

## Impact droogte op funderingen



## Impact droogte op funderingen

### **Auteur(s)**

Sien Kok

Lilia Angelova

## Impact droogte op funderingen

<b>Opdrachtgever</b>	Verbond van verzekeraars
<b>Contactpersoon</b>	Timo Brinkman
<b>Trefwoorden</b>	Droogte, bodemdaling, funderingen, risico

### Documentgegevens

<b>Versie</b>	0.1
<b>Datum</b>	09-09-2020
<b>Projectnummer</b>	11205062-002
<b>Document ID</b>	-
<b>Pagina's</b>	35
<b>Status</b>	definitief

### Auteur(s)

	Sien Kok	
	Lilia Angelova	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.1	Sien Kok	Mandy Korff	Remon Pot	
	Lilia Angelova			

# Samenvatting

Naar schatting zijn er in Nederland 750.000-1.000.000 panden op een fundering van houten palen of op staal: deze zijn gevoelig voor bodemdaling en lage grondwaterstanden en daarmee voor droogte. De verwachting is dat de schade tot 2050 door paalrot en verschilzetting van panden gefundeerd op staal bij een onveranderd klimaat tussen 5 en 39 miljard € ligt. Door toename van droogte bij klimaatverandering (KNMI scenario WH+) kan dit met 3 tot 15 miljard € toenemen. Deze bedragen behelzen alleen het risico voor panden: schade aan infrastructuur zoals wegen, bruggen en nutsvoorzieningen door bodemdaling is hierin niet meegenomen. Bij het merendeel van de panden is de verwachte ordegrrootte van herstelkosten beperkt, tussen €500-10.000. Bij een kleiner deel van de panden zullen grondige herstelwerkzaamheden en/ of een nieuwe fundering nodig zijn: hier kunnen de kosten oplopen tot € 30.000-120.000.

## *Verzekeraarbaarheid*

In Nederland wordt schade door bodemdaling aan een huis niet gedekt via (opstal)verzekeringen. In andere landen is schade aan funderingen soms wel gedekt, zoals beperkt en onder strikte voorwaarden in het Verenigd Koninkrijk en via een (verplichte) publiek-private catastrofepool in Frankrijk. De Nederlandse situatie is echter dermate anders dat dergelijke verzekeringsoplossingen hier niet realistisch lijken. Bij het verplichten van een verzekering (in combinatie met andere schade-oorzaken) kunnen individuele schades wellicht worden opgevangen door het collectief aan deelnemers. Maar via dit solidariteitsmechanisme wordt de totale schadelast niet minder: de rekening wordt slechts verdeeld onder een groter aantal huizenbezitters. Voor het verlagen van de (toekomstige) kosten voor huizenbezitters zijn dan ook bestuurlijke keuzes nodig, bijvoorbeeld ten aanzien van het waterpeil. Zo wordt in landelijk gebied de bodemdaling immers voor een groot deel veroorzaakt door lokaal-politiek/bestuurlijke keuzes in het oppervlaktewaterpeil, die nu vaak ten gunste van agrariërs is ingesteld.

## *Impact droogte op woningen*

De droge perioden van 2018, 2019 en 2020 geven een voorproefje: het aantal schademeldingen nam toe, ook uit gebieden waar voorheen weinig problemen bekend waren. Hoewel droogte ook andere risico's met zich meebrengt voor huiseigenaren – zoals risico vanuit natuurbranden, of schade aan nutsvoorzieningen door verzakking – zijn schade aan houten paalfunderingen en funderingen 'op staal' de meest significante schadeposten voor huiseigenaren die door droogte beïnvloed worden. Twee van de vier klimaatscenario's van het KNMI wijzen erop dat Nederland in de toekomst in de zomer droger wordt.

## *Inzicht in risico*

Onderzoek naar de gevolgen van droogte op de bebouwde omgeving in Nederland staat nog in de kinderschoenen. In 2019 zijn eerste stappen gezet om het risico op funderingsschade door paalrot en verschilzetting van panden op staal in Nederland in kaart te brengen. In deze studie wordt:

1. Een overzicht gegeven van de resultaten van deze Quick Scan, inclusief een beeld van de ruimtelijke en temporele spreiding van het risico, en mogelijke impact van externe factoren;
2. Meer achtergrond en toelichting gegeven over de methodiek voor risicobeoordeling;
3. Achtergrondinformatie geboden in het licht van de verzekeraarbaarheid van dit risico, inclusief een beeld van ervaringen uit Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk.

## Inhoud

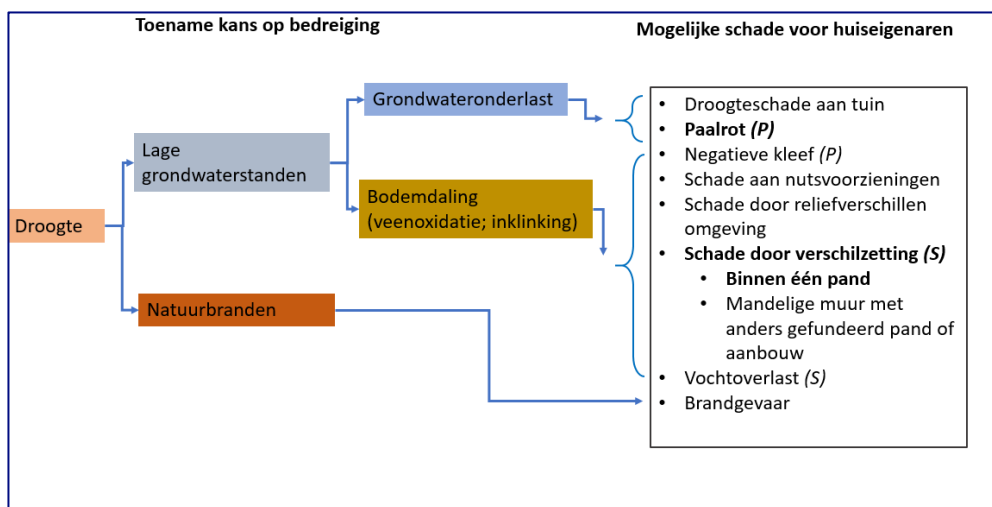
<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>6</b>
1.1	Impact droogte woningbestand	6
1.2	Funderingsproblematiek	7
1.3	Droogtegevoelige schademechanismen	7
1.4	Toename droogte bij klimaatverandering	8
1.5	Doel studie	9
<b>2</b>	<b>Omvang risico</b>	<b>10</b>
2.1	Landelijk schadebeeld	10
2.2	Ruimtelijke spreiding schade	13
2.3	Verspreiding schade over de tijd	14
2.4	Invloed externe factoren op risico	16
<b>3</b>	<b>Toelichting methode – beoordeling risico</b>	<b>19</b>
3.1	Algemene methodiek	19
3.2	Risicoanalyse Paalrot	20
3.3	Risicoanalyse Verschilzetting pand op staal	22
3.4	Relevante informatie voor risicobeoordeling	25
<b>4</b>	<b>Verzekeraarbaarheid funderingsrisico</b>	<b>27</b>
4.1	Nederlandse context	27
4.2	Ervaringen met verzekeren bodemdalingsschade buitenland	28
<b>5</b>	<b>Tot slot</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>Referenties</b>	<b>30</b>

# 1 Introductie

## 1.1 Impact droogte woningbestand

Tijdens de droge lentes en zomers van 2018, 2019 en 2020 heeft de ongewoon (langdurig) lage grondwaterstand in Nederland geleid tot duidelijk merkbare schade aan funderingen bij een onbekend aantal panden, met bijbehorende media-aandacht en toename in bewustwording van de problematiek (Schreuder, 2020). Droogte kan tot verschillende soorten schade in bebouwd gebied leiden (Hoogvliet et al., 2012), weergegeven in Figuur 1: een lage grondwaterstand, een (versnelling van) bodemdaling en gevaar op natuurbranden (voor meer toelichting, zie ook bijlage A.1). De meest ingrijpende gevolgen voor huiseigenaren zijn schade aan funderingen op houten palen en funderingen op 'staal' (een ondiepe fundering<sup>1</sup>). Daarnaast kan er schade ontstaan aan nutsvoorzieningen zoals rioolaansluitingen, droogteschade aan tuinen en – een indirect effect – vochtoverlast bij verzakte op staal gefundeerde panden in natte perioden. Huizen die dicht bij of in hei of bosgebieden gebouwd zijn hebben risico op brandgevaar, zoals bijvoorbeeld in 2020 bleek bij de branden in Limburg bij Herkenbosch.

Onderzoek naar de gevolgen van droogte in stedelijk gebied in Nederland staat nog in de kinderschoenen: veel aandacht is in afgelopen decennia uitgegaan naar het in kaart brengen en beperken van de gevolgen van wateroverlast. **Afgelopen jaar zijn eerste stappen gezet om het risico op funderingsschade door paalrot en vershilzetting in Nederland in kaart te brengen (zie [www.klimatschadeschatter.nl](http://www.klimatschadeschatter.nl)): dit zijn ook naar verwachting de meest significante posten. Deze rapportage bevat specifieke toelichting en een overzicht van de resultaten voor het risico op funderingsschade dat door droogte kan worden veroorzaakt of verergerd.**



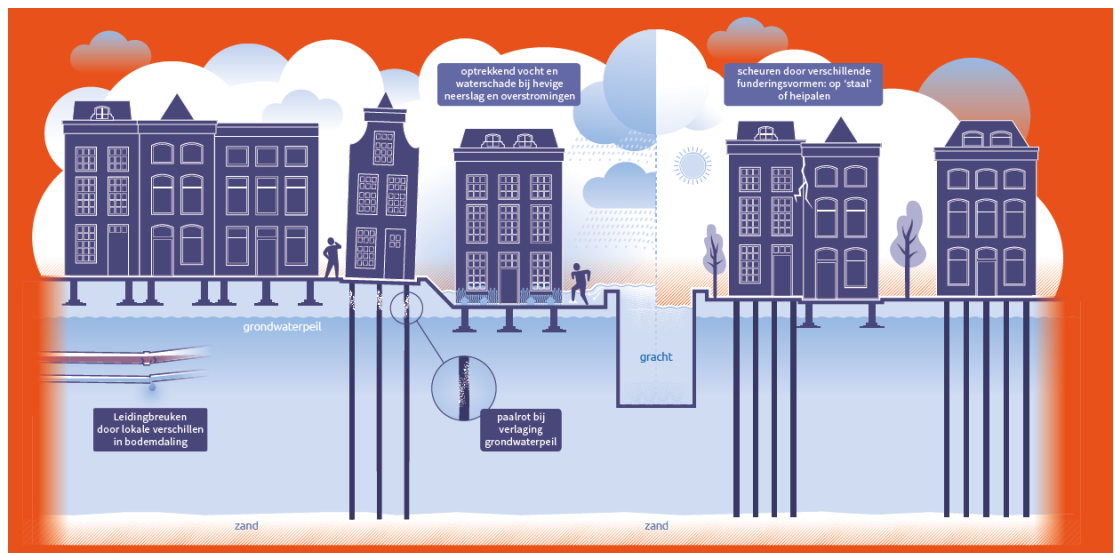
Figuur 1 Mogelijke schade door droogte voor huiseigenaren

<sup>1</sup> Een fundering "op staal" is een ondiepe fundering, meestal van metselwerk of beton. Het woord "op staal" verwijst naar het oud Nederlandse "opstal" en niet naar het materiaal staal zoals we dat uit de hoogovens kennen.

## 1.2 Funderingsproblematiek

Ordegrootte  
problematiek

Dat veel panden in Nederland risico hebben op funderingsschade is al langer bekend; tussen de 750.000 en 1.000.000 panden staan naar verwachting op een fundering die gevoelig kan zijn voor bodemdaling en lage grondwaterstanden: ze staan op houten palen of een ondiepe fundering 'op staal' (Hoogvliet et al., 2012; Van Workum & de Jong, 2019). Naast bodemdaling en lage grondwaterstanden zijn er ook andere bedreigingen voor de funderingen van deze panden: (anaerobe) bacteriële aantasting van houten palen, aardbevingen en tektonische beweging. Eerdere studies naar de omvang van het risico op landelijk niveau schatten verwachte herstelkosten tussen € 5-60 miljard tot 2050 (Born et al., 2016; Hoogvliet et al., 2012; Leusink, 2018; Van Workum & de Jong, 2019). Naast structurele schade aan een pand door funderingsproblemen kan verzakking ook voor schade door vochtoverlast en waterschade leiden, en breuken aan nutsvoorzieningen zoals riolering en drinkwater (Figuur 2).



Figuur 2 Illustratie schademechanismen in relatie tot (grond)water en zetting in de binnenstad van Gouda. Bron: Gouda, folder Stevige Stad

Verantwoordelijk  
heden

In Nederland is in principe de huiseigenaar verantwoordelijk voor de aanpak van funderingsproblemen. In situaties waar kan worden aangetoond dat de problemen ontstaan door een ingreep van derden in de nabije omgeving – zoals werkzaamheden waarvoor een lokale (grond)waterstandsverlaging nodig is – kan schade worden verhaalt bij deze derden. In het merendeel van de gevallen is de schade echter het gevolg van een langzaam proces waarbij externe factoren als langdurige droogte een versnelling in gang kunnen zetten.

Beschikbaarheid  
verzekering

Hoewel schade door neerslag vaak gedekt is via een woonhuisverzekering, is dat in Nederland niet het geval met verzakkingsschade, die vaak gerelateerd is aan droogte (De Vereende, 2020; zie ook sectie 4.1). In enkele andere landen, zoals het Verenigd Koninkrijk en Frankrijk, wel verzekeringsproducten beschikbaar die verzakkingsschade dekken (CIOB, 2018; zie ook sectie 4.2). Het gaat hier met name om gebieden waar een specifiek soort (krimpende) kleilagen voorkomt

## 1.3 Droogtegevoelige schademechanismen

Paalrot en  
verschilzetting

Tot de jaren '70 is in Nederland op klei – en veengronden gebruik gemaakt van funderingen 'op staal' en houten paalfunderingen. Op een ondergrond met weinig draagkracht zoals klei of veen zijn deze funderingen gevoelig voor beschadiging als gevolg van zetting en lage grondwaterstanden. Schade aan panden met een ondiepe fundering kan vooral ontstaan als het

pand bij bodemdaling niet gelijkmatig maar scheef zakt. Dit kan veroorzaakt worden door verschillen in bodemsamenstelling of grondwaterstand, en verschillen in belasting. Houten paalfunderingen kunnen beschadigen door zakkende grond die aan de palen hangt (*negatieve kleeft*), bacteriële aantasting en, als het funderingshout droog komt te staan, schimmelaantasting (*paalrot*). Omdat het veelal om trage processen gaat, kan het zijn dat pas na decennia (significante) schade ontstaat. Bij aantasting door paalrot verliezen palen hun draagkracht na een gemiddelde cumulatieve droogtestand<sup>2</sup> van 10-20 jaar verzakt het pand.

Risicofactoren  
funderingsschade

Of een willekeurig pand risico heeft op funderingsproblematiek is van veel factoren afhankelijk: op welk type fundering staat een huis, hoe gevoelig is de locatie voor bodemdaling en verschildzetting, hoe fluctueert de grondwaterstand? Vaak is niet bekend op welke fundering een huis staat, en wat de huidige kwaliteit van de (houten palen) fundering is – mogelijk is deze in het verleden al eens hersteld. Op hoofdlijnen kan op basis van leeftijd en type ondergrond worden ingeschat of een pand op een gevoelige fundering staat: staal of houten palen. Maar daarmee is er nog geen probleem: dat ontstaat pas als de grondwaterstand (langdurig) onder de bovenkant van het funderingshout zakt, of als er bodemdaling plaatsvindt met ongelijkmatige belasting van een pand of de fundering tot gevolg (verschildzetting, negatieve kleeft).

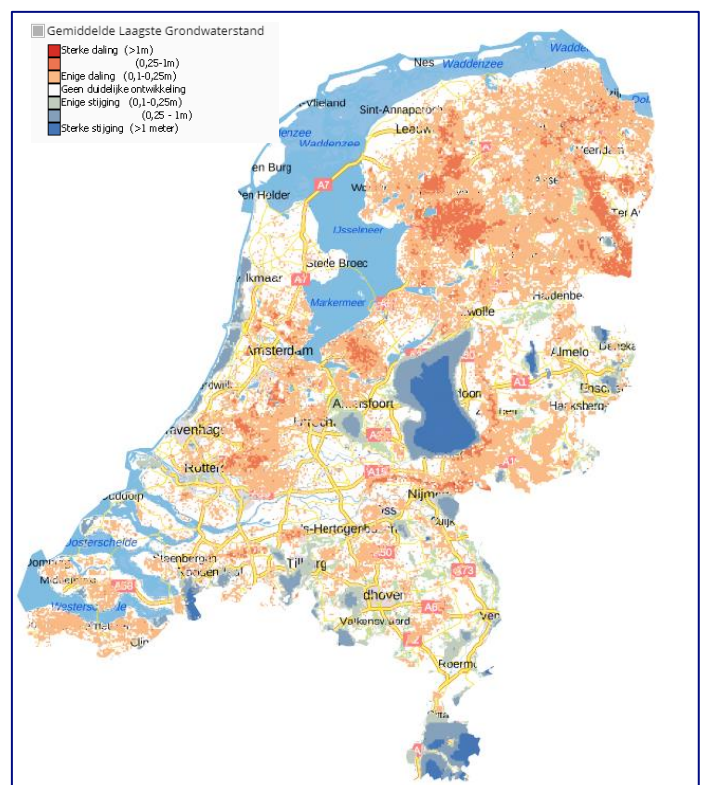
## 1.4 Toename droogte bij klimaatverandering

Zowel bij panden op staal als bij panden op houten paalfundering kan schade versneld ontstaan bij een plotselinge grondwaterverlaging of zetting door werkzaamheden. Ook een droger klimaat kan funderingsproblematiek door sterkere bodemdaling en lagere grondwaterstanden in gang zetten of versnellen. Twee van de vier klimaatscenario's van het KNMI (GH en WH) wijzen erop dat Nederland in de toekomst droger wordt (Klein Tank, Lenderink, & (red), 2016), en recent onderzoek lijkt erop te wijzen de ontwikkelingen inderdaad deze kant op gaan.

Impact  
klimaat  
verandering/  
droogte

Daarbij is de verwachting dat er vaker droge zomers zullen voorkomen, en dat de droogte een grotere intensiteit heeft. Daarnaast is de verwachting dat het met name in het binnenland droger zal worden en in het kustgebied juist iets natter (KNMI, 2018).

De grotere droogte leidt in de meeste gebieden tot een verlaging van de gemiddelde lage grondwaterstand (Figuur 3), en de laagste grondwaterstand bij een extreem droge zomer.



<sup>2</sup> De som van het aantal dagen/ jaren dat een paal droog heeft gestaan sinds de installatie.



## 1.5 Doel studie

*Doel studie*

In 2019 heeft Deltares een systematische methode ontwikkeld voor risicoanalyse van paalrot en

verschilzetting van panden op staal in Nederland (Costa, Kok & Korff, 2020), en deze in een Quick Scan op basis van landelijk beschikbare data en expert schattingen toegepast om voor heel Nederland het risico te berekenen. Daarbij is ook een inschatting gemaakt van de mogelijke toename in verwachte schade door klimaatverandering. Deze informatie is relevant voor de verzekeringssector: het geeft een eerste beeld van de omvang en verspreiding van het risico door droogte op het woningbestand in Nederland, als input voor eventuele stappen richting verzekeringsproducten.

*Figuur 3 Gemodelleerde verandering GLG in scenario WH in 2050 ten opzichte van huidige GLG. (Hunink et al., 2018 ; gepubliceerd op [www.klimaat-effectatlas.nl](http://www.klimaat-effectatlas.nl))*

In deze rapportage worden:

- De resultaten van de Quick Scan ontsloten ten behoeve van het maken van een inschatting van mogelijkheden voor het verzekeren van risico op funderingsschade (door droogte) in Nederland
- Meer achtergrond en toelichting gegeven over de methodiek voor risicobeoordeling en duiding van de resultaten
- Relevante achtergrondinformatie geboden in het licht van verzekerbaarheid van het risico.

*Achtergrond cijfers*

De resultaten bieden inzicht in de ordegrrootte van het risico op funderingsschade door paalrot en verschilzetting van panden op staal. 'Risico' wordt hierbij gedefinieerd als de kans op een bepaalde bedreiging x blootstelling x gevolg, en wordt uitgedrukt in nominale verwachte schade tot 2050 op basis van herstelkosten in euro's. Innovatief is daarbij dat voor het eerst een duidelijk gedocumenteerde methode is ontwikkeld, en dat er hiermee inzicht is verkregen in de ruimtelijke spreiding van het risico over gemeenten in Nederland, de implicaties van klimaatverandering en een eerste indicatie van de mogelijke relatieve aandeel van de verschillende schademechanismen.

*Leeswijzer*

In hoofdstuk 2 worden de resultaten uit deze studie samengevat en toegelicht. In hoofdstuk 3 staat een korte introductie van de gebruikte methode en achterliggende om het risico te beoordelen. Hoofdstuk 4 bevat enkele overwegingen en relevante ervaringen uit vergelijkbare context over de verzekerbaarheid van het risico op funderingsschade. Hoofdstuk 5 concludeert.

## 2 Omvang risico

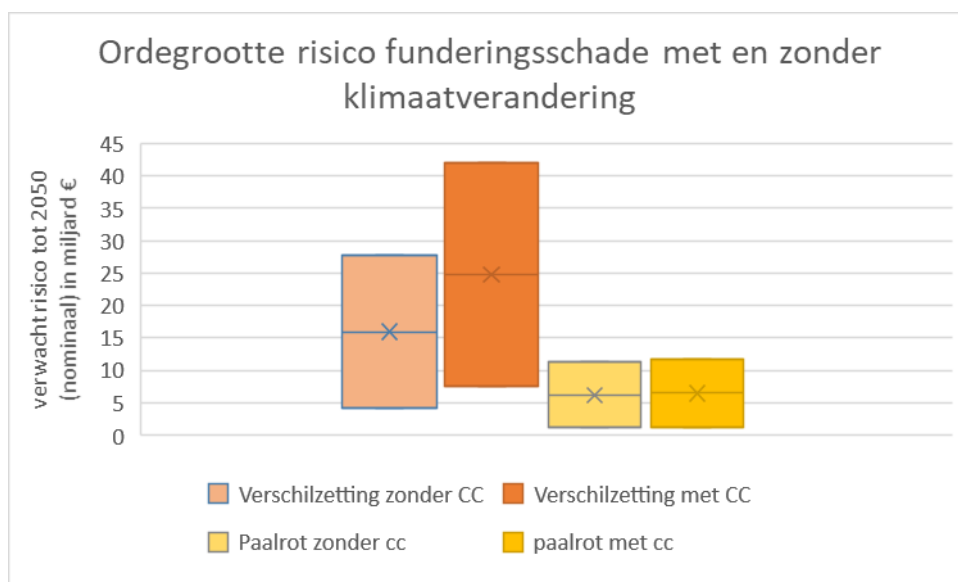
### 2.1 Landelijk schadebeeld

#### Uitgangspunten

In de QuickScan (beschreven in hoofdstuk 3) is voor elke gemeente berekend i) hoe hoog de nominale te verwachten schade door paalrot en/of verschildzetting van panden op staal is tot 2050 en ii) tot hoeveel extra schade klimaatverandering kan leiden. Hierbij is klimaatscenario WH+ gebruikt, waarbij een droger klimaat verwacht wordt. Het uitgangspunt is dat schade - van scheuren in muren, klemmende deuren en kozijnen tot volledig funderingsherstel – éénmaal hersteld wordt, ergens in de periode tussen het bouwjaar van een pand en 2050.

#### Verwachte schade Nederland in 2050

Figuur 4 geeft de verwachte schade aan paalrot en verschildzetting van panden op staal met en zonder klimaatverandering grafisch weer. In het kort is de verwachting dat schade door paalrot en verschildzetting op staal bij een onveranderd klimaat tussen 5 en 39 miljard € ligt, en dat deze door toename van droogte bij klimaatverandering met 3 tot 15 miljard € toeneemt.



Figuur 4 Verwachte schade door verschildzetting en paalrot

#### Onzekerheden in analyse

**De onzekerheid van deze schatting is erg groot door ontoereikende data.** Zo is in de praktijk vaak onbekend op welk type fundering een pand staat. Vanwege de vele onzekere aannames in de analyse is het heel goed mogelijk dat met voortschrijdend inzicht een ander schadebeeld ontstaat – bijvoorbeeld meer schade door paalrot, een sterkere impact van klimaatverandering of juist een lager schadebeeld door lokale factoren die nu niet meegenomen zijn.

#### Toelichting schadeklassen

Schade die ontstaat door verzakking wordt in 5 schadeklassen onderverdeeld die volgen uit de (inter)nationale literatuur (Tabel 1). In de Quick Scan risicoanalyse wordt voor elk pand in Nederland een inschatting gemaakt van het verwachte schadeniveau in 2050. Het risico in € wordt vervolgens bepaald aan de hand van kosten van herstelwerkzaamheden. Deze kosten kennen een relatief grote bandbreedte. Met name voor het herstel van een houten paalfundering kunnen de kosten flink oplopen. Dit is afhankelijk van de kwaliteit van het gebouw, toegankelijkheid van de fundering – in veel gevallen moet de begane grond ontruimd worden om bij de fundering te

kunnen – en de grootte van het gebouw (Veldkamp, 2012). Recente krapte op de bouwmarkt heeft de prijzen tevens sterk opgedreven.

Schade klasse	Schade	Herstelwerkzaamheden	Min herstelkosten/ pand €	Max herstelkosten/ pand €
D0/D1	Geen tot kleine scheuren in binnenmuur tot 1 mm breed.	Schilderwerk binnen	500	2.000
D2	Scheuren in binnen en buitenmuur tot 5 mm, licht klemmende deuren en ramen	Schilderwerk binnen, opvullen/ herstel scheuren (buiten), huur van steigers	500	5000
D3	Scheuren met 5-15 mm breedte, klemmende deuren en ramen, mogelijk schade aan leidingen.	Schilderwerk binnen, opvullen/ herstel scheuren (buiten), huur van steigers, herstel pleisterwerk	2.000	10.000
D4	Scheuren met 15-25 mm breedte; muren hangen of bollen; verlies draagkracht. Schade aan leidingen. Sterk klemmende deuren en ramen.	Schilderwerk binnen, opvullen/ herstel scheuren (buiten), huur van steigers, herstel pleisterwerk, herstel kozijnen, vloeren, mogelijk nieuwe muren	10.000	60.000
D5	Scheuren > 25 mm. Muren verliezen draagkracht, ramen breken, gevaar voor instabiliteit.	Schilderwerk binnen, opvullen/ herstel scheuren (buiten), huur van steigers, herstel pleisterwerk, herstel kozijnen, vloeren, muren, herstel fundering	30.000	120.000

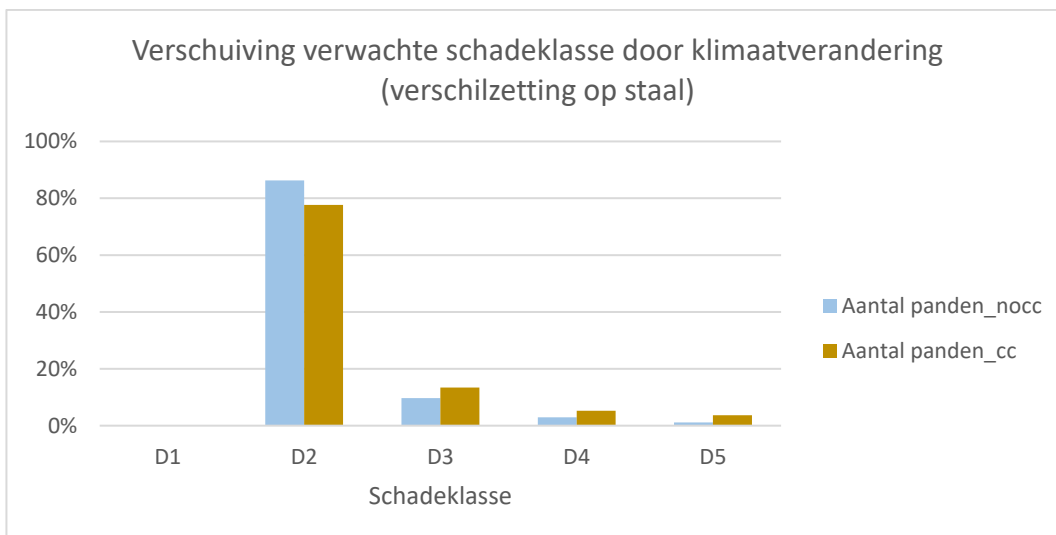
Tabel 1 Overzicht van schadebeeld (Burland & Wroth, 1974) en benodigde herstelwerkzaamheden en – kosten per schadeklasse, uitgaande van de gemiddelde inhoud per pand<sup>3</sup> in Nederland: 200 m<sup>3</sup>. Inschatting herstelkosten: KCAF<sup>4</sup>.

#### Verandering verwacht aantal panden per schadeklasse met klimaatverandering

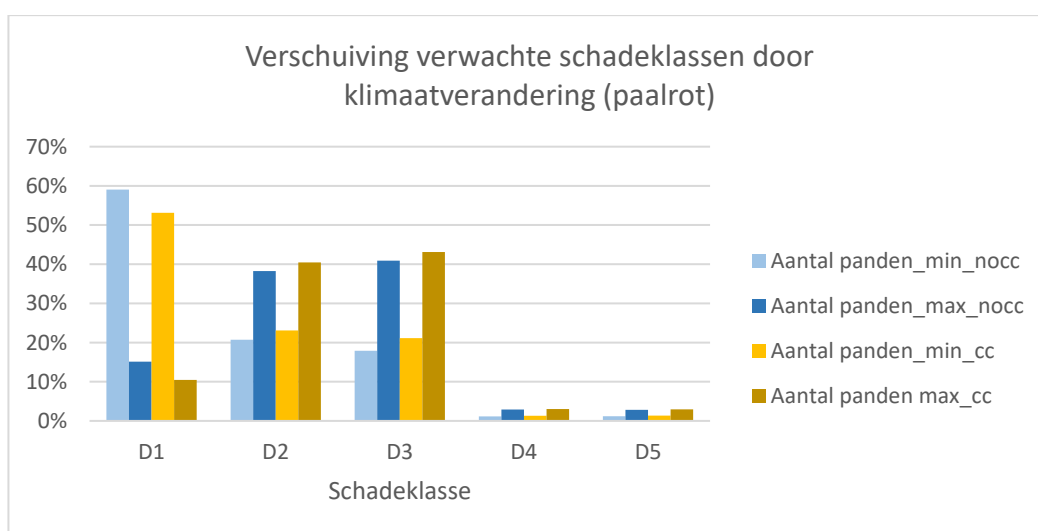
In Figuur 5 en Figuur 6 wordt een overzicht gegeven van hoe het aantal panden in schadecategorie 1 t/m 5 verschuift door toedoen van een droger klimaat. Zoals verwacht neemt het aantal panden in lage schadeklassen iets af, en komen deze in hogere schadeklassen terecht.

<sup>3</sup> Herstelprijzen en daarmee resultaten van de Quick Scan zijn gebaseerd op schade per pand, niet op woning. Zeker in steden zijn er vaak meerdere woningen per pand, waarvan eigenaren gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor funderingsherstel.

<sup>4</sup> De bandbreedte in deze prijzen is erg groot. Deels is dit een bewuste keuze: in veel andere stappen in de methodiek is een onzekere aanname gedaan, waarmee zonder een bandbreedte te hanteren een valse indruk van zekerheid gewekt zou worden. Bij een beter inzicht in de gevoeligheid van alle elementen in de analyse zou een verdere specificatie van de herstelkosten mogelijk zijn. Dit kan bijvoorbeeld door verwachte schade op basis van oppervlak of inhoud van een pand te berekenen, in plaats van zoals nu gemiddelde inhoud over heel NL. Daarnaast zouden aannames gedaan kunnen worden over tussentijds schadeherstel (nu is de aanname van eenmalig herstel gedaan): mogelijk leidt de aanname van eenmalig herstel nu namelijk tot een onderschatting van totale verwachte schade (ter illustratie: zie Figuur 9).



Figuur 5 Overzicht van verwachte verschuiving aantal panden per schadecategorie door klimaatverandering (cc) bij verschilzetting op staal

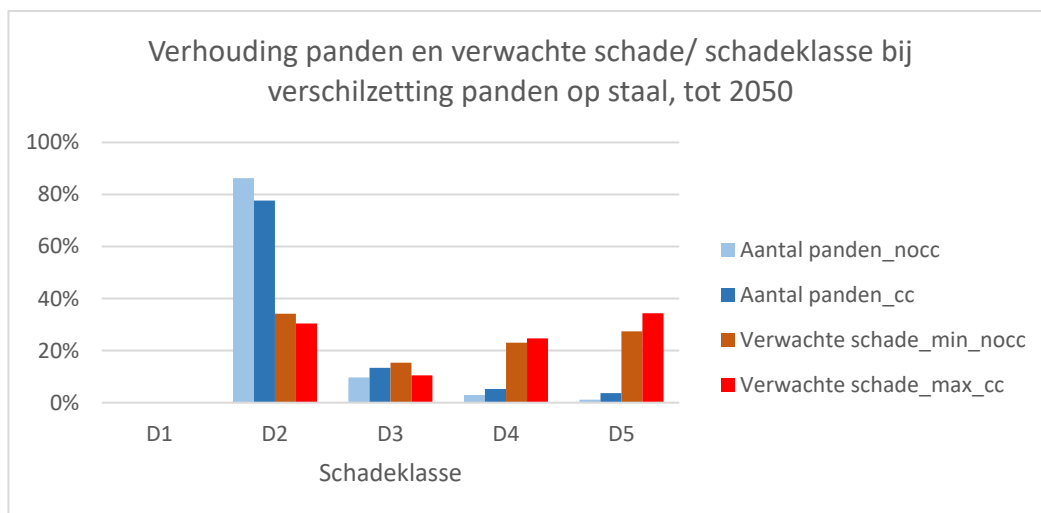


Figuur 6 Overzicht van verwachte verschuiving aantal panden per schadecategorie door klimaatverandering (cc) bij paalrot. Schade inclusief klimaatveranderingen is in geeltinten, schade zonder klimaatverandering in blauw.

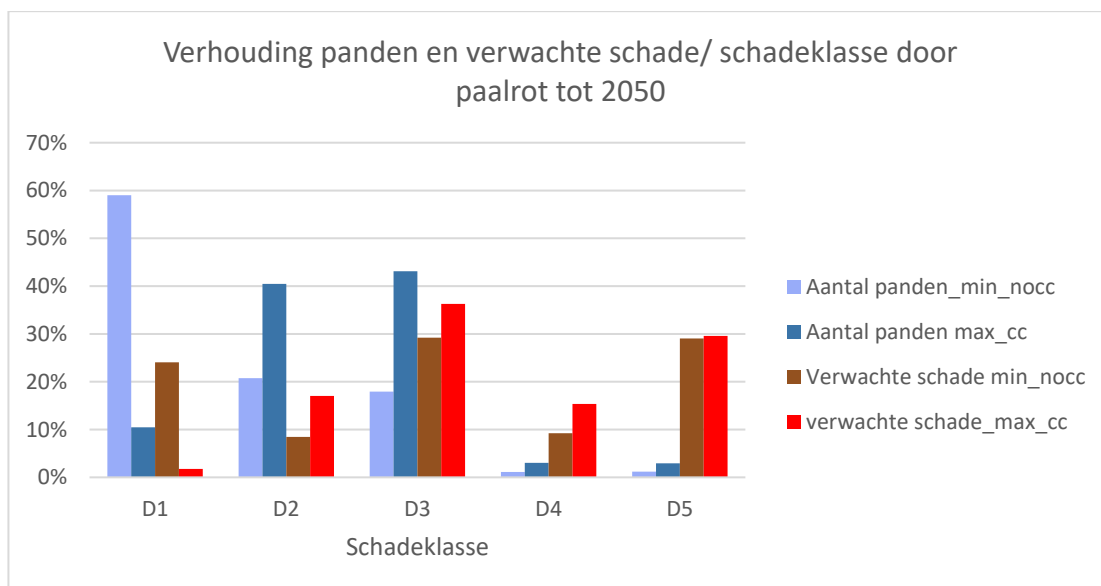
#### Verhouding verwachte schade in % tot aantal panden per schadeclass

In Figuur 7 en Figuur 8 wordt een overzicht gegeven van hoe het aantal panden in schadecategorie 1 t/m 5 zich verhoudt tot de verwachte schade in % ten opzichte van respectievelijk het totaal aantal panden en het totaal verwachte schade in €. Zoals te verwachten bevindt het merendeel van de panden zich in lagere schadeclass (D2 en D3). De totale verwachte schade is min of meer gelijkmatig verdeeld over schadeclass D2-D5: hoewel er minder panden in hogere class (4 en 5) zijn, zijn herstellkosten daar hoger.

Bij verschilzetting van panden op staal (Figuur 7) verschuift het schadebeeld door klimaatverandering iets: veel panden komen naar verwachting in een hogere schadecategorie, waardoor in verhouding ook meer schade in hogere schadecategorieën valt. Bij paalrot (Figuur 8) is dat beeld iets anders: naar verhouding komen er een stuk minder panden in lage schadecategorie D1 uit ten behoeve van een stijging in D2 en D3, zodat naar verhouding het merendeel van de schade in (€) in deze categorieën terecht komt – en procentueel (niet nominaal) gezien zelfs iets afneemt in de hoogste class, D5.



Figuur 7 Beeld van de verhouding tussen aantal panden in een bepaalde schadecategorie, en de verwachte schade in % tot 2050 voor schade door verschilzetting van panden op staal, met en zonder klimaatverandering (climate change - 'cc' en 'nocc')



Figuur 8 Beeld van de verhouding tussen aantal panden in een bepaalde schadecategorie, en de verwachte schade in € tot 2050 voor schade door paalrot, met en zonder klimaatverandering (cc).

## 2.2 Ruimtelijke spreiding schade

Ruimtelijk  
beeld

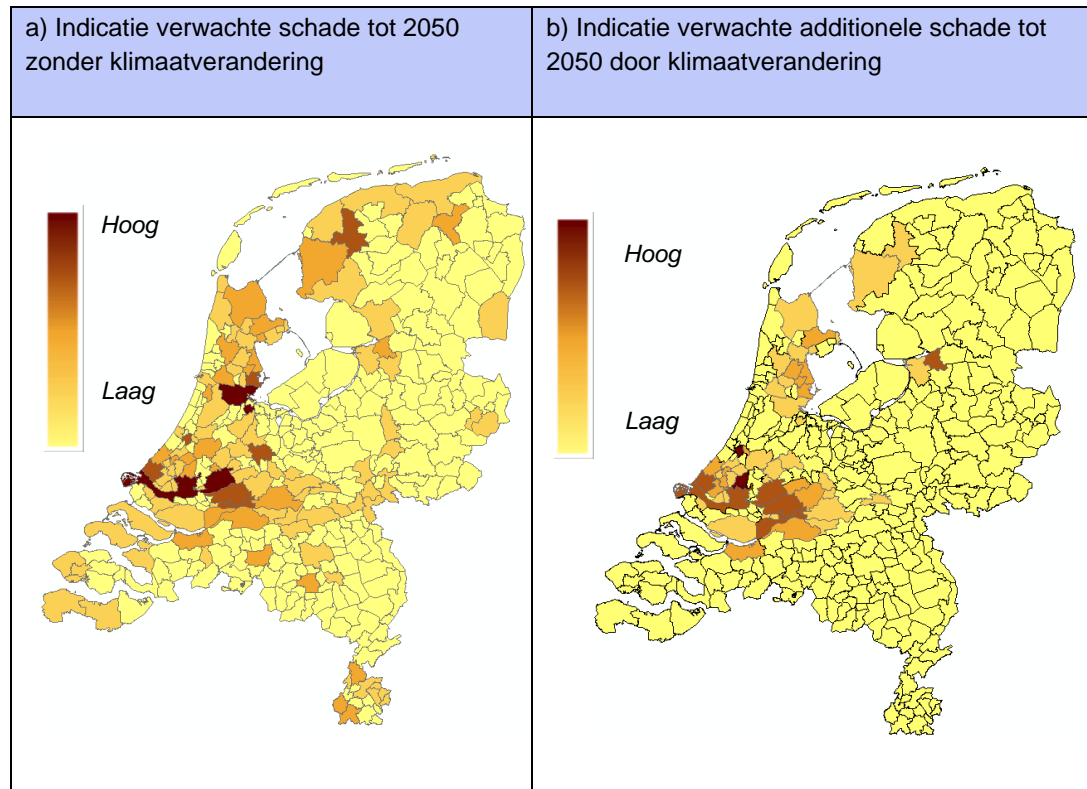
Bekende gebieden waar paalrot voorkomt zijn Zuid – en Noord-Holland: in gemeenten als Rotterdam en Amsterdam is de problematiek al decennia bekend en onderzocht. Van problemen met funderingen op staal is minder bekend. Dit kan met name voorkomen in gebieden met zeelei (bijv. Zeeland, Friesland, Groningen), en gebieden met rivierklei, waaronder het Rivierengebied in Midden-Nederland en langs de Maas in Limburg. Een droger klimaat vergroot de kans op problemen op plaatsen waar i) grondwaterstanden sterk kunnen wegzakken, ii) gronden op klei, die bij droogte sterker krimp-zwel gedrag kunnen vertonen (Bronswijk & Evers-Vermeer, 1987; de Lange et al., 2009), of iii) veengronden, waar oxidatie mogelijk tot extra zetting leidt. De implicaties

van droogte op een versnelling in de bodemdalingssnelheid over de tijd zijn in de huidige analyse – bij gebrek aan voldoende data – niet ruimtelijk gedifferentieerd.

In bijlage 6A.2 is in Tabel 9 en Tabel 10 de ruimtelijke spreiding per schademechanisme te vinden.

Tot hoeveel extra schade klimaatverandering kan leiden verschilt per gemeente (Tabel 2). In sommige gevallen verdubbelt de verwachte schade, in andere gebieden is het verschil verwaarloosbaar. Met name het westen van het land, Friesland en het westen van Overijssel lijken op basis van de analyse extra gevoelig voor klimaatverandering.

Impact  
klimaat-  
verandering



Tabel 2 Ruimtelijke spreiding risico (in €) op funderingsproblematiek door paalrot of verschilzetting van panden op staal over het land. Deel a) toont de resultaten van de Quick Scan risicoanalyse tot 2050 zonder klimaatverandering; deel b) toont verwachte additionele schade door klimaatverandering tot 2050

## 2.3 Verspreiding schade over de tijd

In de huidige analyse wordt verwachte schade van bouwjaar tot 2050 berekend op basis van het maximale verwachte schadeniveau in 2050. Er is daarmee geen beeld op hoe deze schade zich over de tijd zal manifesteren: hoewel hier op het niveau van een enkel pand wel iets over te zeggen valt, zijn er verschillende trends op landelijk niveau die het voordoen van schade over de tijd kunnen versnellen of vertragen. Daarbij spelen de leeftijd van panden en ontwikkelingen in klimaat – bodemdaling en grondwaterstanden – een belangrijke rol.

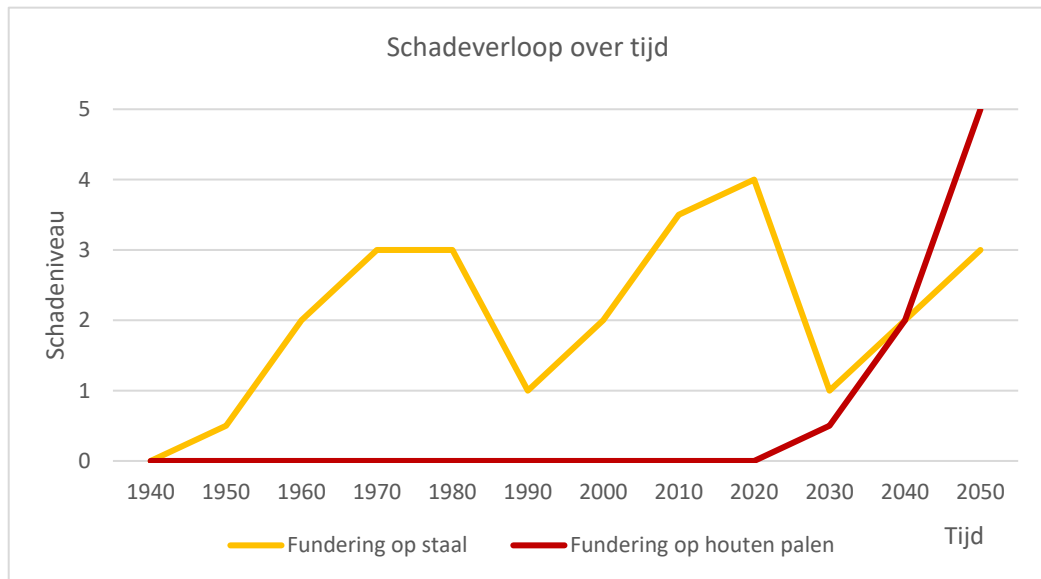
### Paalrot

Paalrot is een langdurig proces waarbij pas in een vrij vergevorderd stadium problemen merkbaar worden aan het bovengelegen pand – het schadepatroon verloopt exponentieel met de cumulatieve droogstand van de palen (Figuur 9).

Dit is nog niet opgenomen in het model: daar wordt uitgegaan van een lineair schadeverloop met toenemende cumulatieve aantasting. De mate van aantasting hangt voornamelijk af van hoe vaak en hoe lang de aantasting door schimmels duurt: deze worden actief als de grondwaterstand

Schadeverloop  
per pand bij  
paalrot

onder het hout is gezakt en er zuurstof bij de palen kan – dat laatste gaat in een zandige ondergrond sneller dan in klei, waarin vocht langer blijft hangen.



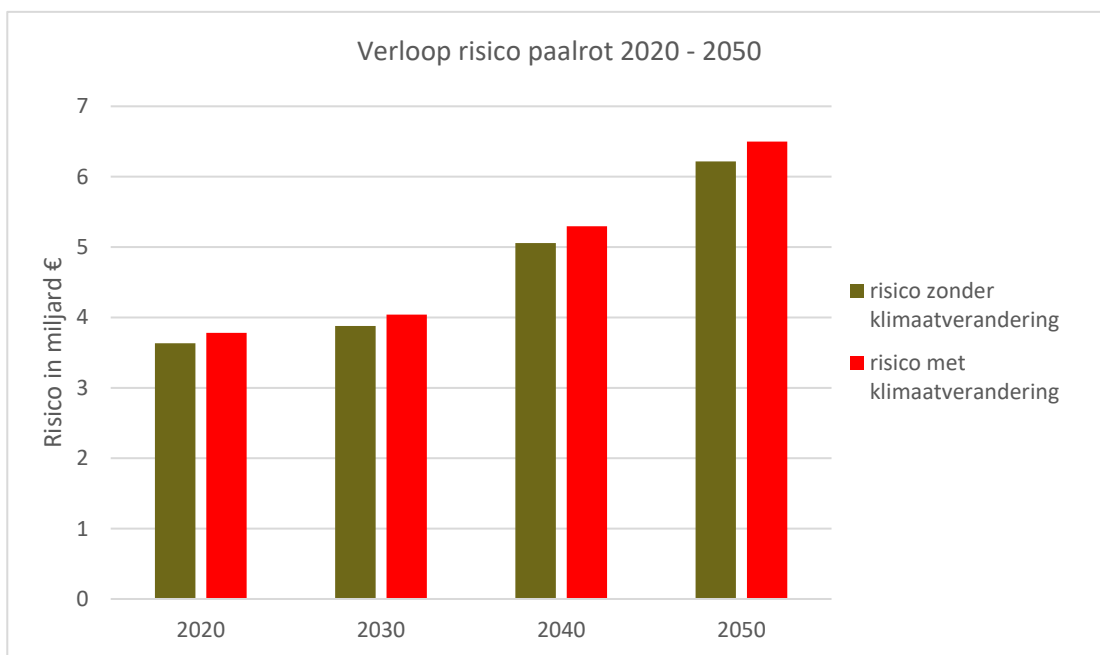
Figuur 9: voorbeeld van mogelijk schadeverloop over de tijd bij een pand met een fundering op staal of houten palen

Landelijk  
schadeverloop  
over de tijd -  
paalrot

Over heel Nederland genomen zou de degradatiegraad van palen gekoppeld kunnen worden aan de leeftijd: hoe ouder, hoe groter de kans dat palen al verder aangetast zijn. Daarmee zou ook de verwachting kunnen zijn dat er een uitfasering van 'slechte' funderingen zal zijn, naarmate een steeds groter deel van het areaal hersteld is. In recente decennia is steeds minder gebruik gemaakt van houten palen – deze zijn tot ongeveer 1970 op grote schaal toegepast.

Het is onbekend welk deel van het areaal reeds hersteld is. Op basis van de aannames en beschikbare data in de huidige analyse (zie sectie 3.2) lijkt het risico in de periode 2030-2050 toe te nemen (Figuur 10). Met klimaatverandering stijgt het risico naar de toekomst nog verder<sup>5</sup>: door een toename van droogte door zullen in de toekomst ook panden die eerder door een hoge grondwaterstand weinig aantasting of een lage degradatiesnelheid hadden, nu een hoger risico gaan lopen. De hoeveelheid houten paalfunderingen die kans hebben op droogstand en daarmee degradatie neemt dus toe over de tijd.

<sup>5</sup> Om het risico onder klimaatverandering te berekenen is voor de gehele periode (2020-2050) uitgegaan van de prognose GLG in 2050 onder klimaatscenario WH.



Figuur 10 Verspreiding van het risico op paalrot: cumulatief risico in miljard €, gerekend vanaf het bouwjaar van panden. Het risico in 2020 moet als volgt gelezen worden: dit is het risico op schade (kans x gevolg) vanaf het bouwjaar van panden tot nu. Dit risico bestaat daarmee uit in het verleden reeds herstelde funderingen en (nog) niet herstelde schade.

Schadeverloop per pand bij fundering op staal

#### Verschilzetting panden op staal

Op pandniveau ontwikkelt schade zich lineair met de mate van vervorming van het pand. Dat is weer vrij direct gekoppeld aan droogte en bodemdaling. In de risicobeoordeling is nu aangenomen dat er over de tijd een constante zettingsnelheid is. Dat is waarschijnlijk in de meeste gevallen niet het geval: in droge perioden gaat het sneller, in natte perioden juist niet.

Landelijk schadeverloop over tijd fundering op staal

Over heel Nederland is daarmee te verwachten dat bij een droger klimaat schade door verschilzetting bij panden op staal gaat toenemen. Anders dan bij houten paalfundering is er geen of weinig sprake van uitfasering<sup>6</sup> – een fundering op staal kan wel (tijdelijk) gestabiliseerd worden, maar het aanleggen van een nieuwe fundering is erg kostbaar en daarmee weinig aantrekkelijk. Het schadepatroon over de tijd ziet er dus meer uit als een zaagtand: na herstelwerkzaamheden zal door verdere deformatie opnieuw schade ontstaan (Figuur 9).

## 2.4 Invloed externe factoren op risico

Er zijn verschillende externe factoren die de timing en de ordegrrootte van het risico op schade kunnen beïnvloeden. Een belangrijk element is het weer: bij een fundering op staal kan een stevige droogte tot een versnelling van schade leiden. Dit was ook heel tastbaar in de toename van schademeldingen die tijdens de afgelopen jaren bij het Kenniscentrum Aanpak Funderingen binnenkwamen (Van Workum & de Jong, 2019).

<sup>6</sup> Alleen door het slopen en opnieuw bouwen van panden kan op langere termijn uitfasering ontstaan.



*Externe factoren op gebied/ landelijk niveau*

Naast klimatologische invloeden kunnen ook kunstmatige ingrepen in het fysische systeem impact hebben op de kwaliteit van veel funderingen tegelijk – denk hierbij bijvoorbeeld aan een nieuw peilbesluit in een polder, of herstel of aanleg van een riolering. In beide gevallen kan het zowel positief als negatief uitpakken, afhankelijk van de fundering: een huis op houten palen is gebaat bij een hoge grondwaterstand, terwijl dit juist tot vochtproblematiek kan leiden bij (steeds lager liggende) panden op fundering op staal. Panden op staal zijn vooral gebaat bij een zo stabiel mogelijke grondwaterstand, zodat er geen versnelling in zetting te optreedt.

*Drainage – infiltratie riolering in Gouda*

In het kader van het Kaderplan Aanpak Bodemdaling voor de binnenstad van Gouda is uitgezocht wat de gevolgen van de aanleg van een zogeheten DIT riolering zou zijn voor de grondwaterstanden in de binnenstad. Een DIT riolering is een hemelwaterriool dat water zowel kan afvoeren als vanuit het oppervlaktewater kan invoeren, en zorgt daarmee voor een relatief stabiel grondwaterpeil. Voor de binnenstad van Gouda – met een ongestructureerde mengeling van panden op houten palen en op staal – is dit bij uitstek een geschikte ingreep omdat het bij droogte het grondwater relatief hoog houdt, en in natte perioden juist iets lager zodat er geen vochtoverlast ontstaat bij lager gelegen panden.

Als een dergelijke beleidsmatige beslissing aanwijsbaar tot funderingsschade leidt is er in veel gevallen wel een compensatieplicht – de gemeente of het waterschap is verantwoordelijk voor de eventueel ontstane schade. Dit is onder andere afhankelijk van historische peilbesluiten – in veel gevallen is in afgelopen eeuwen periodiek het peil aangepast aan de bodemdaling, om een zelfde drooglegging te handhaven. In wezen betekent dit dat sinds er huizen gefundeerd worden op houten palen, deze langzaam dichter richting het oppervlak en de grondwaterstand komen te liggen.

Een andere factor die landelijk of per gebied het risico kan beïnvloeden zijn prijsontwikkelingen op de markt voor herstelwerkzaamheden aan panden. Hierbij spelen bijvoorbeeld trends in constructieprijzen, materiaalgebruik, innovatie en regelgeving een rol, maar ook golfbewegingen in de economie en vraag-aanbod verhoudingen op de bouwmarkt. Dit kan tot tijdelijke of langdurige wisselingen leiden in prijsontwikkeling. Zo zijn bij de prijzen van nieuwbouw de afgelopen jaren materiaal en arbeidskosten gestegen door nieuwe regelgeving, maar recentelijk door innovatie weer afgenomen (Verbond van Verzekeraars, 2019). Afgelopen jaren zijn kosten voor het herstellen van een fundering sterk gestegen door de krapte op de bouwmarkt.

#### *Externe factoren op lokaal niveau*

Los van de hierboven beschreven externe factoren die op gebieds- of landelijk niveau de orde grootte en timing van het risico kunnen beïnvloeden, zijn er ook factoren op het niveau van het pand zelf die van invloed zijn op het risico<sup>7</sup>:

- Permanente verandering fysische omstandigheden omgeving: Bijvoorbeeld bij een herinrichting van de straat, het drainage systeem en vervanging van een lekkend riool – of aanleg van een DIT riool. straat; Ook bijvoorbeeld het verharden van een tuin of straat zodat er minder infiltratie gebeurt kan leiden tot een structurele verandering van de grondwaterstand.
- Structurele verandering pand: Als er aan het pand zelf iets wordt verbouwd waardoor de belasting van het pand veranderd – bijvoorbeeld een dakkapel, uitbouw of kelder - kan dit leiden tot verschilzetting.
- Tijdelijke verandering fysische omstandigheden: bijvoorbeeld bij bouwwerkzaamheden aan de straat of andere infrastructuur waarvoor een grondwaterstandsverlaging van enkele maanden of langer nodig is.
- Lokale omstandigheden: bijvoorbeeld een lekkend riool, boom, of nabijgelegen grondwaterpomp die voor een heel lokale verlaging van de grondwaterstand en bodemdaling (bijvoorbeeld aan één kant of hoek van een huis) kan leiden.

---

<sup>7</sup> Deze factoren zijn niet meegenomen in de landelijke QuickScan risicoanalyse omdat er niet op landelijk niveau (en soms ook niet op lokaal niveau) informatie over beschikbaar is.

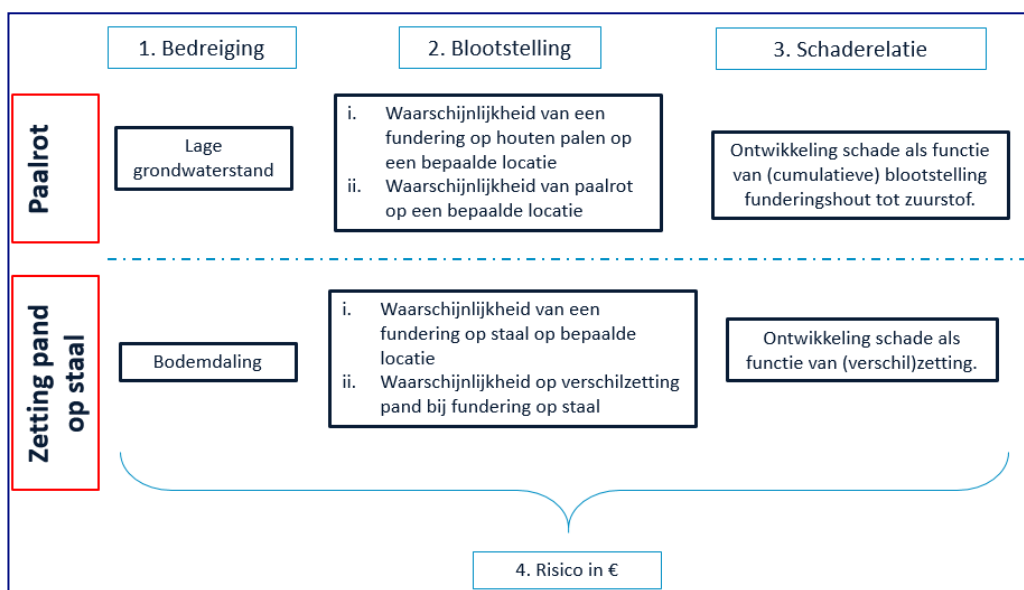
### 3 Toelichting methode – beoordeling risico

In dit hoofdstuk wordt kort toegelicht hoe de methodiek is opgebouwd en welke data en aannames zijn gebruikt voor de Quick Scan risico funderingsproblematiek in Nederland. Meer informatie en achtergrond is te vinden in de achtergrondrapportage van de Klimaatschadeschatter (Stichting CAS, 2019), en in het paper van Costa et al. (2020).

#### 3.1 Algemene methodiek

De methodiek voor beoordeling van het risico op funderingsschade door paalrot en verschilzetting van panden op staal bestaat uit vier elementen (Figuur 11):

- 1 **Bedreiging:** het karakteriseren van de fysische omstandigheden die tot schade kunnen leiden: in dit geval gaat het om bodemdaling en lage grondwaterstanden.
- 2 **Blootstelling:** Analyse van factoren die ervoor zorgen dat een gebouw gevoelig is voor schade – bijvoorbeeld het type fundering, en de karakteristieken van die fundering
- 3 **Schaderelaties:** De relatie tussen de mate van schade bij blootgestelde gebouwen bij een bepaalde mate van bedreiging.
- 4 **Risico in €:** in dit geval is alleen directe schade bepaald op basis van herstelkosten, waarbij wordt aangenomen dat alle schade éénmalig hersteld wordt.



Figuur 11 Algemene aanpak risicoanalyse voor paalrot en zetting van panden op staal.

*De methodiek in het kort: formules*

Schade per gemeente = SOM verwachte schade in € panden/ gemeente (Paalrot + Verschilzetting)

Verwachte schade per pand (paalrot, verschilzetting) = min/max schade in € (schadeniveau D1-D5) \* P (funderingstype)

Schadeniveau D1-D5 paalrot = # dagen verwachte droogstand/jaar (Gevoeligheidsklasse) \* leeftijd pand in 2050 (type ondergrond ter hoogte paalkop klei/veen/zand)

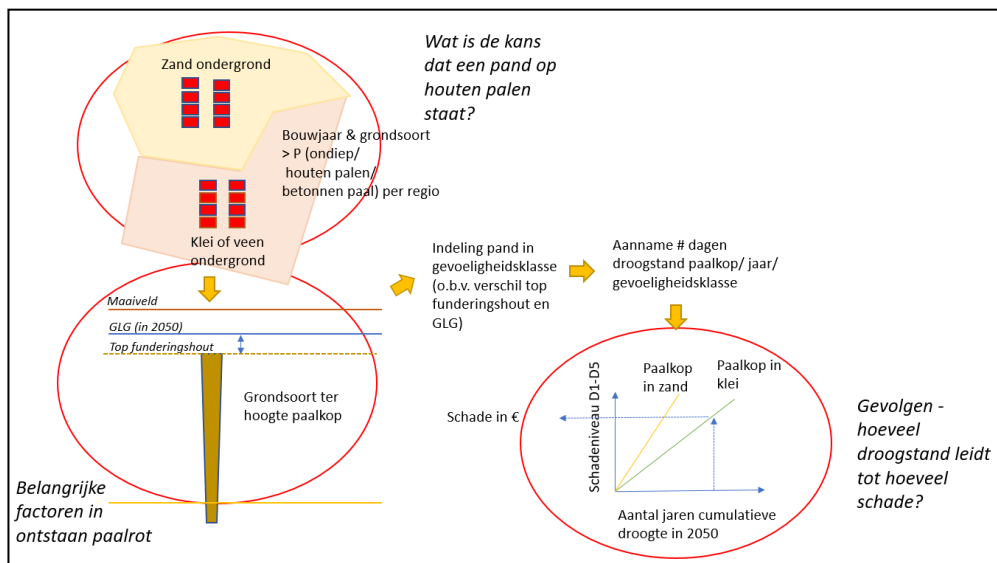
Schadeniveau D1-D5 verschilzetting = Snelheid zetting mm/jaar \* Correctiefactor Ondergrond \* Correctiefactor pand

## 3.2 Risicoanalyse paalrot

*Methodie  
paalrot*

De methode om het risico op paalrot in te schatten bestaat uit drie onderdelen (Figuur 12):

- Een inschatting van de kans dat een pand op houten palen gefundeerd is
- Een inschatting van de gevoeligheid van elk pand voor droogstand: hoeveel dagen per jaar is de paalfundering naar verwachting blootgesteld aan zuurstof? Belangrijke factoren zijn de diepteligging van het funderingshout en de grondwaterstand.
- Schaderelatie – een inschatting van de gevolgen van droogstand voor het verwachte schadeniveau in 2050, afhankelijk van type ondergrond ter hoogte van de paalkop



Figuur 12 Overzicht aanpak risicoanalyse houten paalfunderingen - paalrot

*i) Inschatting kans op houten paalfundering*

Natuurlijk kan paalrot alleen voorkomen bij panden die op houten palen zijn gefundeerd. Bij veel panden is echter niet bekend op welk type fundering ze staan – met uitzondering van enkele gemeenten als Rotterdam, Schiedam en Zaandam. Met hulp van de gebiedskennis van funderingsexperts is een landsdekkende inschatting gemaakt van de kans dat panden uit bepaalde perioden op een houten paalfundering of op staal zijn gefundeerd, afgaande van funderingspraktijken over de tijd voor verschillende regio's met vergelijkbare funderingspraktijken. Deze kansverdeling wordt vervolgens toegepast om per pand een inschatting te maken: panden gelegen op zandgrond worden niet meegenomen in de analyse – dit is gebaseerd op een grove herindeling van de ondergrondkaart (GEOTOP en 3Di) op 1-2 meter diepte in 'zand, klei en veen'.

*ii) Inschatting gevoeligheid voor paalrot*

Hoe gevoelig de houten palen zijn voor paalrot hangt af van drie factoren:

- 1 De grondwaterstand: als het grondwater onder de houten paalfundering zakt worden de schimmels actief. De verwachting is dat dit met name bij lage grondwaterstanden gebeurt. Als indicator voor de lage grondwaterstand is de landelijke GLG-kaart (gemiddeld lage grondwaterstand) van de Klimaateffectatlas gebruikt. Om de extra schade bij klimaatverandering te schatten, gaan we uit van de GLG-kaart uit de Klimaateffectatlas voor 2050 volgens het WH-klimaatsscenario<sup>8</sup>.
- 2 De diepteligging van het bovenste funderingshout: Hoe dichter bij het maaiveld de paalkop ligt, hoe groter de kans op droogstand en daarmee paalrot. Het KCAF (Kenniscentrum Aanpak Funderingen) heeft op basis van eigen data een bandbreedte ingeschat voor de diepteligging van de fundering in verschillende gebieden in Nederland.
- 3 Grondsoort ter hoogte van de paalkop: De snelheid waarmee zuurstof in de bodemporiën doordringt bij een dalende grondwaterstand verschilt per grondsoort: in zand gaat dit sneller dan in klei. Op basis de herindeling van de ondergrondkaart (zie ook sectie i) hierboven) is een aanname gedaan over het type grondsoort ter hoogte van het bovenste funderingshout.

Op basis van de GLG-kaart en de diepte van de paalkoppen, wordt elk pand ingedeeld in een gevoeligheidsklasse voor droogte: laag, gemiddeld en hoog. Voor elke klasse is een aanname gedaan voor het aantal dagen droogstand per jaar<sup>9</sup> (Tabel 3).

<i>Gevoeligheidsklasse</i>	<i>Dekking grondwater – top funderingshout</i>	<i>Aanname aantal dagen droogstand per jaar + -</i>
Laag	GLG > 20 cm boven de top van het funderingshout	1,5
Gemiddeld	GLG > 5 m < 20 cm boven de top van het funderingshout	22
Hoog	GLG < 5 cm boven de top van het funderingshout	29

*Tabel 3 Indeling in gevoeligheidsklassen*

<sup>8</sup> De kaart is gemaakt op basis van een landelijk model, waardoor de grondwaterstand lokaal sterk kan afwijken. Daarbij is de huidige GLG kaart eigenlijk niet geschikt om voorspellingen mee te doen voor verwachte schade in 2050 zonder klimaatverandering, omdat landgebruiksverandering en (peilaanpassing door) bodemdaling hierin niet zijn meegenomen zoals wel in de GLG kaart voor 2050 in het WH+ scenario. Het gebruik van de huidige GLG-kaart leidt daarmee waarschijnlijk tot een conservatieve schatting van de schade zonder klimaatverandering.

<sup>9</sup> Onderliggende aannames zijn dat de GLG correspondeert met de 10 percentiel van de grondwaterstand over het jaar: 10 % van het jaar bevindt de grondwaterstand zich onder de GLG. Verder gaan we uit van een driehoekige vorm van de kansdichtheidsfunctie.

iii) Schaderelatie: verwacht schadeniveau bij bepaalde droogstand

Op basis van de leeftijd van het pand wordt de verwachte cumulatieve droogstand in 2050 berekend. We nemen aan dat er een lineaire schaderelatie is met cumulatieve droogstand<sup>10</sup>. Het type grondsoort ter hoogte van de paalkop heeft invloed op het schadeniveau – het degradatieproces komt trager op gang naarmate het vochtgehalte in de bodem langzamer met de grondwaterstand mee daalt. Op basis van expertschattingen nemen we aan dat het hoogste schadeniveau (D5; zie Tabel 1 voor beschrijving van schadeniveaus) per grondsoort na verschillende cumulatieve periodes bereikt is (zand: 10 jaar; veen: 15 jaar; Klei; 20 jaar).

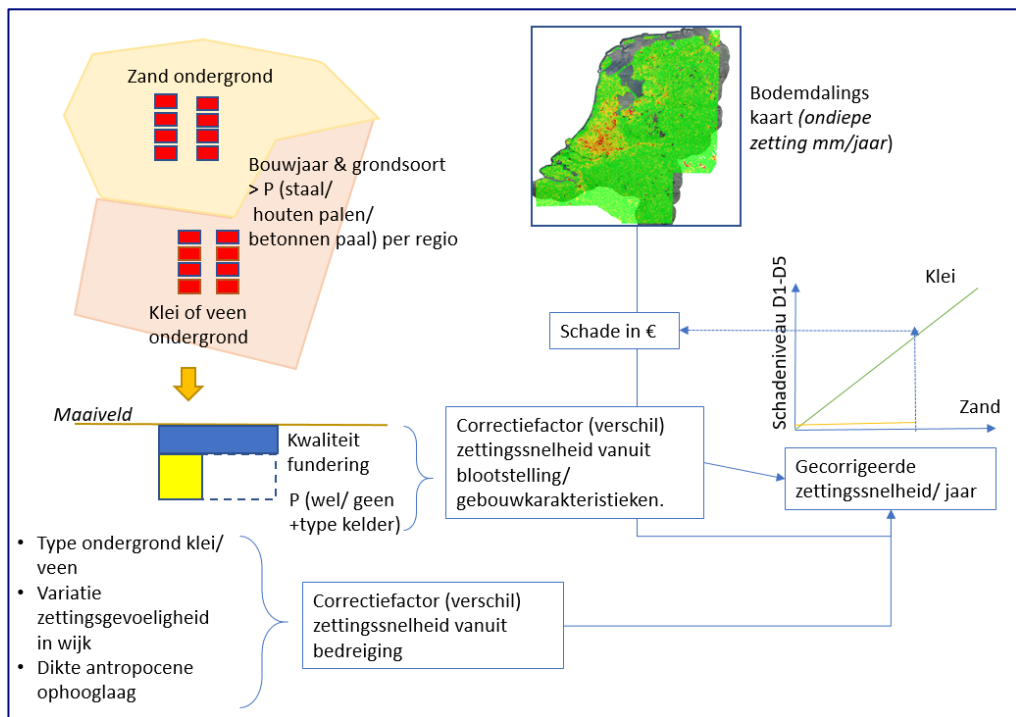
Omdat geen beeld is van het huidige schadeniveau of reeds uitgevoerd herstel in het verleden moeten de resultaten gelezen worden als cumulatieve (nominale) schade vanaf het bouwjaar tot 2050. Daarbij is de aanname dat herstelwerkzaamheden ook daadwerkelijk worden uitgevoerd – als dat niet zo is daalt de kwaliteit van het pand en daarmee de vastgoedwaarde (Willemsen, Kok, & Kuik, 2020).

### 3.3 Risicoanalyse verschilzetting pand op staal

De methode om het risico op verschilzetting bij een pand op staal in te schatten bestaat uit drie onderdelen (Figuur 13):

- i. Een inschatting van de kans dat een pand op staal gefundeerd is;
- ii. Een inschatting van de gevoeligheid van een pand voor verschilzetting. Belangrijke factoren zijn snelheid van bodemdaling, gevoeligheid van ondergrond op locatie en eigenschappen van het pand zelf.
- iii. Schaderelatie: verwacht schadeniveau bij een bepaalde verschilzetting.

Methode  
verschilzetting  
op staal



<sup>10</sup> Het is de verwachting dat de schade exponentieel toeneemt als palen langer droogstaan, maar op dit moment is te weinig bekend over deze relatie om dit in de analyse toe te kunnen passen – dit verschilt bijvoorbeeld nog per type hout (grenen of vuren), en type bouwstijl (Amsterdamse of Rotterdamse stijl). Huidige degradatiemodellen richten zich vooral op de schaderelatie tussen draagkracht van de paal en schade aan het bovenliggend pand – de relatie tussen droogstand en draagkracht van de paal is nog niet goed in kaart gebracht.

*i. Inschatting kans op fundering op staal*

De inschatting van de kans dat een pand op een fundering op staal staat is volgens dezelfde manier gedaan als voor houten paalfundering (zie sectie 3.2).

*ii Inschatting gevoeligheid voor verschilzetting?*

Zoals eerder toegelicht leidt een gelijkmatige bodemdaling van het pand en de omgeving niet tot schade (tenzij nabijgelegen nutsvoorzieningen wel gefundeerd zijn): er ontstaan over het algemeen pas problemen als er het pand ongelijkmatig zakt (verschilzetting). Of en hoe gevoelig een pand op een bepaalde locatie is voor verschilzetting hangt af van:

1. Hoe sterk de bodemdaling is in een gebied: Om de bodemdaling per gebied te bepalen, hebben we de ondiepe dalingskaart van bodemdalingskaart.nl gebruikt. Daarmee is bodemdaling door gas-of grondstofwinning niet meegenomen in de analyse<sup>11</sup>.
2. Hoe gevoelig de ondergrond in een bepaalde locatie is voor het optreden van verschilzetting. Dit hangt af van een aantal factoren:
  - a. Hoe dikker de ophooglaag, hoe meer 'voorbelaasting' in het verleden, en hoe kleiner de kans op verschilzetting. De dikte van de ophooglaag is ingeschat op basis van GEOTOP, en de gemiddelde dikte is ge-extrapolleert naar stedelijke gebieden buiten de dekking van GEOTOP – voor landelijke gebieden wordt aangenomen dat er geen (significant) dikke ophoog laag is.
  - b. De gevoeligheid voor verschilzetting per wijk: hoe groter de variatie in een gebied, hoe groter de heterogeniteit in de ondergrond, en hoe groter de kans op verschilzettingen van panden. Als proxy voor de variatie in ondergrond in het gebied is de standaarddeviatie van de zettingsgevoeligheidskaart ([www.klimaateffectatlas](http://www.klimaateffectatlas.nl)) in de wijk genomen.
  - c. Als een pand op klei staat, is er kans op krimp-zwelgedrag met wisselingen van de grondwaterstand: klei krimpt in droge periodes en zwelt op in natte periodes. Dit gedrag vergroot de kans op verschilzetting van het bovengelegen pand. Gebieden op een ondergrond van klei (op basis van een herclassificatie van GEOTOP/ 3DI) als gevoeliger aangemerkt.
3. Eigenschappen in de constructie van het pand zelf die het meer of minder gevoelig maken voor verschilzetting:
  - a. Oudere panden hebben een grotere kans op verschilzetting, omdat de fundering van die panden van slechtere kwaliteit is. Op basis van leeftijd en expertschatting is een aanname gedaan voor de kwaliteit van de fundering.
  - b. Als er een souterrain in het pand zit, is de kans op verschilzetting kleiner; als er onder een deel van het pand een kelder zit, is de kans op verschilzetting groter doordat de constructie dan ongelijk is. Op basis van leeftijd en of een pand in landelijk of stedelijk gebied is een expertschatting gedaan naar de kans dat er een souterrain of kelder onder het pand ligt.

Omdat geen dosis-effectrelaties bekend zijn over de mate van te verwachten verschilzetting bij een bepaalde bodemdalingssnelheid, is in deze analyse gewerkt met een versimpelde aanpak: als basis wordt de zetting aangehouden uit de bodemdalingskaart, en deze wordt vervolgens aangepast met twee correctiefactoren 'bedreiging' en 'gebouwkenmerken' (Tabel 4).

---

<sup>11</sup> Deze kaart is gebaseerd op satellietgegevens (INSAR) voor de periode 2015-2018 in een 2x2 km grid. Hoewel er op basis van modellen wel voorspellingen zijn gedaan voor de verwachte bodemdaling in Nederland bij klimaatverandering (zie [www.klimaateffectatlas.nl](http://www.klimaateffectatlas.nl)) in 2050, zijn deze modellen vooralsnog niet landsdekkend en met name voor stedelijk gebied zijn huidige modellen ontoereikend.

### Extra schade door klimaatverandering

Om de extra schade door klimaatverandering te berekenen is voor de correctiefactor van de proxy's "ligging op een klei-ondergrond" en "variatie zettingsgevoeligheid in buurt" een ander gewicht toegekend, met de achterliggende gedachte dat in scenario WH+ met meer extreme en langdurende droogte deze factoren versterkt worden en meer impact hebben.

		Correctiefactor	Correctiefactor onder klimaatverandering
<b>Correctiefactor gebouwkenmerken</b>			
Kwaliteit fundering	Hoog	0,8	0,8
	Gemiddeld	1	1
	Laag	1,2	1,2
Aanwezigheid Souterrain	Ja	0,8	0,8
	Nee	1	1
Aanwezigheid kleine kelder	Ja	1,2	1,2
	Nee	1	1
<b>Correctiefactor 'bedreiging'</b>			
Dikte antropogene ophooglaag	0-1 m	1	1
	1-2 m	0,95	0,95
	> 2 m	0,85	0,85
Ligging op kleiige ondergrond (i.v.m. krimpswelgedrag)	ja	1,2	1,5
	nee	1	1
Variatie zettingsgevoeligheid in buurt	laag	1	1
	gemiddeld	1,05	1,15
	hoog	1,1	1,25

Tabel 4 Correctiefactoren bodemdaling > verschilzetting, met en zonder klimaatverandering

Omdat er geen schaderelaties bestaan die uniforme zettingssnelheid op een bepaalde locatie of van een pand aan het verwachte schadeniveau koppelen<sup>12</sup> nemen we een lineaire relatie aan tussen de zettingssnelheid (gecorrigeerd voor gevoeligheid van pand/ locatie voor verschilzetting) en verwacht schadeniveau in 2050 (Tabel 5). Het werken met een verschilzetting is technisch beter maar gezien de onzekerheden in de data hier op dit moment niet zinvol.

Gecorrigeerde zettingssnelheid/ jaar	Schadeklasse
<2 mm	D2
2-3 mm	D3
3-4 mm	D4
> 4 mm	D5

Tabel 5 Aanname voor schaderelatie gecorrigeerde zettingssnelheid – verwacht schadeniveau in 2050<sup>13</sup>.

De beprijzing van het risico is nader toegelicht in sectie 2.1, Tabel 1.

<sup>12</sup> Er zijn wel schaderelaties voor mate van verschilzetting van een pand – schadeniveau (Peduto, Korff, Nicodemo, Marchese, & Ferlisi, 2019)

<sup>13</sup> De indeling is los gebaseerd op de classificatie van zettingssnelheid in de Richtlijn inspectie en beoordeling funderingen op staal (F30, 2014) – hierin wordt een (uniforme) zetting van 0-2 mm/jaar als verwaarloosbaar tot licht geclassificeerd, en meer dan 4 mm per jaar als omvangrijk/ verregaand.



## 3.4 Relevante informatie voor risicobeoordeling

### 3.4.1 Huidige gebruikte data

In Tabel 6 staat een overzicht van de publiekelijk toegankelijke brondata die gebruikt is voor de Quick Scan risicobeoordeling in Nederland. Daarnaast is er aanvullende analyse/ aannames gedaan op basis van expertschattingen.

Nr	Wat	Bron	Extra analyse/ toepassing
1	Gebouwen	BAG	Locatie en leeftijd van gebouwen
<i>Paalrot</i>			
2	Huidige GLG en + GLG 2050 (WH+)	www.Klimaateffectatlas.nl	Herberekening GLG in relatie tot maaiveld 2016 (t.b.v. aansluiting op dataset inschatting diepteligging bovenste funderingshout)
3	Bodemsoort	GEOTOP/ NL3D	Herclassificatie bodemkaart (op diepte 1-2 m) naar veen, klei en zand. Gebruikt voor: uitsluiting gebieden op zand; type bodem ter hoogte van paalkop; aanwezigheid klei (verschilzetting op staal)
<i>Verschilzetting op staal</i>			
4	Zettingssnelheid	www.bodemdalingskaart.nl	Alleen de ondiepe bodemdaling is gebruikt.
5	Proxy dikte antropogene laag	LGN 2018; GEOTOP	De landgebruikskaart (LGN) is gebruikt voor indeling stedelijk/ landelijk; extrapolatie gemiddelde dikte antropogene laag in stedelijk gebied in GEOTOP naar stedelijk gebied buiten GEOTOP dekking
6	Proxy gevoeligheid bodem voor verschilzetting	Bodemdaling na ophoging stedelijk gebied (www.klimaateffectatlas.nl)	Berekening standaarddeviatie zettingssnelheid per wijk.

Tabel 6 Overzicht van gebruikte landelijk beschikbare data in Quick Scan risicoanalyse.

### 3.4.2 Alternatieve informatiebronnen voor risicobeoordeling

#### *Landelijk*

Op landelijk niveau zou met name data van INSAR op gebieds- en gebouwniveau (tegen betaling beschikbaar) veel interessante informatie kunnen geven over de huidige status van een pand – de huidige scheefstand en de snelheid van de zakking (gemiddeld en verschilzetting).

#### *Lokaal/ op pandniveau*

Op lokaal niveau is waarschijnlijk meer informatie beschikbaar die voor een nauwkeuriger beoordeling van het risico per pand kan worden gebruikt (Tabel 7). Met name een beter inschatting van het de type fundering en het huidige schadeniveau is relevant voor het doen van voorspellingen van verwachte schade in de toekomst. Het verkrijgen van deze informatie kan echter veel moeite kosten, en er is naar verwachting veel variatie in beschikbare informatie tussen verschillende panden en gemeenten.

Ook vanuit reguliere opstalclaims is mogelijke relevante data te halen. Over het pand zelf is veel data beschikbaar op basis van BAG en CBS data over huizen, gebieden en regio's; vanuit functiedata is er een indicatie beschikbaar per pand en gebied over het soort funderingen en de bodemsoort.

Sommige gemeenten werken aan het verzamelen en ontsluiten van informatie over funderingen, in sommige gevallen zelfs met een inschatting van het risico (niet gekwantificeerd) op basis van een hersteltermijn voor de houten paalfundering. Hierbij wordt onder andere gebruik gemaakt van gedetailleerde satellietgegevens en het digitaliseren van archiefgegevens. Ook zijn er diverse partijen gespecialiseerd in de ontwikkeling van tools en applicaties voor het verzamelen en inzichtelijk maken van de problematiek, zoals [Fundermaps](#), [Esri](#) of [Geodan](#).

#### *Uitdagingen*

Vaak is niet bekend en moeilijk te achterhalen – zeker bij houten paalfunderingen – in hoeverre de fundering al aangetast is. Op basis van scheuren en scheefstand van het pand is het wel mogelijk een inschatting te maken, maar dit kost per pand wel tijd. Dit is de reden dat in de huidige analyse alleen verwachte schade vanaf bouwjaar tot 2050 is berekend, op basis van maximaal te verwachten schadeniveau met de aannahme van éénmalig herstel.

Paalrot	Potentiële Bron	Verschilzetting op staal	Potentiële Bron
<i>Bedreiging</i>			
Lokale grondwatermodellen en metingen	Gemeente	Scheefstand pand; snelheid verschilzetting	INSAR/ monitoringsprogramma's (via gemeente); Metingen tijdens bouwkundige keuring.
<i>Blootstelling</i>			
Type fundering	Historische bouwrapporten (archief); (particulier) bouwonderzoek; Aannahme op basis van zettingsgedrag INSAR/ meetapparatuur	Type fundering	Historische bouwrapporten (archief); (particulier) bouwonderzoek; Aannahme op basis van zettingsgedrag INSAR/ meetapparatuur
Inschatting diepte funderingshout	Analyse historische polderpeilen en bouwverordeningen; correlatie met bekende gegevens uit lokale onderzoeken	Gevoeligheid constructie voor verschilzetting	Bouwkundige keuring
Huidige kwaliteit houten palen/ huidig schadeniveau	Scheuranalyse op basis van (google maps) foto's; bouwkundig keuringsrapporten; inschatting op basis van zettingsgedrag	Huidige scheefstand pand/ schadeniveau	Scheuranalyse; bouwkundige keuring.

*Tabel 7 Mogelijke databronnen voor een betere risicobeoordeling op pandniveau*

## 4 Verzekerbaarheid funderingsrisico

### 4.1 Nederlandse context

In Nederland is schade door droogte aan funderingen van een huis niet gedekt via een (opstal)verzekering. Vaak is schade aan de fundering wel meeverzekerd op een opstalpolis, maar alleen gedekt als er sprake is van een onzeker, plotseling, voorval ten tijde van het afsluiten dan wel verlengen van de verzekering. Denk hierbij aan brand of explosie. Bodemdaling door droogte voldoet hier in beginsel niet aan. Dit wel verzekeren zou ook niet te op te brengen zijn voor de betrokkenen: de verwachte schade-uitkering moet immers uit de premie (van dat jaar) komen.

Minister Knops heeft dit in 2019 in de beantwoording van Kamervragen dit onderwerp ook aan bod laten komen (nr. 1184, 2019<sup>14</sup>). Daarbij stelde hij dat de polisvoorwaarden per verzekeraar, verzekerde, situatie en gebied kunnen verschillen; het is aan de verzekeraars om te beoordelen wanneer nog sprake is van een onzeker voorval. Met de huidige inzichten en reeds bekende informatie over bodemdaling in Nederland ligt het niet voor de hand om in de bekende probleemgebieden reguliere verzekeringsoplossingen te verwachten. Het risico van onverzekerbaarheid heeft de aandacht van de sector. In de afgelopen jaren zijn meldingen van problemen van buiten de voorheen bekende probleemgebieden gestegen: er zijn op dit moment meldingen bekend uit meer dan 130 gemeenten ([www.kcaf.nl/funderingsviewer](http://www.kcaf.nl/funderingsviewer)).

#### *Fonds duurzaam funderingsherstel*

In de gebieden waarbij de problematiek bekend is, zal dus op een andere manier moeten worden geïnvesteerd in versterkende maatregelen. Hiervoor heeft de overheid samen met verzekeraars het Fonds Duurzaam Funderingsherstel opgetuigd. Er wordt echter nog niet veel gebruik van gemaakt, ook omdat niet elke gemeente is aangesloten bij het Fonds en het systeem is gebonden aan een in het verleden vastgestelde rente, terwijl in de markt de rentestanden nu zeer laag liggen. Alternatieven, zoals gecombineerde spaar-en verzekeringsvormen zijn nog niet onderzocht.

#### *Verzekeren vermindert niet de totale schadelast: daar zijn bestuurlijke keuzes voor nodig*

Via verzekeringen kunnen wellicht individuele schades worden opgevangen door het collectief aan deelnemers. Maar via dit solidariteitsmechanisme wordt de totale schadelast niet minder. Dat levert andere verdelingsvraagstukken op dan over wel of niet uitkeren en premie betalen via schadeverzekeringen. Er is een maatschappelijke kosten/baten analyse nodig aanzien van het waterpeil. In het landelijk gebied wordt de bodemdaling immers voor een groot deel veroorzaakt door lokaal-politiek/bestuurlijke keuzes (waterschappen; het oppervlaktewaterpeil), wat nu vaak ten gunste van agrariërs is ingesteld. Niet voor niets concludeert de Raad voort de leefomgeving en infrastructuur in september 2020: "Om bodemdaling in veenweidegebieden tegen te gaan, moet het grondwaterpeil stijgen. Dat vergt een omslag in het denken". In het stedelijk gebied is vaak een combinatie van grondwaterpeil en belasting de oorzaak van bodemdaling. Ook hier kunnen politiek bestuurlijke keuzes in grondwater/ rioolbeheer en oppervlaktewaterbeheer het schadepatroon beïnvloeden. In sommige gevallen zoals in de binnenstad van Gouda is dat extra complex vanwege een mix van panden op houten paalfunderingen en op staal – die laatsten zijn in verband met vochtoverlast na decennia verzakking gebaat bij een lager grondwaterpeil, terwijl houten paalfunderingen juist een hoog grondwaterpeil nodig hebben om paalrot te voorkomen (Kok, 2019).

---

<sup>14</sup> In te zien via <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/ah-tk-20182019-1184.html>

## 4.2 Ervaringen met verzekeren bodemdalingsschade buitenland

### *Verenigd Koninkrijk*

In het Verenigd Koninkrijk is schade door bodemdaling in veel huisverzekeringen gedekt: veel panden staan op ondiepe fundering op klei. Verzekeraars beoordelen bij een claim de oorzaak van bodemdaling: dit vereist technische expertkennis, om bodemdaling als enige of voorname veroorzaker van schade aan te wijzen. In veel gevallen is het herstellen van schade en stabiliseren van het pand gedekt, maar niet het oplossen van de oorzaak (Financial Ombudsman Service, 2011). Panden waar in het verleden een claim is ingediend hebben een hogere verzekeringspremie, wat de waarde van het pand beïnvloed (Wallis, 2015). Naast een hogere verzekeringspremie corrigeren verzekeraars in het Verenigd Koninkrijk soms ook door een hoger eigen risico. Dit betekent concreet dat in bijzondere gevallen sommige particulier verzekerden £ 50 tot £ 100 eigen risico hebben voor storm en £ 1500 voor bodemdaling (ervaringen Guy Carpenter). In droge perioden stijgt het aantal claims – in de droge zomers tussen 1989 en 1991 tot £1 miljard (Shabha & Kuhwald, 1995). Rond 2010 waren er 20.000 claims per jaar, met een gemiddelde waarde van £7000: in totaal een jaarlijks verlies van £150 miljoen (Boobier, 2014).

### *Frankrijk*

In Frankrijk valt schade aan gebouwen door bodemdaling onder invloed van krimp-zwelgedrag sinds 1989 onder het CATNAT risico-regime (Frans: régime CATNAT). Het fenomeen is vooral duidelijk aanwezig in gebieden met "zwellende klei" (Frans: argiles gonflantes). Volgens CCR (caisse central de réassurance of centraal herverzekeringsfonds) zijn tussen 1989 en eind 2007 meer dan 444.000 schades geregistreerd voor een bedrag van 4,1 miljard euro (waarvan een kwart alleen al in 2003). Het is ongeveer de helft van de kosten als gevolg van overstromingen in dezelfde periode. Een zeer recente schatting is 1,4 miljard gerelateerd aan de extreme droogte in 2018.

Zoals eerder vermeld wordt het fenomeen bodemdaling samen met bijvoorbeeld overstroming en aardbeving gecategoriseerd in het zogenaamde CATNAT-risicoregime (natuurlijke catastrofes) waarbij tegemoetkoming van de staat via CCR van toepassing is bij een gebeurtenis. Opdat een schade tot een CATNAT-verzekering behoort, moet deze worden erkend door een interministerieel besluit. Het CATNAT-plan dekt alleen directe materiële schade die niet verzekeraar is. Zodra de verzekeringsmaatschappij kan beslissen dat een bepaalde schade onder het CATNAT-regime valt, worden de totale kosten gedekt. Dit zijn in geval van bodemdaling de kosten van schade aan zowel het gebouw als de fundering. In dit systeem treedt de verzekeraar op als bemiddelaar tussen verzekerde en CCR. Bij natuurrampen betaalt de verzekerde hiervoor jaarlijks een extra premiebijdrage en de verzekeringsmaatschappij betaalt dit deel van haar premievolume aan CCR.

## 5 Tot slot

<i>Context</i>	<p>Tijdens de droge lentes en zomers van 2018, 2019 en 2020 heeft de ongewoon (langdurig) lage grondwaterstand in Nederland geleid tot duidelijk merkbare schade aan funderingen bij een onbekend aantal panden. Hoewel droogte tot verschillende soorten schade in bebouwd gebied, zijn de meest ingrijpende gevolgen voor huiseigenaren schade aan funderingen op houten palen en een ondiepe fundering (op 'staal'). Naar verwachting zijn er in Nederland 750.000-1.000.000 panden op een dergelijke fundering. De landelijke Quick Scan die in 2019 is uitgevoerd om het risico op funderingsschade door paalrot en verschilzetting in Nederland in kaart te brengen geeft eerste inschatting van de ordegrrootte van het risico.</p>
<i>Landelijk schadebeeld</i>	<p>In het kort is de verwachting dat de schade (op basis van herstelkosten) tot 2050 door paalrot en verschilzetting op staal bij een onveranderd klimaat tussen 5 en 39 miljard € ligt, en dat deze door toename van droogte bij klimaatverandering met 3 tot 15 miljard € toeneemt. Hoewel in bepaalde gemeenten al van oudsher bekend is dat funderingen gevoelig zijn voor bodemdaling en aantasting van houten paalfunderingen, laten recente droogtejaren zien dat ook in gebieden waarover minder bekend is problemen kunnen voorkomen: er zijn slechts weinig gemeenten in Nederland waar schade geheel kan worden uitgesloten.</p>
<i>Informatie voorziening</i>	<p>Met de toename aan schademeldingen door de afgelopen droge jaren neemt ook de bewustwording toe. In sommige gevallen houden gemeenten zich bezig met voorlichting en informatievoorziening; in alle gevallen blijft gebrek aan (landelijk beschikbare) kennis over lokale omstandigheden dat het moeilijk voorspellen is of, wanneer en hoeveel schade kan ontstaan.</p>
<i>Schadeverwachting over de tijd; paalrot</i>	<p>Voor panden op houten palen is in principe te verwachten dat er over de tijd een uitfasering van 'slechte' funderingen zal zijn, naarmate een steeds groter deel van het areaal hersteld of herbouwd wordt – sinds de jaren 70 wordt gebouwd met betonnen palen. Daar staat echter tegenover dat met een toename van droogte door klimaatverandering in de toekomst ook panden die eerder door een hoge grondwaterstand weinig aantasting/ een lage degradatiesnelheid hadden, nu een hoger risico gaan lopen.</p>
<i>Schade – verwachting over de tijd: op staal</i>	<p>Bij funderingen op staal is geen sprake van uitfasering, behalve door sloop en nieuwbouw. Het aanleggen van een nieuwe (betonnen palen) fundering is erg kostbaar en weinig aantrekkelijk. Met een klimaat met meer wisselende droogteperiodes is de verwachting dat de bodemdaling/ bodembeweging zal toenemen en daarmee ook de schade.</p>
<i>Verzekeren van het risico</i>	<p>In Nederland wordt schade door bodemdaling aan een huis niet gedekt via (opstal)verzekeringen. In andere landen is schade aan funderingen soms wel gedekt, zoals beperkt en onder strikte voorwaarden in het Verenigd Koninkrijk en via een (verplichte) publiek-private catastrofepool in Frankrijk. De Nederlandse situatie is echter dermate anders dat dergelijke verzekeringsoplossingen hier niet realistisch lijken. Bij het verplichten van een verzekering (in combinatie met andere schade-oorzaken) kunnen individuele schades wellicht worden opgevangen door het collectief aan deelnemers. Maar via dit solidariteitsmechanisme wordt de totale schadelast niet minder: de rekening wordt slechts verdeeld onder een groter aantal huizenbezitters. Voor het verlagen van de (toekomstige) kosten voor huizenbezitters zijn dan ook bestuurlijke keuzes nodig, bijvoorbeeld ten aanzien van het waterpeil. Zo wordt in landelijk gebied de bodemdaling immers voor een groot deel veroorzaakt door lokaal-politiek/bestuurlijke keuzes in het oppervlaktewaterpeil, die nu vaak ten gunste van agrariërs is ingesteld.</p>

## 6 Referenties

- Boobier, T. (2014). Analytics, foundation subsidence and the \$300m claims “emotional rollercoaster.” Retrieved August 14, 2017, from <https://www.ibm.com/blogs/insights-on-business/insurance/analytics-foundation-subsidence-and-the-300m-claims-emotional-rollercoaster/>
- Born, G. J. van den, Kragt, F., Henkens, D., Rijken, B., Bommel, B. van, & Sluis, S. van der. (2016). *Dalende bodems , stijgende kosten*. Den Haag.
- Bronswijk, J., & Evers-Vermeer, J. (1987). *Krimp karakteristieken van kleigronden in Nederland*. Wageningen. <https://doi.org/ISSN 0921-089X>
- Burland, J. B., & Wroth, C. P. (1974). Settlement of buildings and associated damage. *Settlement of Structures, Proceedings of the Conference of the British Geotechnical Society*, (January 1975), 611–764.
- CIOB. (2018). Summer heatwave causes subsidence claims spike. Retrieved November 19, 2019, from <http://www.constructionmanagemagazine.com/news/dry-weather-causes-subsidence-claims-spike/>
- Costa, A. , Kok, S., & Korff, M. (2020). Systematic assessment of damage to buildings due to groundwater lowering-induced subsidence: methodology for large scale application in the Netherlands. In *Tenth International Symposium on Land Subsidence*.
- de Lange, G., van der Velden, W. H. J., Kopinga, J., Hanssen, R. F., Marinkovic, P., Buma, J. T., ... Bakker, M. A. J. (2009). Onderzoek naar zettingen in de gemeente Zevenaar.
- De Vereende. (2020). Feit of fabel: huis verzakt door aanhoudende droogte, woonhuisverzekering dekt schade. Retrieved July 7, 2020, from [https://www.amweb.nl/schade/artikel/2020/06/feit-of-fabel-huis-verzakt-door-aanhoudende-droogte-woonhuisverzekering-dekt-schade-101123775?vakmedianet-approve-cookies=1&\\_ga=2.154003320.1342326853.1594133571-998539204.1593601901](https://www.amweb.nl/schade/artikel/2020/06/feit-of-fabel-huis-verzakt-door-aanhoudende-droogte-woonhuisverzekering-dekt-schade-101123775?vakmedianet-approve-cookies=1&_ga=2.154003320.1342326853.1594133571-998539204.1593601901)
- F3O. (2014). *Guideline for investigation and assessment of wooden pile foundations under buildings*.
- Financial Ombudsman Service. (2011). Buildings insurance: subsidence. Retrieved August 14, 2017, from [http://www.financial-ombudsman.org.uk/publications/technical\\_notes/building-subsidence.htm](http://www.financial-ombudsman.org.uk/publications/technical_notes/building-subsidence.htm)
- Hoogvliet, M., Buma, J., Oostrom, N. Van, Brolsma, R., Filatova, T., & Verheijen, J. (2012). Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied.
- Hunink, J. C., Delsman, J. R., Prinsen, G. F., & Bos-Burgering, L. (2018). *Vertaling van Deltascenario's 2017 naar modelinvoer voor het Nationaal Water Model*. Utrecht. [https://doi.org/Deltares\\_rapport\\_11202240-009](https://doi.org/Deltares_rapport_11202240-009)
- Klein Tank, A., Lenderink, G., & (red). (2016). *Klimaatverandering in Nederland- aanvulling op de KNMI '06 scenario's*. De Bilt.
- KNMI. (2018). Uitleg over Droogte. Retrieved December 5, 2018, from <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/droogte>
- Kok, S. (2019). *MKBA kaderplan bodemdaling binnenstad Gouda*.
- Leusink, E. (2018). *Naar een kosteneffectieve aanpak van klimaatadaptatie in nederland*. Retrieved from [https://www.sweco.nl/siteassets/white-papers/naar-een-kosteneffectieve-aanpak-van-klimaatadaptatie-in-nederland.pdf?utm\\_source=whitepaper&utm\\_medium=adviseurs\\_email&utm\\_campaign=Kosteneffectieve\\_aanpak\\_klimaatadaptatie](https://www.sweco.nl/siteassets/white-papers/naar-een-kosteneffectieve-aanpak-van-klimaatadaptatie-in-nederland.pdf?utm_source=whitepaper&utm_medium=adviseurs_email&utm_campaign=Kosteneffectieve_aanpak_klimaatadaptatie)
- Peduto, D., Korff, M., Nicodemo, G., Marchese, A., & Ferlisi, S. (2019). Empirical fragility curves for settlement-affected buildings: Analysis of different intensity parameters for seven hundred masonry buildings in The Netherlands. *Soils and Foundations*, 59(2), 380–397. <https://doi.org/10.1016/J.SANF.2018.12.009>
- Raad voor de leefomgeving en infrastructuur. (2020). *STOP BODEMDALING IN VEENWEIDEGEBIEDEN - HET GROENE HART ALS VOORBEELD*. Retrieved from [https://www.rli.nl/sites/default/files/advies\\_stop\\_bodemdaling\\_in\\_veenweidegebieden\\_-\\_def.pdf](https://www.rli.nl/sites/default/files/advies_stop_bodemdaling_in_veenweidegebieden_-_def.pdf)
- Schreuder, A. (2020). Wegzakken in een verdrogende bodem. *NRC.NI*. Retrieved from

- <https://www.nrc.nl/nieuws/2020/07/21/wegzakken-in-een-verdrogende-bodem-a4006543>
- Shabha, G., & Kuhwald, K. (1995). Subsidence and the associated problems with reference to low-rise housing. *Structural Survey*, 13(3), 28–35.  
<https://doi.org/10.1108/02630809510099846>
- Van Workum, R., & de Jong, D. (2019). Funderingsproblematiek, een ‘vergeten rot dossier.’ *Water Governance*, 20–26. Retrieved from [https://www.kcaf.nl/wp-content/uploads/2019/11/WAGO\\_2019-03\\_Omgaan\\_met\\_de\\_Toekomst\\_KCAF.pdf](https://www.kcaf.nl/wp-content/uploads/2019/11/WAGO_2019-03_Omgaan_met_de_Toekomst_KCAF.pdf)
- Veldkamp, T. I. E. (2012). *Pole-faults -Developing a methodology for the risk assessment of wooden pile foundations problems in urban areas caused by periods of cumulative drought under climate change*.
- Verbond van Verzekeraars. (2019). Herbouwwaardemeter woningen 2020 gereed. Retrieved July 23, 2020, from <https://www.verzekeraars.nl/publicaties/actueel/herbouwwaardemeter-woningen-2020-gereed>
- Wallis, V. (2015). Is it worth buying a house that has evidence of subsidence? *The Guardian*. Retrieved from <https://www.theguardian.com/money/2015/jan/15/buying-house-with-subsidence-insurance>
- Willemsen, W., Kok, S., & Kuik, O. (2020). The effect of land subsidence on real estate values. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 382, 703–707. <https://doi.org/10.5194/piahs-382-703-2020>

# A Bijlagen

## A.1 Beschrijving schademechanismen droogte – panden

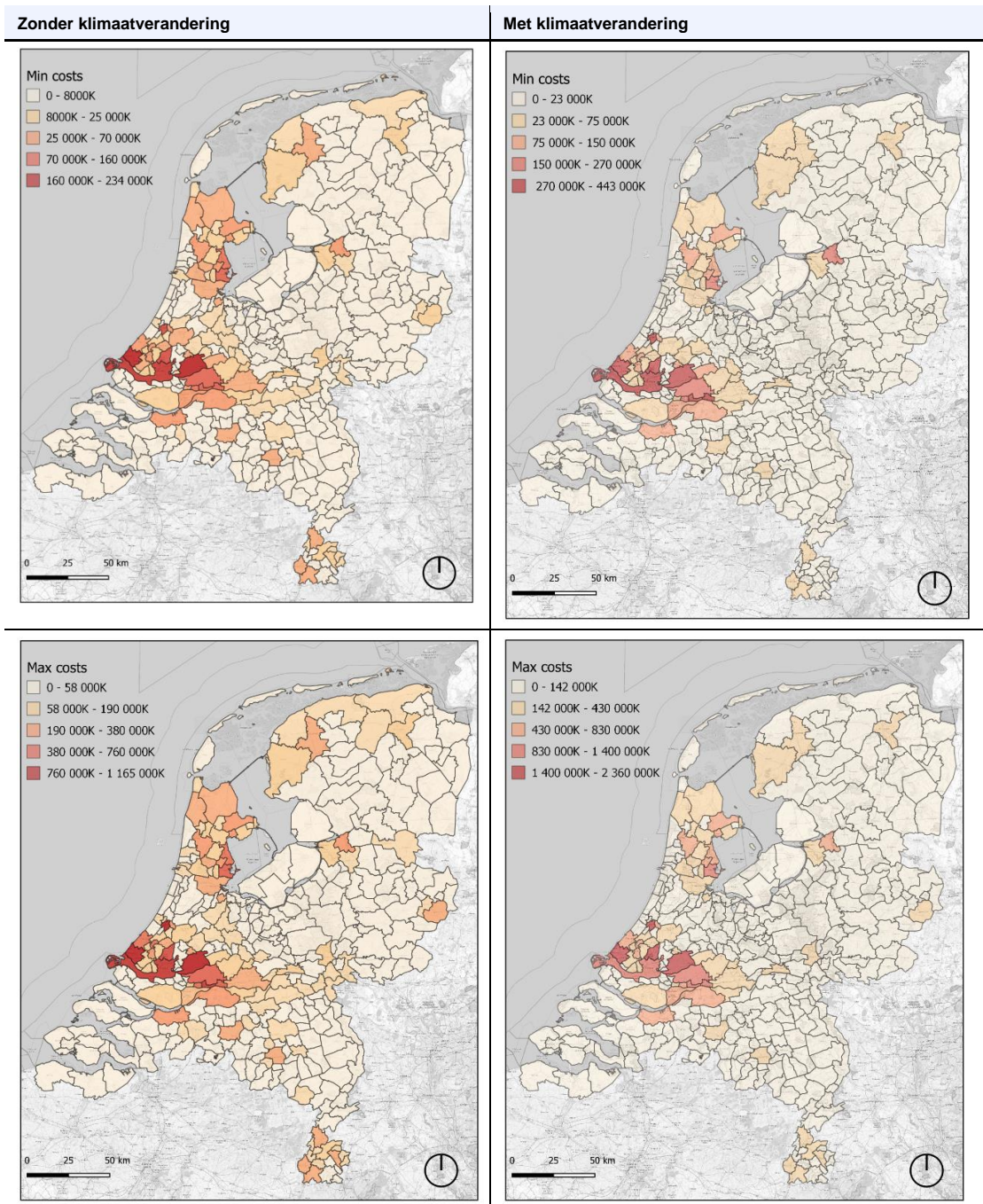
In Tabel 8 wordt nader toegelicht welke schademechanismen aan panden kunnen worden veroorzaakt of versterkt door droogte, en in welke mate de huiseigenaar hier zelf verantwoordelijkheid voor draagt.



Schademechanisme	Beschrijving	Verantwoordelijkheden
<b>Droogteschade aan tuinen</b>	Als bomen en planten niet goed met droogte kunnen omgaan en er een beregeningsverbod geldt, kan er droogteschade ontstaan aan tuinen. Keuze voor klimaatbestendige soorten heeft hier vele invloed op. Daarnaast kunnen tuinen door bodemdaling verzakken; deze moeten periodiek worden opgehoogd om een groot reliefverschillen met het huis en wateroverlast uit (wel opgehoogde) omgeving te voorkomen.	Huiseigenaren zijn zelf verantwoordelijk voor het onderhoud van hun tuin.
<b>Paalrot</b>	Houten paalfunderingen gaan rotten als er zuurstof bij het hout komt: dit is het geval als de grondwaterstand onder het niveau van het bovenste funderingshout zakt. Op termijn is de draagkracht zo laag geworden dat verzakking van het pand optreedt	Huiseigenaren zijn zelf verantwoordelijk voor de kwaliteit van de fundering. Als verslechtering van de fundering een duidelijk aanwijsbare oorzaak heeft (bijvoorbeeld werkzaamheden of peilverlaging) kan deze bij de veroorzaker verhaalt worden.
<b>Negatieve kleef</b>	Bij negatieve kleef gaat een dalende bodem als het ware aan de houten palen kleven en deze mee omlaag trekken.	Huiseigenaren zijn zelf verantwoordelijk voor de kwaliteit van de fundering
<b>Schade door reliefverschillen:</b>	Als het gebied rond een op betonnen of houten palen gefundeerd huis wegzakt, of bij als een ongefundeerd (harder) wegzakt dan de omgeving, kan schade ontstaan aan aansluitingen van nutsvoorzieningen, toename vochtoverlast/ overstromingsrisico en toegankelijkheid van een pand.	
i) Schade aan riool	Als er geen gebruik is gemaakt van flexibele leidingen – zoals in recente jaren meer gebruikelijk – kan de rioolaansluiting vanaf de hoofdleiding of naar het pand toe bij een te groot zettingsverschil breken.	In veel gevallen is de rioolleiding onder het terrein van de huiseigenaar diens verantwoordelijkheid. Met name schade bij oudere rioolbuizen waar schade wordt veroorzaakt door verzakking van het eigen pand of terrein kan op de rekening van de huiseigenaar komen.
ii) Schade aan kabels & leidingen	Naast rioolleidingen kunnen ook andere kabels en leidingen (water, gas) gevoelig zijn voor zettingsverschillen: vaak kunnen deze iets meer speling hebben.	Verantwoordelijkheid en eigendom van water en gasleidingen en kabels is vaak bij de asseteigenaar / nutsbedrijf tot aan de meterkast.
iii) Reliefverschillen met straatniveau	Als een pand (op staal) zakt ten opzichte van het straatniveau kan het nodig zijn aanpassingen te doen aan de ingang om het pand bereikbaar te houden.	De huiseigenaar is zelf verantwoordelijk
<b>Schade door verschilzetting</b>	Als een pand op staal gelijkmatig zakt ontstaat er geen constructieve schade aan een pand: deze ontstaat pas bij spanningen een pand scheefzakt/ diagonale zetting, bijvoorbeeld als een pand aan een zijde of in een hoek harder wegzakt. Schade kan ook ontstaan als er binnen een bouwkundig eenheid verschillende funderingstechnieken zijn gebruikt: bijvoorbeeld een gedeelde draagmuur met een op palen gefundeerd huis, of een anders gefundeerde aanbouw.	De huiseigenaar is zelf verantwoordelijk
<b>Vochtoverlast/ overstromingsrisico</b>	Als een pand op staal en/ of tuin lager zakt dan de directe omgeving, stroomt bij regen en overstromingen water het pand of tuin binnen. Daarnaast leidt een in verhouding hogere grondwaterstand mogelijk tot meer (permanent) vochtoverlast in huis, met schimmel en gezondheidsschade tot gevolg.	Huiseigenaar is zelf verantwoordelijk voor eventuele schade.
<b>Brandgevaar</b>	Bos- en natuurbranden kunnen overslaan op huizen als deze dicht tegen risicogebieden aan zijn gebouwd.	Brand is vaak verzekerd via de woonverzekering.

Tabel 8 Overzicht schademechanismen panden met een relatie naar droogte

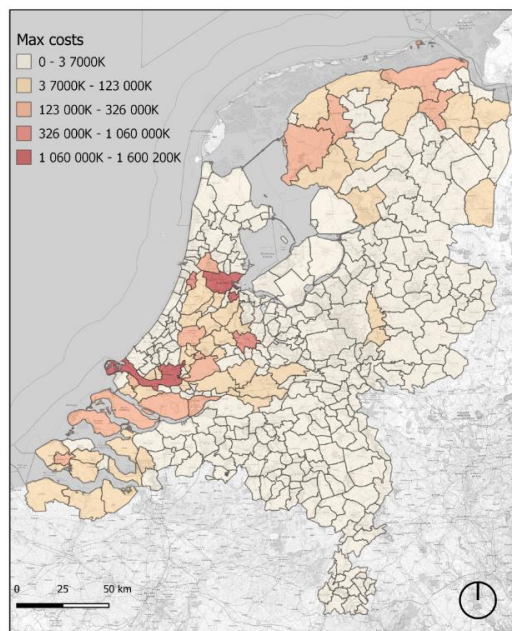
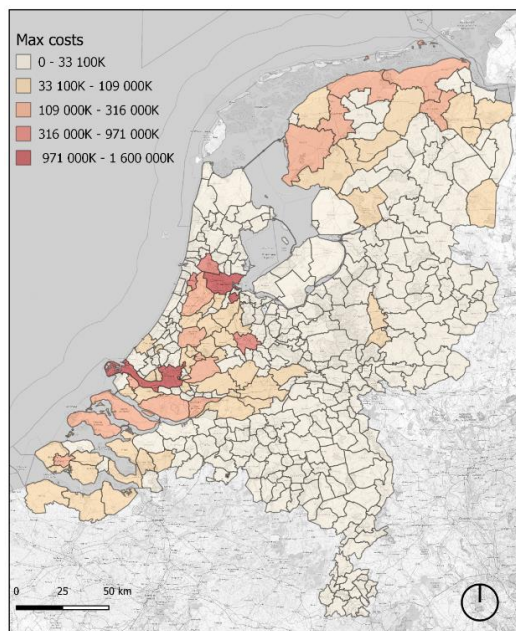
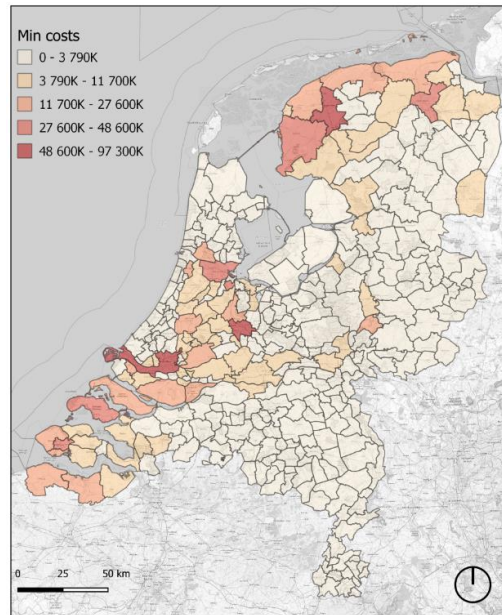
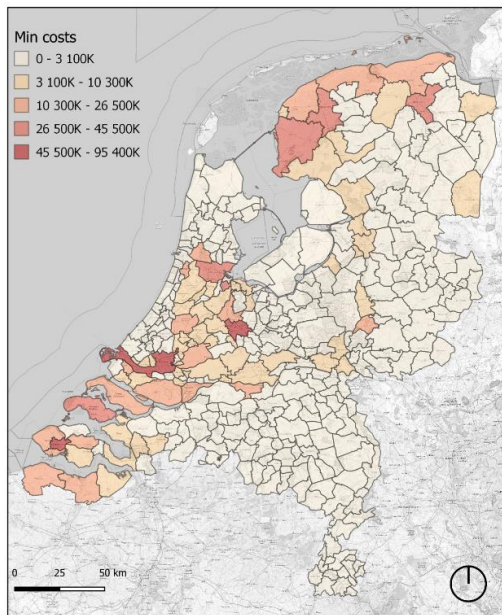
## A.2 Ruimtelijke spreiding naar schademechanisme



Tabel 9: Ruimtelijke spreiding schade door verschilzetting van panden op staal, cumulatief tot 2050 in k€ (op basis van een bandbreedte: bovenaan minimale schade, onderaan maximale schade). Let op: om de ruimtelijke spreiding goed zichtbaar te laten zijn verschilt de gehanteerde schaal per kaart.

Zonder klimaatverandering

Met klimaatverandering



Tabel 10: Ruimtelijke spreiding schade door paalrot, cumulatief tot 2050 in k€ (op basis van een bandbreedte: bovenaan minimale schade, onderaan maximale schade). Let op: om de ruimtelijke spreiding goed zichtbaar te laten zijn verschil de gehanteerde schaal per kaart.