



Factsheet

Factsheet monitoring
bodemdaling stedelijk gebied

September 2022



Kenniscentrum
**Bodemdaling
en Funderingen**

Auteurs

Cees-Anton van den Dool

Stijn Muntjewerff

Inhoud

1. Vraagstelling	2
1.1. Afbakening en Doelstelling	2
1.2. Proces deelepeditie	3
2. Facts	4
2.1. Welke methoden zijn beschikbaar voor het monitoren van de omvang en het gevolg van bodemdaling?	4
2.2. Welke methoden zijn beschikbaar voor het monitoren van de oorzaak-gevolg relaties die leiden tot bodemdaling?	4
2.3. Welke methoden zijn beschikbaar voor het monitoren van de effectiviteit van maatregelen?	4
2.4. Welke gemeenten hebben ervaring met het monitoren van bodemdaling (Kennis- en ervaringsmatrix)	5
3. Bronnen	8
4. Betrokken partijen	8
5. Openstaande vragen geprioriteerd	9
I. Materialen	10

1. Vraagstelling

Deze factsheet geeft een overzicht van het proces en de resultaten van de deelepeditie monitoring bodemdaling stedelijk gebied. Voor veel gemeenten in laag Nederland staat het onderwerp bodemdaling in de belangstelling vanwege de kans op aanzienlijke schade aan wegen, riolering en private panden. Het onderwerp is relatief nieuw en veel gemeenten experimenteren met methodes om de bodemdaling en oorzaken en gevolgen hiervan te monitoren. Hierbij doen gemeenten veel ervaring op, maar de kennis hierover is verspreid en in ontwikkeling.

Met deze deelepeditie hebben we de kennis en ervaring rond monitoring van bodemdaling in

beeld gebracht en hebben we een handreiking opgesteld voor het monitoren van bodemdaling in stedelijk gebied gericht op gemeenten.

1.1 Afbakening en Doelstelling

Deze deelepeditie richt zich op gemeenten die bodemdaling willen monitoren in stedelijk gebied. Bodemdaling zorgt vooral in laag Nederland voor schade aan infrastructuur en gebouwen. Voor gemeenten leidt schade aan bijvoorbeeld wegen en riolering direct tot hogere onderhoudskosten, maar ook andere partijen als woningbezitters en nutsbedrijven ondervinden de gevolgen. Voor het nemen van de juiste beslissingen en het informeren van andere partijen hebben gemeenten een goed beeld nodig van bodemdaling binnen hun stedelijk gebied. De deelepeditie maakt onderscheid in het monitoren van:

1. de omvang en gevolgen van bodemdaling;
2. de oorzaak-gevolg relaties die leiden tot bodemdaling;
3. de effectiviteit van maatregelen.

Vragen hierbij zijn wat goede methodes zijn om de bovenstaande onderwerpen in beeld te brengen en hoe gemeenten deze monitoring op een effectieve manier kunnen inrichten.

Het doel van de deelexpeditie is het opzetten en uitbreiden van een netwerk rond het thema monitoring bodemdaling in stedelijk gebied en het ontwikkelen van een handreiking monitoring bodemdaling in stedelijk gebied.

1.2 Proces deelexpeditie

Het Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling (NKB) heeft de gemeente Schiedam in 2021 gevraagd om deze deelexpeditie te trekken met ondersteuning vanuit adviesbureau Nelen & Schuurmans. De deelexpeditie is onderverdeeld in 3 fases:

- Fase 1: Opzetten netwerk en inventarisatie monitoring
- Fase 2: Opstellen methodische aanpak
- Fase 3: Opstellen Handreiking monitoring bodemdaling stedelijk gebied

Fase 1: Opzetten netwerk en inventarisatie monitoring

Het NKB, Nelen & Schuurmans en de gemeente Schiedam hebben actieve gemeenten en organisaties op het thema monitoring bodemdaling benaderd voor een telefonisch interview over monitoring bodemdaling en maatregelen tegen bodemdaling. De verschillende monitoringsvoorbeelden uit deze gesprekken vormen de basis van de kennis- en ervaringsmatrix. De geïnterviewde

partijen hebben daarnaast ook aangegeven of zij mee willen denken in het netwerk. De projectgroep heeft de kennis- en ervaringsmatrix besproken en de invulling van een brede kennissessie vastgesteld. Tijdens de kennissessie hebben de gemeenten voorbeelden van monitoring van bodemdaling gepresenteerd en is de kennis- en ervaringsmatrix aangevuld. Daarnaast zijn de kennislieden besproken. Deze hebben als input voor Fase 2 gediend.

Fase 2: Opstellen methodische aanpak

Op basis van de input van de kennissessie hebben we een methodische aanpak opgesteld voor de monitoring van bodemdaling waarbij ingegaan wordt op de verschillende meetdoelen en -methoden. Deze methode maakt deels gebruik van het door Deltares ontwikkelde 6M model. Het netwerk heeft de bruikbaarheid van deze methode aanpak gevalideerd aan de hand van casussen tijdens een werksessie.

Fase 3: Opstellen Handreiking monitoring bodemdaling stedelijk gebied

De opgedane kennis uit fase 2 is verwerkt in een handreiking monitoring bodemdaling stedelijk gebied. In de handreiking zijn voor de stappen van de methodische aanpak toegelicht met onder andere de verschillende monitoringsdoelen, mogelijke technieken, aandachtspunten en voorbeelden. Deze handreiking is met de projectgroep besproken waarna het document bij de afsluitende sessie met het Netwerk gedeeld wordt. Bij de afsluitende sessie is ook afgesproken dat deze handreiking beschikbaar en actueel gehouden wordt. Aan het einde van het proces is deze factheet opgesteld.



Figuur 1: Proces onderverdeeld in de drie fases en hun uitkomsten.

2. Facts

Een goede aanpak van monitoring begint met het verzamelen van de problemen die bodemdaling in de praktijk oplevert en wie probleemeigenaar zijn. Vervolgens kiest de gemeente welke rol zij kiest op het gebied van bodemdaling, daarbij kan de gemeente bijvoorbeeld kiezen om vooral naar de eigen eigendommen te kijken of ook de pandeigenaren te willen informeren. De gekozen rol bepaalt vervolgens de meetstrategie en het benodigde budget. (Zie handreiking)

2.1. Welke methoden zijn beschikbaar voor het monitoren van de omvang en het gevolg van bodemdaling?

De omvang van bodemdaling voor de gehele gemeente kan goed in beeld gebracht worden met op satelliet gebaseerde InSAR (Interferometric synthetic-aperture radar). De brondata hiervoor is beschikbaar tot enkele jaren terug. Deze beelden zijn gebiedsdekkend en vooral goed te gebruiken bij harde oppervlakken.

Sommige dataproducten zijn gratis¹ beschikbaar, meer geavanceerde en gevalideerde kaarten en kaartcombinaties zijn beschikbaar bij commerciële aanbieders². Een meetprogramma van putdeksels kan ook inzicht bieden. Dit is arbeidsintensief en de metingen zijn puntlocaties, maar meetpunten kunnen wel verdicht worden in gebieden die interessant zijn. Let altijd goed op de meetnauwkeurigheid, deze is afhankelijk van de gebruikte techniek (GPS, DGPS). De gevolgen van bodemdaling voor de infrastructuur kunnen bepaald worden uit de inspecties van wegen en riolering.

2.2. Welke methoden zijn beschikbaar voor het monitoren van de oorzaak-gevolg relaties die leiden tot bodemdaling?

Dit begint met het opstellen van mogelijke oorzaak-gevolg relaties, die vervolgens modelmatig

en met metingen worden onderzocht. Bijvoorbeeld droogte die leidt tot bodemdaling, opzet of gebruik van goed grondwatermeetnet.

2.3. Welke methoden zijn beschikbaar voor het monitoren van de effectiviteit van maatregelen?

Grotere ingrepen kunnen gemonitord worden met InSAR, maar om ook kleinere maatregelen met kleinere effecten snel te kunnen onderzoeken ligt een handmatige inmeting meer voor de hand. De metingen worden afgestemd op de te onderzoeken effectiviteit met voldoende dichtheid om bijvoorbeeld ook seizoenseffecten mee te nemen. Het meenemen van een referentiemeting zorgt ervoor dat het netto-effect van de maatregel bepaald kan worden.

Maatregelen tegen bodemdaling zijn bedoeld voor de langere termijn. Het is daarom belangrijk om de continuïteit van de metingen en de ontsluitingen van de gegevens te waarborgen. Zorg dat hier budget voor is en leg de verantwoordelijkheden goed vast. Maak afspraken over aanlevering van brongegevens als een externe partij of fabrikant de metingen uitvoert en de analyse uitvoert.

¹ Zie bijvoorbeeld <https://skygeo.com/nl/bodemdaling/> of Bodembeweging InSAR (harde topografie Nederland op <https://www.nationaalgeoregister.nl/>

² <https://skygeo.com/nl/> of <https://www.sensar.nl/>

2.4. Welke gemeenten hebben ervaring met het monitoren van bodemdaling (Kennis- en ervaringsmatrix)

Onderstaande kennis- en ervaringsmatrix geeft een overzicht van de kennis en ervaringen van de betrokken gemeenten die zich al langer bezighouden met het monitoren van bodemdaling. Naast een toelichting wordt de reden(en) om te monitoren weergegeven, onderverdeeld in omvang & gevolg, oorzaken en effectiviteit van maatregelen. Als laatste is de contactpersoon vanuit de gemeente vermeld. Dit draagt bij aan de uitbreiding van het netwerk rond thema monitoring van bodemdaling en kennisdeling wat tijdens deze deelexpeditie is opgezet.

Organisatie	Omschrijving	Omvang en gevolg	Oorzaken	Effectiviteit	Contactpersoon
Vlaardingen/ Wareco	Effect grondwaterdaling op zetting. Grondwaterstandsverlagingen kunnen zettingen van de ondergrond ten gevolge hebben. In slappe bodems waar water in de bodemporiën wordt vastgehouden, draagt dit bodemvocht bij aan de draagkracht van de bodem. Bij verlaging van de grondwaterstand trekt water gedeetelijk uit de bodemporiën wat ruimte overlaat voor zetting. De bodem drukt samen door het gebrek van tegendruk van water in de poriën.		X		Roel de Leede
Schiedam	Risicogestuurd rioolbeheer maakt afwegingen door de gevolgen voor de samenleving aan te geven. Concreet kiest de beheerder eerst de mate waarin het functioneren van de beheerde assets tot nut zijn voor de eigenaren. Daarna volgt de risico beoordeling, de kans en consequenties van mogelijk disfunctioneren. De laatste stap is de kosten van beheer in kaart te brengen, onderbouwt door het nemen van maatregelen voor afdoend functioneren van het systeem en acceptabele risico's.	X			Roy Abdoelkarim/ Cees-Anton van den Dool

Schiedam	InSAR combinatie met fundering. Voor gebieden met wateroverlast heeft de gemeente Schiedam de zetting van alle panden bepaald met behulp van InSAR gegevens. Deze InSAR gegevens zijn vervolgens vergeleken met de beschikbare gegevens van de fundering van panden. Hieruit bleek dat de InSAR-data een goede voorspeller is voor het niet gefundeerd zijn van panden. Vervolgens zijn de gebieddekkende gegevens gebruikt om te vergelijken met een gedetailleerd wateroverlast model om nauwkeurig te bepalen welke panden kwetsbaar zijn voor wateroverlast.	X			Roy Abdoelkarim/ Cees-Anton van den Dool
Assethub	Om met zekerheid vast te stellen of scheurvorming door bodemdaling wordt veroorzaakt is het noodzakelijk om zowel de bodemdaling, als ook de scheurvorming zelf te monitoren. Alleen dan kan een relatie worden vastgesteld. Het monitoren van scheurvorming was altijd arbeidsintensief en werd vaak achterwege gelaten of de scheurwijdte werd slechts op enkele plekken periodiek gemeten. Asset Hub heeft software ontwikkeld waarmee een inspecteur zijn inspectiefoto's aan elkaar kan laten stitchen tot een hoge resolutie gevel aanzicht, waarop automatisch, objectief en betrouwbaar de scheurvorming wordt gedetecteerd. Tijdens een volgende inspectie kan dan eenvoudig eventuele scheurgroei gemonitord worden.	X			Jeroen Kruithof
Wareco	Gestuurd of dynamisch peilbeheer antcipeert op omstandigheden en de wensen van belanghebbenden op basis van randvoorwaarden opgenomen in het peilbesluit. Zodoende kan de beheerder inspelen op grondwaterstand schommelingen, het weer en bodemvochtgehalte. Ter voorbereiding van een droogte kan de grondwaterstand verhoogd worden, zodoende anticpeert het gestuurde peilbeheer op bodemdaling door veenafbraak.			X	Maarten Kuiper
Deltares	Het 6M model is een overkoepelend adaptief monitoringsmodel wat de fysieke en bestuurskundige aspecten van monitoring met elkaar koppelt. Het bestaat uit 3 cycli: de methodische cyclus, de beleidscyclus en monitoring- en afwegingscyclus. 3 'feedbackloops' geven extra sturing aan het 6M model waardoor het een adaptief monitoringsmodel wordt dat generiek toepasbaar als ondersteuning voor gemeente. De cycli hoeven niet alle 3 doorlopen te worden wanneer de gemeente dit niet nodig acht.	X	X	X	Saskia Hommes

Woerden	In Kamerik zijn meerdere proefopstellingen opgezet om lichtgewicht ophogingsmaterialen op bodemzettinggevoelige ondergrond te testen. In twee woonstraten is de weg opgehoogd met Yalibims. Daarnaast zijn er drie extra proefvakken aangelegd om de lichtgewicht ophogingmaterialen zand eps en argex te testen. Zakbakens en extensometers meten de daling waarna jaarlijks een analyse van de bodemdaling gemaakt wordt.				Arend van Woerden
Deltares	Technische monitoring proefvakken stedelijk gebied zoals hierboven beschreven bij Woerden				Saskia Hommes bellen
Almere	Regenboogbuurt (proefvak schuimglas en steenwol)			X	Arjo Hof
Almere	Putdekselmetingen 2008 elke 3 jaar (Waterpas, gps)	X			
Almere	InSAR (10 m gebieden)	X			
Almere	Het algemeen hoogtebestand Nederland (AHN) is een digitale precisie hoogtekaart van heel Nederland AHN met gemiddeld 8 hoogtemeting per vierkante meter. De AHN wordt ongeveer iedere 4 jaar ingevlogen en publiekelijk beschikbaar gemaakt. De vergelijking tussen de hoogtekaarten van de verschillende AHNs van hetzelfde gebied biedt de mogelijkheid de verschillen tussen de AHNs te berekenen. Dit is een relatief eenvoudige en snelle methode om bodemdaling voor grotere gebieden te bepalen.	X			
Almere	Met behulp van satelliet data (InSAR) op ongefundeerde objecten, een lithologisch model en een grondwatermodel is er een fysisch model geoptimaliseerd waarmee de autonome bodemdaling door grondwater daling bepaald kan worden. Autonome bodemdaling is bodemdaling door grondwater daling bepaald, niet bodemdaling door compactie/consolidatie door bebouwing. Het fysisch model is opgesteld in samenwerking met TNO en de Universiteit Utrecht. Hiertoe zijn de rijping van klei en de oxidatie van veen door een dalende grondwaterspiegel gemodelleerd en de parameters als snelheid van rijping en oxidatie, die hierin een rol spelen geoptimaliseerd voor het stedelijk gebied. Door gebruik van een data assimilatie methode (history-matching) is onderscheid gemaakt tussen bodemdaling gemeten door InSAR en de snelheid van de autonome bodemdaling.			X	Manon Verberne (UU)
Amsterdam	Amsterdam maakt ook gebruik van de volgende methode die bij Almere beschreven zijn om bodemdaling problematiek in beeld te brengen: InSAR, AHN verschillen, putdekselmetingen	X			Martine Coevert

3. Bronnen

Lorzing, H., Harbers, A., & Schluchter, S. (2008). Een stedenbouwkundige typologie. *NAi, Rotterdam*.

Koers, G., Hommes, S., Buxc, T., Ellen, G. J., Kok, S., & Sardjoe, N. (2021). Propositie paper “Overkoepelende adaptieve monitoring van ruimtelijke interventies”. *Deltares*

Slappe bodem publicatie

Asselen, S., Kooi, H., & van den Akker, J. J. H. (2020). Deltafact bodemdaling. *STOWA*. Via: <https://www.stowa.nl/deltafacts/ruimtelijke-adaptatie/adaptief-deltamanagement/bodemdaling>

Meijaard, S., de Putter, P., Minderhoud, F., & Handgraaf, S. (2022) Overzicht juridische kennis bodemdaling in stedelijk gebied. *Toolbox Bodemdaling in Steden*. Via:

<https://bodemdalingdebaas.nl/media/pages/projecten/stad/toolbox-bodemdaling-historische-steden/13d41af738-1619765884/toolbox-bodemdaling-in-steden.pdf>

4. Betrokken partijen

Naam	Organisatie
Arend van Woerden	SWECO
Ariane Fijan	Gemeente Gouda
Arjo Hof	Gemeente Almere
Maarten Kuiper	Aveco de Bondt
Robert van Cleef	Kennisprogramma Bodemdaling
Roy Abdoelkarim	Gemeente Schiedam
Saskia van Walwijk	Gemeente Schiedam
Roel de Leede	Gemeente Vlaardingen
Saskia Hommes	Deltares
Tom Bucx	Deltares
Martine Covert	Gemeente Amsterdam
Henriëtte Noordhof	Gemeente Leiden
Maarten de Groot	SkyGeo
Cees-Anton van den Dool	Nelen & Schuurmans
Stijn Muntjewerff	Nelen & Schuurmans

5. Openstaande vragen geprioriteerd

Vragen waarop vanuit de projectgroep en het Netwerk geen antwoorden gegeven konden worden tijdens de deelexpeditie zijn:

1. Wat hebben gemeenten verder nodig naast de handreiking om aan de slag te gaan met monitoren?

Een korte cursus van een dagdeel zou kunnen helpen om gemeenten op weg te helpen met monitoring. Daarnaast kunnen goede voorbeelden van gemeenten beschikbaar gesteld worden ter inspiratie. Dit is nog niet verder uitgewerkt.

2. Wie is verantwoordelijk voor monitoring van bodemdaling?

Een gedeelte van de monitoring van bodemdaling heeft te maken met de vaste taken van gemeente vanuit weg, riolering en groenbeheer en de verantwoordelijkheid van de openbare ruimte. In veel gevallen is de gemeente echter niet de verantwoordelijke en probleemeigenaar bij bodemdaling. De vraag is welke verantwoordelijkheid de gemeente in die gevallen heeft.

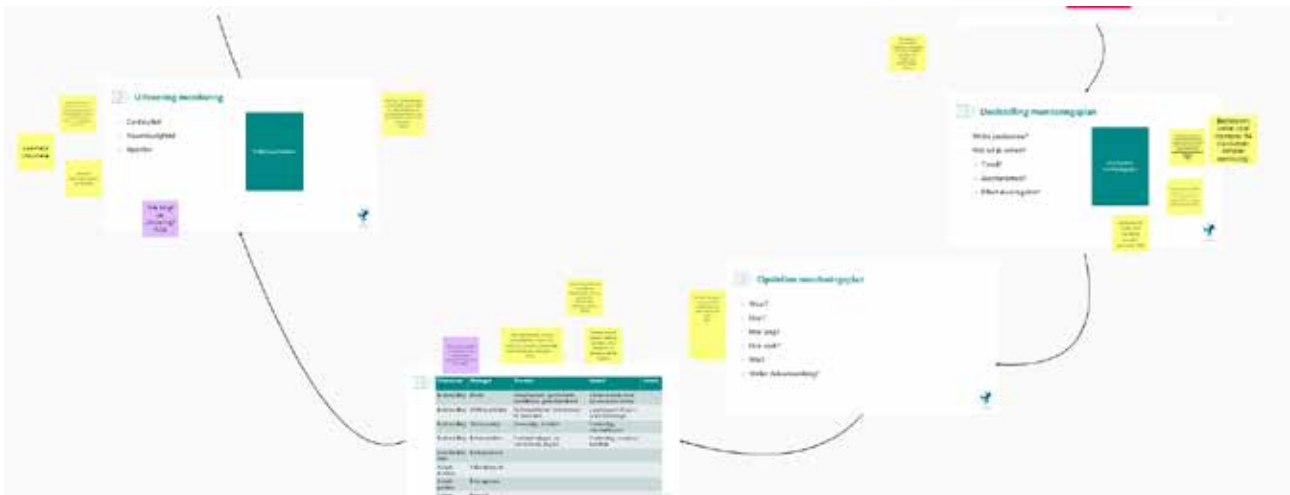
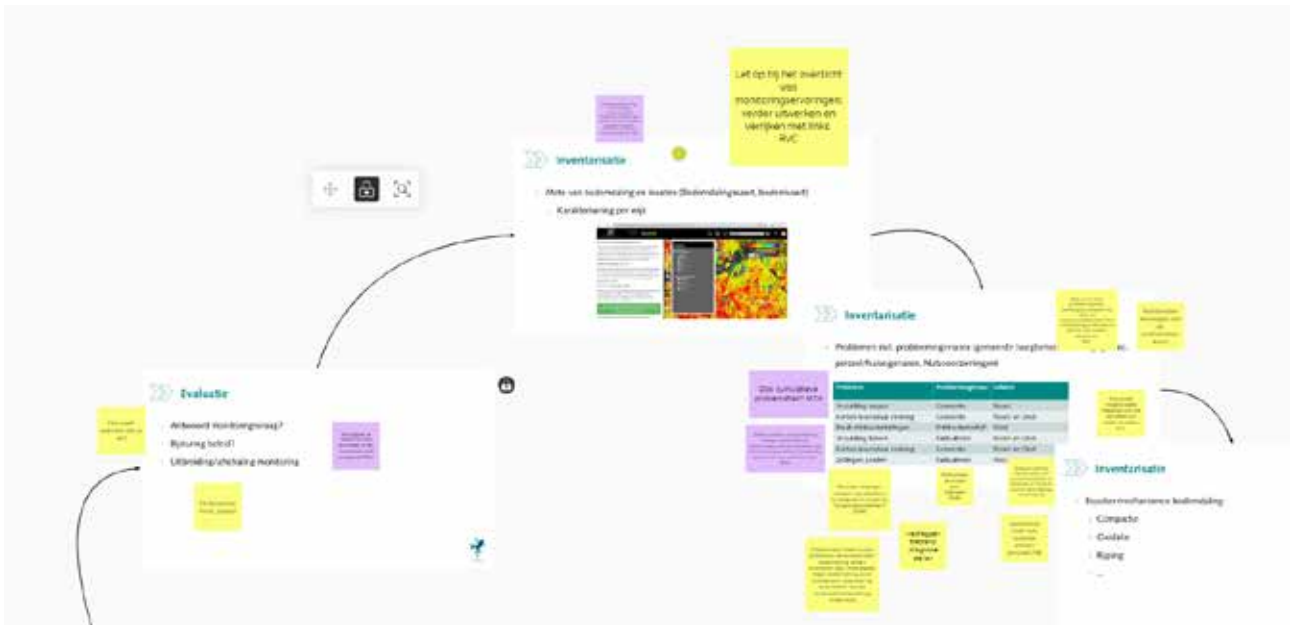
3. Hoe wordt er internationaal omgegaan met monitoring van bodemdaling?

Deze deelexpeditie is tot dusverre beperkt gebleven tot de landsgrenzen. Mogelijk ligt er potentieel kennis bij buitenlandse partijen waar (sommige) Nederlandse gemeente van kunnen leren.



I. Materialen

Resultaten Mural





**Handig zo'n
uitgebreide
factsheet,
toch heb
ik nog een
andere vraag.**

**Kom maar
door.
Stel je vraag
gerust via
info@kbf.nl**