



Planbureau voor de Leefomgeving

DALENDE BODEMS, STIJGENDE KOSTEN

Mogelijke maatregelen tegen
veenbodemdaling in het
landelijk en stedelijk gebied

Beleidsstudie

Dalende bodems, stijgende kosten

Dalende bodems, stijgende kosten

Mogelijke maatregelen tegen veenbodemdaling in het landelijk en stedelijk gebied

Beleidsstudie

Dalende bodems, stijgende kosten. Mogelijke maatregelen tegen veenbodemdaling in het landelijk en stedelijk gebied

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving
Den Haag, 2016
PBL-publicatienummer: 1064

Contact

gertjan.vandenborn@pbl.nl

Auteurs

G.J. van den Born, F. Kragt, D. Henkens (PBL-STOWA),
B. Rijken, B. van Bommel en S. van der Sluis (PBL).
Met onderzoeksbijdragen van N. Polman, E. Bos en
T. Kuhlman (WUR-LEI), C. Kwakernaak en J. van den Akker
(WUR-ALterra), V. Diogo en E. Koomen (VU Amsterdam),
G. de Lange (Deltares) en J. van Bakel (de Bakelse Stroom)

Begeleidingscommissie

J. Schouwenaars (Wetterskip Fryslân), M. Talsma en
R. Ruijtenberg (Stichting Toegepast Onderzoek
Waterbeheer), D.J. Marsman en P. Vonk (Hoogheem-
raadschap Hollands Noorderkwartier), L. Schagen
(Waternet), J. Verhoeven (emeritus-hoogleraar UU),
K. van Rooijen (LTO), M. van der Lee (Provincie Utrecht),
J. Strijker (Provincie Zuid-Holland), H. van Hardeveld en
G. Beugelink (Hoogheemraadschap De Stichtse
Rijnlanden), J. Mekenkamp (Platform Slappe Bodem),
J. Oostdam (Hoogheemraadschap van Schieland en de
Krimpenerwaard), D. Kern (Hoogheemraadschap
Rijnland).

Redactie figuren

Beeldredactie PBL

Eindredactie

W.B.M. ten Brinke (Bluelands Consultancy BV)

Productie

Uitgeverij PBL

Deze publicatie is tot stand gekomen in samenwerking met de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), die onder andere heeft bijgedragen aan de inventarisatie van de waterbeheerkosten en de instelling van de begeleidingscommissie, bestaande uit vertegenwoordigers van waterschappen, provincies, landbouw, natuur en gemeenten. Tevens veel dank aan de onderzoeksbijdragen van de onderzoekers van Wageningen Environmental Research, Wageningen Economic Research, Deltares en de Vrije Universiteit.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Born, G.J. van den et al. (2016), *Dalende bodems, stijgende kosten*, Den Haag: PBL.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

Inhoud

BEVINDINGEN

Dalende bodems, stijgende kosten 8

- Samenvatting 8
- Bodemdalingsproblematiek ontrafeld 9
- Bodemdaling leidt tot knelpunten en hoge kosten 10
- Beleidsalternatieven in veenweidegebieden 11
- Beleidsalternatieven in de bebouwde omgeving 12
- Conclusies 12

VERDIEPING

1 Bodemdaling verkend 16

- 1.1 Aanleiding en doel van de verkenning 16
- 1.2 Ontstaansgeschiedenis van het Nederlandse laagveen 17
- 1.3 Wat is bodemdaling 17
- 1.4 Gebruik en beheer van het Nederlandse laagveen 19
- 1.5 Problematiek van bodemdaling 19
- 1.6 Opzet en methodiek 20

2 Bodemdaling: kennis, onderzoek en beleidsaspecten 24

- 2.1 Kennis en onderzoek 24
- 2.2 Bestuurlijke verantwoordelijkheid 25
- 2.3 Bodemdaling en beleid 26

3 Thema's laagveen-problematiek 28

- 3.1 Waterbeheer 29
- 3.2 Landbouw 30
- 3.3 Klimaat 31
- 3.4 Natuur en landschap 33
- 3.5 Cultureel erfgoed en archeologie 35
- 3.6 Bebouwing en infrastructuur 36

4 Kenmerken studiegebied 38

- 4.1 Begrenzing laagveenstudiegebied 38
- 4.2 Drooglegging 38
- 4.3 Landgebruik 38

5 Veenweiden: landbouw - natuur 44

- 5.1 Probleemanalyse 44

BEVINDINGEN

BEVINDINGEN

Dalende bodems, stijgende kosten

Samenvatting

Het Nederlandse grondgebied bestaat voor ongeveer 9 procent uit laagveen. Een groot deel van de bodem van dit laagveen daalt. In het landelijk gebied is deze bodemdaling nauw verweven met de verlaging van de grondwaterstand (drooglegging) ten behoeve van de landbouw, en vooral de melkveehouderij. De veengrond boven de grondwaterspiegel daalt als reactie op de ontwatering, door inklinken van de slappe bodem en door oxidatie van de organische stof, waarop het peil verder moet worden verlaagd (peilindexatie) en de bodem vervolgens weer verder daalt. In de bebouwde gebieden binnen dit laagveen daalt de bodem door zetting bij belasting door bebouwing en infrastructuur.

De negatieve gevolgen van de bodemdaling reiken verder dan die voor de landbouw en de eigenaren van bebouwing en infrastructuur. Er zijn kosten voor de waterbeheerder, die het grondwaterpeil steeds moet aanpassen aan de belangrijkste functies. Er zijn negatieve effecten op de natuur en biodiversiteit doordat het grondwater vanuit natuurgebieden naar de lager gelegen, dalende landbouwgebieden weg zijgt waardoor verdroging op kan treden. Er zijn effecten op het klimaat doordat bij de afbraak van het veen broeikasgassen, vooral CO₂, vrijkomen.

De bodemdaling kan worden afgeremd of zelfs gestopt. Dat vraagt om maatregelen die geld kosten en die de verschillende functies en belangen in de veengebieden kunnen schaden of juist bevoordelen. In deze studie hebben we de kosten en (positieve en negatieve) baten van alternatieve maatregelen en alternatief beleid in beeld gebracht en vergeleken met de kosten en baten van het huidige beleid. Dit is gedaan voor de ontwikkeling tussen 2010 en 2050. De kosten en baten zijn zoveel mogelijk gekwantificeerd. Waar dat niet mogelijk was zijn deze kwalitatief beschreven.

In het landelijk gebied kan de bodemdaling niet los worden gezien van de intensieve melkveehouderij. Deze sector heeft belang bij een voldoende lage grondwaterstand: voor de berijdbaarheid van het land, voor een beperking van de vertrappingschade en voor een hoge grasopbrengst. Keerzijde is een veenbodemdaling van gemiddeld 8 millimeter per jaar. Naast bovengenoemde negatieve effecten op andere functies en belangen, is er ook een dilemma voor de melkveehouderij zelf: op termijn zullen maatregelen nodig zijn om de bodemdaling af te remmen of te stoppen, waarbij ook deze sector voor keuzes zal komen te staan.

Naar schatting zijn de extra kosten/schade aan infrastructuur in het onderzochte stedelijk gebied door bodemzetting tot 2050 1,7 tot 5,2 miljard euro, en die voor funderingsherstelkosten als gevolg van slappe bodems en onvoldoende adequate fundering minimaal 16 miljard euro (huidig prijspeil). Naar schatting zijn de kosten voor zowel infrastructuur als bebouwing in het landelijk gebied maximaal 1 miljard euro (huidig prijspeil). Bij nieuwbouw kunnen kosten door bodemdaling worden beperkt of vermeden door goed te kijken welke locaties het best kunnen worden ontwikkeld, dat wil zeggen tegen de laagste investerings- en onderhoudskosten op de langere termijn.

Het effect van bodemdaling op de kosten van het waterbeheer zijn gering: naar schatting 200 miljoen euro (huidig prijspeil) over een periode van 40 jaar. Deze kosten zullen niet sterk meewegen bij toekomstige beslissingen over het gebruik en beheer van veenweidegebieden.

In het landelijk gebied halveert de bodemdaling door het toepassen van onderwaterdrainage terwijl de opbrengst voor de landbouw gelijk blijft. Deze maatregel is geschikt voor minstens 40 procent van de veengronden. Ook passieve vernatting, door de maatregel peilfixatie waarbij de grondwaterstand niet langer wordt verlaagd als reactie op een dalende bodem, halveert de veenbodemdaling.

Maar hierdoor neemt ook de opbrengst voor de landbouw af. Er zijn echter wel kansen voor natte landbouw (speciale teelten) maar die zijn nu niet te kwantificeren. Minder bodemdaling betekent ook minder uitstoot van CO₂ uit veenweidegebieden: door een pakket van maatregelen – passieve vernatting, onderwaterdrainage en landgebruik – is een reductie van 25 procent ten opzichte van de huidige situatie haalbaar.

Afremmen of stoppen van bodemdaling vraagt om aandacht voor de lange termijn en voor meer thema's dan landbouw alleen, om een integrale visie op het landelijk gebied samen met alle betrokkenen (inclusief het Rijk), en om innovatieve oplossingen om het herstel van schade aan funderingen en infrastructuur in bebouwde gebieden te financieren. De aanpak van de funderingsproblematiek kan slim worden gepland waardoor de kosten zoveel mogelijk worden beperkt. Zo kunnen funderingen worden aangepakt als een gebied voor herstructurering toch op de schop moet. Ook kan deze problematiek worden meegenomen in plannen voor de ruimtelijke adaptatie van de stad, met het oog op de klimaatverandering.

Bodemdalingsproblematiek ontrafeld

Bodemdaling door landgebruik

Het Nederlandse grondgebied bestaat voor ongeveer 9 procent uit laagveen. Laagvenen bestaan uit laag gelegen veengronden, ontstaan door het ophopen van resten van planten en bomen onder de grondwater-spiegel, later al dan niet bedekt met een dun klei- of zanddek. Een belangrijke negatieve eigenschap is de geringe fysieke draagkracht van de slappe bodem en de gevoeligheid voor oxidatie (vertering van de organische stof als deze wordt blootgesteld aan zuurstof).

De laagveengebieden hebben een lange agrarische en bewoningsgeschiedenis. Vele innovaties op het gebied van de landbouw, het waterbeheer en bouwen hebben ertoe bijgedragen dat de laagveengebieden in Nederland intensief gebruikt worden voor de voedselproductie – voornamelijk melkveehouderij in de veenweidegebieden – en als woon- en vestigingsgebied. Vanwege de lage ligging is in de afgelopen eeuwen een complex netwerk van waterkeringen en gemalen aangelegd om de laagveengebieden tegen overstromen te beschermen en de drooglegging te faciliteren.

Het waterschap ontwatert de veengebieden voor de landbouw door met peilbeheer de grondwaterstand meerdere decimeters tot soms meer dan een meter onder het maaiveld te houden. Dit wordt drooglegging genoemd. De veengrond boven de grondwaterspiegel daalt als reactie op de ontwatering, door inklinken van de slappe bodem en door oxidatie van de organische stof,

waarop het peil verder moet worden verlaagd en de bodem vervolgens weer verder daalt.

Bij continuering van de huidige beheerpraktijk van peilverlaging in de veenweidegebieden zullen de ontwaterde veenbodems verder blijven dalen. Als er niets wordt gedaan, stijgen de beheerkosten voor waterschappen en de wegbeheerders, en loopt de landbouw aan tegen beperkingen in de bedrijfsvoering waardoor het bedrijfsrendement daalt en het toekomstperspectief van de landbouw verslechtert. Ook leidt de ontwatering tot verdroging van natuurgebieden en daardoor druk op de biodiversiteit: door de daling van omliggende landbouwgebieden zijgt water uit de hoger gelegen natuurgebieden weg.

De oxidatie van het veen leidt tot emissie van CO₂. In sommige gebieden – bijvoorbeeld met veel kwel of een bodem die extra gevoelig is voor bodemdaling – is het beheer al aangepast door, bijvoorbeeld, vernatting of functieverandering in natuur. Meer gebieden zijn in beeld voor een transitie naar ander gebruik en beheer. Op de lange termijn, honderd jaar of meer, zullen de hierboven beschreven gevolgen van het onomkeerbare proces van veenbodemdaling steeds pregnanter worden en zullen meer investeringen nodig zijn om het risico op overstromingen als gevolg van dijkdoorbraken niet te laten toenemen.

In het bebouwd gebied – de steden, dorpen en de infrastructuur – is bodemdaling het gevolg van bodemzetting. Dit wordt veroorzaakt door belasting waardoor de bodem samengedrukt wordt: de zetting. Dit leidt tot schade aan slecht gefundeerde huizen en betekent extra onderhoud aan de infrastructuur. Huizen en infrastructuren gebouwd op slappe veengrond, waarbij tijdens de bouw onvoldoende rekening is gehouden met de geringe draagkracht, scheuren en verzakken. Dit alles brengt veel extra herstelkosten mee voor de eigenaren van gebouwen en de beheerders van de infrastructuur.

Alternatief beleid in beeld

Deze studie geeft inzicht in de problematiek van bodemdaling in de Nederlandse veengebieden en verkent welke handelingsperspectieven er zijn om in het landelijk en stedelijk gebied de optredende veenbodemdaling af te remmen of de gevolgen ervan te verkleinen of te voorkomen. Zodoende levert deze studie bouwstenen voor bestuurlijke afwegingen, zodat onderbouwde beleidskeuzes gemaakt kunnen worden om veenbodemdaling het hoofd te bieden. De studie levert een methodiek die helpt de complexiteit van de veenbodemdalingsproblematiek te ontrafelen en draagt zo bij aan een transparante bestuurlijke afweging. De studie maakt gebruik van het begrippenkader en deels ook van de

denklijn van een maatschappelijke kosten-batenanalyse. Naast een schets van de problematiek en de belangrijkste thema's gaat de studie in op mogelijke maatregelen en geeft zij inzicht in de toekomstige veenbodemdaling en de orde van grootte van de kosten en baten die hieraan verbonden zijn.

De effecten van maatregelen, vooral in de bebouwde omgeving, zijn niet in alle gevallen kwantificeerbaar gebleken. Door te verkennen vanuit de invalshoek van de beheerder, de gebruiker, de eigenaar en vanuit een breder maatschappelijk perspectief is een beeld gevormd van de handelingsperspectieven voor het beleid en daarmee voor uitvoering in de praktijk. De studie heeft als zichtjaar 2050.

Leeswijzer

In dit Bevindingen-deel komen de hoofdpunten van deze studie aan bod. In de Verdieping gaan we daar verder op in. Daarin beschrijven we het doel van de studie, geven we inzicht in de problematiek van bodemdaling en beschrijven we de belangrijkste thema's die spelen in zowel het veenweidegebied als in de bebouwde gebieden, inclusief de infrastructuur. Vervolgens verkennen we de kosten en het effect van bodemdaling-remmende maatregelen op het gebruik en beheer van het veenweidegebied. In de kosten-batenanalyse van de veenweidegebieden geven we meer inzicht in de welvaartseffecten, zowel van kostenposten die uitgedrukt kunnen worden in geld als in waarden. In de bebouwde omgeving gaat het vooral om de maatregelen om schade te voorkomen door het toepassen van innovatieve technieken, locatiekeuze en faciliterende maatregelen ten behoeve van funderingsherstel.

Bodemdaling leidt tot knelpunten en hoge kosten

Landelijk gebied: een dilemma voor de landbouw, effecten op natuur en klimaat

Op veel plaatsen in het landelijk gebied is het waterpeil verlaagd ten behoeve van de landbouw. De melkveehouderij kan zodoende gemakkelijker op het land met voertuigen, er is minder vertrappingsschade en de grasopbrengst is hoog. Maar deze drooglegging leidt er ook toe dat het veen inklinkt en oxideert waardoor de bodem geleidelijk daalt. De inschatting is dat de gemiddelde veenbodemdaling ongeveer 8 millimeter per jaar bedraagt, maar het kan ook enkele centimeters zijn in diep ontwaterde veengebieden en veengronden die bijvoorbeeld voor de teelt van mais worden gebruikt. Zonder veranderingen in het peilbeheer zal de veenbodemdaling onverminderd doorgaan zolang

oxideerbaar veen in de bodem aanwezig is. Lokaal worden de gebruikers en beheerders geconfronteerd met nadelige gevolgen van deze praktijk, zoals schade aan bebouwing en extra onderhoud aan de infrastructuur. Zo leidt drooglegging tot knelpunten als het gaat om natuur, maar ook voor het behoud van cultuurhistorisch waardevolle kenmerken. Veenbodemdaling veroorzaakt ook knelpunten als de verschillende functies binnen een beheergebied ieder andere eisen stellen aan het peilbeheer. Waar de landbouw vraagt om peilverlaging, heeft de natuur vaak behoefte aan peilhandhaving of zelfs -verhoging. Waar het verlagen van het peil niet meer mogelijk is, bijvoorbeeld door de aanwezige kwel of kans op verzilting dan wel vanwege de hoge beheerkosten, leidt de verminderde drooglegging tot vernatting. Hierdoor daalt de gewasopbrengst per hectare, met negatieve gevolgen voor de bedrijfsvoering van de melkveehouderij. Tot slot zorgt veenbodemdaling voor CO₂-emissies; ook deze emissies komen aan bod in deze studie.

Bebouwd gebied: schade aan gebouwen en infrastructuur

In het bebouwd gebied ontstaat veenbodemdaling vooral door bodemzetting. Bodemzetting wordt meestal veroorzaakt door belasting van de slappe bodem. De mate van zetting hangt sterk af van de lokale omstandigheden en de fysieke belasting. Gemiddeld is de zetting enkele millimeters per jaar. Gevolgen hiervan zijn onder meer schade aan de infrastructuur zoals wegen, rioleringen en leidingen, en het verzakken van huizen, scheuren in muren en het zakken van tuinen. Vooral de ongelijke zetting leidt tot schade. Dit alles leidt tot hogere kosten voor beheerders van infrastructuur en eigenaren van huizen. Waar in het verleden onvoldoende rekening is gehouden met bodemzetting ontstaan de genoemde gevolgen. Dit heeft ertoe geleid dat er vooral in historische binnensteden nog maar weinig handelingsperspectieven zijn om het zakken tegen te gaan. Het repareren van de verzakking van huizen en infrastructuur is zowel technisch complex als kostbaar. De schade kan verder oplopen als aanvullende oplossingen achterwege blijven.

Keuzes waterschappen en provincies in landelijk gebied

In de veenweidegebieden staan waterschappen en provincies voor een aantal vragen: hoe zij verder moeten omgaan met veenbodemdaling, hoe urgent de problemen zijn, waar functies goed samengaan en waar ze juist beter gescheiden kunnen worden. Bovendien speelt de vraag wat moet nu en wat kan wachten tot een later moment. Er zijn meerdere zogenoemde 'knikpuntgebieden', gebieden waar de huidige gebruiksfunctie weinig toekomstperspectief heeft en de kosten voor de beheerders oplopen waardoor keuzes over de toekomst van het gebied op korte termijn al nodig zijn. Naast deze

meer regionale knelpunten spelen in relatie tot de bodemdaling ook bredere maatschappelijke thema's, zoals biodiversiteit en klimaat. Een deel van de urgentie komt ook voort uit de noodzaak om de natuur, bijvoorbeeld de weide- en moerasvogels, te beschermen en de noodzaak de emissie van broeikasgassen te beperken of om koolstof vast te leggen. Beide thema's staan hoog op de nationale en internationale agenda's.

Keuzes gemeenten in stedelijk gebied

In de stedelijke bebouwde gebieden zoeken gemeenten, maar ook andere direct belanghebbenden, naar het antwoord op de vragen welke aanpak in de bestaande omgeving uiteindelijk het meest effectief is, hoe de stijging van de lasten voor de burgers en bedrijven kunnen worden beperkt en hoe de hoge kosten voor herstel en onderhoud gefinancierd kunnen worden. Ook speelt de vraag hoe na herstel van verzakte huizen en wegen, en bij nieuwe bebouwing, toekomstige schade en kosten vermeden kunnen worden. Ook hier is de timing van belang: wat moet nu, om extra schade te vermijden, en wat kan later. Tot slot is de vraag of en hoe er synergie te halen is in de gebouwde omgeving door de aanpak van veenbodemdaling te verbinden met het energiezuiniger maken van de woningvoorraad.

Beleidsalternatieven in veenweidegebieden

Drie maatregelen en vier beleidsalternatieven

Voor een inzicht in geschikte maatregelen om veenbodemdaling af te remmen zijn drie maatregelen uitgewerkt en doorgerekend op hun effect om de veenbodemdaling te verminderen of te stoppen. Vervolgens is de toepassing van deze maatregelen, afzonderlijk of gecombineerd, voor een viertal beleidsalternatieven uitgewerkt. De effecten van deze beleidsalternatieven zijn bepaald door deze te vergelijken met die van de huidige situatie waarbij het peil wordt geïndexeerd (verlaagd als reactie op de bodemdaling) zodat de bodemdaling onverminderd doorgaat.

De twee technische maatregelen die zijn doorgerekend zijn het toepassen van onderwaterdrainage en peilfixatie. Onderwaterdrainage zorgt voor een jaarrond stabiel grondwaterpeil waardoor de bodemdaling, die vooral in de zomer optreedt, sterk afneemt. Peilfixatie houdt in dat het huidige grondwaterpeil niet meer wordt aangepast. Beide dragen bij aan het afremmen van de veenbodemdaling maar verschillen in hun effect op de huidige functies en hun effect op de uitstoot van CO₂ en de biodiversiteit. De derde maatregel is een transitie in landgebruik: of een functieverandering naar natuur of naar natte landbouw.

De eerste twee maatregelen remmen de bodemdaling af, de derde maatregel stopt de bodemdaling.

Toepassing alternatieve maatregelen in vier beleidsalternatieven

Beleidsalternatief 'mitigerende maatregelen' is een uitwerking van de eerste maatregel; het gaat uit van een brede toepassing van onderwaterdrainage bij gelijkblijvend landgebruik. Beleidsalternatief 'passieve vernatting' gaat uit van de tweede maatregel: maximale, maar op zichzelf ook wel weer gelimiteerde toepassing van peilfixatie bij gelijkblijvend landgebruik. In het beleidsalternatief 'functieverweving' worden percelen met drooglegging en percelen met vernatting binnen een bedrijfssysteem gecombineerd. In het beleidsalternatief 'functiescheiding' is meer ruimte voor de derde maatregel en het laat een breder palet zien aan bestaande en nieuwe vormen van landgebruik.

Voor het berekenen van de effecten van deze beleidsalternatieven op de bodemdaling en voor het berekenen van overige effecten voor het landelijk gebied is gebruik gemaakt van een veenbodemdalingsmodel en van ruimtelijke informatie over het landgebruik, het bodem- en watersysteem en het waterbeheer. Daarnaast zijn de relaties tussen veenbodemdaling en kosten van waterbeheer, en die tussen drooglegging en opbrengst-derving meegenomen in de berekening. Het gaat om relaties die belangrijk zijn in afwegingen, maar waarover nog relatief weinig bekend is. De resultaten moeten daarom als orde van grootte worden beschouwd.

Alternatief beleid is vaak een ruimtelijke afweging

De vier beleidsalternatieven maken inzichtelijk dat bestuurders die betrokken zijn bij gebiedsprocessen, waar het afremmen van veenbodemdaling centraal staat, niet alleen moeten kijken naar technische beheeropties, maar ook of de huidige functie wel goed past bij de fysieke karakteristieken van het gebied. Toekomst-gerichte oplossingen hangen nauw samen met keuzes rond gebruik en functies, en dus met beslissingen in de ruimtelijke ordening. Heel concreet zou in sommige gebieden het scheiden van functies een geschikt alternatief beleid kunnen zijn zodat de waterbeheerder de afzonderlijke functies beter kan faciliteren, bijvoorbeeld door in het ene gebied het beheer te richten op landbouw met onderwaterdrainage en voor een ander gebied te kiezen voor vernatting of een functieverandering. Voor andere gebieden zou juist een keuze voor het verweven van functies meer voor de hand kunnen liggen, zodat andere gebruikers, waaronder natuur- en landschaps-beheerders meer kansen krijgen. In beide gevallen wordt bodemdaling afgeremd en draagt het bij aan CO₂-emissiereductie. De ruimtelijke afwegingen, over scheiden van functies of juist het verweven ervan zou wel

eens een cruciale stap kunnen zijn om meerdere doelen in hetzelfde gebied te kunnen bereiken. In dit licht is het belangrijk te realiseren dat de verwevenheid tussen landbouw, natuur, recreatie, wonen en infrastructuur overall in veengebieden speelt en er dus ook overall opgaven liggen die vragen om een integrale ruimtelijke afweging. Belangrijk is om ook toekomstige kansrijke functies of landgebruik mee te nemen in de overwegingen. De factor tijd is belangrijk in deze integrale afweging, niet alleen bij het kiezen van gewenste maatregelen maar ook bij de beslissing wat moet nu en wat kan later.

Beleidsalternatieven in de bebouwde omgeving

Voor de bebouwde gebieden is in deze studie vooral gekeken naar de schade die tot 2050 zal optreden bij voortzetting van de huidige, op korte termijn gerichte, reactieve aanpak waarbij het herstel van schade centraal staat. Er zijn geen berekeningen gemaakt van de veenbodemdaling in de bebouwde gebieden, zoals dat wel is gedaan voor de veenweidegebieden. De maatregelen en beleidsalternatieven voor bestaande en nieuwe bebouwing zijn vooral kwalitatief en meer verhalend beschreven. De resultaten geven een eerste orde van grootte. De onzekerheden zijn groot, een gevolg van het gebruik van generieke kengetallen. Voor bestaande bebouwing en nieuwbouw is een aanpak geschetst met samenhangende maatregelen: technische innovaties die ervoor kunnen zorgen dat een weg of riolering niet meer verzakt of breekt, of een meer integrale aanpak waarbij een rij huizen met heel verschillende funderingen bodemdalingsbestendig wordt. Deze concrete maatregelen kunnen niet los worden gezien van een gedegen planning en kennis van de ondergrond. Ook hier speelt, net als in het landelijk gebied, de factor tijd een belangrijke rol: welke investeringen zijn nu nodig, en welke kunnen nog worden uitgesteld?

Conclusies

Bebouwde stedelijke gebieden

Miljarden euro's voor herstel bestaande bebouwing vragen om plan financiering

Naar schatting zijn de extra kosten/schade aan infrastructuur in het onderzochte stedelijk gebied door bodemzetting tot 2050 1,7 tot 5,2 miljard euro, en die voor funderingsherstelkosten als gevolg van slappe bodems en onvoldoende adequate fundering minimaal 16 miljard euro. Dit laatste bedrag is een schatting van de

ondergrens van de eenmalige kosten die de eigenaren zouden moeten maken om de panden van een beter en bodemdalingsbestendig fundament te voorzien. Dit bedrag is een serieus knelpunt voor gemeenten, bedrijven en particuliere huiseigenaren. Het is daarom van belang om de relevante partijen te betrekken bij de planvorming en het funderingsherstel, en het regelen van de financiën hiervoor. In dat kader kan gedacht worden aan fondsen of innovaties rond financiering. Ten aanzien van infrastructuur biedt het rekenen met een langere levenscyclus (bijvoorbeeld 100 jaar) en dito afschrijvings-termijnen perspectief: dit geeft eigenaren/beheerders de benodigde extra investeringsruimte omdat de investeringen over een langere termijn kunnen worden afgeschreven.

Locatiekeuze bij nieuwbouw om bodemdaling te vermijden

Bij nieuwbouw speelt om te beginnen de locatiekeuze. De eerste besparing wordt gemaakt als de keuze valt op een locatie waar zo min mogelijk problemen te verwachten zijn met bodemdaling. Ook de wijze van bouwen is een belangrijk aspect. Er zijn meerdere opties mogelijk: van lichter bouwen tot juist zwaardere constructies. Ook restricties in het gebruik van een weg kunnen een optie zijn. Dit speelt in binnensteden, maar ook op landbouwwegen in het buitengebied. Om werkelijk een slag te kunnen maken in het vermijden van de toekomstige kosten is zowel fundamentele kennis over de processen in de ondergrond nodig als ook praktisch toepasbare kennis, innovaties en praktijkexperimenten waar de nieuwe technieken worden toegepast. Door in te zetten op innovaties, rekenen aan kosteneffectiviteit en benutten van schaalvoordelen zouden de kosten verlaagd kunnen worden. Ook het meekoppelen van de aanpak van bodemdaling met thema's als energiebesparing kan aanvullend bijdragen aan het vergroten van de kosteneffectiviteit van de maatregelen.

Veenweidegebieden

Effect bodemdaling op kosten waterbeheer gering

Voor het veenweidegebied concluderen we dat bij voortzetting van het huidige beleid de lasten voor de waterschappen als gevolg van veenbodemdaling verder zullen stijgen, maar dat deze extra kosten niet sterk sturend zullen zijn als het gaat om toekomstige beslissingen over functie, gebruik en beheer. Deze extra kosten zijn geschat op 200 miljoen euro over een periode van 40 jaar (bij het huidige prijspeil). Dat wil overigens niet zeggen dat er lokaal geen situaties zijn waar de kosten wel sterk sturend zullen zijn, bijvoorbeeld in de zogenoemde knikpuntgebieden. In het licht van de huidige kosten van het waterbeheer in veenweidegebieden is dit een bescheiden toename.

Effect bodemzetting op kosten bebouwing landelijk gebied ongeveer 2 miljard euro

Hogere extra kostenposten in het landelijk gebied zijn de infrastructuur en het herstel van slecht gefundeerde huizen. Naar schatting zijn de extra kosten voor infrastructuur in het landelijk gebied over een periode van 40 jaar (2010 tot 2050) 0,3 tot 1,0 miljard euro en zijn de eenmalige kosten voor herstel van funderingen 0,5 tot 1,0 miljard euro (prijspeil 2010). Maatregelen rond peilbeheer hebben hier weinig effect op, omdat het vooral om zetting gaat van het wegfundament onder invloed van het eigen gewicht of de belasting. In dorpen in het buitengebied, die onder hetzelfde peilbeheer vallen als de polder waar zij deel van uitmaken, is (of beter: was) het gebruikelijk te investeren in hoogwatervoorzieningen, kostbare maatregelen die ook onderhoud vergen. In plaats daarvan kan ook gedacht worden aan het vergroten van de bodemdalingsbestendigheid van de huizen en wegen. Dergelijke afwegingen verdienen meer aandacht. Dat betekent, net als voor de steden, meer aandacht voor knelpunten rond financiering en financiële innovaties.

Onderwaterdrainage halveert bodemdaling zonder gevolgen voor opbrengst

Uit de studie blijkt dat het toepassen van onderwaterdrainage in de agrarische gebieden leidt tot een halvering van de bodemdaling zonder gevolgen voor de gewasopbrengst. De landbouwkundige omstandigheden blijven daarbij behouden en dragen bij aan het toekomstperspectief van de melkveehouderij in veengebieden. Deze maatregel is geschikt voor minstens 40 procent van de veengronden. Voor het merendeel zijn dit de veengronden met een matige drooglegging, maar deze maatregel is ook mogelijk in gebieden met een diepere drooglegging, zoals in Friesland, althans als dat gecombineerd wordt met een actieve verhoging van het grondwaterpeil. Daar past de observatie bij dat deze maatregel weinig zal betekenen voor de biodiversiteit, maar wel leidt tot vermindering van de uitstoot van broeikasgassen.

Passieve vernatting (peilfixatie) halveert bodemdaling mét gevolgen voor opbrengst

Uit de studie blijkt ook dat passieve vernatting (als gevolg van beleid dat zich concentreert op peilfixatie) de veenbodemdaling afremt, maar ook leidt tot opbrengstderving. In dat geval zullen landbouwbedrijven zich op termijn steeds meer moeten aanpassen aan de veranderende fysische omstandigheden en moeten overgaan naar een extensieve bedrijfsvoering. De baat van peilfixatie en de daardoor optredende vernatting zit vooral bij de natuur en in de reductie van broeikasgassen. Passieve vernatting sluit beter aan bij veengebieden met een geringe of zeer geringe drooglegging, waar functies

zijn verweven, bijvoorbeeld weidevogelbeheer en landbouw. Vernatting leidt tot gewasderving, minder melkproductie en per eenheid product hogere kosten. Dit leidt tot lagere baten voor de melkveehouderijsector. Om bestaansrecht te behouden is afzet tegen hogere marktprijzen een noodzakelijke conditie voor de extensieve melkveehouderij (bijvoorbeeld: biologisch of streekproduct).

Kansen voor natte landbouw

Transitie in landgebruik is van een andere orde en daarbij is sturing vanuit de provincie essentieel (onder andere voor functieverandering). In de studie is niet gekeken naar de economische aspecten van natte landbouw. Deels omdat het ontbreekt aan bedrijfsresultaten en omdat het ontbreekt aan een realistische inschatting van de potentie van natte teelten. Wel zien we kansen voor natte landbouw, vooral in gebieden met nu al hoge peilen nabij natuurgebieden. Daarmee kan zo'n gebied ook fungeren als buffergebied rond natuur.

Minder bodemdaling betekent minder emissie van CO₂

Ten aanzien van de broeikasgasemissie concluderen we dat maatregelen die veenbodemdaling afremmen direct leiden tot lagere CO₂-emissies. Het uitrollen van onderwaterdrainage kan daar een grote bijdrage aan leveren. Bij het huidige beleid, peilindexatie, is de emissie uit landbouwgronden ongeveer 4 miljoen ton CO₂ (dit is ongeveer 2 procent van de jaarlijkse nationale broeikasgasemissie). Als peilfixatie in alle veengebieden zou worden toegepast, leidt dat tot een jaarlijkse emissiereductie van ongeveer 1 miljoen ton CO₂. Als de maatregel onderwaterdrainage breed zou worden toegepast in daarvoor geschikte of geschikt te maken gebieden, levert dat een jaarlijkse emissiereductie van 0,9 miljoen ton CO₂ op.

25 procent reductie CO₂-emissie uit veenweidegebieden is haalbaar

Van de beleidsalternatieven draagt passieve vernatting dan ook het meeste bij aan CO₂-reductie, gevolgd door het beleidsalternatief waar wordt ingezet op onderwaterdrainage waar dat mogelijk is. Functieverweving en functiescheiding dragen in de uitgewerkte voorbeelden netto minder bij aan CO₂-reductie omdat in die beleidsalternatieven het aandeel peilindexatie relatief hoog is en er geen onderwaterdrainage als maatregel is meegenomen. Lokaal kan, afhankelijk van de keuzes die worden gemaakt, een andere conclusie mogelijk zijn. Op basis van deze analyse concluderen we dat het mogelijk is om met een combinatie van maatregelen een emissiereductie van ongeveer 1 miljoen ton CO₂ per jaar te kunnen realiseren, een reductie van 25 procent ten opzichte van de huidige emissie vanuit veenweidegebieden.

Aandacht voor lange termijn en meer thema's dan landbouw alleen

In de veengebieden is behoefte aan maatwerk, met aandacht voor de lange termijn en een doordachte fasering waarbij lokaal goed naar de kosten en baten wordt gekeken, en wordt afgewogen wat moet nu en wat kan later. De studie laat ook zien dat aandacht voor veenbodemdaling kansen biedt om ook inhoud te geven aan andere maatschappelijke thema's, vooral biodiversiteit en indirect ook klimaat, landschap en cultuurhistorie. De landbouwsector, in het bijzonder de melkveehouderij, staat voor keuzes en het is verstandig de doorgerekende ontwikkelingsrichtingen mee te nemen in de bredere problematiek van de melkveehouderij. Voor de stedelijke gebieden is het belangrijkste dat er een omslag komt in het denken van korte termijn, reactief en gericht op schadeherstel, naar lange termijn, proactief en gericht op het vermijden van toekomstige schade en het beperken van overlast. Voor het landelijk gebied is het vooral belangrijk gericht te kijken naar de functie van de gebieden en daar de verschillende relevante maatschappelijke thema's bij te betrekken.

Integrale visie landelijk gebied, met alle betrokkenen

De vraag hierbij is: wie is aan zet? De samenhang tussen waterbeheer en landgebruik vraagt om een integrale zienswijze en toekomstvisie. Door waterschappen en provincies worden stappen gezet en alternatieven verkend. Essentieel is de samenwerking met betrokken agrariërs, natuurbeheerders en burgers om samen met provincies en waterschappen de meest kansrijke alternatieven uit te werken en uit te voeren. Het is belangrijk voorbij de korte termijn te kijken en daarbij de toekomstperspectieven van de melkveehouderij mee te nemen evenals de verschillende ontwikkelingsrichtingen die binnen de landbouw mogelijk zijn.

Innovaties financiering voor stedelijk gebied

Het bodemdalingsbestendig inrichten van stedelijke gebieden is een taak van gemeenten, maar zij kunnen dit alleen in samenwerking met alle betrokkenen, waaronder private eigenaren. Technische innovaties, maar ook innovaties rond financiering zijn cruciaal om zowel in de bestaande omgeving als bij nieuwbouw stappen te kunnen maken naar minder schade en minder kosten.

Decentrale overheden aan zet, maar Rijk mag niet ontbreken

Brede maatschappelijke aandacht voor het afremmen van veenbodemdaling biedt kansen voor de kwaliteit van de leefomgeving en de natuur, en voor het beperken van de emissie van broeikasgassen. Door de bodemdalingsproblematiek te verbinden met opgaven rond biodiversiteit, kostenbesparing, klimaatverandering en de knelpunten van de zich intensiverende melkveehouderij ontstaat een basis voor keuzes over verweving en functiescheiding, intensiveren of extensiveren, voedselproductie en/of biodiversiteit. In de bebouwde omgeving zijn er opties om toekomstige kosten te vermijden en het tegengaan van schade door bodemzetting te verbinden met thema's als leefomgevingskwaliteit, vestigingsklimaat, stad-landrelatie en energiebesparing. Er ligt een belangrijke rol bij de provincies, de waterschappen en de gemeenten om in nauwe samenwerking met bewoners, eigenaren en de sectoren de gebieden waar veenbodemdaling speelt toekomstbestendig te maken. Het Rijk kan daarin niet ontbreken en kan daar vanuit zijn rol als systeemverantwoordelijke voor natuur en klimaat aan bijdragen. Ook zou het Rijk een initiërende rol kunnen spelen bij het ontwikkelen van financieringsinstrumenten.

VERDIEPING

VERDIEPING

Bodemdaling verkend

1.1 Aanleiding en doel van de verkenning

1.1.1 Aanleiding

Bodemdaling staat op dit moment meer dan voorheen in de belangstelling van decentrale overheden die geconfronteerd worden met de gevolgen van bodemdaling in veengebieden in hun regio. De aandacht voor bodemdaling was tot recent marginaal. Het tij lijkt gekeerd. Onderzoekers wijzen op de schade en extra kosten als gevolg van bodemdaling, klimaatdeskundigen wijzen op de emissie van CO₂, natuurbeheerders zien dat door verdroging de biodiversiteit in de veengebieden onder druk staat, huiseigenaren vragen aandacht voor hun problemen met funderingen en cultuurhistorici zien uniek erfgoed verloren gaan. Maar ook de kosten die een direct gevolg zijn van bodemdaling zijn een groeiende zorg van zowel de beheerders als eigenaren. Waterschappen vragen zich af of in de toekomst het beheer van de veenweidegebieden betaalbaar blijft. Gemeenten hebben zorgen over de extra kosten die bodemdaling met zich mee brengt in de bebouwde omgeving. Provincies, verantwoordelijk voor het landelijk gebied, willen meer inzicht en kennis zodat ze de juiste beslissingen kunnen nemen over de toekomst van gebieden die nu al kwetsbaar zijn of dat binnen afzienbare termijn worden.

1.1.2 Doel

Het doel van deze studie is om bodemdaling, de gevolgen van bodemdaling en het effect van mogelijke maatregelen in de Nederlandse laagveengebieden op een transparante manier in beeld te brengen. Dat doen we voor zowel het landelijk als stedelijk gebied. We geven een schets van de orde van grootte van zowel de gevolgen van bodemdaling bij ongewijzigd beleid als van de effecten van maatregelen bij aangepast beleid om bodemdaling af te remmen en de negatieve gevolgen van bodemdaling te beperken. We kijken naar de voor- en nadelen van mogelijke maatregelen en de effecten ervan op de maatschappelijke kosten en baten.

Deze studie laat de handelingsopties voor bestuurders zien voor afgewogen keuzes in het landelijk en stedelijk gebied ten aanzien van dilemma's in de laagveengebieden die nu al op hun bord liggen of mogelijk in de toekomst zullen gaan spelen. Daarvoor kijken we naar een breed scala van effecten van bodemdaling, zoals de effecten op de landbouw en voedselproductie, het waterbeheer, het klimaat (CO₂-emissie), natuur en landschap, en de bebouwde omgeving inclusief de infrastructuur.

We geven een beeld van de orde van grootte van de problemen die door bodemdaling worden veroorzaakt en geven inzicht in de kosten en baten van bodemdaling. We kijken daarbij naar de gevolgen voor natuur, klimaat, landbouw, (water)beheer, wonen en infrastructuur. We verkennen de gevolgen voor de samenleving als het beleid rond bodemdaling niet verandert, en als er maatregelen worden getroffen om bodemdaling of de negatieve gevolgen ervan te verminderen.

1.1.3 Landelijk en stedelijk gebied: overeenkomsten en verschillen

De problematiek in het landelijk gebied verschilt van die in het stedelijk gebied, maar er zijn ook overeenkomsten. In de steden gaat het vooral om funderingsschade bij minder goed gefundeerde huizen – veelal funderingen die niet bestand zijn tegen oxidatie – en om extra kosten voor onderhoud van de stedelijke infrastructuur en voor het stedelijk waterbeheer. Naast kosten zijn er ook complexe technische uitdagingen, bijvoorbeeld in historische binnensteden. In de landelijke agrarische gebieden speelt vooral het dilemma tussen economische en ecologische belangen, en daarmee ook de ordening van de landelijke functies die alle hun eigen eisen stellen aan het peilbeheer. Daarnaast spelen in het landelijk gebied, net als in steden, de problematiek van de schade aan de fundering en de infrastructuur, en de kosten voor het waterbeheer en dilemma's rond het wel of niet aanleggen van hoogwatervoorzieningen (zie kader 1).

1.2 Ontstaansgeschiedenis van het Nederlandse laagveen

Ongeveer 9 procent van het Nederlandse landoppervlak bestaat uit laagveen. Het laagveen komt vooral voor in delen van Friesland, Noord-Holland, Zuid-Holland, Utrecht en Overijssel. Kenmerkend voor de laagveengebieden is dat de veenbodem is ontstaan door het ophopen van resten van planten en bomen onder de grondwaterspiegel.

Een groot deel van de laagveengebieden is in gebruik door de melkveehouderij. Deze gebieden staan bekend als veenweidegebieden. Een klein deel van de veenweidegebieden heeft de functie natuur en recreatie. Laagveengebieden kennen een grote diversiteit in de bodemopbouw, de hydrologie en in het waterbeheer. Dit is voor een groot deel het gevolg van hun ontstaans- en gebruiksgeschiedenis.

De ontstaansgeschiedenis beslaat een periode van drie- tot vierduizend jaar. Het gebruik van veen door de mens is zo'n duizend jaar geleden begonnen in een periode dat Nederland voor meer dan de helft was bedekt met dikke pakketten laag- en hoogveen. Na een lange geschiedenis van eerst akkerbouw en later melkveehouderij, maar ook vervening voor turf en het maken van polders, is een landschap ontstaan zoals we dat nu kennen. De rode draad in de ontwikkeling van de laagveengebieden is bodemdaling, waarbij de landbouw en de waterbeheerders voortdurend moesten reageren op de dalende bodems. Een belangrijk omslagpunt in de agrarische gebruiksgeschiedenis was het moment waarop de bodem zo ver was gedaald dat het grondwater dicht onder het maaiveld stond en de gronden alleen nog geschikt waren voor grasland en dus veehouderij. Het ontstaan van de melkveehouderij was feitelijk dus het innovatieve antwoord op de gevolgen van bodemdaling. Ook het waterbeheer kan in dat licht gezien worden als een vorm van innovatie die ten dienste staat van de functies. De bewoning was toen vooral gesitueerd op de hogere, meer zandige ruggen in het landschap.

In het westen van Nederland liggen de veengebieden in overwegend laaggelegen polders met vaak een verkaveling in kleine langgerekte percelen en een slotenpatroon. In het noorden van het land zijn de kavels groter en liggen de sloten verder uit elkaar. De verkaveling is veelal historisch en laat het patroon zien ten tijde van de aanleg. De kavels kunnen bestaan uit meters dikke pakketten veen, al dan niet met een kleidek of met een zanddek. Het zanddek is vaak later aangebracht om de draagkracht van het grasland te vergroten. De meeste laagveenpolders in Nederland zijn ontwaterd ten behoeve van de landbouw.

De ontwatering wordt door de waterschappen gereguleerd via het peil in de sloten zodat de grondwaterstand zo goed mogelijk bij het landgebruik op de percelen past. In gebieden met de functie natuur wordt een vast peil gehanteerd, al dan niet met een geringe fluctuatie zodat beter kan worden ingespeeld op periodes met neerslag en droogte.

1.3 Wat is bodemdaling

1.3.1 Definities

Vier processen spelen een belangrijke rol bij bodemdaling van veengrond: klink, krimp, oxidatie en zetting. Klink treedt op als het grondwaterniveau in veengrond wordt verlaagd waardoor de opwaartse druk afneemt met als gevolg dat de druk van de bovengrond toeneemt en de ondergrond wordt samengedrukt. Krimp treedt op als door uitdroging de vaste bodemdelen naar elkaar worden gedrukt. Oxidatie treedt op boven het grondwaterniveau waar de toetredende zuurstof het organische materiaal verteert ('verbrandt'). Deze processen samen leiden uiteindelijk tot bodemdaling en emissie van CO₂. Zetting is samendrukking van het bodemprofiel als gevolg van externe belasting. Bodemdaling en bodemzetting zijn onomkeerbare processen. Veen dat verdwenen is, komt niet zomaar terug.

1.3.2 Landelijk gebied

In landelijke of agrarische gebieden waar het grondwater-niveau van de graslanden wordt verlaagd ('drooglegging', zie kader 2) ten behoeve van de landbouw, treedt zowel klink, krimp als oxidatie op. De bodemdaling vindt vooral plaats in de zomerperiode wanneer de grondwaterstand relatief laag is, de hoeveelheid vocht beperkt is, en de oxidatie en krimp het snelst gaat. Door de agrarische ondernemers in de veenweidegebieden wordt de drooglegging gezien als noodzakelijk. Onvoldoende drooglegging leidt tot opbrengstderving en een lagere draagkracht van de graslanden waardoor er beperkingen zijn in het management (maaien, bemesten, schade door vertrapping). Het peilbeheer is gericht op zo min mogelijk opbrengstderving en zo min mogelijk beperkingen voor de landbouw.

De Nederlandse veenweidegebieden dalen volgens Van den Akker et al. (2008) 8 tot 10 millimeter per jaar. De ruimtelijke variatie is echter groot: de bodemdaling varieert lokaal van enkele millimeters per jaar tot meer dan 2 centimeter. De daling hangt af van het landgebruik en het peilregime. Diepe ontwatering, zoals voor akkerbouw op laagveen, leidt tot de hoogste daling, een ondiepe ontwatering leidt tot de minste daling. Door het waterpeil om de tien jaar te indexeren blijft de drooglegging van de graslanden op het gewenste niveau.

1 Hoogwatervoorzieningen

Hoogwatervoorzieningen in het landelijk gebied van de veenweiden zijn maatregelen rond woningen of andere bebouwing die ervoor zorgen dat het grondwaterpeil daar hoger is dan in het omliggende landelijk gebied. Zo kan worden voorkómen dat de verlaagde grondwaterstand (drooglegging, zie kader 2) ten behoeve van de landbouw ook doorwerkt in de gebieden waar huizen of andere gebouwen staan en daar bijvoorbeeld schade aan funderingen veroorzaakt.

2 Drooglegging

Drooglegging wil zeggen dat de grondwaterstand op percelen op een voldoende lage stand ten opzichte van het maaiveld wordt gehouden zodat de grond geschikt is voor het daarvoor bestemde landgebruik. Dit gebeurt door bemaling van het water in het open watersysteem door het waterschap.

3 Peilindexatie

Peilindexatie is het huidige beleid waarbij periodiek (bijvoorbeeld om de tien jaar) het grondwaterpeil wordt verlaagd zodat de grondwaterstand weer de diepte heeft ten opzichte van het maaiveld van (bijvoorbeeld) tien jaar geleden. Door middel van peilindexatie wordt het grondwaterpeil dus aangepast (mee verlaagd) aan de bodemdaling die sinds de vorige peilindexatie heeft plaatsgevonden.

Met deze ‘peilindexatie’ (zie kader 3) voldoet het waterschap aan de afspraken met de provincie over het waterbeheer in gebieden met een agrarische functie. Het resultaat is echter dat de bodem blijft dalen, 8 tot 10 centimeter in 10 jaar tijd. Ook komt in die periode bijna tweehonderd ton CO₂ vrij.

Bij hoogwaardige teelten, zoals de boom- en sierteelt in Boskoop, daalt de bodem ook, maar daar wordt door ophoging met materiaal van elders de daling van het maaiveld voorkomen. Natuurgebieden hebben veelal een eigen, meestal vast peilregime met een zodanig hoog grondwaterpeil dat in deze gebieden weinig of geen bodemdaling en weinig of geen CO₂-emissie optreedt. Bij weidevogelgebieden is een zekere mate van drooglegging vaak de randvoorwaarde en zal dus emissie van CO₂ plaatsvinden. Het gevolg van dit peilbeheer is dat de natuurgebieden na verloop van tijd hoger komen te liggen dan nabijgelegen landbouwgebieden en de natuurgebieden kwetsbaarder worden als gevolg van de wegzijging van water uit het gebied.

1.3.3 Stedelijk gebied

In stedelijke gebieden is voornamelijk sprake van zetting. Het directe gevolg van zetting is verzakkingsschade aan funderingen, muren, wegen, riolering en leidingen. De gemiddelde zetting wordt geschat op ongeveer 2 millimeter per jaar. De samenstelling van de ondergrond is complex, deels door de (geologische) ontstaansgeschiedenis, deels door pogingen van bewoners om de draagkracht te vergroten. Daardoor

treedt veel ongelijke zetting op waardoor scheuren in muren kunnen ontstaan of rioleringen kunnen breken. Gebroken rioolbuizen kunnen op hun beurt als een ongewenste vorm van drainage gaan fungeren. Dit alles leidt tot extra kosten en overlast voor eigenaren, gebruikers en beheerders. Schade treedt vooral op als bij de bouw van wegen, rioleringen en huizen onvoldoende rekening wordt gehouden met het feit dat door gewicht en belasting bodemzetting optreedt.

Methodes om geen last te hebben van de geringe draagkracht en bodemzetting zijn in de loop van geschiedenis veranderd. Vanaf de Middeleeuwen waren er drie verschillende houten funderingstypen gangbaar: ‘op staal’ waarbij gebruik wordt gemaakt van liggende houtconstructies (onder andere afkomstig van scheepshuiden); ‘op kleef’ waarbij korte houtconstructies worden ingeheid en ‘op stuit’ waarbij gebruik werd gemaakt van heipalen die lang genoeg zijn zodat het fundament op de vaste zandlaag onder het veen staat. Ondanks deze destijds innovatieve techniek blijven het kwetsbare funderingen die zeer gevoelig zijn voor lage grondwaterstanden en daarom heel specifieke eisen stellen aan het waterbeheer. Sinds de dertiger jaren van de vorige eeuw worden betonnen heipalen toegepast die gefundeerd worden op een minerale laag in de ondergrond.

Deze laatste zijn weinig gevoelig voor zetting; de problemen van de tuinen en de erfbestratingen door de dalende bodems vallen daardoor des te meer op. De laatste jaren wordt steeds meer ervaring opgedaan

met wegen op een volledig ‘matras’ van betonnen palen. Bodemdaling is voor historische binnensteden met zettingsproblemen, zoals Gouda, een zeer complexe opgave waar niet zomaar een technische oplossing voorhanden is, en dat zelfde geldt voor de financiering van de aanpak ervan.

1.4 Gebruik en beheer van het Nederlandse laagveen

1.4.1 Bodemdaling en peilbeheer in het landelijk gebied

Daar waar het waterschap de veengebieden ontwaterd voor de landbouw is sprake van actief peilbeheer. Door dit peilbeheer wordt de grondwaterstand enkele decimeters tot meer dan een meter onder het maaiveld gehouden. De drooglegging, het verschil tussen maaiveldhoogte en het slootpeil, is in Friesland het grootst met gemiddeld 90 tot 120 centimeter en in Noord-Holland het kleinst met gemiddeld 30 tot 60 centimeter. De drooglegging in het Groene Hart in Zuid-Holland en Utrecht zit daartussen in. De verschillen tussen de drie gebieden zijn terug te voeren op de aard van het gebied en de ontginningsgeschiedenis. De veengrond boven de grondwaterspiegel daalt (zie paragraaf 1.3) als reactie op de ontwatering, waarop het peil verder moet worden verlaagd en de bodem vervolgens weer verder daalt (peilindexatie). In de meeste veenpolders vindt veelvuldig onderbemaling plaats. Door onder te bemalen worden lokaal vaak een of meerdere percelen extra ontwaterd om zodoende gunstiger landbouwkundige omstandigheden te creëren, maar wel met als gevolg dat de bodem ter plekke ook sneller daalt. De verschillen in beheer zijn voor een niet-geoefend oog slecht zichtbaar, maar experts doorzien de complexiteit en weten waar bodems sneller of langzamer dalen.

1.4.2 Bodemdaling, peilbeheer en gevolgen voor het stedelijk gebied

De laagveengebieden zijn in de loop van de geschiedenis steeds meer bebouwd geraakt. In het verre verleden werd in gebieden met laagveen vooral gebouwd op hoger gelegen zandige oeverwallen langs riviertjes en strandwallen aan de kust. De zeventiende en de twintigste eeuw kenden periodes met sterke stedelijke groei en daardoor werd in toenemende mate ook gebouwd op de slappe veenondergrond. Door te bouwen op houten palen en later op betonnen palen werd voorkomen dat de huizen zouden wegzakken. Feitelijk waren dit stuk voor stuk innovaties die het mogelijk maakten om te kunnen bouwen op een slappe ondergrond. De duurzaamheid van houten funderingen, zo bleek later, was sterk afhankelijk van een vaste grondwaterstand: zolang het hout onder de grondwaterspiegel bleef, kon het hout niet rotten. Als de

grondwaterstand niet op een vast peil kon worden gehandhaafd, ontstond wateronderlast met als gevolg schade aan de houten fundering (‘paalrot’).

De verschillende funderingstechnieken, die soms naast elkaar voorkomen, hebben eraan bijgedragen dat het (grond)waterbeheer complexer is geworden omdat iedere bouwtechniek andere eisen stelt aan de manier van (grond)waterbeheer.

1.4.3 De waarden van het landschap

De Nederlanders ervaren ‘hun’ veengebieden, en meer specifiek de veenweidegebieden, als een uniek landschap met een groot aantal kernkwaliteiten, zoals openheid en een bijzondere verkaveling. De Nederlands veenweidegebieden zijn een voor Nederland iconisch landschap met hoge cultuurhistorische en ecologische waarden (weiden en moerasvogels), en zijn mede daardoor ook van groot belang voor de recreatie. Dit geldt voor de oude historische kernen van steden en dorpen. Deze kernen zijn veelal gebouwd op zandige oeverwallen en liggen daardoor nu relatief hoog ten opzichte van de slappe, dalende bodems in de omliggende laagveengebieden.

1.5 Problematiek van bodemdaling

1.5.1 Verschillende belangen, verschillende eisen

Hiervoor is ingegaan op de variatie in fysische kenmerken (bodem, water en ondergrond) en de verschillende vormen van landgebruik (landbouw, natuur, bebouwing en infrastructuur) en waterbeheer (vooral het grondwaterpeilbeheer). Een belangrijk aspect van de bodemdalingsproblematiek is dat verschillende functies andere eisen stellen aan het waterbeheer. Zo kan er binnen eenzelfde peilvak een conflict ontstaan tussen het bebouwde deel en het agrarische deel. Waar in de bebouwde omgeving een vast peil gewenst is, wenst de landbouw een geïndexeerd peil. Maar er zijn ook conflicten tussen naast elkaar gelegen peilgebieden, bijvoorbeeld tussen die voor landbouw en natuur, vooral als gevolg van de bodemdaling: relatief hoger gelegen natuurgebieden hebben last van verdroging als gevolg van de dalende bodem in de landbouwgebieden.

Net als in het landelijk gebied kunnen in het stedelijk gebied verschillende belangen tegenstrijdige eisen stellen aan het grondwaterbeheer. Vergeleken met het landelijk gebied zijn de verschillen in eisen van verschillende typen funderingen, en van wegen en parken juist groter en spelen ze bovendien over een kleinere afstand. Een voorbeeld zijn de verschillende eisen: waarbij de ene woningbezitter een lage grondwaterstand wil om wateroverlast te voorkomen en zijn buurman juist een hoog peil wil om zijn funderingen te beschermen. Stedelijk gebied heeft meestal een eigen jaarrond vast

peil. Er is alleen een relatie met het omliggende landelijk gebied via de aan- en afvoer van water. In kleine, bebouwde kernen in het landelijk gebied varieert het grondwaterpeil sterker, als reactie op het peil in omliggende gebieden.

Bovenstaande conflicten in belangen en daarmee eisen aan de grondwaterstand leiden tot dilemma's voor de waterbeheerder. Dit alles maakt dat bodemdaling een divers en complex onderwerp is waar veel verschillende partijen bij betrokken zijn.

1.5.2 Omgaan met onzekerheden

Naast complex en divers is bodemdaling bovendien een dossier met veel onzekerheden (Den Uyl 2014). Dit betekent dat maatwerk nodig is en inzicht in de processen van bodemdaling, zowel wat betreft de informatievoorziening over bodemdaling als de verkenning van alternatief beleid. Dit vraagt ook om zorgvuldige afstemming met stakeholders. Bij het verkennen van de toekomstige bodemdaling in agrarische gebieden is kennis van lokale omstandigheden en eventuele aanpassingen in het waterbeheer of landgebruik cruciaal om in te kunnen schatten hoe het proces van bodemdaling kan verlopen. Bij het verkennen van toekomstige bodemzetting gaat het minder om de daling zelf maar meer om hoe de schade die daar het gevolg van is kan worden voorkomen.

De diversiteit, complexiteit en vele onzekerheden maken het onderzoek naar bodemdaling met alle gevolgen ervan tot een uitdaging. Desondanks kan de toekomstige bodemdaling worden geanalyseerd en berekend, op basis van de belangrijkste processen en rekening houdend met de huidige fysische, beheer- en gebruikskennmerken en eventuele toekomstige maatregelen. Dit inzicht is nodig om te weten in welke procesfase de vele afzonderlijke laagveengebieden zich op dit moment bevinden en wat hun toekomst is of kan zijn. In bebouwde gebieden gaat het er om hoe de schade die 'onderweg' is kan worden hersteld en hoe in toekomstige planvorming meer schade kan worden voorkomen.

1.5.3 Uitdaging voor bestuurders

Ook bestuurlijk gezien is het complex. Provincies, waterschappen en gemeenten hebben ieder hun taak en bestuurlijke rol als het gaat om keuzes in gebruik, beheer, eisen aan nieuwbouw en aanpak van herstructurering. Zij kunnen hun taken alleen uitvoeren als er samenspraak is met bewoners, eigenaren en andere direct belanghebbenden. Voor veranderingen in gebruik en beheer is bovendien ook draagvlak nodig. De belangen lopen uiteen. Zo zijn er directe economische belangen van melkveehouders, maatschappelijke belangen rond bijvoorbeeld waarden als natuur en klimaat,

gemeentelijke belangen ten aanzien van bijvoorbeeld een duurzame woningvoorraad die past bij de vraag, en belangen van verschillende generaties waarbij de maatschappelijke kosten die te maken hebben met bodemdaling beheersbaar zijn en niet worden doorgeschoven naar de toekomst. Ook de eerlijke verdeling van de kosten en de baten is een aspect dat vaak genoemd wordt.

Als we de problematiek van bodemdaling concreter maken en inzoomen op de ervaren problemen in zowel de stedelijke als landelijke gebieden, horen we geluiden van een geleidelijke stijging van de maatschappelijke kosten (onder andere het waterbeheer, infrabeheer en de private kosten). Dit leidt soms tot knellende situaties: niet altijd zijn er voldoende middelen voor het meest gewenste beheer of voor noodzakelijke investeringen. Veel steden, onder andere in het Groene Hart, maken als gevolg van de bodemdalingsproblematiek hoge kosten die een forse wissel trekken op hun budget.

Ook waterschappen zijn, mede om financiële redenen maar ook om redenen van duurzaamheid en kwaliteit, niet meer geneigd snel te besluiten tot bijvoorbeeld de aanleg van een nieuwe hoogwatervoorziening om een relatief kleine groep huizen beter te beschermen. Niet alleen de hoge kosten van de aanleg, maar ook de hoge terugkerende onderhoudskosten spelen daarbij een dominante rol. Bovendien vertragen hoogwatervoorzieningen de negatieve effecten van bodemdaling slechts en leiden zij bovendien tot versnippering van kleine peilgebiedjes (en daardoor op termijn tot toenemende beheerkosten). De discussie daarover brengt de zoektocht op gang naar alternatieve beheeropties, zowel in stedelijke als landelijke gebieden. Deze opties krijgen, meer dan voorheen, de aandacht van bestuurders (van Hardeveld et al. 2014; Westerhof & Joosten 2014).

1.6 Opzet en methodiek

1.6.1 Uitgangspunten

De verkenning richt zich op de fysisch-geografische aspecten van de leefomgeving in gebieden met veen. Daarbij zijn duurzaam landgebruik, met aandacht voor 'People, Planet & Profit', kosteneffectiviteit en het vermijden van kosten voor de maatschappij als geheel belangrijke uitgangspunten. Deze aspecten en uitgangspunten worden meegenomen bij het afwegen en beoordelen van verschillende mogelijke opties voor beleid en beheer rond bodemdaling, zowel in het landelijk als stedelijk gebied. Concreet betekent dit dat de maatregelen die in deze studie verkend worden, gericht zijn op het verminderen van de bodemdaling en op het beperken of voorkomen van de kosten die samenhangen

4 De MKBA

De maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) is een belangrijk hulpmiddel bij de ex ante onderbouwing van beleidskeuzes. De MKBA is een informatie-instrument dat de besluitvorming over een beleidsmaatregel of beleidsalternatief ondersteunt, zodat beleidskeuzes zoveel mogelijk op objectieve gronden kunnen worden gemaakt. De MKBA biedt een overzicht van de effecten van een maatregel, de aan de maatregel klevende risico's en onzekerheden, en de hieruit voortvloeiende voor- en nadelen voor de maatschappij als geheel. Door deze voor- en nadelen te kwantificeren en te waarderen (in euro's uit te drukken), geeft de MKBA inzicht in het effect van de maatregel op de maatschappelijke welvaart, als het saldo van in de euro's gemeten baten minus de kosten. Dit saldo omvat ook de kosten en baten van effecten op onderdelen van de maatschappelijke welvaart waarvoor geen marktprijzen bestaan, zoals natuur, landschap en cultuurhistorie.

met bodemdaling.

Voor de stedelijke gebieden brengen we de actuele knelpunten en de gevolgen van bodemzetting in beeld en verkennen we de mogelijke toekomstige ontwikkelingen. We kijken of het bouwen, wonen en de mobiliteit in laagveengebieden kostenefficiënter kunnen worden, bijvoorbeeld door meer rekening te houden met toekomstige bodemzetting, en met welke maatregelen toekomstige kosten kunnen worden vermeden. Voor het landelijk gebied verkennen we hoe duurzaam en betaalbaar het huidige landgebruik is, en in hoeverre beleid voor veenweidegebieden gericht op vermindering van de bodemdaling bijdraagt aan de verduurzaming en vergroening hiervan. We verkennen welke maatregelen daar voor nodig zijn en welk welvaartseffect dit heeft. Heel concreet: hoe verhouden zich de maatschappelijke kosten en baten tot elkaar en hoe veranderen die onder invloed van maatregelen die de bodemdaling afremmen of stoppen.

1.6.2 Kosten-batenanalyse

Een veel toegepast afwegingskader is de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA). Deze analyse wordt toegepast om maatschappelijke kosten en baten van omvangrijke projecten in beeld te brengen, zodat maatschappelijke afwegingen gemaakt kunnen worden. In deze verkenning maken we gebruik van het begrippenkader en deels ook van de denklijn van de 'Leidraad MKBA' van het CPB en het PBL (2013). Dit kader en deze denklijn passen goed bij de methodiek waarmee de problematiek rond bodemdaling in Nederland kan worden geadresseerd (zie kader 4).

In een kosten-batenstudie is de probleemanalyse het vertrekpunt. In dit geval is dat de problematiek van de bodemdaling in veengebieden. In vervolgstappen worden achtereenvolgens het nul-alternatief vastgesteld, waarin de meest waarschijnlijke ontwikkeling van de veengebieden zonder aanvullend of nieuw beleid wordt beschreven, en sets van mogelijke maatregelen en logische beleidsalternatieven om bodemdaling af te remmen of te stoppen. Daarna komt de identificatie van

de effecten en de kwantificering (of kwalificatie) van de baten en kosten, al dan niet uitgedrukt in euro's. De extra kosten en baten als gevolg van bodemdaling voor de beheerders en de gebruikers van de laagveengebieden zijn zo goed mogelijk verkend. In de stedelijke context gaat het dan vooral om het vermijden van extra kosten als gevolg van schade aan huizen en infrastructuur. Eventueel worden deze resultaten getoetst aan de hand van scenario's met sociaaleconomische ontwikkelingen of klimaatverandering om de onzekerheden hierin in de resultaten mee te nemen. Tot slot volgen de resultaten en discussie. Als zichtjaar is gekozen voor het jaar 2050.

Met deze aanpak wordt duidelijk wat de verschillende beleidsalternatieven kunnen betekenen voor de maatschappij als geheel, zowel voor het landelijk als stedelijk gebied. In de praktijk zal het uiteindelijk gaan om een uitwerking en nadere toetsing op het niveau van een peilgebied, een polder of een (deel)gebied van een stad.

De berekening van de snelheid van de bodemdaling speelt een cruciale rol in de verkenning. De effecten en kosten zijn hieraan gekoppeld. Maatregelen die leiden tot minder bodemdaling leiden bij veel welvaartseffecten dan ook tot minder kosten, emissies van broeikasgassen of schade. Op deze manier komt de orde van grootte in beeld van de toekomstige kosten en baten die het gevolg zijn van bodemdaling, en het effect van verschillende maatregelen. Voor thema's waarvoor de relatie met bodemdaling op zich duidelijk is maar moeilijk kwantificeerbaar, zal een meer kwalitatieve beschrijving worden gemaakt om het effect zichtbaar te maken.

1.6.3 Landelijk gebied

In de verkenning van het landelijk, agrarisch gebied kijken we hoeveel bodemdaling optreedt als het huidige waterbeheer, gedomineerd door peilfixatie, wordt voortgezet. Vervolgens kijken we hoeveel bodemdaling er optreedt als alternatieve maatregelen worden ingezet. De gekozen maatregelen zijn geleidelijke vernatting, een aangepast drainagesysteem en verandering in landgebruik. Geleidelijke vernatting leidt in de praktijk

ook tot een geleidelijke aanpassing van het management en kan leiden tot een kantelpunt (noodzakelijke verandering) voor het veehouderijsysteem. Op een bepaald moment kan nog meer vernatting betekenen dat een transitie in landgebruik optreedt van landbouw naar natuur. In deze studie kwantificeren wij, waar dat mogelijk is en voor zover er voldoende gegevens zijn, de effecten van deze maatregelen op zowel de bodemdaling als de kosten en baten.

1.6.4 Stedelijk gebied

In de verkenning van de stedelijke gebieden en van de bebouwde delen van het landelijk gebied is meer gekeken naar de extra kosten die het gevolg zijn van zetting en de kosten die gemaakt moeten worden om de oudere woningen bestendig te maken tegen bodemdaling en de extra onderhoudskosten voor infrastructuur en aan funderingen. Niet is gekeken naar de effecten van grondwaterregimes op de kosten van herstel. Mede door de complexiteit en grote verschillen over korte afstand is voor het stedelijk gebied, in tegenstelling tot bij de agrarische gebieden, niet gerekend aan de millimeters bodemdaling per jaar. Voor het stedelijk gebied is alleen voor het nul-alternatief gerekend aan de kosten voor herstel van funderingen en infrastructuur. De beleidsalternatieven zijn niet kwantitatief uitgewerkt.

1.6.5 Handelingsperspectieven

We besluiten de studie met conclusies over de effecten van maatregelen voor de verschillende gebruiksfuncties en maatschappelijke belangen en de verschuivingen tussen kosten en baten. We gaan daarbij ook in op vragen over stijgende kosten en of er sprake is van het neerleggen van de rekening bij toekomstige generaties of bij andere stakeholders dan degenen die er belang bij hebben. Op basis van de bevindingen reiken we handelingsperspectieven aan zodat bestuurders betere beleidskeuzes voor de toekomst kunnen maken. Wij geven met deze studie inzicht in bodemdaling en de gevolgen daarvan, en laten de consequenties van keuzes zien. Het is aan de bestuurders om de keuzemogelijkheden ten opzichte van elkaar af te wegen.

Bodemdaling: kennis, onderzoek en beleidsaspecten

2.1 Kennis en onderzoek

Veel kennis van en aandacht voor bodemdaling

In de afgelopen decennia is het nodige onderzoek gedaan naar bodemdaling van veengebieden, zijn maatregelen verkend hoe hiermee om te gaan, zijn adaptatiestrategieën ontwikkeld en is geëxperimenteerd om bodemdaling te verminderen. Er zijn veel studies gedaan naar de wenselijkheid te sturen op vermindering van de daling (Woestenburg 2009) en naar mogelijke ontwikkelingsrichtingen (Rienks & Gerritsen 2005). Veel informatie over laagveengebieden, en specifiek over de veenweiden, is ontsloten via de ORAS-website over veenweidegebieden (<http://orasveenweidegebieden.stowa.nl/>). Voor veel laagveengebieden zijn concreet studies uitgewerkt op lokale of regionale schaal. Daarbij was de focus gericht op ruimtelijk strategische keuzes of plannen voor adaptatie aan veranderende klimaatomstandigheden (Bosch & Slabbers 2012; Provincie Zuid-Holland 2012). Meer dan voorheen hadden provincies en waterschappen de laatste jaren aandacht voor de ontwikkeling van een visie op de problematiek van het laagveen en op een dialoog met de stakeholders. Daarbij is de laatste jaren ook meer gekeken naar de kosten en baten van verschillende scenario's (Van Hardeveld et al. 2014; RIGO 2012; Westerhof & Joosten 2014).

Toepassing kennis ongestructureerd

De toepassing van kennis over bodemdaling verloopt vooralsnog weinig gestructureerd. De toepassing hangt af van lokale kansen in het kader van gebiedsontwikkeling of lokaal gevoelde urgenties in specifieke gebieden met knelpunten (Provincie Zuid-Holland 2014). Een voorbeeld van lokale kansen is de verschuiving van begrensde natuur in de Krimpenerwaard gericht op 'functie volgt peil' in het kader van het Veenweidepact in 2005. Een voorbeeld van gevoelde urgenties is het adresseren van de problematiek van bodemdaling in steden als knelpunt in het deelprogramma 'Nieuwbouw en Herstructurering' (nu onderdeel van het thema Ruimtelijke Adaptatie), een onderdeel van het Deltaprogramma (TNO 2011).

Bodemdaling is meegenomen in de Deltascenario's en bij het opstellen van normenkaders voor waterveiligheid. Onderzoeksinstellingen (Deltares, TNO, universiteiten) en het bedrijfsleven versterken op dit moment hun kennis rond dit thema. Zij kijken verder dan Nederland, vooral ook naar grote steden in kustdelta's elders in de wereld (Deltares 2015).

Onzekerheden

Geconcludeerd kan worden dat de afgelopen decennia geleidelijk aan meer kennis is opgebouwd over bodemdaling en dat de problematiek steeds meer deel uitmaakt van strategische studies op zowel lokaal als regionaal schaalniveau. Wat lijkt te ontbreken is het gestructureerd meten en monitoren van bodemdaling, evenals een betrouwbare modellering van de processen die deze daling veroorzaken. Daardoor kunnen we de toekomstige bodemdaling nu niet voldoende betrouwbaar kwantificeren.

Ondanks diverse studies naar kosten en baten zijn veel kengetallen nog uiterst onzeker. Dit hangt samen met de (soms zeer grote) heterogeniteit van de ondergrond, de verschillen in landgebruik en waterbeheer (in het landelijk gebied) en de toegepaste funderingstechnieken (in het stedelijk gebied).

Verantwoordelijkheden en beleid

In onderstaande paragrafen vatten we de verantwoorde-lijkheden samen van de verschillende overheden in relatie tot de bodemdaling. Ook beschrijven we de beleidsmaatregelen die tot nu toe door de verschillende overheden genomen zijn om bodemdaling af te remmen, te stoppen en/of om de beheerkosten te verlagen.

We gaan in op de bebouwde omgeving, en op landbouw en natuur, thema's die door de bodemdaling worden beïnvloed. Voor deze laatste vorm van landgebruik geldt dat de invloed van bodemdaling vooral indirect is doordat omliggende gebieden dalen. Landbouw en natuur zullen we overigens niet in alle gevallen heel strikt onderscheiden

omdat er veel tussenvormen van beheertypen voorkomen of denkbaar zijn, met ieder een eigen impact op de bodem, de bodemdaling en emissie van broeikasgassen, de landbouwproductie, en de natuur- en landschapswaarde.

2.2 Bestuurlijke verantwoordelijkheid

De verschillende bestuurstaken van Rijk, provincies, waterschappen en gemeenten zijn wettelijk geregeld. Hieronder lichten wij hun taken toe voor zover relevant voor het thema veenbodemdaling. Hierbij maken we op hoofdlijnen een onderscheid in landgebruik en waterbeheer. In steden gaat het om de bebouwing en infrastructuur, aspecten die ook voor het landelijk gebied zijn belicht.

Bebouwde omgeving, verantwoordelijkheid gemeenten

Voor de bebouwde omgeving ligt de verantwoordelijkheid bij de gemeenten. Zij zorgen voor voldoende huisvesting en voor de bereikbaarheid. De gemeenten maken daarvoor bestemmingsplannen waarin de bestemming wonen is neergelegd, maar ook de nieuwbouw, uitbreiding en overige functies. Provincies (of Rijk) kunnen ook eigen bestemmingsplannen maken en daarmee gemeentelijke plannen overrulen. Gemeenten in veengebieden zijn zich bewust van de bodemdalingsproblematiek en hun taak daar aandacht aan te geven (blijkt onder andere uit het initiatief tot oprichting Platform Slappe Bodem). Gemeenten dragen bij aan het herstel van schade door bodemdaling, bijvoorbeeld met funderingssubsidies (al zijn deze in onder andere Rotterdam en Amsterdam inmiddels beëindigd als gevolg van het 'succes'; voorzetten zou leiden tot een te groot financieel risico voor de gemeenten).

Infrastructuur, verantwoordelijkheid verdeeld over veel partijen

De gemeenten zijn verantwoordelijk voor verkeer en vervoer binnen hun bebouwde kom, en zorgen voor bereikbaarheid en de aanleg en het onderhoud van de gemeentelijke infrastructuur. De gemeenten zijn ook verantwoordelijk voor veel agrarische wegen, en voor het onderhoud en beheer van het hoofdrioolstelsel. De provincies zorgen voor de regionale bereikbaarheid (provinciale wegen). Het Rijk is verantwoordelijk voor aanleg en onderhoud van de rijkswegen en onderdelen van het hoofdwatersysteem (zoals stormvloedkeringen en grote dammen). Waterschappen zijn verantwoordelijk voor de meeste dijken en kades, en voor de zogenoemde waterschapswegen. Nutsvoorzieningen, zoals water, elektriciteit en datakabels, vallen onder de verantwoordelijkheid van de netwerkeigenaar (watermaatschappijen, energienetwerkbedrijven en telecombedrijven).

Veenweidegebieden, regierol provincies

In het landelijk gebied, inclusief de agrarische gebieden, zijn de provincies de gebiedsregisseur en verantwoordelijk voor de ruimtelijke ordening en functietoedeling. De verantwoordelijkheid voor het waterbeheer in de laagveengebieden ligt bij de waterschappen die deze taken afstemmen met de provincie en gemeenten. Provincies kunnen op grond van bijvoorbeeld knelpunten in het waterbeheer (op instigatie van het waterschap) en op grond van hoge beheerkosten besluiten de functie te wijzigen van agrarisch naar natuur. Een dergelijke beslissing kan spelen in de knelpuntgebieden.

Natuur en landschap, systeemverantwoordelijkheid Rijk

Provincies hebben sinds het Bestuursakkoord Natuur een grotere verantwoordelijkheid gekregen voor natuur (waaronder realisatie van het Natuur Netwerk Nederland). Het ministerie van Economische Zaken heeft daarbij een systeemverantwoordelijkheid voor het behoud en duurzaam gebruik van de (inter)nationale biodiversiteit en natuurlijke hulpbronnen – nationaal en internationaal – en voor de zekerstelling van de aanwezigheid van natuur op lange termijn. Op grond daarvan is de minister verantwoordelijk voor het stellen van kaders voor de natuurkwaliteit van gebieden en voor de bescherming van planten- en diersoorten. Het Rijk is verantwoordelijk voor het behalen van de (inter)nationale biodiversiteitsdoelen voor gebieden buiten het Natuur Netwerk Nederland en voor het agrarisch natuurbeheer.

Regionaal waterbeheer, vooral in handen waterschap

Het waterbeheer in het landelijk gebied is in handen van het waterschap en in het stedelijk gebied van de gemeenten. Het waterschap is een functionele overheid gericht op het waterbeheer. Dat betekent zorg voor de waterkeringen, de hoeveelheid water en de kwaliteit van het water. Het waterschap beheert de meeste waterkeringen (dijken, duinen en dammen) langs de grote rivieren, de grote meren en de kust. Een aantal waterkeringen is in beheer bij het Rijk; dit zijn waterkeringen die niet direct regionaal een gebied beschermen met bewoners en bedrijven die hier belang bij hebben, maar van nationaal belang zijn, zoals stormvloedkeringen en grote dammen. De waterschappen zorgen voor de kleinere waterlopen en regelen en bewaken het regionale waterpeil. Deze beheertaken hebben allerlei raakvlakken met ruimtelijke ordening, natuurbeheer en milieubeheer en om die reden is er ook veel afstemming met provincies en gemeenten. Het toezicht op het functioneren van het waterschap ligt bij de provincie. Daarnaast beheren de provincies ook zelf een aantal wateren en is het Rijk verantwoordelijk voor het beheer van de rijkswateren, zoals de grote rivieren, de grote meren en de Noordzee.

2.3 Bodemdaling en beleid

In aansluiting op de bestuurlijke verantwoordelijkheid is een logische vraag hoe de overheden met hun taken zijn omgegaan. Dit vatten we hieronder samen, niet met de bedoeling om hun beleid te evalueren of beoordelen, maar om inmiddels genomen initiatieven en al of niet technische maatregelen gericht op de functiekeuze of het beperken van de schade of kosten te verkennen.

In de afgelopen jaren hebben de betrokken provincies, waterschappen en gemeenten vanuit hun verantwoordelijkheid op verschillende manieren aandacht gegeven aan bodemdaling. De betrokkenheid bij bodemdaling gebeurt vanuit hun eigen taken, en door gezamenlijk aan het dossier bodemdaling te werken met onder meer een gezamenlijke kennisagenda. Tijdens het congres over veenbodemdaling in Den Haag (2016) is aan die samenwerking inhoud gegeven door de verklaring van Madurodam te ondertekenen (PSB 2016).

Rijk legt beleid bodemdaling decentraal

Het Rijk heeft in het dossier bodemdaling geen specifieke taak of positie ingenomen. Wel is in 2014 en 2016 een beroep gedaan op het kabinet om meer aandacht te geven aan bodemdaling (Motie-Smaling/Bisschop 2014) en om gedeeltelijke vernetting mee te nemen als klimaatmaatregel (Motie-Smaling/Van Tongeren/Van Veldhoven 2016). Niet duidelijk is of de moties hebben geleid tot een andere positionering van het Rijk.

In de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (2012) staat het volgende over bodemdaling in veenweidegebieden: 'Vanuit de waterveiligheid en zoetwatervoorziening heeft het Rijk belang bij het afremmen van bodemdaling in veenweidegebieden en een goede bufferwerking in het regionale watersysteem om afwenteling op het hoofdwatersysteem te voorkomen. Provincies en gemeenten maken in samenwerking met de waterschappen afspraken over de ruimtelijke keuzes om dit belang te behartigen.' Dit citaat illustreert dat het Rijk wel belang heeft bij het afremmen van bodemdaling en bij goede bufferwerking, maar het beleid hiervoor heeft neergelegd bij de decentrale overheden.

Eigen kernpunten provincies in relatie tot bodemdaling

Provincie Utrecht: vitale landbouw en robuuste natuur

De provincies spelen sinds enkele jaren een meer proactieve rol in de veenweidegebieden. Zo wil de provincie Utrecht in de veengebieden bodemdaling zoveel mogelijk afremmen. Dat heeft ze vastgelegd in verschillende strategische plannen, waaronder de Voorloper Structuurvisie Groene Hart, het Waterplan en de Bodemvisie. Het tegengaan van bodemdaling wordt

door de provincie gezien als een complex probleem dat velen voor de keus stelt hoe delen van het veenweidegebied moeten worden ingericht. Utrecht heeft in haar Provinciale Ruimtelijke Verordening (2009) een artikel opgenomen over bodembewerking in het veenweidegebied. Voor kwetsbare gebieden geldt dat er een verbod is op bodembewerkingen (scheuren en ploegen) vanwege de versnelde bodemdaling die daarvan het gevolg is. Het verbod van bodembewerkingen geldt niet voor gebieden waar de gemiddelde grondwaterstand 60 centimeter of meer onder het maaiveld staat, en voor bodembewerkingen die worden uitgevoerd ten behoeve van graslandverbetering.

In het ontwerp voor de herijking van de Structuurvisie 2013-2028 in 2016 wordt als langetermijndoel gesteld om met het ruimtelijk beleid de bodemdaling en de gevolgen ervan te beperken, en zo te komen tot een robuust en klimaatbestendig bodem- en watersysteem tegen aanvaardbare maatschappelijke kosten. Daarbij wordt rekening gehouden met de (landschappelijke) kernkwaliteiten van het gebied en met een economisch vitaal platteland. Herhaald wordt wat in de Provinciale Ruimtelijke Verordening is opgenomen over bodembewerking. Aanvullend is in het ontwerp opgenomen dat de provincie bij voorkeur geen nieuwe bouwlocaties in veengebieden ziet. Mocht bouwen toch nodig zijn, dan is het in deze gebieden extra belangrijk rekening te houden met de eisen die de eigenschappen van het bodem- en watersysteem ter plaatse stellen. Ook al is dit slechts een ontwerp, het geeft wel aan welke paden verkend worden.

In de toelichting bij het ontwerp wordt aangegeven dat gewerkt wordt aan het beperken van bodemdaling en een robuuster watersysteem via een gebiedsgerichte aanpak in grotere eenheden (polders, meerdere peilvakken) en met een mix aan maatregelen (Provincie Utrecht 2016). Hiermee wil de provincie ook een duurzamer en meer vitale landbouw en een robuustere natuur realiseren. Omdat niet alle gebieden tegelijk aangepakt kunnen worden, is de aanpak geprioriteerd op basis van de complexiteit van de opgaven. Het is gewenst dat gebiedsontwikkelingen planologisch worden vastgelegd in bestemmingsplannen.

Provincie Zuid-Holland: betaalbaarheid en beheersbaarheid lange termijn

De provincie Zuid-Holland stelt in haar Structuurvisie dat de water- en bodemproblematiek in de veenweidegebieden complex en samenhangend is (Provincie Zuid-Holland 2016). Knelpunten zijn er binnen de volledige breedte van het waterbeheer: het gaat niet alleen om bodemdaling, maar ook om versnippering van het watersysteem, slechte waterkwaliteit (droge periodes) en wateroverlast (natte periodes). Om bodem-

daling af te remmen geldt als vertrekpunt: ‘Substantieel afremmen van de bodemdaling binnen een robuust en klimaatbestendig watersysteem, zodanig dat het op lange termijn goed betaalbaar en beheersbaar is en dat rekening wordt gehouden met behoud en ontwikkeling van de landschappelijke kernkwaliteiten’.

Provincie Friesland: ‘zachte landing’

In de Veenweidevisie van de Provincie Friesland is aangegeven dat Provinciale Staten de bodemdaling in het gehele Friese veenweidegebied enigszins wil vertragen maar daarbij overwegend wil zorgen voor een ‘zachte landing’ (Provincie Friesland 2016). In de visie is uitgesproken dat daarvoor in het hele veenweidegebied de drooglegging (de diepte van de grondwaterspiegel ten opzichte van het maaiveld) beperkt wordt tot 90 centimeter gemiddeld per peilvak. Voor gebieden met meer dan 80 centimeter veen mét een kleidek is het de opgave om hoog zomerpeil in te voeren (60 centimeter drooglegging). In de klei-op-veengebieden en gebieden met een dik pakket veen is het doel het vertragen van maaiveldaling waardoor er meer tijd is om te anticiperen op verdere maaiveldalingen, spreiding van kosten, behoud van landschap, natuur, archeologie en afname van de uitstoot van CO₂. Voor de klei-op-veengebieden worden hogere zomerpeilen ingevoerd, zoveel mogelijk in combinatie met onderwaterdrainage. Op de pure veengronden met een veenpakket van 80 centimeter of meer is het doel kerende groundbewerking (bij maisteelt en graslandvernieuwing) zoveel mogelijk te beperken of voorkomen. Voor de infrastructuur wordt voorgesteld om duurzame oplossingen voor infrastructuur (vooral voor wegen en rioleringen) toe te passen.

Provincie Noord-Holland: natte landbouw, natte natuur en onderwaterdrains

In Noord-Holland wordt gewerkt aan gezamenlijke initiatieven en programma’s van het waterschap, de provincie en stakeholders waaronder het Landschap Noord-Holland (Provincie Noord-Holland 2016). Het voorstel is om een Innovatieprogramma Veen (IPV) op te zetten, waarmee in de periode na 2021 bodemdaling substantieel kan worden beperkt. Het programma richt zich onder andere op het oplossen van kennishiaten, de aanleg van onderwaterdrainage en innovaties in landbouwmethoden. Speerpunten zijn natte landbouw, natte natuur en de introductie van een vrijwillig systeem van *carbon credits* voor CO₂-uitstoot in veenweiden waarmee aan het rendabel maken van onderwaterdrains, natte landbouw en natte natuur kan worden bijgedragen.

Waterschappen bewaken grenzen haalbaarheid

Het waterschap initieert veranderingen in beheer als in bepaalde gebieden wordt aangelopen tegen de grenzen van wat technisch en financieel haalbaar is. Het kan ook

voorstellen initiëren om door beperkte herschikking van functies de versnippering in het waterbeheer te beperken. Bodemdaling is een van de thema’s waar de waterschappen de laatste tijd meer aandacht aan besteden. Niet alleen de mogelijk oplopende beheerkosten maar ook alternatieve vormen van waterbeheer zijn daarbij een onderwerp.

Gemeenten werken samen in Platform Slappe Bodem

De gemeenten die veel te maken hebben met bodemdaling en slappe bodems werken samen in het Platform Slappe Bodem, een initiatief van 21 gemeenten, waaronder Gouda en Rotterdam. Ze pleiten voor een integrale aanpak waarin nationale, lokale en provinciale overheden, waterschappen, kennisinstellingen en het bedrijfsleven gezamenlijk verantwoordelijkheid dragen (<http://www.slappebodem.nl/Over-slappe-bodem>).

Kortom: agendering bodemdaling vooral vanuit knelpunten

Samenvattend kan gezegd worden dat bodemdaling weliswaar de aandacht heeft van de decentrale overheden, maar dat de problematiek slechts beperkt geagendeerd wordt vanuit een samenhangende visie waarin meerdere thema’s meer integraal met elkaar zijn verknoopt. Bodemdaling lijkt vooral te zijn geagendeerd vanuit knelpunten en nog relatief weinig vanuit een breder uitgewerkt toekomstgericht perspectief. Wel lijkt het moment daarvoor steeds dichterbij te komen. Ook is de aandacht bij beleidsmakers en de politiek voor de problematiek van bodemdaling de afgelopen jaren sterk toegenomen.

Thema's laagveen- problematiek

Figuur 3.1 laat de effecten zien van bodem- of maaiveld-daling op de fysieke leefomgeving. Deze figuur, die op alle laagveengebieden in Nederland met bodemdaling van toepassing is, illustreert wat er in en boven de veengrond gebeurt en wat de gevolgen zijn voor het watersysteem. Ook toont de illustratie de heterogeniteit van de ondergrond en het gebruik. Zoals in het inleidende hoofdstuk is geschetst, verschilt de problematiek tussen het stedelijk en landelijk gebied.

Steden: funderingen, keringen en wateroverlast

In steden gaat het om de functies wonen, werken en mobiliteit. De slappe stedelijke ondergrond draagt letterlijk een deel van de Nederlandse economie.

Een effect van bodemdaling, meer specifiek van bodemzetting, is dat huizen en infrastructuur onder hun eigen gewicht zakken als zij niet stevig of duurzaam genoeg op een harde (minerale) laag in de ondergrond zijn verankerd. Daar waar die verankering niet stevig of duurzaam genoeg is, is gericht grondwaterbeheer (in steden) of zijn speciale hoogwatervoorzieningen (voor dorpen in het landelijk gebied) nodig. Belangrijke aandachtspunten zijn vooral het beschermen van funderingen van hout, het bewaken van voldoende hoge en sterke waterkeringen en boezemkades op een dalende of zettende ondergrond, en het beperken van wateroverlast in polders waarvan het bergend vermogen door de bodemdaling verandert.

Landelijk gebied: vooral de landbouw, ook natuur

In het landelijk gebied gaat het vooral om de functie landbouw, maar ook om natuur en landschap. Landbouw vraagt om drooglegging met als keerzijde bodemdaling, emissie van broeikasgassen en verslechtering van de waterkwaliteit door mineralisatie van het veen.

De natuurgebieden zelf kennen meestal een vast of een enigszins flexibel peil en worden daardoor zelf niet geconfronteerd met bodemdaling. Deze gebieden hebben vooral last van de bodemdaling die in omliggende gebieden optreedt. Het gevolg is dat er water uit deze gebieden wegsijpelt en er gebiedsvreemd water, vaak

rijker aan nutriënten, moet worden ingelaten, met gevolgen voor de biodiversiteit. Landbouw- en natuurgebieden zijn samen de basis voor een gevarieerd en open landschap met hoge culturele, erfgoed- en recreatieve waarden, waarden die door bodemdaling kunnen verdwijnen.

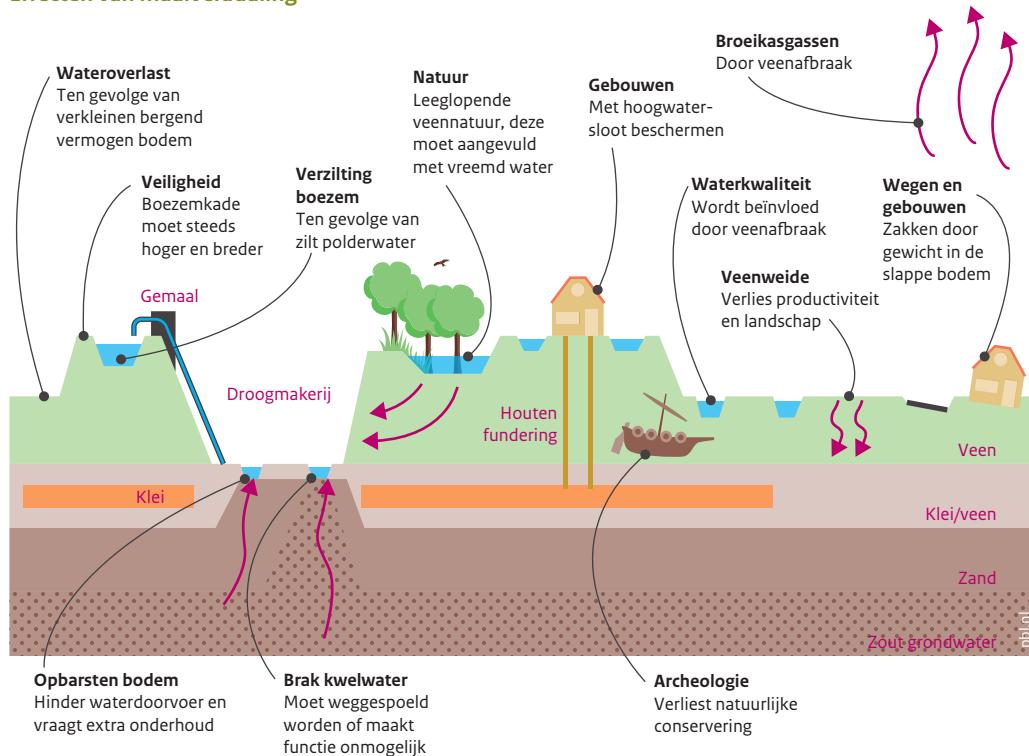
Door bodemdaling en geleidelijke verlaging van het grondwaterpeil verandert ook de druk op het watervoerende pakket in de ondergrond. Deze druk kan in de kustgebieden nog verder toenemen als door klimaatverandering de zeespiegel stijgt. Als het watervoerende pakket zilt of zout water bevat, kan er verzilting optreden met gevolgen voor de functie. Doorspoelen kan daarvoor een oplossing zijn, maar dat leidt tot verzilting van het boezemwater. Ook kan de bodem opbarsten, een proces waarbij de bodemlaag open breekt door de druk van het water in de ondergrond. Daardoor moeten lokaal op zwakke plekken extra hoeveelheden water worden weggepompt. Door bodemdaling worden archeologische objecten blootgesteld aan zuurstof en daarmee verdwijnt de conserverende werking van de ondergrond.

Verschillende effecten klimaatverandering

Onderdeel van de laagveenproblematiek is dat klimaatverandering op diverse processen ingrijpt. Hogere temperaturen en langdurige droogte in de zomer leiden tot meer oxidatie en daardoor bodemdaling, en tot meer verdamping met gevolgen voor het beheer. Meer neerslag in de zomer zou daarentegen positief kunnen zijn, al kunnen piekbuien lokaal forse wateroverlast veroorzaken. Een voorbeeld is de bui die in 2014 lang boven Kockengen heeft gehangen met als gevolg waterbeheerproblemen in het dorp en de omliggende veenweiden. Ook leidt een toename van de gemiddelde neerslag op jaarbasis tot meer kweldruk vanuit hoger gelegen zandgebieden waardoor in aangrenzende gebieden meer beheermaatregelen nodig zijn.

Meer kosten waterbeheer, nadelig voor vestigingsklimaat
Bodemdaling heeft ook gevolgen voor de economie en

Figuur 3.1
Effecten van maaiveldaling



Bron: Provincie Zuid-Holland

voor het vestigingsklimaat. Zo zijn er extra kosten voor het waterbeheer, niet alleen voor het reguliere beheer maar ook om te blijven voldoen aan de afgesproken veiligheidsnormen. Dit betekent dat dijken en (boezem) kades verhoogd en versterkt moeten worden als de bodem daalt. Vaak wordt al op de toekomstige bodemdaling geanticipeerd door deze waterkeringen extra hoog en sterk te maken. In de bebouwde omgeving leidt bodemdaling uiteindelijk tot kosten voor herstel van de fundamente van woningen of infrastructuur. Toename van dit soort kosten kan negatieve gevolgen hebben voor het vestigingsklimaat doordat de gemeentelijke lasten toenemen waardoor minder geld beschikbaar is voor andere doelen.

In onderstaande paragrafen gaan we voor een paar sectoren en thema's in meer detail in op de perceptie van bodemdaling, de gevolgen en knelpunten, en specifieke maatregelen die genomen kunnen worden. Dit gebeurt vooral beschrijvend en kwalitatief, en waar mogelijk kwantitatief. Daarmee genereren we meer inzicht in de samenhang van het vraagstuk van bodemdaling en afwegingen die kunnen spelen bij het omgaan hiermee, en schetsen we een opmaat voor de maatregelen en opties die in de kosten-batenanalyse zijn uitgewerkt.

3.1 Waterbeheer

Peilbesluiten als reactie op bodemdaling

Waterbeheer in het landelijk gebied valt grotendeels onder verantwoordelijkheid van de waterschappen. Het waterschap zorgt ervoor dat de veenweidegebieden zo min mogelijk droogteschade of natschade ondervinden. In de meeste veenweidegebieden is sprake van actief peilbeheer zodat kan worden voldaan aan de afspraken die met de provincie zijn gemaakt over de drooglegging ten behoeve van de aanwezige functies (het landgebruik). Onderdeel daarvan is peilindexatie (zie kader 3). Dit betekent dat met een bepaalde regelmaat, meestal om de tien jaar, een nieuw peilbesluit wordt genomen als reactie op de bodemdaling, met als uitgangspunt dat de afgesproken drooglegging zoals beoogd voor de agrarische functie behouden blijft. Peilbesluiten worden genomen per peilgebied. Waar die keuze leidt tot problemen voor bijvoorbeeld dorpen worden specifieke maatregelen genomen, zoals een hoogwatervoorziening (zie kader 1). Met een hoogwatervoorziening kan worden voorkomen dat verlaging van het waterpeil ongewenste gevolgen heeft voor bebouwde gebieden. Steden hebben een eigen peilvak, waardoor deze weinig effecten ondervinden van de keuzes die in de nabijgelegen polder worden genomen. Dat neemt overigens niet weg dat uit oogpunt van

waterveiligheid en watervoorziening ook voor het stedelijk gebied afstemming nodig is en dat bodemdaling in dat verband een thema is.

Bodemdaling verhoogt kosten waterbeheer, maar met hoeveel?

Het is duurder om veenpolders zo te beheren en onderhouden dat zij voor landbouw kunnen worden gebruikt dan klei- of zandgebieden. De reden daarvoor is de minder stabiele ondergrond en relatief veel dijkklichamen en kleine en grote kunstwerken. Dit maakt het systeem complexer en vereist frequenter onderhoud, en dat maakt dat de kosten voor het beheer en onderhoud hoger uitvallen. Dit beheer en onderhoud is niet alleen belangrijk voor de landbouw, maar ook voor de bewoners en voor de gebouwen en de infrastructuur.

In deze studie is extra aandacht gegeven aan het in beeld brengen van de kosten van bodemdaling voor het waterbeheer omdat hier nog weinig informatie over beschikbaar is (Woestenburg 2009). De belangrijkste reden waarom deze beheerkosten niet goed bekend zijn, is omdat deze niet expliciet worden gemonitord en 'verborgen' zitten in de totale kosten van het waterbeheer. In deze studie besteden we relatief veel aandacht aan de kosten voor het waterbeheer vanwege de grote betekenis van het peilbeheer als sturende variabele voor de bodemdaling, maar ook vanwege de vaak gehoorde uitspraak dat het waterbeheer op termijn mede door bodemdaling niet meer betaalbaar is.

De jaarlijkse nettokosten voor inrichting en beheer watersystemen in waterschappen met veel laagveen-gebieden liggen gemiddeld op 300 tot 500 euro per hectare met uitschieters naar 1.000 euro per hectare. Dat is hoger, en soms fors hoger, dan in waterschappen met veel zandgebieden waar de kosten ongeveer 100 tot 200 euro per hectare bedragen (Unie van Waterschappen 2012). De genoemde kosten hebben zowel betrekking op kwantiteitsbeheer als kwaliteitsbeheer. De kosten verschillen van gebied tot gebied, door verschillen in fysische en hydrologische kenmerken van het gebied of de keuze voor bepaalde beheer- of onderhoudsmaatregelen (bijvoorbeeld kostbare hoogwater-voorzieningen). Ook het peilbeheer vraagt extra aandacht en brengt bijvoorbeeld onderzoeks- en juridische kosten met zich (deze laatste maken overigens geen deel uit van de hierboven genoemde kosten). Belangrijke maatschappelijke baten van het waterbeheer zijn onder meer veiligheid voor alle bewoners en bescherming van economisch waardevolle gebieden.

In deze studie gaat het vooral om de extra kosten die samenhangen met bodemdaling. Dit zijn vooral extra kosten die gemaakt worden voor extra onderhoud van

waterkeringen (exclusief het wegdek zelf), voor onderhoud en aanleg van extra stuwen, en voor het bemalen (waaronder energiekosten). De kosten voor onderhoud en vernieuwen van de gemalen is niet meegenomen omdat dit wordt gezien als een reguliere kostenpost. Kosten en baten voor de waterkwaliteit zijn niet meegenomen in de studie.

3.2 Landbouw

De landbouw in laagveengebieden wordt sterk gedomineerd door de grondgebonden melkveehouderij. Daarnaast komt er boom- en sierteelt voor (regio Boskoop en omgeving). De bodemeigenschappen van de laagveengronden maken deze gronden weinig geschikt voor de akkerbouw of teelt van snijmais. Dit laatste is overigens in de provincie Utrecht verboden omdat daardoor de bodem extra snel daalt.

Baten drooglegging voor melkveehouderij

In deze studie leggen we de focus op de grondgebonden melkveehouderij, het type landgebruik dat het karakter van het veenweidegebied bepaalt. De melkveehouders gebruiken de grond vrijwel uitsluitend voor de productie van het gras en voor het uitrijden van mest. Het gras wordt gemaaid, gekuild of in balen geperst, of wordt begraasd. De intensivering van de melkveehouderij heeft geleid tot een geleidelijke afname van de weidegang. Voor een betere productie en draagkracht wordt het merendeel van deze veenweiden drooggelegd.

De landbouw heeft profijt van een matige tot diepe drooglegging (60 centimeter of meer). Die biedt een sterk verbeterde draagkracht voor machines en leidt tot minder vertrappingsschade. De mineralisatie als gevolg van oxidatie levert bovendien extra stikstof. Mede dankzij de drooglegging kan al vanaf begin februari worden bemest. Een ander voordeel is dat het gras op de gewenste tijden en efficiënter kan worden geoogst. Dit betekent uiteindelijk ook minder arbeidskosten. De drooglegging levert een gemiddeld melkveehouderij-bedrijf vooral baten op in de vorm van een hogere grasproductie en daardoor uiteindelijk meer melk. Keerzijde zijn de maatschappelijke kosten, waaronder die van het waterbeheer, en de emissie van CO₂ en lachgas. Verwevenheid van functies, zoals in agrarisch natuurbeheer dat zowel agrarische als natuurdoelen heeft, vereist een geringere drooglegging (30 centimeter of minder). De mate van drooglegging hangt af van de gestelde doelen. Voor weidevogels is de maximale drooglegging ongeveer 25 tot 40 centimeter.

Relevant binnen deze verkenning is de langetermijn-ontwikkeling van de landbouw. Bedrijven die verder intensiveren en hun schaal vergroten zullen voor hun bedrijfsvoering, naast de grasopbrengst uit de weiden extra ruw- en krachtvoer moeten aankopen. Weidegang is in dit type bedrijfsvoering minder gangbaar en een gemiddelde veebezetting van meer dan twee koeien per hectare is mogelijk. Het grasland staat vooral in het teken van hoge gewasproductie en dat betekent voor intensieve, op de wereldmarkt gerichte bedrijven dat optimale condities en dus ontwatering noodzakelijk zijn. Ook verbreding kan een richting zijn van de melkveehouderij, waarbij de waarden van het gebied een waarde toevoegen aan het product. Denk hierbij aan streekproducten die in de nabije omgeving worden verkocht. De afzet vindt plaats tegen een hogere prijs en de ketens tussen producent en consument zijn korter. Netto gaat er dan meer naar de primaire producent die daarmee de hogere kosten kan dekken.

Geen eenduidig beeld perspectieven melkveehouderij

De meningen van deskundigen over de perspectieven van de gangbare melkveehouderij in de veenweidegebieden lopen sterk uiteen. Waar de landbouw elders in Nederland de kostenstijgingen opvangt met schaalvergroting, is dat in meer extensieve delen van bijvoorbeeld Laag Holland (een veenweidegebied binnen het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier) in mindere mate mogelijk (Provincie Noord-Holland 2011). Door fysieke handicaps is de veehouderij in een aantal gebieden relatief extensief en de veedichtheid laag. Wat oudere studies geven aan dat er geen toekomst is zonder systeemverandering (Dauvellier 2002; Everdingen & Jager 2001). Anderen zien nog toekomst tot in 2040, maar alleen als agrarisch natuurbeheer een volwaardige economische activiteit wordt (Lam et al. 2010). Voor gebieden met een veel grotere verkaveling, zoals in Friesland, geldt dit overigens niet.

Onderwaterdrainage remt bodemdaling af

Een alternatieve maatregel, waarvoor hier en daar draagvlak is en die ook al door sommige bedrijven wordt toegepast, is onderwaterdrainage. De fluctuaties tussen zomer- en winterpeil en de verschillen in hydrologie tussen de randen en middenstukken van de percelen worden hierdoor kleiner. Het is plausibel te veronderstellen dat met deze maatregel grasland intensiever wordt gebruikt. Deze methode draagt bij aan minder bodemdaling, maar draagt niet bij aan een rijkere biodiversiteit. De intensiverende landbouw, die meer gericht is op productie voor de wereldmarkt, ziet vooral vernatting als een 'no go zone'. Bedrijven die naar een ander marktsegment kijken zien wel kansen voor vernatting, al ligt er ook voor hen ergens een grens.

In deze kosten- en batenanalyse is vooral gekeken naar het effect van maatregelen op de gewasproductie, de kosten en de consequenties voor het inkomen van de melkveebedrijven. In de studie is niet gekeken naar de baten uit het agrocomplex. Er zijn geen indirecte effecten, bijvoorbeeld als gevolg van lokaal verminderde melkproductie, die direct leiden tot additionele welvaarts-effecten. Bij de voedselverwerkende industrie is daar in het algemeen geen sprake van. Verondersteld wordt dat als op termijn grenzen worden gesteld aan de landbouw om bodemdaling te beperken, mensen ander werk vinden en investeringen hun weg vinden elders in de economie. In het hoofdstuk over onzekerheden wordt dit verder toegelicht.

3.3 Klimaat

Een bron van vooral CO₂

Dalende veengronden zijn een bron van broeikasgassen. Jaarlijks emitteren de voor landbouw gebruikte veengronden in Nederland ongeveer 4,2 miljoen ton CO₂ (Van den Akker et al. 2008). Veengronden kunnen daarentegen ook koolstof vastleggen, maar dan moeten de omstandigheden zo zijn dat oxidatie niet of nauwelijks optreedt. Dat laatste betekent vernatting of in ieder geval geen grote drooglegging in de zomerperiode. De Nederlandse veengronden emitteren vooral CO₂, in veel mindere mate lachgas en weinig methaan. Het waterbeheer, het type landgebruik en het management bepalen voor een groot deel hoeveel van deze broeikasgassen vrijkomen. In kader 5 wordt nader ingegaan op emissies van broeikasgassen en de condities waaronder deze plaatsvindt.

De mondiale aandacht voor klimaatverandering neemt sterk toe. Dit is goed af te lezen aan de slotverklaring van de COP in Parijs in 2015. Een van de afspraken is om met meer ambitie dan voorheen in te zetten op de reductie van de emissie van broeikasgassen. Klimaatverandering is dus ook een welvaartsaspect en daarom is in deze kosten-batenanalyse ook gekeken naar de emissie van broeikasgassen van laagveengebieden, in het bijzonder van de gronden die voor landbouw worden gebruikt.

Het Europees en nationaal klimaatbeleid is gericht op het reduceren van de emissie van broeikasgassen (mitigatie) en op het beperken van de gevolgen van klimaatverandering (adaptatie). Nederland heeft zich gecommitteerd aan het Europese klimaatdoel en spant zich net als de andere Europese landen in om de emissie van broeikasgassen te reduceren. Daarvoor wordt de omvang van deze emissie jaarlijks geïnventariseerd en gerapporteerd aan Europa (Coenen 2016). De emissie door landgebruik, landgebruiksveranderingen en

5 Broeikasgassen

Afhankelijk van de omstandigheden kunnen laagveengebieden broeikasgassen vrijgeven ('source') of vastleggen ('sink'). Natuurlijke venen leggen koolstof vast en geven onder natte, moerasachtige omstandigheden methaan vrij. Drooggelegde laagvenen geven CO₂ vrij en een kleine hoeveelheid lachgas (indien intensief bemest is dat meer). Door de drooglegging is er geen methaanemissie. Bodemdaling leidt dus tot emissie van CO₂ en lachgas; minder bodemdaling leidt tot een lineaire afname hiervan.

Kooldioxide (CO₂)

CO₂ komt vrij door mineralisatie van het veen. Dit proces doet zich voor in ontwaterde veengronden, vooral in de zomer, en wordt versneld als de bodem wordt bewerkt (scheuren van gras, ploegen). Zo leidt het verbouwen van mais op veengronden, of moerige gronden, tot een zeer snelle veenaafbraak. Er zijn indicaties, onder andere uit de Alblasserwaard, dat op akkerbouwpercelen de maaiveld daling 40 tot 50 procent sneller verloopt dan op percelen met gras. Dit kan wijzen op een veel snellere afbraak van veen als gevolg van bodembewerking.

Een veenbodemdaling van 1 centimeter staat gelijk aan ongeveer 22 ton CO₂ per hectare⁻¹. In de Nationale emissie inventarisatie is de totale bijdrage van de Nederlandse veengronden die voor landbouw worden gebruikt 4,2 miljoen ton CO₂ per jaar. Dit is 2 procent van de totale Nederlandse uitstoot van broeikasgassen en zal relatief toenemen naarmate andere bronnen fors afnemen. In deze studie is meegenomen hoeveel CO₂-emissie richting 2050 zal optreden gegeven het huidige peilbeheer en gegeven bepaalde maatregelen die de bodemdaling afremmen.

Methaan (CH₄)

Methaan is een broeikasgas dat ongeveer 25 keer zo krachtig is als CO₂. Methaan komt vrij onder anaerobe omstandigheden waarin de veengronden plas-dras staan. Feitelijk zijn dit moerasachtige omstandigheden die ongeschikt zijn voor de huidige melkveehouderij. Het methaan ontstaat op de grenszone tussen water en lucht. Als dit aan de oppervlakte gebeurt kan het methaan rechtstreeks vrijkomen. Deze situatie doet zich voornamelijk bij zeer ondiepe drooglegging voor, een situatie die meestal samengaat met een natuurlijke of semi-natuurlijke vorm van landgebruik. Gebeurt dit dieper in de bodem, dan oxideert het methaan tijdens het transport door de bodem en komt er minder methaan vrij.

Lachgas (N₂O)

Lachgas is een sterk broeikasgas, ongeveer 300 keer sterker dan CO₂. Lachgas is afkomstig van de in de bodem aanwezige stikstof. Bronnen zijn mest (dierlijke en kunstmest) en de stikstof die vrijkomt bij de mineralisatie. Lachgas wordt gevormd onder anaerobe omstandigheden en het vrijkomen verloopt sneller naarmate er een overvloed aanwezig is van organische stof en water. Ook geldt hoe hoger het bemestingsniveau, hoe hoger de lachgasemissies. De emissie van lachgasemissie hangt af van vele factoren en is daardoor erg onvoorspelbaar. Verandering van drooglegging en minder bemesting dragen bij aan een afname van de lachgasemissie.

Het effect van de managementintensiteit op de emissie van broeikasgassen is onder andere beschreven door Kroon et al. (2015). Zij concluderen dat de broeikasgasemissies uit veenweidegebieden, terrestrische zowel als bedrijfsgerelateerde, afnemen als de managementintensiteit afneemt en het grondwaterpeil wordt verhoogd.

bosbouw, vallen onder de zogenoemde LULUCF-emissies. In EU-voorstellen van 20 juli 2016 (European Commission 2016) staat vermeld dat na 2020 de LULUCF-emissies – waaronder de emissies uit bossen en bodems – deel gaan uitmaken van het toekomstig klimaat- en energiebeleid en onder de accountancy gaan vallen. Concreet zou dit kunnen betekenen dat na 2020 emissies uit bossen en bodems onderdeel zouden kunnen gaan worden van een verrekening op basis van de Effort Sharing Regulation (ESR). Dit ESR-systeem bepaalt de nationale doelen post Kyoto (na 2020) voor de sectoren transport, bouw,

landbouw, MKB en afval. Alle sectoren die geen deel uitmaken van het huidige Europese emissiehandels-systeem (ETS), een Europees handelssysteem voor grote energie-intensieve bedrijven. De LULUCF-sector is binnen de ESR een uitzondering, aangezien er geen gespecificeerde mitigatiedoelen door de EU voor deze categorie worden voorgeschreven. Wel is de 'no debit rule' van toepassing, wat inhoudt dat de EU en de afzonderlijk lidstaten niet meer gaan emitteren. Het doel is: geen nettogroei van emissies of afname vastlegging CO₂. Een eventueel te hoge emissie of te lage vastlegging

van een landgebruikscategorie mag binnen de boekhoudperiode van 5 jaar worden gecompenseerd door een andere categorie. Zo kan een daling van de 'sink' van bossen gecompenseerd worden door in het veenweidegebied minder te ontwateren of andersom. Deze verordening biedt ruimte voor het overdragen van emissies en kan stimuleren dat zogenoemde klimaat-obligaties of 'green bonds' worden ingezet voor klimaat-doelen, zoals emissiereductie in het veenweidegebied.

Alleen CO₂-emissie in MKBA

Welke vorm de hiervoor genoemde voorstellen uiteindelijk krijgen in het toekomstig Europees klimaat- en energiebeleid voor 2030 is nu nog niet precies bekend, maar alles wijst erop dat de emissies van landgebruik integraal onderdeel worden van dit beleid.

Een kritisch punt bij het opnemen van landgebruik in het klimaat- en energiebeleid was lange tijd de tekortkoming rond het monitoren van deze emissies. Dat punt lijkt inmiddels voldoende te zijn opgelost.

Voor zowel methaan als lachgas geldt dat de omvang van hun emissies afhangt van micro-omstandigheden, gecreëerd door natuurlijke of antropogene condities. Het verloop van deze omstandigheden is grillig en moeilijk te bepalen. De emissie van beide overige broeikasgassen kent dan ook een hoge onzekerheid, waarbij die van lachgas groter is dan die van methaan. Deze emissie heeft een zeer grillig verloop en is niet goed te monitoren, wat de ruimte voor beleid klein maakt. Bovendien is het een natuurlijk(er) systeem. Vanwege de grote onzekerheid, het compenserend mechanisme (enerzijds afname van lachgas bij vernatting en de toename van methaan, zie kader 5) zijn deze broeikasgassen in deze verkenning verder buiten beschouwing gelaten en zijn alleen de minder onzekere emissies van CO₂ meegenomen in de analyse.

Voor het bepalen van de maatschappelijke klimaatkosten van CO₂-emissie kan de prijs van CO₂ een goede indicator zijn van kosten of baten. Het feit dat er nu geen beleidscontext is voor de emissie van CO₂ is daarvoor niet per se een voorwaarde. Deze studie is gericht op de langere termijn en bovendien is de emissie van CO₂, maar ook die van de overige broeikasgassen vanuit ontwaterde veengebieden, een feitelijk gegeven en is er sprake van een effect op het mondiale klimaat. De waarde o euro per ton CO₂ is in dat licht niet het meest voor de hand liggend. In tegenstelling tot natuur en landschap is hier tenslotte wel een instrument voorhanden om de waarde te duiden. In deze studie zal een range worden gebruikt met een lage en hoge waarde voor de prijs van CO₂.

3.4 Natuur en landschap

Unieke natuur

Natuur – of scherper geformuleerd biodiversiteit – en landschap spelen een belangrijke rol in het laagveen-gebied (PBL 2015; Woestenburg 2009). In discussies over de toekomst van het veenweidegebied ontbreken deze thema's niet: zij worden vaak genoemd als alternatieve functie in gebieden waar de huidige beheervorm leidt tot serieuze knelpunten. Vanuit een nationaal en Europees perspectief zijn laagveengebieden unieke gebieden, met een unieke geschiedenis, een hoge biodiversiteit, een hoge landschappelijke waarde en een grote aantrekkingskracht op recreanten en toeristen (ORAS 2016; PBL 2015; Woestenburg 2009). Ze herbergen een rijke flora en fauna, en zijn karakteristiek vanwege hun open en weids landschap met bijzondere landschapselementen waaraan nog een groot deel van hun geschiedenis is af te lezen. De gebieden hebben een hoge recreatieve waarde, mede doordat zij voor een groot deel nabij de Randstad liggen.

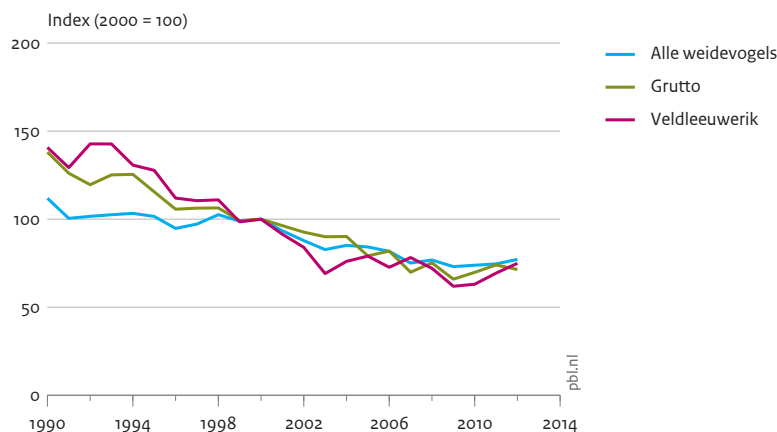
Natuur- en moerasgebieden in de laagveengebieden staan bekend om hun hoge soortensamenstelling (Van de Riet et al. 2014). Dit komt deels door de variatie in natuurdoeltypen en grote afwisseling in fysische omstandigheden (extensief beheerde graslanden, moerassen, meren, broekbossen). Voorbeelden van natuurgebieden in veengebieden zijn de Nieuwkoopse Plassen, de Vechtplassen, Eilandspolder en de Weerribben-Wieden. Natuurgebieden in laagveengebieden worden wel omschreven als natuurschatkamers.

De meeste natuurgebieden in de laagveengebieden worden in tegenstelling tot de agrarische gebieden niet drooggelegd. Hun peilen worden meestal niet geïndexeerd en behouden deze vanaf het moment waarop deze functie is vastgesteld. Een uitzondering geldt voor gebieden waar weidevogels voorkomen en waar enige drooglegging noodzakelijk is. Hierdoor daalt de bodem in deze natuurgebieden weinig tot niet.

Dalende agrarische omgeving bepaalt gevolgen voor natuur

De problematiek van bodemdaling in relatie tot natuurgebieden zit niet zozeer in het gebied zelf, maar is vooral de drooglegging van de omgeving, waardoor water weg zijgt en de natuurgebieden uiteindelijk gebiedsvreemd water moeten inlaten om het peil te kunnen handhaven. Het inlaten van water is noodzakelijk omdat anders verdroging optreedt. Naast kwantiteit speelt de waterkwaliteit een grote rol: gebiedsvreemd water is veelal rijker aan nutriënten, wat gevolgen heeft voor de biodiversiteit.

Figuur 3.2
Weidevogels



Bron: NEM (provincies, Sovon, CBS)

‘Landschapspijn’

De veenweidegebieden, gedomineerd door agrarisch beheerde graslanden, zijn bij uitstek de belangrijke habitat voor weide- en moerasvogels. Sinds 1960 is de weidevogelstand sterk achteruitgegaan (zie figuur 3.2). Uit cijfers blijkt dat de landelijke populaties van grutto, scholekster en kievit tussen 1990 en 2011 met grofweg 40 tot 60 procent zijn gedaald. De laatste tien jaar is het beeld nogal wisselend: sommige soorten nemen toe, zoals tureluur, gele kwikstaart en kuifeend, andere nemen nog steeds af, zoals kievit en scholekster. Deskundigen wijten de achteruitgang aan de zich intensiverende landbouw: de diepere drooglegging, de uniforme bemesting en de wens tot hogere productie leiden vaak tot een minder kruidenrijk grasland. Allemaal minder gunstige condities voor weidevogels en een rijke flora. In een recent artikel over de ontwikkelingen in Friesland worden de zorgen over de gevolgen van de intensivering van de landbouw voor het weidelandschap geuit met opmerkingen als ‘teloorgang van het weideland’ en ‘landschapspijn’ (NRC 2016).

De bodemdaling als fysisch fenomeen is op zichzelf niet zozeer een factor die direct van invloed is op de biodiversiteit. Bodemdaling als chemisch fenomeen is dat echter wel. Door de mineralisatie komen nutriënten vrij die, naast de N-giften die wettelijk zijn toegestaan, de veenweiden extra eutroof maken.

Een kwestie van tijd

Doordat de bodemdaling zo geleidelijk verloopt, is de invloed hiervan op het landschap misschien niet zo scherp in beeld. Over een termijn van vele tientallen jaren en in gebieden waar het veen nu al vrij snel kan overgaan in moerige gronden en daarna in minerale gronden

verandert het landschap wel degelijk: de soorten-samenstelling verandert en de verkavelingsstructuur verandert. In het perspectief van andere veranderingen met een landschappelijke impact, zoals de aanleg van wegen, spoorlijnen en bedrijventerreinen, en de intensivering en schaalvergroting van de landbouw, zal de impact van bodemdaling misschien niet hoog scoren. Maar de verandering zet wel degelijk door: uiteindelijk zal een groot deel van het veenweidelandschap verdwijnen, al zal dat in de gebieden met dikke pakketten nog vele eeuwen duren.

Bodemdaling leidt vooral op de lange termijn (tientallen jaren tot enkele eeuwen) tot verandering. Op de kortere termijn hebben het beheer en landgebruik de meeste invloed op de biodiversiteit en het landschap. Met de ruilverkavelingen, de drooglegging en peilindexatie is deze verandering in de jaren zestig van de vorige eeuw versneld ingezet, later gevolgd door schaalvergroting en intensivering van de melkveehouderij. Dit heeft niet alleen geleid tot meer bodemdaling maar ook tot de achteruitgang van de biodiversiteit en het aantal landschapselementen.

Effectieve maatregelen: natte en extensieve landbouw, en meer natuur

Vernatting, waarbij het peil wordt gefixeerd en niet meer geïndexeerd, is een maatregel die vooral gunstig is voor flora en fauna en kan leiden tot minder CO₂-emissie. Deze maatregel kan vooral worden toegepast als het beheer is gericht op kruidenrijke graslanden en natuurlijke slootkanten, en als er sprake is van intensivering van het gebruik. Dit kan een minder hoge mestgift zijn of een lagere veebezetting, en zodanig maaibeheer dat rekening wordt gehouden met de

broedseizoenen van de weidevogels. Het laatste valt binnen het speelveld van agrarisch natuurbeheer.

Dit betekent concreet een meer extensieve bedrijfsvoering (met mogelijk bovenwettelijke duurzaamheidsinspanningen, zoals de biologische landbouw) waarbij minder mest wordt uitgereden, wordt beweide, de melkveehouderij andere melkveerassen inzet of omschakelt naar schapen of vleesvee. Dit draagt in alle gevallen positief bij aan een rijker landschap en meer biodiversiteit. Dit zijn ook de gebieden waar juist de kansen liggen om de doelen rond weidevogels te halen (WLO 2015a).

Een nog weinig gangbare agrarische activiteit is de natte landbouw, ook wel paludicultuur genoemd. Dat zijn teelten die heel goed gedijen onder natte of plasdrascondities. Voorbeelden zijn rietland, lisdodde, veenmos en de teelt van cranberry's. In monoculturen is de soortenrijkdom in het algemeen wat beperkt, maar bij een gevarieerde aanleg en een mozaïek van ruigtes, broekbossen, hooilanden en stukjes ongemaaid rietland kan als geheel een zeer rijke biodiversiteit en divers landschap worden gecreëerd waarbij bodemdaling niet meer optreedt, er inkomsten zijn en het gebied een redelijke bijdrage levert aan de ecologie. Aan de andere kant van het spectrum staat de intensivering, zelfs als onderwaterdrainage wordt toegepast: deze vorm van landbouw zal niet bijdragen aan een toename van de biodiversiteit en de waarde van het landschap.

De mogelijk hoogste diversiteit en landschapswaarde kan worden gerealiseerd door een transitie van veenweide naar een natuurgebied. Natuurgebieden die al wat langer geleden deze functie hebben gekregen zijn goede referentiepunten van het vroegere peil van de eromheen liggende landbouwgebieden en tonen duidelijk aan welk effect de verandering teweeg heeft gebracht. Terreinbeheerders richten zich in hun beleid op diversiteit in flora en fauna, met afwisseling van hooilanden, rietlanden, meren, moerassen, broekbossen en extensief beheerde graslanden waar geregeld vee wordt ingeschaard. In combinatie met aandacht voor het voorkómen van verdroging en het behouden van een goede waterkwaliteit is deze vorm van landgebruik de basis voor een bijzonder rijk landschap en een hoge biodiversiteit. Deze gebieden zijn ook interessant binnen de context van het beleid om de klimaatverandering af te remmen: er kan weer veen aangroeien, en biomassa en dus koolstof worden vastgelegd. De geschetste transitie kost geld en het beheer en onderhoud van natuur brengt maatschappelijke kosten met zich.

Natuur en landschap in een MKBA

Het meenemen van natuur- en landschapswaarden in een kosten-batenanalyse is een complexe opgave. Verandering in natuurwaarde leidt tot welvaartseffecten en is om die reden onderdeel van de analyse. Binnen het kader van deze studie is er voor gekozen om de gevolgen van maatregelen voor de biodiversiteit aan te geven via de verandering in landgebruik en deze vooral kwalitatief te beoordelen. Alternatieven zoals werken met een puntensysteem voor terrestrische of aquatische ecosystemen zijn vooral data-intensief en gaan voorbij aan het inzichtelijk maken van de orde van grootte van de impact van bodemdaling.

Samenvattend

Maatregelen gericht op het beheer en gebruik die leiden tot minder bodemdaling hebben een wisselende impact op de biodiversiteit. Evident heeft de grootste impact de transitie naar natuur. Maar ook passieve vernatting in combinatie met extensivering van de bedrijfsvoering heeft een grote impact en biedt kansen voor weidevogels. Onderwaterdrainage leidt tot meer uniformering en biedt daardoor mogelijk minder kansen omdat deze maatregel vooral goed aansluit bij een intensievere bedrijfsvoering. Paludicultuur daarentegen kan wel positief zijn voor de biodiversiteit mede doordat het permanente teelten zijn.

3.5 Cultureel erfgoed en archeologie

Diverse publicaties over laagveengebieden (ORAS 2016; PBL 2015; Woestenburg 2009) gaan in op de bijzondere ontginnings- en gebruiksgeschiedenis waarvan nog veel herkenbaar is in het huidige landschap. Denk daarbij aan de verkaveling, de dorpen en wegenstructuren. Deels is de geschiedenis ook verborgen in de ondergrond en maakt zij deel uit van de archeologie van het gebied. Door bodemdaling komen archeologische objecten bloot te liggen. Voor houten archeologische objecten kan dit de ondergang betekenen; door bodemdaling kan een deel van de geschiedenis verloren raken. In de PBL-studie over het Groene Hart (PBL 2015) wordt daar dieper op ingegaan, maar dan specifiek voor dit deel van het laagveengebied in het Groene Hart. In andere gebieden, zoals Noord-Holland en Friesland, en in andere laagveengebieden gelden deze aspecten evenzeer.

De landschappelijke en cultuurhistorische betekenis van het Nederlandse laagveenlandschap hangen sterk met elkaar samen. Het duidelijkst is dat af te lezen aan het verkavelingspatroon en aan de inrichting van het watersysteem met sloten, boezems en gemalen. In dit beeld passen ook de verschillende verdedigingslijnen, zoals de Nieuwe Hollandse Waterlinie.

Baten landschap en cultuurhistorie lastig concreet te maken

Belangrijke waarden van het laagveengebied zijn de belevingswaarde van het laagveenlandschap, de cultuurhistorische waarde en de archeologische waarde. Deze waarden leggen de basis voor de baten die vooral komen uit de recreatieve waarde en de vestigingswaarde van deze gebieden. Het bepalen van de baten van het landschap en de cultuurhistorie is complex en lastig concreet te maken. Bij deze thematiek past ook de discussie over de extra betekenis die uitgaat van een Europese of UNESCO-status. Het beoordelen van deze waarden is bij uitstek een onderwerp dat om een maatschappelijk debat vraagt waar onder meer rijksadviseurs voor de leefomgeving, landschapsarchitecten, archeologen en cultuurhistorici aan kunnen bijdragen.

In deze verkenning gaat het niet zozeer om de vraag of maatregelen moeten worden genomen, maar om de vraag welke maatregelen moeten worden genomen, en wanneer en hoe. Ook de financiering van maatregelen wordt daarbij meegenomen. Dit laatste speelt vooral bij de bestaande bebouwing en infrastructuur, en in het bijzonder in de historische kernen. Bij nieuwbouw en nieuwe infrastructuur gaat het vooral om het voorkómen dat bodemdaling optreedt en dat er extra kosten uit ontstaan. Ook hier gaat het vooral om het hoe.

3.6 Bebouwing en infrastructuur

In stedelijke gebieden en in dorpen en lintbebouwingen in het landelijk gebied zijn wonen en werken de belangrijkste welvaartsfuncties. Belangrijke welvaartseffecten zijn de werkgelegenheid en het vestigingsklimaat. De steden en dorpen in de Nederlandse laagveengebieden en de karakteristieke open veenweidegebieden zijn vanuit hun ontstaansgeschiedenis nauw met elkaar verbonden. De steden en dorpen, en dan vooral hun oude historische kernen, hebben een hoge cultuurhistorische waarde, een aspect dat voor veel mensen meespeelt in de vestigingskeuze.

Voorzieningen, veiligheid en groen

Het welvaartseffect in de relatie tussen woon- en vestigingsklimaat en de landschappelijke leefomgevingskwaliteit is niet of nauwelijks kwantitatief onderbouwd. Vooral stedelijke voorzieningen, veiligheid en groen in de directe leefomgeving lijken een rol te spelen (CPB 2010). Openbaar groen binnen een straal van 500 meter heeft een positief effect op de grondwaarde.

In het licht van de problematiek van bodemzetting in steden en dorpen kan dus geconcludeerd worden dat voor bewoners vooral de kwaliteit van het huis, de nabijheid van groen en veiligheid heel belangrijk zijn. Concrete maatregelen die de welvaart verhogen, zijn het verbeteren van de directe leefomgeving (inclusief goede bestrating en goed functionerende infrastructuur), de kwaliteit van het huis en het zorgen voor een veilige omgeving. Voor gebieden met een slappe bodem zou daar een goede fundering aan toegevoegd kunnen worden.

Kenmerken studiegebied

4.1 Begrenzing laagveenstudiegebied

Het studiegebied dat voor deze studie is geselecteerd beperkt zich tot het gebied dat in beheer is bij zeven waterschappen: Wetterskip Fryslân, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Hoogheemraadschap Rijnland, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, Waterschap Amstel, Gooi en Vecht en Waterschap Rivierenland. Elk van deze zeven waterschappen heeft een relatief groot aandeel laagveen. Vervolgens is als selectie criterium gekozen dat het studiegebied alleen bestaat uit peilgebieden waar in ieder geval veen in het bodemprofiel voorkomt. Dat bracht het areaal terug tot 510.000 hectare. Het landgebruik van dat studiegebied, onderscheiden in stedelijk en landelijk, is weergegeven in figuur 4.1. Het stedelijk gebied, met een omvang van 82.000 hectare, is gebruikt in de verdieping van de stedelijke problematiek.

Van het resterende landelijk gebied zijn vervolgens de minerale gronden, moerige gronden (gronden met minder dan 40 centimeter veen) en landelijke bebouwde delen buiten beschouwing gelaten. De bodemgegevens die daarvoor zijn gebruikt zijn afkomstig van een recent geactualiseerde bodemkaart van Nederland (Alterra 2015) (zie figuur 4.2). Naast de bodemkaart is ook de onderliggende bodemstratificatie van de geactualiseerde bodemkaart gebruikt als input voor de berekening van de bodemdaling (Alterra 2015). Voor een toelichting op de methodiek zie Van Bemmelen et al. (2016). In de legenda in figuur 4.2 staan de klassen zoals die in deze studie zijn toegepast om de resultaten weer te geven.¹ Het meest voorkomende veenbodemtype in het studiegebied zijn de *diepe veengronden* (43 procent) gevolgd door de *klei op diepe veengrond* (21 procent) en de *ondiepe veengronden* (16 procent).

4.2 Drooglegging

Een tweede belangrijk kenmerk is de drooglegging. De huidige drooglegging is afgebeeld in figuur 4.3. De gegevens zijn afkomstig van de waterschappen. De meest voorkomende droogleggingsklasse is 30 - 60 centimeter (34 procent) gevolgd door > 90 centimeter (21 procent) en tussen de 60 - 90 centimeter (19 procent).

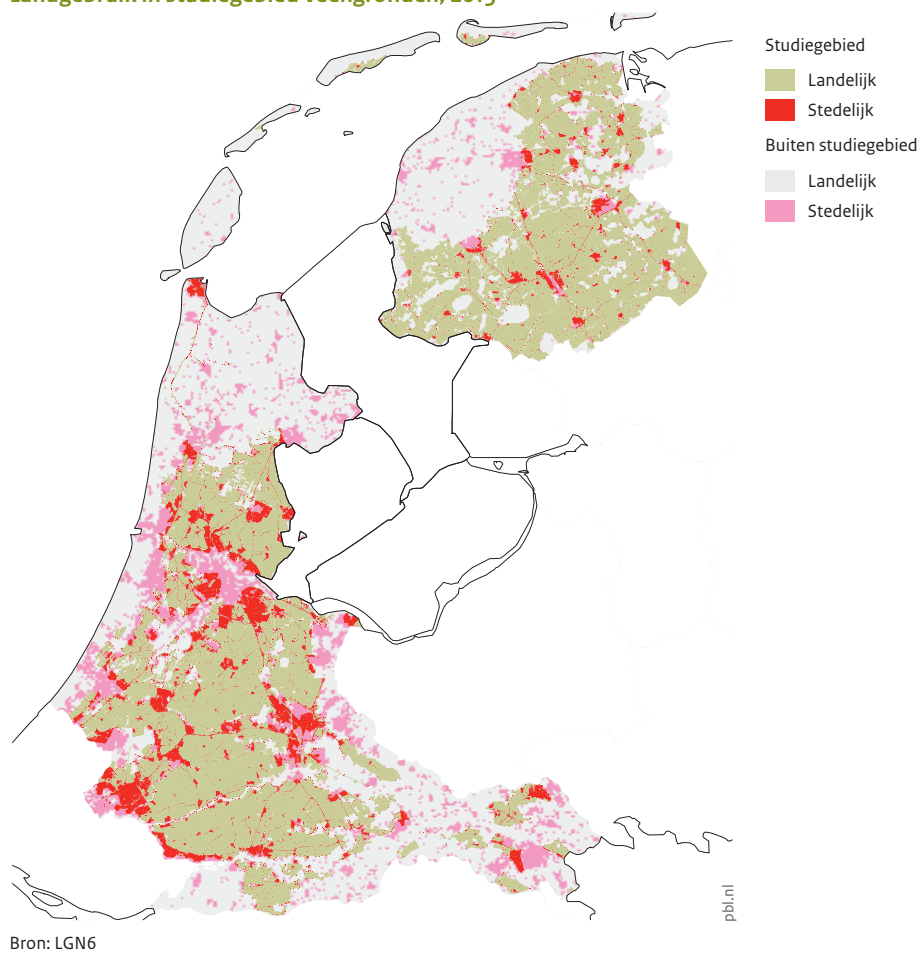
4.3 Landgebruik

Figuur 4.4 toont de verdeling van het landgebruik van deze 200.000 hectare veengronden over de waterschappen. Van het resterende landelijk gebied zijn de minerale gronden en de moerige gronden (gronden met minder dan 40 centimeter veen) en de landelijke bebouwde delen buiten beschouwing gelaten. Bij het landgebruik is onderscheid gemaakt in agrarisch (grasland inclusief mais), natuur grasland, landbouw overig (akkerbouw), natuur en bos, en water (zie bijlage 6). Het overgrote deel van de laagvenen zijn in gebruik als landbouwgrond ten behoeve van de melkveehouderij.

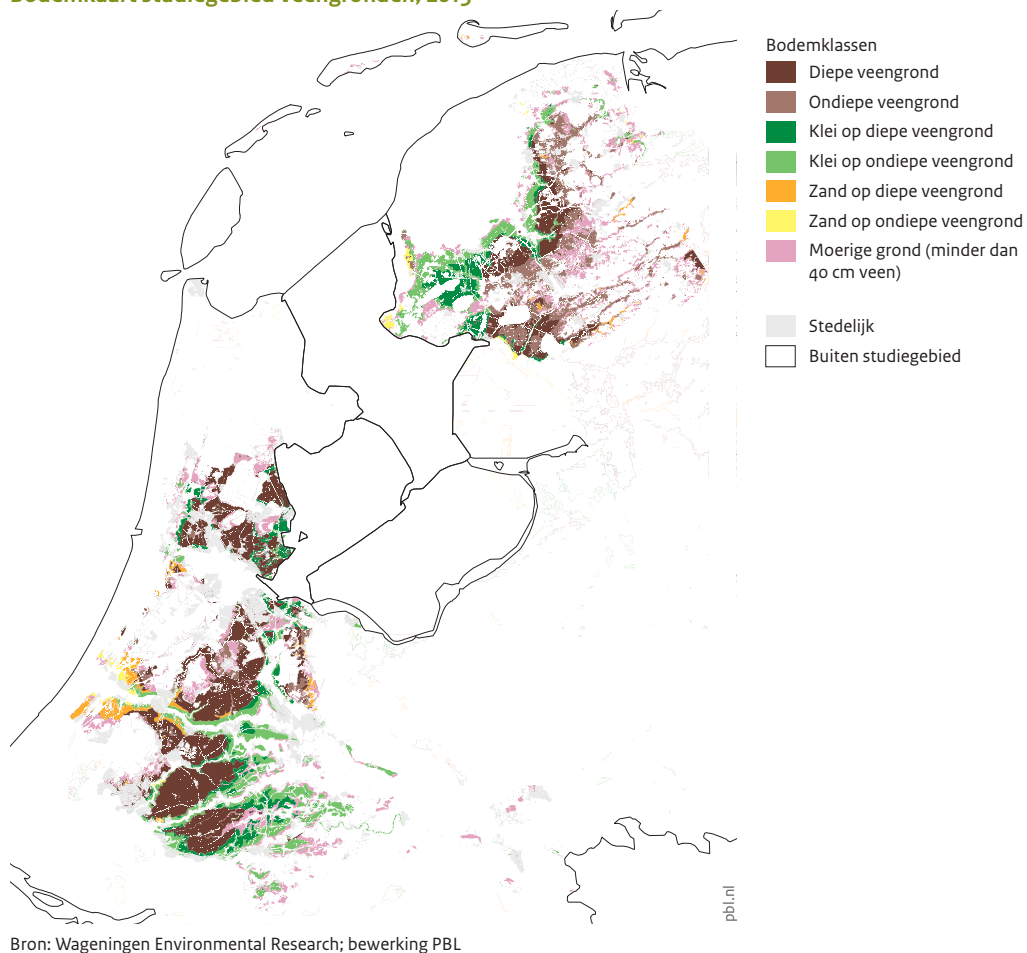
Daarnaast komen er ook andere vormen van landbouw voor waaronder de intensieve sierteelt. Deze hoogwaardige teelten zijn buiten beschouwing gelaten omdat de eventuele gevolgen van de bodemdaling binnen de huidige bedrijfsvoering worden opgepakt, onder andere door het ophogen van de grond. Naast landbouw zijn er natuurgebieden met veelal een vast grondwaterpeil, soms met enige fluctuaties ten behoeve van een efficiënter beheer. Voor sommige soorten, zoals voor weidevogels, is een zekere drooglegging nodig en kan indexatie een randvoorwaarde zijn. Een klein percentage van het studiegebied bestaat uit dorpen en infrastructuur. Figuur 4.5 toont de verdeling van de drooglegging en figuur 4.6 de verdeling over de in deze studie onderscheiden veenbodems, in beide gevallen per waterschap (zie bijlage 6).

Figuur 4.1

Landgebruik in studiegebied veengronden, 2015

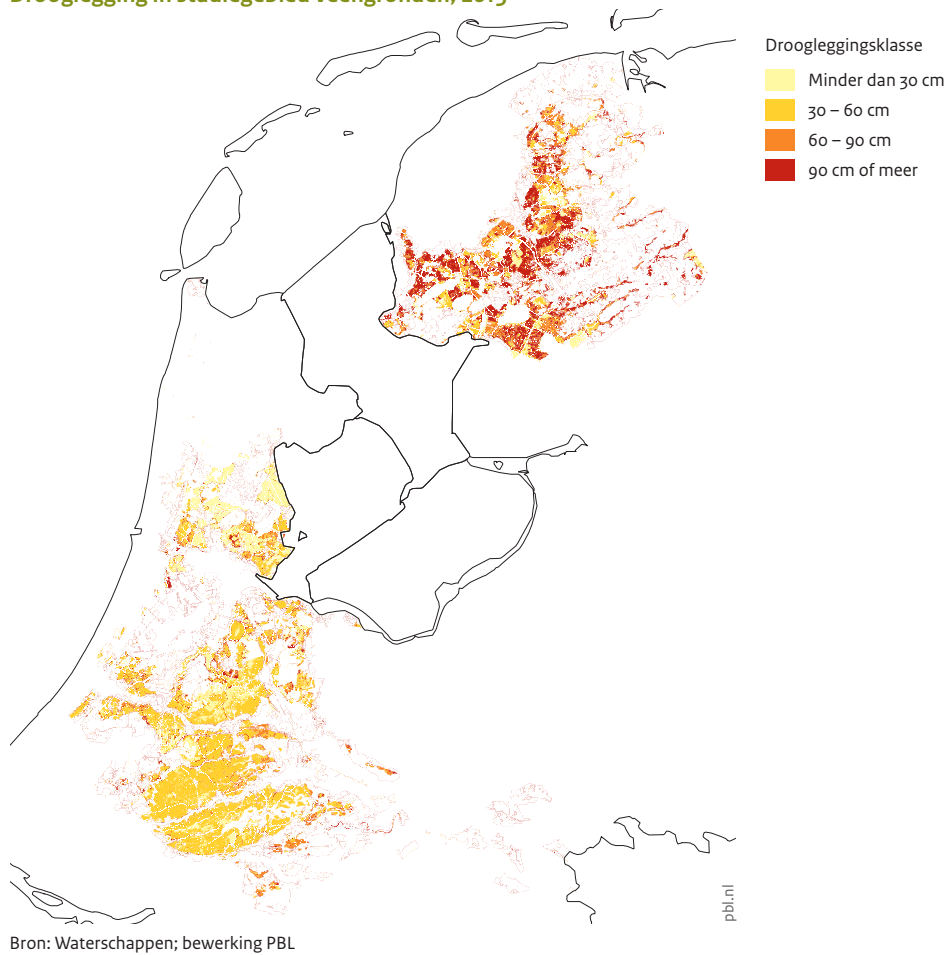


Figuur 4.2

Bodemkaart studiegebied veengronden, 2015

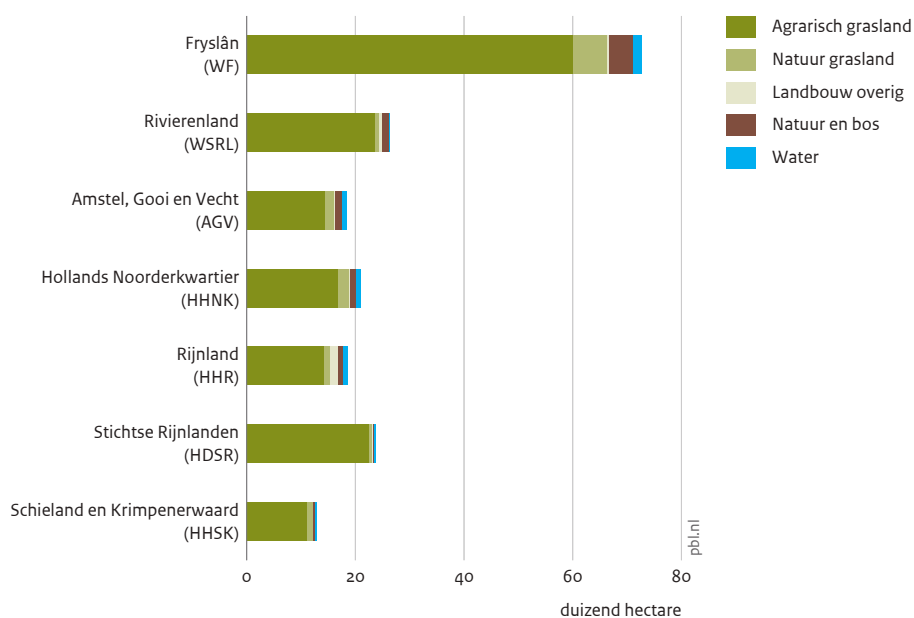
Figuur 4.3

Drooglegging in studiegebied veengronden, 2015



Figuur 4.4

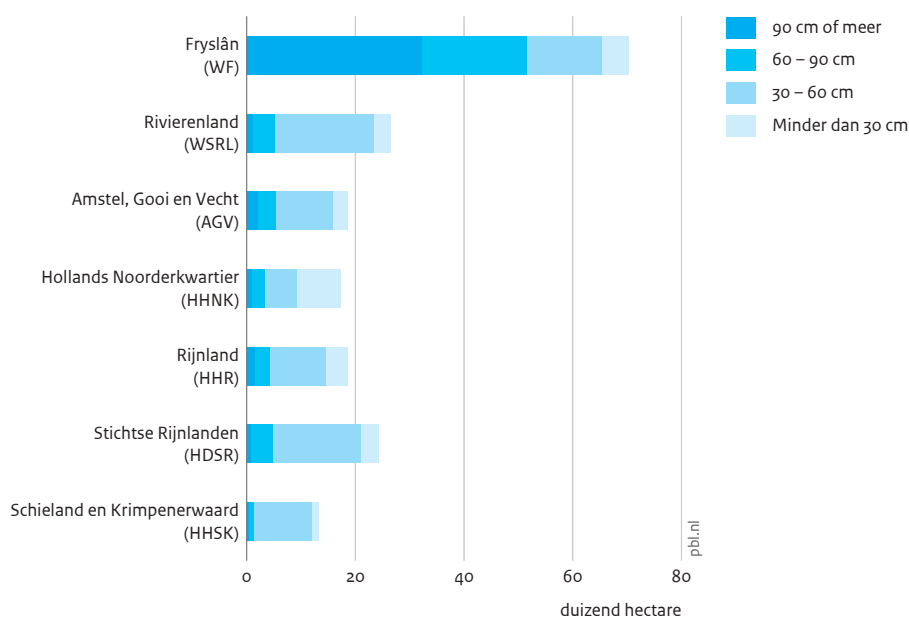
Landgebruik op veengronden per waterschap, 2015



Bron: LGN6; bewerking PBL

Figuur 4.5

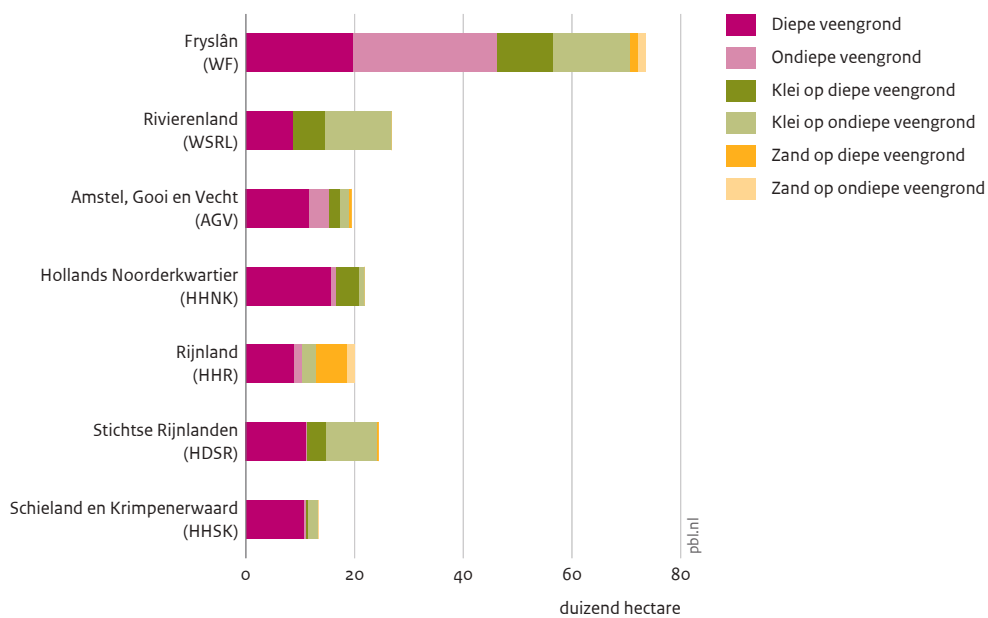
Drooglegging per waterschap, 2015



Bron: Waterschappen; bewerking PBL

Figuur 4.6

Veenbodemtype per waterschap, 2015



Bron: Wageningen Environmental Research; bewerking PBL

Noot

- 1 In de modelberekeningen is gebruikgemaakt van de oorspronkelijke bodemtypen en hun karakteristieken

Veenweiden: landbouw - natuur

In dit hoofdstuk gaan we in op bodemdaling in de veenweidegebieden in relatie tot de landbouw – specifiek de melkveehouderij – en de natuur. De problematiek van de bebouwing in het landelijk gebied is meegenomen in de hoofdstukken over bebouwing en infrastructuur.

De analyse in dit hoofdstuk volgt de denklijn van de kosten-batenanalyse. De analyse start met een probleem-analyse, daarna geven we een toelichting op de mogelijke maatregelen, gevolgd door een uitwerking van het nul-alternatief (huidige situatie) en de beleidsalternatieven. Onderdeel van de analyse is een nadere toelichting op de gehanteerde methodiek om de toekomstige bodemdaling met en zonder maatregelen te bepalen. Daarnaast gaan we in op verschillende effecten van bodemdaling in het veenweidegebied, waaronder de landbouwbaten en opbrengstderving, de extra waterbeheerkosten en mogelijke klimaatkosten als gevolg van de CO₂-emissie. Na een methodische toelichting volgt een overzicht van de resulterende kosten en batens met en zonder maatregelen. We sluiten het hoofdstuk af met de resultaten van de beleidsalternatieven.

5.1 Probleemanalyse

5.1.1 Dilemma: relatie bodemdaling en intensieve landbouw

De bodem in veenweidegebieden heeft weinig draagkracht en daalt door klink en oxidatie als deze wordt drooggelegd ten behoeve van een betere draagkracht en een hogere gewasproductie. Het is in de veenweidegebieden een permanente uitdaging voor beheerders om de overeengekomen gebruiksfunctie(s) zo goed mogelijk te faciliteren en daarbij ook de kosten van het beheer in de gaten te houden. Het is voortdurend zoeken naar optimaal waterbeheer en beheersing van de bodemdaling, en het voorkomen van wateroverlast, natschade of droogteschade in de agrarische gebieden. Extra gecompliceerd zijn situaties met meerdere functies binnen één peil-beheergebied, waardoor zelden alle functies optimaal

bediend worden of, ingeval één functie wel goed bediend wordt, er elders problemen zijn.

Doorgaan met de huidige dominante strategie van ontwatering betekent dat de bodemdaling doorgaat en de negatieve gevolgen elders blijven bestaan of nog versterkt worden. Op termijn zou ook de landbouwkundige functie steeds meer nadelen van de bodemdaling kunnen gaan ondervinden. Daarbij speelt ook dat de intensiverende melkveehouderij steeds meer gericht is op hogere productie tegen lage kostprijs om concurrerend te kunnen zijn op de wereldmarkt. Een ontwikkeling die grenzen stelt aan de kansen voor de zich intensiverende melkveehouderijsector in een gebied met de nodige fysieke knelpunten.

Cruciale vragen in deze verkenning zijn of bodemdaling in de laagveengebieden wel of niet geremd zou moeten worden, en welke voors en tegens daarmee gepaard gaan, zowel in kosten als in batens. In de huidige situatie wordt het peil in het merendeel van de veenweidegebieden geïndexeerd waardoor de bodem ook in de toekomst zal blijven dalen. Het niet afremmen van de bodemdaling in veenweidegebieden lijkt te leiden tot meer problemen elders, het wel afremmen lijkt te leiden tot economische problemen voor de landbouwbedrijven, de dominante sector in de veenweidegebieden. Hoe groot is het effect van bodemdaling op de welvaart en hoe verschuiven de welvaartseffecten als bodemdalingremmende maatregelen worden ingezet? Is er ergens een maatschappelijk optimum tussen de mate van beperking van bodemdaling en het resulterende potentiële landgebruik?

In deze analyse neemt de landbouw, vooral de melkveehouderij, een cruciale plek in. Cruciaal, niet alleen vanwege de voedselproductie en het economische belang, maar ook omdat de sector bijdraagt aan de landschappelijke en ecologische waarden, al staat de ecologie als gevolg van de intensivering wel onder druk door de keuzes rond de drooglegging. De melkveehouderij in de veenweidegebieden volgt meerdere sporen. Enerzijds intensiveren

landbouwbedrijven, wat leidt tot grotere bedrijven, grotere stallen, productief grasland, minder weidegang en inkoop van veevoer. Dit is de dominante ontwikkeling in de veenweidegebieden, maar ook elders. Anderzijds zijn er bedrijven die nauw verbonden zijn met hun gebied en de toekomst ervan, en die via verbreding van activiteiten aansluiting zoeken bij het karakter en de draagkracht van het gebied. Hier wordt soms ook voor gekozen als reactie op economische knelpunten in de bedrijfsvoering.

5.1.2 Dilemma: relatie bodemdaling en kosten waterbeheer

Waterbeheerders zijn bezorgd over de knelpunten die het gevolg zijn van bodemdaling. Voor sommige gebieden, bijvoorbeeld met veel kwel, opbarsten en/of verzilting, gaat het vooral om de extra kosten die samenhangen met bodemdaling. Dit kan aanleiding zijn een toekomstvisie te ontwikkelen over het gewenste grond- en oppervlakte-waterregime in zo'n gebied (GGOR). Een ander knelpunt in het landelijk gebied is de aanwezige bebouwing. Vaak is dat een lintbebouwing of een klein dorp zonder een eigen peilgebied. Het aanleggen en het onderhoud van een hoogwatervoorziening (zie kader 1), die ervoor zorgt dat de houten funderingen van de woningen en boerderijen binnen de lintbebouwing en dorpjes geen nadeel ondervinden van peilindexatie, is kostbaar. Ook dit is aanleiding voor waterschappen om kritisch te kijken naar alternatieven. Een nieuw aspect van de problematiek van veenbodemdaling in de ontwaterde veenweidegebieden is de emissie van broeikasgassen die het gevolg is van het landbouwkundig gebruik van laagveen. De aandacht voor klimaat, klimaatmitigatie, maar ook de adaptatie aan veranderende omstandigheden, zoals meer neerslag of hogere temperaturen, en daardoor ook meer oxidatie en kansen op meer verzilting als gevolg van zeespiegelstijging, zijn onderdeel geworden van het discours rond bodemdaling.

5.1.3 Kortom

In de veenweidegebieden stelt het vraagstuk van de bodemdaling de samenleving voor een aantal lastige keuzes in relatie tot het gebruik van deze gebieden voor landbouw en natuur:

- De keuze tussen enerzijds de voedselproductie en de economie van de landbouw en anderzijds de ecologische, landschappelijke en historische waarden.
- De keuze tussen de opbrengsten voor de landbouw en de beperking van de kosten voor de waterbeheerder (en dus de belastingbetaler).
- De keuze om op een efficiënte manier de verschillende functies ruimtelijk en in de tijd optimaal in te vullen waarbij rekening wordt gehouden met de bodemkundige en hydrologische kenmerken.

5.2 Maatregelen

De op dit moment meest voorkomende vorm van peilbeheer is peilindexatie. Plausibele maatregelen die leiden tot minder bodemdaling richten zich of op minder drooglegging in de zomerperiode of op maatregelen waarbij de keuze valt op een andere vorm van landgebruik waarvoor juist natte condities zijn vereist. In beide gevallen wordt peilindexatie losgelaten. Bij de maatregelen die hierna verder worden uitgewerkt is er altijd wel sprake van aanpassing van het type peilbeheer. In het ene geval worden peilbeheeropties gecombineerd met aanpassingen in de agrarische bedrijfsvoering en in het andere geval met een transitie in landgebruik. In alle gevallen is het een combinatie van handelingen waarbij zowel de waterbeheerder als de gebruiker een verandering doorvoert. In het ene uiterste kan dat een beperkte verandering zijn met geringe consequenties (bijvoorbeeld in de beginperiode van passieve vernatting), in het andere uiterste is de verandering omvangrijk (ander landgebruik, of actieve vernatting).

De drie maatregelen die hier worden uitgewerkt zijn:

1. Peilfixatie: het peil wordt vastgezet op een vast peil. De graslanden in gebruik door de melkveehouderij-sector ondergaan een geleidelijke vernatting. De conditie past bij een meer extensief veehouderij-systeem.
2. Onderwaterdrainage: het peil wordt zodanig ingesteld dat de percelen in de zomer voldoende vernat zijn zodat oxidatie en daarmee bodemdaling voor een deel wordt voorkomen. Om de aanwezige omstandigheden ook op langere termijn te behouden is op termijn een geringe peilindexatie niet uit te sluiten. Deze maatregel past bij een meer intensief veehouderijsysteem.
3. Ander landgebruik, met twee hoofdvarianten: verandering binnen de landbouw, bijvoorbeeld door het ontwikkelen van paludiculturen, en verandering naar een functie buiten de landbouw, bijvoorbeeld natuurbeheer.

De uiteindelijke keuze van betrokkenen om geen veranderingen door te voeren en alles bij het oude te laten (peilindexatie), een bodemdaling remmende maatregel toe te passen of te kiezen voor een transitie in landgebruik zal veelal gemotiveerd zijn vanuit meerdere invalshoeken. Zo kan het zijn dat de huidige situatie voor dit moment het beste is, of de oplossing is van een ervaren knelpunt (biodiversiteit, landschap, voedselproductie, energie, cultuurhistorie, milieu en klimaat, effect op bebouwde omgeving). Een keuze kan voortkomen uit een economisch of kostenmotief, of omdat de maatregelen kansrijk zijn in de specifieke omstandigheden.

De keuzes om maatregelen door te voeren kunnen genomen worden door overheden, door ondernemers of een collectief van ondernemers (agrarisch natuurbeheer), of particulieren (terreinbeheerders). Een waterschap kan bijvoorbeeld bij de provincie aangeven dat de kosten van het waterbeheer te hoog worden en er nagedacht moet worden over een andere functie, bijvoorbeeld in gebieden met veel kwel en hoge kosten. Een maatregel zou dan wel genomen moeten worden op het niveau van een peilgebied, of een voldoende omvangrijk deelgebied. Hieronder volgt een uitgebreide toelichting op de maatregelen die in deze analyse verder zullen worden beschouwd.

5.2.1 Peilfixatie

Peilfixatie is een technische maatregel die wordt genomen door de waterbeheerder. Fixatie van het peil draagt bij aan het verminderen van de bodemdaling. Peilfixatie houdt in dat het peil niet meer wordt geïndexeerd en het peil op het dan geldende vaste niveau wordt gehouden. Het maaiveld zal nog enige tijd dalen waardoor de graslanden geleidelijk zullen vernatten. Na verloop van tijd, afhankelijk van de huidige drooglegging, komt het maaiveld uit op een vast niveau. Peilfixatie is technisch gezien een eenvoudige maatregel en vergt relatief weinig aanpassingen in het beheer. Peilfixatie is in theorie overal mogelijk. De relatief laagst gelegen gebieden zullen het meest vernatten als de maatregel in een heel peilgebied wordt doorgevoerd.

Het effect van fixatie is minder bodemdaling, maar ook een afname van de geschiktheid van een gebied voor intensievere bedrijfsvoering en ook de noodzaak van bedrijfsaanpassingen gericht op een extensievere bedrijfsvoering. Dit kan betekenen dat na verloop van tijd gekozen wordt voor een ander melkveeras en een lagere veedichtheid. Ook technische maatregelen kunnen een respons zijn op de hier beschreven verandering in het peilbeheer, zoals lichtere machines en een inrichting met een mix van percelen met voldoende drooglegging en meer vernatte percelen. Om de hogere kosten van de bedrijfsvoering te dekken kan het een optie zijn om de producten af te zetten in een hoger marktsegment (onder andere biologische landbouw, streekproducten of een ander soort keurmerk). In gebieden met een diepe drooglegging (bijvoorbeeld meer dan 1 meter) is een actieve peilfixatie het alternatief om te voorkomen dat de bodem nog lange tijd blijft dalen. Door actief te vernatten, waarbij een hoger peilniveau wordt afgesproken, wordt het effect van de maatregel in de tijd naar voren gehaald.

5.2.2 Onderwaterdrainage

Onderwaterdrainage is een technische maatregel waarbij de gebruiker van de veenweiden een drainagesysteem aanlegt met als doel water uit de sloten in te laten.

Daardoor ontvangt de veengrond in de zomerperiode voldoende water, maar niet te veel, zodat de oxidatie in die periode sterk kan worden beperkt.

Het toepassen van onderwaterdrains is maatwerk. Breed gedragen is de visie dat bij een drooglegging van minder dan 30 centimeter en meer dan 60 centimeter het toepassen van onderwaterdrainage niet zinvol is omdat de effecten marginaal zijn, de kosten te hoog, of het rendement te laag. Onderwaterdrainage is het meest effectief in pure veengrond of veen met een dun kleidek. Bij de bepaling van de diepte van de drains speelt de huidige en potentiële kwelsituatie een rol. Het toepassen van onderwaterdrainage leidt tot een sneller reagerend watersysteem. De waterbeheerder dient daar op in te spelen door het beheer zodanig in te richten dat er in de zomerperiode ook voldoende water is. Dit betekent dat investeringen in het watersysteem nodig zijn, zoals het vergroten van inlaat- en bemalingscapaciteit alsmede van toe- en afvoerende waterlopen. Ook kan het zijn dat de normen voor wateroverlast van het watersysteem in overleg tussen provincies en waterschappen hierop moeten worden aangepast. Waarschijnlijk zal bij deze maatregel de waterbehoefte toenemen en meer wateroppervlakte nodig zijn om voldoende water te kunnen bergen (Alterra 2009). Dit zou kunnen leiden tot extra kosten voor de waterschappen.

Onderzoekers schatten in dat meer dan 50 procent van het agrarisch areaal van het westelijk veenweidegebied geschikt is voor onderwaterdrainage (Van den Akker et al. 2010; Hoving et al. 2008). In deze studie is voor de verkenning van de kosten en baten van deze alternatieve maatregel een gebied geselecteerd dat voldoet aan de gestelde criteria: een gebied met een oppervlakte van 82.000 hectare, 40 procent van het totale in deze studie geselecteerde veengebied. In figuur 5.1 zijn de geschikte gebieden op een kaart weergegeven die in deze studie zijn meegenomen binnen de optie onderwaterdrainage. In theorie kan het percentage nog stijgen als ook gebieden die dieper dan 60 centimeter worden ontwaterd, eerst actief worden vernat en daarna worden voorzien van onderwaterdrainage.

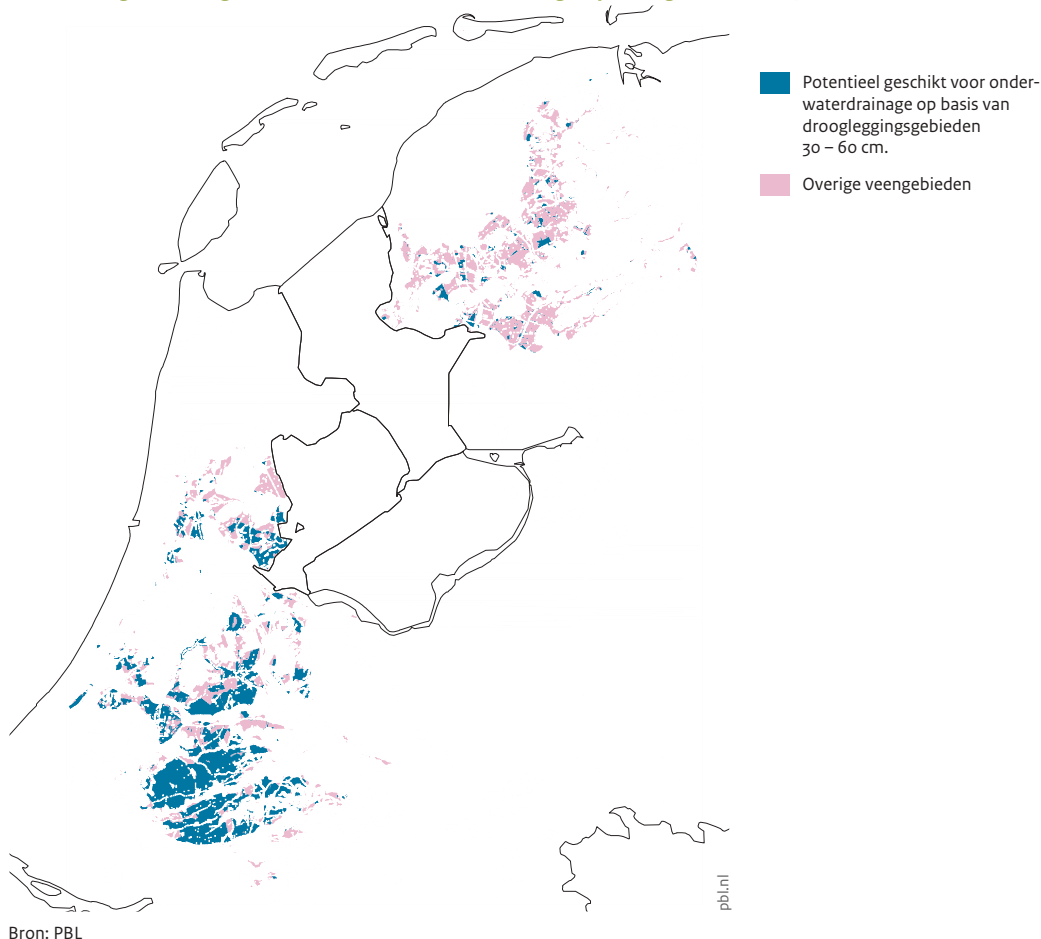
Voor de landbouw is het toepassen van onderwaterdrainage een kostenpost die wordt geschat op 165 euro per hectare per jaar (Rijken et al. 2016). Daarbij is rekening gehouden met de investeringen en afschrijvingstermijn. Voordelen zijn extra grasgroei, extra weidedagen, minder vertrappingsschade en een betere toegankelijkheid van de percelen in het voor- en najaar.

5.2.3 Landgebruiksverandering

Bij de twee vorige maatregelen was er sprake van aanpassingen in het peilbeheer en waterbeheer, en/of aanpassingen in de wijze waarop de bodem het water

Figuur 5.1

Potentieel geschikte gebieden voor onderwaterdrainage op veengronden, 2015



afvoert en vasthoudt. Dergelijke maatregelen hebben invloed op de bedrijfsvoering in de melkveehouderij, leiden tot aanpassingen hiervan en ook tot een meer fundamentele keuze over de intensiteit van het melkveehouderijbedrijf, maar het landgebruik blijft in principe binnen de melkveehouderijsector. De maatregelen die vallen onder landgebruiksverandering gaan verder en betekenen dat het huidige landgebruik drastisch wijzigt. Dat kan zijn binnen de landbouwsector of daarbuiten.

Binnen de landbouw

Hieronder vallen de zogenoemde paludiculturen. Dit begrip is het gemakkelijkst te omschrijven als natte landbouw. Het waterbeheer is aangepast aan deze culturen en de natte condities leiden niet tot bodemdaling. Voorbeelden van paluditeelten zijn rietteelt, veenmosveen, teelt van lisdodde, cranberry's en orchideeën. De afzetmarkt voor deze producten zijn de bloementeel, voeding, veevoer, energie- en bouwsector. Er is groeiende aandacht voor deze vorm van landbouw, vooral vanuit de hoek die veenbehoud centraal stelt. Er is nog niet zoveel bekend

over de bedrijfseconomische aspecten en over de marktpotentie. Kansen hangen ook samen met lokale afzetkansen en de grondprijs. Onder andere in Noord-Holland wordt geëxperimenteerd met deze teelten (Van de Riet 2014). Sommige producten zijn uniek en hebben een uniek afzetkanaal. Bijvoorbeeld veenmosveen dat wordt afgezet in de bloemensector. Andere producten, bijvoorbeeld lisdodde als isolatie, hebben meer concurrentie en een product als cranberry's kan ook elders worden geteeld. De ervaring met de teelt en de marktrespons zal uiteindelijk bepalen of deze teelten ook grotere arealen gaan bestrijken. In monoculturen is de soortenrijkdom in het algemeen wat beperkt, maar bij een gevarieerde aanleg en een mozaïek van ruigtes, broekbossen, hooilanden en stukjes niet gemaaid rietland kan als geheel een zeer rijke biodiversiteit en divers landschap worden gecreëerd waarbij bodemdaling niet meer optreedt, er inkomsten zijn en ruimte voor biodiversiteit.

Buiten de landbouw

Hieronder valt de transitie naar natuur. Door de transitie verdwijnt de primaire agrarische functie. De agrarische functie zal overigens niet geheel verdwijnen omdat er in veel natuurgebieden in het veenweidegebied cultuurlandschappen zijn waar vormen van zeer extensieve landbouw goed inpasbaar zijn en vee wordt ingeschaard als begrazer dat daardoor onderdeel is van de wijze van beheer. Natuurgebieden zijn hotspots voor recreanten en toeristen en als zodanig hebben deze gebieden ook een economische betekenis.

In veenweidegebieden met heel veel kwel en kleine kavels kunnen de omstandigheden voor zowel de waterbeheerder (kostenaspect) als melkveehouders (productieaspect) ongunstig zijn, waardoor een transitie naar natuur voor de hand kan liggen. Op deze manier komen doelen als biodiversiteit, gevarieerd landschap en het beperken van klimaatverandering in die gebieden in beeld.

5.3 Nul- en beleidsalternatieven

In de probleemanalyse is geschetst dat de huidige situatie, waarin bodemdaling het gevolg is van de gemaakte keuze voor een bepaalde mate van drooglegging gecombineerd met de keuze om het peil te indexeren, feitelijk het bestaande beleid is. Daarmee is peilindexatie het nul-alternatief in deze analyse. In de beleidsalternatieven die hierna zijn beschreven, zijn de verschillende bodemdalingremmende maatregelen meegenomen. De veranderingen in bodemdaling en overige effecten zijn dus afgezet tegen de bodemdaling die optreedt bij peilindexatie.

In de beleidsalternatieven worden de zwaartepunten aangegeven voor een bepaalde maatregel. Evident is dat de keuze voor bepaalde maatregelen sterk gestuurd wordt vanuit de lokale en regionale kenmerken. In bijna alle alternatieven is het een samenspel van de gebruikers, vooral de grondgebonden veehouderij, de waterschappen en, zeker daar waar landgebruikstransitie belangrijk is, ook de provincies. Voor de keuze van de beleidsalternatieven is gebruik gemaakt van informatie van de ORAS-website (2016), diverse MKBA-studies waaronder de veenvisie van Friesland (Westerhof & Joosten 2014) en de expertkennis van Kwakernaak en Van den Akker van Wageningen Environmental Research.

5.3.1 Een korte beschrijving van de alternatieven

Nul-alternatief: Het nul-alternatief is de voortzetting van het huidige beleid: alle peilvakken behouden hun huidige gemiddelde drooglegging. De waterbeheerder faciliteert de functies in het gebied. In de meeste gevallen is dat de melkveehouderij. Bij de andere gebruikers binnen het gebied zijn de voor die betreffende functies vereiste

condities het uitgangspunt. Zo vereist de natuur een vast peil (of een peil binnen een bepaalde marge).

Alternatief 1. Landbouw met mitigerende maatregelen:

Dit is gelijk aan het nul-alternatief maar dan gecombineerd met bodemdaling remmende en mitigerende maatregelen. In deze verkenning is dit gedaan door het toepassen van onderwaterdrainage in die gebieden waar dat een effectieve maatregel is, zowel vanuit de invalshoek van kosten als met het oog op het effect op bodemdaling.

Alternatief 2. Passieve vernatting: Bij passieve vernatting wordt het peil gefixeerd en wordt er niet meer geïndexeerd. De bodemdaling zal zeker in het begin doorgaan, maar naarmate de drooglegging geringer wordt zal dit uiteindelijk leiden tot een sterk vernat systeem. Dit alternatief is voornamelijk gericht op verlaging van de kosten van het waterbeheer, vermindering van de uitstoot van broeikasgassen, moerasnatuur, waterrecreatie en waterberging. De melkveehouderij transformeert deels en past zich zoveel mogelijk aan de omstandigheden aan.

Alternatief 3. Functieverweving: landbouwtransitie:

Transitie van de gangbare melkveehouderij naar andere bedrijfstvormen binnen de melkveehouderij waarbij meer variabele drooglegging binnen één bedrijf wordt nagestreefd. Dit betekent dat een deel van de graslanden uit nattere delen bestaat waardoor meer functieverweving mogelijk is. In de praktijk zijn diverse bedrijfstvormen mogelijk: behoud van het bedrijfssysteem melkveehouderij, maar dan met extra voeraankoop of extra inscharen van jongvee, groenblauwe diensten of aanpassing van het bedrijfssysteem richting groenblauwe diensten, verbreding door onder andere paluditeelten of overschakelen op een ander ras melkvee of vleesvee.

Alternatief 4. Functiescheiding 'droge' en 'natte'

functies: In dit alternatief staat ruimtelijke differentiatie centraal. Dit betekent een zodanige scheiding van functies dat optimaal wordt voldaan aan de droogleggingseisen van die functie. Dat betekent peilvakken met optimale landbouwomstandigheden en drooglegging, en peilvakken voor agrarisch natuurbeheer (onder andere ten behoeve van weidevogels), natte landbouw, natuur en stedelijk gebruik.

In de hierna volgende hoofdstukken zijn de alternatieven op een meer verhalende manier uitgewerkt en zijn de maatregelen beschreven die daarin worden meegenomen. In de berekeningen van de bodemdaling zijn vooral de aannames over het peilbeheer als uitgangspunt gebruikt, maar ook neveneffecten zoals de noodzaak om stuwen aan te leggen als de bodemdaling een zekere grens overschrijdt en om waterkeringen te verhogen om

hetzelfde veiligheidsniveau te kunnen handhaven. De resultaten van dergelijke aanpassingen zijn uitgewerkt in de extra kosten voor het waterbeheer. Waar managementmaatregelen een rol spelen, zoals in het alternatief verweving en het alternatief functiescheiding, is naast het effect van peilbeheer ook naar het effect op de gewasopbrengst gekeken. De indicator gewasopbrengst brengt het effect van een ander peilbeheer of ander landgebruik op het landbouwsysteem in beeld.

In het nul-alternatief en in de alternatieven landbouw met mitigerende maatregelen respectievelijk passieve vernatting zijn gedetailleerde effectberekeningen gedaan van de hiervoor geldende, afzonderlijke maatregelen peilindexatie, onderwaterdrainage en passieve vernatting. In de andere twee alternatieven gaat het meer om een combinatie van verschillende maatregelen. Om van deze laatste twee alternatieven de gecombineerde effectberekeningen te kunnen maken, is gebruik gemaakt van de resultaten van de drie gedetailleerde effectberekeningen.

De effecten van het vergroten of verkleinen van een peilvak, het aanleggen van hoogwatervoorzieningen of speciale aanpassingen rond natuurgebieden zijn in de verhaallijnen van de alternatieven wel beschreven maar zijn niet berekend. De schaal van de verkenning in deze studie past niet bij dergelijke lokale analyses. Bovendien zijn de kosten hiervan moeilijk in te schatten.

5.3.2 Nul-alternatief: voortzetting huidig beleid peilindexatie

Peil-volgt-functie in landelijk gebied

Alle peilvakken behouden hun huidige gemiddelde drooglegging. Peil-volgt-functie is het uitgangspunt. De peilindexatie vindt plaats als respons op bodemdaling. De droogleggingseis voor de landbouwfunctie verschilt per regio en peilgebied. Natuur en/of kwetsbare bebouwing houden hun huidige peil. In peilvakken waarin verschillende landgebruiksfuncties zijn verweven wordt voorrang gegeven aan de landbouw. Als de spanning tussen de verschillende droogleggingseisen te veel oploopt, zullen in de praktijk de peilvakken worden opgedeeld in aparte peilvakken voor natuur, bebouwing (hoogwatervoorzieningen) en landbouw.

Eigen verantwoordelijkheid bebouwd gebied

Bermen, openbaar groen en tuinen worden regelmatig opgehoogd. Eigenaren van huizen binnen het veenweidegebied zijn zelf verantwoordelijk voor de kwaliteit van hun funderingen. Die eigen verantwoordelijkheid geldt ook voor beheerders/eigenaren van wegen, riolen, kabels en leidingen. Door de verdergaande maaiveld daling en de peilaanpassingen zal de schade aan

hun eigendommen en/of zullen de kosten om die schade te voorkómen of beperken toenemen. Hoogwatervoorzieningen en boezemkades (keringen) krijgen door het dalend polderpeil grotere afmetingen en worden versterkt, soms met damwanden.

Spanning tussen landelijk en bebouwd gebied

De voor dit peilbeheer noodzakelijke wateraanvoer in droge tijden en afvoer in natte vergt vanwege de doorgaande bodemdaling en mogelijke klimaatverandering steeds meer inspanning en 'strijd' met de waterbehoefte in stedelijk gebied.

Maatregelen

- Peilindexatie en daarmee de afgesproken drooglegging blijft. De drooglegging varieert per polder: van gemiddeld rond de 60 centimeter in het Groene Hart, rond de 30 tot 40 centimeter in Laag Holland en meer dan 90 centimeter in Friesland. De bodemdaling gaat met de huidige snelheid voort. Door om de tien jaar het peil opnieuw vast te stellen houdt het peil gelijke tred met de gemiddelde bodemdaling en blijft de oorspronkelijke mate van drooglegging behouden.
- Versterking hoogwatervoorzieningen en keringen.
- In de bebouwde omgeving binnen een peilvak: berm, openbaar groen en tuinen worden regelmatig opgehoogd. Funderingen, wegen, riolen, kabels en leidingen worden hersteld of vervangen in het huidige tempo.

Opmerkingen

- Peilindexatie is in de praktijk geen vast gegeven dat zonder meer ook van toepassing is op de toekomstige situatie. Als de beheerkosten onevenredig stijgen in verhouding tot de opbrengst kan voor een andere functie worden gekozen waarop het peil wordt aangepast (op instigatie van het waterschap en na goedkeuring door de provincie). Dit laatste aspect is niet meegenomen of doorgerekend in het nul-alternatief, maar kan zich in de praktijk wel voordoen.
- Bebouwingen (huizen, wegen, overige infra) kunnen schade ondervinden door peilindexatie die in het peilvak wordt doorgevoerd. De schade neemt in theorie af als de bodem minder snel daalt. Er is geen een-op-eenrelatie tussen peilbeheer en schade aan de bebouwde omgeving. Veel meer factoren zijn van invloed op de schade in de bebouwde omgeving, waaronder de wijze waarop is gebouwd en de samenstelling van de ondergrond (zo kan een lintbebouwing – of een deel ervan – op een zandige oeverwal zijn gebouwd).

5.3.3 Alternatief 1: Landbouw met mitigerende maatregelen

Gelijk aan het nul-alternatief maar met gerichte bodemdalingremmende maatregelen in de landbouwgebieden. Hiermee wordt de spanning tussen de droogleggingseisen van de landbouw en die van de omliggende natuur en bebouwing verminderd. Dit leidt tot minder bodemdaling in de percelen waar de maatregelen worden genomen. Positieve neveneffecten zijn dat de verdroging van de natuur wordt afgeremd en dat er minder nutriënten uitspoelen uit de landbouwgebieden. Ook neemt de funderingsschade minder snel toe doordat de bodemdaling afneemt en het grondwaterpeil minder vaak hoeft te worden aangepast.

Maatregelen

- Aanleg onderwaterdrainage in gebieden waar de drooglegging nu ligt tussen de 30 en 60 centimeter. Hierdoor verandert de grondwaterstand in de zomer met positief effect op de bodemdaling (een reductie tot maximaal 50 procent) zonder dat dit noemenswaardige gevolgen heeft voor de landbouwopbrengst. Het positieve effect is een betere drooglegging in het voorjaar waardoor de toegankelijkheid van het perceel verbetert en er minder vertrappingsschade zal optreden.
- Door de onderwaterdrainage zal de wateraanvoer-behoefte toenemen en zullen buffergebieden noodzakelijk zijn.

5.3.4 Alternatief 2: Passieve vernatting

Bij passieve vernatting vindt geen peilindexatie meer plaats en blijft het peil op een vast niveau gehandhaafd. Na invoering van peilfixatie gaat de bodemdaling nog lange tijd door. Afhankelijk van de initiële situatie kan het nog vele decennia duren voor de bodemdaling tot stilstand komt. Bij diep ontwaterde veengronden zal de bodemdaling nog lang optreden, tenzij lokaal actief wordt vernat. Bij ondiepe drooglegging zal de bodemdaling sneller afnemen. Dit alternatief is gericht op kostenverlaging van het waterbeheer, reductie van de uitstoot van broeikasgas, meer moerasnatuur, faciliteren van waterrecreatie, meer waterberging en het verbeteren van de waterkwaliteit. De melkveehouderij zal hierdoor moeten transformeren naar een meer extensief systeem. Op de langere termijn zal een meer verweven systeem ontstaan met droge en nattere delen, en met paludiculturen. Door minder intensief beheer zal geleidelijk meer rietland, moerassen en broekbossen ontstaan, en verdwijnt een deel van het open veenweidelandschap en de bijbehorende veenweidenatuur. Dit toekomstbeeld toont overeenkomst met de toestand van circa 60 jaar geleden.

De bodemdaling neemt overigens onder deze omstandigheden niet alleen af door minder oxidatie, maar ook door

minder nutriënten als direct gevolg van de extensivering waardoor minder anaerobe afbraak van veen optreedt (Jansen et al. 2008, 2009). Passieve vernatting is wat minder ingrijpend dan actieve vernatting waarbij het peilbeheer direct wordt ingesteld op een minder diepe drooglegging; de gebruikers hebben daardoor meer tijd zich aan te passen aan de nattere omstandigheden.

Maatregelen

- Huidige drooglegging via peilindexatie wordt losgelaten. Nieuwe keuze is vast peil, lokaal kan gekozen worden voor een actieve vernatting, bijvoorbeeld als er sprake is van een diepe drooglegging. Een en ander hangt ook samen met de kosten die dat met zich brengt (verhogen stuw, versterken keringen, enzovoort).
- Peilvakken vergroten.
- Flexibel en dynamisch peilbeheer.

5.3.5 Alternatief 3: Functieverweving: landbouwtransitie

Transitie van de gangbare melkveehouderij naar aangepaste bedrijfsvormen, met meer variabele drooglegging in grotere peilvakken met deels nattere delen (gesteld op maximaal 30 procent van het oppervlak) waardoor meer functieverweving mogelijk is. In de praktijk wordt in de lagere delen in de winter en het vroege voorjaar tot eind april het water langer vastgehouden voordat het wordt uitgeslagen. Daarmee wordt het groeiseizoen verkort. Hiermee kunnen de waterberging en waterconservering, de natuur- en landschapskwaliteit, de recreatie, en het cultuurhistorisch en archeologische erfgoed beter behouden blijven en soms versterkt worden. De funderings- en infrastructuurschade in de veenweidegebieden neemt af door minder frequente peilverlaging en een gemiddeld lagere snelheid van bodemdaling.

In de praktijk kan onderscheid gemaakt worden in:

- **3a.** Behoud van het bedrijfssysteem melkveehouderij: door bijvoorbeeld voeraankoop en extra inscharen van jongvee, gecombineerd met groenblauwe diensten.
- **3b.** Aanpassingen in het bedrijfssysteem: groenblauwe diensten, andere teelten, verbreding en productie van streek- of keurmerkproducten; zie ook Veenweidevisie Friesland (Westerhof & Joosten 2014).

Maatregelen

- Grotere peilvakken, indien noodzakelijk aparte peilvakken voor bebouwing of natuur, afhankelijk van de spanning die bestaat tussen droogleggingseisen van verschillende vormen van landgebruik. Waar mogelijk apart bestaande bebouwing beter funderen (om de noodzaak van extra hoogwatervoorzieningen te voorkomen).

- Deels behoud van peilindexatie en deels geleidelijke vernatting door passieve of actieve peilfixatie. Daardoor krijgen de 30 procent lager gelegen delen van het bedrijfsoppervlak door de voortgaande bodemdaling geleidelijk een afname van de mate van drooglegging waarmee in 30 procent van het gebied de bodemdaling na verloop van tijd afneemt.

Opmerking

Relatief grote landbouwbedrijven of een collectief van boeren dat gezamenlijk verantwoordelijk is voor het beheer van de veenweidegronden zouden deel kunnen uitmaken van dit alternatief.

5.3.6 Alternatief 4: Functiescheiding 'droge' en 'natte' functies

In de praktijk betekent dit alternatief ruimtelijke differentiatie. Scheiding van functies in grotere peilvakken gericht op de droogleggingseis van één functie per peilvak. Eenheden met optimale omstandigheden voor de intensiverende melkveehouderij (richtgetal: de helft van het huidige areaal). Daarnaast ook toename van het areaal natuurgaslanden (richtgetal: een verdubbeling ten opzichte van de huidige situatie) en een uitbreiding van het areaal nattere moerasachtige gebieden met blauwgraslanden, open water- en moerasnatuur met elkaar verbonden via ecologische verbindingzones en geschikt voor waterrecreatie en toerisme. In dit alternatief neemt het areaal agrarische natuur (met weidevogels), natte natuur (met moerasvogels) en paludiculturen toe.

De inrichting van de gebieden wordt grootschaliger: minder snippers natuur en grotere, van elkaar gescheiden eenheden landbouw, agrarische natuur/paludicultuur/natuur en water. In de gebieden met een geringere drooglegging is minder funderings- en infrastructuurschade, zijn er mogelijkheden voor het behoud en versterking van landschap, natuur, waterrecreatie en archeologie, en zijn de waterbeheerkosten minder. Door waterberging en waterconservering in natuurgebieden en binnen de verbindingzone zijn zowel de wateroverlast (natte tijden) als de noodzakelijke aanvoer van water (droge tijden) minder vergeleken met het nul-alternatief. Het alternatief biedt kansen voor koppelingen met Natura 2000, Kaderrichtlijn Water, Waterbeheer 21e eeuw en plannen zoals voorzien in de Deltabeslissing Zoetwater van het Deltaprogramma. Landbouwbedrijven en natuurgebieden kunnen van plaats wisselen om de functiescheiding te realiseren, maar er is ook ruimte deze te combineren via onder meer paludicultuur.

Maatregelen

- Peilvakken vergroten; gericht op één functie, zoals intensievere melkveehouderij.

- Door beperking van de peilindexatie in de lager gelegen peilvakken krijgen deze een geringere drooglegging, wat bijdraagt aan de afname van de bodemdalingssnelheid.
- In de nattere gebieden: flexibel en dynamisch peilbeheer, meer open water (plassen voor waterrecreatie), verbrede watergangen en natuurvriendelijke oevers.
- Ook andere landbouwbedrijfstypen dan gangbare en aangepaste melkveehouderij (paludicultuur, verbreed).
- Verdroging natuur wordt tegengegaan met wateropvang en waterconservering in bufferzones rondom natuurgebieden, met in die gebieden vormen van paludiculturen.

Opmerking

Door vermindering van de bodemdalingssnelheid is er mogelijk een bescheiden effect merkbaar op de bebouwde omgeving binnen het peilgebied. Dit kan leiden tot een iets lagere onderhoudsfrequentie of herstelinspanning. Het betreft dan vooral het ophogen van tuinen en herstel of vervangen van funderingen, wegen, riolen en kabels en leidingen in het veenweidegebied.

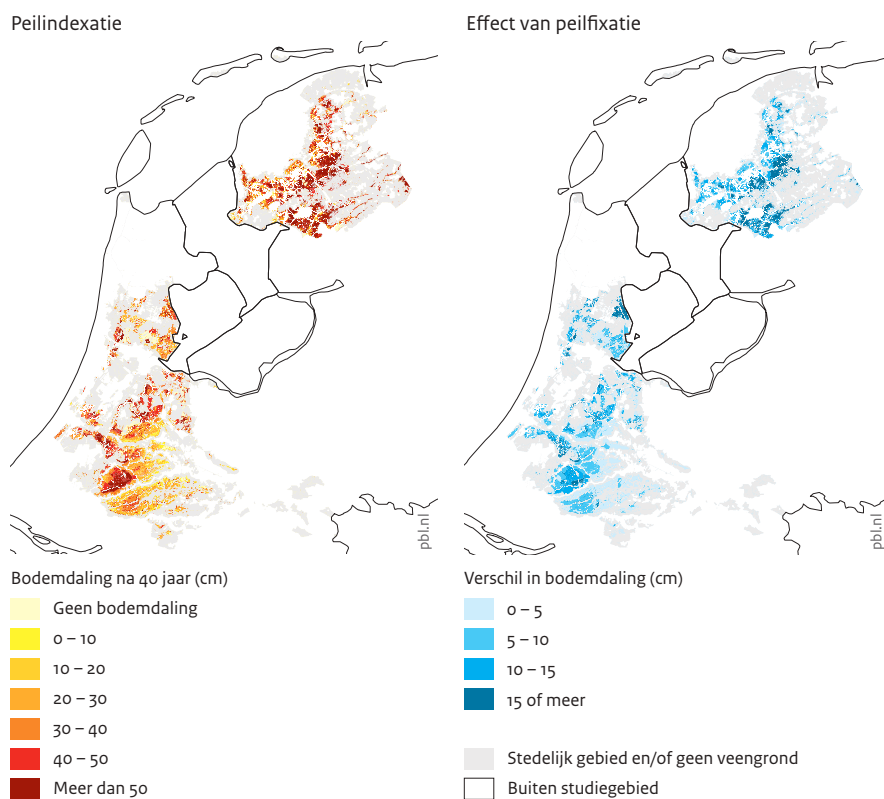
5.4 Bodemdaling en effecten van maatregelen

5.4.1 Aannames berekening bodemdaling

Voor het laagveenstudiegebied, met een oppervlakte van bijna 200.000 hectare, is de bodemdaling berekend voor alle veengronden in het studiegebied over de periode 2010-2050. In bijlage 1 is toegelicht hoe de toekomstige bodemdaling in deze studie is berekend. De berekening is gebaseerd op het model Phoenix met als belangrijkste invoer gegevens over de bodemopbouw en de hydrologie. Gezien de onzekerheden moeten de resultaten van de modelberekening met enige terughoudendheid worden toegepast. Het is belangrijk in de discussie over bodemdaling deze onzekerheden te blijven benoemen. De trends lijken daarentegen meer houvast te geven.

Om inzicht te krijgen in het effect van de maatregelen is eerst een berekening gemaakt van de bodemdaling met peilindexatie: de situatie van het nul-alternatief waarbij de huidige afspraken over de drooglegging (in de meeste gevallen is dat peilindexatie) wordt gecontinueerd tot 2050. Geen rekening is gehouden met gebieden die als gevolg van de huidige knelpunten de komende decennia mogelijk anders beheerd zullen gaan worden (bijvoorbeeld gebieden die als knikgebied zijn aangemerkt). Vervolgens zijn berekeningen gemaakt van de bodemdaling bij respectievelijk peilfixatie en onderwater-

Figuur 5.2
Bodemdaling veengronden, 2010 – 2050



Bron: Phoenix; bewerking PBL

drainage. Voor het effect van de transitie naar andere vormen van landgebruik (paludiculturen en natuur) zijn geen aparte berekeningen gemaakt: voor dit effect is verondersteld dat de bodemdaling in de betreffende gebieden door actief peilbeheer gericht op vernatting relatief snel zal stoppen. Deze transitie scoort dus in alle gevallen het maximale effect.

5.4.2 Bodemdaling huidig beleid peilindexatie: 34 centimeter tot 2050

De linkerkaart van figuur 5.2 toont de veenbodemkaart met de projectie van de bodemdaling over de periode 2010-2050 uitgaand van het nul-alternatief. De rechterkaart toont het effect van peilfixatie op de bodemdaling over dezelfde periode. De rechterkaart laat dus zien hoeveel de bodemdaling minder wordt ten opzichte van de linkerkaart (huidig beleid) als peilfixatie als alternatief beleid wordt ingevoerd.

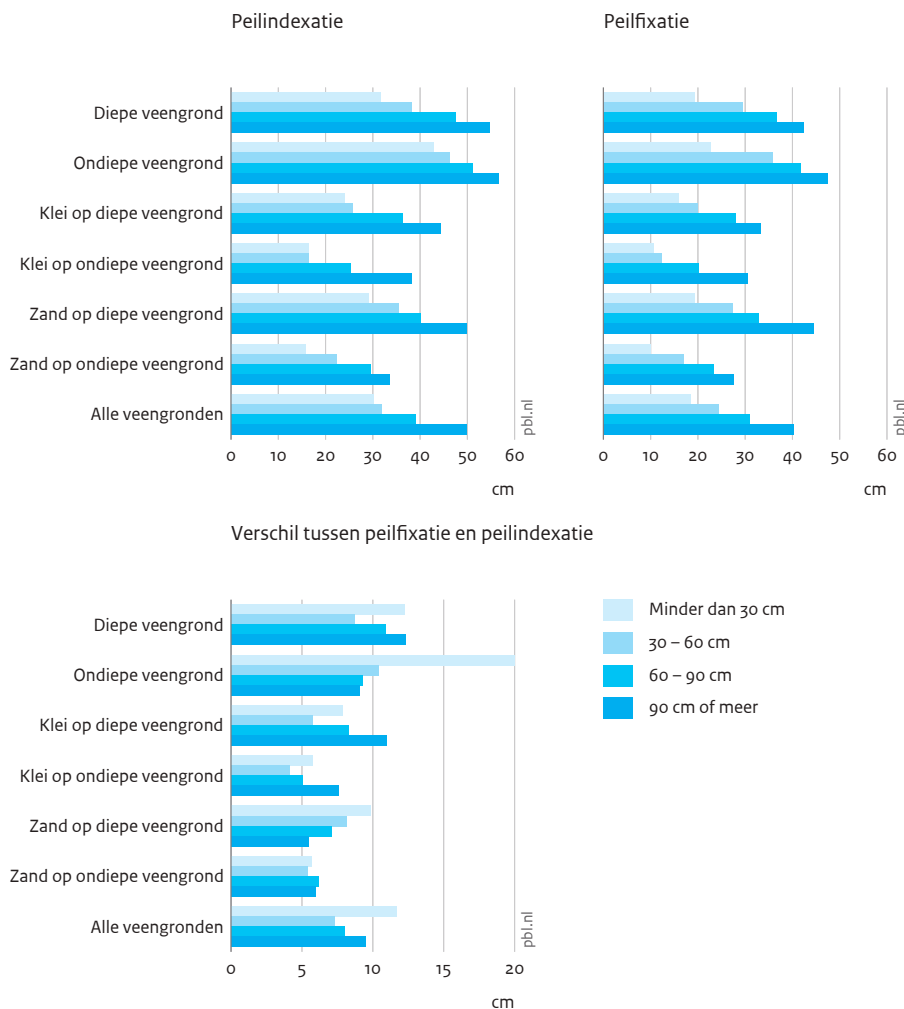
Op basis van de berekeningen in het gehele studiegebied is de gemiddelde bodemdaling 34 centimeter over de periode 2010-2050. Dit komt overeen met een gemiddelde daling van 9 millimeter per jaar. Bodemdaling hangt af

van het type veenbodem – bijvoorbeeld met een klei- of zanddek – maar hangt ook sterk af van de initiële drooglegging; hoe dieper de drooglegging hoe groter de bodemdaling. De bodemdaling voor de onderscheiden bodemtypen is weergegeven in figuur 5.3: voor het nul-alternatief (linksboven), de maatregel peilfixatie (rechtsboven) en de verminderde bodemdaling door peilfixatie ten opzichte van het nul-alternatief (onder).

Volgens de modelresultaten is de gemiddelde bodemdaling van een diepe veengrond met diepe drooglegging over de periode tot 2050 en gegeven het huidige beleid ongeveer 80 procent groter dan die voor dezelfde bodem met een zeer geringe drooglegging. Bij een ondiepe veengrond is dat verschil 30 procent. De aanwezigheid van een klei- of zanddek remt de daling; dit effect treedt op bij alle droogteklassen. Het effect van een kleidek op een diepe veengrond is 20 procent minder bodemdaling. Voor een zanddek is dat effect ongeveer 10 procent. Als naar de resultaten voor alle veengronden wordt gekeken en de bodemdaling wordt uitgesplitst naar droogleggingsklasse varieert de daling bij ondiepe drooglegging (minder dan 30 centimeter) gemiddeld van 15 tot 30 centimeter en loopt deze op tot 35 tot 55 centi-

Figuur 5.3

Bodemdaling op veengronden per droogleggingsklasse, 2010 – 2050



Bron: PBL

meter bij drooglegging groter dan 90 centimeter. Dat betekent dat bij een grotere drooglegging de bodemdaling 60 procent groter is dan bij een ondiepe drooglegging.

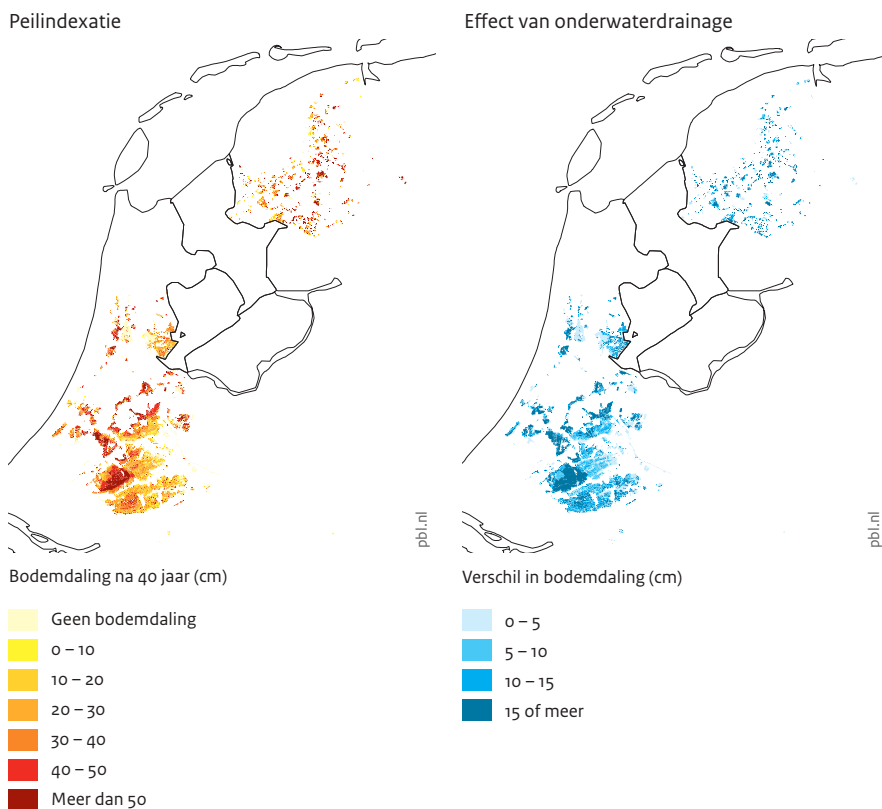
5.4.3 Effecten van maatregelen op bodemdaling

Peilfixatie: 26 centimeter bodemdaling tot 2050

De rechter kaart van figuur 5.2 toont het effect van peilfixatie. Door de geleidelijke passieve vernatting remt deze vorm van beheer de bodemdaling. In figuur 5.3 zijn de resultaten uitgesplitst naar bodemtype en naar droogleggingsklasse. Gemiddeld is de berekende bodemdaling in het studiegebied over de gehele periode bij peilfixatie 26 centimeter. Vergeleken met peilindexatie is dat een afname van de bodemdaling met gemiddeld 8 centimeter.

De absolute resultaten, uitgedrukt in centimeters verschil in bodemdaling, laten zien dat het gemiddelde effect van peilfixatie tussen de 7 tot 12 centimeter bedraagt. Het effect is bij veengronden zonder een klei- of zanddek gemiddeld iets groter dan bij veengronden net een afdekking. Bij ondiepe drooglegging (minder dan 30 centimeter) is deze gemiddeld het grootst. Bij een iets mindere drooglegging (30 centimeter tot 90 centimeter) is dit 8 tot 10 centimeter. Bij diepe drooglegging (meer dan 90 centimeter) is deze ongeveer 10 centimeter. In relatieve zin is het effect van peilfixatie op het remmen van bodemdaling dus groter bij ondiepere dan bij diepere drooglegging. De maatregel peilfixatie in combinatie met een diepe drooglegging scoort dus niet hoog als het gaat om het effect op bodemdaling. Dit lijkt overigens niet op te gaan voor veengronden met een kleidek.

Figuur 5.4

Bodemdaling veengronden in potentieel geschikte gebieden voor onderwaterdrainage, 2010 – 2050

Bron: Phoenix; bewerking PBL

Als aanvulling op de hierboven beschreven gemiddelde resultaten voor verschillende combinaties van bodemtypen en drooglegging volgt hier een toelichting op de resultaten van bodemdaling voor drie afzonderlijke waterschappen: Fryslân, Hollands Noorderkwartier en van Schieland en de Krimpenerwaard (beheert het zuidelijk deel van het Groene Hart). Deze drie gebieden zijn geselecteerd op basis van kenmerkende verschillen in drooglegging.

Fryslân**Nul-alternatief: 44 centimeter bodemdaling.**

In Friesland komt diepe drooglegging het meeste voor. Voor ongeveer 44 procent van alle veengronden geldt dat de drooglegging meer dan 90 centimeter is, gevolgd door 26 procent voor 60 tot 90 centimeter en 19 procent voor een drooglegging tussen de 30 en 60 centimeter. De berekende gemiddelde bodemdaling in de veengebieden van Friesland onder het nul-alternatief is 44 centimeter. De diepe en ondiepe veengronden liggen met ongeveer 50 centimeter boven het gemiddelde, de veengronden met een klei- of zanddek liggen daar met 30 tot 37 centimeter bodemdaling onder. De diepe en

ondiepe veengronden met een drooglegging van meer dan 90 centimeter hebben een gemiddeld hogere bodemdaling van ongeveer 60 centimeter.

De veengronden met een kleidek en grote drooglegging liggen 15 tot 20 centimeter lager.

Alternatief peilfixatie: 34 centimeter bodemdaling.

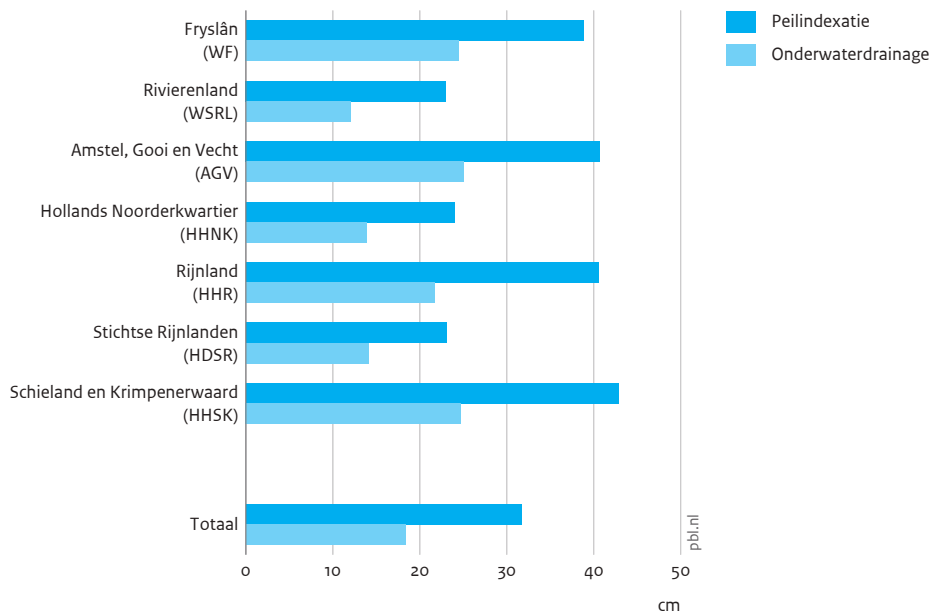
Als peilfixatie wordt doorgevoerd in Friesland neemt de gemiddelde bodemdaling met 11 centimeter af ten opzichte van peilindexatie en komt deze uit op 34 centimeter. De diepe veengronden dalen gemiddeld 36 centimeter, dat is 14 centimeter minder daling dan bij peilindexatie, en de ondiepe veengronden dalen 42 centimeter, dat is 10 centimeter minder. Het effect van peilfixatie op bodemdaling is het grootst bij de bodems met een geringere drooglegging.

Hollands Noorderkwartier**Nul-alternatief: 27 centimeter bodemdaling.**

In Hollands Noorderkwartier komt ondiepe drooglegging het meeste voor. Bij ongeveer 36 procent van alle veengronden is de drooglegging minder dan 30 centimeter, gevolgd door 26 procent voor 30 tot 60 centimeter en 13 procent voor een drooglegging

Figuur 5.5

Bodemdaling van veengronden in potentieel geschikte gebieden voor onderwaterdrainage, 2050



Bron: Phoenix; bewerking PBL

tussen de 60 en 90 centimeter. De berekende gemiddelde bodemdaling in Laag Holland is 27 centimeter. Dit beeld is bijna tegengesteld aan de situatie in Friesland waar diepe drooglegging het meest voorkomt. In Hollands Noorderkwartier is de berekende bodemdaling voor de diepe veengronden gemiddeld 26 centimeter en die voor de klei op diepe veengrond gemiddeld 29 centimeter. Deze twee veenbodems samen beslaan 90 procent van het veengebied in Hollands Noorderkwartier.

Alternatief peilfixatie: 18 centimeter bodemdaling.

Als peilfixatie wordt doorgevoerd in het beheersgebied van Hollands Noorderkwartier neemt de gemiddelde bodemdaling met 8 centimeter af en komt deze uit op 18 centimeter. De diepe veengronden en de klei op diepe veengrond dalen gemiddeld 17 centimeter, respectievelijk 21 centimeter; dat is 8 tot 9 centimeter minder dan onder het nul-alternatief. Het effect van peilfixatie op bodemdaling is het grootst bij de bodems met een zeer geringe drooglegging.

Schieland en de Krimpenerwaard (onderdeel Groene Hart)
Nul-alternatief: 41 centimeter bodemdaling.

Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard beheert het zuidelijke deel van het Groene Hart. In dit beheergebied komt een drooglegging van 30 tot 60 centimeter voor in ongeveer 80 procent van alle veengronden. Het merendeel van deze veengronden zijn diepe veengronden. Ongeveer 80 procent van het veenareaal in dat gebied bestaat uit diepe veengronden

en slechts 10 procent is een klei op diepe veengrond. De berekende gemiddelde bodemdaling is 42 centimeter. Voor de diepe veengronden is die 45 centimeter, voor de klei op diepe veengrond 25 centimeter. Zoals eerder geconcludeerd overschat het bodemdalingsmodel Phoenix de daling in dit gebied. Lagere dalingen komen ook beter overeen met de ervaring in het gebied.

Alternatief peilfixatie: 31 centimeter bodemdaling.

Als passieve vernatting wordt doorgevoerd in dit deel van het Groene Hart neemt de gemiddelde bodemdaling met 14 centimeter af en komt deze uit op 31 centimeter. De diepe veengrond en klei op diepe veengrond dalen gemiddeld respectievelijk 33 centimeter en 17 centimeter. Dit is een afname van ongeveer 12 respectievelijk 7 centimeter ten opzichte van peilindexatie. Het effect van passieve vernatting op bodemdaling is het grootst bij de bodems met een zeer geringe drooglegging. Ten opzichte van peilindexatie leidt peilfixatie bij bodems met een drooglegging tot 60 centimeter tot 25 tot 50 procent minder daling en bij bodems met een drooglegging van 60 tot 90 centimeter tot 10 tot 15 procent minder daling.

Onderwaterdrainage: 18 centimeter bodemdaling tot 2050

Onderwaterdrainage is een technische maatregel die het meest effectief is in gebieden met een drooglegging van meer dan 30 centimeter, maar minder dan 60 centimeter. Zie paragraaf 5.2.2 voor meer toelichting op deze maatregel. De linker kaart van figuur 5.4 toont de veenbodemkaart met de projectie van de bodemdaling

Tabel 5.1

De veenbodemdaling in periode 2010-2050

Gebied	Gemiddelde bodemdaling 2050: huidig beleid peilindexatie	Gemiddelde bodemdaling 2050: alternatief peilfixatie	Gemiddelde bodemdaling 2050: alternatief onderwaterdrainage	Bodemdaling 2050: alternatief verandering landgebruik**
Het hele studiegebied	34 centimeter	26 centimeter	29 centimeter* (41 procent OWD = 80 kha. Daling gemiddeld 18 centimeter)	gering
Fryslân	45 centimeter	34 centimeter	42 centimeter* (13 procent OWD = 9,3 kha. Daling gemiddeld 25 centimeter)	gering
Hollands Noorderkwartier	27 centimeter	18 centimeter	23 centimeter* (43 procent OWD: 8,7 kha. Daling gemiddeld 14 centimeter)	gering
Schieland en de Krimpenerwaard	42 centimeter	31 centimeter	26 centimeter* (85 procent OWD: 11,5 kha. Daling gemiddeld 25 centimeter)	gering

* Het gemiddelde van het gehele laagveenstudiegebied, respectievelijk laagveengebied binnen het waterschap is opgebouwd uit percelen met onderwaterdrainage en de overige percelen waar peilindexatie is verondersteld. Tussen haakjes de bodemdaling op onderwaterdrainage (OWD-)percelen.

** Geen of geringe bodemdaling verondersteld (daling is afhankelijk van gekozen waterpeil).

onder de huidige omstandigheden voor de periode 2010-2050. De rechter kaart laat het effect zien van het toepassen van onderwaterdrainage op de voor onderwaterdrainage geschikte gebieden. Opgemerkt moet worden dat de resultaten veronderstellen dat de maatregel ingaat in 2010, het startjaar van de berekening. In de praktijk zal het effect geleidelijk optreden en het resultaat van de bodemdaling minder fors zijn. De gepresenteerde resultaten voor onderwaterdrainage hebben betrekking op een deel van de veengronden van het studiegebied. Daarom wijkt de gemiddelde bodemdaling bij peilindexatie die genoemd wordt in dit hoofdstuk af van de in paragraaf 5.4.3 gepresenteerde getallen.

De berekende gemiddelde bodemdaling bij peilindexatie is 34 centimeter. Als onderwaterdrainage wordt toegepast daalt deze naar 18 centimeter. Het effect van onderwaterdrainage is binnen het studiegebied het grootst in de beheergebieden van de waterschappen Rijnland, Amstel Gooi en Vecht, en van Schieland en de Krimpenerwaard. De waterschappen met de hoogste potentie voor onderwaterdrainage zijn Rivierenland, De Stichtse Rijnlanden en Schieland en de Krimpenerwaard. Friesland heeft op basis van het gehanteerde criterium voor onderwaterdrainage in theorie een lage potentie, maar in combinatie met passieve vernatting wordt het areaal waar onderwaterdrainage een kansrijke maatregel is substantieel groter. In figuur 5.5 zijn de resultaten

weergegeven voor het deelgebied waar onderwaterdrainage potentie heeft.

Landgebruiksverandering: 0 centimeter bodemdaling tot 2050

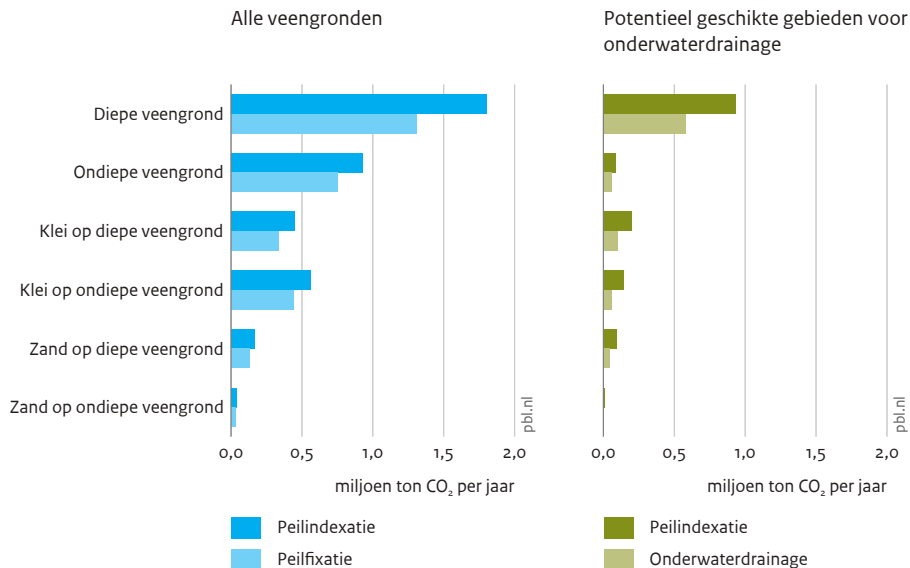
Verandering van landgebruik, naar natuur of natte landbouw is de derde maatregel. Nieuwe vormen van landgebruik die vallen onder landbouw zijn de paludiculturen. Deze vereisen natte condities. De condities die passen bij deze teelten leiden niet tot klink of oxidatie van het veen. Wel kan door intensivering van het bodemgebruik de belasting op de ondergrond toenemen waardoor zetting kan optreden. In principe zal na de transitie naar natuur of natte landbouw geen bodemdaling meer optreden. Initieel kan dat wel het geval zijn, een en ander is afhankelijk van de uitgangssituatie, inrichting en het waterbeheer.

Samenvattend

De berekende gemiddelde bodemdaling tussen 2010 en 2050 bij het huidige beleid en uitgaande van de verschillende maatregelen, die hierboven zijn genoemd, zijn in tabel 5.1. samengevat.

Figuur 5.6

CO₂-emissie op veengronden, 2050



Bron: PBL

5.4.4 Effect van maatregelen op CO₂-emissie

Laagveengebieden emitteren, afhankelijk van het beheer en gebruik, CO₂, lachgas en/of methaan. Onder moerasachtige omstandigheden is dat vooral methaan. Onder ontwaterde omstandigheden is dat vooral CO₂ en, afhankelijk van de mate van bemesting, lachgas. Van deze drie broeikasgassen is de emissie van CO₂ in de Nederlandse veenweidegebieden het grootst (zie voor een verdere toelichting paragraaf 3.3). De emissie van broeikasgassen uit veengebieden onder landbouw wordt wel jaarlijks geïnventariseerd, maar is geen onderdeel van het klimaatbeleid. Onder de huidige omstandigheden met peilindexatie is de CO₂-emissie van het studiegebied bijna 4 miljoen ton CO₂ per jaar (zie figuur 5.6). Gerekend over de gehele periode van 2010 tot 2050 is dit 158 miljoen ton CO₂. Het merendeel hiervan is direct te relateren aan de veenweidelandbouw.

Om de betekenis van deze emissiebron te kunnen beoordelen is een berekening gemaakt van de 'kosten' van deze emissie. Uitgaande van een berekende jaarlijkse emissie van bijna 4 miljoen ton CO₂ en een CO₂-prijs van 40 euro per ton (in 2050) zijn de kosten van de emissie die gedurende één jaar vrijkomt bijna 158 miljoen euro (zie tabel 5.2). Bij de hogere prijs dan 40 euro per ton CO₂ nemen de deze kosten evenredig toe. Als de emissie geen deel uitmaakt van emissiehandel of welke vorm van verrekening dan ook is deze emissie niet aan te merken als een kostenpost, of in termen van MKBA een welvaartseffect.

Als overal in het studiegebied de maatregel peilfixatie wordt toegepast is in 2050 de jaarlijkse CO₂-emissie 0,95 miljoen ton CO₂ lager dan nu. Met als uitgangspunt een CO₂-prijs van 40 euro per ton dalen de jaarlijkse 'klimaatkosten' met 38 miljoen euro. Als overal waar dat effectief is onderwaterdrainage als maatregel wordt toegepast – in de daarvoor geschikte gebieden – is het effect 0,6 miljoen ton CO₂ (zie figuur 5.6) en zijn de 'klimaatkosten' in 2050 bij een CO₂-prijs van 40 euro per ton, per jaar 24 miljoen euro lager dan nu. Dit is het gemiddelde jaarlijkse effect van minder bodemdaling door het toepassen van onderwaterdrainage. Als ook de gebieden waar onderwaterdrainage nu niet effectief is door de huidige diepe ontwatering in de berekening worden meegenomen, nemen de klimaatkosten verder af (verondersteld dat eerst passief vernat wordt). Alleen al in Friesland zou dit een additionele klimaatbaat opleveren van 0,3 miljoen ton, wat overeenkomt met 12 miljoen euro per jaar minder 'klimaatkosten' dan nu (bij een CO₂-prijs van 40 euro per ton). Beide maatregelen ontlopen elkaar dus niet veel als het gaat om de impact van de maatregel op de CO₂-emissie over een periode van 40 jaar. Het effect van peilfixatie op het afremmen van de bodemdaling en dus het verminderen van de CO₂-uitstoot loopt overigens op termijn verder op. Als een transitie wordt ingezet naar natuur of natte landbouw, en we veronderstellen dat dit op 10 procent van het veenareaal gebeurt, bespaart dit 0,4 miljoen ton CO₂ per jaar en dalen de jaarlijkse 'klimaatkosten' met 16 miljoen euro. In tabel 5.2 is ook een combinatie van peilfixatie, onderwaterdrainage en transitie uitgerekend. Dit levert

Tabel 5.2a

Jaarlijkse CO₂-emissie en kosten bij verschillende maatregelen (2050)

	CO ₂ -emissie	'Kosten' CO ₂ -emissie*	Vermeden CO ₂ -emissie	'Kosten' vermeden CO ₂ -emissie
Eenheid Maatregel	miljoen ton CO ₂ /jr	miljoen euro /jr*	miljoen ton CO ₂ /jr	miljoen euro /jr*
Peilindexatie (studiegebied: 200 kha)	3,95	€ 158	0,0	€ 0
Peilfixatie (studiegebied: 200 kha)	3,00	€ 120	0,95	€ 38
Onderwaterdrainage** (in 40 procent van het studiegebied: overig peilindexatie)	3,35	€ 134	0,60	€ 24
Transitie: natuur of natte landbouw*** (10 procent van het studiegebied)	3,55	€ 142	0,40	€ 16

* Berekend met 40 euro per ton CO₂.

** Is alleen berekend voor een deelgebied: onderwaterdrainage(OWD-)areaal is gebaseerd op het technisch potentieel. Het areaal transitie is een eerste orde inschatting van een realiseerbaar potentieel.

*** Geen emissie meer verondersteld na de transitie.

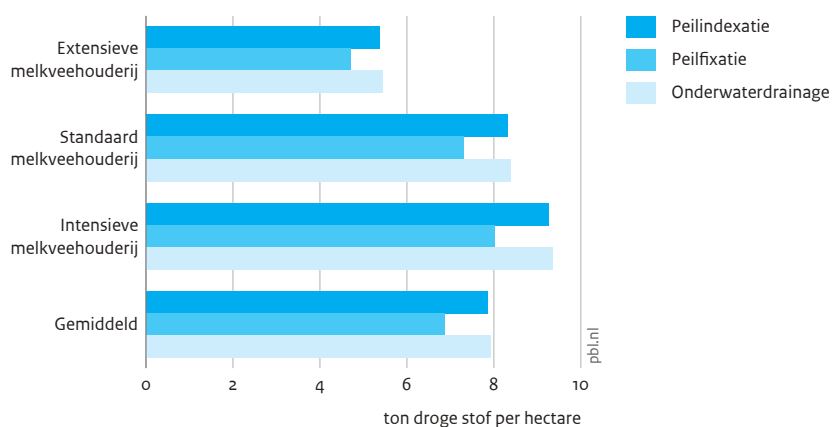
Tabel 5.2b

Jaarlijkse CO₂-emissie en kosten bij een pakket van verschillende maatregelen (2050)

	CO ₂ -emissie	'Kosten' CO ₂ -emissie*	Vermeden CO ₂ -emissie	'Kosten' vermeden CO ₂ -emissie
Eenheid Mix van maatregelen	miljoen ton CO ₂ /jr	miljoen euro /jr*	miljoen ton CO ₂ /jr	miljoen euro /jr*
Combinatie van onderwaterdrainage (80 kha), transitie (10 kha) en peilfixatie (110 kha) (studiegebied 200 kha)	~2,70	~€ 108	~1,25	~€ 50

* Berekend met 40 euro per ton CO₂.

Figuur 5.7

Productiviteit van grasland op veengronden, 2050

Bron: PBL

Tabel 5.3

Kengetallen melkveehouderij en maatregelen bodemdaling in 2050

	Gewasopbrengst in 2050	Verandering in netto-opbrengst door maatregel*	Netto-inkomsten in 2050** (excl. subsidies)
Eenheid	ton droge stof ha ⁻¹ jr ⁻¹	euro ha ⁻¹ jr ⁻¹	euro ha ⁻¹ jr ⁻¹
Peilindexatie	Extensief: 5,5 Intensief: 9,4	N.v.t	Extensief: € 180 Intensief: € 950
Peilfixatie (t.o.v. peilfindeatie)	Extensief: 4,8 Intensief: 8,1	Extensief: min € 115 Intensief: min € 210***	Extensief: € 70 Intensief: € 740
Onderwaterdrainage (in deelgebied)	Extensief: 5,5 Intensief: 9,4	Verwaarloosbaar tot licht positief ten opzichte van huidig beleid	Extensief: € 170 Intensief: € 930
Verandering landgebruik	Ander gebruik dan melkveehouderij is niet verkend	Niet verkend	Niet verkend

* Inclusief effect op de bedrijfsvoering.

** Prijspeil 2010.

*** De verandering in opbrengst per regio varieert nogal: gemiddeld -50 tot -500 euro per hectare.

een besparing van naar schatting maximaal 1,25 miljoen ton CO₂ en de jaarlijkse 'klimaatkosten' dalen met 50 miljoen euro.

5.4.5 Effect van maatregelen op melkveehouderij

De melkveehouderijsector heeft baat bij drooglegging, een maatregel die in het kader van de ruilverkaveling van de verschillende veengebieden is geïntroduceerd. Verandering van die keuze heeft serieuze gevolgen voor deze sector. Het effect hangt sterk af van de maatregel die wordt ingesteld. In bijlage 2 staan we stil bij de methodiek waarmee deze effecten worden berekend. Kernpunt is het economisch effect van de maatregelen. Dit effect verloopt via de bedrijfsvoering en de productie van eiwitrijk ruwvoer. De maatregel peilfixatie betekent een geleidelijke daling van de gewasopbrengst en een minder gunstige bedrijfsvoering (vertrappingsschade, slechtere berijdbaarheid). Onderwaterdrainage betekent meer kosten in verband met de aanleg en het onderhoud van de drainage, maar heeft een bescheiden positief effect op de productie en bedrijfsvoering, en leidt tot lagere vertrappingsschade.

Figuur 5.7 geeft per maatregel de verandering van de drogestofproductie per hectare per jaar weer tussen 2010 en 2050. Omdat de kengetallen duidelijk verschillend zijn per intensiteitsklasse, zijn deze uitgesplitst naar bedrijfsintensiteit. Uitgangspunt daarbij is dat intensievere bedrijven op de meer ontwaterde gronden voorkomen en de meer extensieve bedrijven op de minder diep ontwaterde gronden. De cijfers laten zien dat de intensieve bedrijven per hectare per jaar een gemiddelde opbrengst hebben van 9,3 ton droge stof, de extensieve ongeveer 5,5 ton droge stof en de standaardbedrijven 8,3 ton droge stof. Als peilfixatie als maatregel wordt toegepast, daalt de drogestofproductie in 2050 met 1,3

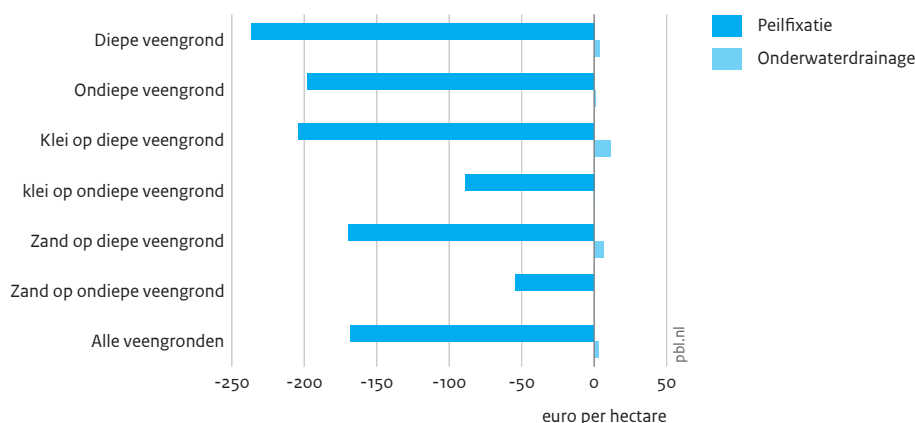
ton droge stof per hectare per jaar bij de intensieve bedrijven, met 1 ton droge stof per hectare per jaar bij de standaardbedrijven en 0,7 ton droge stof per hectare per jaar bij extensieve bedrijven. Naast de opbrengstderving zijn er ook effecten op de bedrijfsvoering. De inschatting is dat de effecten het grootst zijn naarmate een bedrijf intensiever is. De logica hierachter is dat een extensiever bedrijf qua kennis en uitrusting beter is ingespeeld op extensieve situaties en een intensief bedrijf al snel veevoer moet gaan bijkopen als de gewasderving als gevolg van fixatie gaat oplopen. Dit laatste hangt ook af van de drooglegging op het moment dat de fixatie wordt ingezet. Bij toepassing van onderwaterdrainage is er een klein positief effect op de opbrengst.

Figuur 5.8 geeft inzicht in het kosteneffect van peilfixatie en onderwaterdrainage. Uitgangspunt bij het berekende effect van peilfixatie is de omvang van de kosten om de gewasderving en het negatieve effect op de bedrijfsvoering te kunnen compenseren. De cijfers laten zien dat de kosten van gewasderving gemiddeld 170 euro per jaar per hectare zijn. Als er een klei- of zanddek op het veen ligt, zijn de kosten relatief wat lager. Het uitgangspunt bij het berekende effect van onderwaterdrainage is de omvang van de extra kosten ervan (in verhouding tot de voordelen voor de bedrijfsvoering). De kosten voor de investering en het onderhoud van een onderwaterdrainagesysteem worden geschat op 165 euro per hectare per jaar. Zoals blijkt uit de resultaten zijn er nettovoordelen die de kosten van de drainage compenseren. Maar als geheel zijn de extra kosten gering.

Naast opbrengstderving is ook gekeken naar de netto-inkomsten van een melkveebedrijf. Daar spelen naast kosten door de opbrengstderving ook overige kosten en baten een rol. De subsidies zijn hierin niet meegenomen.

Figuur 5.8

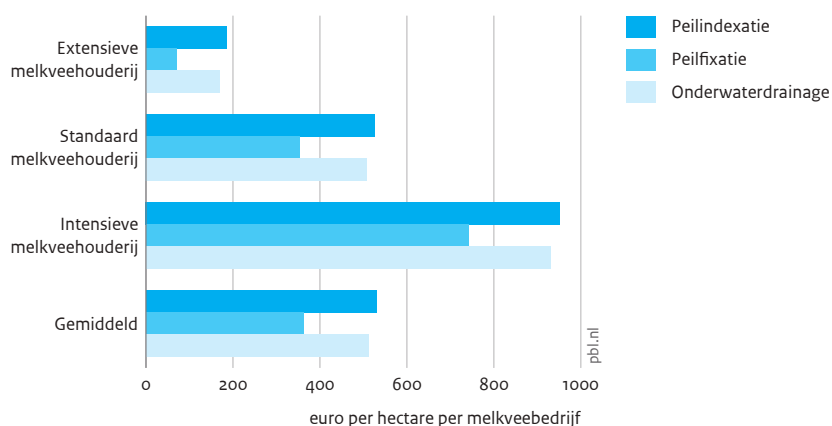
Effect op opbrengst van melkveehouderij op veengronden door maatregelen tegen bodemdaling, 2050



Bron: PBL

Figuur 5.9

Netto-inkomsten in melkveehouderij op veengronden, 2050



Bron: PBL

Tabel 5.4

Extra kosten waterbeheer over de gehele periode 2010-2050 (in miljoenen euro's over een periode van 40 jaar)

	Pompkosten	Stuwkosten	Waterkering	Totaal
Peilindexatie	€ 4	€ 24,8	€ 178,1	€ 203,3
Peilfixatie	€ 3	€ 12,7	€ 143,9	€ 156,8
Onderwater-drainage*	€ 4	€ 22,0	€ 164,4	€ 186,7

* Onderwaterdrainage is 82.000 hectare rest peilindexatie.

NB De getallen van het effect van onderwaterdrainage geven een vertekend beeld: de totale kosten zijn een optelsom van een deel van het studiegebied waarvoor peilindexatie is aangenomen (hoge kosten per hectare) en een deel van het gebied waarvoor onderwaterdrainage is aangenomen (lagere kosten per hectare). Niet het hele studiegebied leent zich immers voor onderwaterdrainage.

Het verschil in inkomsten tussen de bedrijfstypen is groot (figuur 5.9). De gemiddelde jaarlijkse inkomsten voor een melkveebedrijf zijn iets meer dan 510 euro per hectare (subsidies niet meegenomen). Extensieve bedrijven hebben de laagste jaarlijkse baten, met gemiddeld 180 euro per hectare, en intensieve bedrijven halen 950 euro per hectare. Door peilfixatie dalen de baten van alle bedrijven. Deze daalt het minst bij extensieve bedrijven met gemiddeld 115 euro per hectare per jaar, en daalt bij intensieve bedrijven met gemiddeld ruim 210 euro het meest.

5.4.6 Effect van maatregelen op waterbeheerkosten

De analyse van de extra kosten voor het waterbeheer als gevolg van bodemdaling laat zien dat het vooral gaat om kosten voor het op orde houden van de waterkeringen en het aanleggen en onderhoud van stuwen, en in zeer beperkte mate de kosten voor het pompen; zie bijlage 4 voor een uitgebreidere toelichting op de achterliggende aannames.

De totale extra kosten over de periode 2010-2050 voor alle veengebieden komen daarmee uit op ruim 200 miljoen euro voor deze gehele periode van 40 jaar (tabel 5.4; prijspeil 2010). De pompkosten zijn wel een kostenpost, maar blijken op grond van deze analyse relatief gering. Overigens zijn hier geen kosten voor de gemalen zelf meegenomen. Verondersteld wordt dat deze onderdeel zijn van regulier onderhoud en vervanging. De extra kosten voor bemaling en de stuwen zijn cumulatief en nemen geleidelijk toe in de tijd als de bodem meer is gedaald. De extra stuwkosten zijn in 2050 opgelopen tot 25 miljoen euro. De extra kosten voor de waterkering zijn verreweg het hoogst. Over de periode tot 2050 zijn deze in het totaal 178 miljoen euro. De kosten voor keringen gaan alleen over het talud en niet over de bestrating. De extra kosten van keringen zijn vaak uit te smeren over de gehele periode. De groter dan gemiddelde bodemdaling in Friesland en het grote areaal verklaart ook de relatief hogere kosten in Friesland (zie figuur 5.10).

Wat betreft de onderliggende cijfers zijn er veel verschillen tussen de waterschappen. Door het gebruik van generieke kengetallen in deze studie is het niet erg zinvol daar expliciet naar te kijken. De verschillen in fysische kenmerken (type dijken, type dijkondergrond, breedte van watergangen, enzovoort) zijn waar beschikbaar meegenomen in de berekening, echter de kosten per centimeter daling zijn generiek bepaald. Rekening houdend met lineaire en cumulatieve stijgingen komen de extra kosten als gevolg van bodemdaling bij peilindexatie uit op 26 euro per hectare in het jaar 2050.

Als het peil wordt gefixeerd en niet meer wordt geïndexeerd zoals onder het nul-alternatief, dalen de

kosten. De extra pompkosten en waterkeringskosten nemen over de gehele periode 2010-2050 dan af met 20 procent en de extra stuwkosten met 50 procent (zie bijlage 4). De totale besparing door peilfixatie over de gehele periode is ongeveer 50 miljoen euro, waarvan dus ruim twee derde komt door de lagere extra kosten voor de waterkeringen. De gemiddelde kosten komen uit op 19 euro per hectare in het jaar 2050.

Als onderwaterdrainage wordt toegepast in die gebieden waar dat om technische redenen zinvol is en voor de beheerder acceptabel, daalt de bodem minder en nemen de kosten voor het waterbeheer als gevolg van bodemdaling af. De getallen van het effect van onderwaterdrainage geven een vertekend beeld: de totale kosten zijn een optelsom van een deel van het studiegebied waarvoor peilindexatie is aangenomen (hoge kosten per hectare) en een deel van het gebied waarvoor onderwaterdrainage is aangenomen (lagere kosten per hectare). Niet het hele studiegebied leent zich immers voor onderwaterdrainage. Doordat bij het toepassen van onderwaterdrainage de bodem minder snel daalt dan bij fixatie, is het effect op de waterbeheerkosten wat groter. Daartegenover staat dat voor onderwaterdrainage een meer dynamisch waterbeheer nodig is. Bij dynamische peilbeheer wordt continu afgestemd aan de hand van weersomstandigheden, gewasgroeiomstandigheden en de agrarische bedrijfsvoering. Het is een spel binnen de ruimte die een peilbesluit toestaat. Er wordt daarbij gestuurd op grondwaterstanden. Al met al is het effect van onderwaterdrainage op de kosten van het waterbeheer niet eenduidig te geven; dit effect hangt van veel factoren af. Binnen de waterschappen is dynamisch en flexibel waterbeheer onderwerp van discussie (STOWA 2016).

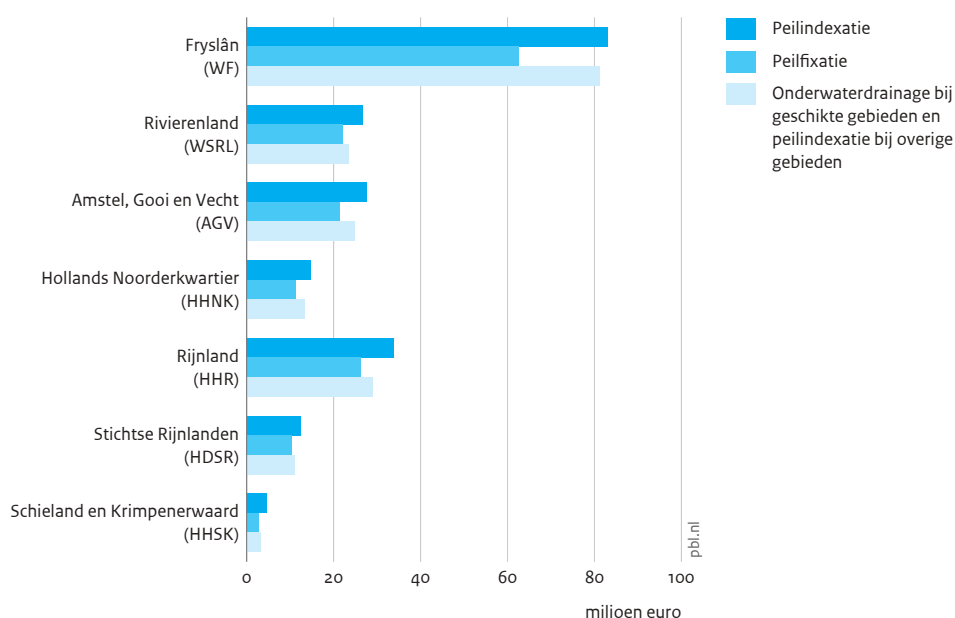
5.5 Uitgangspunten kwantificering beleidsalternatieven

In de vorige paragrafen is een beschrijving gegeven van het nul-alternatief en de vier verschillende beleidsalternatieven en is ingegaan op de drie maatregelen. Hierna volgt een verdere uitwerking van de uitgangspunten die aan de basis staan van de kwantificering.

Voor alternatief 1 'Landbouw met mitigerende maatregelen' is gebruikgemaakt van de doorgerekende effecten van onderwaterdrainage. Een logisch neveneffect van onderwaterdrainage is dat dit ruimte biedt aan intensivering van de landbouw omdat onderwaterdrainage goed inpasbaar is in een intensiever bedrijf. In dit alternatief is uitgegaan van de maximale potentie per waterschap. Voor het hele studiegebied samen is dit 40 procent van het oppervlak van het studiegebied.

Figuur 5.10

Extra kosten waterbeheer door bodemdaling op veengronden per waterschap, 2010 – 2050



Bron: PBL

Voor alternatief 2 ‘Passieve vernatting’ is gebruikgemaakt van de doorgerkende resultaten van peilfixatie. Een logisch neveneffect van vernatting is extensivering, of anders geformuleerd: een laag intensieve bedrijfsvoering. Daarnaast zal in gebieden met een sterkere vorm van vernatting een transitie noodzakelijk zijn naar paludiculturen en naar natuur.

Voor alternatief 3 ‘Functieverweving’ is in de uitwerking gerekend met een landbouwsysteem waarbij als gevolg van grotere peilvakken de relatief lagere delen minder intensief beheerd zullen worden of, indien zeer laag gelegen, een transitie naar natuur zullen ondergaan. Dit alternatief veronderstelt naast continuïteit van het huidige peilbeheer dus ook vernatting en transitie. Verondersteld is dat 30 procent van het actuele landbouwareaal zal vernatten. Dit is gebaseerd op de stelling dat een bedrijf met voldoende omvang ongeveer 30 procent natte of vernatte gronden in de bedrijfsvoering kan opnemen zonder knelpunten. Dit concept is dus opgetild van bedrijfsniveau naar grotere gebieden.

Voor alternatief 4 ‘Functiescheiding’ is juist uitgegaan van de scheiding tussen de functies agrarisch, natuur en stedelijk/bebouwd. De basis wordt gevormd door variatie in het landgebruik (melkveehouderij, paludiculturen, natuur en moerassen) en variatie in het waterbeheer (indexatie, vernatting door fixatie en sterk vernat of plassen/meren). De keuze voor vernatting in combinatie

met transitie is bewust gemaakt om het beheer in de meest kwetsbare gebieden een transitie te laten ondergaan naar natuur of natte landbouw. In dit alternatief is 50 procent van het areaal ongewijzigd (peilindexatie) en in de andere 50 procent komt juist veel diversiteit voor. Deze kengetallen voor de landbouw in 2050 zijn hard ingevoerd omdat daarvoor geen duidelijke achtergrondanalyses bestaan. De arealen natuur en natuurgraslanden zijn verdubbeld. Dit alternatief is vooral bedoeld om het effect van de transitie op de landbouw en ecologie wat scherper te kunnen neerzetten bij het vergelijken van verschillende maatregelen en hun gevolgen voor de kosten en baten.

De onderliggende kenmerken van de bodem, de mate van drooglegging en de berekende bodemdaling zijn de basis voor alle gemaakte berekeningen. Het huidige grondgebruik is in de beleidsalternatieven als vertrekpunt voor het landgebruik genomen. Ontwikkelingen zoals verstedelijking zijn daarbij niet meegenomen. Dat zou beter passen in een uitgebreidere MKBA waarin verschillende scenario's worden meegenomen. Tabel 5.5 geeft een overzicht van de uitgangspunten voor het landgebruik in het nul-alternatief en de vier beleidsalternatieven.

Bij het uitwerken van de kosten en baten is het landgebruik (tabel 5.5) gecombineerd met de erbij passende maatregelen, droogleggingssituatie, bedrijfsintensiteit en bedrijfskenmerken. Zo is de

Tabel 5.5
Landgebruik bij nul- en beleidsalternatieven in 2050

	Nul- alternatief	Landbouw met mitigerende maatregelen	Passieve vernatting	Functie- verweving	Functie- scheiding
Natuur, bebouwing en overige landbouw	12 procent	12 procent	12 procent	12 procent	12 procent
Veenweidegebied (diverse intensiteiten melkveehouderij) Waarvan:	88 procent	88 procent	88 procent	88 procent	88 procent
- Grasland met peilindexatie	82 procent	41 procent	0 procent	52 procent	44 procent
- Natuurgrasland, geringe drooglegging	7 procent	7 procent	7 procent	7 procent	14 procent
- Grasland met onderwaterdrainage	0 procent	41 procent	0 procent	0 procent	0 procent
- Grasland met peilfixatie/vernatting	0 procent	0 procent	72 procent	30 procent	24 procent
- Transitie naar natte landbouw (paludi)	0 procent	0 procent	5 procent	0 procent	5 procent
- Transitie naar nieuwe natuur	0 procent	0 procent	5 procent	0 procent	2 procent

* 88 procent van het studiegebied is in gebruik door melkveehouderij, 12 procent overig (natuur, bebouwd)

categorie 'grasland met peilindexatie' in de berekening gekoppeld aan kengetallen van peilindexatie en een gemiddelde bedrijfsintensiteit, en de categorie 'natuurgrasland en geringe drooglegging' aan peilfixatie en extensieve bedrijfsintensiteit. Bij transitie naar paludiculturen zijn de inkomsten verondersteld gelijk te zijn aan extensieve veehouderij. Zo zijn voor elk beleidsalternatief een gemiddelde opbrengstderving en gemiddeld netto-inkomen, gemiddelde waterschapskosten en de gemiddelde klimaatkosten bepaald. De gemiddelde opbrengstderving en het netto-inkomen zijn gekoppeld aan de mate van drooglegging en intensiteit van het landbouwsysteem. De gemiddelde waterschapskosten en de gemiddelde klimaatkosten zijn gekoppeld aan de berekende bodemdaling.

5.6 Resultaten

Voor vijf aspecten is gekeken naar het effect van de bodemdalingafremmende maatregelen gecombineerd met opties rond functieverweving en functiescheiding. De vijf aspecten zijn: netto agrarisch inkomen, de waterbeheerkosten, de CO₂-emissie, natuur, en cultuurhistorie en archeologie. Hierna volgt een toelichting op de resultaten voor het nul-alternatief, gevolgd door een toelichting op verschillen tussen het nul-alternatief en de beleidsalternatieven.

5.6.1 Het nul-alternatief in 2050

Het agrarisch inkomen verandert niet ten opzichte van de huidige situatie als het huidige beleid van peilindexatie tot 2050 van kracht blijft. In de studie gaan we uit van het prijspeil van 2010. Het gemiddelde netto-inkomen uit een hectare grasland is ongeveer 500 euro (met een range van 200 tot 900 euro, afhankelijk van het bedrijfstype). Bij dit

inkomen is geen rekening gehouden met GLB-subsidies en eventuele veranderingen in het subsidiebedrag (gemiddeld is de subsidie ongeveer 350 euro per hectare). De absolute waterbeheerkosten in laagveengebieden zijn gemiddeld ongeveer 400 euro per hectare (met een range van 300 tot 500 euro, al zijn er uitschieters naar boven) (Unie van Waterbeheer 2012). In deze studie wordt overigens alleen gekeken naar de extra kosten van het waterbeheer als gevolg van bodemdaling. De klimaatkosten in 2050 als gevolg van de jaarlijkse emissie door bodemdaling zijn 600 euro. Dit getal is gebaseerd op de gemiddelde bodemdaling onder het nul-alternatief bij een CO₂-prijs van 40 euro per ton CO₂. Voor de natuuraspecten van de veenweidegebieden, hier vooral gericht op biodiversiteit, is verondersteld dat deze tussen nu en 2050 door de bodemdaling niet zullen wijzigen. Voor cultuurhistorie en archeologie is die situatie anders omdat bodemdaling leidt tot zichtbare en onzichtbare negatieve beïnvloeding van de waarde. De absolute invloed is overigens moeilijk te kwantificeren. Voor natuur en cultuurhistorie, en voor archeologie is daarom gekozen voor een relatieve beoordeling van het effect van de maatregelen. Dit in tegenstelling tot de eerste drie aspecten die zijn uitgedrukt in monetaire eenheden.

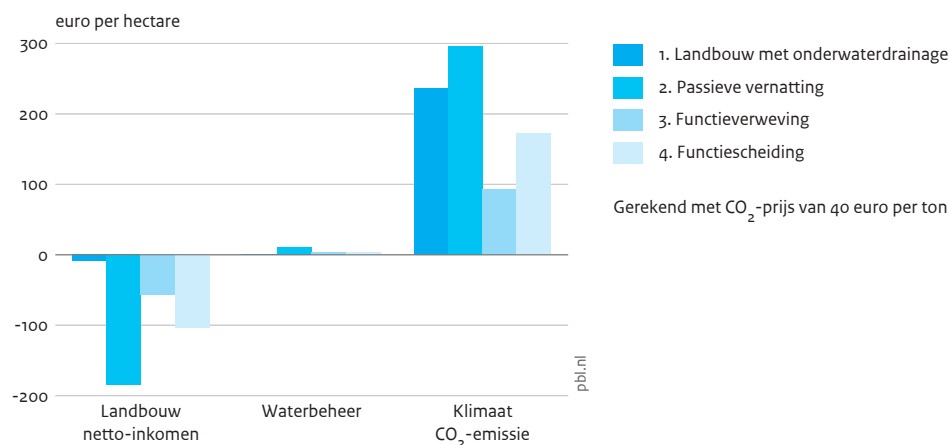
5.6.2 Verschiltabel

De effecten van de verschillende bodemdalingafremmende maatregelen zoals die zijn uitgewerkt in de beleidsalternatieven staan in figuur 5.11 en in verschiltabel 5.6.

Netto-inkomen landbouw

Bij het toepassen van onderwaterdrainage is het effect op het gemiddelde bedrijfsinkomen (ten opzichte van het nul-alternatief) gering tot verwaarloosbaar. Opgemerkt moet worden dat de kosten van de onderwaterdrainage

Figuur 5.11

Effect van maatregelen tegen bodemdaling op veengronden, 2015 – 2050

Bron: PBL

toegedeeld zijn aan de ondernemers. Dat het effect op het inkomen gering tot verwaarloosbaar is, komt omdat deze maatregel voor de melkveehouder naast kosten ook baten oplevert. Deze posten vallen deels tegen elkaar weg. Het grootste effect op het inkomen treedt op als passief wordt vernat. Dat is vooral het gevolg van het negatieve effect van minder drooglegging waardoor de gewasopbrengst afneemt.

De gemiddelde afname van het inkomen als gevolg van passieve vernatting via peilfixatie is 185 euro per hectare, wat overeenkomt met een afname van ongeveer 35 procent. Daarnaast heeft de afname van de gewasopbrengst ook een negatief effect op de omvang van de melkproductie en op de keten die daarmee verbonden is. Het effect van de maatregelen van de twee andere alternatieven op het inkomen, waar vernatting en ander landgebruik deel van uitmaken, scoort binnen de range die onderwaterdrainage en peilfixatie opspannen. Bij functieverweving is de gemiddelde opbrengstderving nog beperkt omdat slechts 30 procent van het areaal geleidelijk vernat door het niet meer indexeren van het peil. Bij functiescheiding is het effect het grootst. Dit laatste is een gevolg van het groter aandeel natuur en paludiculturen binnen dit beleidsalternatief. Opgemerkt moet worden dat het inkomen van paludiculturen gelijk is gesteld aan extensief grasland. Een betere marktpositie van paludiculturen kan dit beeld wijzigen ten gunste van dit alternatief.

Kosten waterbeheer

Voor 2050 is ingeschat dat de extra kosten van het waterbeheer als gevolg van bodemdaling bij het huidige beleid zullen toenemen met ongeveer 26 euro per hectare. De bodemdalingafremmende maatregelen hebben een positief effect op de waterbeheerkosten

omdat in alle beleidsalternatieven de bodemdaling gemiddeld lager is. In landbouwgebieden waar onderwaterdrainage wordt toegepast is dit effect lokaal het grootst. De bodem daalt in die gebieden relatief veel minder snel dan onder het nul-alternatief. Daartegenover staan dan mogelijk wel extra waterbeheerkosten die te maken hebben met het voor dat management gewenste peilpeheer (flexibel en dynamisch peilbeheer). Deze onzekere kosten zijn hier niet meegenomen. Ook bij passieve vernatting treedt minder bodemdaling op dan onder het nul-alternatief. De extra kosten voor het waterbeheer dalen daardoor met ongeveer 25 procent (naar 19 euro per hectare in 2050). Absoluut gezien zijn de extra kosten die door bodemdaling worden veroorzaakt gering. Dat geldt dus ook voor het effect van maatregelen.

CO₂-emissie

De klimaatkosten, of CO₂-kosten, houden gelijke tred met de mate waarin de bodemdaling wordt afgeremd. Het afremmen is het grootst bij passieve vernatting, vrijwel direct gevolgd door het alternatief met onderwaterdrainage. De klimaatbaat in 2050 bij passieve vernatting is gemiddeld ongeveer 300 euro per hectare en bij onderwaterdrainage is deze ongeveer 60 euro lager. Opgemerkt moet worden dat in de loop van de tijd richting 2050 bij passieve vernatting sprake is van een geleidelijk toename van de klimaatbaat, maar dat deze bij onderwaterdrainage al snel effect kan hebben waardoor daar al eerder een klimaatbaat wordt opgebouwd. Functiescheiding volgt met een baat van gemiddeld ongeveer 170 euro per hectare en functieverweving levert een klimaatbaat van ongeveer 100 euro per hectare. Dat functiescheiding hoger scoort heeft te maken met het relatief grote aandeel natuur en paludiculturen, vormen van landgebruik waarbij de bodemdaling al snel kan

Tabel 5.6

MKBA-verschiltabel voor het gehele studiegebied, inclusief duiding potentiële verandering natuur (in euro's per hectare in 2050)

	Alternatief: landbouw met onder- waterdrainage	Alternatief: passieve vernatting	Alternatief: functieverweving	Alternatief: functiescheiding
Netto-inkomen landbouw	-€ 9	-€ 185	-€ 57	-€ 103
Waterbeheer	€ 1	€ 11	€ 4	€ 4
Klimaat: CO ₂ -emissie*	€ 237	€ 296	€ 93	€ 172
Natuurwaarden	Neutraal	Potentie voor toename in 82 procent van het gebied	Potentie voor toename in 30 procent van het gebied	Potentie voor toename in 38 procent van het gebied
Cultuurhistorie en archeologie	Neutraal	Potentie voor minder negatieve effecten in 82 procent van het gebied	Potentie voor minder negatieve effecten in 30 procent van het gebied	Potentie voor minder negatieve effecten in 38 procent van het gebied

* Berekend bij een CO₂-prijs van 40 euro per ton CO₂.

stoppen. Vernatting zoals in functieverweving vergt meer tijd voordat het effect op bodemdaling optreedt.

Natuur

Voor de natuurwaarde is verondersteld dat het effect van onderwaterdrainage niet wezenlijk verschilt van het effect van het nul-alternatief (en zoals eerder geconcludeerd dat het nul-alternatief niet wezenlijk verschilt van de huidige situatie). Er kan hooguit een indirect effect zijn via de klimaatbaat. Voor de overige alternatieven is als indicator voor het effect op de natuur gekozen voor het percentage van het gebied waar een positief effect op de biodiversiteit optreedt. Bij het alternatief functieverweving is in 30 procent van het veenweidegebied een toename van de biodiversiteit mogelijk. Bij het alternatief functiescheiding is dit 38 procent en bij alternatief peilfixatie is de toename maximaal. Deze toename moet gelezen worden als potentie voor biodiversiteit.

Cultuurhistorie en archeologie

Ook voor cultuurhistorie en archeologie is als indicator voor het effect gekozen voor het percentage van het gebied waar een positief effect op deze waarden optreedt. Met het oog op bodemdaling is het nul-alternatief, met de meeste bodemdaling het meest ongunstig. Hoe minder bodemdaling, hoe gunstiger voor cultuurhistorie en archeologie. Dit betekent dat de resultaten voor cultuurhistorie en archeologie vergelijkbare scores hebben als de potentie voor natuurwaarden.

5.6.3 Resultaten op hoofdlijnen

Toename kosten waterbeheer door bodemdaling beperkt

In deze studie kijken we naar de verschillen tussen het nul-alternatief en de beleidsalternatieven. Kijken we meer integraal naar de resultaten dan valt op dat de agrarische netto-inkomsten per hectare, zonder daarbij

de subsidies mee te nemen, in een gemiddelde situatie niet erg veel hoger liggen dan de eerder aangehaalde gemiddelde kosten voor het watersysteem in waterschappen met veel veen, zoals door de Unie van Waterschappen is beschreven in haar waterspiegel (2012). Het waterbeheer dient niet alleen de agrarische sector, maar heeft meerdere functies. Daarom mogen deze maatschappelijke kosten ook maar deels worden gezien in het licht van de baten voor de agrarische ondernemer. Wel moet kritisch worden gekeken naar gebieden waar de beheerkosten relatief hoog zijn, zeker als ook sprake is van een lage economische toegevoegde waarde. Knippuntgebieden, gebieden waar de problematiek knelt voor beheerders en gebruikers, zijn daar een voorbeeld van.

Uit de kosten-batenanalyse blijkt dat de extra kosten van het waterbeheer die samenhangen met bodemdaling niet zodanig hoog zijn dat deze sterk sturend zijn op de keuzes in de laagveengebieden. Op basis van de verkregen inzichten kunnen we concluderen dat de kosten gemiddeld toenemen, maar dat deze te gering zijn (ongeveer 5-7 procent hoger dan de gemiddelde jaarlijkse kosten voor het watersysteem) om beleidsbepalend te zijn. Ook hier geldt dat er gebieden zijn met relatief hoge beheerkosten en mogelijk ook met een sterkere kostenstijging. Vooral passieve vernatting scoort gunstig als het gaat om het beperken van de toename van de waterbeheerkosten. Onzeker is nog wel of het grootschalig toepassen van onderwaterdrainage niet tot extra kosten gaat leiden. Hiervan bestaat nog geen eenduidig beeld.

Toename klimaatkosten door bodemdaling potentieel significant

Kijken we naar de klimaatkosten en verkennen we deze in een situatie dat daar een prijs aan wordt toegekend, dan

blijkt dat bodemdaling een factor van betekenis is die meespeelt in de maatschappelijke afweging rond landgebruik en de wijze van gebruik en beheer.

Geen relatie tussen bodemdaling en natuur, negatief effect op cultuurhistorie en archeologie

Tussen natuur – hier beschouwd als biodiversiteit – en bodemdaling is er niet zozeer een directe link. Daar gaat het er vooral om hoe de gebruiker het laagveengebied beheert. Die link is wel er bij cultuurhistorie – en landschap – en archeologie. Daar leidt bodemdaling wel tot het verdwijnen van erfgoed en het verdwijnen van landschappen, in eerste instantie vooral aan de randen van het laagveen.

Peilfixatie vraagt om aanpassingen bedrijfsmodel

De studie laat ook zien dat als via passieve vernatting gestreefd wordt naar minder bodemdaling, de agrarische sector per hectare minder zal produceren en het inkomen voor de boeren substantieel zal dalen. De situatie waarbij vernatting leidt tot minder productie en minder netto-inkomen is op de langere termijn niet levensvatbaar, zeker niet als de melkveesector in gebieden met minder fysieke hindernissen blijft intensiveren en gericht blijft op het telkens verlagen van de kostprijs om te kunnen blijven concurreren. Om toch levensvatbaar te zijn, is er voor zo'n bedrijfsmodel maar één uitweg en dat is een hogere prijs voor het product. Het gaat er dan om dat er toegevoegde waarde ontstaat uit het duurzaam produceren, in dit geval gericht op diensten zoals veenbehoud, lage emissie, biodiversiteit (weide- en moerasvogels) en de waterkwaliteit.

Onderwaterdrainage: minder bodemdaling en geen daling netto-inkomsten

Hetzelfde streven naar minder bodemdaling kan ook gecombineerd worden met gelijkblijvende productie, maar dat betekent dat moet worden ingezet op onderwaterdrainage. Deze laatste combinatie leidt eerder tot meer dan minder productie en leidt niet tot een daling van het netto-inkomen. Dit kan omdat de extra investerings- en onderhoudskosten van het drainagesysteem gecompenseerd worden door voordelen aan de kant van de bedrijfsvoering. Deze laatste maatregel past goed in gebieden waar behoefte is aan verdere intensivering.

Zowel het intensieve model (peilfixatie) als het extensieve model (onderwaterdrainage) draagt bij aan minder bodemdaling. Het intensievere alternatief heeft als voordeel dat de sector kansen krijgt om efficiënt voedsel te produceren en tevens bij te dragen aan minder bodemdaling, minder emissie en deels ook veenbehoud. Dit alternatief biedt echter geen of weinig kansen aan biodiversiteit. Het extensievere alternatief biedt dit

laatst wel, maar is daarentegen minder gericht op een efficiënte voedselproductie.

Verandering landgebruik: natte landbouw lijkt kansrijk en stopt bodemdaling

De derde maatregel, via het landgebruik, leidt tot het stoppen van de bodemdaling en daarmee tot het volledige behoud van het veen en de vastgelegde hoeveelheid koolstof. Binnen de agrarische context betekent de verandering van landgebruik een transitie naar natte landbouw. Deze vorm van landbouw zit deels nog in de experimentele fase en kan (nog) niet goed worden beoordeeld op zijn productiepotentie en economische betekenis. De inschatting is dat de slagingskansen van natte landbouw toenemen naarmate het bedrijfskarakter van de natte landbouw dichter tegen het huidige systeem zit (bijvoorbeeld veevoerproductie) of past in de agrarische denk- en werkwijze (cranberry, veenmos). Natte landbouw en ook natuur dragen ontegenzeggelijk bij aan het veenbehoud, de biodiversiteit en de aantrekkelijkheid van het laagveen en remmen de kostenstijging voor het waterbeheer.

Centrale rol agrarische sector

Impliciet blijkt uit deze analyse dat de agrarische sector een centrale en actieve rol in dit dossier heeft. Keuzes voor intensivering, extensivering en natte landbouw zijn bedrijfsbeslissingen die tijd vragen om risico's te kunnen afwegen en vertrouwen te krijgen van de markt- en ketenpartijen. Aan de andere kant verkennen de decentrale overheden (provincies en waterschappen) samen met de sectoren de paden, en formuleert het Rijk de doelen.

Bebouwing

6.1 Probleemanalyse

6.1.1 Verschillende effecten oude kernen en nieuwe wijken

Bodemdaling in de bebouwde omgeving is het gevolg van 'zetting'. Dit treedt op door permanente of tijdelijke belasting van de ondergrond. Deze vorm van bodemdaling is niet tegen te houden, maar kan wel worden beïnvloed. In laagveengebieden, maar ook in nog rijpende, slappe (klei)bodems, kan bodemdaling ernstige gevolgen hebben voor de kwaliteit van de bebouwde omgeving. De schade die huizen en gebouwen van bodemdaling ondervinden kan op verschillende manieren ontstaan, afhankelijk van het type fundament, de aard van de ondergrond en de bouwkwaliteit. De problematiek is daarmee ook sterk gekoppeld aan de leeftijd van de bebouwing. Deze is anders van aard in historische kernen dan in de meeste naoorlogse wijken. In de oudere kernen gaat het vooral om de fundering en in de jongere wijken om het wegzakken en frequente herstel van de infrastructuur, en van tuinen en paden. Daarom maken we in de analyse een onderscheid in historische binnensteden, oudere en jongere wijken, en nieuwbouw.

6.1.2 Verschillen grondwaterbeheer steden en bebouwing landelijk gebied

De zetting wordt beïnvloed door het beheer van het grondwaterpeil. Met een ander beheer kan soms schade worden voorkomen of verminderd. Ook lokale infiltratie kan bijdragen aan het beperken van schade. Verlaging van het grondwaterpeil is in het algemeen nadelig voor de bebouwing. Steden hebben een eigen peilvak en als zodanig is het grondwater- en oppervlaktewaterbeheer volledig gericht op de eisen van deze functie. In het landelijk gebied komen meerdere functies voor binnen één enkel peilvak. Dit kan betekenen dat dorpen, lintbebouwingen en vrijstaande boerderijen problemen ondervinden van peilindexatie in het veenweidegebied. Een maatregel daarvoor is een zogenoemde hoogwatervoorziening (zie kader 1).

Dit is echter een dure maatregel die vanwege de hoge aanleg- en beheerkosten nog maar weinig wordt toegepast.

6.1.3 Andere funderingen, andere problemen

Om te kunnen bouwen op een slappe ondergrond zijn in de loop van de tijd meerdere type funderingen toegepast. In het verleden voornamelijk houten palen later door gebruik te maken van beton. Wanneer huizen stevig gefundeerd zijn op een vaste zand- of kleilaag in de ondergrond kan bodemdaling, wanneer het grondwaterpeil meezakt met de bodem, ertoe leiden dat huizen als het ware 'verder boven het maaiveld gaan uitsteken'. Hier zakt dus niet zozeer het huis, maar zakken de tuinen en bestratingen, en treedt daardoor overlast en schade op. Bij huizen met houten paalfunderingen kunnen, als het grondwaterpeil wordt verlaagd, de paalkoppen droog komen te staan waardoor ze gaan rotten ('paalrot'). De woning zal dan op den duur gaan verzakken en er ontstaan scheuren. Een ander knelpunt is dat op staal gefundeerde woningen die zijn gezakt niet meer onder vrij verval kunnen lozen op het riool, doordat de aansluiting na verloop van tijd lager is komen te liggen dan het riool.

In sommige stedelijke gebieden komen verschillende soorten funderingen naast elkaar voor, waardoor het sturen van het grondwater een complexe opgave wordt omdat het handhaven van meerdere grondwaterniveaus binnen een peilvak eigenlijk het meest optimaal zou zijn. De problemen met huizen, gebouwen en/of tuinen en parken zijn in theorie technisch oplosbaar. In de praktijk, zeker in oudere historische kernen, is de situatie zeer complex en is er niet altijd een technische oplossing voorhanden waarmee alle problemen zijn op te lossen. Bestuurders ervaren het als een knelpunt dat er steeds minder handelingsperspectieven zijn om via regulier beheer de schade te beperken. Zo wordt het probleem van bodemdaling in Gouda, een stad met een historische kern, als een 'gordiaanse knoop' beschouwd omdat er op een bepaald moment beslissingen genomen moeten

worden over hoe het knelpunt van de bodemdaling wordt opgepakt. Extra complicerend is dat er weinig inzicht is in de toegepaste constructies en dat de ondergrond zeer complex is en op korte afstand kan verschillen. Ook het effect op de ondergrond van een tijdelijke drooglegging in verband met werkzaamheden is niet goed bekend. Overigens zijn het bewustzijn en de aandacht voor bodemdaling bij zowel burgers als bestuurders de afgelopen jaren sterk toegenomen.

6.1.4 Opgave funderingsherstel: een probleem van burgers en gemeenten

Voor veel panden zal op de korte of langere termijn funderingsherstel noodzakelijk zijn. De inschatting is dat alle nu nog niet goed gefundeerde huizen in de komende dertig, veertig jaar bodemdalingbestendig zijn gemaakt of zijn vervangen. In historische binnensteden is het zowel een individueel probleem van de eigenaren als een collectief probleem van een gemeente die verantwoordelijk is voor de bewoonbaarheid en leefbaarheid van de stad. Daarnaast gaat het ook om de economische functie, waaronder het vestigingsklimaat voor bedrijven, en om de toeristische en recreatieve betekenis van de historische bebouwing. Voor steden en dorpen op slappe bodem zijn de beheer- en herstelkosten relatief hoog, niet alleen voor de publieke gebouwen maar ook voor de openbare ruimte. De hoge kosten die hiermee gemoeid zijn raken ook aan de kwaliteit van de woon- en vestigingsfunctie. De schade en overlast die het gevolg zijn van bodemdaling leiden uiteindelijk tot hogere maatschappelijke kosten.

De hoge kosten voor herstel en onderhoud zijn een cruciaal punt in de probleemstelling. De kosten zijn voor rekening van de eigenaar of verhuurder, maar ook gemeenten ondervinden schade en overlast als gevolg van bodemdaling. De vraag is hoe omvangrijk die kosten zijn. De totale kosten van funderingsschade voor het hele studiegebied met een slappe bodem zijn lastig in te schatten. Er zijn richtgetallen bekend: via de basisregistratie weten we het bouwjaar van de woningen en met aannames over de bodemdaling kan een inschatting van effecten worden gemaakt, zij het met een flinke bandbreedte. Wat onzeker is, is bij welke woningen de schade wel en niet hersteld zal worden. Veel woningen zullen immers al om andere redenen gesloopt worden voordat de schade is opgetreden, of worden juist gesloopt als gevolg van de funderingsproblemen. Alle panden meenemen in de berekening zou kunnen leiden tot een overschatting. Aan de andere kant zijn er ook veel monumentale panden waarvoor de kosten van funderingsherstel veel hoger zullen zijn dan waar de kengetallen van uitgaan en waarvoor de kans ook groot is dat deze ook daadwerkelijk zullen worden gerenoveerd. Als dit in ogenschouw wordt genomen, worden de

werkelijke kosten juist onderschat. Lastig is ook om in te schatten of het uitstel van funderingsherstel uiteindelijk leidt tot meer schade en of eerder herstel uit het oogpunt van kosten effectiever is. Deze kennis zou weleens een belangrijke rol kunnen spelen in keuzes rond funderingsherstel. Alleen met meer kennis over de staat van de bebouwing en van het fundament kan een goede inschatting van herstelkosten worden gemaakt. In een studie van Deltares (2012) naar watertekorten en -overschotten in stedelijke gebieden wordt als ondergrens een bedrag van 5 miljard euro genoemd (actuele schade) en als absolute bovengrens 40 miljard euro.

6.1.5 Financiering van het funderingsherstel

De funderingsproblematiek lijkt vooral technisch van aard, waarbij de vragen liggen op het terrein van het (grond)waterbeheer en de bouwkunde. Maar om daar stappen in te kunnen maken en plannen uit te kunnen voeren, is een oplossing nodig voor het financieringsvraagstuk van zowel private als publieke partijen. Als het financieringsvraagstuk niet wordt opgepakt, kunnen de kosten uiteindelijk verder stijgen, met negatieve gevolgen voor de woon- en leefbaarheid en het vestigingsklimaat (KCAF 2014).

6.2 Toelichting op de maatregelen

Bestaande bebouwing: duurzaam herstel schade

Maatregelen in de bestaande bebouwde omgeving zullen gericht zijn op het duurzaam herstellen van schade. Dit houdt in dat de schade zodanig hersteld wordt dat deze niet meer zal optreden. Ook kan worden overwogen nu tegen lage kosten te herstellen en te accepteren dat er na verloop van tijd opnieuw herstelkosten zijn. In beide gevallen kan de kosteneffectiviteit centraal staan, maar er zijn dus verschillende keuzes mogelijk.

Ten aanzien van de bestaande bebouwing onderscheiden we in deze studie:

- de cultureel waardevolle historische delen van de steden (grotendeels de kernen tot 1850) waar traditioneel gebouwd is op houten palen;
- de vooroorlogse bouw, grotendeels nog op houten palen en vanaf 1930, en soms al eerder, met beton;
- de snel en goedkoper gebouwde naoorlogse wijken, gefundeerd op betonnen palen.

In de historische steden komt het omgaan met bodemzetting neer op een complex van technische, waterbeheer- en bouwkundige maatregelen. Dit vraagt om een goede planvorming die de basis vormt van het herstel. Om de juiste keuzes te kunnen maken, is een goede categorisatie van de funderingsproblemen noodzakelijk. Dit betekent dat veel onderzoek vooraf zal

moeten gaan aan de planvorming. Daarnaast is een financieringsinstrument noodzakelijk om de uitvoering te kunnen bekostigen. Dit is nodig om zo de verschillen in financiële draagkracht tussen private partijen en de overheid te kunnen slechten. Zonder dat instrument lijkt een integrale aanpak van de funderingsproblematiek in historische binnensteden onmogelijk.

In de vooroorlogse gebieden kan voor dezelfde aanpak gekozen worden als voor historische steden. Aanvullend zijn er ook andere maatregelen denkbaar: herstructureren door slecht gefundeerde woningen, of woningen die minder goed aansluiten bij de vraag en woonbehoefte te slopen en te vervangen door duurzame, energiezuinige, goed gefundeerde woningen. Dit vraagt om maatwerk en de aanpak zal verschillen van wijk tot wijk.

De naoorlogse bouw is in het algemeen voorzien van een goed fundament. Daar spelen vooral de problemen van de tuinen en de bestrating.

Nieuwbouw: voorkomen bodemzetting en dus schade

In nog nieuw te bouwen wijken gaat het erom (zoveel mogelijk) te voorkomen dat in de toekomst bodemzetting optreedt. Dit alles gericht op het voorkomen van schade of extra onderhoudskosten. Dit betekent dat vooral gekeken wordt naar de lange termijn (tientallen jaren) en naar kosteneffectieve technieken met een lange levenscyclus.

Prioritering renovatie op basis van kosteneffectiviteit of leefbaarheid

Resultaten van monitoring van bodemdaling en inzicht in de actuele funderingsschade kunnen gebruikt worden om de planning en financiering op de langere termijn te kunnen maken. Dit biedt opties om te plannen welke gebieden vanuit een oogpunt van kosteneffectiviteit of leefbaarheid eerder of juist later worden gerenoveerd of herstructureerd.

Toepassing innovaties en meekoppelen andere belangen

Funderingsherstel en herstructurering kunnen extra effectief zijn als ze aan thema's als het energiezuiniger maken en verbeteren van de kwaliteit van de woning worden gekoppeld. Bij nog te bouwen woningen en wijken speelt mee dat de juiste ruimtelijke afwegingen moeten worden gemaakt en de juiste eisen moeten worden gesteld aan de technische uitvoering van wegen, rioleringen, leidingen en funderingen. Om bij duurzaam schadeherstel en bij nieuwbouw de meest effectieve methodieken te kunnen toepassen, is het belangrijk dat er voortdurend nieuwe innovaties worden gedaan en daarmee ervaring wordt op gedaan. Voorbeelden zijn het gebruik van lichte materialen (belastingverlaging) zoals piepschuim, holle, waterbergende materialen en flexibele

buizen, en het aanleggen van infiltratiedrains. Sommige oplossingen hebben ongewenste neveneffecten. Zo kan beschadigd piepschuim leiden tot bodemverontreiniging. Het is zinvol bij de gebiedsontwikkeling met dergelijke effecten rekening te houden.

Gevolgen bodemzetting als realiteit bij planvorming

Door bodemzetting en de negatieve gevolgen daarvan als realiteit mee te nemen in de planvorming komen misschien andere, mogelijk geschiktere locatiekeuzes in beeld, of worden andere bouwwijzen uitgewerkt (houtskelet, drijvende woningen), en worden beter afgewogen keuzes gemaakt. Dat heeft als voordeel dat toekomstige schade en extra beheer- en onderhoudskosten worden vermeden.

6.3 Toelichting op nul- en beleidsalternatieven

6.3.1 Nul-alternatief

Binnen het nul-alternatief is een onderscheid gemaakt in bestaande bebouwing en nieuwbouw. Het nul-alternatief voor bestaande bebouwing omvat het op de traditionele manier herstellen van de schade die optreedt als gevolg van zetting. Het is een reactieve aanpak gericht op herstel van schade. Het is bovendien vooral een individuele aanpak waar eigenaren of overheden de stap zetten om tot herstel over te gaan als zij over de benodigde middelen beschikken. Het is dus geen fundamenteel andere aanpak. Er is geen financieringsfonds, hooguit voor onderzoek of zeer beperkt. Onvoldoende financiering betekent ook dat de problematiek langdurig onderwerp blijft van discussie onder burgers en bestuurders.

De geringe schaalgrootte van het herstel, vaak individuele panden of kleine clusters, zal ertoe leiden dat vooral bestaande technieken worden toegepast en innovatieve doorbraken uitblijven. Ook de kosten zullen hierdoor mogelijk hoger zijn omdat er geen winst is van schaalgrootte.

Voor historische binnensteden waar de handelingsperspectieven zeer beperkt zijn, is in het nul-alternatief geen adequate maatregel meer voorhanden. Dit betekent uitstel van herstel en het oplopen van de kosten. Voor de historische kernen kan dat betekenen dat erfgoed verloren gaat of blijvende schade zal ondervinden. De inschatting is dat dit kan leiden tot het oplopen van de kosten op langere termijn.

Oudere wijken zullen niet of maar beperkt worden herstructureerd en de voordelen van koppeling met het energiezuinig maken van woningen en van maatwerk

voor verschillende woningtypen zullen onvoldoende worden benut. Hierdoor blijven de overlast en de kosten hoog.

In het nul-alternatief voor nieuwbouw wordt de factor bodemzetting niet voldoende geprioriteerd en wordt niet integraal naar bebouwing, infrastructuur en tuinen gekeken of naar alternatieve bouwlocaties of alternatieve bouwwijzen. Hierdoor zal zowel voor gemeenten als de burger op termijn schadeherstel nodig blijven, al zal dit door voortschrijdend inzicht wel minder zijn dan bij de eerder gebouwde wijken.

6.3.2 Beleidsalternatief

Bestaande bebouwing

Voor de twee geschetste, bestaande categorieën – historische binnensteden en oudere wijken – wordt uitgegaan van een kosteneffectieve aanpak om de gevolgen van zetting in de bestaande situatie te verminderen. Doel is verdere schade en overlast te voorkomen. De inzet is proactief en gericht op het op lange termijn vermijden van kosten. Het alternatief bestaat uit twee onderdelen. Het eerste onderdeel betreft de planvorming, het tweede de technische uitvoering.

De *planvorming* omvat een planmatige aanpak rond bodemdaling die start met monitoring en inspecties van de bebouwde omgeving (huizen, wegen, rioleringen en bekabelingen). De kennis die hieruit naar voren komt, vormt de basis voor een meer integrale en gefaseerde planmatige aanpak, inclusief prioritering en uitvoering in fases die vele decennia kunnen bestrijken. De plannen komen integraal tot stand in nauwe samenwerking tussen bewoners, bedrijfsleven, gemeenten en waterschappen. Hierbij past, gezien de mogelijk hoge uitvoeringskosten, ook een financieringsplan waarin zowel overheden als private partijen een rol spelen.

De *technische uitvoering* omvat de toepassing van duurzame, bodemdalingreducerende materialen waarbij zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van een zekere schaalgrootte om de kosten zo laag mogelijk te houden. Specifiek in de historische kernen is een integrale aanpak noodzakelijk met moderne technieken en waterbeheersystemen (onder andere infiltratiedrains). De duurzame renovaties zullen in veel gevallen meekoppelen met opgaven rond energie (isolatie, heipalen met aardwarmtesystemen), regulier onderhoud en vervanging (onder andere van riolering en bekabeling), maar ook met de woonopgave (inspelen op de toekomstige behoefte aan woonruimte en werklocaties).

Nieuwbouw

Dit alternatief is gericht op nieuwbouw en aanleg van nieuwe wijken, inclusief de infrastructuur (wegen, rioleringen, leidingen, enzovoort). In dit alternatief wordt in alle fasen van de ontwikkeling rekening gehouden met de gevolgen van zetting. De bodemdalingsproblematiek is daarmee mede onderdeel van de keuzes die gemaakt worden binnen de discipline van de ruimtelijke ordening. Dit vergt goed inzicht in de bodemdalingsproblematiek en de manier waarop toekomstige problemen voorkomen kunnen worden. Dit betekent locatieontwikkeling waarbij op basis van bodemgeschiktheidskenmerken keuzes worden gemaakt (Deltares 2008). Met de juiste locatieontwikkeling kunnen de bouw- en onderhoudskosten lager zijn dan in het nul-alternatief. Dit vraagt om een nauw samenspel van gemeenten, provincies en experts op het gebied van bouwen op slappe bodems.

In sommige delen kan de keuze voor verdichting en herinrichting voordeliger zijn dan nieuwe uitleg en nieuwe infrastructuur. Ook kunnen bij nieuwbouw diverse manieren van ophogen worden toegepast en kan het gebruik van licht ophoogmateriaal voordelen hebben, zoals minder vaak onderhoud. Een andere optie is het beperken van de aanvoer van bouwmaterialen of bouwen met lichtere bouwmaterialen, bijvoorbeeld het toepassen van houtskeletbouw. Een volledig andere benadering is een drijvende woning.

6.4 Resultaten

De analyse kent een kwantitatief deel en een kwalitatief deel. Gekwantificeerd zijn de kosten voor eenmalig herstel van de huidige funderingsschade. De resultaten zijn zowel voor het landelijk als het stedelijk gebied berekend. De methodiek voor de kwantificering is toegelicht in bijlage 5.

6.4.1 Nul-alternatief: kwantitatieve resultaten

Voor het landelijk gebied zijn de geschatte kosten voor het herstel van funderingen ongeveer 450 miljoen euro over een periode van veertig jaar. Dit is een conservatieve inschatting: de kosten komen mogelijk uit op circa 1 miljard euro omdat de panden in het landelijk gebied gemiddeld groter zijn en vaker vrijstaand dan in het stedelijk gebied.

Voor het stedelijk gebied zijn de eenmalige kosten voor funderingsherstel van de 300.000 woningen¹ geschat op 16 miljard euro. Deze inschatting is vermoedelijk de ondergrens van de werkelijke kosten.

De kosten voor herstel van de funderingen is een eenmalige kostenpost. In het alternatief is voorzien dat de kosten gemaakt worden in de periode tot 2050 en dat daarna alle huizen en gebouwen bestendig zijn tegen schade als gevolg van bodemzetting. Bij nieuwbouw wordt verondersteld dat er wel rekening wordt gehouden met de bodemzetting, maar dat de preventieve maatregelen onvoldoende integraal zijn, waardoor in de toekomst toch kosten, zij het beduidend lager, zullen worden gemaakt (kosten voor herstel paden, tuinen, aansluitingen). De totale kosten voor funderingsherstel in het landelijk en stedelijk gebied zijn geschat op 17 miljard euro of hoger.

Opmerking

De genoemde getallen zijn onzeker. Deels zijn ze gebaseerd op gerapporteerde cijfers, en deels op *expert judgement*-inschattingen. Ze geven een eerste inschatting van de extra kosten als gevolg van bodemdaling, nodig om de huizen tot 2050 te herstellen en bestendig te maken tegen verdere bodemdaling.

6.4.2 Beleidsalternatieven: kwalitatieve resultaten

Het bleek niet mogelijk om de effecten van de beschreven beleidsalternatieven te kwantificeren. Daar zou een separate studie voor nodig zijn naar de effecten van een meer planmatige aanpak, van schaalgrootte bij de uitvoering en van nieuwe, effectievere, innovatieve technieken. Meer inzicht ook in de huidige staat van de funderingen. Vooral de kosten van funderingsherstel in historische binnensteden zijn zeer moeilijk in te schatten. Dit wordt deels veroorzaakt doordat er een te beperkt inzicht is in de huidige status van de funderingen.

De baten van funderingsherstel liggen vooral in de verbetering van de woning – niet alleen verbetering van het fundament, maar ook een meer energiezuinige woning met minder vochtproblemen –, de leefbaarheid en het vestigingsklimaat. Het lijkt verstandig de verschillende opgaven in de bebouwde omgeving met elkaar te verbinden en deze niet los van elkaar te zien. Uit toekomstig onderzoek zal moeten blijken hoeveel kosten kunnen worden vermeden als uitgegaan wordt van een langetermijnaanpak en de aanpak van de gevolgen van bodemdaling onderdeel is van een integrale aanpak van de opgaven rond wonen.

In toekomstig onderzoek is het cruciaal om te rekenen met een zeer lange levenscyclus van woningen, bijvoorbeeld honderd jaar vooruit. De basis daarvoor blijft de lokale ervaring, ondersteund door wetenschappelijke inzichten en kennis van alternatieve technieken of veelbelovende nieuwe innovatieve technieken. Ook is meer inzicht nodig in de huidige onderhoudskosten. Voor een goede kosten-batenanalyse

van een concrete casus, zoals een historische binnenstad, is dat inzicht belangrijk opdat goede afwegingen gemaakt kunnen worden op basis van feiten. Het monitoren van de zetting kan bijdragen aan het vaststellen van wat het eerst moet worden aangepakt en wat later kan. Dit aspect speelt ook een rol in gedetailleerde kosten-batenanalyses.

We achten het aannemelijk dat het toepassen van de beleidsalternatieven op termijn tot veel minder of geen schade door bodemdaling leidt bij nieuwbouw en bij duurzaam herstelde of geherstructureerde wijken. De rekening wordt dan niet doorgeschoven naar latere generaties, en frequent herstel en overlast worden voorkomen. Deze aannames moeten echter nog wel worden bewezen.

Noot

- ¹ Dit getal heeft betrekking op het stedelijk gebied binnen het studiegebied van deze analyse, inclusief de binnenstad van Amsterdam. Het aantal huizen binnen het studiegebied (waarbij het uitgangspunt is peilbeheer) is 250.000 exclusief en 300.000 inclusief de binnenstad van Amsterdam.

Infrastructuur

7.1 Probleemanalyse

Anders dan huizen wordt de infrastructuur, met uitzondering van kunstwerken, zelden gefundeerd op dieper gelegen, steviger lagen in de ondergrond. Gebruikelijk is een zandbed waarmee voldoende stevigheid wordt gecreëerd voor een weg of riolering. Door het eigen gewicht en door fysieke belasting ontstaat zetting, waardoor wegen verzakken en rioleringen en leidingen breken. Dat leidt tot schade en een hogere dan gemiddelde frequentie van het onderhoud. Dit brengt ook allerlei extra kosten met zich in vergelijking met situaties waarin de bodem stabiel is. Dat maakt deze voorzieningen in gebieden met een slappe bodem dan ook extra duur. De uitdaging is om inzicht te hebben in deze extra kosten door bodemdaling/bodemzetting in dorpen en steden, die overigens niet goed in beeld zijn omdat de herstellkosten zijn opgenomen in die van het reguliere onderhoud (Henkens et al. 2016). Meer inzicht in deze extra kosten is cruciaal als basis voor het verkennen van opties om deze kosten beter te beheersen of te vermijden.

Net als in het hoofdstuk over de bebouwing (funderingen) gaat het bij een beschouwing van het effect van bodemdaling op de infrastructuur om zowel technische aspecten, mogelijkheden tot verdere innovaties, als het kostenaspect. De kosten betreffen zowel het herstel van de opgelopen schade als investeringen in technieken om deze schade te voorkomen.

7.1.1 Gebruik in verhouding tot wegontwerp bepaalt bodemzetting wegen

In een gebied met een slappe bodem worden wegen in het algemeen op een zandbed aangelegd, al zijn er inmiddels ook wegen die geheel op palen zijn gefundeerd of waar lichtgewicht funderingsmateriaal is toegepast. Bij wegen op een zandbed ontstaat in de loop van de tijd toch vaak bodemzetting en is frequent onderhoud (herstel) noodzakelijk. De oorzaak van de bodemzetting kan verschillen, maar is altijd terug te voeren op hoe goed de toegepaste techniek is afgestemd op het gebruik.

Daarbij spelen ervaring en kennis van bouwen op slappe grond, maar ook kennis van de ondergrond en de beschikbare financiële middelen een grote rol. Ook over het toekomstig gebruik zal moeten worden nagedacht. Het gebruik is vaak een inschatting van toekomstige ontwikkelingen. Niet alles zal altijd even goed bekend zijn of zijn ingeschat. Dit kan betekenen dat er in de praktijk op wegen meer zwaardere en bredere voertuigen rijden dan waar zij op waren ontworpen.

Onderhoud en beheer van wegen zijn in handen van verschillende overheden die daarvoor ook de kosten dragen. De rijkswegen worden onderhouden door Rijkswaterstaat, de provinciale en gemeentelijke wegen respectievelijk door de provincies en de gemeenten. Daarnaast zijn er zogenoemde waterschapswegen, waarvan het onderhoud voor rekening komt van de waterschappen.

7.1.2 Versnelde afschrijving riolering

Bij rioleringen speelt (ongelijke) bodemzetting de belangrijkste rol. Dit leidt ertoe dat rioleringen verzakken, waardoor ze breken of niet meer onder vrij verval kunnen afwateren en verstopt raken. Dit leidt ertoe dat ze vaker moeten worden gereinigd en eerder moeten worden vervangen in vergelijking met situaties zonder bodemdaling. Ook kan de riolering als gevolg van bodemdaling boven het maaiveld komen te liggen, waardoor deze snel schade oploopt. Anderzijds kan de riolering ook naar beneden zakken en onder het grondwaterpeil komen te liggen, met als gevolg dat de riolering bij lekkages gaat fungeren als drain waardoor schade ontstaat aan bebouwingen met houten funderingen. Meerkosten zijn vooral de versnelde afschrijving in gebieden met slappe bodems. Waar riolen normaal gesproken in zestig jaar worden afgeschreven, is dat in gemeenten met slappe bodems ongeveer veertig jaar. Gemeenten zijn verantwoordelijk voor rioleringen.

7.1.3 Versneld vervangen nuts kabels en leidingen

Door ongelijkmatige bodemdaling/zetting verzakken ook nuts kabels en -leidingen. Hierdoor kunnen deze beschadigd raken, waardoor ze voortijdig moeten worden vervangen of opnieuw moeten worden gelegd. Beheer en onderhoud van wegen, riolering en nutsleidingen worden vaak in samenhang uitgevoerd. Soms is dat noodzakelijk, zoals bij riolering en wegen, soms is dat kosteneffectiever. De kosten zijn voor rekening van de overheden en nuts-bedrijven, maar indirect ook voor de burgers. Hoge kosten zijn niet in het belang van burgers en negatief voor het vestigingsklimaat.

7.1.4 Huidig beleid bestaande infrastructuur is reactief

De problematiek is voor een groot deel vergelijkbaar met de problematiek van de funderingen. Het huidige beleid bij bestaande infrastructuur is vooral reactief en gericht op schadeherstel. De meer proactieve aanpak, waarbij nieuwe technieken en innovaties worden toegepast, komt meer voor bij nieuw aan te leggen infrastructuur. Daar is meer aandacht voor de lange termijn en het voorkomen van schade. Bepalende factor voor het toepassen van nieuwere technieken is de bereidheid te betalen voor de hogere kosten. Niet vergelijkbaar en zelfs cruciaal verschillend is wie voor de kosten verantwoordelijk is. Bij rioleringen, wegen en nutsleidingen zijn het uitsluitend de overheden en nutsbedrijven, en niet burgers die verantwoordelijk zijn voor de kosten en planning.

7.2 Toelichting op maatregelen

Onderstaande toelichting op maatregelen is niet zozeer een technische verdieping, maar meer een kwalitatieve uitwerking van de benaderingswijze van de problematiek. Een aspect daarvan zijn de kosten van innovatieve maatregelen. Een ander aspect is hoe in de gebruikssfeer wordt omgegaan met het gegeven dat een gebied een slappe bodem heeft.

Alternatieve technieken

Ten opzichte van de traditionele ophogetechnieken (zandbed bij wegen en rioleringen, nuts kabels met extra lengte) zijn er verschillende alternatieve ophogetechnieken ontwikkeld. Traditioneel worden materialen toegepast die relatief zwaar zijn (zwaarder dan 1.600 kilo per kubieke meter). Alternatieven zijn of lichter, zoals lichtgewicht- en evenwichtsconstructies met granulair materiaal, EPS en schuimbeton, of gewapende grond-constructies of een paalmatrassysteem. De voorbeelden neigen dus naar of juist lichter bouwen of juist zwaardere constructies.

In de stedelijke omgeving zijn er voor rioleringen niet zoveel technische alternatieven. Vereist is een robuust systeem dat goed functioneert. In het landelijk gebied, zeker in het buitengebied, zijn er alternatieven. Zo kan worden ingezet op een natuurlijk helofytensysteem voor vrijliggende woningen of bedrijven. Ook voor verschillende leidingsystemen zijn er alternatieven (zoals draadloze telecom).

Potentieel minder kosten bij langere levensduur nieuwe technieken

Belangrijk punt zijn de kosten en de kosteneffectiviteit van maatregelen. De verschillende technieken hebben voor- en nadelen. Over de levensduur van lichtere ophogematerialen is, bijvoorbeeld, nog niet voldoende bekend. Voor het maken van de juiste afweging van maatregelen is expertkennis cruciaal. Een ander aspect van kosten is de afschrijvingstermijn. Het verlengen van deze termijn levert een ander, vaak gunstiger kostenbeeld op en dit kan ertoe bijdragen dat nieuwe technieken eerder worden toegepast en bestaande technieken worden verlaten. Kosten kunnen ook gereduceerd worden door het aantal nutsaansluitingen te beperken (geen vaste telecom, geen gas).

Beperking kosten door restricties gebruik en efficiënte inrichting

Het gebruik en de inrichting zijn eveneens belangrijk; als concreet voorbeeld het gebruik van een weg. Door alle vormen van transport overal toe te staan, is in veel situaties een overinvestering nodig omdat in het wegontwerp met de hoogste eisen rekening moet worden gehouden. Het is een optie restricties op te leggen aan het gebruik van een weg (breedte, asdruk, wioldruk). Ook inrichtingsaspecten kunnen een rol spelen. Traditioneel zijn de huizen en bedrijven in veenweidegebieden gebouwd in een lint. Voordeel daarvan is dat er per bedrijf of woning relatief weinig meters weg hoeven te worden aangelegd. In de loop van de tijd zijn meer bedrijven, om reden van bedrijfs-efficiëntie, verhuisd naar het buitengebied. De vraag is of dit indirect niet heeft bijgedragen aan hogere kosten voor het landelijk fijnmazige wegennetwerk, en dus ook hogere maatschappelijke kosten. Ook de keuze voor een alternatief zoals helofytenfilters in plaats van riolering kan worden gezien als een inrichtingsmaatregel.

Bovenstaande illustreert dat de problematiek vanuit meerdere invalshoeken kan worden benaderd en dat dan meerdere typen maatregelen mogelijk blijken om de effecten van bodemzetting en de maatschappelijke kosten te beperken. Soms is het de wegbeheerder die het alternatief in handen heeft, soms de planoloog of inrichter, en soms de gebruiker die met het accepteren van relatief kleine restricties kan bijdragen aan lagere maatschappelijke lasten.

7.3 Toelichting op nul- en beleidsalternatieven

7.3.1 Nul-alternatief

Het nul-alternatief omvat het op de traditionele manier herstellen van de schade die optreedt als gevolg van zetting aan wegen, rioleringen, nuts kabels en leidingen. Het is een reactieve aanpak gericht op herstel van schade en een reguliere cyclus van vervanging. Het is niet gericht op een duurzaam alternatief om de zettingsproblemen volledig te voorkomen. Innovatieve technieken zullen maar mondjesmaat hun intrede doen, maar ook niet worden gestimuleerd. Er wordt niet actief gekeken naar alternatieven die met geringe inspanningen door gebruikers of beheerders bijdragen aan lagere maatschappelijke kosten. Er is geen onderscheid gemaakt in herstel en nieuwe inrichting.

7.3.2 Alternatief

Er is onderscheid te maken tussen wegen, rioleringen, kabels en leidingen, en tussen stedelijke gebieden en landelijke gebieden. Het alternatief vormt een pakket aan maatregelen waarbij onderscheid wordt gemaakt in alternatieven die van toepassing zijn in specifiek het stedelijk of landelijk gebied, en in beide gebieden.

In het algemeen worden alternatieve technische opties ingezet, gericht op kostenreductie op de lange termijn en het voorkómen van bodemzetting of schade als gevolg daarvan. Om meer te kunnen inzetten op bodemdaling-vermijdende maatregelen is de afschrijvingstermijn fors verlengd, waardoor maatregelen die momenteel meer kosten eerder kunnen worden overwogen en toegepast. Zoals bij het alternatief nieuwbouw (zie hoofdstuk 6) wordt bij locatieontwikkeling ook gekeken naar investeringen in wegen, rioleringen en nuts kabels. Dit geldt voor het stedelijk én landelijk gebied.

Specifiek voor het landelijk gebied worden op wegen met een zeer lage benuttingsgraad (veelal kleinere landbouwwegen) restricties opgelegd aan het gebruik en/of worden wegen niet meer onderhouden. Voorkómen wordt dat dit negatieve gevolgen heeft voor de functie van het gebied. Daarnaast worden alternatieven voor rioleringen (onder andere helofytenfilters) overwogen.

7.4 Resultaten

De methodiek voor het berekenen van de kosten van bovenstaande alternatieven is toegelicht in een achtergrondnotitie (Henkens et al. 2016). In bijlage 5 wordt kort ingegaan op de berekening van de extra kosten als gevolg van bodemzetting.

7.4.1 Nul-alternatief: kwantitatieve resultaten

Landelijk gebied

Voor wegen in het landelijk gebied is op basis van de gevonden kengetallen en dichtheden berekend wat de totale extra kosten zijn over een periode van veertig jaar. Deze zijn geschat op 620 miljoen euro (280 tot 950 miljoen euro, prijspeil 2010). Opgemerkt moet worden dat ook de wegen op de waterkeringen deel uitmaken van deze kostenpost. Deze kostenpost wegen heeft het karakter van verhoogde jaarlijkse uitgaven aan wegbeheer als gevolg van de slappe bodem, door meer onderhoud en frequentere vervanging. Voor riolering en leidingen in het landelijk gebied zijn de extra kosten geschat op 60 miljoen euro in veertig jaar (40 tot 80 miljoen euro).

De totale extra kosten in het landelijk gebied voor wegen, rioleringen en leidingen tot 2050 zijn 680 miljoen euro (320 tot 1.030 miljoen euro). Per jaar is dat voor het landelijk gebied gemiddeld 17 miljoen euro (8 tot 25 miljoen euro) aan extra kosten.

Stedelijk gebied

Voor wegen in het stedelijk gebied is op basis van de kengetallen en dichtheden berekend wat de totale extra kosten zijn over een periode van veertig jaar. Deze komen voor het studiegebied uit op 30 tot 90 miljoen euro per jaar; tot aan 2050 is dat 1,1 tot 3,7 miljard euro aan extra kosten voor wegen. De verwachting is dat de kosten dichter bij de bovengrens zullen liggen, omdat de hoge kostenkengetallen betrekking hebben op asfalt, het meest gebruikte wegdektype.

Rioleringen (en nuts kabels) zijn niet doorgerekend voor het hele stedelijk gebied. Daarvan is slechts een eerste ruwe schatting gemaakt. Uitgaande van de kengetallen van de stad Gouda, is in het hele stedelijk gebied de extra kostenpost voor rioleringen als gevolg van zetting ongeveer 1,0 miljard euro over een periode van veertig jaar. De onzekerheidsmarge is geschat op 0,6 tot 1,5 miljard euro.

De totale extra kosten in het stedelijk gebied voor wegen, rioleringen en leidingen tot aan 2050 zijn 3,4 miljard euro (1,7 tot 5,2 miljard euro). Per jaar is dat voor het stedelijk gebied gemiddeld 85 miljoen euro (40 tot 130 miljoen euro) aan extra kosten.

Opmerking

De genoemde getallen zijn onzeker. Ze zijn deels gebaseerd op gerapporteerde cijfers, maar ook op *expert judgement* (zoals voor de gemiddelde wegbreedte en de kosten per vierkante meter). Ze geven een eerste inschatting van de extra kosten als gevolg van bodemdaling.

7.4.2 Beleidsalternatieven: kwalitatieve resultaten

Het bleek niet mogelijk de effecten van de beschreven beleidsalternatieven goed te kwantificeren. Dat vereist een separate studie naar het effect van innovatieve technieken en hoeveel effectiever die zijn. Er zijn voorbeelden van deze technieken beschikbaar, maar die zijn onvoldoende als basis voor een kwantitatieve schatting van de beleidsalternatieven. Daarvoor is de stedelijke situatie te complex. Aannemelijk is dat toepassen van de beleidsalternatieven tot veel minder of geen schade bij nieuwbouw en nieuwe infrastructuur leidt, en tot meer duurzaam herstel waarbij schade door bodemdaling in de toekomst grotendeels verdwijnt (funderingen) of substantieel kan worden verkleind (wegen, rioleringen en leidingen). In beide gevallen wordt de rekening niet doorgeschoven naar toekomstige generaties en wordt de noodzaak van frequent herstel en overlast voorkómen. Deze aannames moeten echter nog wel worden bewezen.

Het alternatief krijgt pas echt inhoud als gerekend wordt aan verschillende denkbare alternatieven. Het is cruciaal om te kijken naar een fors langere levenscyclus, niet slechts een generatie maar minstens honderd jaar vooruit. De basis daarvoor blijft de lokale ervaring, ondersteund door wetenschappelijke inzichten en kennis van alternatieve technieken of veelbelovende nieuwe innovatieve technieken. Basis voor een goede afweging is ook inzicht in de huidige onderhoudskosten. Voor een goede kosten-batenanalyse van een concrete casus, zoals een historische binnenstad, is dat inzicht belangrijk zodat goede afwegingen gemaakt kunnen worden op basis van feiten. Het monitoren van de zetting kan er aan bijdragen om te bepalen wat eerst moet en wat later kan, een aspect dat ook in de kosten-batenanalyse een rol speelt.

Het voorkómen van bodemzetting en of schadeherstel hoeft overigens niet altijd te betekenen dat een weg zodanig wordt vernieuwd dat deze niet meer kan zakken. Ook kunnen eisen worden gesteld aan het verkeer (geen zwaar transport).

De kwantificering laat zien dat het bij de kosten van het nul-alternatief om tientallen miljarden euro's tussen 2010 en 2050 gaat. Voor de bestaande situatie is een deel van die kosten niet meer te vermijden. Het vermijden zou juist leiden tot hogere herstelkosten en negatieve gevolgen voor de kwaliteit van de leefomgeving. De verwachting is dat er slimmere keuzes gemaakt kunnen worden als 'bodemdaling-inclusief' wordt gedacht in combinatie met een blik op investeringen voor de lange termijn.

Onzekerheden

8.1 Tekortkomingen model en gebruikte data

In deze verkennende studie is gebruikgemaakt van een rekenmodel – grotendeels gebaseerd op empirische relaties – en verscheidene datasets met gegevens over onder andere de bodem, de hydrologie en landbouw-bedrijven. Dit alles is nodig om een inschatting te kunnen maken van de bodemdaling die op een moment ver in de toekomst bereikt zou kunnen worden, waarbij ook nog veronderstellingen worden gedaan over het effect van verschillende maatregelen. Dit betekent dat de berekeningen intrinsiek onnauwkeurigheden bevatten, en dat de resultaten met veel voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd.

De aandacht in de afgelopen decennia voor bodemdaling en bodemzetting heeft er wel toe geleid dat het inzicht in de processen van bodemdaling is toegenomen en dat ook de stap is gezet om bodemdaling modelmatig te benaderen. Ondanks dat het model in de loop van de tijd door verschillende partijen is doorontwikkeld, is het niet uitvoerig gevalideerd of gekalibreerd. Het enige houvast is de empirie waarop de rekenformule van bodemdaling is gebaseerd. Deze tekortkomingen zijn geaccepteerd. Om toch in te kunnen gaan op de betrouwbaarheid van het model is een analyse uitgevoerd waarbij de historische bodemdaling over een zekere periode is vergeleken met de berekende bodemdaling door het model (zie bijlage 1). Vervolgstudies rond dit onderwerp zijn niet alleen nodig om de relaties te valideren en te kalibreren, maar ook om effecten van klimaatverandering op bodemdaling (op oxidatie, verzilting) beter in beeld te krijgen.

Ook de gebruikte datasets over het bodem- en watersysteem en het waterbeheer hebben onnauwkeurigheden die invloed hebben op de 'hardheid' waarmee we de resultaten kunnen presenteren. Voor de hydrologische kenmerken is gebruikgemaakt van diverse regionale modellen die niet altijd vanuit eenzelfde opzet zijn

opgebouwd. Dit betekent onzekerheden die zowel te maken hebben met het model als met de wijze waarop de karakteristieken van het systeem worden omgezet in een model (de parameterisatie). Daarnaast zijn de in de praktijk voorkomende afwijkingen, zoals onderbemaling, niet altijd goed in beeld. De gebruikte bodemkaart is recent door Alterra (2015) specifiek wat betreft laagveen geactualiseerd. Dit is een belangrijke verbetering als het gaat om de locaties waar veengronden voorkomen. Ook de relaties tussen, bijvoorbeeld, bodemdaling en kosten, en tussen drooglegging en opbrengstderving zijn onzeker. Maximaal is getracht *state of art*-inzichten te gebruiken. Zo is rond de relatie tussen drooglegging en opbrengstderving extra ingezet op het integreren van de meest recente inzichten en is gekeken naar verschillende intensiteiten van de bedrijfsvoering.

In deze studie is onder andere gefocust op het vergroten van het inzicht in de kosten van waterbeheer, wegbeheer, herstelkosten van huizen, maar ook in de wijze waarop de huizen in veengebieden zijn gefundeerd. Soms zijn simpele kengetallen gebruikt die we later hebben gecombineerd met databestanden over bebouwing (BAG) of wegen. In de achtergrondnotities over landbouw (Rijken et al. 2016), bodemdaling (Van Bommel et al. 2016) en kosten van het waterbeheer, de infrastructuur en de funderingen (Henkens et al. 2016) wordt aandacht besteed aan de onzekerheden en is ook zoveel mogelijk gerekend met bandbreedtes.

8.2 Beperkingen toepasbaarheid resultaten

Om bovenstaande redenen benadrukken we dat de resultaten van deze studie een orde van grootte aangeven. Voor zover beschikbaar geven wij een bandbreedte of een indicatie of de schatting al dan niet conservatief is. De in deze studie geschetste trends en relaties, zoals de invloed van maatregelen op de

bodemdaling en de effecten op de gewasgroei, zijn plausibel. Staan de richting en trends misschien niet zozeer ter discussie, dat kan wel zo zijn voor de absolute waarden van getallen. De consequenties van de onnauwkeurigheden, van het niet meenemen van alle aspecten, het gebruik van generieke kengetallen, of het gebruik van Phoenix, een model dat is geparameteriseerd op empirie en statische verbanden, maken dat terughoudendheid geboden is en we geen harde uitspraken kunnen doen. We benadrukken dat het gaat om berekeningen die de orde van grootte inschatten en een schets geven van de ontwikkelingen en trends.

8.3 Overige aspecten

Naast onzekerheden zijn er ook aspecten die aanvullend om aandacht of discussie vragen.

Landbouw

Met betrekking tot landbouw speelt de vraag in hoeverre de agroketen onderdeel is van het overzicht van kosten en baten. Belangrijk in een MKBA of KBA is de afbakening van welke kosten wel en niet zijn meegenomen. Dit hangt sterk samen met de probleemstelling. In deze studie speelt het meer fundamentele aspect van het wel of niet meenemen van effecten op de gehele agroketen (specifiek in deze studie de melkketen). Dit aspect wordt vaak in beeld gebracht door de multiplier waarmee de netto toegevoegde waarde wordt vermenigvuldigd. In de MKBA-studie van De Stichtse Rijnlanden is voor de melkveehouderij de factor 2,6 aangehouden (Van Hardeveld et al. 2014). In de MKBA-leidraad (CPB & PBL 2013) is aangegeven dat indirecte effecten additionele welvaartseffecten hebben als bestaande marktinefficiënties ('marktfalen') worden verkleind of vergroot. Daar is bij de voedselverwerkende industrie in het algemeen geen sprake van. Daardoor zijn de indirecte effecten als nihil te bestempelen. Om die reden worden de effecten op het agrocomplex niet meegenomen omdat verondersteld wordt dat na verloop van tijd herallocatie van kapitaal en arbeid elders in de economie plaatsvindt. LTO heeft aangegeven deze redenering niet juist te vinden, zeker niet gezien de specifieke teelten in de veenweidegebieden, omdat mechanisatiebedrijven en de verwerkende industrie zich als gevolg van deze veranderingen elders zullen vestigen, wellicht buiten Nederland.

Klimaatverandering

Een eerste onzekerheid is hoe de definitieve EU-verordening over de emissies van landgebruik en landgebruiksveranderingen en bosbouw (LULUCF), welke in 2020 na afloop van het huidige Kyoto protocol in gaat, zal luiden. Een tweede onzekerheid is de toekomstige

CO₂-prijs. Deze is op dit moment laag, maar diverse scenario's (WLO 2015b) schetsen getallen in de range van 40 tot 80 euro per ton CO₂. Een derde onzekerheid is de fysieke kant van klimaatverandering. Hogere temperaturen en meer neerslag hebben op verschillende manieren invloed op veenoxidatie. Dit kan in droge periodes tot versnelde oxidatie leiden.

Overige processen

Laagveengebieden kunnen lokaal problemen krijgen met het opbarsten van de bodem. Door de opwaartse druk in de ondergrond komt meer water het gebied in en kan er verzilting optreden. Hoe meer de bodem daalt, des te groter wordt de druk en daarmee de kans op deze problematiek. Deze aspecten zijn niet verder belicht of bekeken. Dit is een van de aspecten die vallen onder regionaal maatwerk. Dat geldt ook voor de gevolgen van bodemdaling voor de theoretische afname van de waterveiligheid, een van de motieven voor een adequaat onderhoud van de waterkeringen.

Kosten en discontovoet

In MKBA's is de discontovoet een belangrijk gegeven. De hoogte van de discontovoet kan zeer bepalend zijn voor het wel of niet kunnen investeren in langetermijnprojecten. Recentelijk zijn de discontovoeten bijgesteld (lager dan voorheen) en verder gedifferentieerd (onder andere eigen percentages voor milieu, natuur en klimaat). Omdat het in deze studie vooral gaat om de orde van grootte is ervoor gekozen de discontovoeten niet door te rekenen. Maar deze spelen uiteraard wel een belangrijke rol bij het concreet doorrekenen van de vele langetermijnkeuzes ten aanzien van de steden en het landelijk gebied. De kosten die genoemd zijn in het rapport zijn de nominale kosten.

Literatuur

- Akker, J.J.H. van den, R. Hendriks, I. Hoving & M. Pleijter (2010), *Toepassing van onderwaterdrains in veenweidegebieden. Effecten op maaiveldaling, broeikasgasemissies en water*, in: *Landschap 2010-3*: 137-149.
- Akker, J.J.H. van den et al. (2008), 'Emission of CO₂ from agricultural peat soils in the Netherlands and ways to limit this emission', pp. 645-648 in: *Proceedings of the 13th International Peat Congress After Wise Use – The Future of Peatlands*, Vol. 1 Oral Presentations, Tullamore, Ireland, 8 – 13 june 2008, Jyväskylä, Finland: International Peat Society.
- Alterra (2015), *Nederlandse Bodemkaart 1:50.000*. Wageningen (<http://www.wageningenur.nl/nl/show/Bodemkaart-1-50-000.htm>).
- Bakel, J. van (2016), *Waterbeheer in de veenweidegebieden in Nederland en de gevolgen voor de agrohydrologische situatie en de bedrijfsvoering van melkveebedrijven*. Notitie t.b.v. PBL-project 'bodemdaling laagveengebieden', Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving..
- Bakel, P.J.T. van, J. Huinink, H. Prak & F. van der Bolt (2005), *HELP-2005. Uitbreiding en actualisering van de HELP-tabellen ten behoeve van het Waternood-instrumentarium*, Stowa/DLG/Alterra/LNV. Stowa-rapport 205-16.
- Bemmel, B. van, S. van der Sluis & G.J. van den Born (2016, te verschijnen), *Bodemdaling in laagveengebieden: rekenmethodiek en resultaten*. Notitie t.b.v. PBL-project 'bodemdaling laagveengebieden', Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Bosch & Slabbers (2012), *Toekomst Veenweiden, Inspiratieboek en een Werkboek over klimaatverandering en maaiveldaling, methode en toepassing in Middel Delfland*. Opdracht van Kennis voor Klimaat i.s.m. Hotspot Haaglanden.
- Coenen P.W.H.G. et al. (2016), *Greenhouse gas emissions in The Netherlands 1990-2014. National Inventory Report 2016*, Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Report 2016-0047.
- CPB (2010), *Stad en land*, Den Haag: Centraal Planbureau.
- CPB & PBL (2013), *Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse*, Den Haag: CPB/PBL.
- CPB & PLB (2015a), *Cahier Landbouw, Welvaart en Leefomgevingsstudie 2015*, Den Haag: CPB/PBL (www.wlo2015.nl).
- CPB & PLB (2015b), *Cahier Klimaat en Energie, Welvaart en Leefomgevingsstudie 2015* Den Haag: CPB/PBL (www.wlo2015.nl).
- Dauvellier, P. (2002) Probleemherkenning veenweidegebieden, Kerndocument/discussienotitie. Kerngroep Veenweidevisie Provincie Zuid-Holland/Dauvellier Planadvies, Den Haag.
- Deltares (2008), *Bouwen op slappe bodems*, Delft: Deltares.
- Deltares (2012), *Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied*, Den Haag: Deltaprogramma, deelprogramma's Nieuwbouw & Herstructurering en Zoetwater.
- Deltares (2014), *Bodemdaling grote kostenpost voor Nederland*, <https://www.deltares.nl/nl/nieuws/bodemdaling-grote-kostenpost-voor-nederland/>.
- Deltares (2015), *Dossier bodemdaling in veengebieden*, <https://www.deltares.nl/app/uploads/2015/01/Dossier-Bodemdaling-Delta-Life-3.pdf>.
- Diogo, V., E. Koomen & T. Kuhlman (2015), *An economic theory-based explanatory model of agricultural land-use patterns: The Netherlands as a case study*. *Agricultural Systems* 139: 1-16.
- Everdingen, W.H. van, & J.H. Jager (2001), *Inkomenspositie van melkveebedrijven op veengrond. Een vergelijking van groepen bedrijven*, Den Haag: Landbouw Economisch Instituut, Rapport 2.01.03.
- European Commission (2016), Commission staff working document SWD(2016) 246 final, Brussels, 20.7.2016.
- Gaast, J.W.J. van der, H.R.J. Vroon & T.Th.L. Massop (2010), *Grondwaterregime op basis van karteerbare kenmerken*. STOWA publicatienummer 41, Amersfoort.
- Gemeente Gouda (2009), *Verbreed gemeentelijk rioleringsplan Gouda 2009-2013*, Nijmegen: Royal Haskoning.
- Hardeveld, H. van, M. van der Lee, J. Strijker, A. van Bokhoven & H. de Jong (2014), *Toekomstverkenning Bodemdaling, eindrapport fase 1*. Provincie Zuid-Holland, Provincie Utrecht en Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden.
- Henkens D., B. van Bemmel & F. Kragt (2016, te verschijnen), *Bodemdaling in laagveengebieden: methodiek en resultaten voor het bepalen van de kosten voor waterbeheer, infrastructuur en fundaties*. Notitie t.b.v. PBL-project 'bodemdaling laagveengebieden', Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Hoving, I.E., G. André, J.J.H. van den Akker & M. Pleijter (2008), *Hydrologische en landbouwkundige effecten van gebruik 'onderwaterdrains' op veengrond*, Alterra-rapport 102, Wageningen: Alterra.
- Jansen, P.C., E.P. Querner & C. Kwakernaak (2008), *Effecten van waterpeilstrategieën in veenweidegebieden*.

- Een scenariostudie in een gebied met klei-op-veen rond Linschoten. Alterra-rapport 1666. Wageningen: Alterra.
- Jansen, P.C., R.F.A. Hendriks & C. Kwakernaak (2009), *Behoud van veenbodems door ander peilbeheer: maatregelen voor een robuuste inrichting van het westelijk veenweidegebied*. Alterra-rapport 2009 Wageningen: Alterra.
- Kroon, P., A. Schrier-Uijl, P. Stolk, F. van Evet, P. Kuikman, A. Hensen & E. Veenendaal (2011), *Beïnvloeden van landgebonden broeikasgassen. Naar een klimaatneutrale(re) inrichting van het landelijke gebied*. Tijdschrift Landschap.
- Geisler, L. (2014), *Improving the land subsidence model Phoenix, Water Science and Management*. Master thesis, Universiteit Utrecht.
- KCAF (2104) Financiering van funderingsherstel, Kennis Centrum Aanpak Funderingsproblematiek.
- Lam, N. 't, T. Vogelenzang & U. Blom (2010), *Bouwstenen voor de Agenda Landbouw van de Provincie Zuid-Holland*, Arcadis, Rotterdam en LEI Wageningen UR, Den Haag
- Luijendijk, E. (2006), *Als een paal boven water*. Afstudeeronderzoek RUG / Grontmij / Sterk Consulting. Document nr. 13/99066894/EL, versie D1.
- Ministerie van IenM & EZ (2015) *Conceptnotitie reikwijdte en detailniveau planMER. Structuurvisie Ondergrond*. Den Haag.
- Motie-Smaling/Van Tongeren/Van Veldhoven (2016), *Motie over internationale klimaatafspraken*.
- Motie-Smaling/Bisschop (2014), *Motie over een nationaal programma bodemdaling - Vaststelling van de begrotingsstaat van het Deltafonds voor het jaar 2015*.
- ORAS Veenweidegebieden (2016), *Opties voor Regionale Adaptatiestrategieën in Veenweidegebieden*. Website ontwikkeld in het kader van Kennis voor Klimaat, (www.orasveenweidegebieden.stowa.nl).
- Planbureau voor de Leefomgeving (2015), *Het Groene Hart in beeld*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Pleijter, M., C.L. van Beek & P.J. Kuikman (2011), *Emissie van lachgas uit grasland op veengrond, monitoring lachgasfluxen op melkveeproriefbedrijf zegveld in de periode 2005-2009: 'De Zegveld database'*. Alterra-rapport 2116. Wageningen: Alterra.
- Provincie Friesland (2016), <http://www.fryslan.frl/veenweidevisie>.
- Provincie Noord-Holland (2011), *Structuurvisie Noord-Holland 204 kwaliteit door veelzijdigheid*, (inclusief 1^e herziening vastgesteld door PS 23 mei 2011).
- Provincie Noord-Holland (2016), <http://www.hhnk-waterprogramma.nl/bouwstenen/bouwsteen-h/>.
- Provincie Zuid-Holland (2012), *Klimaatverandering en maaiveld daling in veenweidegebieden, Ruimtelijke Strategie 2030 en uitvoering 2015*, Amersfoort: Royal HaskoningDHV.
- Provincie Zuid-Holland (2014), *Visie Ruimte en Mobiliteit (VRM)*, (<http://www.zuid-holland.nl/onderwerpen/ruimte/visie-ruimte>).
- Provincie Zuid-Holland (2016), <http://docplayer.nl/9396991-Verdiepingsdocument-factsheets-veenweidevisie.html>.
- Provincie Utrecht (2016), http://ruimtelijkeplannen.provincie-utrecht.nl/NL.IMRO.9926.SV1612PRS-OWo1?S=SANMmAIEAXIMqkeEhoEUYYT-A_4P3L-ABAPTv4AEM.
- PSB (2016), *Verklaring van Madurodam*, Platform Slappe Bodem, STOWA en Provincie Zuid-Holland, Den Haag <http://www.slappebodem.nl/getattachment/0555efe5-5249-4aec-8c93-24e1c2f6be02/Verklaring-van-Madurodam-20160331.pdf>
- Rienks, W. & A. Gerritsen (2005), *Veenweide 25x belicht, een bloemlezing van het onderzoek van Wageningen UR*, Wageningen.
- Riet, B. van de, R. van Gerwen, H. Griffioen & N. Hogeweg (2014), *Carbon credits & kansen voor paludicultuur en natte natuur in Noord-Holland*, Uitgave: Landschap Noord Holland, Rapportnummer 14015.
- Riet, B.P. van de, A. Barendrecht & J.T.A. Verhoeven (2014), *Quick scan natuur in de westelijke veenweidegebieden*, ORAS website.
- RIGO (2012), *Kosten & baten van scenario's voor Laag Holland*. Definitief eindrapport in opdracht van Provincie Noord-Holland.
- Rijken, B., Polman N. & T. Kuhlman (2016, te verschijnen), *Bodemdaling in laagveengebieden: berekening indicator landbouw*. Notitie t.b.v. PBL-project 'bodemdaling laagveengebieden', Den Haag: Planbureau voor de leefomgeving.
- Schans, M. van der & Y. Houhuessen (2011), *Phoenix 1.0: Deelrapport 1: Onderbouwing rekenregels regionale bodemdalingsapplicatie*. Houten: Grontmij Nederland B.V.
- Schans, M. van der & Y. Houhuessen (2012), *Phoenix 1.0: Deelrapport 3: Vervaardiging en evaluatie regionale bodemdalingsapplicatie westelijk deel Provincie Utrecht/ HDSR*, De Bilt: Grontmij Nederland B.V.
- Schans, M. van der & Y. Houhuessen (2013), *Phoenix 1.1: Deelrapport 2: ArcGIS-gebruikershandleiding voor regionale bodemdalingsapplicatie*, De Bilt: Grontmij Nederland B.V.
- STOWA (2016), http://deltaproof.stowa.nl/Publicaties/deltafact/Dynamisch_peilbeheer.
- TNO (2011), *Fysieke bouwstenen voor de knelpuntenanalyse nieuwbouw en herstructurering*. TNO-o6o-UT-2011-01826, Climate Proof Cities Consortium.
- Unie van Waterschappen (2012), *Waterschapsspiegel 2012, Waterschappen onderling vergeleken*, Den Haag: Unie van Waterschappen.
- Westerhof, R. & H. Joosten (2014), *Bouwstenen voor de veenweidevisie 2014. Achtergrond document bij de veenweidevisie provincie Fryslân*.
- Woostenburg, M. (2009), *Waarheen met het veen. Kennis voor keuzes in het westelijk veenweidegebied*, Wageningen: Landwerk.

Bijlagen

1 Bodemdaling

In deze bijlage gaan we in op de methodiek die is gebruikt voor het berekenen van de bodemdaling bij de verschillende maatregelen. Om meer vat te krijgen op de betrouwbaarheid van de resultaten zijn deze vergeleken met historische informatie. Een van de opties om een uitspraak te kunnen doen over de nauwkeurigheid van de modellering.

Voor het berekenen van de toekomstige bodemdaling is gebruikgemaakt van het model Phoenix (Geisler 2014; Van der Schans & Houhuessen 2011, 2012, 2013). Dit model is onder andere toegepast bij het bepalen van de bodemdaling (onder andere door Van Hardeveld et al. 2014). In deze studie is alleen de bodemdaling berekend die het gevolg is van oxidatie. Klink en krimp zijn daarbij impliciet meegenomen. Er zijn geen berekeningen gedaan die betrekking hebben op zetting. De berekening van de bodemdaling is gebaseerd op resultaten van empirisch onderzoek naar bodemdaling in veengronden in verschillende veengebieden. Daarbij is gekeken naar zowel diepe en ondiepere veengronden als naar veengronden met een kleidek. De berekeningen zijn gedaan voor veengronden waar sprake is van een gebied met peilbeheer, veelal grotere en kleinere polders waar weinig of geen bebouwing is. Er is gerekend met een resolutie van 100x100 meter.

De modellering van bodemdaling is data-intensief en vereist inzicht in de opbouw van de bodem en van de hydrologie, waaronder informatie over de drooglegging. Voor de veenplots zijn gegevens verzameld over de bodem (geactualiseerde veenbodembedkaart 1:50.000 uit 2015), de bodemstratificatie (opbouw van de bodem tot een diepte van 120 centimeter, met per laag van 10 centimeter een omschrijving van de grondsoort) en over de hydrologie, inclusief informatie over het peilbeheer. Voor de bodemopbouw zijn bodembedkaarten en bodemstratificatiebestanden gebruikt van Alterra. Voor de hoogtegegevens is gebruikgemaakt van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN2) en voor de hydrologie en peilbeheer van datasets en bestanden van de waterschappen en STOWA (Van der Gaast et al. 2010). Zoals toegelicht in hoofdstuk 4 zijn diverse correcties doorgevoerd zodat gerekend kon worden met grids waar veenbodems voorkomen. Onderdeel van die correctie is

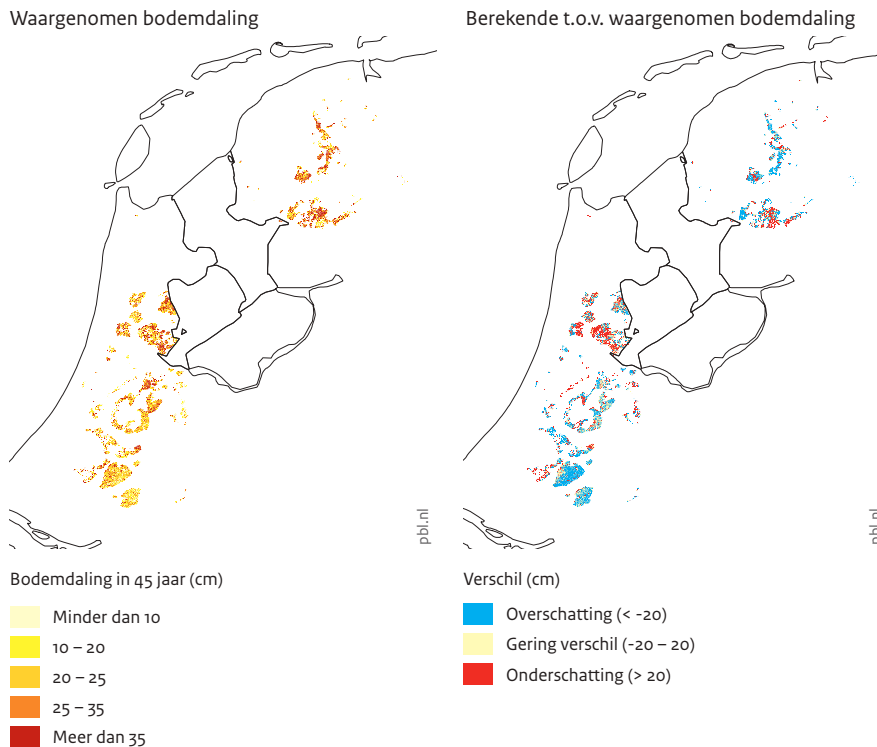
correctie voor stedelijk landgebruik. Daarmee kan worden voorkomen dat gerekend wordt met gridcellen waar de bodem kunstmatig is opgehoogd. Voor de hydrologische informatie is gebruikgemaakt van peilbeheerinformatie van de afzonderlijke waterschappen. Onderbemalingen zijn daarin niet meegenomen.

Voor het bepalen van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) is voor de beheergebieden van drie waterschappen gebruikgemaakt van een lokaal hydrologisch model (Fryslân: MIPWA; De Stichtse Rijnlanden : HYDROMEDAH; Rivierenland: MORIA). Voor de andere vier waterschappen is STOWA toegepast. De modellen en bestanden hebben een resolutieverschil. Lokale modellen rekenen met een resolutie van 100 meter en de bestanden van STOWA (van der Gaast et al. 2010) kennen een resolutie van 25 meter. Om te bepalen of het gebruik van verschillende resoluties van grote invloed is op de berekeningen is in de voorbereiding een verschilanalyse gemaakt voor de veengebieden in beheer bij Wetterskip Fryslân. Die invloed bleek, na correctie van uitschieters, zeer beperkt. De GLG in MIPWA bleek 1,5 centimeter hoger te liggen en de gemiddelde bodemdaling over een periode van veertig jaar bleek 3 centimeter hoger voor de beheergebieden van de waterschappen waar met STOWA is gerekend. De gebruikte informatie over peilgebieden is afkomstig van de waterschappen. Bij peilindexatie berekent het model de gemiddelde bodemdaling binnen een peilgebied en berekent het de aanpassing van het waterpeil en trekt deze af van het initiële waterpeil. Dit wordt gedaan bij ieder zichtjaar (periode van tien jaar). Deze conditie en beheer beschrijven de maatregelen die passen bij peilindexatie. Bij peilfixatie wordt niets aangepast. Bij het toepassen van onderwaterdrainage rekent het model met een gereduceerd verschil tussen GLG en waterpeil. De uitkomst van het model leidt tot een grondwaterstand met onderwaterdrainage die het midden houdt tussen de oorspronkelijke grondwaterstand en het zomerstreefpeil van het waterschap.

Om de met Phoenix berekende bodemdaling beter te kunnen beoordelen is gekeken naar bestanden die inzicht geven in de verandering van de vroegere maaiveldhoogte. Een belangrijke bron daarvoor zijn de maaiveldhoogte-data van de voormalige meetkundige dienst van Rijkswaterstaat.¹ Er is een reeks kaarten vanaf 1970

Figuur B1

Vergelijking waargenomen bodemdaling en modelberekening 1970 – 2015



Bron: Phoenix, Meetkundige Dienst; bewerking PBL

beschikbaar gesteld met hoogtegegevens (zogenoemde TopHoogteMD-punten). De gegevens zijn beschikbaar voor een deel van de diepere veengronden. Daarnaast is gebruikgemaakt van het actuelere AHN2-bestand van Rijkswaterstaat met de inwinningsdatum over de periode 2007-2012 om een historisch verschil te kunnen bepalen aangaande bodemdaling. Als rekening wordt gehouden met het feit dat rond 1970 de meeste gebieden waren herverkaveld (inclusief grotere drooglegging en afspraken rond peilindexatie) kan worden verondersteld dat de bodemdaling in de periode daarna dan ook zeer waarschijnlijk het gevolg is van het gevoerde peilbeleid.

Figuur B1 toont de resultaten van de analyse van de historische bodemdaling op basis van de beschikbare data van de meetkundige dienst van veengebieden over een periode van 45 jaar (linkerkaart) en een beeld van het verschil met de resultaten van het Phoenix-model (rechterkaart). Daarbij is uitgegaan van dezelfde tijdsperiode. De linkerkaart toont dat de bodem in de diepere veengebieden overal daalt. Het merendeel van de gebieden kent een daling van 10 tot meer dan 35 centimeter (oplopend tot maximaal 90 centimeter). De grootste dalingen binnen deze set van waarnemingen liggen vooral in Friesland en Noord-Holland en de kleinste dalingen vooral in de zuidelijke veengebieden

van Zuid-Holland. De verschilkaart (R) laat zien dat in Zuid-Holland de met Phoenix berekende bodemdaling een overschatting is en dat in Noord-Holland de berekende bodemdaling de historische bodemdaling in sommige gebieden overschat of onderschat.

Voor meer toelichting verwijzen we naar Van Bommel et al. (2016), die nader ingaan op de wijze waarop de bodemdaling voor de verschillende technische maatregelen is berekend en hoe het invoerbestand met gegevens over peilbeheer en grondwaterstanden (GLG en GHG) en gedetailleerde bodemgegevens en landgebruiks-informatie tot stand is gekomen. Zie tabel B1, B2 en B3 voor de resultaten van de berekening van de bodemdaling en tabel B4 en B5 voor de hiervan afgeleide CO₂-emissie.

Resultaten bodemdaling

Tabel B1

Bodemdaling (in centimeter) in de periode 2010-2050 met peilindexatie

Peilindexatie	Diepe veen-grond	Ondiepe veen-grond	Klei op diepe veen-grond	Klei op ondiepe veen-grond	Zand op diepe veen-grond	Zand op ondiepe veen-grond	Daling in 40 jaar (gemiddelde)	Daling in mm per jaar (gemiddelde)
Amstel, Gooi en Vecht	36	47	32	20	39	21	36	9
Fryslân	50	52	37	29	49	23	44	11
De Stichtse Rijnlanden	29	37	22	13	29	20	22	6
Hollands Noorderkwartier	26	42	29	16	28	24	27	7
Schieland en de Krimpenerwaard	45	44	33	19	30	26	41	12
Rijnland	36	37	36	18	34	26	33	8
Rivierenland	28	44	22	18	22	07	22	6
Het hele studiegebied	37	50	30	20	36	23	34	9

Tabel B2

Bodemdaling (in centimeter) in de periode 2010-2050 met peilfixatie

Peilfixatie	Diepe veen-grond	Ondiepe veen-grond	Klei op diepe veen-grond	Klei op ondiepe veen-grond	Zand op diepe veen-grond	Zand op ondiepe veen-grond	Daling in 40 jaar (gemiddelde)	Daling in mm per jaar (gemiddelde)
Amstel, Gooi en Vecht	27	38	25	18	33	21	28	7
De Stichtse Rijnlanden	23	30	18	10	23	20	17	4
Fryslân	36	42	27	23	42	22	34	9
Hollands Noorderkwartier	17	34	21	14	22	21	18	5
Schieland en de Krimpenerwaard	33	39	24	14	23	23	30	8
Rijnland	26	30	27	15	26	20	25	6
Rivierenland	22	36	17	15	20	06	18	4
Het hele studiegebied	27	41	22	16	29	21	26	7

Tabel B3

Bodemdaling (in centimeter) in de periode 2010-2050 met onderwaterdrainage

Met onder-waterdrainage	Diepe veen-grond	Ondiepe veen-grond	Klei op diepe veen-grond	Klei op ondiepe veen-grond	Zand op diepe veen-grond	Zand op ondiepe veen-grond	Daling in 40 jaar (gemiddelde)	Daling in mm per jaar (gemiddelde)
Amstel, Gooi en Vecht	28	43	26	19	30	21	30	8
De Stichtse Rijnlanden	22	28	15	10	17	20	16	4
Fryslân	47	51	33	27	48	23	42	11
Hollands Noorderkwartier	24	42	20	14	28	21	23	6
Schieland en de Krimpenerwaard	28	43	17	11	24	17	26	7
Rijnland	25	36	24	14	22	16	23	6
Rivierenland	18	31	11	15	27	07	15	4
Het hele studiegebied	30	49	23	17	27	22	29	7

Resultaten CO₂-emissie als gevolg van bodemdaling

Tabel B4

Gemiddelde jaarlijkse CO₂ en 'klimaatkosten' bij peilindexatie en peilfixatie per waterschap in 2050

Waterschap	CO ₂ -emissie bij peilindexatie (gemiddeld/jaar)	CO ₂ -emissie bij peilfixatie (gemiddeld/jaar)	Klimaatkosten* bij peilindexatie	Klimaatkosten* bij peilfixatie
Eenheid	kton CO ₂	kton CO ₂	miljoen euro's	miljoen euro's
Amstel, Gooi en Vecht	409	317	€ 16	€ 13
De Stichtse Rijnlanden	308	241	€ 12	€ 10
Fryslân	1.855	1.424	€ 74	€ 57
Hollands Noorderkwartier	337	226	€ 13	€ 9
Schieland en de Krimpenerwaard	316	235	€ 13	€ 9
Rijnland	389	289	€ 16	€ 12
Rivierenland	339	271	€ 14	€ 11
Het hele studiegebied	3.953	3.003	€ 158	€ 120

* Klimaatkosten bij een CO₂-prijs van 40 euro per ton.

Tabel B5

Gemiddelde jaarlijkse CO₂-emissie en 'klimaatkosten' bij peilindexatie en onderwaterdrainage per waterschap in 2050 (gegevens deelgebied geschikt voor onderwaterdrainage)

Waterschap	CO ₂ -emissie bij peilindexatie (gemiddeld/jaar)	CO ₂ -emissie bij OWD (gemiddeld/jaar)	Klimaatkosten* bij peilindexatie	Klimaatkosten* bij OWD
Eenheid	ton CO ₂	ton CO ₂	miljoen euro's	miljoen euro's
Amstel, Gooi en Vecht	182	112	€ 7	€ 4
De Stichtse Rijnlanden	213	130	€ 9	€ 5
Fryslân	204	129	€ 8	€ 5
Hollands Noorderkwartier	117	68	€ 5	€ 3
Schieland en de Krimpenerwaard	278	161	€ 11	€ 6
Rijnland	245	131	€ 10	€ 5
Rivierenland	229	120	€ 9	€ 5
Het hele studiegebied	1.468	850	€ 59	€ 34

* Klimaatkosten bij een CO₂-prijs van 40 euro per ton.

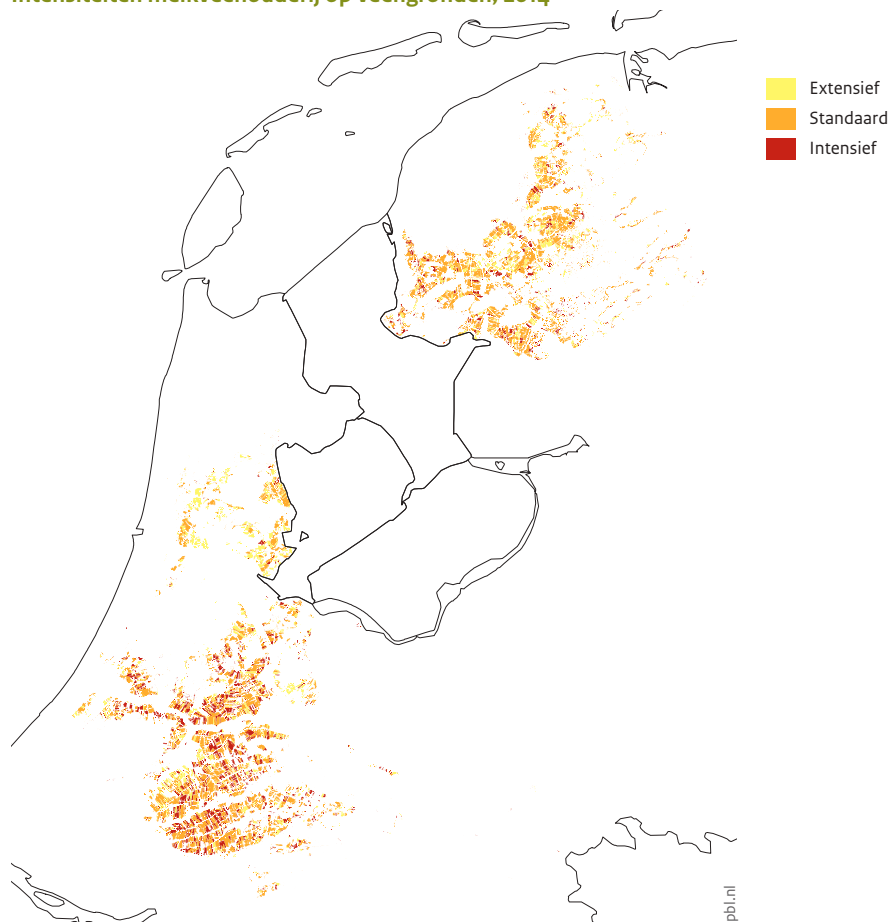
2 Melkveehouderij

Het studiegebied bestaat voor 82 procent uit grasland, waarvan het merendeel in gebruik is voor grondgebonden melkveehouderij. In het studiegebied liggen ook gebieden met hoogwaardige permanente teelten. Deze zijn in deze studie niet meegenomen. De belangrijkste opbrengsten van de melkveehouderij worden gehaald uit de verkoop van melk en melkproducten. De belangrijkste input hiervoor is de droge stof uit gras die op de graslanden wordt geproduceerd.

De intensiteit van de melkveehouderij speelt een belangrijk rol. Hoe hoger de intensiteit, uit te drukken in het aantal koeien per hectare, hoe meer gestreefd wordt naar hoge grasproductie, hoe groter de aanvullingen hierop in de vorm van mais en krachtvoer en hoe hoger de melkproductie per koe. Bij extensieve bedrijven is dit alles minder. Daar staat tegenover dat, waar het biologische bedrijven betreft, de melkprijs zo'n 30 euro per ton hoger kan liggen (Rijken et al. 2016). In deze studie worden op basis hiervan drie klassen melkveehouderij onderscheiden: 'intensief', 'standaard'

Figuur B2

Intensiteiten melkveehouderij op veengronden, 2014



Bron: Wageningen Economic Research -BIN-database

Tabel B6

Bedrijfsintensiteiten van grondgebonden melkveehouderij in het laagveenstudiegebied: belangrijkste verschillen

	Maximale grasproductie	Koeiendichtheid	Melkproductie per koe	Ruwvoer	Melkprijs
Eenheid	Ton droge stof per hectare per jaar	Koeien per hectare	(Index)	Aandeel in dieet	Euro per ton melk
Extensief	6,4	1 – 1,4	1,0	73	375
Standaard	9,8	1,4 – 2	1,1	70	345
Intensief	11,2	> 2	1,2	68	345

Bron: LEI-BIN

en 'extensief'. Tabel B6 geeft een overzicht van de belangrijkste verschillen en figuur B2 geeft een ruimtelijk beeld van de bedrijfsintensiteiten in het studiegebied.

In de huidige praktijk met peilindexatie wordt 80 procent van de agrarische graslanden in het studiegebied voldoende drooggelegd. De natschade is minimaal, vertrapping van het gras door vee is beperkt en werktuigen kunnen gemakkelijk het land op voor werkzaamheden zoals bemesting en maaien. Peilfixatie verandert de hydrologische omstandigheden van percelen. Na verloop van tijd worden deze natter, met natschade en opbrengstderving als gevolg. Om dit te compenseren moet extra ruwvoer worden ingekocht en daardoor nemen de netto-opbrengsten af. Vergeleken met de mogelijke effecten van peilfixatie zijn de gevolgen van onderwaterdrainage beperkt. Enerzijds leveren deze systemen extra grasopbrengsten op: 250 kilo per hectare

per jaar. Daarnaast zijn er de kosten van aanschaf, installatie en onderhoud. De totale kosten: 117 euro per hectare per jaar.

Een sleutelbegrip in dit kader is opbrengstderving. Dit is de mate waarin de opbrengst, bij een gegeven combinatie van bodem en landgebruiksvorm, achterblijft bij de opbrengst onder optimale hydrologische omstandigheden. De relatie tussen deze invoervariabelen en opbrengstderving is vastgelegd in HELP-tabellen. In deze studie is gebruikgemaakt van de aanvullingen op deze tabellen (Van Bakel 2016; Van Bakel et al. 2005).

Zie Diogo et al. (2015) voor een toelichting op de wijze waarop de effecten op het landgebruik zijn gemodelleerd en Rijken et al. (2016) voor de achtergrondnotitie bij deze studie over landbouw.

Resultaten landbouwderving

Tabel B7

Drogestofproductie (ton per hectare) voor extensieve, standaard, intensieve en gemiddelde bedrijfsvoering

	Areal	Peilindexatie droge stof 2010	Peilindexatie droge stof 2050	Peilfixatie droge stof 2050	Onderwaterdrainage droge stof 2050
Extensief	41.363 ha	5,4	5,4	4,7	5,4
Standaard	114.882 ha	8,4	8,3	7,3	8,4
Intensief	34.473 ha	9,3	9,3	8,0	9,3
Gemiddeld	190.718 ha	7,9	7,9	6,9	7,9

Tabel B8

Netto-inkomsten: gemiddelde van alle bedrijven, extensief, standaard en intensief (in euro's per hectare/jaar)

Alle bedrijfstypen (gemiddelde)	Indexatie	Fixatie	OWD
Amstel, Gooi en Vecht	€ 516	€ 244	€ 497
De Stichtse Rijnlanden	€ 464	€ 238	€ 424
Fryslân	€ 552	€ 419	€ 548
Hollands Noorderkwartier	€ 421	€ 303	€ 408
Schieland en de Krimpenerwaard	€ 580	€ 173	€ 515
Rijnland	€ 641	€ 462	€ 617
Rivierenland	€ 516	€ 369	€ 483
Het hele studiegebied	€ 529	€ 361	€ 511

Extensief bedrijf	Indexatie	Fixatie	OWD
Amstel, Gooi en Vecht	€ 186	€ -11	€ 162
Fryslân	€ 207	€ 108	€ 201
De Stichtse Rijnlanden	€ 107	€ -9	€ 68
Hollands Noorderkwartier	€ 182	€ 79	€ 168
Schieland en de Krimpenerwaard	€ 185	€ -125	€ 117
Rijnland	€ 214	€ 78	€ 187
Rivierenland	€ 150	€ 93	€ 129
Het hele studiegebied	€ 185	€ 71	€ 168

Standaard bedrijf	Indexatie	Fixatie	OWD
Amstel, Gooi en Vecht	€ 515	€ 234	€ 496
De Stichtse Rijnlanden	€ 373	€ 145	€ 331
Fryslân	€ 564	€ 419	€ 560
Hollands Noorderkwartier	€ 572	€ 441	€ 560
Schieland en de Krimpenerwaard	€ 579	€ 164	€ 514
Rijnland	€ 575	€ 404	€ 553
Rivierenland	€ 456	€ 301	€ 421
Het hele studiegebied	€ 526	€ 352	€ 508

Intensief bedrijf	Indexatie	Fixatie	OWD
Amstel, Gooi en Vecht	€ 969	€ 618	€ 952
De Stichtse Rijnlanden	€ 813	€ 537	€ 777
Fryslân	€ 1.028	€ 897	€ 1.025
Hollands Noorderkwartier	€ 1.038	€ 934	€ 1.028
Schieland en de Krimpenerwaard	€ 1.035	€ 541	€ 975
Rijnland	€ 1.044	€ 823	€ 1.022
Rivierenland	€ 881	€ 696	€ 845
Het hele studiegebied	€ 952	€ 741	€ 930

Tabel B9

Effect gewasderiving voor gemiddelde van alle bedrijfstypen, extensief, standaard en intensief bedrijf (in euro's per hectare)

Alle bedrijfstypen (gemiddelde)	Areaal	Effect fixatie alle waterschappen	Effect OWD alle waterschappen
Amstel, Gooi en Vecht	13.477 ha	€ -272	€ 4
De Stichtse Rijnlanden	20.684 ha	€ -226	€ 11
Fryslân	84.834 ha	€ -134	€ 0
Hollands Noorderkwartier	18.118 ha	€ -117	€ 5
Schieland en de Krimpenerwaard	7.279 ha	€ -406	€ 5
Rijnland	14.436 ha	€ -179	€ 5
Rivierenland	31.890 ha	€ -147	€ 2
Het hele studiegebied	190.718 ha	€ -168	€ 3

Extensieve bedrijven	Areaal	Effect fixatie extensief	Effect OWD extensief
Amstel, Gooi en Vecht	3.484 ha	€ -196	€ 3
De Stichtse Rijnlanden	3.074 ha	€ -116	€ 7
Fryslân	17.508 ha	€ -99	€ 0
Hollands Noorderkwartier	7.941 ha	€ -103	€ 7
Schieland en de Krimpenerwaard	1.652 ha	€ -310	€ 0
Rijnland	2.513 ha	€ -136	€ 5
Rivierenland	5.191 ha	€ -56	€ 3
Het hele studiegebied	41.363 ha	€ -114	€ 3

Standaard bedrijven	Areaal	Effect fixatie standaard	Effect OWD standaard
Amstel, Gooi en Vecht	7.423 ha	€ -280	€ 5
De Stichtse Rijnlanden	11.485 ha	€ -229	€ 10
Fryslân	55.986 ha	€ -145	€ -0
Hollands Noorderkwartier	9.405 ha	€ -131	€ 4
Schieland en de Krimpenerwaard	4.186 ha	€ -415	€ 6
Rijnland	7.977 ha	€ -171	€ 6
Rivierenland	18.420 ha	€ -155	€ 2
Het hele studiegebied	114.882 ha	€ -147	€ 2

Intensieve bedrijven	Areaal	Effect fixatie intensief	Effect OWD intensief
Amstel, Gooi en Vecht	2.570 ha	€ -350	€ 3
De Stichtse Rijnlanden	6.125 ha	€ -276	€ 15
Fryslân	11.340 ha	€ -131	€ 0
Hollands Noorderkwartier	772 ha	€ -103	€ 3
Schieland en de Krimpenerwaard	1.441 ha	€ -494	€ 6
Rijnland	3.946 ha	€ -221	€ 5
Rivierenland	8.279 ha	€ -185	€ 3
Het hele studiegebied	34.473 ha	€ -211	€ 5

3 Klimaat

Zoals eerder toegelicht zijn de ‘klimaatkosten’ een afwijkende kostenpost. Het gaat meer om de potentie dat deze maatschappelijke kosten kunnen gaan spelen dan om de actuele kosten. De ‘klimaatkosten’ zijn bepaald door de emissie te vermenigvuldigen met de CO₂-prijs.

De in deze studie berekende CO₂-emissie is de basis om de ‘klimaatkosten’ te kunnen kapitaliseren. De belangrijkste input voor die berekening is de berekende toekomstige bodemdaling, zoals die met behulp van het Phoenix-model voor de verschillende maatregelen is berekend. Bij een bodemdaling van 1 centimeter komt ongeveer 22,6 ton CO₂ per hectare vrij (protocol 073 Bodem). Maatregelen die leiden tot minder bodemdaling leiden een-op-een tot minder emissie. Naast minder CO₂ komt er ook minder lachgas vrij en kan er onder moerasachtige omstandigheden methaan vrijkomen. Zoals toegelicht in paragraaf 3.3 worden deze overige broeikasgassen niet meegenomen in deze studie.

Cruciaal is de CO₂-prijs. Deze is onzeker en hangt samen met het beleid rond emissiehandel en de response van ETS-plichtige ondernemingen. In de literatuur zijn diverse projecties voorhanden. In een recent rapport over windmolens en welvaart (SEO 2014) is een overzicht gegeven waarbij de range ligt tussen 0 en 224 euro per ton⁻¹ CO₂. De 0 euro per ton⁻¹ CO₂ gaat uit van geen kosten omdat het beleid de CO₂ niet meer waardeert als kostenpost. Recentelijk hebben energieconcerns gepleit voor een meer stabiele CO₂-prijs op een niveau van 40 euro per ton CO₂. In de NEV (2015) is voor 2030 een prijs bepaald voor vastgesteld beleid van 15 euro per ton CO₂ en bij voorgenomen beleid is deze bepaald op 20 euro per ton CO₂ (NEV 2015; CO₂-prijs en veilingopbrengsten in de nationale energieverkenning 2015). In de Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving (WLO 2015b) is in 2050 voor het lage scenario 40 euro per ton CO₂ en voor het hoge scenario 160 euro per ton CO₂ gehanteerd. In de berekening is 40 euro per ton CO₂ als default gebruikt, met de opmerking dat de CO₂ prijs een grote onzekerheidsmarge kent.

4 Waterbeheer

Om inzicht te krijgen in de waterbeheerkosten in relatie tot bodemdaling is in overleg met experts van de waterschappen De Stichtse Rijnlanden, Fryslân en Hollands Noorderkwartier een selectie gemaakt van die factoren die bepalend zijn voor de extra kosten die de waterschappen maken doordat de bodem daalt. Daaruit bleek dat dit voornamelijk de kosten zijn die te maken hebben met de waterkering, stuwen en bemalen. Het in goede staat houden van de waterkeringen betekent het ophogen en verbreden van de kering met als primair doel de waterveiligheid. Het aanleggen van stuwen in gebieden waar door bodemdaling een extra stuw nodig is, is vooral om voldoende adequaat waterbeheer te kunnen uitvoeren. Dit laatste geldt ook voor de kosten voor bemaling.

De noodzakelijke gegevens waren niet direct voorhanden. Aan de hand van gesprekken met verschillende waterschappen en analyses uitgevoerd door enkele waterschappen is een eerste overzicht gemaakt van de historische kosten die relatie hebben met de bodemdaling. Dat kunnen zijn: versneld onderhoud, aanpassingen of noodzakelijke nieuwe kunstwerken. Er is naar gestreefd om kengetallen te verkrijgen die iets zeggen over de extra kosten per hectare en per centimeter bodemdaling. Door dit te combineren met de kengetallen van de gebieden (arealen) en de berekende toekomstige bodemdaling bij voorzetting van peilindexatie, geen peilindexatie en het toepassen van onderwaterdrainage is inzicht ontstaan in de toekomstige kosten voor de verschillende maatregelen. In Henkens et al. (2016) is verslag gedaan van de verzamelde kennis en zijn methodes aangereikt om de toekomstige extra kosten van het waterbeheer te kunnen inschatten.

Om een koppeling te kunnen leggen tussen de bodemdaling en de kosten is een kostentoedeling per centimeter bodemdaling gemaakt. De kosten zijn daarmee afhankelijk van de bodemdaling. Per kostenpost geldt een andere benadering. De kosten voor bemaling nemen toe naarmate de daling toeneemt en zijn daarmee cumulatief. De kosten voor waterkeringen zijn in het model lineair

verondersteld omdat deze worden verdeeld over de periode tussen de twee momenten waarop dat het herstel plaatsvindt. Het moment van aanpassing hangt samen met de beheercyclus van de kering en/of weg. De kosten voor extra stuwen treden op na een bepaalde daling en omvatten de aanlegkosten en de toename van het regulier onderhoud van deze stuwen. Voor het bepalen van de extra kosten voor aanleg en onderhoud van extra stuwen is vooral de breedte van de stuw bepalend. De mate van bodemdaling bepaalt of er een nieuwe reeks van stuwen nodig is. In deze studie is aangenomen dat aanleg van extra stuwen nodig is als het verschil in bodemdaling tussen twee aangrenzende peilgebieden waar de stuw op staat met 30 centimeter toeneemt.

Voor het berekenen van de extra kosten van de waterkeringen geven de dalingscijfers van het veengebied weinig houvast omdat schadeherstel of extra onderhoud niet een-op-een te koppelen zijn aan de in het omliggende gebied optredende bodemdaling. De daling en daarmee de extra kosten hangen ook samen met de aard van de ondergrond en het materiaal van de dijk. Dat vraagt om maatwerk en inzicht in de status van een dijk. Om die reden is ervoor gekozen een generieke sleutel toe te passen waarmee de bodemdaling wordt bepaald (Van Bemmelen et al. 2016). Met beter inzicht in de ondergrond van de dijk en het materiaal zal een verfijningsslag mogelijk zijn. Wel is in de berekening van de extra kosten de regionale dichtheid van de keringen meegenomen. De gemiddelde kosten per meter kering en per centimeter bodemdaling bedragen 3 euro. Deze kosten zijn generiek en hetzelfde voor alle waterschappen in het studiegebied. De kosten betreffen vooral het ophogen en verbreden van het talud en niet het wegdek zelf, al is dat in sommige gebieden ook een kostenpost voor de waterschappen.

Door een soort van referentieplotter te definiëren, waarin alle kenmerken en optredende processen voorkomen, was het mogelijk 'gemiddelde' kenmerken te bepalen. Dit heeft geleid tot een set kengetallen voor verschillende kostenposten die horen bij 1 centimeter bodemdaling. Soms per waterschap en soms gemiddeld voor alle gebieden. Hoe gedetailleerder de onderliggende data, hoe specifiekier iets berekend kon worden. Door deze kengetallen te verbinden met de bodemdaling kan voor een gebied berekend worden wat de extra kosten zijn van bodemdaling.

5 Kosten bebouwd en infrastructuur

Bebouwd gebied

Voor het bepalen van de orde van grootte van de herstelkosten van funderingen is inzicht nodig in de gemiddelde herstelkosten per pand en het aantal panden dat schade heeft ondervonden van bodemzetting.

Henkens (2016) rapporteert herstelkosten die liggen in de orde van grootte van 50.000 à 100.000 euro per woning. Bij funderingen op staal (zonder palen) kunnen er scheuren ontstaan als gevolg van ongelijke zetting en veenoxidatie, de herstelkosten hiervan worden lager geschat op 4.000 à 10.000 euro per woning. Henkens et al (2016) heeft verschillende rekenmethodes bekeken en vergeleken. Er is voor gekozen om te rekenen met het aantal huizen dat is gebouwd in het landelijk gebied tussen 1899 en 1945 (conform het BAG-bestand) en een gemiddelde gerapporteerde kostenschatting van 54.000 euro per woning (Deltares 2012; Luijendijk 2006). Dat zijn de geschatte herstelkosten van een eengezinswoning. De gegevens over het aantal woningen en de leeftijd van de woning zijn afkomstig uit het BAG-bestand. De leeftijd is gebruikt als inschatting van het type fundament.

In PBL-studie over het Groene Hart (2015) is apart ingegaan op de kosten voor de stad Gouda. De onderbouwing van de daarin genoemde cijfers is in deze analyse meegenomen. Op basis van diezelfde rekenmethode, maar met meer typen funderingen en beschikbare bandbreedtes, is geschat dat in stedelijke gebieden de herstelkosten liggen tussen de 250.000 en 550.000 euro per hectare. Zoals eerder toegelicht worden deze kosten behandeld als eenmalige kosten die gedragen worden door voornamelijk private partijen. Het herstel zal onregelmatig verspreid over plaats en tijd plaatsvinden. Omdat houten paalfunderingen niet meer worden toegepast zal het zwaartepunt van de kosten vóór 2050 liggen, en zal deze kostenpost op termijn helemaal verdwijnen. Het aantal panden dat kwetsbaar is voor zetting in het totale stedelijk deel van het studiegebied is ruim 250.000 woningen. Met dezelfde conservatieve uitgangspunten komen de gemiddelde herstelkosten voor het hele studiegebied uit op ongeveer 200.000 euro per hectare (eenmalig in de periode tot 2050). Dit ligt lager dan de ondergrens van Gouda. Dit is mogelijk te verklaren door het relatief hoge aandeel kwetsbare huizen in Gouda.

Infrastructuur

Henkens et al. (2016) heeft de extra kosten als gevolg van bodemdaling voor infrastructuur berekend. Hieronder een kort overzicht van zijn bevindingen. De informatie bestaat uit twee onderdelen: de kosten per eenheid – weg, riolering of kabel – en de dichtheid. Omdat er substantieel verschil is in dichtheid tussen het landelijk en stedelijk gebied zijn deze afzonderlijk belicht. Hieronder volgt eerst een toelichting op de kosten per eenheid – vierkante meters verhard oppervlakte weg, meter riolering of meter kabels – en vervolgens een toelichting op de dichtheden van deze structuren per hectare stedelijk of landelijk gebied.

Kosten per eenheid

Wegen: de jaarlijkse meerkosten voor beheer van wegen op veen ten opzichte van wegen op stabiele ondergrond liggen tussen de 0,69 en 2,35 euro per vierkante meter verhard oppervlak. Dit zijn kosten voor onderhoud en afschrijving. De hoogste waarde is gebaseerd op meerkosten bij asfaltverharding en de laagste bij klinkers. Uitgangspunt is dat alle wegen zettingsgevoelig zijn. In de praktijk zijn er ook wegen die inmiddels stabiel zijn. Dat maakt de schatting van de kosten dus te hoog. Het is echter niet bekend welk percentage van de wegen in werkelijkheid zettingsgevoelig is.

Rioleringen: het verschil in de jaarlijkse kosten voor beheer en afschrijving van vrijvervalriolering in slappe en stabiele bodem bedraagt ongeveer 3,42 euro per meter uitgaande van een gemiddelde buisdiameter (Rioned 2007). Verondersteld wordt dat drukriolering niet of minder gevoelig is voor bodemdaling er dat daarvoor geen extra kosten gemaakt worden.

Nutskabels en leidingen: als vuistregel is gehanteerd dat bij 20 centimeter zakking de leidingen moeten worden opgehaald. De kosten worden geschat op 1 tot 2 euro per meter.

Dichtheden

Voor het bepalen van de dichtheden van wegen, rioleringen, nutskabels en -leidingen is onderscheid gemaakt tussen stedelijk en landelijk gebied. Voor het landelijk gebied zijn de kengetallen van de gemeente Vlist gebruikt (agrarische gemeente Zuid-Holland). Voor het stedelijk gebied is gekeken naar de kengetallen van de provinciestad Gouda (zie ook PBL 2015) en naar het totale stedelijk gebied in het studiegebied. Voor dat laatste is gebruikgemaakt van het nationale wegenbestand. Dit bestand bevat alle wegen.

Wegen: Het verharde oppervlakte is uitgedrukt in het aantal vierkante meters verhard oppervlak per hectare veenweidegebied, respectievelijk per hectare stedelijk gebied. Het uitgangspunt voor het landelijk gebied is 130 vierkante meter verhard oppervlak per hectare. De meerkosten voor wegonderhoud liggen daarmee tussen 90 en 300 euro per jaar. Voor de provinciestad Gouda is dat 500 vierkante meter verhard per hectare en komen de kosten uit op 350 tot 1.050 euro per hectare per jaar. De kosten in de grotere steden liggen met gemiddeld 1.400 vierkante meter verhard oppervlak per hectare bijna drie keer zo hoog als in Gouda. De extra kosten liggen dan tussen 1.000 en 3.400 euro per stedelijke hectare per jaar. Een onzekerheid blijft welk aandeel van de wegen in de bebouwde omgeving inmiddels stabiel is en waar als gevolg daarvan de frequentie voor onderhoud dus niet zozeer wordt bepaald door bodemzetting.

Voor de inschatting van de totale extra kosten van alle wegen, zowel op het platteland als in de steden, is gebruikgemaakt van het nationale wegenbestand. In het studiegebied ligt voor 17.000 kilometer aan wegen. Voor de berekening van de totale kosten zijn aanvullend inschattingen gemaakt over onder meer de gemiddelde wegbreedte (7 meter) en de gemiddelde zetting (2 tot 3 millimeter per jaar).

Rioleringen, nutskabels- en leidingen: Henkens (2016) geeft aan dat in het laagveengebied gemiddeld 16 meter vrijvervalriolering en 14 meter drukriolering ligt per hectare. Deze laatste dragen overigens nauwelijks bij aan de meerkosten. De meerkosten als gevolg van de slappe bodem voor rioolbeheer komen daarmee uit op 55 euro per hectare per jaar. In het stedelijk gebied ligt gemiddeld 86 meter vrijvervalriolering en 20 meter drukriolering, waarvan de eerste overwegend in het bebouwd gebied ligt en de laatste voornamelijk in het buitengebied. De gebruikte cijfers zijn afkomstig van de gemeente Gouda (2009). De meerkosten als gevolg van de slappe bodem voor rioolbeheer komen daarmee uit op 295 euro per hectare per jaar. Voor de berekening van herstelkosten van leidingen en kabels is in deze studie uitgegaan van dezelfde dichtheid aan kabels en leidingen als de riolering.

6 Areaal studiegebied

Tabel B10

Verdeling over landgebruik in het laagveenstudiegebied (in hectares)

	Agrarisch gras/mais	Natuur grasland	Landbouw overig	Natuur en bos	Stedelijk op veen	Water	Totaal areaal
Amstel, Gooi en Vecht	14.354	1.825	194	1.179	1.060	880	19.492
De Stichtse Rijnlanden	22.548	560	141	284	635	313	24.481
Fryslân	60.200	6.092	368	4.493	843	1.585	73.581
Hollands Noorderkwartier	16.866	2.085	39	1.062	895	884	21.831
Rijnland	14.348	994	1.490	1.027	1.356	846	20.061
Schieland en de Krimpenerwaard	11.141	1.116	40	286	676	202	13.461
Rivierenland	23.572	870	505	1.281	410	158	26.796
Het hele studiegebied	163.029	13.542	2.777	9.612	5.875	4.868	199.703

Tabel B11

Verdeling over bodemtypen in het laagveenstudiegebied (in hectares)

	Diepe veengrond	Klei op diepe veengrond	Klei op ondiepe veengrond	Ondiepe veengrond	Zand op diepe veengrond	Zand op ondiepe veengrond	Totaal areaal
Amstel, Gooi en Vecht	11.609	2.017	1.648	3.714	504	0	19.492
De Stichtse Rijnlanden	11.048	3.608	9.342	150	333	0	24.481
Fryslân	19.774	10.273	14.297	26.444	1.362	1.431	73.581
Hollands Noorderkwartier	15.706	4.391	931	796	7	0	21.831
Rijnland	8.937	137	2.414	1.402	5.869	1.302	20.061
Schieland en de Krimpenerwaard	10.811	479	1.666	249	159	97	13.461
Rivierenland	8.762	5.777	12.223	31	3	0	26.796
Het hele studiegebied	86.647	26.682	42.521	32.786	8.237	2.830	199.703

Noot

¹ <https://data.overheid.nl/data/dataset/tophoogtemd>.

Planbureau voor de Leefomgeving

Postadres
Postbus 30314
2500 GH Den Haag

www.pbl.nl
[@leefomgeving](https://twitter.com/leefomgeving)

november 2016