



NA-IJLENDE EFFECTEN STEENKOOLWINNING

ONDERZOEK EFFECTEN EN ADVIES INFILTRATIE

Opdrachtgever:

Gemeente Heerlen

Projectnr:

MIJ002-0001

Datum:

4 oktober 2023

NA-IJLENDE EFFECTEN STEENKOOLOWINNING EN INFILTRATIE

ONDERZOEK EFFECTEN EN ADVIES INFILTRATIE

Opdrachtgever:	Gemeente Heerlen
Projectnr:	MJJ002-0001
Rapportnr:	20230829-MJJ002-RAPOO1
Status:	Definitief
Datum:	4 oktober 2023

Opsteller:
JSP/GG

Verificatie:
JSP

Validatie:
GG

T 088 - 33 66 333
F 088 - 33 66 099
E info@kragten.nl



© 2023 Kragten
Niets uit dit rapport mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Kragten. Het is tevens verboden informatie en kennis verwerkt in dit rapport ter beschikking te stellen aan derden of op andere wijze toe te passen dan waaraan in de overeenkomst toestemming wordt verleend.



INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING.....	1
2	EFFECTEN VOORMALIGE MIJNBOUW.....	2
2.1	Algemeen.....	2
2.2	Na-ijlende effecten en infiltratie van hemelwater.....	3
2.3	Nadere beschrijving.....	5
2.3.1	Regionale bodemstijging.....	5
2.3.2	Stijging ondiep grondwater.....	7
2.3.3	Winning steenkool dicht onder de deklaag (ondiepe winning en mijngangen).....	7
2.3.4	Scheuren, drempels, verzakkingen en boringen.....	8
2.3.5	Mijnschachten.....	12
3	HEMELWATERINFILTRATIE.....	13
3.1	Wadi.....	13
3.2	Infiltratiekratten of Grindkoffer.....	13
3.3	Diepte-infiltratie.....	13
4	BODEMOPBOUW GEMEENTE HEERLEN.....	14
5	RISICO'S, EFFECTEN EN AANBEVELINGEN VOOR DE HEMELWATERVERORDENING.....	16
5.1	Algemeen.....	16
5.2	Ondiepe winning en ondiepe mijngangen.....	17
5.2.1	EK1 gebieden voor ondiepe winning.....	17
5.2.2	EK2 gebieden.....	18
5.2.3	EK3 gebieden.....	18
5.2.4	Ondiepe mijngangen.....	18
5.3	Scheuren, drempels, breuken, verzakkingen en boringen.....	18
5.3.1	Oppervlakte-infiltratie.....	18
5.3.2	Diepinfiltratie.....	19
5.3.3	Nabij industriële schachten.....	20
6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	21

1 INLEIDING

In opdracht van de gemeente Heerlen heeft Kragten onderzoek gedaan naar de mogelijkheden en risico's bij de infiltratie van hemelwater met het oog op de 'na-ijlende effecten' van de voormalige steenkoolwinning in de gemeente. Aanleiding tot het opstellen van voorliggend rapport is de hemelwaterverordening gemeente Heerlen 2023, die einde 2023 moet worden vastgesteld. In de hemelwaterverordening worden regels gesteld voor de afvoer en infiltratie van hemel- en grondwater.

Een groot deel van Heerlen bevindt zich in een gebied waar tot 1974 steenkool is gewonnen. De steenkoolwinning heeft tot gevolg gehad dat de bodem flink is gezakt, dat er op tal van plaatsen scheuren ontstonden in de bodem, en als gevolg daarvan schade aan bebouwing en infrastructuur is ontstaan. Ook is er sprake van nog aanwezige mijnschachten, steengangen en mijnpijlers in de ondergrond, die al dan niet zijn opgevuld.

Ook nu nog is de bodem niet stabiel. Het diepe mijnwater stijgt nog en als gevolg daarvan stijgt ook de bodem. Daarbij komt, met het oog op de hemelwaterverordening, nu de vraag naar voren of al die scheuren, drempels, verzakkingen en de stijgende bodem en het stijgend mijnwater gevolgen hebben voor de mogelijkheden van infiltratie van hemelwater. Of anders gezegd, is infiltratie van hemelwater mogelijk op plaatsen waar sprake is van zogenaamde 'na-ijlende effecten' van die steenkoolwinning.

Doel van de voorliggende rapportage is het inventariseren van mogelijke risico's en effecten en het formuleren van aanbevelingen ten aanzien van infiltratie-onmogelijkheden die in de hemelwaterverordening gemeente Heerlen 2023 opgenomen kunnen worden.

In voorliggend rapport worden de na-ijl effecten van steenkoolwinning en mogelijkheden en belemmeringen voor infiltratie van hemelwater nader beschreven en onderbouwd. Aan de hand hiervan worden aanbevelingen opgesteld die opgenomen kunnen worden in de verordening.

2 EFFECTEN VOORMALIGE MIJNBOUW

2.1 Algemeen

De gemeente Heerlen ligt in het voormalige mijngebied van Limburg. Tot 1974 is hier op grote schaal steenkool gewonnen door de mijn Oranje Nassau.



Afbeelding 1 Einde van de steenkoolwinning door de Oranje Nassau mijn in 1974

Tijdens de steenkoolontginning liet men het dak achter het winningsfront gecontroleerd instorten. Hierdoor zakte het maaiveld aanzienlijk. Ook het wegpompen van mijnwater droeg bij aan de bodemdaling door een proces wat 'compactie' wordt genoemd. Door de Staatstoezicht op de Mijnen (SODM) is destijds berekend dat de bodem ter plaatse van de Staatsmijnen enkele meters tot meer dan 10 meter is gedaald. Voor de Oranje Nassau mijn, die destijds een particuliere mijn was, zijn dergelijke analyses niet gemaakt, althans niet door SODM, maar aangenomen kan worden dat ook in Heerlen de bodem aanzienlijk is gedaald.

Na het beëindigen van de steenkoolwinning is in fases gestopt met het wegpompen van mijnwater. Vanaf 1994 wordt in het geheel geen mijnwater meer weggepompt. Dit heeft tot gevolg dat het mijnwater weer stijgt, en die stijging zet zich nog steeds door. Stijgend mijnwater leidt tot een proces van 'decompactie', waardoor de bodem in Heerlen weer stijgt.

Stijgend mijnwater in combinatie met de verstoring van de bodem die was ontstaan had tot gevolg dat er in het mijngebied verzakkingen zijn ontstaan, of zelfs sinkholes. De verzakking onder het winkelcentrum 't Loon is het bekendste voorbeeld van een sinkhole die ruim na het beëindigen van de steenkoolwinning is ontstaan en die tot forse schade heeft geleid. Met name door deze gebeurtenis realiseerde men zich in de regio en ook bij het Rijk dat de na-ijlende effecten van de steenkoolwinning tot dan onvoldoende in beeld waren gebracht en dat nader onderzoek nodig was. Dit onderzoek kwam er en in 2016 rapporteerde de 'Projectgroep GS-ZL' aan de Tweede Kamer.

In het rapport concludeerde de Projectgroep dat in het voormalige mijngebied rekening moet worden gehouden met tien verschillende categorieën na-ijlende effecten.

Voor elke van deze effecten heeft de Projectgroep risico-analyses gemaakt en aanbevelingen gedaan om deze risico's verder te onderzoeken en maatregelen te treffen. Ook zijn er kaarten gemaakt waarop de gebieden zijn weergegeven waar de effecten zich kunnen manifesteren. In de volgende paragrafen beschrijven we elk van deze effecten, voor zover deze relevant zijn voor infiltratie van hemelwater.

2.2 Na-ijlende effecten en infiltratie van hemelwater

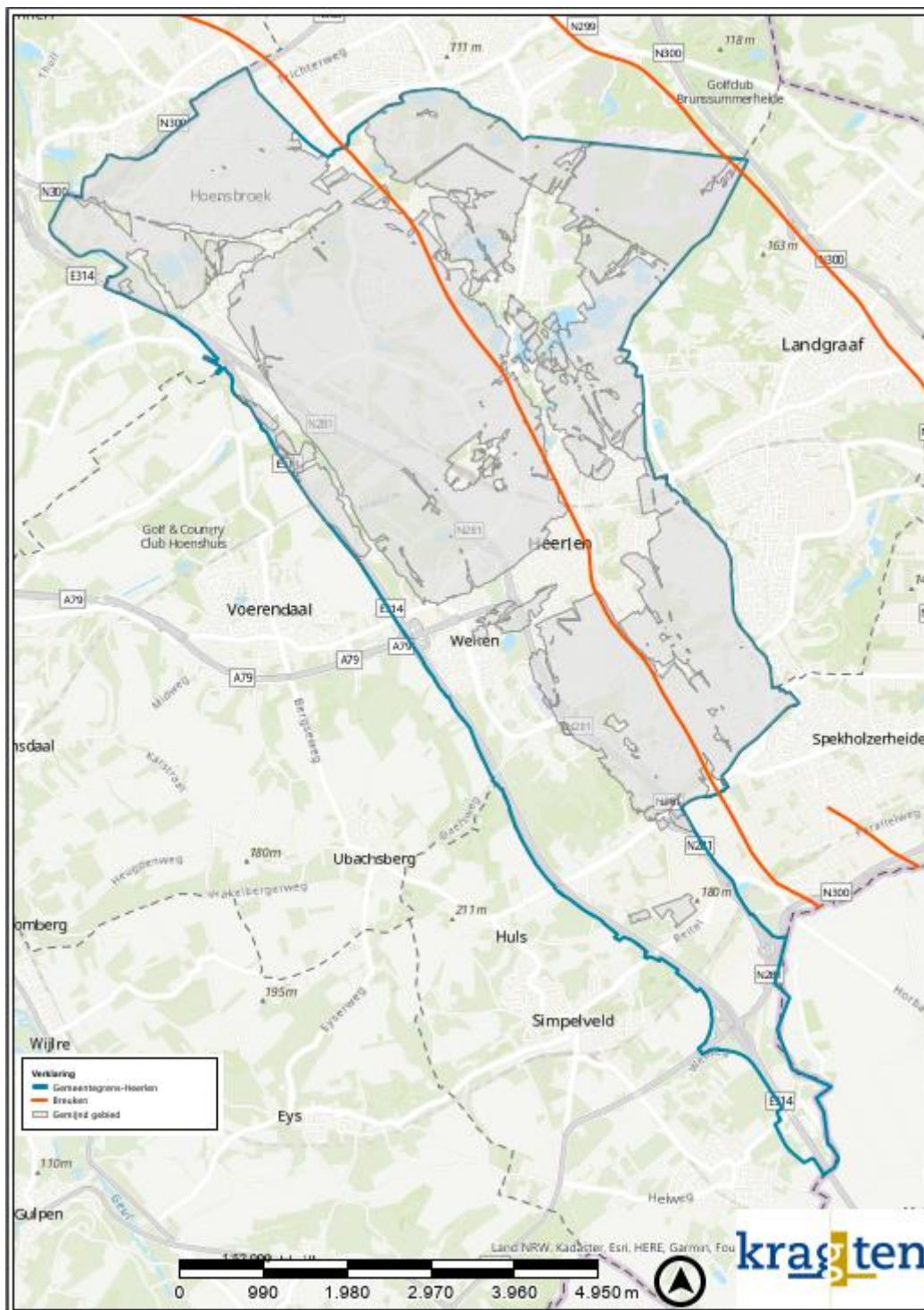
In het onderzoek van de projectgroep werden tien verschillende na-ijlende effecten geïdentificeerd, namelijk:

- Bodemstijging
- Differentiële bodembeweging langs tektonische breuken/drempels
- Beïnvloeding waterstanden en kwaliteit diep grondwater
- Stijging ondiep grondwater en vernatting
- Triggering van aardbevingen
- Verzakking/sinkholes door steenkoolwinning dicht onder de deklaag

Mijn 'relicten':

- Scheuren, drempels, verzakkingen
- Historische schachten
- Industriële schachten
- Mijngas

Deze effecten kunnen zich voordoen binnen het gebied dat destijds is gemijnd. In Afbeelding 2 is dit gebied in grijs tint weergegeven. Maar ook buiten het gemijnde gebied kunnen enkele van de beschreven effecten, zoals bodemstijging of de aanwezigheid van drempels en scheuren in de ondergrond, zich voordoen. In het algemeen wordt op basis van monitoring aangenomen dat deze effecten zich beperken tot het gebied binnen de concessiegrenzen van de voormalige mijnbouwbedrijven (Kragten, 2023 in voorbereiding). Echter, omdat het grondgebied van Heerlen in zijn geheel binnen de concessiegrenzen van de voormalige mijnbedrijven ligt (i.c. Oranje Nassau, Willem-Sophia, Wilhelmina) nemen wij aan dat een aantal van de hierna beschreven effecten zich in heel Heerlen kunnen voordoen (Afbeelding 2).



Afbeelding 2 Tektonische (hoofd)breuken en gemitende gebieden in Heerlen

Na het uitbrengen van de genoemde rapporten heeft het Rijk besloten om een uitgebreid monitoringsprogramma op te zetten, een Informatiecentrum Nazorg Steenkoolwinning op te richten en daarnaast nadere onderzoeken te doen. Uit de monitoringsgegevens en uitgevoerde onderzoeken kunnen we al op voorhand conclusies trekken over welke nadelige effecten relevant zijn. Deze zijn in onderstaande Tabel 1 weergegeven. Ook wordt in de tabel verwezen naar de paragrafen waarin dieper wordt ingegaan op deze effecten.

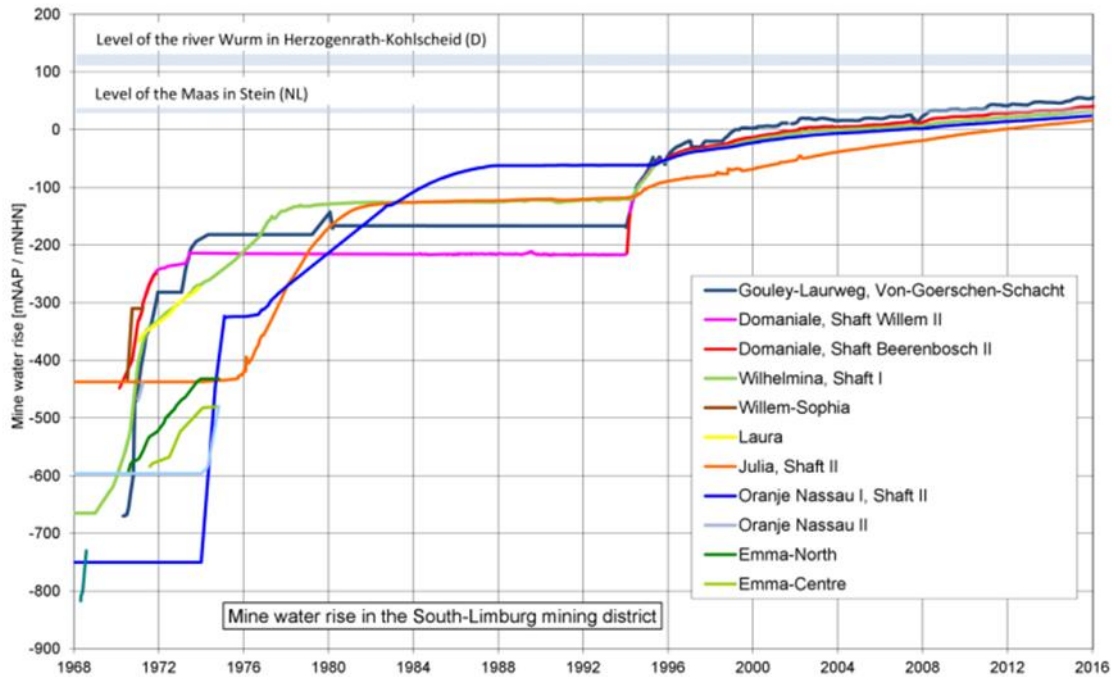
Tabel 1 Na-ijlende effecten en relevantie voor infiltratie van hemelwater

Effect	Korte beschrijving	In welke mate relevant	Beschrijving in par.
Regionale bodemstijging	Door stijgend mijnwater stijgt de bodem in het mijngebied.	Gelijkmatige bodemstijging is op zich geen belemmering voor infiltratie	Korte onderbouwing in 2.3.1
Differentiële bodemstijging	De bodem kan ongelijkmatig stijgen over tektonische breuken	Binnen Heerlen liggen geen risicogebieden	Wordt niet verder beschreven
Diep grondwater	Stijgend mijnwater kan leiden tot stijging van de diepe grondwaterstand en beïnvloeding van de waterkwaliteit	Niet van belang: met diepe grondwaterstand wordt in Heerlen het tweede watervoerende pakket bedoeld. Infiltratie vindt voornamelijk plaats in daarboven gelegen ondiepe bodemlagen.	Wordt niet verder beschreven
Ondiep grondwater	Stijgend mijnwater kan leiden tot stijging van de ondiepe grondwaterstand	Bij infiltratie moet rekening worden gehouden met een ondiepe grondwaterstand die op termijn (beperkt) kan stijgen	2.3.2
Aardbevingen	Stijgend mijnwater kan aardbevingen triggeren	Ten opzichte van het natuurlijke aanwezige aardbevingsrisico geen aandachtspunt	Wordt niet verder beschreven
Winning steenkool dicht onder de deklaag	Hierdoor is in het verleden bodemmateriaal weggespoeld en ontstonden verzakkingen/sinkholes.	Infiltratie van hemelwater kan dit proces versnellen	2.3.3 en 5.2
Scheuren, drempels verzakkingen en boringen.	Dit zijn zwaktezones in de ondergrond, ontstaan tijdens de mijnbouwperiode	Onder specifieke omstandigheden kan hemelwaterinfiltratie leiden tot schade.	2.3.4 en 5.4
Industriële schachten	Er is een klein risico dat sommige schachten instabiel worden en verzakkingen optreden	Infiltratie van hemelwater kan dit proces versnellen	2.3.5
Mijn gas en historische schachten	Door stijgend mijnwater kan mijn gas ontsnappen. Historische schachten kunnen instorten.	Dit speelt alleen in Kerkrade. Voor Heerlen is dit niet relevant.	Wordt niet verder beschreven

2.3 Nadere beschrijving

2.3.1 Regionale bodemstijging

Tussen 1967 en 1974 zijn de mijnen in Limburg gesloten. Gelijktijdig met de sluiting van de mijnen is eveneens het pompen van het mijnwater stap voor stap gestopt. Alleen in de schacht Beerenbosch is nog water weggepompt, dit om te voorkomen dat de Duitse mijnen die nog in bedrijf waren zouden vollopen. Nadat in 1994 de Duitse mijnen zijn gesloten is ook deze onttrekking beëindigd en stijgt sindsdien het mijnwater in de Nederlandse mijnen verder.

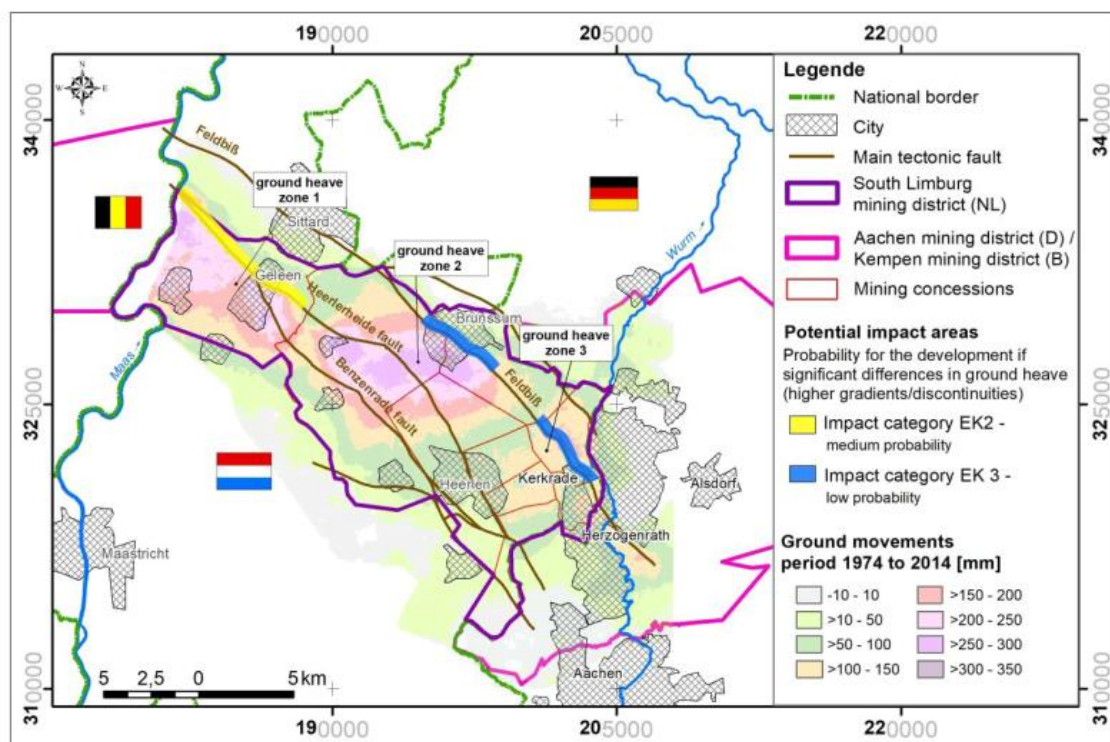


Afbeelding 3 Stijging mijnwaterniveau in de verschillende mijn-consessies (projectgroep GSZL 2016)

Tot op heden (2023) vindt nog steeds stijging van het mijnwater plaats, zie ook Afbeelding 3. Op dit moment bedraagt de stijging van het mijnwater in de Oranje Nassau mijn ongeveer 2,1 meter per jaar (ref waterstandmetingen provincie Limburg). De verwachting is dat het nog tientallen jaren zal duren voordat het hydrologische evenwicht wordt bereikt.

Door stijgend mijnwater vindt ook stijging van het maaiveld plaats. Sinds de jaren 70 heeft reeds stijging plaatsgevonden. Uit metingen blijkt dat in de Westelijke mijnstreek al een bodemstijging is opgetreden tot 0,35 meter. In Heerlen was dit circa 10 tot 15 cm. In Afbeelding 4 is weergegeven wat de bodemstijging tussen 1974 en 2014 is geweest. Uit InSAR beelden (satellietmonitoring, uitgevoerd in opdracht van het ministerie van EZK/RWS) blijkt dat de bodem in Heerlen Noord ongeveer 2 tot 3 mm per jaar stijgt, in het zuidelijk deel van Heerlen is dit minder dan 1 mm per jaar.

Op basis van onderzoek is de verwachting dat de bodemstijging de komende jaren nog zal duren. Zolang het maaiveld gelijkmatig stijgt is er in beginsel geen probleem met infiltratie van hemelwater. Daar waar ongelijkmatige bodembeweging heeft plaatsgevonden of nog steeds plaats vindt kan dit wel een aandachtspunt zijn (zie par. 2.3.3 en 2.3.4).



Afbeelding 4 Bodemstijging van 1974 en 2014 (bron: GSZL 2016)

2.3.2 Stijging ondiep grondwater.

Stijgend mijnwater leidt in delen van het mijngebied ook tot stijging van het diepe grondwater (Kragten, 2023, in voorbereiding). Op de lange termijn is hierdoor plaatselijk ook een stijging van het ondiepe grondwater te verwachten. Door GSZL 2016 is berekend dat de stijging van het ondiepe grondwater beperkt zal zijn en pas op de langere termijn zal optreden. Voor Heerlen is berekend dat de stijging zich zal beperken tot 1 a 2 decimeter.

2.3.3 Winning steenkool dicht onder de deklaag (ondiepe winning en mijngangen).

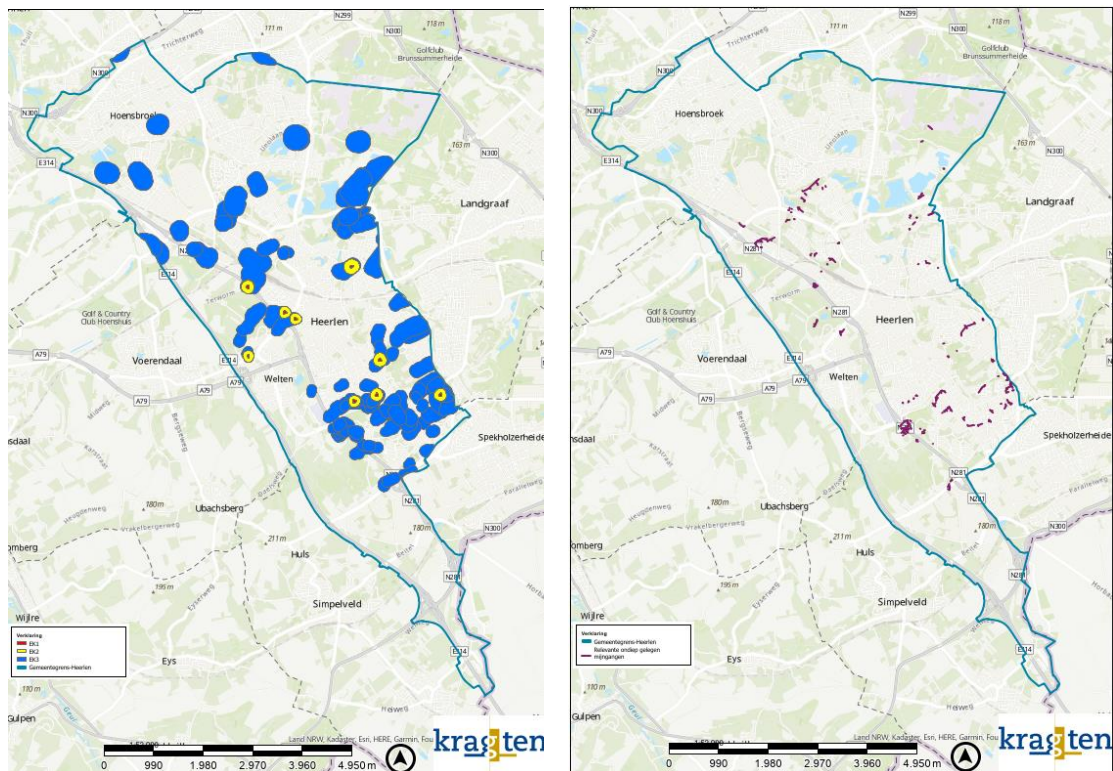
In delen van het mijngebied is steenkool gewonnen dicht onder de bovenliggende deklaag. In ref 1¹ zijn drie verschillende effecten/gebieden beschreven.

- EK 1 gebied (Einwirkungsklasse 1): EK1 is een gebied waar relatief weinig of geen steenkool meer aanwezig is tussen het gemijnde niveau en de bovenliggende deklaag. Dit zijn gebieden waar het risico bestaat dat bodembeweging plaatsvindt, verzakkingen of zelfs sinkholes kunnen ontstaan. De meest beruchte casus is natuurlijk 't Loon, maar ook in andere gevallen is bodembeweging aangetoond als gevolg van ondiepe winning, o.a. bij het naastgelegen DSM kantoor. Deze verzakkingen of sinkholes kunnen onder bepaalde condities ontstaan (zie ook paragraaf 2.3.4). De EK1 gebieden zijn op kaart aangegeven (Afbeelding 5 EK1, 2 en 3 gebieden).
- EK2 gebied: dit is het potentiële zakkingsgebied of bodembewegingsgebied rondom de EK1 gebieden.
- EK3 gebied: dit zijn gebieden waar de mijngangen en -pijlers ook relatief dicht onder de deklaag liggen (tussen 0 en 50 meter), maar waarbij de situatie minder risicovol is dan in de EK2 en EK1 gebieden.
- Ondiepe mijngangen: In 2019 ontstond in Kerkrade een sinkhole. Onderzoek (ref 2²) wees uit dat hier sprake was van ondiep onder de deklaag gelegen mijngangen die waren ingestort. Naar aanleiding van die gebeurtenis heeft het bureau IHS een nadere studie verricht naar plekken waar in de

¹ Naïjnde gevolgen steenkoolwinning Zuid-Limburg, projectgroep GSZL, december 2016

² Zur detailbewertung des einwirkungspotenzials von oberflächennahen stollen und strecken im Limburger Revier, IHS, 20 oktober 2021

ondergrond een vergelijkbare situatie zich voordoet, en waar dus net als in Kerkrade een risico ontstaat dat een mijngang of kruisende mijngangen instorten en leiden tot verzakking of sinkholevorming aan maaiveld. In Heerlen zijn eveneens enkele van dergelijke gangen geïdentificeerd. Deze liggen bijna overal binnen de hierboven genoemde EK gebieden, enkel kleine trajecten uitgezonderd. Daar waar de mijngangen buiten de EK gebieden vallen is het effect van het instorten hiervan naar de bovengrond beperkt. In dat geval is een zone van 10 meter rondom de mijngang te beschouwen als risicogebied (schriftelijke mededeling IHS d.d. 10-1-2022).

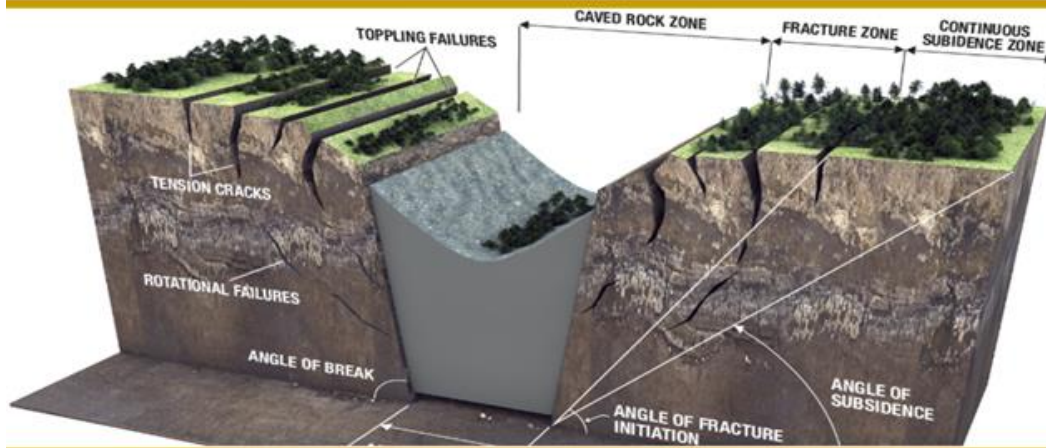


Afbeelding 5 EK1,2 en 3 gebieden, en ligging ondiepe mijngangen (bron gemeente Heerlen)

2.3.4 Scheuren, drempels, verzakkingen en boringen.

De enorme bodemdaling tijdens de mijntijd heeft behoorlijke gevolgen gehad voor de bovengrond en aan maaiveld. Overal onstonden scheuren, drempels en verzakkingen, die vervolgens weer tot veel schade leidden. Deze drempels en verzakkingen ontstonden niet alleen boven het gemijnde gebied, maar vooral ook aan de randen daarvan, bij de zogenaamde afbouwgrenzen, in de buurt van tectonische breuken en op plekken waar op verschillende niveau's verschillende hoeveelheid steenkool werd weggehaald. Afbeelding 6 toont de principes hiervan: een gebied waar is gemijnd en diensgevolge grote bodemdaling optreedt (in de figuur 'caved rockzone') en aan de randen daarvan een lichtere bodemdaling en een 'fractured zone', zeg maar 'gebroken' gesteente, of gescheurde bovengrond.

Bodemdaling, drempels en scheuren



kragten

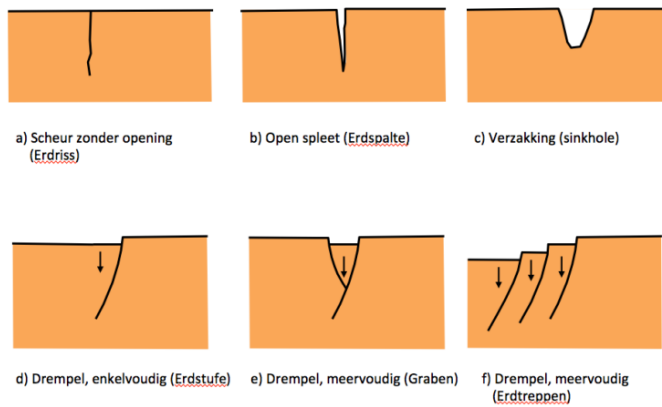
Afbeelding 6 Doorsnede principe bodemdaling, drempels, scheuren

In de afgelopen jaren is specifiek onderzoek gedaan naar de kenmerken van scheuren en drempels en ook naar de kans dat juist op deze plaatsen weer opnieuw bodembeweging kan ontstaan als gevolg van stijgend mijnwater. Met andere woorden, onderzoek moest uitwijzen of deze drempels of scheuren ook weer 'gereactiveerd kunnen worden'.

In de Geocontrol rapportage³ worden verschillende typen scheurvorming gekarakteriseerd:

- Bij scheuren ('Erdrisse') wordt een onderscheid gemaakt tussen scheuren met of zonder opening aan het maaiveld. In beide gevallen heeft geen verticaal verzet plaatsgevonden.
- Bij drempels ('Erdstufe') zijn het scheuren waarbij wel een verticaal verzet (verticale afschuiving) heeft plaatsgevonden. Het verticale verzet bedraagt daarbij maximaal tot zo'n enkele decimeters en incidenteel meer dan een meter. Drempels kunnen ook meervoudig voorkomen waarbij gesproken wordt van 'Graben' en 'Erdtreppen'.
- Verzakkingen zijn lokale verzakkingen van het maaiveld tot enkele meters diepte. Afhankelijk van de verhouding tussen lengte, breedte en diepte spreekt men ook over sinkholes. Verzakkingen of sinkholevorming ten gevolge van steenkoolwinning of mijngangen dicht onder het de deklaag liggen nagenoeg altijd in de buurt of verlengde van drempels en scheuren. In Afbeelding 7 zijn de verschillende vormen schematisch weergegeven.

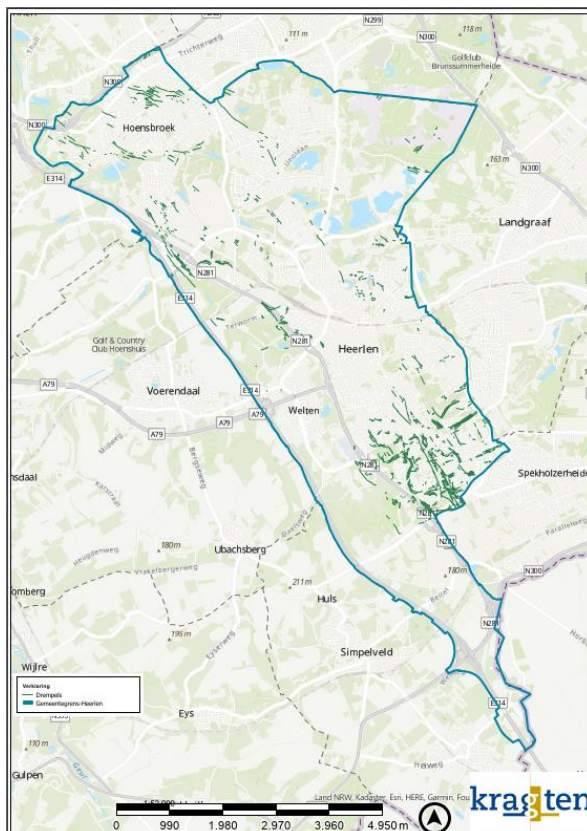
³ Onderzoek naar het verband tussen schade en de combinatie Breuken, drempels en stijgend mijnwater in Zuid-Limburg, Geocontrol rapport M02132 van februari 2022



Afbeelding 7 Schematische weergave discontinuïteiten bodem (bron: Geocontrol, rapport M02132)

De drempels in Zuid Limburg zijn ten tijde van de ontginning redelijk consequent gekarteerd. Echter de kartering vond met name plaats bij bebouwing. Buiten de destijds bebouwde gebieden kan het dus voorkomen dat de drempels niet of niet nauwkeurig zijn gekarteerd. Alhoewel scheuren ook in dezelfde zone ('fracture zone') voorkomen als drempels, zijn deze nooit gekarteerd.

Open scheuren zijn in de loop van de tijd ook 'opgevuld' met materiaal en als zodanig niet meer te vinden of waar te nemen. Volledig onbekend is waar, hoeveel en hoe diep de scheuren aanwezig kunnen zijn en niet of zeer moeilijk te traceren. Een groot deel van de drempels is in de loop van de jaren door groundbewerking, erosie en bebouwing. Gezien de van nature voorkomende hoogteverschillen van het maaiveld zijn de drempels en verzakkingen ook niet waar te nemen of als zodanig te herkennen in het veld. In Afbeelding 8 zijn de gekarteerde drempels in de gemeente Heerlen weergegeven.



Afbeelding 8 Gekarteerde drempels in de gemeente Heerlen (bron: gemeente Heerlen)

Met het oog op schade en mogelijke differentiële bodembewegingen is de mogelijke reactivatie van drempels door stijgend mijnwater in verschillende onderzoeken beschreven. Uit die rapportages blijkt niet dat door het stijgend mijnwater nieuwe drempels kunnen ontstaan. Ook blijkt niet dat jaren na beëindiging van mijnbouw en door stijgend mijnwater er nieuwe en rondom drempels of scheuren differentiële bodembeweging kan ontstaan. Alleen rondom tektonische breuken in combinatie met aanwezige drempels, is differentiële bodembeweging niet uit te sluiten.

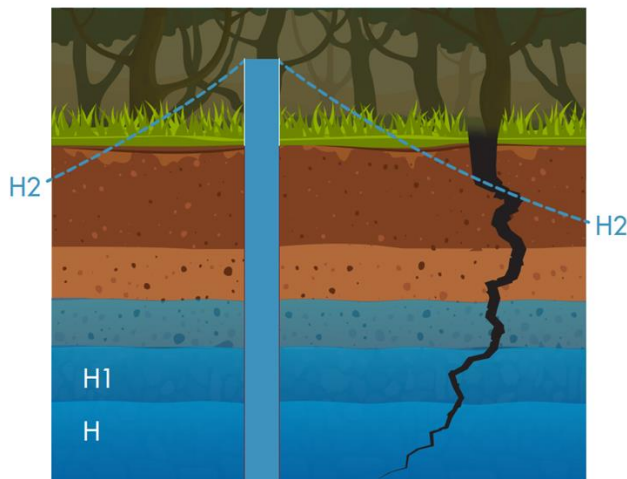
Belasten van drempels en scheuren

Door ingrepen of werkzaamheden in de zwaktezones kunnen nieuwe discontinuïteiten in de bodem ontstaan. Deze nieuwe discontinuïteiten ter plaatse van of in de directe nabijheid van een drempel of scheur kunnen ook jaren na beëindiging van mijnbouwactiviteiten ontstaan. Een voorbeeld hiervan is de casus in Brunssum (2016) zoals ook in genoemd rapport van Geocontrol is beschreven.

In het geval Brunssum werd een diepe peilput geplaatst door middel van een luchtliftmethode. Hierbij wordt met behulp van een boorvloeistof het sediment met lucht naar een bezinkbak op het maaiveld afgevoerd. Tijdens het boren van de peilput is spoelverlies van de boorvloeistof opgetreden. In eerste instantie is men er van uitgegaan dat het spoelverlies optrad door het aanboren van een grindlaag en is besloten om het verlies van boorvloeistof in de bezinkbak aan te vullen zodat deze op peil bleef. Vier dagen na het eerste verlies zijn in de directe nabijheid van de boring aan het maaiveld sinkholes ontstaan. Tussen de sinkholes ontstonden scheuren. In een later stadium is ook ter plaatse van een nabijgelegen weg scheurvorming opgetreden.

De sinkholes zijn onderzocht waarbij elke sinkhole dieper dan 5 meter bleek te zijn met een diameter van 0,3 tot 0,75 meter. Bij nadere bestudering van oude drempelkaarten bleek dat de boring is geplaatst in een 'Kleine Graben' (zie ook figuur 1 onder e). Door de waterdruk van de boring is sediment (leem) weggespoeld waardoor de nieuwe sinkholes en scheuren zijn ontstaan. In Afbeelding 9 is een principeddoorsnede van de situatie weergegeven.

Op zich is dit een bijzondere situatie; in de literatuur zijn vergelijkbare casussen niet te vinden en of een sinkhole bij infiltratie van hemelwater kan ontstaan is erg afhankelijk van aard, omvang en fluctuaties in de infiltratie en daarnaast ook van de bodemopbouw. Dat neemt niet weg dat deze casus laat zien dat infiltratie in specifieke situaties kan leiden tot schade.



Afbeelding 9 principeddoorsnede situatie Brunssum. H is de oorspronkelijke waterstand. H1 geeft de waterstand aan bij stijgend mijnwater. H2 is de stijghoogte van het grondwater in de betreffende grindlaag.

Boringen

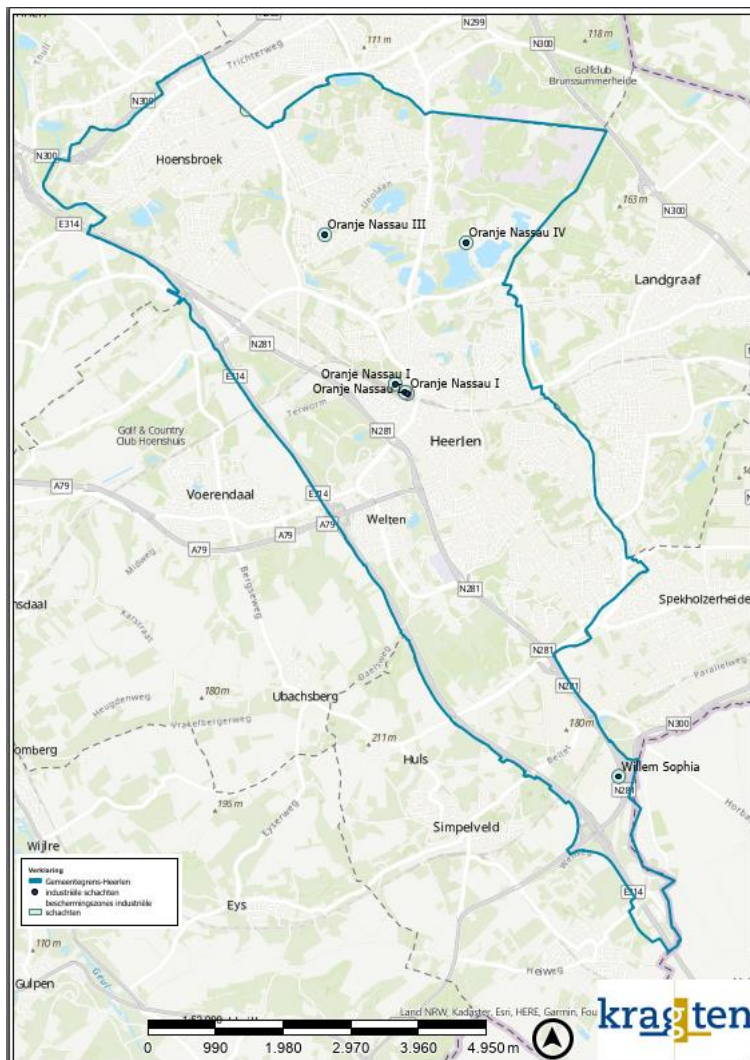
Door de mijnbouwbedrijven zijn destijds tal van boringen gemaakt (opwaarts vanuit de mijngangen en neerwaarts, vanaf maaiveld). Relevant voor infiltratie zijn de boringen die vanaf maaiveld zijn gemaakt. Dit kunnen preferente stroombanen zijn ingeval van infiltratie van hemelwater, maar dat hoeft niet. Het is afhankelijk van de wijze waarop de boringen zijn afgewerkt.

De gemeente Heerlen beschikt over kaartmateriaal waarop deze boringen zijn aangegeven.

2.3.5 Mijschachten

In het verleden is ook via mijschachten steenkool gewonnen. Industriële mijnbouw heeft plaatsgevonden bij 39 schachten waarbij de meeste in de jaren 1960-1970 zijn afgesloten door betonpluggen. In het algemeen zijn de industriële schachten, enkele schachten in Kerkrade uitgezonderd, stabiel, maar er is een kleine kans dat er in/langs de schacht materiaal wegspoelt. Door Skygeo/DMT/Kragten (ref ³) is voor alle schachten in het mijngebied een nadere risicoanalyse gemaakt. Op grond hiervan worden zeven schachten in het mijngebied uitgerust met monitoringsapparatuur, waarmee de schachtvulling kan worden gemonitord. Eén daarvan is de ONIII Schacht in Heerlen, die op het schoolplein ligt van de basisschool Mijspoor.

Door de projectgroep GS-ZL is aanbevolen om een zone van gemiddeld ca 100 meter aan te houden als invloedsgebied, mocht een schacht onverhoopt toch bezwijken. Het advies is om in deze zone eventuele bodembeweging te monitoren. In Afbeelding 10 is de ligging van de industriële schachten weergegeven.



Afbeelding 10 ligging industriële schachten

3 HEMELWATERINFILTRATIE

Voor het infiltreren van hemelwater zijn verschillende technieken voor handen. In hoofdzaak worden drie technieken onderscheiden die in de gemeente Heerlen toegepast (kunnen) worden. Het betreft infiltratie door middel van een wadi of het infiltreren met behulp van zogenaamde infiltratiekratten of grindkoffers. Daarnaast kan infiltratie plaatsvinden door middel van diepte-infiltratie. Onderstaand worden de drie technieken kort nader beschreven.

Door infiltratie kan (tijdelijk) de grondwaterstand stijgen. De mate waarin dit plaatsvindt en ook de omvang is sterk afhankelijk van de heersende grondwaterstand, de bodemopbouw en de doorlatendheid van de bodem.

3.1 Wadi

Infiltratie door middel van een wadi komt feitelijk neer op het aanleggen van een verlaging in het maaiveld. Hemelwater wordt naar de verlaging afgevoerd en tijdelijke (deels)opgeslagen, waarna onder natuurlijke omstandigheden het hemelwater kan infiltreren in de bodem. In de wadi kan tijdelijk water staan. Voor infiltratie met behulp van een wadi is een redelijk doorlatende toplaag van het bodemprofiel nodig om de infiltratietijd te kunnen beperken. Daarnaast is afhankelijk van de omvang een behoorlijk oppervlakte nodig. Water infiltreert via de onverzadigde zone naar het grondwater.

3.2 Infiltratiekratten of Grindkoffer

Infiltratiekratten of grindkoffers worden gebruikt voor de tijdelijke ondergrondse opslag van hemelwater. Vanuit de krat of koffer vindt vertraagde afvoer van hemelwater plaats in de onderliggende bodem. Infiltratiekratten worden vaak gebruikt bij binnenstedelijke gebieden waar ruimte een gebrek is en op de kratten nog een ander ruimtegebruik kan plaatsvinden.

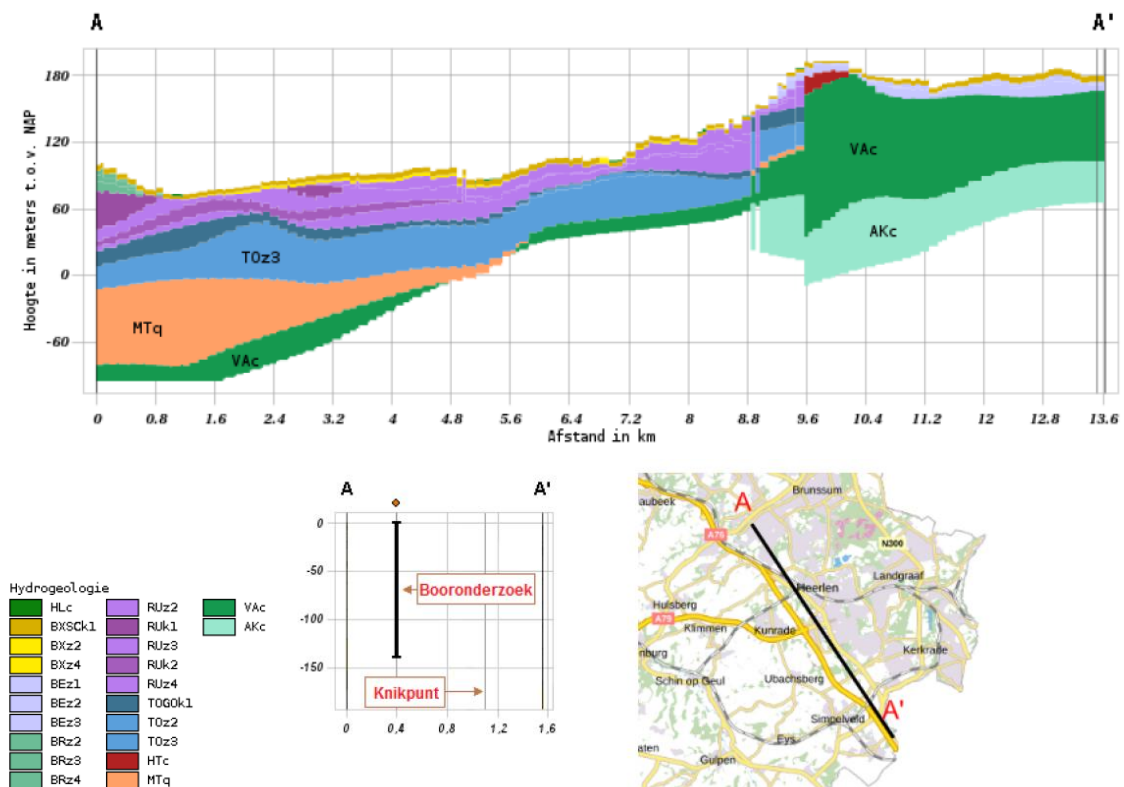
3.3 Diepte-infiltratie

De mogelijkheden tot infiltratie worden sterk bepaald door de bodemopbouw. Wanneer sprake is van een slecht doorlatende bodem zal infiltratie door middel van een wadi of infiltratiekratten niet goed lukken. In die gevallen wordt vaak gekozen voor een diepte infiltratie. Bij diepte infiltratie worden grindpalen tot in een beter doorlatende bodemlaag aangelegd. Deze laag is vaak, maar niet noodzakelijk, dieper gelegen dan de heersende grondwaterstand.

4 BODEMOPBOUW GEMEENTE HEERLEN

De maaiveldhoogte in de gemeente Heerlen varieert tussen zo'n NAP + 72 meter in het noordwesten tot NAP + 182 in het zuidoosten van de gemeente. De bodemopbouw is onderstaand schematisch weergegeven

Verticale Doorsnede BRO REGIS II v2.2.1



In het noordoosten van de gemeente bestaat de bodemopbouw globaal uit een deklaag van de formatie van Bostel. Hieronder komt de formatie van Breda voor. Onder deze pakketten is de formatie van Rupel bestaande uit siltige kleien met vuursteenkeien en fosforietknollen. Aan de onderzijde van de formatie treffen we de formatie van Tongeren, Maastricht en Vaals aan. Meer in het zuiden treffen we onder de formatie van Bostel de formatie van Beegden, Vaals en Aken aan. De formatie van Beegden bestaat uit zandige klei en leemlagen. De onderliggende formaties zijn kalkstenen. In Tabel 2 zijn de samenstellingen van de verschillende formaties kort beschreven. Uit de tabel blijkt dat infiltratie van hemelwater die meestal plaatsvindt tot 10 meter onder maaiveld feitelijk in de bovenste laag van de bodem gebeurt en niet tot in het tweede watervoerende (kalksteen)pakket.

Tabel 2 Samenstelling formaties

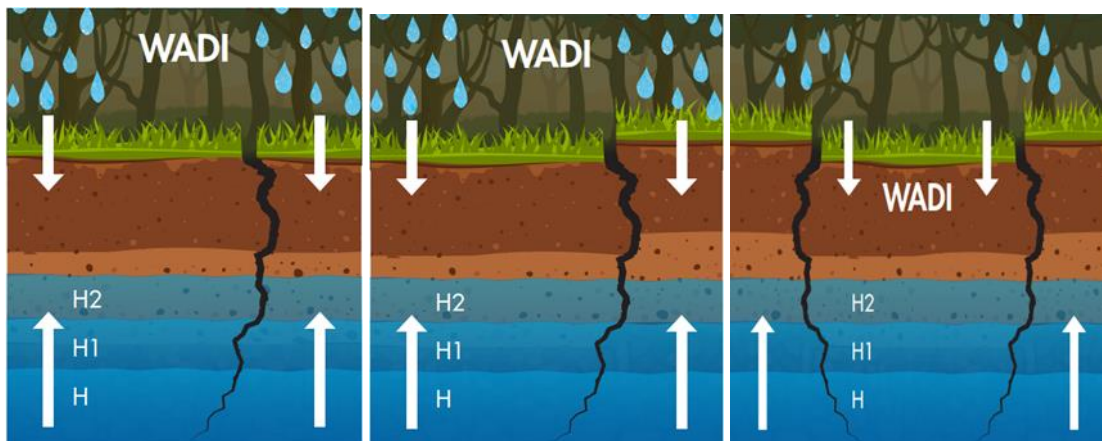
Formatie	bestanddelen	Diep versus ondiep grondwater
Formatie van Boxtel	Löss	Ondiep
Formatie van Breda	Fijn zand zand en kleilagen afgewisseld	Ondiep
Formatie van Beegden	Zandige klei en leemlagen	Ondiep
Formatie van Rupel	Siltige kleien vuursteenkeien en fosforietknollen	Ondiep
Formatie van Tongeren	Zeer fijn zand Klei, zwak tot sterk zandig Klei met schelpen en fijn zand	Diep
Formatie van Maastricht	kalksteen	Diep
Formatie van Vaals	Kalksteen	Diep
Formatie van Aken	Voornameijk kalksteen met zandtonen	Diep

5 RISICO'S, EFFECTEN EN AANBEVELINGEN VOOR DE HEMELWATERVERORDENING

5.1 Algemeen

Bij infiltratie van hemelwater ter plaatse van de zwakke zones in de bodem waar scheuren en drempels aanwezig zijn komen verschillende situaties voor waarbij per situatie andere risico's op bodembewegingen en vervolgschade kunnen optreden.

In afbeelding 11 is de situatie weergegeven van een scheur in de bodem. Bij infiltratie van hemelwater aan het oppervlak zal het grondwater (H in rust en $H1$ op termijn als gevolg van stijgend mijnwater ¹⁾ geleidelijk en tijdelijk stijgen ($H2$). Het effect van de stijgende grondwaterstanden (H , $H1$ en $H2$) op de stabiliteit van de bodem is in dit geval minimaal. De scheur kan hydrologisch gezien een wat grotere dan kleinere doorlatendheid hebben dan het omliggende bodemmateriaal, maar voor de infiltratie is dit nauwelijks van belang. Ingeschat wordt dat in deze situatie geen grotere risico's op bodembewegingen plaats gaan vinden. Het nemen van aanvullende maatregelen of verbieden van oppervlakkige infiltratie bij scheuren is dan ook niet noodzakelijk.



Afbeelding 11 infiltratie bij scheur Afbeelding 12 infiltratie bij drempel Afbeelding 13 infiltratie bij 2 drempels

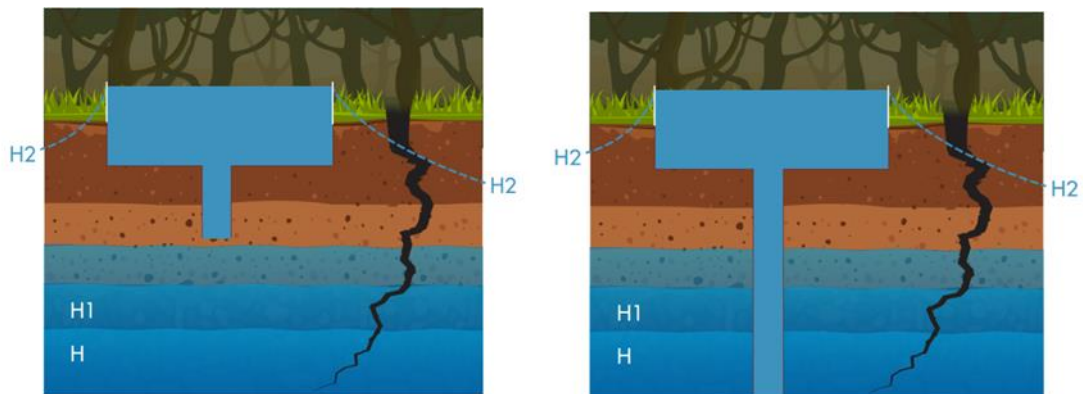
In afbeelding 12 is de situatie weergegeven van een drempel waarbij oppervlakkige infiltratie plaatsvindt. Door de infiltratie zal ook hier geleidelijk en tijdelijk de grondwaterspiegel stijgen. Evenals bij een scheur is niet te verwachten dat een verhoogde grondwaterspiegel effect zal hebben op de bodem en ook geen bodembeweging zal veroorzaken. Ook in dit geval is het nemen van aanvullende maatregelen of het verbieden van infiltratie niet noodzakelijk. In afbeelding 13 is de situatie weergegeven dat sprake is van twee drempels. De situatie komt globaal overeen met de situatie in afbeelding 12. Ook de te nemen maatregelen ten aanzien van oppervlakkige infiltratie zijn dan overeenkomstig de situatie in afbeelding 12.

In voorgaande gevallen is sprake van een relatief lage waterstand waarbij door oppervlakkige infiltratie het hemelwater wordt afgevoerd. Door de relatief grote dikte van het bodempakket boven de grondwaterspiegel zijn de effecten van infiltratie ondanks de aanwezigheid van een scheur of drempel in de zwaktezone, niet relevant te noemen.

Bij een hogere grondwaterstand kunnen echter wel extra risico's bij infiltreren optreden. Bij initieel hoge grondwaterstanden (en dus relatief dunne bodemlagen boven de grondwaterspiegel) kan de grondwaterstand in korte tijd sterk stijgen. Daarnaast is het mogelijk dat, zeker bij een gelaagde bodemopbouw, ook andere bodemlagen verzadigd worden. De kans op 'wegspoelen' van sediment, sedimenttransport en optreden van discontinuïteiten in de bodem neemt hierdoor sterk toe. In dat geval is het af te raden om te infiltreren in de bodem.

In de concepthemelwaterverordening (versie juli 2023) is voor infiltratie van hemelwater een minimale diepte van de grondwaterstand aangegeven van 1 meter, vanwege dit effect en ook om eventuele natschade te voorkomen. Omdat de ondiepe grondwaterstand door stijgend mijnwater op de lange termijn met 1 à 2 decimeter kan stijgen, is het te overwegen om hiervoor minimaal 1,20 meter aan te houden.

Infiltratie met behulp van infiltratiekratten of grindkoffers kan hemelwater worden opgevangen en vertraagd worden afgevoerd naar het grondwater. Zoals omschreven in hoofdstuk 3 kan infiltratie met kratten plaatsvinden oppervlakkig en op diepte. De keuze wordt bepaald door de bodemopbouw en doorlatendheid van de bodemlagen. Bij een slecht doorlatende top laag van het bodemprofiel zal vaak diepte-infiltratie plaatsvinden. In Afbeelding 14 infiltratiekratten met oppervlakkige infiltratie Afbeelding 15 infiltratiekratten met diepte-infiltratie zijn beide principes schematisch weergegeven.



Afbeelding 14 infiltratiekratten met oppervlakkige infiltratie Afbeelding 15 infiltratiekratten met diepte-infiltratie

Oppervlakkige infiltratie van hemelwater vanuit de kratten of het koffer veroorzaakt een geleidelijke en tijdelijk grondwaterstandverhoging. De kans op ondergrondse bodembewegingen, sedimenttransport en daarmee extra risico's op bodembewegingen is in die situatie niet groot. Infiltratie op die wijze nabij zwaktezones wordt dan ook niet als problematisch aangemerkt.

Indien met behulp van grindpalen onder de infiltratiekratten het hemelwater op diepte wordt geïnfiltreerd kan onder hele specifieke omstandigheden uitspoeling ontstaan en schade. De kans hierop wordt zeer klein ingeschat, maar schade aan dichtbij zijnde bebouwing of infrastructuur kan op voorhand niet geheel worden uitgesloten. Daarom wordt aangeraden om bij diepinfiltratie een risico-analyse te doen (hfst. 6).

5.2 Ondiepe winning en ondiepe mijngangen

5.2.1 EK1 gebieden voor ondiepe winning.

In de uitgevoerde risicoanalyse (ref 1) komt de projectgroep tot de volgende conclusies:

- In de EK1 gebieden kan een sinkhole of verzakking ontstaan als de stabiliteit van 'het dak van het Carboon' wordt beïnvloed. Met 'dak van het Carboon' wordt hiermee de nog resterende laag steenkool of steenkoolafzettingen bedoeld. Als tweede bedreiging wordt genoemd het 'verplaatsen of verweken van los bodemmateriaal';
- De gevolgen hiervan kunnen serieus zijn, van schade aan gebouwen of infrastructuur tot en met letsel en onrust. 't Loon was in dat verband een treffend voorbeeld;
- EK1 én EK2 gebieden moeten een plaats krijgen in de ruimtelijke ordening. Bij bouw moet gedetailleerd mijnbouwkundig en geotechnisch onderzoek worden uitgevoerd. Indien nodig moet de ondergrond worden gestabiliseerd en eventueel aangepaste constructies worden aangebracht.

Deze aanbevelingen zijn nog algemeen en tot op dit moment is er geen concretere uitwerking beschikbaar. Desalniettemin kan worden aangenomen dat door actieve infiltratie van hemelwater en zeker bij diep filtratie, de kans toeneemt dat bodemmateriaal in de dekgrond via spleten en scheuren in de ondergrond met het grondwater wordt meegenomen en in de ondiepe mijngangen en -pijlers stroomt. Deze situatie zal de komende decennia niet veranderen. In het grootste deel van Heerlen zal nog lange tijd sprake zijn van een neerwaartse stroming van grondwater richting Carboon. Tenslotte merkt GS-ZL op dat de stabiliteit van de bodem boven EK1 gebieden niet met enige zekerheid kan worden voorspeld.

Gelet op deze risico-inschatting en zeker ook gezien alle onzekerheden rondom het effect van de ondiepe winning en mijngangen, adviseren wij om infiltratie van hemelwater binnen de EK1 gebieden niet toe te staan.

5.2.2 EK2 gebieden

Deze zijn gedefinieerd als risicogebied voor bodemdaling, in het geval er binnen een EK1 gebied zich een calamiteit voordoet, zoals het ontstaan van een sinkhole. Infiltratie van hemelwater leidt binnen deze gebieden in beginsel niet tot verweking van bodemmateriaal of instabiliteit van het dak van het Carboon. Daarmee is de kans op het ontstaan van sinkholes en dergelijke als gevolg van infiltratie van hemelwater veel kleiner dan in EK1 gebieden, en kan in ieder geval (ondiepe) oppervlakte infiltratie van hemelwater worden toegestaan. NB: ook binnen EK1 en EK2 gebieden komen drempels voor. Zie hiervoor paragraaf 2.3.4.

5.2.3 EK3 gebieden

Ook in deze gebieden wordt infiltratie van hemelwater niet als een bedreiging gezien en is infiltratie van hemelwater in beginsel niet risicovol.

5.2.4 Ondiepe mijngangen

Daar waar kritische mijngangen buiten de hierboven genoemde EK3 gebieden liggen moet rekening worden gehouden met een risicogebied van ca 10 meter aan weerszijden van de mijn gang.

5.3 Scheuren, drempels, breuken, verzakkingen en boringen

5.3.1 Oppervlakteinfiltratie

Uit paragraaf 2.3.4 is samenvattend af te leiden dat scheuren of drempels verschillende verschijningsvormen kunnen hebben. Ook de hydrologische werking verschilt:

- Scheuren: het gaat hierbij om een zwaktezone in de ondergrond, zonder opening en ook zonder verticaal verzet. Hydrologisch gezien is de horizontale of verticale (water)doorlatendheid van een scheur feitelijk niet anders dan van het omliggende ongestoorde bodemmateriaal. Infiltratie van hemelwater in of nabij scheuren brengt dan ook geen bijzondere risico's met zich mee. Overigens moet worden opgemerkt dat scheuren, anders dan drempels, in het algemeen niet zijn gekarteerd. Met andere woorden: scheuren kunnen overal in het mijngebied voorkomen, zonder dat wij weten waar ze liggen. We zien echter geen aanleiding om voorafgaand aan een infiltratieproject onderzoek voor te schrijven om scheuren te karteren, als dat al technisch of praktisch mogelijk zou zijn.
- Drempels: hierbij gaat het om zwaktezones in de ondergrond waarlangs een verticaal verzet heeft plaatsgevonden. Dit verzet is in het algemeen klein (enkele dm tot een halve meter). Bij drempels is er soms sprake van een scheur met opening, waarbij deze opening later weer is opgevuld door inspoelend bodemmateriaal. In theorie kan dit betekenen dat de horizontale en verticale doorlatendheid van de bodem kan afwijken van het omliggende ongestoorde bodemmateriaal. Onder afwijking wordt in dit verband verstaan dat de waterdoorlatendheid wat groter is, bijvoorbeeld als lösshoudende bovengrond inspoelt in zandige ondergrond. Maar in theorie is het ook mogelijk dat beter doorlatend materiaal inspoelt in een openstaande scheur. Bij infiltratie van hemelwater is met name de verticale doorlatendheid van de grond van belang. Omdat drempels lokale verschijnselen zijn (een openstaande drempel heeft in het algemeen een breedte van enkel cm tot enkele dm en soms een meter (bron van Bekendam)) zal de gemiddelde verticale doorlatendheid van de bodem onder een infiltratievoorziening nauwelijks worden beïnvloed. In enkele gevallen kan het verzet overigens groter zijn, tot een meter. De

drempel is in dat geval wat dieper dan doorgaans het geval is. In theorie kan hierdoor langs drempel versmering plaatsvinden, waardoor de scheur zelf een slechtere doorlatendheid krijgt. Maar ook in dit geval wordt de verticale doorlatendheid van de bodem niet substantieel beïnvloed.

- Uit de literatuur zijn geen casussen bekend waarbij infiltratie van hemelwater tot instabiliteit van de bovengrond heeft geleid of tot schade in de omgeving. Geocontrol concludeert in onderzoek dat het onwaarschijnlijk is dat daar waar drempels buiten het bereik van tektonische breuken liggen, reactivatie van drempels onwaarschijnlijk is. Met andere woorden: stijgend mijnwater leidt op termijn niet tot andere dan de huidige geotechnische condities ter plaatse van drempels.

Resumerend: er zijn geen aanwijzingen in de literatuur dan wel uit casussen dat oppervlakte-infiltratie nabij drempels leidt tot instabiliteit, scheurvorming en eventuele schade als gevolg daarvan in de omgeving.

Verzakkingen: dit zijn sinkholes of grondverzakkingen die tijdens de mijntijd zijn ontstaan. Verzakkingen komen meestal voor in combinatie met drempels. Ook deze verzakkingen zijn evenals drempels een teken van een zwaktezone in de ondergrond, maar vormen geen gevaar op zich. GS-ZL adviseert om bij bouwprojecten wel rekening te houden met de aanwezigheid hiervan, door geotechnische expertise in te schakelen indien verzakkingen worden waargenomen.

Ook de boringen beschouwen wij niet als risico voor ondiepe infiltratie van hemelwater.

5.3.2 Diepinfiltratie

In de literatuur noch in casusbeschrijvingen is beschreven of en zo ja hoe diepinfiltratie risicovol kan zijn. Uitgezonderd is een casus die door Bekendam is uitgewerkt (par 2.3.4). In de beschreven situatie werd een boring geplaatst en tijdens de boring ontstonden scheuren in de omgeving en een rij aan sinkholes. De meest aannemelijke verklaring hiervoor is dat door de boorspoeling de stijghoogte van het grondwater in een grindlaag in de ondergrond sterk toenam, waardoor in de aanwezige drempel (zwaktezone) materiaal is uitgespoeld en sinkholes ontstonden. In deze casus ontstond schade aan de naastgelegen weg.

Diepinfiltratie, via infiltratieputten of ondergrondse kratten, is niet gelijk aan infiltreren van boorspoeling tijdens een diepboring, maar kan wel vergelijkbare hydrologische consequenties hebben, namelijk:

- Tijdelijke toename van de stijghoogte in de zand/grindlaag waarin wordt geïnfilteerd
- Daardoor uitspoeling van bodemmateriaal in een aanwezige drempel of scheur

Of en wanneer dit kan voorkomen is echter zeer situationeel bepaald. De kans op voorkomen en de eventuele gevolgen zijn afhankelijk van de bodemopbouw, de geïnduceerde stijghoogte vanuit het basis of infiltratieput, de grondwaterstand, de duur van de infiltratie etc. Het is daarom onmogelijk om een generieke risico-inschatting te maken voor alle plaatsen waar drempels dan wel scheuren voorkomen. Daarbij is al eerder opgemerkt dat scheuren in het algemeen niet zijn gekarteerd, dus onbekend waar deze zich bevinden. En slechts een deel van de drempels is gekarteerd. Dit met name in bebouwd gebied en langs infrastructuur.

Al met al: er zoals aangegeven slechts één casus bekend waarin (een vorm van) diepinfiltratie leidde tot schade in de omgeving. De kans dat er schade ontstaat lijkt daarom erg klein en een algeheel verbod op diepinfiltratie binnen het gemijnde gebied en randzones is naar onze mening niet proportioneel. Dat neemt niet weg dat wij, zeker indien in de omgeving van de infiltratielocatie bebouwing staat of kwetsbare infrastructuur, aanbevelen om altijd een risico-inschatting te maken. Deze inschatting zou ten minste moeten bestaan uit veldonderzoek naar de bodemopbouw tot 10 meter, de grondwaterstand, de doorlatendheid van de bodem én de mogelijke aanwezigheid van drempels. Dit kan door het zetten van boringen en/of sonderingen, dan wel het maken van een proefsleuf. Omdat scheuren en soms ook drempels niet altijd in veldonderzoek zijn aan te tonen, is het te overwegen om bij kwetsbare/schadegevoelige objecten een infiltratieproef voor te schrijven waarbij ook stijghoogtes/grondwaterstanden in de directe omgeving van de infiltratieput worden gemeten.

In situaties waar drempels in de ondergrond aanwezig en aangetoond zijn in de drempelkaart van de gemeente, moet worden afgezien van diepinfiltratie, tenzij door veld- en infiltratieonderzoek is aangetoond dat diepinfiltratie niet leidt tot schade in de omgeving.

Boringen zien wij niet als risicofactor voor diepe infiltratie. Aan te bevelen is om een eventuele diepinfiltratie op enige afstand van de boring te plaatsen.

5.3.3 Nabij industriële schachten

Diepinfiltratie van hemelwater rondom de schachten kan eventuele uitspoeling van bodemmateriaal naar de ondergrond versnellen en -hoewel de kans erg klein is- leiden tot verzakkingen. Geadviseerd wordt om in de schachtprotectiezone geen infiltratie van hemelwater toe te staan. Overigens zijn deze zones ook in de bestemmingsplannen van een aantal gemeenten aangewezen als zone waar geen bebouwing mag plaatsvinden.

6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In dit rapport worden de (nadelige) effecten beschreven van de steenkoolwinning, voor zover deze relevant zijn voor de infiltratie van hemelwater. De aanwezigheid van de voormalige steenkoolwinning in de ondergrond vormt op zich geen belemmering voor infiltratie van hemelwater. Er is wel een aantal risicogebieden waar terughoudend moet worden omgegaan met infiltratie, dan wel infiltratie niet moet worden toegestaan. In onderstaande tabel is een samenvattend overzicht gegeven en vertaald naar een stroomschema.

Aspect	Effect	Risico en maatregel
Steenkoolwinning	Onder Heerlen is vrijwel overal steenkool ontgraven.	De diepe winning van steenkool vormt op zich geen belemmering voor de infiltratie van hemelwater, noch ondiep noch via diepinfiltratie tot 10 meter onder maaiveld.
Ondiep grondwater	Stijgend mijnwater kan leiden tot stijging van de ondiepe grondwaterstand.	Bij infiltratie moet rekening worden gehouden met een ondiepe grondwaterstand die op termijn met maximaal enkele decimeters kan stijgen.
Winning van steenkool dicht onder de deklaag	Hierdoor is in het verleden bodemmateriaal weggespoeld en ontstonden verzakkingen/sinkholes.	Infiltratie van hemelwater kan het proces van wegspoelen van bodemmateriaal in de EK1 gebieden versnellen. Geadviseerd wordt om in EK1 gebieden geen infiltratie van hemelwater toe te staan. Hoewel in de literatuur geen gegevens bekend zijn over eventuele risico's van infiltratie in EK2 gebieden, wordt geadviseerd om ook in EK2 gebieden geen diepe infiltratie van hemelwater toe te staan. Ondiepe infiltratie kan wel. Voor EK3 gebieden zijn er geen belemmeringen. Daar waar in de ondergrond ondiepe mijngangen liggen waarbij eventuele instorting van de gang zich kan doorzetten naar het maaiveld moet ook worden afgezien van infiltratie van hemelwater. Voor deze gebieden wordt een veiligheidszone van > 10 meter aanbevolen. Geadviseerd wordt om aan de hemelwaterverordening de kaarten toe te voegen waarop de EK gebieden en de ligging van de risicovolle mijngangen zijn aangegeven.
Scheuren, drempels, verzakkingen en boringen.	Dit zijn zwaktezones in de ondergrond, ontstaan tijdens de mijnbouwperiode.	De aanwezigheid van scheuren etc. vormt geen belemmering om hemelwater via wadi's of ondiepe bodempassage te infiltreren. Diepinfiltratie kan onder specifieke omstandigheden wel leiden tot schade. Om die reden adviseren wij om bij diepinfiltratie de bodemopbouw ook op de aanwezigheid van zwaktezones te onderzoeken en dit onderzoek voor te schrijven in de hemelwaterverordening. Daar waar de ligging van drempels bekend is en die op kaart zijn aangegeven, moet afgezien worden van diepinfiltratie. Op voorhand is een veiligheidsafstand niet te bepalen; dit moet volgen uit het onderzoek. Geadviseerd wordt om de kaart waarop de ligging van drempels en verzakkingen zijn aangegeven, toe te voegen aan de hemelwaterverordening. Hierbij moet wel de disclaimer worden opgenomen dat ook op ander plaatsen in Heerlen scheuren, breuken en verzakkingen kunnen voorkomen. Boringen zijn geen risicofactor voor ondiepe infiltratie. Diepinfiltratie bij voorkeur op enige afstand van aanwezige oude boringen.
Industriële schachten	Er is een klein risico dat sommige schachten instabiel worden en verzakkingen optreden.	Geadviseerd wordt om geen infiltratie van hemelwater toe te staan binnen de schachtprotectiezones.

Onderzoek naar zwaktezones bij diepinfiltratie

In dit rapport is aangegeven dat er een klein risico is dat bij diepinfiltratie in zwaktezones (i.c. de aanwezigheid van drempels) schade ontstaat. Het probleem is dat er slechts één casus bekend is waarbij infiltratie leidde tot problemen in de omgeving. En ook in die casus ging het niet om infiltratie van hemelwater maar om boorspoeling die onder druk in de ondergrond werd gebracht.

Daarbij is de kans dat er problemen optreden erg afhankelijk van de specifieke bodemopbouw, de afstand tot de drempel of scheur, de grondwaterstand en de hoeveelheid hemelwater die in de grond wordt gebracht. In het kader van de nabijliggende effecten is in de afgelopen jaren onderzoek gedaan naar de werking van drempels. In het lopende onderzoeksprogramma Provincie Limburg- Informatiecentrum Nazorg Steenkoolwinning is verder onderzoek naar infiltratie van hemelwater niet voorzien. In gesprek met deze partijen kan worden gezien of onderzoek wel geagendeerd kan worden. Daarbij kan gedacht worden aan uit uitvoeren van een evaluatie van reeds uitgevoerde diepinfiltraties, of eventueel ook veldonderzoek.

Op dit moment adviseren wij dus geen diepinfiltratie toe te staan in drempels. Probleem daarbij is dat er geen gebiedsdekkend beeld is van de aanwezigheid van drempels en al helemaal niet van de aanwezigheid van scheurvorming. Daarom adviseren wij om bij voorgenomen diepinfiltratie, zeker in de buurt van kwetsbare infrastructuur of bebouwing, onderzoek voor te schrijven. Dit onderzoek is locatieafhankelijk, maar gedacht kan worden aan een combinatie van een diepere boring (i.c. tot de watervoerende laag) in combinatie met sonderingen. Nog beter is om gebaseerd op hydrologische berekeningen een infiltratieproef te doen zodanig dat de effecten op grondwater en eventuele zwaktezones in de directe omgeving van de voorziening kunnen worden gemeten. Ook het maken van een proefsleuf kan een middel zijn om de aanwezigheid van discontinuïteiten in de ondergrond te achterhalen.

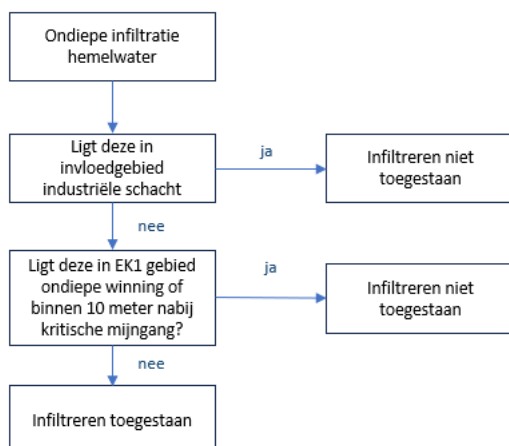
Samenvattend

In onderstaande beslisbomen is de afweging of en wanneer infiltratie mogelijk schematisch weergegeven. Daarbij wordt onder 'ondiepe infiltratie' verstaan het infiltreren van hemelwater via de onverzadigde zone in de bovengrond. Diepinfiltratie is infiltratie via bijvoorbeeld grindpalen of boringen tot in de watervoerende laag in de ondergrond.

Algemeen



Ondiepe infiltratie



Diepinfiltratie

