



Kenniscentrum
**Bodemdaling
en Funderingen**

SWECO



Factsheet

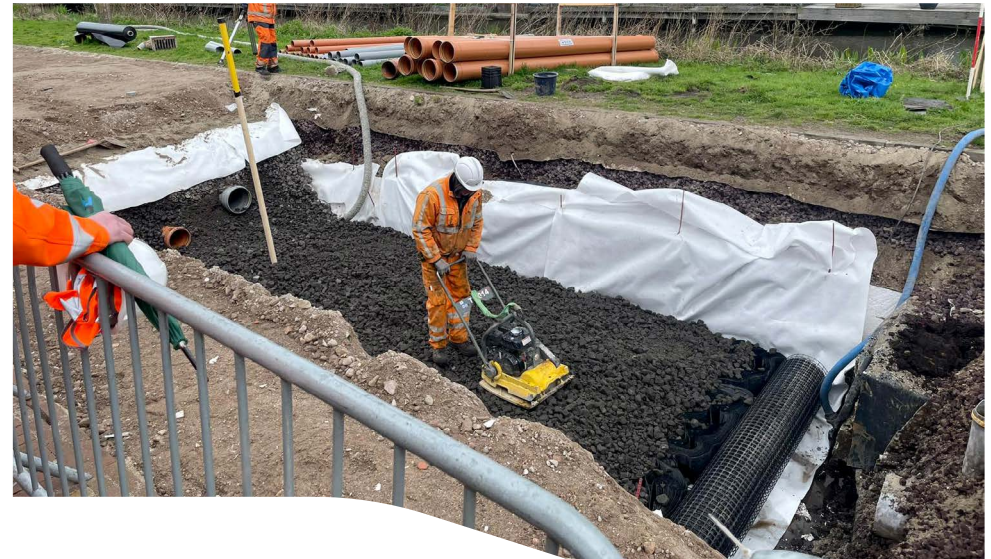
**Boven- en ondergrondse infrastructuur
Bodemdalingbestendige Nieuwbouw**



Medegefinancierd door
de Europese Unie

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Wat is bodemdalingbestendige nieuwbouw?	3
3	Bodemdalingbestendige Boven- en ondergrondse infrastructuur	3
3.1	Uitgangspunten	3
3.2	Kennis en ontwikkelingen	4
3.2.1	Afwegingskader bodemdalingbestendige nieuwbouw	4
3.2.2	Studie "Kosten bodemdalingbestendige nieuwbouw"	4
3.2.3	LCC Protocol IBOR Coaching	5
3.2.4	Model Atlantis	5
3.2.5	Grootschalige gebiedsontwikkeling in zettingsgevoelig gebied	5
3.2.6	Uitbreiding monitoring proefvakken/verbetering modellen	5
3.2.7	Factsheet lichte ophoogmaterialen/bouwrijp methoden	6
3.2.8	Studie Veenetië	6
3.2.9	Restzettingseis IBOR Coaching	6
4	Kennishiaten	7



Colofon:

Redactie: Arend van Woerden en Robert van Cleef

Afbeeldingen: Kenniscentrum Bodemdaling en Funderingen, Platform Slappe Bodem, Nationale Beeldbank en Vincent Basler

Vormgeving: lizzil creative

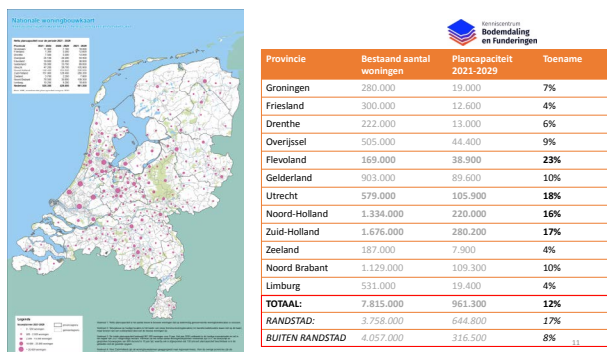
Dit is een interactieve PDF. De inhoudsopgave is klikbaar. U kunt terugkeren naar de inhoudsopgave door op dit symbool ≡ te klikken.



1. Inleiding

Versnelde bouw van voldoende woningen is topprioriteit in Nederland. Hiermee wil men het woningtekort aanpakken. Een aanzienlijk deel van deze nieuwe woningen zal op slappe bodem worden gerealiseerd. Alleen al in de provincies Noord- en Zuid-Holland gaat het om circa 500.000 woningen (zie Figuur 1 hieronder).

Figuur 1: Nationale woningbouwkaart



Hoe mooi deze nieuwbouw er bij oplevering ook uit mag zien, na verloop van tijd ontstaan grote problemen voor bewoners en beheerders door bodemdaling. In lijn met de ambitie uit de beleidsbrief 'Water en bodem sturend' dient voor de nieuwbouwwijken al in de ontwerp-fase een sturende rol te worden gegeven aan bodem en water. Met het lerend netwerk '**Bodemdalingbestendige Nieuwbouw**' waarin concrete nieuwbouwprojecten/ gebiedsontwikkelingen partner zijn, streven we naar:

Ontwikkelen van langjarige kennis over bodemdalingbestendige nieuwbouw, deze te delen en toe te passen om zo kosten en overlast in de toekomst te voorkomen. Doorwerking van kennis en er zorg voor dragen dat de kennis daadwerkelijk in de praktijk benut wordt, is de uiteindelijke opgave.

Met het lerend netwerk ontwikkelen we kennisproducten. Deze factsheet 'Boven- en ondergrondse Infrastructuur' is één van deze kennisproducten en gaat in op de beschikbare kennis en ontwikkelingen voor deze elementen van Bodemdalingbestendige Nieuwbouw.

2. Wat is bodemdalingbestendige nieuwbouw?

Het Kenniscentrum Bodemdaling en Funderingen hanteert de volgende definitie:

"Nieuwbouw in een bodemdalingsgevoelig gebied zonder een (onvoorziene) toename van beheer en onderhoud ten opzichte van een situatie op zand en waarbij geen afwenteling plaatsvindt."

Het gaat om verschillende manieren van afwentelen:

- Afwentelen in de tijd (veelal van nu naar opgaven en kosten in de toekomst)
- Afwentelen naar andere gebieden
- Afwenteling op bodem en water

Belangrijk is een eerlijke verdeling van lusten en lasten, ook in het verlengde van de Kamerbrief Water en Bodem sturend. Daarbij mag er als gevolg van de gemaakte keuzes niet afgewenteld worden van privaat naar publiek, mag klimaatopgave niet vergroot worden en ecosysteemdiensten niet uitgeput worden.

3. Bodemdalingbestendige Boven- en ondergrondse infrastructuur

In dit hoofdstuk wordt de beschikbare kennis en recente ontwikkelingen voor 'boven- en ondergrondse infrastructuur' beschreven. Hierbij worden 3 strategische uitgangspunten gehanteerd.

3.1 UITGANGSPUNTEN

1. Kosteneffectiviteit in de levenscyclus

Voor de aanleg van boven- en ondergrondse infrastructuur wordt gezocht naar de meest kosteneffectieve techniek en/of bouwwijze beschouwd vanuit het perspectief van de levenscycluskosten.

2. Maak in het ontwerp onderscheid tussen hoofdinfrastructuur en secundaire infrastructuur

Maak in het ontwerp onderscheid tussen infrastructuur die niet mag zetten omdat het leidt tot ongeoorloofde overlast of schade (hoofdinfrastructuur) en infrastructuur waar (een zekere mate) zetting wel acceptabel is. Dit leidt

tot nieuwe oplossingen in het ontwerp van een nieuwbouwwijk.

3. Gebiedsspecifieke restzettingseis

Restzettings- en droogleggingseisen worden gebiedsspecifiek gemaakt voor openbaar en privaat terrein. Zo wordt de beoogde functie in het ontwerp ook voor langere tijd gegarandeerd.

3.2 KENNIS EN ONTWIKKELINGEN

3.2.1 Afwegingskader bodemdalingbestendige nieuwbouw

Er is een groeiende behoefte aan inzicht in de kosten van verschillende bouwmethoden op bodemdalingsgevoelige ondergrond. Om overheden en ontwikkelaars een concreter beeld te geven van de opties voor bodemdalingbestendig bouwen op verschillende slappe bodems, brengen Deltares en Sweco, in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW), de levenscycluskosten voor diverse manieren van bodemdalingbestendige inrichting van een uitleglocatie in kaart.

In het onderzoek worden de levenscycluskosten voor de verschillende bouwwijzen met elkaar vergeleken voor alle bodem- en watersituaties. Het onderzoek resulteert in kaarten per bouwwijze voor heel Nederland, waarbij de levenscycluskosten in gridcellen van 100x100 meter worden weergegeven. Door de kaarten te combineren, wordt inzichtelijk welke inspanningen per gebied moeten worden verricht om bodemdalingbestendig te ontwikkelen. Tevens wordt aangegeven welke bouwwijzen moeten worden overwogen per locatie. Hiermee worden

keuzes en besluitvorming bij nieuwbouw verder gestimuleerd en versneld.

Een mooie bijvangst van het project is dat er een tool ontstaat waarmee in gebiedsontwikkeling gebiedsdekkende kaarten kunnen worden gemaakt waarmee de levenscycluskosten van diverse bouwscenario's in korte tijd kunnen worden doorgerekend. Idealiter wordt het Atlantis Model dan wel vervangen door het D-Settlementmodel.

3.2.2 Studie "Kosten bodemdalingbestendige nieuwbouw"

Sweco heeft voor het Platform Slappe Bodem een studie uitgevoerd naar de meerkosten van het bouwen op bodemdalingsgevoelige ondergrond. Aan de hand van referentieprojecten is berekend dat de meerkosten oplopen tot €47.500 per woning wanneer wordt gebouwd op zeer zettingsgevoelige ondergrond. Deze kosten zijn toe te wijzen aan de grote inspanning die verricht moet worden om in dit soort gebieden bodemdalingbestendig bouwrijp te maken. In het onderzoek is uitgegaan van een integrale,



of traditionele, manier van ophogen uitgaande van een restzettingseis van 10 cm in 30 jaar na oplevering.

Een ander belangrijk inzicht uit deze studie is dat het verkorten van de voorbelastingperiode van 1 tot 0,5 jaar maar beperkte meerkosten met zich meebrengt indien dit bereikt kan worden met extra verticale drainage. Ook geldt dat het aanscherpen van de restzettingseis van <10cm in 30 jaar naar <5cm in 30 jaar leidt tot slechts beperkte meerkosten (ca. 0 tot 10%). Tegelijkertijd kan het aanscherpen van de restzettingseis toekomstige onderhoudskosten verkleinen.

Tabel 1 geeft de globale meerkosten van bouwrijpmaken (integraal ophogen) op verschillende soorten gronden, waterstanden en dichtheden weer.

Tabel 1: Globale meerkosten bouwrijpmaken (integraal ophogen) in verschillende type gebieden per woningdichtheid.

Bodemtype	Grondwaterstand	Kosten per m ² (€)	Kosten per ha. (€)	Kosten per woning (€) (20 woningen/ha)	Kosten per woning (€) (35 woningen/ha)	Kosten per woning (€) (45 woningen/ha)
Matig zettingsgevoelig	Laag	10 - 15	100.000 - 150.000	5.000 - 7.500	2.900 - 4.300	2.200 - 3.300
	Hoog	20 - 25	200.000 - 250.000	10.000 - 12.500	5.700 - 7.100	4.400 - 5.600
Zeer zettingsgevoelig	Laag	25 - 35	250.000 - 350.000	12.500 - 17.500	7.100 - 10.000	5.600 - 7.800
	Hoog	45 - 55	450.000 - 350.000	22.500 - 27.500	12.900 - 15.700	10.000 - 12.200
Extreem zettingsgevoelig	Hoog	89 - 95	850.000 - 950.000	42.500 - 47.500	24.300 - 27.100	18.900 - 21.100

Boven- en ondergrondse infrastructuur Bodemdalingbestendige Nieuwbouw

De meerkosten voor bouwrijp maken per woning kunnen dus variëren van €5.000 in gebieden met een lage grondwaterstand en matig zettingsgevoelige ondergrond tot € 47.500 in gebieden met een extreme zettingsgevoeligheid en hoge grondwaterstanden bij een dichtheid van 20 woningen per hectare. Ter vergelijking: de gemiddelde dichtheid van vinex-uitbreidingswijken is 25 woningen per hectare.



3.2.3 LCC Protocol IBOR Coaching

Verschillende gemeenten hebben aangegeven dat ze een structurele aanpak met betrekking tot bodemdaling willen verankeren in gemeentelijk beleid, maar worstelen met de concrete uitwerking hiervan. Dit is de aanleiding geweest om een training op te zetten via de deelexpeditie **Coaching IBOR Bodemdalingproof** (IBOR: integraal beheer openbare ruimte). Hierin worden ook handvaten gegeven voor financiering van goed bouwrijp maken bij nieuwbouw.

Het document “Protocol Life Cycle Costing” is onderdeel van deze IBOR coaching en biedt een handleiding voor het uitvoeren van een variantenanalyse middels de levenscyclusanalyse (LCC) mogelijk in combinatie met een Multi-criteria Analyse (MCA). Het legt uit hoe kosten en duurzaamheidselementen in overweging moeten worden genomen bij besluitvorming en welke informatie nodig is voor de analyses. LCC helpt bij het vergelijken van investerings- en onderhoudskosten door de contante waarde te berekenen. MCA maakt het mogelijk om criteria te wegen op basis van hun belang voor het project. Voor meer details, zie **het volledige document**.¹

3.2.4 Model Atlantis

Om bodemdaling per locatie in te schatten is een goedwerkend instrument voorhanden waarmee voor elke plek in Nederland een bodemdalingsvoorspelling gedaan kan worden.

In dit model, genaamd Atlantis, kunnen bodemdalingsvoorspellingen worden gemaakt onder normale omstandigheden i.e. geen externe belastingen, business as usual, en maakt het ook mogelijk om de impact van beleidsaanpassingen (peilindexaties of zandophogingen) en klimaatverandering in beeld te brengen. Meer (technische) informatie over het model kan verkregen worden in Bootsma et al. 2020² en Erkens et al. 2021a³.

3.2.5 Grootschalige gebiedsontwikkeling in zettingsgevoelig gebied

Voor de volgende grote gebiedsontwikkelingen speelt de zettingsgevoeligheid van de bodem een belangrijke rol:

- Gemeente Zuidplas (Cortelande)
- Alphen aan den Rijn (Gnephoeckpolder)
- Almere (Pampus)
- Rotterdam (Oostflank)

3.2.6 Uitbreiding monitoring proefvakken/verbetering modellen

Het project ‘Uitbreiding en monitoring van proefvakken’ richt zich op het vergroten van kennis over innovatieve technieken op slappe bodem en het verzamelen van data voor het verbeteren van voorspellende modellen. Er worden uniforme proefvakken en monitoringsites gerealiseerd in onder andere de gemeenten Woerden, Alphen aan den Rijn en Gouda, met als doel gedurende minstens zes jaar de ondergrond te bestuderen. Het uiteindelijke doel is het creëren van een veilige en aantrekkelijke

¹ Kenniscentrum Bodemdaling en Funderingen (2024) - Protocol Life Cycle Costing

² Bootsma, H., Kooi, H., Erkens, G. (2020). Atlantis, a tool for producing national predictive land subsidence maps of the Netherlands.

³ Erkens, G., Kooi, H., Melman, R. (2021). Actualisatie bodemdalingsvoorspellingskaarten. Deltares. Document ID 11206724-002-BGS-0001

Factsheet

Boven- en ondergrondse infrastructuur Bodemdalingbestendige Nieuwbouw

openbare ruimte voor gebruikers, en het ondersteunen van gemeenten bij duurzame besluitvorming rond bodemdaling. Dit project wordt georganiseerd door gemeente Woerden en de kennisdeling wordt georganiseerd via het Kenniscentrum bodemdaling en funderingen (KBF).

3.2.7 *Factsheet lichte ophoogmaterialen/bouwrijp methoden*

In de Deelexpeditie Innovatieve Ophogetechnieken (DIO) van het KBF is een overzicht ontwikkeld van 37 technieken waarmee kan worden opgehoogd in reconstructies of bouwrijp gemaakt kan worden bij nieuwbouw. De factsheet geeft een overzicht van de volgende onderdelen per techniek:

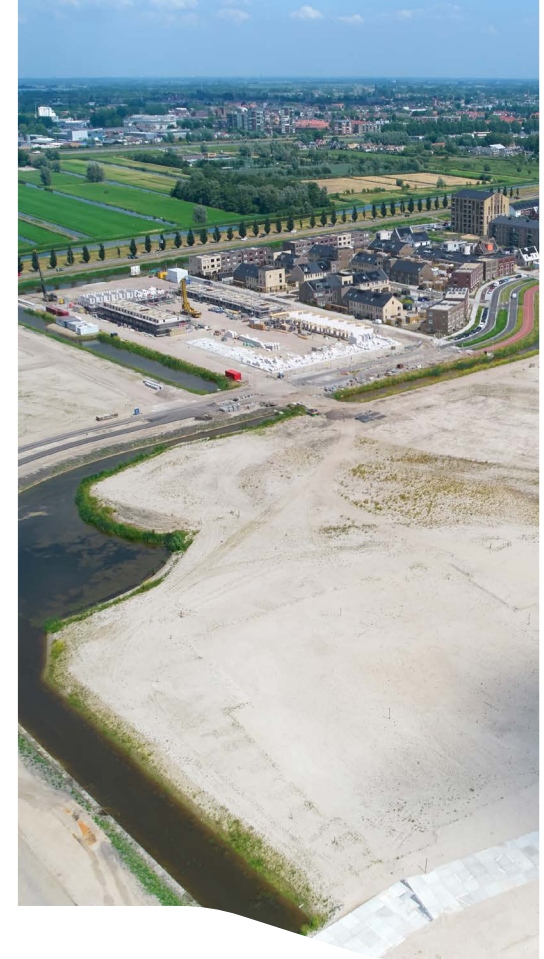
- Specificaties
- Eigenschappen
- Aandachtspunten aanleg
- Aandachtspunten onderhoud
- Duurzaamheid
- Milieutechnische aandachtspunten (Besluit Bodemkwaliteit)
- Leveranciers
- Kosten
- Onderzoeksvragen

In de deelexpeditie hebben partijen deelgenomen zoals gemeenten, waterschappen, omgevingsdiensten, het Ministerie IenW en het platform Slappe Bodem. Het overzicht is tot stand gekomen door middel van bureau onderzoek en verschillende werksessies met experts op het gebied van techniek, wegenbouw, mobiliteit, duurzaamheid en geotechniek. De factsheet betreft een levend document dat in de loop

van de tijd zal worden gewijzigd en aangepast naar gelang van toekomstige ontwikkelingen en nieuwe inzichten. Aanvullingen, opmerkingen en suggesties zijn dan ook van harte welkom. Mogelijk krijgt de factsheet in 2025 weer een nieuwe update. De huidige versie is ongewijzigd sinds november 2018.

3.2.8 *Studie Veenetië*

Gemeente Woerden heeft een studie uitgevoerd in samenwerking met andere partijen naar de haalbaarheid voor een bodemdalingbestendige wijk. Deze studie vond plaats in een living lab-omgeving. Veenetië is een wijk die is gebaseerd op drijvende principes en is gepland in een gebied met zeer slappe bodem. Door te bouwen op water in een veenweidegebied ontstaat een wijk die flexibel is en geen hinder ondervindt van bodemdalingen. Het ontwerp maakt het mogelijk om te bewegen met het water en effectief water te bufferen. Dit maakt de wijk zowel bodemdaling- als klimaatbestendig. Uit deze studie bleek dat er veel m² aan openbare ruimte niet gekoppeld hoeft te worden aan hoofdinfrastructuur. Denk bijvoorbeeld aan parkeervakken en stoep aan beide zijden van de weg. Door de parkeerplekken te bundelen in parkeerhoven zonder ondergrondse infra en omringd door water, ontstonden m² openbare ruimte waarvan het minder erg is als deze daalde. Het was immers erg goedkoop deze plekken op te hogen na verzakken en door een lichtere funderingsconstructie was het ook minder zwaar op de ondergrond. Met deze oplossing konden significante kosten bespaard worden.



3.2.9 *Restzettingseis IBOR Coaching*

De restzettingseis is een belangrijk middel om te zorgen dat partijen tijdens de aanleg de juiste technieken toepassen waardoor de openbare ruimte voor langere tijd op hoogte blijft. Een restzettingseis kan variëren naar gelang de functie per object/gebied. Voor hoofdinfrastructuur is het verstandig om een strenge restzettingseis aan te houden. Maar voor secundaire infrastructuur, groen of private terreinen is dat niet direct een vereiste. Als het gekozen groen of als de gebouwen maar zo ontworpen zijn dat er geen overlast wordt ervaren als de bodem wat sneller daalt.

Factsheet

Boven- en ondergrondse infrastructuur Bodemdalingbestendige Nieuwbouw

De restzettingseis voor hoofdinfrastructuur dient voldoende streng te zijn zodat de functie van het object of het gebied behouden blijft zonder dat hier onevenredig veel onderhoud voor nodig blijkt te zijn. Gemeente Woerden dient als interessant voorbeeld voor een restzettingseis. Zij hebben een restzettingseis laten vaststellen door de raad en hebben hier een innovatieve aanvulling gedaan ten opzichte van traditionele restzettingseisen: Ze nemen achtergrondzettingen (autonome bodemdaling) mee in de eis.

Gemeente Woerden heeft dit gedaan omdat een restzettingseis zonder achtergrondzettingen eigenlijk vrij weinig zegt over de toekomstige onderhoudsfrequentie. Terwijl dit juist wel van belang is in het toekomstig beheer. Het kan goed zijn dat het meenemen van autonome bodemdaling resulteert in een andere manier van bouw- en woonrijp maken.

Gemeente Woerden heeft ervoor gekozen om een restzettingseis te formuleren van 30 cm in 60 jaar inclusief autonome bodemdaling. Hiermee trekken ze het onderhoudsscenario gelijk met onderhoud op niet zettingsgevoelige ondergrond. Daar vinden grote reconstructies pas na 60 jaar plaats. De 30 cm is gekozen omdat RIONED in hun leidraad stelt dat een riool na 40 cm zetting moet worden gereconstrueerd en gemeente Woerden rekening houdt met een onzekerheidsmarge van modellen van 30%.



4. Kennishiaten

Op dit moment spelen de volgende vraagstukken rondom bodemdalingbestendige boven- en ondergrondse infrastructuur bij nieuwbouw.

- Komt er een uniform kader voor bodemdalingbestendig bouwen met een door de Rijksoverheid vastgestelde restzettingseis? Het Ministerie van IenW werkt richting de WoonTop aan dit uniforme kader.
- Hoe ontwerp je samenhangende bodemdalingbestendige gebiedsontwikkeling waar gebiedsspecifieke restzettingseisen worden gehanteerd? Oftewel: hoe ontwerp je een wijk en gebouwen daar waar bijvoorbeeld het groen, de tuinen en parkeerhoven zonder ondergrondse infra mogen blijven zakken zonder dat dit leidt tot onacceptabele overlast, schade of toenemende beheer- en onderhoudskosten?
- Wat is de financiële en economische haalbaarheid van drijvend bouwen in zettingsgevoelige gebieden en hoe wordt hierin omgegaan met de openbare ruimte?
- Hoe kunnen toekomstige financiële en economische baten van goed bouwrijpmaken worden meegenomen in de grondexploitatie?
- Welke keuzes moeten we maken in het openbaar groen wanneer we bouwen op slappe bodem (en vaak te maken hebben met hoge grondwaterstanden)?
- Wat is de haalbaarheid van de doorwerking van het model wat gebruikt is in de studie van Deltares en Sweco rondom het afwegingskader met D-settlement?
- Discussie rondom: waarom hebben we drooglegging echt nodig?