



Factsheet

Handreiking monitoring
bodemdaling in stedelijk gebied



Kenniscentrum
**Bodemdaling
en Funderingen**

Auteurs

Cees-Anton van den Dool

Stijn Muntjewerff

Inhoud

1. Inleiding	2
1.1 Aanleiding en Doel	2
1.2 Leeswijzer	3
2. Raamwerk voor adaptieve monitoring	4
3. Stappenplan monitoring bodemdaling	5
3.1 Inventariseren	6
i. Mate van bodemdaling	6
ii. Mechanismen bodemdaling	6
iii. Problemen en probleemeigenaren	7
3.2 Opstellen monitoringsplan	9
ii. Betrokken partijen	10
iii. Monitoringsstrategie	10
3.3 Opstellen monitoringsplan	12
4. Evaluatie	12

1. Inleiding

1. Aanleiding en Doel

Deze handreiking richt zich op gemeenten die bezig zijn, of aan de slag willen met de monitoring van bodemdaling 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.

Het doel van deze handreiking is om gemeenten te helpen bij het opzetten of verbeteren van de monitoring van bodemdaling in het stedelijk gebied. Met het volgen van het stappenplan uit hoofdstuk 3 kan een gemeenteambtenaar binnen enkele dagen een praktisch plan opstellen voor gerichte monitoring van bodemdaling.

Deze handreiking is tot stand gekomen binnen de deelexpeditie adaptieve monitoring van het Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling.

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van het raamwerk voor adaptieve monitoring van bodemdaling, dat is opgesteld door Deltares. Hoofdstuk 3 geeft een vereenvoudigd stappenplan dat gemeenten kunnen volgen om monitoring van bodemdaling in te richten.



Figuur 1: Zetting van de openbare ruimte (Fotograaf: Vincent Basler)

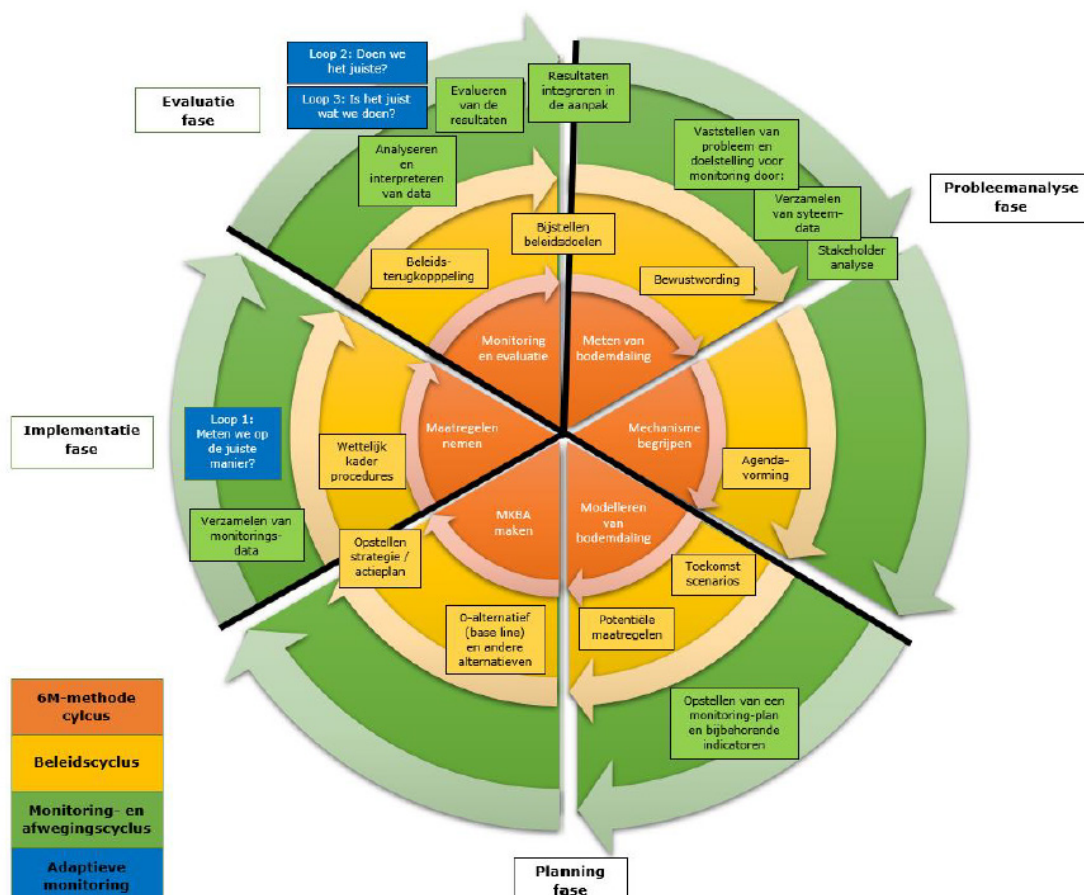
2. Raamwerk voor adaptieve monitoring

Deltares heeft een raamwerk opgesteld voor adaptieve monitoring met daarin aandacht voor techniek/systeem effecten, economische baten en kosten, maatschappelijke acceptatie en institutionele haalbaarheid. Hierbij wordt voortgebouwd op het 6M model in combinatie met (de fasering in) de beleidscyclus, waardoor fysieke aspecten van monitoring worden gekoppeld aan bestuurlijke en politieke aspecten. Dit omvat ook zogenaamde feedback loops, die kunnen helpen in de bijsturing van beleid. Dit generieke raamwerk kan gemeenten ondersteunen bij de implementatie en monitoring van de aanpak van bodemdaling.

De eerste schil wordt gevormd door het meer technische 6M model bestaande uit 6 cyclische stappen van “Meten van bodemdaling” tot aan “Monitoring en evaluatie”. Het bestuurlijke en politieke aspect van monitoring wordt vervolgens meegenomen in de volgende ‘schil’, de beleidscyclus. De derde schil is de monitorings- en afwegings-

cyclus waarin het monitoren van de verschillende stappen concreet wordt gemaakt. De adaptieve feedbackloops zorgen ervoor dat het proces zich aanpast aan veranderende omstandigheden (zie onderstaande figuur).

Figuur 2: Grafische weergave 6M-model (Bron: Deltares)



Adaptieve feedbackloops zijn toegevoegd om de uitkomsten van de monitoring niet alleen te gebruiken, maar er ook van te leren (beleidsevaluatie) en zodoende het cyclisch proces te verbeteren. Hierbij wordt ingegaan op de volgende vragen: Meten we het juiste? Doen we het juiste? Is het juist wat we doen?

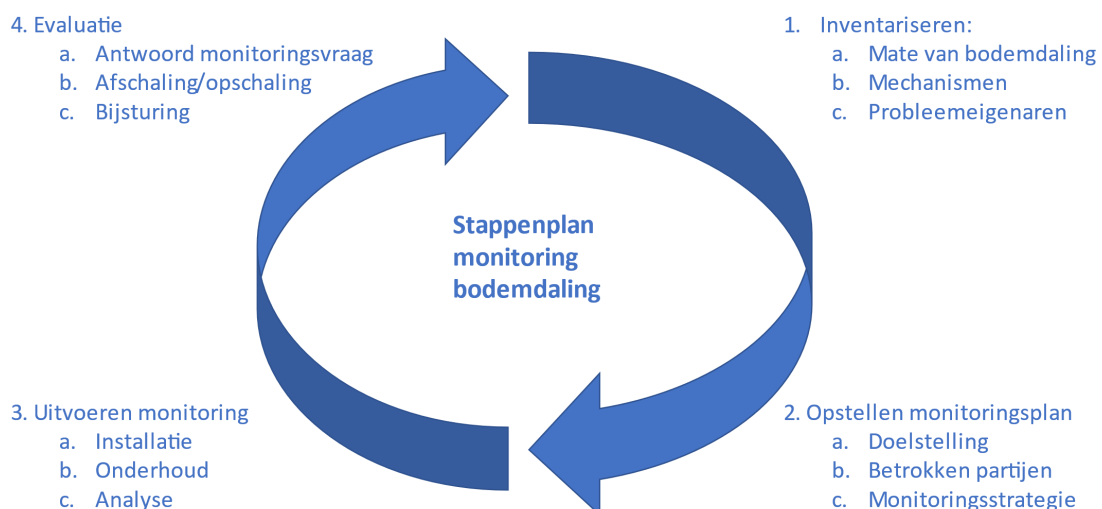
Samenvattend is het nut van adaptieve monitoring als volgt te omschrijven:

- Geeft inzicht in rol en verantwoordelijkheden van stakeholders in de hele cyclus
- Helpt bij het creëren van draagvlak / consensus bij alle stakeholders (hier speelt ook het politieke element..)

- Draagt bij aan het komen tot goede en geïnformeerde beslissingen
- Helpt met het toetsen van:
 - effectiviteit van beleid (zowel smal als breed i.e. multi-sectoraal)
 - effectiviteit van maatregelen
 - sociaal-economische gevolgen
- Helpt in de bijsturing van beleid door feedback loops

3. Stappenplan monitoring bodemdaling

Om in korte tijd een praktisch monitoringsplan voor een gemeente op te stellen, is het 6M-model vereenvoudigd tot een 4 stappenplan. Deze stappen zijn weergegeven in onderstaande figuur en worden toegelicht in de volgende paragrafen.



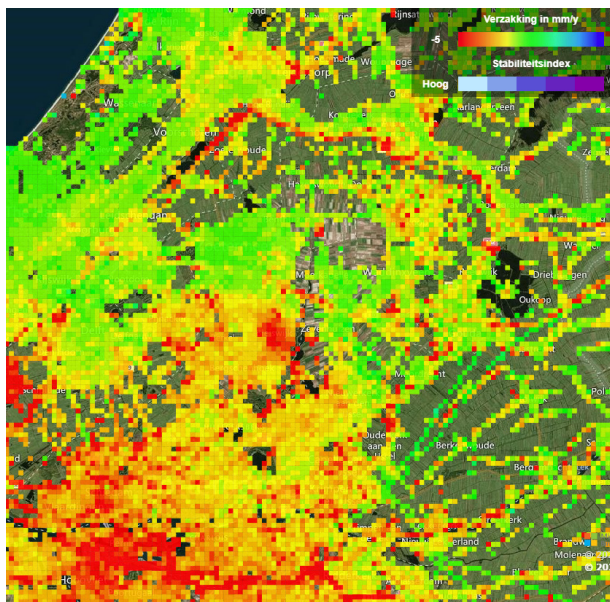
Figuur 3: Schematische weergave toegepaste methode aanpak monitoring bodemdaling

3.1 Inventariseren

De eerste stap in de methode is om het bodemdalingsprobleem in uw gemeente in beeld te brengen. Deze inventarisatie bestaat uit het bepalen van: de mate van bodemdaling, de optredende mechanismen en de probleemeigenaren. Deze tussenstappen worden hieronder toegelicht.

i. Mate van bodemdaling

De bodemopbouw van Nederland is grofweg op te delen uit het laaggelegen deltagebied langs de kust en de rivieren en de hogere zandgronden. Bodemdaling speelt zich vooral af in de lagere gelegen veen- en kleigebieden in het deltagebied. Bodemkaarten met de samenstelling van de bodem zijn openbaar beschikbaar. Daarnaast geven bodemdalingskaarten¹ op basis van InSAR een goede eerste indruk van de bodemdaling in stedelijk gebied. Sommige dataproducten zijn gratis² beschikbaar, meer geavanceerde en gevalideerde kaarten en kaartcombinaties zijn beschikbaar bij commerciële aanbieders³.



Figuur 4: Bodemdalingskaart 2.0 op basis van InSAR (bron:skygeo.nl)

¹ Bijvoorbeeld de bodemkaart op PDOK.nl

² Zie bijvoorbeeld <https://skygeo.com/nl/bodemdaling/> of Bodembeweging InSAR (harde topografie Nederland op <https://www.nationaalgeoregister.nl/>)

³ <https://skygeo.nl/nl> of <https://www.sensar.nl/>

Naast de mate van bodemdaling is ook de kwetsbaarheid van de gebouwde omgeving van belang. Voor Nederlandse woonwijken is een stedelijke typologie opgezet gebaseerd op de bouwperiode, hoogte, bebouwingsvorm en mate van groen zoals weergegeven in figuur 5. Deze bouwperiodes corresponderen met de typen funderingen waardoor deze stedelijk typologieën waardevolle informatie zijn om de kwetsbaarheid van een pand of buurt te bepalen. Oudere bebouwing is soms onvoldoende gefundeerd, maar vaak wel gebouwd op stevige bodem. Vanaf de jaren '70 zijn de meeste panden goed gefundeerd, maar soms gebouwd op slappe veen in uitbreidingswijken of ongerijpte kleibodems zoals in Flevoland bijvoorbeeld.

Stedelijke typologie		Microklimaat categorie		
Periode	Hoogte	Bebouwingsvorm	Groen	
Historisch stadsbouwblok & vooroorlogs bouwblok	voor 1910	Midden hoog	Gesloten bouwblok	Weinig groen
Tuindorp	'10-'30	Laag	Gesloten bouwblok	Gematigd tot veel groen
Woonwijk	'30-'40	Laag	Gesloten bouwblok	Weinig groen
Naoorlogse tuinstad laagbouw	'45-'55	Laag	Open bouwblok	Gematigd tot veel groen
Naoorlogse tuinstad hoogbouw	'50-'60	Midden hoog/ hoog	Open bouwblok	Gematigd tot veel groen
Bloemkoolwijk	'75-'80	Laag	Strokenbouw	Weinig tot gematigd groen
Sub-urbane uitbreiding - Vinex	'90-'05	Laag	Gesloten bouwblok	Gematigd groen
Hoogbouw stadscentra	'60-present	Hoog	Verspreide bebouwing	Weinig groen

Gebaseerd op typologieën zoals omschreven door Lorzing et al. (2008) in 'An urban typology'

Figuur 5: Stedelijke typologieën zoals omschreven door Lorzing et al. (2008)

ii. Mechanismen bodemdaling

Om een goed beeld te krijgen van het verloop en de mogelijke oplossing van bodemdaling bepaalt u de onderliggende mechanismen van bodemdaling in uw gemeente. Over het algemeen worden deze mechanismen bepaald door een combinatie van bodemopbouw, grondwater en belasting. Bodemdaling is onder te verdelen in de volgende mechanismen:

Compactie: Compactie is de verdichting van het droog bodemkorrelskelet onder externe druk. In andere woorden; als de bodem belast wordt,

drukken de bodemkorrels gedeeltelijk samen. Dit samendrukken leidt tot bodemdaling.

Consolidatie: Onder externe druk kan een nat bodemkorrelskelet ook verdichten, doordat het grondwater uit de bodemporiën gedrukt wordt. Dan spreekt men over consolidatie of compressie. Het proces van consolideren kan in slappe grondlagen een langdurig proces zijn. In de civiele techniek versnelt men dit meestal door verticale drainage toe te passen, waardoor het grondwater makkelijker uit de bodem kan afstromen.

Kruip: Kruip is de reorganisatie van korrelskelet zonder dat hier externe druk aan toegevoegd is. Kruip kan gelijktijdig met consolidatie optreden, waarbij het tot extra bodemdaling leidt. Extra bodemdaling komt voornamelijk voor bij klei en veen.

Organische oxidatie: Zodra een bodem met organisch materiaal, zoals veen of in mindere mate klei, in aanraking komt met zuurstof, leidt dit tot afbraak van het organisch materiaal. Dit proces wordt oxidatie genoemd. Het organische gedeelte wordt geleidelijk omgezet in CO₂ en restproducten. Feitelijk zakt de bodem dus niet, maar wordt de veenlaag die in contact staat met zuurstof omgezet in gasen waardoor volumevermindering van de bodem optreedt.

Rijping: Rijping is de natuurlijke veroudering van een bodem met veel organisch materiaal en klei. Rijping bestaat in feite uit drie processen die elkaar (deels) overlappen en gezamenlijk leiden tot bodemdaling.

1. Fysische rijping: verdamping en ontwatering van het vocht in de bodem (vergelijkbaar met 'consolidatie').
2. Chemische rijping: oxidatie van ijzers en organische stoffen door blootstelling aan zuurstof (vergelijkbaar met 'organische oxidatie').

3. Biologische rijping: onttrekking van vocht uit de diepere bodem door plantenwortels en omzetting van organische stoffen door bacteriën en schimmels.

Geologie en delfstoffenwinning veroorzaken ook bodemdaling, maar deze invloeden zijn grootschaliger en niet via de bovengrond te beïnvloeden. Deze invloeden blijven daarom buiten beschouwing van deze handreiking.

iii. Problemen en probleemeigenaren

Om een goed overzicht te krijgen op de gevolgen van bodemdaling inventariseert u de problemen die samenhangen met bodemdaling. Dit kunnen problemen zijn in het openbaar gebied of op particulier terrein. Vervolgens bepaalt u waar deze problemen voorkomen en wie vermoedelijk de probleemeigenaar is. Onderstaande tabel geeft een voorbeeld van een eerste inventarisatie van problemen en probleemeigenaren⁴. De onderstaande tabel is niet allesomvattend bespreek daarom onderstaande tabel met belanghebbenden om een compleet beeld van de problemen en behoeften te krijgen.

⁴ Zie ook <https://bodemdalingdebaas.nl>

Probleem	Locatie	Probleemeigenaar
Verzakking wegen	Noord	Gemeente
Kortere levensduur riolering	Noord en Oost	Gemeente
Breuk drinkwaterleidingen	West	Drinkwaterbedrijf
Verzakking tuinen	Noord en Oost	Particuliere eigenaar
Kortere levensduur riolering	Noord en Oost	Gemeente
Zetting van panden	Vooraf Centrum	Particuliere eigenaar
...		
...		

Tabel 1: Voorbeeld Inventarisatie problemen bodemdaling

De volgende tabel geeft een aantal voorbeelden van veelvoorkomende problemen die optreden door bodemdaling.

Tabel 2: Voorbeelden van problemen ten gevolge van bodemdaling

Probleem	Omschrijving
Verzakking wegen en openbaar terrein <i>Deformatie weg (Bron: Vincent Basler)</i>	Bodemdaling en een slappe ondergrond kunnen schade aan wegen en het openbaar terrein geven. Dit betekent voor de wegbeheerder meer onderhoud en snellere vervanging van de wegen. Dit betekent meer kosten voor de gemeente voor het wegbeheer. Daarnaast kunnen ongelijkmatige zettingen tot onveilige situaties leiden, die de wegbeheerder moet oplossen.
Zetting van panden <i>Funderingsherstel (bron: www.slappebodem.nl)</i>	Zetting van panden is sterk afhankelijk van het type fundering. Bij een fundering op staal, staat het pand rechtstreeks op de bodem met een ondiepe fundering. Op slappe bodems zakt het pand mee met de bodemdaling. Bij ongelijkmatige zetting kunnen scheuren ontstaan. Door de daling van het pand komt het pand vaak laag te liggen ten opzichte van de omgeving en wordt het kwetsbaar voor wateroverlast. Funderingen op houten palen rusten op een goed dragende grondlaag. Door lage grondwaterniveaus kan echter rotting optreden van het hout boven de grondwaterspiegel. Dit leidt tot schade aan de fundering en daarmee tot schade aan het huis. Sommige funderingen zijn voorzien van een betonopzetter die niet gevoelig is voor rotting. Wanneer het grondwaterpeil tot onder de betonopzetter komt, kan dezelfde schade optreden als bij houten palen. In eerste instantie is de pandeigenaar verantwoordelijk voor de fundering. Andere partijen, zoals de gemeente kunnen echter verantwoordelijk worden, als aangetoond is dat de schade ontstaat door ingrijpen van derden.

Probleem	Omschrijving
Kortere levensduur riolering <i>Inspectie van riolering (bron: GAW stichting RIONED)</i>	Door ongelijkmatige zetting van de ondergrond kan schade ontstaan aan de riolering. Scheurvorming en hoekverdraaiingen kunnen aanleiding zijn om het riool te vervangen. Bovendien wordt het afschot in de riolering ongelijkmatig, waardoor er meer vuilophoping en verloren berging ontstaat. Sommige rioleringen in slappe grond hebben daarom een technische levensduur van slecht 30 jaar in plaats van 80 jaar op andere plaatsen. Voor de gemeente betekent dit extra kosten voor de rioolvervangingen.
Breuk huisaansluitingen <i>Verzakking bij huisaansluiting (bron: www.deltares.nl)</i>	Bij goed gefundeerde panden in een zakkend gebied kan na verloop van tijd de afvoerleiding van het huis naar het riool (huisaansluiting) afbreken. Dit heeft verstopping en vervuiling tot gevolg. De huisaansluiting wordt zo aangelegd, dat een deel van de zetting opgevangen kan worden. De probleemeigenaar is in de meeste gevallen de perceeleigenaar.
Breuk ondergrondse infrastructuur <i>Ondergrondse infra (www.drinkwaterplatform.nl)</i>	Net als rioleringen zijn ook drinkwaterleidingen, stadsverwarming en andere ondergrondse infrastructuur kwetsbaar voor ongelijke bodemdaling. Breuken en lekkages kunnen tot grote overlast leiden. De probleemeigenaar is de netbeheerder.

3.2 Opstellen monitoringsplan

Met de informatie uit de inventarisatie kunt u bepalen of bodemdaling voor uw gemeente een probleem is en welke rol de gemeente hierin kan spelen. Als bodemdaling relevant is voor uw gemeente, helpt een monitoringsplan om efficiënt en effectief te kunnen monitoren.

i. Doelstelling monitoring

In de doelstelling geeft u aan welke problemen onderzocht gaan worden met de monitoring en wat er gaat gebeuren met de antwoorden. Is het probleem dat er schade aan panden optreedt door bodemdaling bij lage grondwaterstand of is het onduidelijk wat de oorzaak van bodemdaling? Grofweg kunnen we drie doelstellingen van monitoring onderscheiden:

- **Trendmonitoring:** Een trend monitoren betekent de ontwikkeling over langere tijd volgen. Dit geeft informatie hoe bodemdaling zich heeft ontwikkeld en wordt gebruikt om schade in de toekomst te voorzien of te voorkomen. Wordt bodemdaling minder of verergeren de problemen zich?
- **Onderzoek mechanismen:** Dit onderzoek is gericht op het ontdekken en aantonen van verbanden tussen oorzaak en gevolg. Wat veroorzaakt bijvoorbeeld schade aan wegen? In hoeverre wordt dit veroorzaakt door lagere grondwaterstanden of de toegenomen belasting? Met de resultaten kunnen maatregelen opgesteld worden.

- **Effect maatregelen:** Bij het nemen van maatregelen tegen bodemdaling is het belangrijk om te meten of het verwachte effect ook optreedt. Hiermee kunt u in de toekomst een betere keuze maken voor maatregelen. Daarnaast kan deze monitoring dienen als controle van afspraken met derden. Om het effect van een maatregel goed te kunnen meten, is het vaak belangrijk om een referentiemeting uit te voeren waarmee de maatregel vergeleken kan worden.

ii. Betrokken partijen

Afhankelijk van de doelstelling betreft u andere partijen bij het opstellen en de uitvoering van het monitoringsplan. Denk voor het stedelijk gebied vooral aan de volgende partijen:

- Gemeente
- Waterschap
- Particulieren (huiseigenaren en bedrijven)
- Buurt en wijkorganisaties
- Nutsbedrijven (drinkwaterbedrijf, telecom, elektriciteit)

iii. Monitoringsstrategie

Met een duidelijke doelstelling kunt u een monitoringsstrategie opstellen. Voor elke monitoringsvraag beantwoordt u de volgende vragen:

1. Wat wordt er gemonitord?

Hierbij bepaalt u welke parameters relevant zijn voor het beantwoorden van de monitoringsvraag.

2. Waar wordt er gemonitord?

Hierbij bepaalt u welk gebied onderzocht moet worden en welke punten representatief zijn om metingen te doen voor het gebied.

3. Hoe wordt er gemonitord?

Hierbij bepaalt u de meettechniek (zie onderstaande tabel), de benodigde

precisie en het meetinterval. Kijk ook naar het mogelijke gebruik van al bestaande monitoring van andere partijen.

4. Hoe lang wordt er gemonitord?

Wanneer zijn er voldoende gegevens verzameld voor het beantwoorden van de vraag? Heeft het zin om de monitoring dan nog in eventueel afgeslankte vorm voort te zetten?

5. Wie is verantwoordelijk voor de monitoring?

Spreek duidelijk af wie verantwoordelijk is voor de monitoring en wat daar dan onder valt. Gaat de monitoring bijvoorbeeld alleen over het uitvoeren van metingen of over een heel meetnet?

6. Welke dataverwerking wordt toegepast?

Welke omrekeningen en analyses zijn nodig om van meetwaarden naar informatie te komen? Wie gaat dat uitvoeren en welke data worden uiteindelijk opgeslagen? Hoe wordt deze data ontsloten voor belanghebbenden?

7. Wat is het budget?

Hoeveel geld is er nodig voor het inrichten en onderhouden van de monitoring? Is dit ook op de langere termijn beschikbaar?

8. Wat zijn de risico's?

Wat kan er technisch misgaan met, bijvoorbeeld, de meetinstrumenten? Wat zijn de organisatorische risico's in beschikbaarheid van personeel en budget? Wat zijn omgevingsrisico's zoals het wekken van verwachtingen door de metingen?

In onderstaande tabel worden voor relevante onderwerpen binnen het thema bodemdaling verschillende meetmethoden weergegeven. Van iedere meetmethode is aangegeven wat de voor- en nadelen en kosten zijn. Deze tabel ondersteunt gemeenten om een geschikte keuze te maken met de bovengenoemde factoren in het achterhoofd.

Onderwerp	Meetmethoden	Voordeel	Nadeel	Schatting kosten
Bodemdaling	InSAR	Hoogfrequent, geschiedenis beschikbaar, gebiedsdekkend	Minder betrouwbaar bij onverhard terrein	€ 5000 per jaar per 20.000 inwoners *Kostenindicatie sensar
Bodemdaling	AHN vergelijking	Gebiedsdekkend, betrouwbaar bij onverhard	Laagfrequent (6 jaar), ruime foutmarge	€ 2000 per *Kostenindicatie Nelen & Schuurmans
Bodemdaling	Waterpassing	Eenvoudige techniek	Puntmeting, arbeidsintensief	€ 500 per 200 m2 *Ruwe kostenindicatie, sterk afhankelijk van te meten tracé
Bodemdaling	Extensometers	Continumetingen op verschillende dieptes	Puntmeting, complexe installatie	€ 10.000 *Ruwe kostenindicatie epsilontech.com
Bodemdaling	Landmeter	Betrouwbaar, eenvoudige techniek	Puntmeting	€ 500 per 200m2 *Ruwe kostenindicatie, sterk afhankelijk van te meten tracé
Grondwaterstand	Drukopnemers	Continumetingen	Puntmeting, controle nodig	€ 5.000 *Ruwe kostenindicatie, www.leiderdorpinstrumenten.nl
Schade riolering	Video-inspectie	Betrouwbaar	'Afstroming' niet te controleren, arbeidsintensief	€ 2/m *Kostenindicatie VDV Cleaning
Schade panden	Foto-opname	Eenvoudige techniek	Puntopname, oorzaak niet duidelijk	€ 100/per gevel *Kostenindicatie Asset Hub
Schade wegen	Inspectie	Eenvoudige techniek	Puntopname, oorzaak niet duidelijk	-
Citizen science	Divers	Hoogfrequent, gebiedsdekkend	Controle nodig	-

3.3 Uitvoeren metingen en analyse

Het uitvoeren van de metingen is gericht op het verzamelen van continue en betrouwbare data. Dit wordt bereikt door:

3.1 Juiste installatie van de meetinstallatie. Zijn er eventueel normen voor de installatie? Is de installatie volgens voorschrift verlopen? Zijn er testen uitgevoerd?

3.2 Onderhoud van de meetinstallatie. Is er schade of vervuiling van de meetinstallatie? Zijn er andere versturende werkzaamheden?

3.3 Analyse van de metingen. Door de metingen tussentijds te analyseren, kunt u meetfouten of trendbreuken op tijd opsporen en eventueel de meetinstallatie herstellen.

4. Evaluatie

Bij de evaluatie wordt met betrokkenen bepaald of de monitoring heeft bijgedragen aan de vooraf

gestelde doelstelling(en). Het (tussentijdse) antwoord op de monitoringsvraag en de onderbouwing wordt vastgelegd in een rapportage. Hierbij wordt ook bepaald of op-/afschaling van monitoring nodig is. In de evaluatie kunnen voorstellen voor aanpassing van het monitoringsplan verwerkt worden in samenspraak met belanghebbenden.

Kortgezegd zijn de volgende vragen belangrijk om mee te nemen bij de evaluatie:

- Hoe zijn de stakeholders betrokken bij de evaluatie?
- Is er een antwoord op de monitoringsvraag?
 - Is de monitoringsvraag concreet?
 - Zijn de opgestelde indicatoren meetbaar?
- Voldoet de huidige monitoring of is op-/afschaling van de monitoring noodzakelijk?
- Is de evaluatiefrequentie doelmatig?
- Is bijsturing van het monitoringsbeleid nodig?



Figuur 6: gedetecteerde scheurvorming in gevel aanzicht (Asset Hub)



Wat een berg
aan informatie
rondom dit
onderwerp,
toch heb ik
nog een vraag.

Daar zijn
wij voor.
Stel je vraag
gerust via
info@kbf.nl