-storm-eist-leven-man-uit-vriezenveen-zwaargewond-1.4835309>
- Wet algemene bepalingen omgevingsrecht(2015),geraadpleegd op 18 februari 2015, van <http://www.briswarenhuis.nl/docs/wenr/wabo>

### Het Gemeente Enschede Archief:

- Geografisch Informatiesysteem Enschede en Lossen(2014) via het intranet van de gemeente Enschede
- Het programma SQUIT XO van de uitgever Roxit

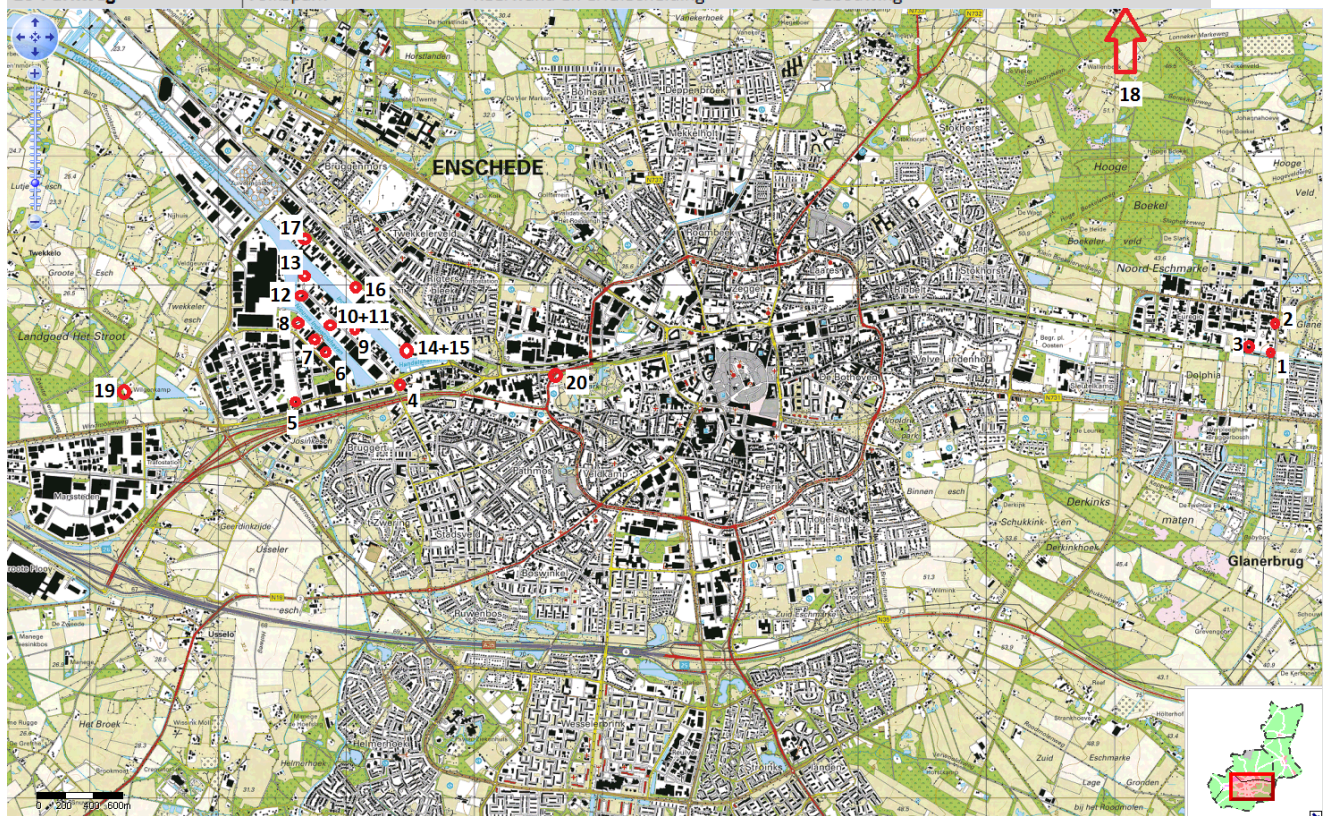


## Bijlage A: Locaties met flexibele betonnen bouwstenen.

In Tabel 2 is een overzicht gegeven met locaties waar flexibele betonnen bouwstenen in gebruik zijn. Het nummer dat aan de linkerkant staat, verwijst naar de plattegrond in Figuur 20. De locaties die roodgedrukt zijn, zijn locaties die prioriteit hebben.

Tabel 2 Overzicht met locaties waar flexibele betonnen bouwstenen in gebruik zijn

Nr	Adres	Bedrijfsnaam	Functie(zoals te zien in GIEL)	Bodem(GIEL)	Extra
1	Najaarsweg 62	Zwarts	Keerwand	Beekdalgrond	Vergunningsverlening afgerond
2	Najaarsweg 26(A)	MR Metals B.V.	Keerwand/afscheiding	Zandgrond	Gelegen naast woonhuis
3	Lenteweg 40	Rodepa/de Paauw	Geluidswand / erfafscheiding	Beekdalgrond	
4	Hendrik ter Kuilestraat 135	lijkt te koop	Erfafscheiding	bebouwing	
5	De Ossenboer 1	Onbekend	Keerwanden	Bebouwing	
6	Ir. Schiffstraat 246(A)-250	Huiskamp B.V. Deels afgebrand?	Keerwanden Erfafscheiding	bebouwing bebouwing	
7	Ir. Schiffstraat 254	Oostdam	Keerwanden	Bebouwing	Scheuren in de wand
8	Ir. Schiffstraat 278a,290	P.aalderson Holding B.V.	Keerwanden en erfafscheiding	Bebouwing	
9	Binnenhaven 94	onbekend	Opslagbox	Bebouwing	
10	Binnenhaven 111 & 113	Inter-Metals	Keerwand Keerwand	Bebouwing Bebouwing	Zeer hoog gestapeld materiaal
11	Binnenhaven 116	Te koop J. Stokcentre	Keerwanden Keerwand+erfafscheiding	Bebouwing Bebouwing	
12	Binnenhaven 137-141	Hein Heun Sloopwerken	Keerwanden	Bebouwing	materiaal tot over de wanden en achter de wanden
13	Binnenhaven 152	Twente Milieu	2 keerwanden en enkele losse afscheidi	Bebouwing	
14	Sesamstraat 1	N.V. Sesam	Keerwanden	Bebouwing	
15	Sesamstraat 5	Betoncentrale Twente B.V.	Keerwanden(1 afscheiding)	Bebouwing	
16	Kanaalstraat 195	Orion Beton B.V.	Afscheiding	Bebouwing	
17	Kanaalstraat 297-299	Rokramix holding B.V.	Keerwanden Erfafscheiding	bebouwing Bebouwing	
18	Ravenhorsterweg 10	Twente Milieu	keerwanden	Onbekend	Losser
19	Twekkelerbeekweg 99 Wilgenkampweg	Wilgenkamp	Keerwanden	Zandgrond	
20	Parkweg	Volkspark	Keerwand en erfafscheiding	Bebouwing	



Figuur 20 Plattegrond met locaties(bron Geografisch Informatiesysteem Enschede en Losser(2014))

## Bijlage B: eisen vanuit verschillende wetten.

### *Bijlage B.1. Eisen vanuit het bouwbesluit.*

Om de eisen overzichtelijk te houden is een samenvatting van het bouwbesluit gemaakt, met eisen die betrekking hebben op flexibele betonnen (keer)wanden. Er zijn in deze samenvatting geen waardes genoemd.

#### Hoofdstuk 2: Technische bouwvoorschriften uit het oogpunt van veiligheid

- Een constructie moet voldoende bestand zijn tegen de daarop werkende krachten bepaald volgens:
  - NEN-EN 1990
  - NEN-EN 1991
  - NEN-EN 1992
  - NEN-EN 1997
- Vluchtroutes mogen niet belemmerd worden door het plaatsen van een constructie
  - Er moet voldoende ruimte zijn
  - De doorstroomcapaciteit moet voldoende zijn
- Verbindingsroutes moeten te allen tijde begaanbaar blijven
  - Brandweer moet te allen tijde toegang hebben
  - Doorstroomcapaciteit moet voldoende zijn
  - Er moet voldoende ruimte zijn
- Bij gebruik als brandcompartimenten gelden verschillende regels met betrekking tot oppervlaktes, weerstand tegen branddoorslag(NEN6068,6090)

#### Hoofdstuk 3: Technische bouwvoorschriften uit het oogpunt van gezondheid

- Meestal niet van toepassing

#### Hoofdstuk 4: Technische bouwvoorschriften uit het oogpunt van bruikbaarheid

- Meestal niet van toepassing

#### Hoofdstuk 5: Technische bouwvoorschriften uit het oogpunt van energiezuinigheid, milieu en nieuwbouw

- Meestal niet van toepassing, enkel bij uitzonderingen

#### Hoofdstuk 6: Voorschriften inzake installaties

- Vaak enkel van toepassing wanneer installaties aanwezig zijn.

#### Hoofdstuk 7: Voorschriften inzake het gebruik van bouwwerken, open erven en eigen terrein

- Verbod op roken en open vuur bij het opslaan van brandgevaarlijke stoffen of andere brandgevaarlijke handelingen
- Voorschriften over brandveiligheid.(verder buiten beschouwing gelaten aangezien vanuit de ervaring blijkt dat de blokken ruim voldoen aan de brandveiligheidseisen)
- Vluchten moet te allen tijde mogelijk zijn.
- Wanneer een bouwwerk, erf of open terrein door het bevoegd gezag is bestempeld als onveilig is, wordt het bouwwerk, erf of open terrein, niet gebruikt.

#### Hoofdstuk 8: Bouw- en sloopwerkzaamheden

- Bij bouw en verbouw moet zo te werk worden gegaan dat onveilige situaties worden vermeden



### *Bijlage B.2. Eisen vanuit de Wabo*

Artikel 2: Er is geen omgevingsvergunning nodig wanneer:

- Een erf- of perceel-afschieding niet hoger is dan 1 meter, of;
- Een erf- of perceel-afschieding niet hoger is dan 2 meter, en;
  - Op dat erf al een gebouw staat waarmee deze afschieding in functionele relatie staat
  - Achter de voorgevelrooilijn staat
  - Op meer dan 1 meter van openbaar toegankelijk gebied staat, tenzij geen redelijke eis van welstand van toepassing is
- bouwwerk ten behoeve van een infrastructurele of openbare voorziening, voor zover het betreft:
  - 1. bouwwerk ten behoeve van een nutsvoorziening, waterhuishouding, meten van luchtkwaliteit, het telecommunicatieverkeer, het openbaar vervoer of het weg-, spoorweg-, water- of luchtverkeer, mist voldaan aan de volgende eisen:
    - -niet hoger dan 3m en,
    - De oppervlakte niet meer dan  $15 \text{ m}^2$
  - 2. geen gebouw zijnde, ten behoeve van het weren van voorwerpen die de veiligheid van het weg-, spoorweg-, water-, of luchtverkeer in gevaar kunnen brengen, ten beveiliging van een weg, spoor- of waterweg of een spoorweg- of luchtvaartterrein, of ten behoeve van verkeersregeling, verkeersgeleiding, handhaving van de verkeersregels, wegaanduiding, het opladen van accu's van voertuigen, verlichting, tolheffing of het verschaffen van toegang tot het openbaar vervoer of openbaar vervoersgebouwen.
- Damwand of andere hulpconstructie die functioneel is voor een bouw-, onderhouds- of sloopectiviteit, een tijdelijke werkzaamheid in de grond-, weg- of waterbouw of een tijdelijke werkzaamheid op land waarop het Besluit algemene regels milieu mijnbouw van toepassing is, mits geplaatst op of in de onmiddellijke nabijheid van het terrein waarop die activiteit of werkzaamheid wordt uitgevoerd;
- Ander bouwwerk in voor- of achtererfgebied, mits wordt voldaan aan de volgende eisen:
  - 1. niet hoger dan 1m, en
  - 2. oppervlakte niet meer dan  $2 \text{ m}^2$

Artikel 3: Er is geen omgevingsvergunning nodig wanneer:

- Een bouwwerk geen gebouw zijnde, in achtererfgebied ten behoeve van agrarische bedrijfsvoering, voor zover het betreft:
  - 1. een silo, of
  - 2. een ander bouwwerk niet hoger dan 2 m
- een verandering van een bouwwerk, mits wordt voldaan aan de volgende eisen:
  - 1. geen verandering van de draagconstructie,
  - 2. geen verandering van de brandcompartimentering of beschermde sub brandcompartimentering
  - 3. geen uitbreiding van de bebouwde oppervlakte en,
  - 4. geen uitbreiding van het bouwvolume

Artikel 4: Een omgevingsvergunning kan worden verleend als:

- Gebouw ten behoeve van een infrastructurele of openbare voorziening als bedoeld in artikel 2, onderdeel 18, onder a, dat niet voldoet aan de in dat subonderdeel genoemd eisen, mits wordt voldaan aan de volgende eisen:
  - 1. niet hoger dan 5 m, en
  - 2. de oppervlakte niet meer dan  $50 \text{ m}^2$
- Bouwwerk, geen gebouw zijnde, of een gedeelte van een dergelijk bouwwerk, mits wordt voldaan aan de volgende eisen:
  - 1. niet hoger dan 10m, en
  - 2. De oppervlakte niet meer dan  $50 \text{ m}^2$

- Het gebruiken van gronden voor een niet-ingrijpende herinrichting van openbaar gebied;
- het gebruiken van bouwwerken, eventueel in samenhang met bouwactiviteiten die de bebouwde oppervlakte of bouwvolume niet vergroten, en van die bouwwerken en aansluitend terrein, mits, voor zover gelegen buiten de bebouwde kom, het uitsluitend betreft een logiesfunctie voor werknemers
- ander gebruik van gronden of bouwwerken dan bedoeld in de onderdelen 1 tot en met 10, voor een termijn van ten hoogste tien jaar.

Artikel 4a: Dit artikel is enkel van toepassing bij een beschermd monument of stads- of dorpsgezicht.

Artikel 5: Verschillende bepalingen over wanneer artikelen niet gelden

Artikel 6: Indien op een perceel meer gebouwen aanwezig zijn die noodzakelijk zijn voor de verwezenlijking van de geldende of toekomstige bestemming of indien het hoofdgebouw geen woning is, maar op het perceel wel een of meer op de grond staande woningen aanwezig zijn, wordt het achtererfgebied bepaald door het hoofdgebouw, de woning of een van de andere hiervoor bedoelde gebouwen, waarvan de voorkant het dichtst is gelegen bij openbaar toegankelijk gebied.

## Bijlage C: opzet en uitwerking interviews

### *Interview met A. Jansen bv.*

Datum gesprek: 13-2-2015

#### **Algemeen:**

1. **Namen:** Math Jansen en Jasper Heijnen
2. **Functies bij A Jansen bv:** *Respectievelijk: Meerdere functies en Accountmanager*
3. **Wat zijn de ervaringen met leveringen in Nederland?**
  - a. **Gekke dingen meegemaakt?**
    - i. *Een belangrijk punt wat hieruit naar voren kwam, is dat ze in Nederland niet zo gek veel leveren. Nederlanders gaan namelijk vaak voor de 3 a 4 euro goedkopere blokken. Echter is de kwaliteit en de veiligheid van die blokken, en de levering daarvan, lang niet zo goed als bij Legioblock. Bij Legioblock leveren ze, in tegenstelling tot afvalverwerkingsbedrijven, het complete plaatje inclusief berekeningen voor fundering en maximale hoogtes waarop materialen mogen worden opgeslagen. De blokken van andere bedrijven zijn daarentegen vaak ook van andere afmetingen(meestal kleiner) en daardoor ook minder bestand tegen belastingen.*
    - ii. *Er zijn ook wel eens dingen fout gegaan, zo is een stort treintje vast komen te zitten omdat de installatie niet goed werkte. Om dit op te lossen zijn ze gaan wringen om hem los te krijgen. Hier zijn toen blokken gevallen, maar later bleek dat het de fout van de klant zelf was. Dit was te zien omdat er graan onder de gevallen blokken lag en dat duidde dus om overtollig storen van graan.*
    - iii. *Ook In Frankrijk is ooit een muur omgevallen. De reden hier was dat het materiaal dat er in opgeslagen zou worden, te hoog was opgeslagen. Hoger dan de maximale hoogte die was gegeven door A Jansen bv. Ook hier dus niet de fout van A Jansen bv.*
  - b. **Problemen met vergunningen?**

*Niet direct problemen met vergunningen, maar strekking van het verhaal is wel dat de regelgeving in Duitsland een stuk beter geregeld is. In Nederland doen gemeentes er niet zo veel mee. Vandaar ook dat het goed is dat dit onderzoek plaatsvind.*
  - c. **Wat zijn volgens u interessante gemeentes?**

*Vooral gemeentes bij havens en waar afvalverwerkingsfabrieken staan. Zoals: Rotterdam, Amsterdam, Arnhem en Nijmegen. Waalwijk zou interessant kunnen zijn, maar niet slim om direct te benaderen (via Marc Maathuis/Arbeidsinspectie.) Later in het gesprek kwamen steden als Maastricht nog aan het licht, maar ook steden en dorpen in de buurt van Tilburg en Breda. Hoek van Holland is ook interessant, maar deze valt onder de gemeente Rotterdam. Als laatste kwam ook Assen nog aan bod, hier zijn veel bedrijven die materialen opslaan.*
4. **Al vaker vragen gehad vanuit andere gemeentes omtrent vergunningen? Zo ja, wat was daar zoal het probleem?**

*Zoals bij de vorige vragen duidelijk werd, nog niet echt problemen met vergunningen, wel zijn ze in Waalwijk geweest voor onderzoek, waar twee doden zijn gevallen bij het omvallen van een blokkenmuur, echter is dit onderzoek vertrouwelijke informatie.*



**5. Levert vaak in Duitsland, hoe gaan gemeentes daar om met de beoordeling van vergunningen?**

*Een stuk beter dan in Nederland, in Duitsland worden alle berekeningen gecontroleerd en moeten de blokken een keurmerk hebben. A Jansen bv heeft nu een KIWA certificaat, maar krijgt ook nog CE markering. Deze is nog beter dan het Duitse keurmerk. CE is namelijk ook Europees erkend.*

**Eigenschappen Legioblock:**

**6. Is het ontwerp van een steen (qua beton) afhankelijk van de situatie?**

*Nee alle stenen zijn van 'hetzelfde' materiaal gemaakt. Hetzelfde staat tussen aanhalingstekens omdat beton nooit honderd procent hetzelfde wordt geproduceerd. Echter verzekeren ze wel een sterkte van C20/25, maar vaak zitten ze hier zelfs nog boven.*

**7. Welke materialen, met andere woorden: wat is de samenstelling van het beton?**

*Van restbeton, bijvoorbeeld van betonvloeren. Deze wordt gebroken, gezeefd (op 0-4, 4-8, 8-16), dezelfde secundaire grondstoffen als natuurlijke grondstoffen en ook de opbouw van beton. Deze wordt gewassen, maar daarna kan er altijd nog wat rest hout of glas inzitten. Echter is glas geen verontreiniging.*

**8. Betonkwaliteit:**

*Minimaal C20/25, verder niet zoveel over gezegd.*

**9. Wordt er wapening toegepast?**

*Nee, niet in de blokken zelf. Echter wordt deze wel toegepast in de funderingen en de Lateien(320\*40\*80)*

**10. Hoe worden ze geproduceerd?**

*Er zijn 2 manieren van produceren: gieten en persen*

**11. Hoe lang harden de blokken uit voordat ze belast worden?**

*Ze worden als ze droog zijn gestapeld, maar echt belast worden ze pas na 28 dagen, de karakteristieke uithardtijd van beton.*

**12. Is er bekend wat de schuifweerstand van de blokken onderling is? Zo ja, wat is deze?**

*Dit is waarschijnlijk wel bekend, maar niet besproken. Wel is het verschuiven van blokken aan bod gekomen. Wanneer de blokken op glad beton worden geplaatst, bijvoorbeeld in fabriekshallen, kunnen de blokken gaan schuiven wanneer deze zwaar belast worden. Om dit tegen te gaan kan er een antislipmateriaal onder de wand worden geplaatst.*

**13. Hoe reageren de Legioblokken op temperatuurverschillen? (is er rekening mee gehouden)**

*Net als elk ander beton. Ze zijn zeer goed bestand tegen extreme temperaturen. Dit komt omdat er geen wapening in zit. Ja, er is rekening mee gehouden, blokken verschillen ook altijd wel een paar millimeter.*

**14. In uw folder en op uw site staat een lijst met verschillende blokken, is het buiten deze bekende blokken ook mogelijk om ze in andere maten of vormen te bestellen?**

*Nee, niet mogelijk, wel zijn er nog lateien die niet in de folder staan.*

**De wanden**

**15. Welke omgevingsfactoren vinden jullie belangrijk om te bekijken wanneer de ontwerpen van wanden worden gemaakt?**

*Alle risico's worden in principe meegenomen. Maar zeer belangrijk zijn de ondergrond, de materialen die worden opgeslagen(massa daarvan) en het gebruik van machines er omheen.*

**16. Wat zijn de maximale afmetingen die jullie berekenen en die veilig zijn (sterkte, stijfheid en stabiliteit)?**

- a. **In jullie Duitse folder hebben jullie het over een hoogte 8,80 meter, is dit bij een belasting van materialen of echt als losse scheidingsmuur? Bouwen jullie ook wel eens hoger? Zo ja, hoe wordt er dan voor gezorgd dat deze stabiel blijven**  
*Die 8,80 meter is de maximale hoogte die ze kunnen halen met hun eigen hijskraan. Bij het gebruik van externe kranen is het echter mogelijk om nog veel hoger te bouwen. Om stabiel te kunnen bouwen zouden blokken gedraaid kunnen worden waardoor je ineens een dikte van 1,60 m krijgt. Ook gebruiken ze voetblokken om muren stabiel te laten staan wanneer grotere hoogtes bereikt moeten worden.*
- b. **Hoe berekenen/bepalen jullie de maximale belastingshoogte/hoogte van de muur?**  
*Dat doet zijn staticus, deze worden daarna nog gecontroleerd door externe constructeurs. Hier wordt ook altijd bepaald wat de maximale hoogte is waarop materiaal mag worden gestort.*
- c. **Hoe bepalen jullie de afmetingen van de te gebruiken stenen? (dikte en hoogte (80-40) Hetzelfde als bij de vorige vraag.**
- d. **Hoe bepalen jullie de dichtheid van het te keren materiaal, bijvoorbeeld schroot?**  
*Over het algemeen is deze bekend, anders kunnen ze dat onderzoeken.*
- e. **Hebben jullie standaard regels (vuistregels) qua afstand tussen muren e.d.?**  
*Ja deze hebben ze wel, maar deze geven ze niet vrij. De reden daarvoor is dat dit hulp is voor hunzelf. Echter rekenen ze alles altijd wel opnieuw na.*

**Levering:**

**17. Hoe worden de blokken geleverd? Worden deze enkel afgeleverd en/of bouwen jullie de muren ook op?**

*Ze leveren het totaalpakket, inclusief berekeningen voor funderingen e.d. Ze bouwen daarnaast de muren ook zelf. Funderingen kunnen ze ook, maar laten ze vaak over aan lokale bedrijven om hun het werk niet te ontnemen.*

*Een extra punt dat hierbij werd aangegeven, en niet geheel onbelangrijk, is dat ze niet werken met hijsankers. De reden hiervoor is dat deze na een aantal jaar niet meer de zelfde sterkte zouden hebben en niet meer worden gecontroleerd. Mocht je de blokken later willen verplaatsen dan zou het zo kunnen zijn dat een anker afbreekt. Daarom wordt gebruik gemaakt van grijpers.*

**18. Wat is de procedure bij het bouwen van een muur?**

*De klant levert de soldeerrapporten, hiermee bepalen de constructeurs wat de fundering (dikte, breedte en wapening) en de hoogte van de muur moet zijn. Dan laten ze funderingen vaak door lokale bedrijven doen, echter kunnen ze dit ook zelf. Vervolgens worden de blokken geleverd en door A Jansen bv zelf geïnstalleerd zodat ze zeker zijn dat alles goed gebeurt. Belangrijk om hier te vermelden is dat alle muren worden ingetand, wanneer het gaat om een enkele muur, wordt gekeken of die stabiel genoeg is, anders kunnen hier voetblokken worden gebruikt.*

**19. Hoe grondig wordt de bodem bekeken?**

*Niet zo grondig als de rest, alles moet duidelijk zien om zo veilig mogelijk te kunnen werken.*

**20. Worden er berekeningen gedaan voor de bodem?**

*Ja. Zie hiervoor.*

**21. Wanneer wordt er een fundering gelegd? Wat voor funderingen worden er zoal gebruikt?**

*Wanneer de grond zelf niet stevig genoeg is. De manier kan heel divers zijn. Vaak beton met wapening, maar soms eist de omgeving iets anders. Zo wordt soms zelfs een soort piepschuim gebruikt om de bodem niet te zwaar te belasten, of om trillingen tegen te gaan. (bijvoorbeeld op kades.)*

**22. Leggen jullie deze zelf aan, of is het de taak van de koper zelf?**

*Zie voorgaande vragen.*

**Brandwerende functie:**

**23. Ik heb gezien dat ze ook als brandwerende muren worden gebruikt, hoelang zijn deze blokken bestand tegen brand?**

*Veel langer dan geëist wordt vanuit de wet. Hij haalde hier een voorbeeld naar voren met foto's. Dit betreft een grote brand waarbij het dak als snel was ingestort.(van metaal). De brand is gecontroleerd uitgebrand en heeft een dag en 2 nachten gebrand. Naast de muren van Legioblock stonden vrachtwagens, deze mankeerde na de brand vrijwel niets. Een aanhangwagen, die 14 uur naast de brand had gestaan, had enkel een kapotte luchtleiding, dat was waarschijnlijk omdat een vonk overgesprongen is. De blokken zelf hadden (op enkele na) vrijwel niets geleden. Aan de buitenkant was zelfs vrijwel niets te zien van de brand. Aan de binnenkant waren wel wat stukken beton gesprongen, echter zo weinig dat ze vrijwel niet vervangen hoefden te worden.(ook weer op enkele na). Ze staan genoteerd in het brandrapport als 3 uur brandwerend, dit komt omdat ze daar niet verder in gaan.*

**Afsluiting**

**24. Hebt u nog adviezen voor de gemeente, waar moeten ze bijvoorbeeld op letten bij het controleren van een dergelijke constructie, ook wanneer deze komt van andere bedrijven?**

*Ja, vooral op de ondergrond, of de muren recht staan en wat de functie van de muur is. Bij keerwanden is het zeer belangrijk om te weten welk materiaal er in op is geslagen. Schroot heeft bijvoorbeeld een veel lagere dichtheid en zijwaartse druk dan fijngemalen ijzer.*

**Interview met gemeentes**

**Doel:** Het doel van dit onderzoek is een advies te kunnen geven aan de gemeente Enschede, hoe zij moeten omgaan met het beoordelen van een omgevingsvergunning bij het gebruik van flexibele betonnen bouwstenen als (keer)wand.

Hieronder volgt een lijst met vragen die gebruikt is als leidraad voor het afnemen van de interviews.

1. Naam, functie?
2. Bent u bekend met de flexibele betonnen bouwstenen?
3. Hebt u eerder contact gehad over deze flexibele betonnen bouwstenen? Zo ja, wat was hier de reden voor?
4. Zijn er bij jullie situaties voorgekomen waarbij onduidelijkheid is ontstaan over de manier waarop moest worden gehandeld bij het beoordelen van omgevingsvergunningen?
5. Nemen jullie deze blokken mee in jullie inspectie als er controleurs bij bedrijven langsgaan.?
6. Hebben jullie in kaart waar deze blokken staan in uw gemeente?
7. Wat is jullie procedure bij het beoordelen van bouwvergunningen?
  - a. Zijn er vergunningen vergeven voor het plaatsen van deze blokken?
  - b. Hoe zien jullie deze wanden in het bouwbesluit?(functie)
  - c. Zo nee, wanneer zou dit wel het geval zijn?

- d. Zouden jullie deze zien als bijbehorend bouwwerk of een ander bouwwerk, dit scheelt namelijk nogal in de eisen voor wel of geen omgevingsvergunning.
8. Wanneer er een vergunning zou moeten worden gegeven is het nog altijd de vraag of er een constructieve toetsing moet plaatsvinden, wat is uw mening hierover?
9. Echter kan er bij lagere hoogtes, denk aan bijvoorbeeld 2 blokken hoog, een zwaar materiaal (bijvoorbeeld kopergranulaat) gebruikt worden, zou er dan ook een toetsing moeten plaatsvinden?
10. Wat is uw mening, is het nodig om muren als deze altijd te testen?
11. Zou er volgens u een keurmerk op de kwaliteit van deze blokken moeten komen? Het is nu vaak onbekend wat de eisen zijn, en bijvoorbeeld afvalverwerkingsbedrijven produceren deze blokken zelf van restbeton. Deze zijn vaak goedkoper dan bij de specialisten (zoals A Jansen bv) omdat de productie een stuk minder zorgvuldig gaat. De kans bestaat dus wel dat de producten minder veilig zijn. Ook omdat specialisten deze blokken leveren inclusief een berekening en toets of deze veilig zijn. Ze moeten een keurmerk hebben, komo/kiwa maar wordt dit ook altijd gecontroleerd?
12. Hoe zouden we in de toekomst het contact tussen gemeenten kunnen verbeteren, zodat we meer op de hoogte zijn van de manier van handelen van elkaar?
13. Hebt u nog adviezen naar de Gemeente Enschede toe?
14. Hebt u nog adviezen voor het vervolg van dit onderzoek?

### *Interview met gemeente Almelo 24-2-2015*

#### **1. Naam, functie**

*Peter Blaauwbroek, Bouwtechnisch adviseur*

#### **2. Bent u bekend met de flexibele betonnen bouwstenen?**

*2+3, Wel eens aanvragen gezien, en ik ken die stenen ook. Er zullen meerdere leveranciers zijn, eentje uit haaksbergen (Wijlens, hbo?). Omstreden geweest: een kwestie gehad over de samenstelling van het materiaal, er zou te veel glas verwerkt worden in de blokken, mag dat vanuit milieu, veiligheid.*

#### **3. Hebt u eerder contact gehad over deze flexibele betonnen bouwstenen? Zo ja, wat was hier de reden voor?**

*Zie antwoord bij 2*

#### **4. Zijn er bij jullie situaties voorgekomen waarbij onduidelijkheid is ontstaan over de manier waarop moest worden gehandeld bij het beoordelen van omgevingsvergunningen?**

*Ja eigenlijk constant, er zijn geen specifieke eisen voor, die muren staan door hun eigen gewicht.*

#### **5. Nemen jullie deze blokken mee in jullie inspectie als er controleurs bij bedrijven langsgaan?**

*Nee niet direct, wel zal er als er iets verkeerd te zien is een opmerking worden gemaakt, maar wordt niet direct naar gekeken.*

#### **6. Hebben jullie in kaart waar deze blokken staan in uw gemeente?**

*Nee*

#### **7. Wat is jullie procedure bij het beoordelen van bouwvergunningen?**

##### **a. Zijn er vergunningen vergeven voor het plaatsen van deze blokken?**

*Niet direct voor deze blokken, vaak zijn de wanden onderdeel van bijvoorbeeld een stal, wasplaats etc.*

##### **b. Zo nee, wanneer zou dit wel het geval zijn?**

*Vooral moeten zijn, ik ben van mening dat bij hoogte boven de 1 of 2 meter, er gewoon een vergunningsaanvraag moet komen, echter is het zo onduidelijk dat mensen dat niet zomaar doen.*

**c. Hoe zien jullie deze wanden in het bouwbesluit?(functie)**

*Als bouwwerk, geen gebouw zijnde. Afhankelijk van de situatie, vaak worden ze wel als verlengde gebruikt, of in stallen, dan vaak moeilijk te beoordelen. Waarschijnlijk ook bouwwerk geen gebouw zijnde.*

**d. Zouden jullie deze zien als bijbehorend bouwwerk of een ander bouwwerk, dit scheelt namelijk nogal in de eisen voor wel of geen omgevingsvergunning?**

*Is lastig te zeggen, vaak is het een verlengde van een stal of van een loods oid. We kunnen constructief weinig aan stellen, het moet veilig zijn. Fundering.*

*Extra bij vraag 7: Bij het kijken naar de te gebruiken materialen zullen ze daar praktisch mee omgaan. Wanneer er zware materialen worden opgeslagen zullen ze eisen om te laten zien dat de muur voldoet aan de veiligheid.*

*Nog een extra vraag, naar aanleiding van een voorbeeld waar het niet nodig zou zijn, hoe zou het dan zitten bij muren van 3 a 4 meter hoog waar zand en puin worden opgeslagen?*

*Dan lijkt het me inderdaad dat het wel vergunningsplichtig zou moeten zijn. Dan moeten ze ook aantonen dat ze veilig zijn. Probleem is dat ze in de praktijk vaak geen vergunning aanvragen en ze gewoon plaatsen. Handhaven hierin is haast niet te doen omdat we heel beperkt zijn in het aantal mensen(toezichthouders) dat we buiten kunnen inzetten.*

**8. Wanneer er een vergunning zou moeten worden gegeven is het nog altijd de vraag of er een constructieve toetsing moet plaatsvinden, wat is uw mening hierover?**

*Het moet in ieder geval altijd veilig zijn, het probleem is dat wanneer zo'n keerwand ter plekke gestort is, worden er wel eisen aan gesteld, maar wanneer deze gebouwd wordt van betonblokken weer niet. Dat is wel heel raar eigenlijk.*

**9. Echter kan er bij lagere hoogtes, denk aan bijvoorbeeld 2 blokken hoog, een zwaar materiaal (bijvoorbeeld kopergranulaat) gebruikt worden en zouden de blokken kunnen gaan schuiven, zou er dan ook een toetsing moeten plaatsvinden?**

*Als het gaat om slecht 1 meter hoog o.i.d. dat hoeft dat naar mijn mening niet, meestal zijn hier toch geen mensen in de buurt die staan te kijken.*

**10. Wat is uw mening, is het nodig om muren als deze altijd te testen?**

*Zie vraag 9*

**11. Zou er volgens u een keurmerk op de kwaliteit van deze blokken moeten komen? Het is nu vaak onbekend wat de eisen zijn, en bijvoorbeeld afvalverwerkingsbedrijven produceren deze blokken zelf van restbeton. Deze zijn vaak goedkoper dan bij de specialisten(zoals A Jansen bv) omdat de productie een stuk minder zorgvuldig gaat. De kans bestaat dus wel dat de producten minder veilig zijn. Ook omdat specialisten deze blokken leveren inclusief een berekening en toets of deze veilig zijn.**

*In principe zouden de materialen nu al een keurmerk moeten hebben. Denk aan KOMO of Kiwa, echter zou de controle hierom moeten worden verbeterd. Gelet op de toeslagstoffen, % beton, vulstof e.d. Zouden ze eigenlijk moeten laten beproeven.*

*Mocht er bijvoorbeeld in een blok te veel glas zitten, dan zou het kunnen zijn dat de blokken te licht worden en ze niet meer genoeg eigen gewicht hebben om stabiel dan wel veilig te zijn.*

**12. Hoe zouden we in de toekomst het contact tussen gemeenten kunnen verbeteren, zodat we meer op de hoogte zijn van de manier van handelen van elkaar?**

*Zou wel heel mooi zijn, maar hoe wist hij niet. Hij vertelde mij dat er gewoon simpelweg geen tijd en geld voor is door de bezuinigingen en de al lage bezetting. Programma's, zoals Squit(die zij binnenkort ook krijgen), zouden hier wel verandering in kunnen brengen echter is daar nog niet veel over bekend. Ook nog de vraag hoe het gaat met regionale uitvoeringsdienst.*

**13. Hebt u nog adviezen naar de Gemeente Enschede toe?**

-

**14. Hebt u nog adviezen voor het vervolg van dit onderzoek?**

*13+14. Nee niet echt, ik zou zeggen als het over een bepaalde hoogte heengaat,(ik denk over 1 of 2 meter) dan zou een gemeente daar aandacht aan moeten besteden ivm veiligheid. Een muurtje van 1 meter zou weinig kwaad kunnen.*

### *Uitwerking interview gemeente Maastricht*

**1. Naam, functie?**

*Geert Smeets, Wabo vergunner*

**2. Bent u bekend met de flexibele betonnen bouwstenen?**

*Ja*

**3. Hebt u eerder contact gehad over deze flexibele betonnen bouwstenen? Zo ja, wat was hier de reden voor?**

*Nee, niet anders dan aanvragen*

**4. Zijn er bij jullie situaties voorgekomen waarbij onduidelijkheid is ontstaan over de manier waarop moest worden gehandeld bij het beoordelen van omgevingsvergunningen?**

*Nee, volgens hem moet het gewoon voldoen aan het bouwbesluit en is het duidelijk geregeld in de wet.*

*Wel een probleem bij een bedrijf dat een erfafscheiding wilde hebben van deze blokken. Moet een degelijke fundering zijn. De vraag daar was: hoe gaan we het doen met de indeling. Dat overslag bedrijf wilde de blokken kunnen opschuiven, maar dat is moeilijk te regelen met vergunningen.(vergunnings aanvraag gaat al snel een paar weken over heen.) Ze hebben toen een vergunning verleend voor het aanzicht van buiten. Ze zijn ook vergund als 4 meter max, dus hoger mag niet.*

**5. Nemen jullie deze blokken mee in jullie inspectie als er controleurs bij bedrijven langsgaan?**

*Op het moment dat een vergunning wordt afgegeven is hij als verlener klaar. Dan is het de taak aan de toezichthouders en handhavers.*

*Als het vergunningsplichtig is en het heeft prioriteit om te handhaven(door veiligheid) dan zou je handelend moeten worden optreden en wordt het een zaak voor handhaving. In principe controleren ze niet echt op hoogte van opslag materiaal. Meestal is dit voor eigen risico. De blokken moeten eigenlijk ook ruim voldoen. Ze vergunnen daarom ook de hoogte van een bouwwerk en niet de hoogte van het te stapelen materiaal.*



**6. Hebben jullie in kaart waar deze blokken staan in uw gemeente?**

*Veelal in industriegebieden, overslag bedrijven dat schepen lost. Om materialen gescheiden op te slaan. Het zal wel in het systeem staan.*

**7. Wat is jullie procedure bij het beoordelen van bouwvergunningen?**

**a. Zijn er vergunningen vergeven voor het plaatsen van deze blokken?**

*Ja daar zijn zeker vergunningen voor vergeven.*

**b. Hoe zien jullie deze wanden in het bouwbesluit?(functie)**

*Is een opsplitsing. Eerste bestemmingsplan, daarvoor kijken of het vergunningsplichtig is of niet. Via het BOR. Al snel een bouwwerk geen gebouw zijnde. Bedoelt als constructie om te functioneren. Ze moeten op een bepaalde manier op elkaar gestapeld worden om stevig genoeg te zijn. Daaruit blijkt vaak genoeg dat ze binnen de rode lijn van het erf liggen. Ze worden vrijwel altijd hoger dan 2 meter dus dan zijn ze al snel vergunningsplichtig.*

**c. Zo nee, wanneer zou dit wel het geval zijn?**

**d. Zouden jullie deze zien als bijbehorend bouwwerk of een ander bouwwerk, dit scheelt namelijk nogal in de eisen voor wel of geen omgevingsvergunning.**

**8. Wanneer er een vergunning zou moeten worden gegeven is het nog altijd de vraag of er een constructieve toetsing moet plaatsvinden, wat is uw mening hierover?**

*Ja, bij vergunning altijd volledig toetsen*

**9. Echter kan er bij lagere hoogtes, denk aan bijvoorbeeld 2 blokken hoog, een zwaar materiaal (bijvoorbeeld kopergranulaat) gebruikt worden, zou er dan ook een toetsing moeten plaatsvinden?**

*In principe dan bijvoorbeeld niet vergunningplichtig. Dan wordt alleen op melding gehandhaafd. Dus bij klachten e.d. Is ook niet te doen om constant rond te rijden.*

**10. Wat is uw mening, is het nodig om muren als deze altijd te testen?**

*Wanneer dat nodig is zeker.*

**11. Zou er volgens u een keurmerk op de kwaliteit van deze blokken moeten komen? Het is nu vaak onbekend wat de eisen zijn, en bijvoorbeeld afvalverwerkingsbedrijven produceren deze blokken zelf van restbeton. Deze zijn vaak goedkoper dan bij de specialisten(zoals A Jansen bv) omdat de productie een stuk minder zorgvuldig gaat. De kans bestaat dus wel dat de producten minder veilig zijn. Ook omdat specialisten deze blokken leveren inclusief een berekening en toets of deze veilig zijn. Ze moeten een keurmerk hebben, komo/kiwa maar wordt dit ook altijd gecontroleerd?**

*Ja wordt al op gecontroleerd bij de constructeur. Daar wordt het producten boekje doorgenomen. Dus je mag slechte blokken niet gebruiken, dan wordt er ter plekke nog gecontroleerd of ook echt de juiste blokken gebruikt.*

*Wanneer een bedrijf ze zelf maakt, zou het een zaak van handhaving kunnen worden. Dan wordt contact opgenomen met het bedrijf met de vraag of die blokken wel voldoen. Ze moeten namelijk zeker sterk genoeg zijn. Dus certificaat hebben, of hij moet een berekening kunnen tonen van een constructeur dat zijn blokken voldoen.*

**12. Hoe zouden we in de toekomst het contact tussen gemeenten kunnen verbeteren, zodat we meer op de hoogte zijn van de manier van handelen van elkaar?**

*Contact is natuurlijk nooit weg, samen kun je namelijk meer kennis .... Voor dit fenomeen vindt hij het niet nodig, het is volgens hem volgens de wet duidelijk geregeld.*



*Het probleem is dat het qua prioriteit vaak niet zo hoog ligt.*

**13. Hebt u nog adviezen naar de Gemeente Enschede toe?**

Als ze er iets mee willen, moet er een beleid geschreven gaan worden, onder andere in het bestemmingsplan of welstandsnota. De aanvrager moet aantonen of het veilig is.

**14. Hebt u nog adviezen voor het vervolg van dit onderzoek?**

*Helder bij de wet blijven, wet zegt er genoeg over. Eventueel kijken of er iets te doen is aan het verkorten van een vergunningsaanvraag. Hierdoor zullen bedrijven ook snelle inzien dat het nodig is om veilige blokken te gebruiken.*

*Extra: Hij vond het raar en pijnlijk om te horen dat andere gemeentes hier moeite mee hebben. Volgens hem is het namelijk heel duidelijk geregeld in de wet.*

## Bijlage D: Bepaling windbelasting volgens NEN-EN 1991-1-4

Om het werkende moment van de windbelasting te bepalen wordt eerst de extreme stuwdruk bepaald. De extreme stuwdruk  $q_p(z)$  op hoogte  $z$ , die de gemiddelde snelheid en korte termijn snelheidsfluctuaties bevat, behoort te zijn bepaald. (NEN-EN 1991-1-4). De bepaling hiervan is zeer omslachtig, daarom wordt deze hieronder volledig uitgewerkt. Hierbij zijn de variabelen stap voor stap verklaard. Deze stuwdruk wordt bepaald met de volgende formule:

$$q_p(z) = (1 + 7 * I_v(z)) * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2(z) = c_e(z) * q_b$$

Waarin:

- $\rho$  = de dichtheid van lucht tijdens stormcondities te verwachten in de regio, afhankelijk van hoogte, temperatuur en barometrische druk, hiervoor moet  $1,25 \text{ kg/m}^3$  worden aangenomen

- $V_m(z)$  = gemiddelde windsnelheid op hoogte  $z$  boven het terrein bepaald in:

$$v_m(z) = c_r(z) * c_o(z) * v_b$$

o Waarin:

- $C_r(z)$  = de ruwheidsfactor, gegeven in 4.3.2 van NEN-EN 1991-1-4;

$$C_r(z) = K_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \text{ voor } z_{min} \leq z \leq z_{max} \text{ of } C_r(z_{min}) \text{ voor } z \leq z_{min}$$

Waarin:

- $K_r$  = de terreinfactor afhankelijk van  $z_0$
- $z_0$  = gegeven in tabel 4.1 van NEN-EN 1991-1-4 (afhankelijk van de terreincategorie)
- $z_{min}$  = minimale hoogte volgens tabel 4.1 van NEN-EN 1991-1-4
- $z_{max}$  = 200 m

- $C_o(z)$  = de orografiefactor, gelijk aan 1 (tenzij anders voorgeschreven).

- $I_v(z)$  = de turbulentie-intensiteit. Bepaald met:

$$I_v(z) = \frac{k_I}{(c_0(z) * \ln(\frac{z}{z_0}))}$$

o Waarin:

- $k_I$  = turbulentiefactor, de aanbevolen waarde is 1,0

- $c_e(z)$  = de blootstellingsfactor bepaald in:

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b}$$

- $q_b$  = de basisstuwdruk bepaald in:

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2$$

Deze extreme stuwdruk wordt vervolgens vermenigvuldigd met de waarschijnlijkheidsfactor  $c_{prob}$ . Deze wordt als volgt berekend:

$$c_{prob} = \left( \frac{1 - K * \ln(-\ln(1 - p))}{1 - K * \ln(-\ln(0,98))} \right)^n$$

Waarin:

- K = de vormparameter volgens tabel NB.2 van NEN-EN 1991-1-4
- N = de exponent volgens tabel NB.2 van NEN-EN 1991-1-4
- P = 1/ontwerplevensduur

De q-last voor de windbelasting wordt nu bepaald volgens de formule:

$$q_{wind} = C_s C_d * C_f * q_p(z) * C_{prob} * veiligheidsfactor$$

Waarin:

- $C_s C_d$  = de bouwwerfactor, in dit geval 1. (bij wanden tot 15 m hoogte)
- $C_f$  = de krachtcoëfficiënt voor de constructie of het constructie-element.
  - o  $C_f$  = de som van alle stuw en zuig coëfficiënten.

De waarde van  $C_f$  wordt aangenomen als 1,8. Dit komt voort uit Tabel NB. 17 van NEN-EN1991-1-4. Dit volgt uit een wand met omgezette einden in zone B.

Om nu het bepalende moment te berekenen, kijken we naar het moment om punt B in Figuur 7

$$M_{wind;B} = 0,5 * q_{wind} * h_{wand}^2$$

## Bijlage E: Mechanica

Om de druk die het materiaal uitoefent op de wand te bepalen wordt allereerst de horizontale q-last van het materiaal omgeschreven naar een horizontale q-last. Dit gebeurt met de volgende formule:

$$q_{res;opslag} = q_{opslag} * h_{opslag} * \tan(45 - \frac{\Phi}{2})$$

Waarin:

- $q_{opslag}$  = de horizontale q-last veroorzaakt door het opgeslagen materiaal: in kN/m,
- $h_{opslag}$  = de hoogte van het opgeslagen materiaal, in m,
- $\Phi$  = De hellingshoek van het natuurlijk talud van het opgeslagen materiaal.

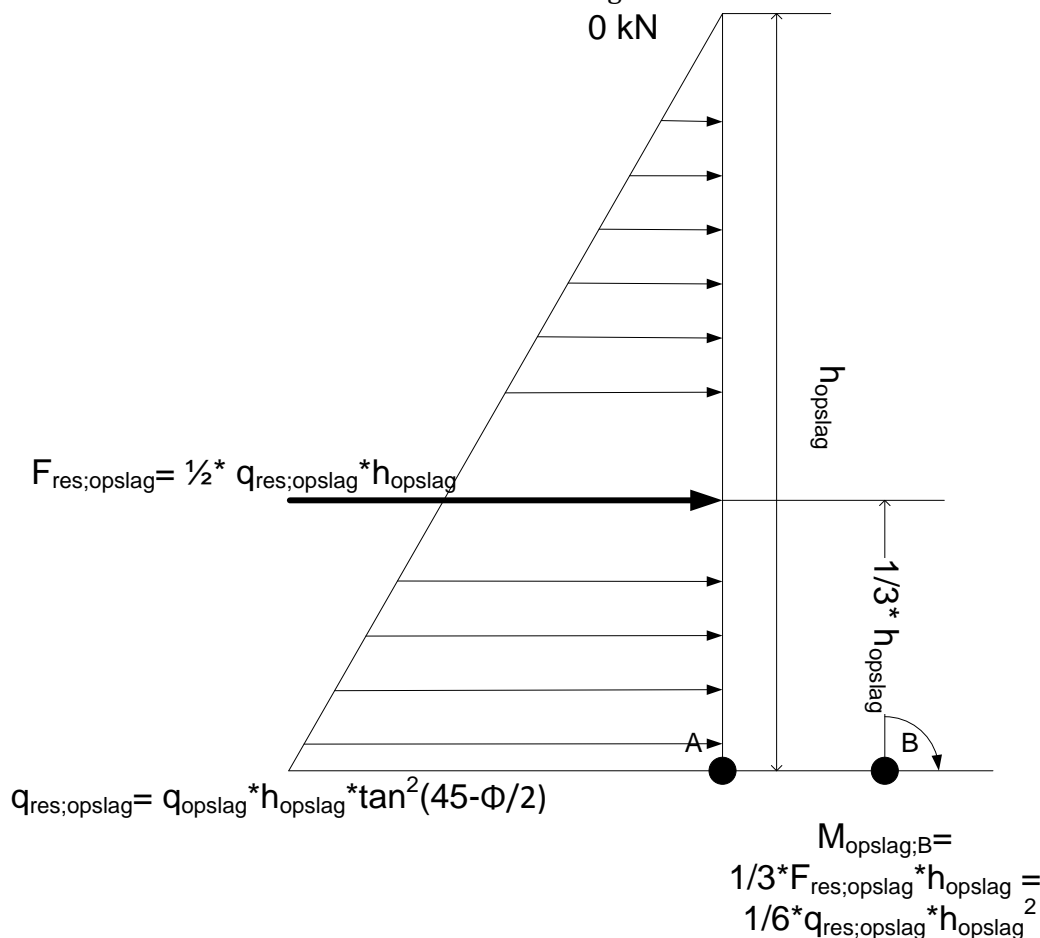
Deze  $q_{res;opslag}$  kan nog omgezet worden naar een resulterende kracht met behulp van de volgende formule.

$$F_{res;opslag} = \frac{1}{2} * q_{res;opslag} * h_{opslag}$$

Om de stabiliteit van de wand te bepalen is vervolgens het moment om punt B nodig dat wordt veroorzaakt door het opgeslagen materiaal. Deze is te bepalen met zowel  $q_{res;opslag}$  als met  $F_{res;opslag}$  met behulp van de volgende formules:

$$M_{opslag;B} = \frac{1}{3} * F_{res;opslag} * h_{opslag} \quad \text{of} \quad M_{opslag;B} = \frac{1}{6} * q_{res;opslag} * h_{opslag}^2$$

Een overzicht van al deze krachten is te zien in Figuur 21.

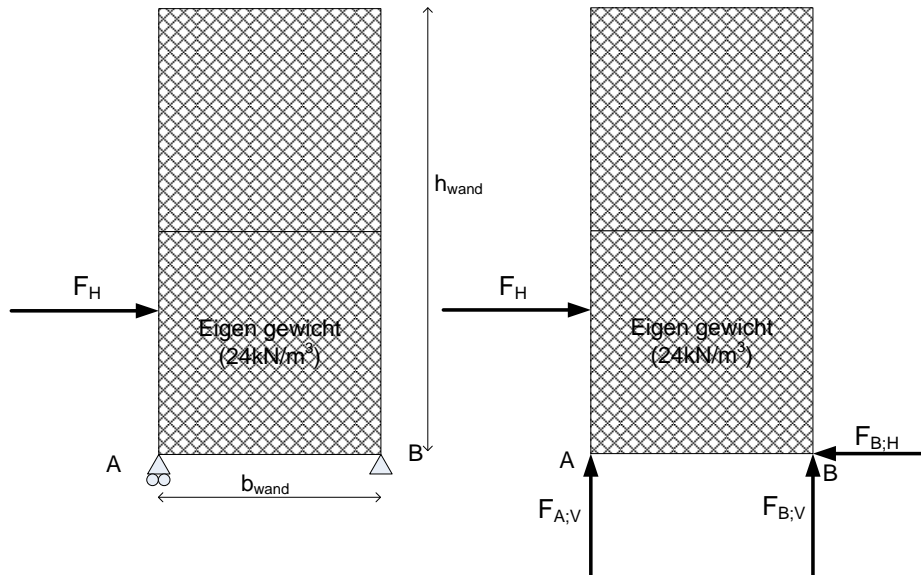


Figuur 21 Schematisering van de resulterende krachten vanuit het opgeslagen materiaal

## Bijlage F: grondmechanica

In deze bijlage worden de onderdelen van de grondmechanica nader beschreven. Allereerst wordt het voorbeeld behandeld waaruit blijkt dat de spanning in de bodem niet overal even groot zal zijn en vervolgens het stappenplan waarmee de bodem getoetst kan worden.

**Voorbeeld:**



Figuur 22 schematisering wand op 2 steunpunten

Het is nu belangrijk om te kijken wat de verticale krachten worden in de 2 steunpunten, daarvoor moeten de volgende vergelijkingen worden opgelost:

$$\sum F_{\text{Horizontaal}} = 0 \rightarrow F_H - F_{B;H} = 0$$

$$\sum F_{\text{verticaal}} = 0 \rightarrow -F_{A;V} - F_{B;V} + q_{\text{eigen}} = 0$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow -F_H * \frac{1}{3} * h_{\text{opslag}} - F_{A;V} * b_{\text{wand}} + 0,5 * q_{\text{eigen}} * b_{\text{wand}}^2$$

Om deze uit te werken is gekeken naar de situatie aan de Najaarsweg 62. Dit geeft de volgende parameters:

Tabel 3 waarden behorende bij de situatie aan de Najaarsweg 62

Parameter	Waarde
$F_H$ (resultante van de gronddruk)	$\frac{1}{2} \times q_{\text{opslag}} \times K \times h_{\text{opslag}}^2 = 1,41 \text{ kN}$
Volumiek gewicht schroot	$3 \text{ kN/m}^3$
$h_{\text{opslag}}$ (hoogte van het opgeslagen materiaal)	5,5 m
$K_{y,a} = \tan^2(45 - \frac{\varphi}{2})$	0,03109
$\varphi$ (natuurlijk talud)	70(aangenomen hellingshoek voor schroot)
$q_{\text{eigen}}$	$24 \text{ kN/m}^3 \times 1 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 144 \text{ kN/m}$
$b_{\text{wand}}$	0,6 m
$h_{\text{wand}}$	6 m

Om nu  $F_{A;V}$  en  $F_{B;V}$  te krijgen beginnen we met het moment om punt B.

$$\sum M_B = 0 \rightarrow -1,41 * \frac{1}{3} * 5,5 - F_{A;V} * 0,6 + 0,5 * 144 * 0,6^2 = 0 \rightarrow F_{A;V} = 38,89 \text{ kN}$$

Dit kan weer ingevuld worden in:

$$\sum F_{\text{verticaal}} = 0 \rightarrow -38,89 - F_{B;V} + 144 = 0 \rightarrow F_{B;V} = 105,11 \text{ kN}$$

Om alle krachten volledig te hebben:

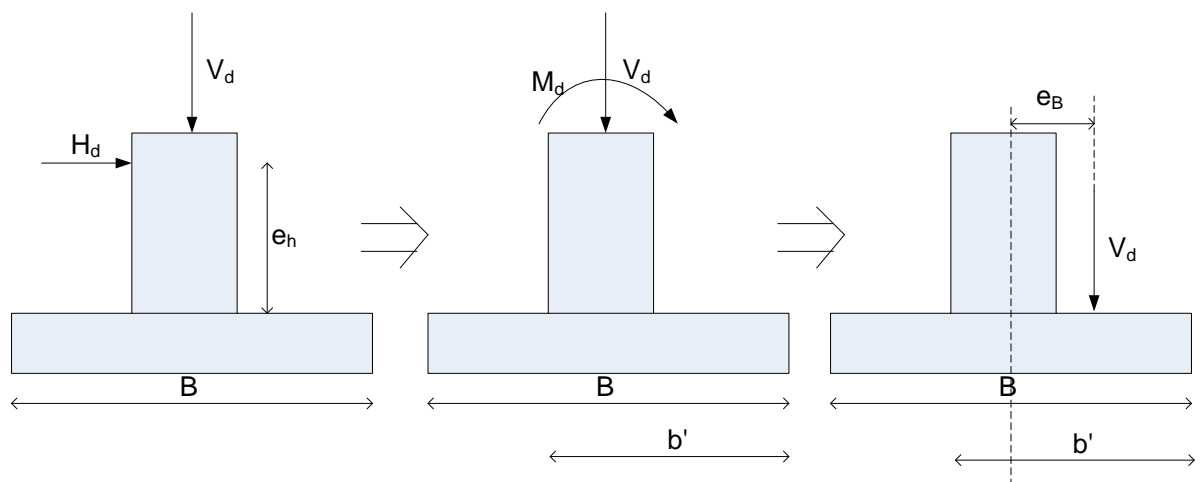
$$\sum F_{\text{Horizontaal}} = 0 \rightarrow F_H = F_{B;H} = 1,14 \text{ kN}$$

Wat opvalt, is dat de horizontale kracht in punt B een stuk groter is dan in punt A. Hierdoor zal de grond onder punt B verder inzakken dan in punt A. Hierdoor zal de wand in de loop van tijd scheef gaan staan en zal deze instabiel kunnen worden. Een deel van de wand zal hierdoor namelijk een moment genereren die het eigen gewicht tegen werkt. Ook wordt het moment uit het eigen gewicht door deze verandering minder.

### Stappenplan, grondspanning

1. Toetsing verticaal draagvermogen:
  - a. Effectieve afmetingen

Om de spanning te bepalen die de grond moet opnemen en die de grond kan opnemen wordt gerekend met een effectieve breedte. Op deze manier wordt de resultante horizontale kracht vanuit de belasting recht op de op de maximale opneembare kracht in de bodem gezet waardoor niet meer gerekend wordt met een kanteling. Figuur 23 laat zien hoe dit in zijn werk gaat.



Figuur 23 Werkwijze bij berekening effectieve breedte

De effectieve breedte wordt als volgt bepaald met de volgende formules:

$$b' = B - 2 * e_B$$

$$e_B = \frac{H_d * e_H}{V_d}$$

Waarin:

- $b'$  = effectieve breedte(m)
  - $B$  = werkelijke breedte(m)
  - $e_B$  = excentriciteit verticale belangstingscomponent t.o.v. zwaartelijn fundering, in breedte-richting(m)
  - $e_h$  = excentriciteit horizontale belangstingscomponent t.o.v. funderingsvlak
  - $V_d$  = verticale belastingscomponent (kN, kN/m)
  - $H_d$  = horizontale belastingscomponent (kN, kN/m)
- b. Bepaling invloedsdiepte:
 

Normaal gesproken wordt de invloedsdiepte bepaald om te kijken welke bodemlagen meespelen in het draagvermogen. Echter is bij dit model uitgegaan van en enkele grondsoort met een gemiddelde hoek en volumiek gewicht.
  - c. Toets verticale draagkracht in gedraineerde toestand:
 

Het verticale draagvermogen in gedraineerde toestand wordt als volgt berekend:

$$\sigma'_{v,max,d} = c'_{gem;d} N_c s_c i_c b_c \lambda_c + \sigma'_{v;z;d} N_q s_q i_q b_q \lambda_q + \frac{1}{2} * b' y'_{gem;d} N_y s_y i_y b_y \lambda_y$$

$$R_{v;d} = \sigma'_{v,max;d} * b' * l'$$

Waarbij geldt:

- $\sigma'_{v,max;d}$ = rekenwaarde verticaal draagvermogen (kN/m<sup>2</sup>)
- $R_{v;d}$ =rekenwaarde gedraineerde verticale draagkracht (kN)
- $C'_{gem;d}$ =rekenwaarde gewogen gemiddelde cohesie (kN/m<sup>2</sup>)
- $\sigma'_{v;z;d}$ =dekking van de lage zijde (kN/m<sup>2</sup>)
- $\gamma'_{gem;d}$ =rekenwaarde gewogen gemiddelde effectief volumegewicht (kN/m<sup>3</sup>)
- $N_c, N_q, N_\gamma$ = gronddrukfactoren voor cohesie, dekking en grondgewicht(-)
- $S_c, s_q, s_\gamma$ =reductiefactoren voor de vorm van de fundering (-)
- $i_c, i_q, i_\gamma$ = reductiefactoren voor de richting van de belasting (-)
- $b_c, b_q, b_\gamma$ = reductiefactoren voor hellende onderzijde van de fundering(-)
- $\lambda_c, \lambda_q, \lambda_\gamma$ = reductiefactoren voor de helling van het maaiveld(dekking) (-)

De waardes die hier worden ingevuld zijn gebaseerd op een strookfundering, daarvoor geldt:

- $N_c = (N_q - 1) * \cot \varphi'_{gem;d}$
- $N_q = e^{\pi \tan \varphi'_{gem;d}} * \tan^2(45 + 0,5 * \varphi'_{gem;d})$
- $N_\gamma = 2(N_q - 1) * \tan \varphi'_{gem;d}$
- $s_i = s_q = s_\gamma = 1,0$  (uitgaande van een strookfundering)
- $i_c = i_q = i_\gamma = 1,0$  (uitgaande van geen overgebleven horizontale krachten)
- $b_c = b_q = b_\gamma = 1,0$  (uitgaande van een vlakke onderkant van de fundering)
- $\lambda_c = \lambda_q = \lambda_\gamma = 1,0$  (uitgaande van een vlakke maaiveldhelling)

Het verticaal draagvermogen moet nu groter zijn de dan resultante krachten vanuit de wand om te voldoen.

$$R_{v;d} \geq V_d$$

2. Toetsing weerstand tegen horizontaal glijden

- a. Voor de controle op horizontaal glijden moet de horizontale kracht bekend zijn, dit is de som van de kracht vanuit de windbelasting en de resultante kracht van het opslag materiaal
- b. De horizontale draagkracht in gedraineerde toestand wordt berekend aan de hand van de volgende formule:

$$R_{h;d} = V'_d * \tan \delta'_d$$

Waarbij geldt:

- $R_{h;d}$  = rekenwaarde gedraineerde horizontale draagkracht(kN)
- $V'_d$  = rekenwaarde effectieve verticale belasting op funderingsvlak (kN)
- $\delta'_d$  = rekenwaarde wrijvingshoek (°)

Om te voldoen moet nu het volgende gelden:

$$H_d < R_{h;d} + R_{p;d}$$

Waarbij geldt:

- $H_d$  = rekenwaarde horizontale belasting op funderingsvlak(kN)
- $R_{h;d}$  = rekenwaarde afschuifweerstand uit wrijving langs funderingsvlak, op basis van minimale verticale belasting
- $R_{p;d}$  = rekenwaarde passieve gronddruk (kN)

3. Toetsing algehele stabiliteit(al gedaan in voorgaande modellen)

Deze stap is al uitgevoerd bij het bepalen van de stabiliteit van de wand

4. Toetsing kantelstabiliteit(al gedaan in voorgaande modellen)

Als voorgaande

5. Toetsing bezwijken van de constructie door verplaatsing van de fundering

Deze toetsing zal moeten plaatvinden bij een constructieve toetsing wanneer deze gevraagd is. Deze is in dit model buiten beschouwing gelaten.

6. Toetsing zakkings en zakkingsverschillen

Deze stap is in het verslag theoretisch besproken en is in het model buiten beschouwing gelaten.



## Bijlage G: Handleiding Model

# Handleiding Controle Flexibele Betonnen Wanden

---

## Inleiding

Voor het snel controleren van een wand die opgebouwd is uit flexibele betonnen bouwstenen is een model gemaakt in Excel. Deze bestaat uit een 4-tal belangrijke tabbladen en enkele berekeningstabbladen. In deze handleiding zal worden uitgelegd hoe dit model te gebruiken is. Voor uitleg over berekeningen en toetsingen wordt verwezen naar het verslag.

## Handleiding

Deze handleiding maakt gebruik van zes stappen. Deze zullen hier een voor een worden uitgelegd. Met behulp van Figuur 18 kan worden bepaald of een controle nodig is. De handleiding die in dat figuur genoemd wordt, begint hieronder bij stap 1. Stap 0 moet eerst worden doorlopen, deze vindt plaats voordat het model bekeken wordt. Wanneer de aannames niet gelden, kan het model niet worden gebruikt en zal een uitgebreide constructieve toetsing nodig zijn.

### *Stap 0: Aannames*

Om gebruik te kunnen maken van dit model moet het volgende gelden:

- Er mag geen scheefstand zijn
- Het materiaal mag niet boven de nok worden opgeslagen
- Alle blokken moeten dezelfde breedte hebben. Met andere woorden: de wand moet van boven tot onder even dik zijn
- Er mag enkel gebruik worden gemaakt van blokken zoals bedoeld in 3.1.
- De grond moet bestaan uit een homogene gedraineerde bodem

### *Stap 1: Locatie*

#### **Stap 1.1:**

Allereerst moet worden gekeken naar de locatie van de wand. Dit heeft te maken met de windbelasting. Voor locaties in de omgeving van Enschede op een industrie terrein verandert niets in het model en kan worden doorgegaan met stap 2. Wanneer een wand elders wordt geplaatst zal het tabblad 'wind' moeten worden aangepast. Hoe dit in zijn werk gaat wordt uitgelegd in stap 1.2.

#### **Stap 1.2:**

Het tabblad wind zit er als volgt uit:

Extreme stuwdruk						
Onderdeel	Waarde	Eenheid	excel verw.	Toelichting		
windgebied	3	(-)		zie NEN-EN 1991-1-4 art 4.2		
Orografiefactor(Co(z))	1	(-)	co	Zie figuur 4.2 NEN-EN 1991-1-4, gelijk aan 1,0 tenzij anders voorgeschreven in 4.3.3.		
terreincategorie	2	(-)		0=kust,2=onbebouwd,3=bebouwd		
ki	1	(-)	ki	aanbevolen waarde voor ki is 1,0(kan zijn gegeven in nationale bijlage)		
Referentieperiode	15	Jaar		hieruit volgt: 0,91399 cprop		
qb	$1/2 * rolucht * vb^2$	N/m <sup>2</sup>		basisstuwdruk		
Vm	$vb * cr * co$	m/s		gemiddelde windsnelheid		
lv	(sigmav/vm)	(-)		Turbulentie-intensiteit lv(z)		
sigmav	$kr * vb * ki$	(-)		Standaardafwijking van de turbulentie		
qp	$(1+7*iv) * 1/2 * rolucht * Vm^2$	N/m <sup>2</sup>		extreme stuwdruk		
Vb;0	24,50	m/s	vb	zie NEN-EN 1991-1-4 art 4.2 tabel N.B. 1(windgebied III)		
Dichtheid lucht	1,25	kg/m <sup>3</sup>	rolucht	Staat vast volgens NEN-EN 1991-1-4 art 4.5		
terreinfactor(kr)	0,209	(-)	kr	terreinfactor(afhankelijk van de ruwheidslengte z0) $kr=0,19*(z0/0,05)^{0,07}$		
ruwheidsfactor(Cr(z))	Zie Cr hieronder	(-)		Ruwheidsfactor, gegeven in NEN-EN 1991-1-4.3.2, $cr=kr*ln(z/z0)$		
ruwheidslengte	0,20	m	z0	tabel 4.1		
min hoogte	4,0	m		tabel 4.1		
zmax	200	m		altijd 200 m		
hoogte z	NVT verwijst naar tabel	m		hoogte van de wand		
k	0,281	(-)		NEN-EN 1994-1-4 Tabel N.B. 2		
n	0,500	(-)		NEN-EN 1994-1-4 Tabel N.B. 2		
Situatie die is ingevuld:		cr	VM	iv	sigmav	qp
		0,566963	13,8905869	0,36926937	5,129368	432,3112
Cr	VM	iv	sigmav	qp		
0,191836435	4,699992647	1,091357	5,129368314	119,278678		
0,90530894	22,18006903	0,23126	5,129368314	805,214791		

Zie tabel hieronder

Figuur 24 Tabblad wind

Deze lijkt erg uitgebreid, echter hoeven er over het algemeen maar 3 gegevens te worden aangepast. Dit zijn het windgebied, de terreincategorie en de referentie periode. De orografiefactor en ki zijn over het algemeen 1,0. Echter komt het nauwelijks voor dat deze veranderen. Hieronder wordt uitgelegd hoe de andere drie moeten worden ingevuld.

- **Windgebied:** Het windgebied is afhankelijk van de ligging in Nederland. In art 4.2 van NEN-EN 1991-1-4 is een kaart te zien waarin eenvoudig is af te lezen in welk gebied de locatie ligt.
- **Terreincategorie:** Bestaat uit: 0(kustgebied), 2(onbebouwd gebied) of 3(bebouwd gebied). Een industrie terrein valt over het algemeen onder onbebouwd gebied.
- **Referentieperiode:** Deze is afhankelijk van de levensduur van het bouwwerk. Voor flexibele betonnen wanden wordt over het algemeen de waarde 15 jaar aangenomen.

### Stap 2: Functie

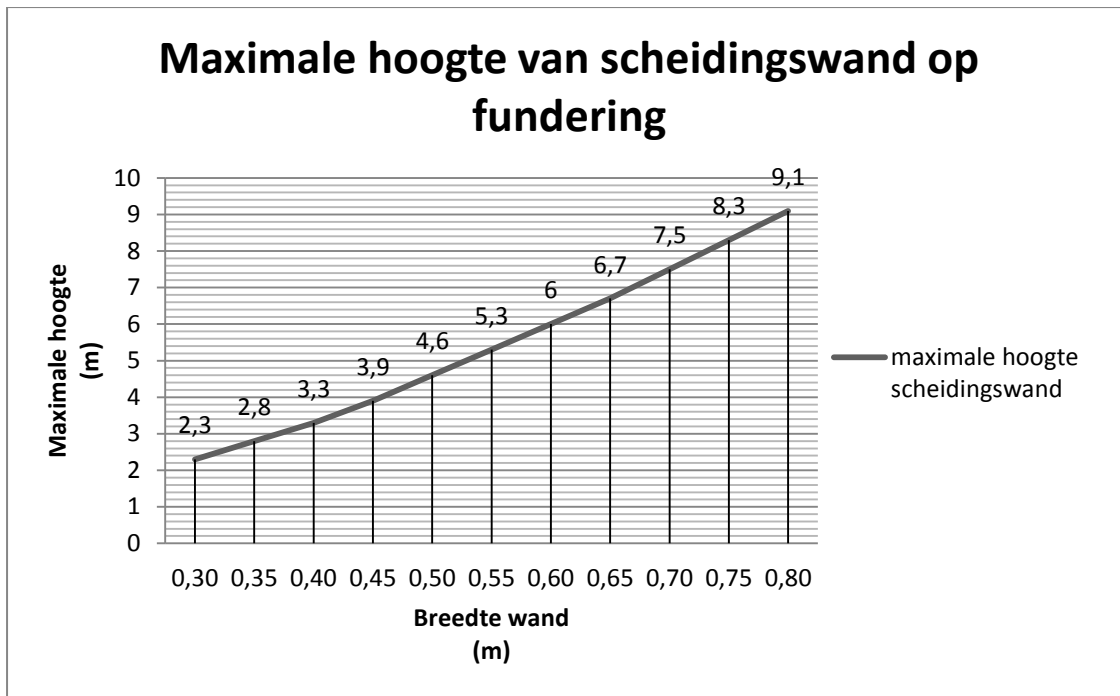
De functie van de wand is bepalend voor het vervolg van deze handleiding. Wanneer een wand puur wordt gebruikt als afscheiding, kan worden verdergegaan met stap 3. Wanneer de wand zal gaan dienen als keerwand moet worden verder gegaan bij stap 4.

### Stap 3: Scheidingswand op stabiele ondergrond

Wanneer de Excel file wordt geopend, is het tabblad 'Input' te zien. Omdat in dit geval geen gebruik wordt gemaakt van een opgeslagen materiaal kan uit het tabblad 'maximale hoogte scheidingswand' snel worden afgelezen of de wand zal voldoen aan de stabiliteitstest. Let hierbij wel op dat het hier gaat om een stabiele ondergrond, zoals een betonnen vloer.

Het aflezen gaat als volgt:

1. Op de horizontale as is de breedte die de muur krijgt af te lezen.
2. Vervolgens kan op de verticale as worden afgelezen wat de maximale hoogte is.
3. Wanneer de wand lager is dan deze waarde, zal hij voldoen aan de stabiliteitstest, en kan verder worden gekeken naar de ondergrond in stap 3. Is de wand hoger dan de in Figuur 25 aangegeven waarde, dan zal een **constructieve toetsing** moeten plaatsvinden waarin wordt aangetoond dat de constructie, met bijvoorbeeld tussenwanden, stevig genoeg is.



Figuur 25 Maximale hoogte van een scheidingswand op stabiele ondergrond

### Stap 4: Keerwand en bodem

In stap 4 wordt uitgelegd hoe het tabblad 'input' moet worden ingevuld. In Figuur 26 is het overzicht te zien. In de stappen 3.1 tot en met 3.4 worden alle tabellen een voor een uitgelegd.

Input			
Onderdeel	Afmetingen	Eenheid	Toelichting
hoogte	2,4	m	totale hoogte v/d wand
breedte	0,8	m	breedte v/d wand
hopslag	2,4	m	hoogte v/h opgeslagen materiaal
Dikte fundering	0,2	m	dikte van de fundering
Breedte fundering	1,8	m	breedte v/d fundering
<b>Krachten</b>			
windbelasting	0,354235845	kN/m	volgt uit tabblad wind (Cprob*qp)
oogsag	13,17011663	kN/m	verticale belasting v/h opgeslagen materiaal aan de onderkant v/d wand
oeligen	24	kN/m <sup>3</sup>	normaal beton; tabel A.1. uit Bijlage A NEN-EN 1991-1-1
volumiek_oopsag	15	kN/m <sup>3</sup>	volumiek gewicht van het opgeslagen materiaal (Bijlage A NEN-EN 1991-1-1)
talud_oopsag	35	graden	natuurlijk talud van het opgeslagen materiaal (Bijlage A NEN-EN 1991-1-1)
<b>Ondergrond</b>			
effectieve hoek inwendige wrijving	$\phi_{int}$	graden	NEN-EN 1997-1/2 Tabel 2.b of waarde gevonden via sondering
Partiele materiaalfactor tangente hoek	$\gamma_{m,v}$	(-)	partiele factor voor hoek van inwendige wrijving volgens NEN-EN 1997-1/bijlage-a Tabel A.4a
Dekking	0,2	m	(volgt uit dikte fundering, aanpassen wanneer nodig)
Grondsoort boven aanleg:	$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	karacteristieke waarde voor volumiek gewicht van een grondlaag bij natuurlijk vochtgehalte boven de grondwaterstand, volgens NEN-EN1997-1-3.1
Drukhoogte t.p.v. z:	$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	Als grondwaterstand < aanleghoogte; 0m
Waterspanning t.p.v. z:	0	kN/m <sup>3</sup>	Drukhoogte t.p.z. z * 10 kN/m <sup>3</sup>
Grondsoort onder aanleg:	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	karacteristieke waarde voor volumiek gewicht van een grondlaag bij natuurlijk vochtgehalte boven de grondwaterstand, volgens NEN-EN1997-1-3.1
Partiele materiaalfactor volumiek:	$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	karacteristieke waarde voor het verzadigde volumiek gewicht van een grondlaag onder grondwaterstand volgens NEN-EN1997-1-3.1
	$\gamma_{m,g}$	(-)	partiele factor volgens NEN-EN1997-1/bijlage-a tabel A.4a
<b>Controle</b>			
Stap 1	Stabiliteit wand op fundering:	Voldoet	Legenda: # Invullen
Stap 2	Verticaal draag vermogen (grond):	Voldoet	
Stap 3	Horizontaal glijden(grond)	Voldoet	

Figuur 26 Overzicht van tabblad 'Input'

### Stap 4.1:

In deze stap komt de grondmechanica aan bod. Allereerst is het belangrijk om de gegevens van de wand zelf in te vullen. Dit gebeurt in het tabblad 'Input' en ziet er als volgt uit:

Onderdeel	Afmetingen	Eenheid	Toelichting
hoogte	2,4	m	totale hoogte v/d wand
breedte	0,8	m	breedte v/d wand
hopslag	2,4	m	hoogte v/h opgeslagen materiaal
Dikte fundering	0,2	m	dikte van de fundering
Breedte fundering	1,8	m	breedte v/d fundering

Figuur 27 Gegevens van een wand.

**Stap 4.2:**

Het kopje 'Krachten' kan bij een scheidingswand worden overgeslagen. De wind belasting wordt automatisch uitgerekend via het tabblad 'wind'.

Bij een keerwand is het van belang om het volumiek gewicht en de hoek van het natuurlijk talud in te vullen. Van de meeste materialen zijn deze eigenschappen te vinden in Bijlage A van NEN-EN 1991-1-1. Deze zijn in te vullen in de gele vakken en ziet er als volgt uit:

Krachten				
windbelasting		0,354235845	kN/m	volgt uit tabblad wind (Cprob*ap)
qopslag		13,17011663	kN/m	verticale belasting v/h opgeslagen materiaal aan de onderkant v/d wand
qeigen		24	kN/m <sup>3</sup>	Normaal beton; tabel A.1. uit Bijlage A NEN-EN 1991-1-1
volumiek_opslag		15	kN/m <sup>3</sup>	volumiek gewicht van het opgeslagen materiaal (Bijlage A NEN-EN 1991-1-1)
talud opslag		35	graden	natuurlijk talud van het opgeslagen materiaal (Bijlage A NEN-EN 1991-1-1)

Figuur 28 Input van het opgeslagen materiaal

De windbelasting en qopslag worden automatisch berekend. De waarde van 1eigen, komt voort uit het volumiek gewicht van beton. Er wordt aangenomen dat 'Normaal beton' wordt gebruikt, deze heeft volgens Tabel A.1. van Bijlage A bij NEN-EN1991-1-1 een volumiek gewicht van 24 kN/m<sup>3</sup>. Wanneer de blokken zouden worden gemaakt van een ander materiaal zou dit kunnen worden aangepast, zal dit vrijwel nooit het geval zijn.

**Stap 4.3:**

De ondergrond is de bepalende factor of de wand stabiel staat. De gegevens die nodig zijn om een snelle toetsing te doen moeten worden ingevuld in de onderstaande figuur:

Ondergrond				
effectieve hoek inwendige wrijving	$\phi^{\circ}$	27,5	graden	NEN-EN 1997-1/2 Tabel 2.b of waarde gevonden via sondering
Partiële materiaalfactor tangente hoek	$\gamma_{m,\phi}$	1,15	(-)	partiele factor voor hoek van inwendige wrijving volgens NEN-EN 1997-1/bijlage-a Tabel A.4a
Dekking		0,2	m	volgt uit dikte fundering, aanpassen wanneer nodig
Grondsoort boven aanleg:	$\gamma_{m,s}$	17	kN/m <sup>3</sup>	karakteristieke waarde voor volumiek gewicht van een grondlaag bij natuurlijk vochtgehalte boven de grondwaterstand, volgens NEN-EN1997-1-3.1
	$\gamma_{sat}$	19	kN/m <sup>3</sup>	karakteristieke waarde voor het verzadigde volumiek gewicht van een grondlaag onder grondwaterstand volgens NEN-EN1997-1-3.1
Drukhoogte t.p.v. z		0	m	Als grondwaterstand-aanleghoogte;0m
Waterspanning t.p.v. z:		0	kN/m <sup>3</sup>	Drukhoogte t.p.z. z * 10 kN/m <sup>3</sup>
Grondsoort onder aanleg:	$\gamma$	18	kN/m <sup>3</sup>	karakteristieke waarde voor volumiek gewicht van een grondlaag bij natuurlijk vochtgehalte boven de grondwaterstand, volgens NEN-EN1997-1-3.1
	$\gamma_{sat}$	20	kN/m <sup>3</sup>	karakteristieke waarde voor het verzadigde volumiek gewicht van een grondlaag onder grondwaterstand volgens NEN-EN1997-1-3.1
Partiële materiaalfactor volumiek:	$\gamma_{m,g}$	1,1	(-)	partiele factor volgens NEN-EN1997-1/bijlage-a tabel A.4a

Figuur 29 Input van de eigenschappen van de bodem

- De effectieve hoek van inwendige wrijving kan worden gevonden in tabel 2.b van NEN-EN 1997-1/2. Daarnaast kan de waarde ook vanuit een sondering komen.
- De partiële materiaalfactor voor de hoek kan worden afgelezen in Tabel A.4a van bijlage-a bij NEN-EN 1997-1
- De dekking volgt uit de dikte van de fundering. Over het algemeen worden de blokken direct op de fundering geplaatst zonder deze te verlagen. De mogelijkheid om te verlagen is er wel, dan dient deze dekking te worden aangepast.
- Voor zowel de grondsoort boven aanleg als de grondsoort onder aanleg geldt dat de karakteristieke waarde voor volumiek gewicht kan worden opgezocht in NEN-EN1997-1-3.1
- De drukhoogte t.p.v. z is het verschil tussen grondwaterstand en de aanleghoogte. Wanneer de grondwaterstand onder de aanleghoogte ligt, wordt 0 ingevuld.
- De waterspanning t.p.v. z is het verschil tussen grondwaterstand en de aanleghoogte vermenigvuldigd met het volumiek gewicht van water(10kN/m<sup>3</sup>).
- De partiële materiaalfactor voor het volumiek gewicht kan worden afgelezen in Tabel A.4a van bijlage-a bij NEN-EN1997-1.

**Stap 4.4:**

Als laatste stap moeten de veiligheidsfactoren en de windfactoren worden ingevuld. De factoren die reeds zijn ingevuld zijn de nu geldende waarden, het zou zo kunnen zijn dat in de toekomst deze waarden veranderen door een aanpassing in de normen. Wanneer dat gebeurd is er de mogelijkheid om deze aan te passen in de volgende figuur:

Veiligheidsfactor	
Blijvend	0,9
Veranderlijk	1,35
C_windlinks	1,3
C_windrechts	0,5

Figuur 30 input van de veiligheidsfactoren en windfactoren

- C\_windlinks heeft betrekking op de kant die belast zal worden met opgeslagen materiaal.
- C\_windrechts heeft betrekking op de kant die onbelast is en betreft windzuiging.

Deze waarden zijn afgeleid uit NEN-EN 1991 en komen voort uit een enkele wand met omgezette einden.

### Stap 5: Aflezen Toets

Nu alle waarden zijn ingevuld kan onderin het tabblad snel worden afgelezen of de wand zal voldoen. De tabel die dit aangeeft is te zien in Figuur 31. Wanneer een toetsing niet voldoet zal 'Voldoet niet!' worden weergegeven.

Controle		
Stap 1	Stabiliteit wand op fundering:	Voldoet
Stap 2	Verticaal draag vermogen (grond):	Voldoet
Stap 3	Horizontaal glijden(grond)	Voldoet

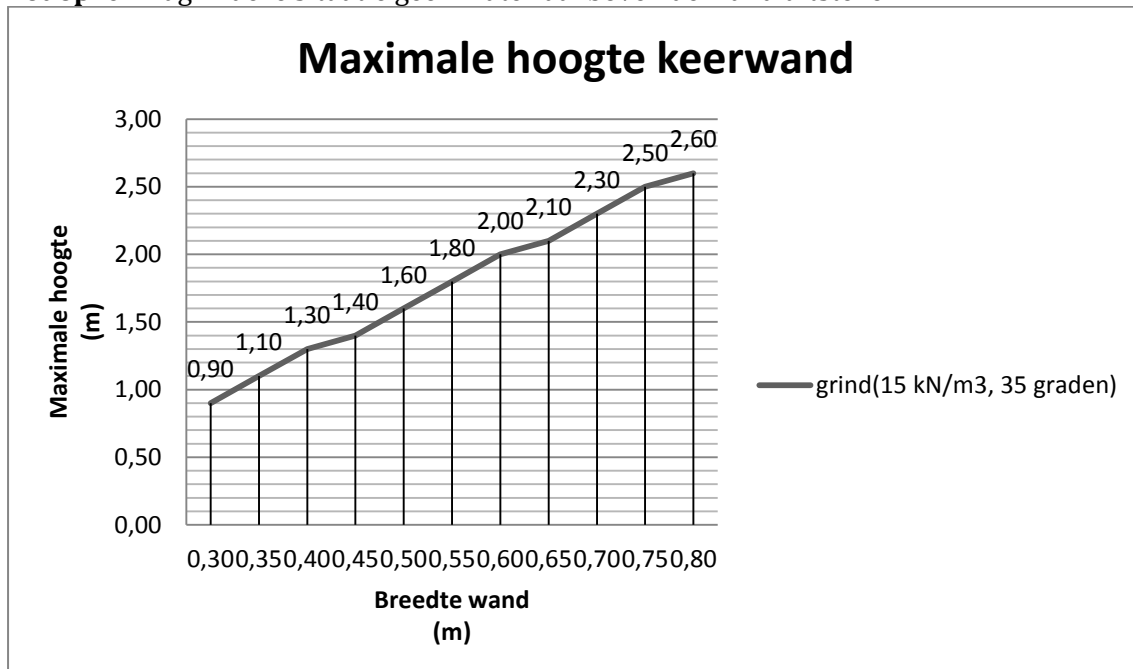
Figuur 31 Controle van een wand

Wanneer niet alle drie de stappen voldoen zal een **constructieve toetsing** moeten plaatsvinden. Hierin moet worden aangetoond dat de constructie en de ondergrond voldoen.

### Stap 6: Overzicht maximale hoogte keerwand.

Voor een overzicht van maximale hoogtes van keerwanden kan worden gekeken naar het tabblad 'maximale hoogte keerwand'. Deze geeft bij verschillende breedtes van wanden de maximale hoogte van de wand dat is belast met het materiaal dat is opgegeven in het tabblad 'input' in stap 4. Een voorbeeld grafiek(bij een situatie waar grind met een volumiek gewicht van 15 kN/m<sup>3</sup> en een natuurlijk talud van 35 graden wordt opgeslagen) is te zien in Figuur 32.

**Let op:** er mag in deze situatie geen materiaal boven de wand uitsteken.



Figuur 32 Maximale hoogte van een keerwand waartegen grind wordt opgeslagen.

Wanneer de wand of de stapel hoogte van het materiaal hoger dan de in Figuur 32 aangegeven waarde is, zal een **constructieve toetsing** moeten plaatsvinden. Door een andere combinatie kan het zijn dat een wand wel zal voldoen. Wanneer een wand hoger is dan het opgeslagen materiaal kan het zijn dat deze nog stabiel is, er wordt dan bij dit model uitgegaan van een gelijke hoogte van het materiaal en de wand.