

## 4. Nadelige effecten van zoutwinning

In dit hoofdstuk worden die effecten in algemene zin beschreven. Een risico laat zich omschrijven als de zwaarte van een ongewenst effect, in combinatie met de kans, of de onzekerheid in de kans, dat een dergelijk effect zich voordoet. In hoofdstuk 5 geven we een nadere duiding van de effecten per winningsgebied, met een inschatting op beide elementen in de risicoclassificatie.

SodM deelt de voornaamste ongewenste effecten bij zoutwinning op in drie groepen, die elk nader onder te verdelen zijn in een aantal concrete problemen. Waar dat nodig is, maken we verschil tussen ongewenste effecten tijdens de winning, en op de lange termijn. Het gaat dan met name over effecten die zich kunnen voordoen soms ver na afloop van de winning. Twee van de drie hoofdgroepen zijn **bodemdaling** en **verontreiniging** als nadelige effecten voor de omgeving. Bodemdaling neemt daarin een speciale positie in, omdat het effect zelf niet onvoorzien is, en daarmee geen risico genoemd kan worden. Er zijn echter wel risico's als gevolg van bodemdaling, en er is altijd een reële kans op een onvoorzien mate van bodemdaling. De derde hoofdgroep zijn **ongewenste effecten voor werknemers** als gevolg van een werkomgeving met zout.

### *Bodemdaling*

Als gevolg van zoutwinning treedt onvermijdelijk een zekere mate van bodemdaling op. Soms leidt dit tot schade aan gebouwen, infrastructuur, de natuur of de inrichting of gebruiksmogelijkheden van het land.

Met betrekking tot de tijdschaal waarop bodemdaling zich voltrekt maken we onderscheid tussen geleidelijke en plotselinge bodemdaling. Bij plotselinge bodemdaling denken we aan een proces van enkele uren tot enkele maanden, waarin forse en zeer lokale effecten kunnen optreden. Bij geleidelijke bodemdaling daalt de bodem over een kilometers groot gebied gedurende meerdere jaren met maximaal enkele centimeters tot decimeters. Dit kent een geleidelijk verloop, en kan alleen door middel van gedetailleerde metingen worden opgemerkt. Voor een deel is deze geleidelijke bodemdaling goed te voorspellen, maar vooral onzekerheid over de effecten na afloop van de winning leidt tot onzekerheid over (het uitblijven van) geleidelijke bodemdaling op lange termijn. Bodemdaling wordt op regelmatige tijdsintervallen gemeten volgens een wettelijk voorgeschreven meetplan dat jaarlijks naar SodM wordt gestuurd voor beoordeling.

### *Verontreiniging*

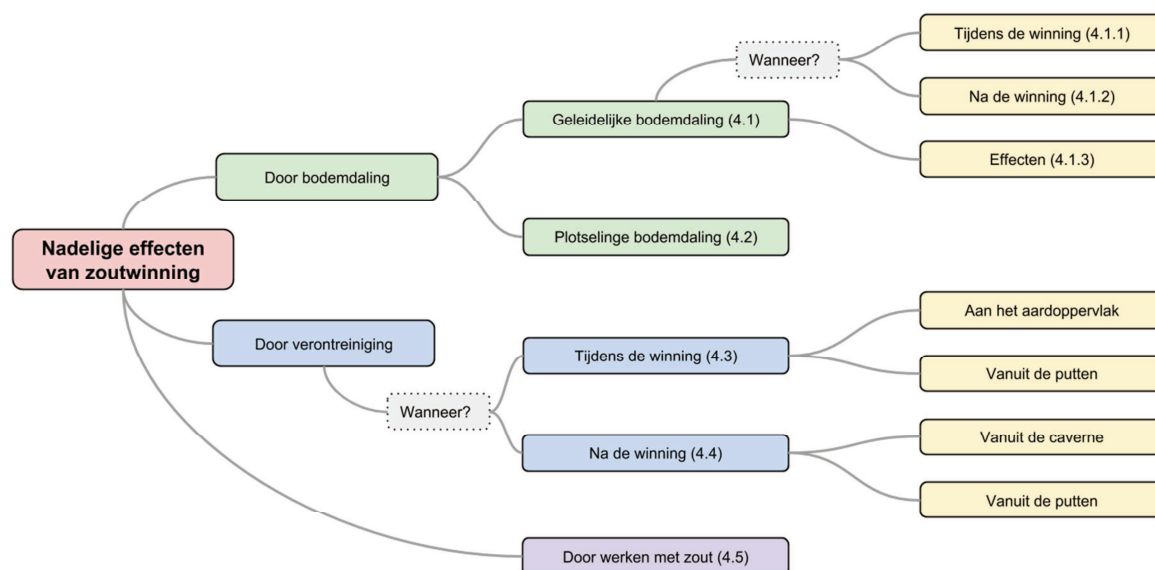
Bij het produceren en transporteren van stoffen (zoals zout, pekelen en dieselolie) bestaat een risico op verontreiniging van de omgeving. Verontreiniging kan optreden op verschillende plekken: bovengronds door lekkage van leidingen, of ondergronds door een lekkage uit de put of de caverne.

### *Werken in een omgeving met zout*

Bij het werken met zout worden werknemers blootgesteld aan fijn stof. Dit kan nadelige effecten hebben op de gezondheid.

In de paragrafen 4.1 tot 4.4 bespreken we van de nadelige effecten als gevolg van bodemdaling en verontreiniging de mogelijke gevolgen voor bebouwing, infrastructuur, natuur, en ander gebruik van

de grond. In paragraaf 4.5 komen de nadelige effecten van werken met zout aan de orde.



Figuur 4-1. De nadelige effecten van zoutwinning voor de omgeving onderverdeeld in specifieke problemen.

## 4.1. Geleidelijke bodemdaling

Geleidelijke bodemdaling is het over lange termijn plaatselijk verzakken van de bodem. Bij alle zoutwinning treedt geleidelijke bodemdaling op. In het winningsplan wordt een prognose gegeven, en voor er gewonnen wordt, moet de minister instemmen met die prognose. Wanneer de winning beëindigd is, en zelfs na abandonnering van de caverne kan echter ook bodemdaling optreden. Daarin wordt vaak niet voorzien bij instemming met het winningsplan. Ook is het de vraag in hoeverre de veroorzaker van de bodemdaling op dat moment nog aansprakelijk te stellen is voor eventuele schade. Wanneer deze na-daling enkele decennia na de winning optreedt, kan het oorspronkelijke mijnbouwbedrijf al zijn vertrokken. Er is dus een belangrijk verschil in de mate van voorspelbaarheid van effecten tijdens de winning (4.1.1) en soms ver na beëindiging daarvan (4.1.2). Omdat de effecten zeer vergelijkbaar zijn, bespreken we die tezamen (4.1.3).

### 4.1.1. Geleidelijke bodemdaling tijdens de winning

Zout dat zich op een diepte van meer dan 1000 meter bevindt, is enigszins taai stroperig. Wanneer de druk in een caverne lager is dan de omgevingsdruk, 'stroomt' door het gewicht van de bovengrond het zout vanuit de omgeving naar de caverne, te vergelijken met het uitpersen van een tube tandpasta. Dit wordt zoutkruip genoemd. Het zout dat naar de caverne stroomt, lost daar op in het productiewater en wordt vervolgens gewonnen. Doordat de zoutlaag rond de caverne iets dunner wordt, daalt de bovengrond. De daling van de bovengrond is het grootst recht boven de caverne en wordt geleidelijk steeds minder naarmate de afstand tot het caverneveld toeneemt.

De mate waarin de bodemdaling optreedt is afhankelijk van verschillende factoren in de ondergrond en van de hoeveelheid zoutwinning. De bodemdaling wordt bij aanvang van de winning, in het winningsplan voorspeld met behulp van modellen. Deze ingecalculerde bodemdaling varieert in Nederland van enkele centimeters tot circa een meter. Dit leidt over het algemeen niet tot onhanteerbare problemen, maar met name in de waterhuishouding zijn soms wel aanpassingen nodig. Mogelijke schadelijke effecten bespreken we in paragraaf 4.1.3

### 4.1.2. Geleidelijke bodemdaling na afloop van de winning

De bodemdaling die na het verlaten van de cavernes optreedt, is een gevolg van hetzelfde proces als hierboven beschreven, de zogenoemde zoutkruip. Wanneer de caverne niet langer actief gebruikt

wordt, stroomt het zout nog steeds langzaam toe uit de omgeving. Hierdoor neemt de druk in de caverne toe. Wanneer de caverne is afgesloten wordt de pekkel door de steeds hogere druk in het omliggende zoutpakket geduwd. Door dit (zeer) langzaam leeglopen en dichtknijpen van de caverne verdwijnt de caverne geleidelijk. De snelheid waarmee dit gebeurt, is moeilijk te voorspellen, maar men moet hierbij denken aan enkele jaren bij een open caverne (waarbij de oplopende druk periodiek wordt afgelaten), tot mogelijk enkele duizenden jaren bij een afgesloten caverne. Dit gaat gepaard met bodemdaling in de orde van enkele decimeters. Daarna is de caverne geheel verdwenen.

Internationaal en nationaal is hierover geen wetenschappelijke consensus. Er is zeer beperkt empirisch onderzoek beschikbaar over de snelheid van de processen die een rol spelen na afsluiten van een caverne. Dit geeft een onzekerheid bij de inschatting van dit risico.

#### **4.1.3. Nadelige effecten van geleidelijke bodemdaling**

Bodemdaling kan leiden tot schade aan gebouwen, infrastructuur, natuur en landbouw. Bij ongelijkmatige bodemdaling kunnen spanningen in gebouwen leiden tot schade. Hiervoor zijn evenwel verschillen in zetting tussen onderdelen van een gebouw nodig die bij zoutwinning nog nooit zijn waargenomen. Wel zijn er indirecte nadelige effecten mogelijk.

Geleidelijke bodemdaling door zoutwinning kent een geleidelijk verloop in zowel tijd als ruimte. Het tijdsverloop bestrijkt een periode van enkele tot tientallen jaren. In ruimtelijke zin is sprake van een bodemdalingskom die zich over meerdere kilometers uitstrekt, en een glad verloop kent van de rand naar het middelpunt recht boven de winning. In dat middelpunt is het aardoppervlak, met alles wat zich daarop bevindt, uiteindelijk enkele centimeters tot decimeters gezakt. Door dit gladde verloop treedt er geen directe schade op aan gebouwen of infrastructuur. Wel komt het hele aardoppervlak, met alles wat zich daarop bevindt, iets lager te liggen. Bij een dijk kan dit betekenen dat hij niet langer de vereiste hoogte heeft ten opzichte van de waterstand, die immers niet mee daalt. De dijk moet dan worden opgehoogd. Dit wordt van tevoren afgestemd met de beheerders.

Schade als gevolg van bodemdaling kan wel optreden middels twee indirecte effecten:

- Als de bodem daalt, stijgt relatief gezien de sloot- en grondwaterstand. Dit betekent dat een goed waterpeilbeheer van belang is. Soms zijn extra maatregelen nodig, zoals stuwen of gemalen. Het waterpeil wordt in Nederland beheerd door de waterschappen. Wanneer zij kosten maken die verband houden met de bodemdaling door zoutwinning, worden de kosten daarvan gedragen door de zoutindustrie. Door de effecten op de grondwaterstand en de ingrepen daarin, is het mogelijk dat schade aan gebouwen optreedt. Deze indirecte schade is soms lastig toe te wijzen aan de bodemdaling, maar kan daar wel een gevolg van zijn. Veranderingen in de waterhuishouding kunnen dus leiden tot schade aan bebouwing, landbouw en natuur. De mate waarin, is afhankelijk van zeer lokale omstandigheden in de bodem, de diepte en doorsnede van de bodemdalingskom, en de maatregelen die worden getroffen in het waterbeheer.
- Het andere effect dat optreedt door geleidelijke bodemdaling langs de kust is verzilting van de grond. Onder de kust strekt een tong van zout water landinwaarts. Daling van de bodem brengt het zoete grondwater dichterbij brak of zout grondwater. Hierdoor kan dit zoete water verzilten, wat leidt tot verminderde bruikbaarheid van de bodem voor landbouw, en eventuele aantasting van natuurwaarden.

## **4.2. Plotselinge bodemdaling**

Bij een plotselinge bodemdaling ontstaat een gat aan de oppervlakte, een zogenaamd zinkgat of sinkhole. Een zinkgat kan ontstaan doordat een instabiele caverne (gedeeltelijk) instort.

Bovenliggende en omliggende gesteenten zullen de caverne deels opvullen maar dit is niet altijd voldoende om te voorkomen dat er een effect aan de oppervlakte ontstaat. Het instorten van een caverne is te voorkomen door een goede geometrie: een dikke zoutlaag boven de caverne geeft een stevig dak en de afstand tot andere cavernes en tot de bovenrand van de zoutlaag bepaalt de stabiliteit van de wanden.

Instorten van een caverne leidt niet altijd tot een effect aan de oppervlakte. Wanneer de caverne erg diep ligt, zullen de afgebrokkelde omliggende gesteenten de caverne (deels) opvullen en zal het afbrokkelen naar de oppervlakte toe stoppen. Dit proces is te vergelijken met een blokkendoos: wanneer de blokken niet mooi gestapeld in de doos komen, zullen niet alle blokken meer in de doos passen. Zo zullen bij een instorting op grote diepte de 'blokken' die zich eerst netjes in de aardbodem bevonden, ongeordend in de caverne terecht komen, deze opvullen en het verder afbrokkelen doen stoppen voordat dit het aardoppervlak bereikt.

Het effect van een zinkgat is afhankelijk van hetgeen zich op het aardoppervlak bevindt. Als boven de caverne gevoelige objecten zijn gelegen zoals bijvoorbeeld woningen, bedrijven of wegen, kan een zinkgat leiden tot schade en gevaar voor de veiligheid.

De bodemdaling als gevolg van zoutwinning wordt soms geassocieerd met aardbevingen die kunnen optreden tijdens de gaswinning. Er zijn bij de winning van zout wereldwijd geen voorbeelden bekend van aardbevingen. Incidenteel valt een stuk rots uit het dak of de wand van een caverne. Dat zijn geen aardbevingen, maar kan wel trillingen geven die ook aan het oppervlak zijn te voelen.

## **4.3. Verontreiniging door lekkage tijdens de winning**

Tijdens de productie loopt de pekkel door verbuizing van de diepe ondergrond naar het aardoppervlak en van daar via een leidingnetwerk naar de plaats van verwerking. Bij sommige vormen van winning wordt diesel gebruikt om de vorm van de caverne te beheren. Dan bevat de buitenste verbuizing ook diesel. Zowel in de verbuizing in de put als in de leidingen kan een lekkage optreden. Deze worden hieronder besproken.

### **4.3.1. Lekkage uit transportleidingen**

Verontreiniging nabij het aardoppervlak gebeurt meestal vanuit de transportleidingen. Lekkages daarvan geven verontreiniging op of net onder het maaiveld (wanneer de leidingen zijn ingegraven). Dit leidt tot schade aan gewassen en de lokale natuur. Bij tijdige ontdekking is het goed mogelijk maatregelen te nemen: door het wegpompen van verontreinigd oppervlaktewater en/of het saneren van de grond kan verspreiding worden voorkomen en de situatie worden hersteld.

### **4.3.2. Lekkage uit de putten**

Een lekkage van de verbuizing van de put leidt tot verspreiding van pekkel en eventueel diesel in de gesteentelagen rond de put op de plek van de lekkage. Verspreiding gaat meestal langzaam, in enkele decennia tot enkele tientallen meters rondom de put.

Het risico van dergelijke lekkages is dat de verontreiniging door de ondergrond een weg naar boven vindt en het grondwater zal bereiken, en via het grondwater in drinkwaterwingebieden komt. Eenmaal vervuild is het drinkwater in een dergelijk gebied niet meer te gebruiken.

Een derde vorm van lekkage kan tijdens de productie optreden door ongecontroleerde uitstroom waar de put boven de grond komt. Als de veiligheidsmechanismen falen, kan ongewenste uitstroom

van zout water en eventueel dieselolie plaatsvinden naar de omgeving rond de put. Het falen van veiligheidsmechanismen kan veel verschillende oorzaken hebben. Zo kan het puthoofd worden beschadigd, bijvoorbeeld door een aanrijding. Dit kan gebeuren tijdens reparaties, onderhoud en bij het buiten gebruik stellen van de put. Ook zouden vandalisme of terrorisme een oorzaak kunnen zijn van ongecontroleerde uitstroom. De kans dat ongecontroleerde uitstroom optreedt, wordt bepaald door de druk die in de caveerne heerst. Wanneer de druk gelijk is aan die van de buitenlucht, zal er geen uitstroom van betekenis plaatsvinden. Wanneer de druk in de caveerne hoger is dan de buitenlucht, zal de inhoud van de caveerne en de buizen omhoog geperst worden en spuitend uitstromen. De uitstroom is gelimiteerd en zal stoppen als de druk uit de caveerne verdwenen is.

De vloeistof die uitstroomt (pekkel, al dan niet verontreinigd met diesel) is niet brandbaar, maar wel heet, tot circa 100°C. Vanwege de temperatuur levert dit een veiligheidsrisico van letselschade bij personen. Ook kan het schade aan gewassen en verontreiniging van oppervlaktewater geven.

## **4.4. Verontreiniging door lekkages na de winning**

### **4.4.1. Lekkage uit de caveerne**

Om de groei van een zoutcaveerne in opwaartse richting tijdens de productiefase te beperken, wordt er diesel toegevoegd aan het injectiewater. Dat drijft op het water in de caveerne, en verhindert dat het zout in het dak van de caveerne wordt opgelost. Zodra de zoutwinning stopt, en daarmee ook de toevoer van zoet water, wordt deze diesel voor zover mogelijk uit de caveerne gehaald. Door onregelmatigheden in het dak blijft er echter altijd een deel van de dieselolie in de caveerne achter. Er zijn grote verschillen in de fractie van de dieselolie die wordt teruggewonnen: dit varieert van bijna niets tot het overgrote deel.

Wanneer een diepe caveerne wordt afgesloten, neemt de druk in de caveerne langzaam toe door toestroom van zout aan de onderkant. Hierdoor zal pekkel zich een weg gaan zoeken uit de caveerne aan de bovenkant (waar de omgevingsdruk lager is). Uiteindelijk krimpt de caveerne, maar dit kan wel duizenden jaren duren. Dit proces zou echter ook veel sneller kunnen gaan dan verwacht: wanneer het toevloeien van zout aan de onderkant sneller gaat dan het langzaam instromen in het gesteente aan de bovenkant, kan de druk hoog oplopen. Bij kleine barsten of vervuilingen in de zoutlaag vormen zich dan lekpaden, waarlangs het pekkelwater, dat immers op hogere druk is komen te staan, de caveerne verlaat. Zodra zich een klein stroompje langs zo'n pad heeft gevormd, kan dit pad uitslijten tot een groter pad. De vloeistof baant zich dan een weg naar boven.

De doorlaatbaarheid van de bovenliggende lagen bepaalt de mate waarin pekkel al dan niet met dieselolie zich kan verspreiden. Wanneer dit een goed doorlatende laag is, die op zijn beurt wordt afgesloten door een isolerende laag, kun je spreken van een acceptabele oplossing: de (verontreinigde) pekkel blijft op grote diepte achter, in een bekende laag die is geïsoleerd ten opzichte van eventuele drinkwaterlagen.

Wanneer de isolerende laag onvoldoende aanwezig is, kan de (verontreinigde) pekkel op den duur in het grondwater terecht komen, en zo eventueel de winningsplaatsen van drinkwater of drinkwaterreservoirs bereiken. Grondwater dat is verontreinigd met diesel is niet meer geschikt voor de drinkwaterwinning.

### **4.4.2. Lekkage uit putten**

Wanneer oude putten niet goed worden opgeruimd, kan dit leiden tot lekkages ook na de winning. Met name in Twente is sprake van een groot aantal putten naar cavernes die niet langer worden gebruikt. Deze putten vormen een blijvend risico, tot ze vakkundig worden afgesloten en opgeruimd.