



Handreiking Klimaatadaptatie ProRail

versie 25 maart 2019

Inhoud

1	Waarom deze handreiking?	1
2	Wat zijn de uitgangspunten?	3
3	Wat moet ik doen?	5
Bijlagen		12
1	Begrippen	12
2	Indicatoren klimaateffecten	13
3	Klimaateffecten ProRail	18
4	Bronnen	20

Foto voorzijde: Overloop/wadi, recent aangelegd bij een onderdoorgang bij Bunnik. Het gebied is ingestrooid met zaden van diverse fraaie planten. In de directe nabijheid zijn meer wadi's aangelegd en is een waterdoorlatende verharding aangebracht. Dit project werkte al vroeg met de aanpak conform duurzaam GWW (foto: Stefan Jak).

1 Waarom deze handreiking?

Het KNMI heeft temperatuurstijging, verandering van neerslagpatronen en zeespiegelstijging als trends geïdentificeerd in de klimaatveranderingen. Ze kunnen de kans op overstromingen vergroten en ook leiden tot meer wateroverlast, langere perioden met droogte en meer hittestress. Dit kan grote impact hebben op de bedrijfsvoering van ProRail, onder andere:

- Het functioneren van het elektrisch systeem
- De stabiliteit van de baan
- Daardoor: afname van continuïteit van het rijden van treinen
- De verblijfskwaliteit en veiligheid van passagiers en werkenden

Er is ook sprake van impact op aspecten buiten de primaire bedrijfsdoelen van ProRail, zoals vershraling van natuurgebieden door afname biodiversiteit en verdroging én afname woon- en leefkwaliteit door hittestress en wateroverlast in naastgelegen woongebieden. In stationsomgevingen is vaak sprake van sociale functies, zeker als ze in of bij een binnenstad liggen. Dan spelen deze factoren een extra grote rol.

De handreiking is een stap in het zoekproces naar een goede en structurele aanpak om de klimaateffecten een volwaardige rol te laten spelen in het beleid en de projecten van ProRail. Ze geeft een route aan om een ambitie voor klimaatadaptie te bepalen in nieuwe projecten, waar de werkwijze van Duurzaam GWW wordt gevolgd.

Foto's van boven naar beneden:

- Natuurbrand Rusland, 2019
- Omgewaaide boom bij Vlissingen, 2017
- Erosie in spoordijk, 2016
- Wateroverlast Utrecht CS, 2014



GEBOUWEN



Inspiratie uit Duitsland



Inspiratie uit Antwerpen



Inspiratie uit Ede



Inspiratie uit Venlo

PLEIN EN STRAAT



Inspiratie uit Eindhoven



Inspiratie uit St. Petersburg



Inspiratie uit Duisburg



Inspiratie uit Dijon

2 Wat zijn de uitgangspunten?

De handreiking is opgebouwd aan de hand van 6 stappen:

stap 1: Bepaal contour plangebied/ omgeving

stap 2: bepaal impact huidige situatie

stap 3: bepaal impact na realisatie project

stap 4: Oriënteer je op kansen

Stap 5: Maak voorstel ambitie klimaatadaptatie

Stap 6: Bepaal ambitie klimaatadaptatie (door stakeholders)

Bij het doorlopen van deze stappen wordt gebruikt gemaakt van een aantal uitgangspunten. Deze worden hier kort toegelicht.

Schaalniveaus

De klimaatimpact op terreinen of gebieden van ProRail wordt deels bepaald door lokale effecten. Hittestress of wateroverlast kan zich bijvoorbeeld specifiek voordoen op een verhard parkeerterrein. Andere effecten hebben een sterkere relatie met de omgeving, zoals wateroverlast door kwelwater of berm- en natuurbranden. Er kan daarom op verschillende schaalniveaus worden gekeken, we onderscheiden locatie, omgeving en regio.

Indeling van klimaateffecten

Voor de bedrijfsvoering van ProRail zijn met name 6 klimaateffecten relevant. Onder punt 7 kan een specifiek effect worden toegevoegd. Het betreft:

1. Wateroverlast (water op pleinen, parkeerterreinen, wegen, paden ed.)
2. Overstroming (gebied onder water door dijkdoorbraak)
3. Hittestress (als het te heet is voor een prettig verblijf)
4. Bliksem- en stormschade (omgevallen bomen en palen ed)
5. Natuur- en bermbranden
6. Verzakking (deel spoordijk schuift weg)
7. Speciaal effect (denk aan: erosie, verzilting, paalrot, droogte en afname biodiversiteit)

Indeling beoordeling klimaatimpact huidige en nieuwe situatie

De impact van klimaateffecten is heel divers. Bij de beoordeling van bliksem- schade worden andere criteria gehanteerd dan bij hittestress of biodiversiteit. Ook zijn sommige aspecten objectief te kwantificeren (zoals wateroverlast) en ontbreekt die mogelijkheid bij andere aspecten (zoals natuurbrand). Het gaat hierbij om het in beeld brengen van negatieve gevolgen.

De handreiking van de huidige situatie gaat uit van een beoordeling met 3 categorieën:

1. Stippellijn: geen impact (niet leidend tot schade of overlast)
2. Dunne lijn: lage/ gemiddelde impact (kans op overlast)
3. Dikke lijn: grote impact (kans op grote schade)

Bij de verdere doorwerking en uitwerking van een project kunnen de klimaateffecten gedetailleerd worden berekend en uitgewerkt.

3 ambitieniveaus

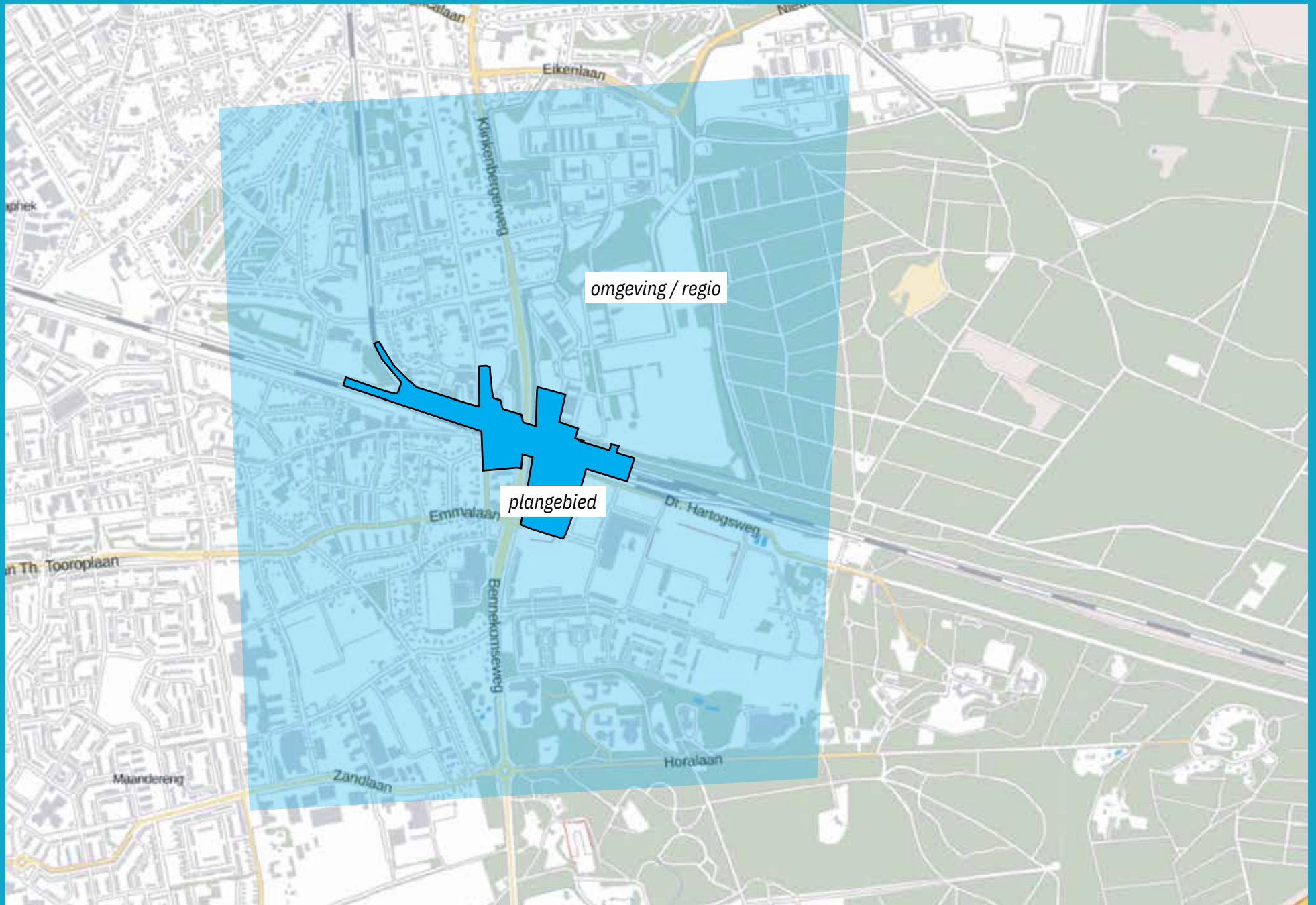
In het generieke ProRail Ambitieweb is ruimte voor 3 ambitieniveaus per thema. Elk thema hanteert zijn specifieke indeling en criteria. Voor klimaatadaptatie betreft dit:

1. Ambitieniveau 1: Geen achteruitgang mbt huidige situatie met een focus op schaalniveau plek en project. Het benoemen van een wettelijk minimum kan ook tot verslechtering leiden, bovendien zijn voor veel effecten geen normen beschikbaar.
2. Ambitieniveau 2: Verminderen overlast of schade van de klimaateffecten.
3. Ambitieniveau 3: Reduceren klimaatschade en bereiken meerwaarde (ruimtelijk en functies) voor omgeving en/of regio.

Rol van geld en budget

Het bepalen van een ambitie heeft geen gevolgen voor de financiering en inspanning, wel kan het leiden tot maatregelen die extra geld kosten.

De kostenaspecten worden niet meegenomen, aangezien het doel van de handreiking is om effecten inzichtelijk te maken en niet om maatregelen te definiëren. Een bepaalde ambitie kan vaak door verschillende maatregelpakketten gerealiseerd worden.



3 Wat moet ik doen?

De 6 stappen van de handreiking worden in dit hoofdstuk per stap toegelicht. De 6 stappen zijn:

stap 1: Bepaal contour plangebied/ omgeving

stap 2: bepaal impact huidige situatie

stap 3: bepaal impact na realisatie project

stap 4: Oriënteer je op kansen

Stap 5: Maak voorstel ambitie klimaatadaptatie

Stap 6: Bepaal ambitie klimaatadaptatie (door stakeholders)

Stap 1: Bepaal contour plangebied én omgeving/ regio

Klimaat effecten op ProRail gebied kunnen de omgeving beïnvloeden, maar ook door de omgeving worden beïnvloed. ProRail wil als 'goede buur' inzicht in deze wisselwerking, om te kunnen zoeken naar effectieve samenwerkingen of afstemmingen met organisaties of groepen uit die omgeving. Daarom wordt per project bepaald wat als plangebied en wat als omgeving/ regio wordt beschouwd.

Per project moet een gebied worden gespecificeerd, waarbinnen de effecten zich voordoen. Als voorbeeld ziet u de plancontour van project Spoorzone Ede Wageningen en een onderzoekscontour van omgeving en regio. Deze contour houdt rekening met berm- en natuurbranden in de nabijgelegen droge bossen van de Veluwe.

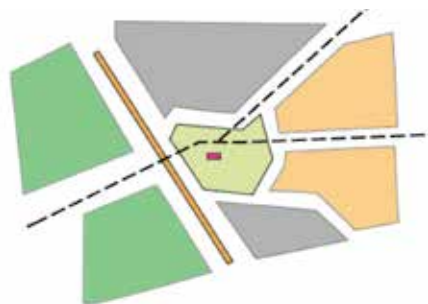
Foto's van boven naar beneden:

- *Bijeenkomst werkgroep van ProRail en adviseurs*
- *Testsessie met bureau Movares*
- *Testsessie met bureaus RHDHV en Arcadis*
- *Testsessie met bureau RHDHV en Arcadis*



Scorebord klimaatadaptatie

versie februari 2019



ProRail

Climate Adaptation Services



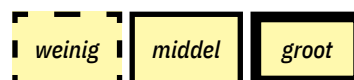
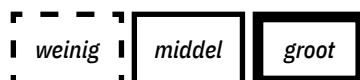
Locatie/ omgeving/ regio

Geselecteerde effecten

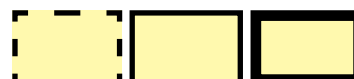
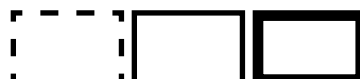
Impact scenario WH 2050
zonder project

Impact scenario WH 2050
na projectrealisatie

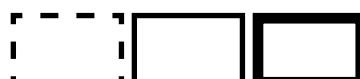
1. Wateroverlast



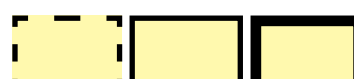
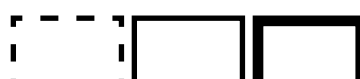
2. Overstroming



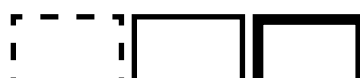
3. Hittestress



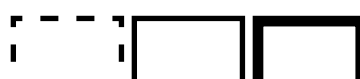
4. Bliksem- en stormschade



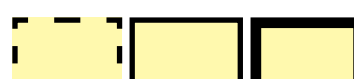
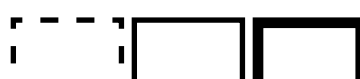
5. Natuur en bermbranden



6. Verzakking



7.



opmerkingen

Stap 2: Bepaal impact huidige situatie

Als tweede stap wordt een beoordeling gegeven van de klimaatimpact op het huidige projectgebied en haar omgeving: dus vóór de ingreep van een project.

Deze stap maakt gebruik van het scorebord. Op het scorebord wordt voor elk van de 6 klimaateffecten. Er worden dus 12 beoordelingen gevraagd. Er is een ruimte gelaten voor een 7e effect, dat in een specifiek project relevant kan zijn. Denk bijvoorbeeld aan paalrot of erosie.

Criteria:

De handreiking van de huidige situatie gaat uit van een beoordeling met 3 categorieën:

1. Stippellijn: geen impact (niet leidend tot schade of overlast)
2. Dunne lijn: lage/ gemiddelde impact (kans op overlast)
3. Dikke lijn: grote impact (kans op grote schade)

Voor de beoordeling van de klimaateffecten en het invullen van het scorebord kan gebruik worden gemaakt van vrij beschikbare en landdekkende informatie uit de Klimateffectatlas (www.klimateffectatlas.nl).

Bijlage 3 geeft per effect indicatoren, waarmee in detail aan wordt gegeven hoe de informatie uit de atlas gebruikt kan worden. Het ingevulde klimaat scorebord geeft in een oogopslag aan welke effecten er spelen en in welke mate deze potentieel een risico vormen voor ProRail in de referentiesituatie.

Meer info:

Deze stap geeft snel een eerste beeld van de klimaateffecten die spelen. Het is mogelijk dat er meer gedetailleerde en lokale informatie beschikbaar is, bijvoorbeeld uit een stresstest van de gemeente of het waterschap. Ook ProRail heeft een eigen stresstest uitgevoerd. Die informatie kan zeer nuttig zijn, maar vergt wel afstemming om te bezien of en hoe die gedetailleerder info gebruikt kan worden. Die afstemming zou dan zijn met in ieder geval ProRail (als het bureau het scorebord invult) en eventueel ook nog met de stakeholders.

Stap 3: Bepaal impact na realisatie project

In de derde stap wordt de situatie in beeld gebracht ná de projectingreep, in het geval dat er geen extra ambitie wordt nagestreefd. Het gaat dus om impact na projectrealisatie zonder specifieke maatregelen of doorwerking van concepten op gebied van klimaatadaptatie (*, zie scorebord).

De (mogelijke) veranderingen worden in het scorebord in beeld gebracht door het invullen van de vakjes.

Criteria:

1. Stippellijn: kans op positieve impact (kans tot extra ruimtelijke kwaliteit, beleving en functies)
2. Dunne lijn: lage/ gemiddelde impact (effecten blijven gelijk, worden gecompenseerd)
3. Dikke lijn: grote kans tot negatieve impact (effecten verergeren)

Er is geen objectieve onderlegger aanwezig voor deze beoordeling, bij het invullen is er immers nog geen sprake van een gerealiseerde werkelijkheid. Daarom kan dit gebeuren door inschatting van deskundigen.

De komende maanden zal het bord worden ingevuld bij tal van praktijkprojecten. Daardoor komen steeds meer ervaringen beschikbaar, deze ervaringsgegevens kunnen steeds meer leidend worden bij de invulling van de scoreborden.

GROEN EN PARK



Inspiratie uit Antwerpen



Inspiratie uit Duisburg



Inspiratie uit Antwerpen



Inspiratie uit Alphen aan de Rijn

SPOOR EN LANDSCHAP



Inspiratie uit Nederland (A12)



Inspiratie uit de Gelderse Vallei



Inspiratie uit Den Haag



Inspiratie uit Oramjewoud

Stap 4: Oriënteer je op kansen

Het ingevulde scorebord geeft een indicatie van knelpunten op gebied van klimaateffecten op dit moment én na realisatie van het project. Door aanpassingen in ruimtelijke structuur, architectuur en inrichting kunnen de negatieve gevolgen verminderd worden. Ook zijn er vaak kansen voor extra ruimtelijke kwaliteiten of extra gebruiksmogelijkheden. In de vierde stap worden deze extra kansen verkend, dit gebeurt op basis van voorbeeldplannen en inspirerende websites.

In het oriënteren spelen verschillende schaalniveaus een rol:

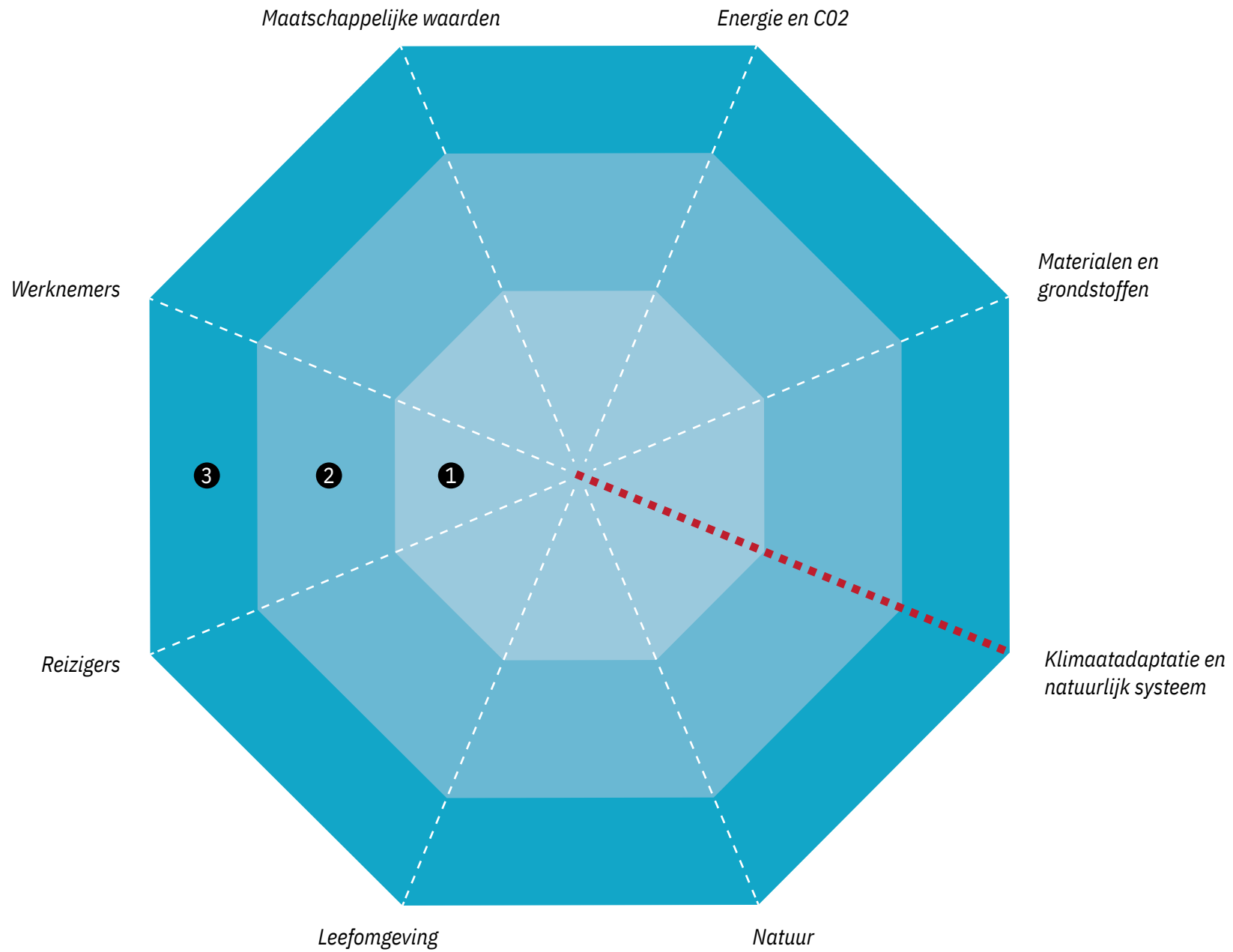
1. Wordt een probleem opgelost door een maatregel op locatie, of zijn er grotere inspanningen nodig?
2. Zijn er andere partijen nodig om deze oplossingen te realiseren?
3. Heeft het nemen van maatregelen ook andere voordelen dan het beperken van negatieve effecten?
4. En welke partijen kunnen mogelijk ook profiteren van deze baten?

De komende maanden zal de handreiking worden ingevuld voor tal van praktijkprojecten. Daardoor komen steeds meer ervaringen beschikbaar, hierdoor zal een verzameling van goede voorbeelden ontstaan, gericht op de projecttypologieën van ProRail. Het is gewenst om bij de voorbereiding de overwegingen goed te documenteren.

Op de pagina's 2 en 8 vindt u inspiratiefoto's, die wijzen op de kansen van klimaatadaptatie op verhoging van omgevingskwaliteiten en verblijfsplezier. Ze zijn deels ontleend aan het 'werkcahier Spoorzone Ede-Wageningen', gemaakt door ProRail en GrondRR.

Op de website www.ruimtelijkeadaptatie.nl vindt u enkele websites met mooie voorbeelden, zoals:

- **Groenblauwe netwerken:** inspirerende maatregelen en voorbeelden
- **Fotobank NA:** foto's voor klimaatadaptatie en ruimtelijke planning
- **Multifunctionele daken:** hulpmiddel en inspiratie voor effectief gebruik van uw dak
- **Voorbeeldenboek:** voorbeelden van klimaatbestendige inrichting



Stap 5: Maak voorstel ambitie klimaatadaptatie

Als vijfde stap wordt de informatie gecondenseerd tot een voorstel voor een generieke klimaatambitie. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het Duurzaam GWWweb van ProRail.

1. Ambitieniveau 1: Effecten worden niet verergerd
2. Ambitieniveau 2: Verminderen overlast of schade van de klimaateffecten
3. Ambitieniveau 3: reduceren klimaatschade en bereiken meerwaarde (ruimtelijk en functies) voor omgeving en/of regio

Deze toedeling kan in deze fase niet worden uitgerekend, het gaat om een afweging en inschatting van belangen en perspectieven. Het is een uitkomst van een gesprek of dialoog als voorbereiding van een ambitieoverleg.

NB

In het Duurzaam GWWweb van ProRail was klimaatadaptatie niet goed herkenbaar, waardoor klimaatadaptatie niet goed kon worden ingepast. Daarom is voor de handreiking een aangepaste versie gemaakt. Hierin is naast 7 andere facetten klimaatadaptatie als 8e facet benoemd. Dit is aangeduid met een rode lijn.

Stap 6: Bepaal ambitie klimaatadaptatie (door stakeholders)

De stappen 1 t/m 5 worden gedaan door ProRail, in de praktijk door een bureau dat dit als 'huiswerk' heeft. In het ambitieoverleg wordt als 6e stap door de stakeholders een ambitie voor klimaatadaptatie vastgelegd.

Bijlagen

1 Begrippen

Klimaatverandering

Het klimaat verandert. De afbeelding hiernaast laat de wereldwijde temperatuurstijging sinds het begin van de 20e eeuw zien. De uitstoot van broeikasgassen, zoals koolstofdioxide en methaan, door de mens spelen hierin een grote rol. Hiernaast zijn ook natuurlijke factoren van invloed op het klimaat.

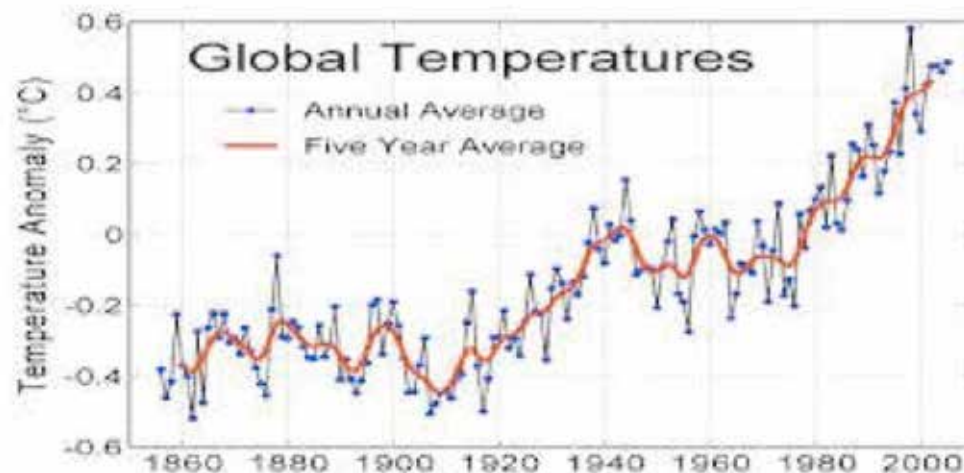
Klimaatadaptatie en Klimaatmitigatie

Om de nadelige effecten van klimaatverandering tegen te gaan wordt er actie ondernomen. We onderscheiden hierin twee typen inspanningen: Klimaatadaptatie en Klimaatmitigatie. Mitigatie is erop gericht om de klimaatverandering te beperken door bronbestrijding: vermindering van broeikasgasuitstoot. Hiervoor wordt bijvoorbeeld ingezet op energiebesparing en hernieuwbare energiebronnen. Bij klimaatadaptatie daarentegen, gaat het om het beperken van de nadelige effecten van klimaatverandering door het doen van aanpassingen in de leefomgeving, en in dit geval ook aan 'het spoorstelsel'. Hiermee wordt ernaar gestreefd om voorbereid te zijn op de veranderingen die er toch al gaan komen door klimaatverandering, ondanks de mitigatie inspanningen.

Toekomstig klimaat

Het KNMI heeft vier klimaatscenario's ontwikkeld. Deze scenario's geven aan welke klimaatveranderingen in Nederland in de toekomst plausibel zijn. Het gaat hierbij om de verandering van het gemiddelde klimaat, maar ook om de verandering van extremen.

De scenario's zijn gebaseerd op de laatste wetenschappelijke inzichten van het IPCC en geven de hoekpunten waarbinnen klimaatverandering waarschijnlijk zal plaatsvinden in Nederland. Van een gematigde (G) tot hoge (W) temperatuurstijging en een 'Lage waarde' (L), dan wel een 'Hoge waarde' (H) voor verandering van luchtstromingspatronen. In de klimaateffectatlas wordt met name gebruik gemaakt van het WH-scenario: dit scenario laat de meest extreme veranderingen zien voor 2050.



2 Indicatoren klimaateffecten

Om een inschatting te maken van de klimaateffecten wordt gebruik gemaakt van de vrij beschikbare landelijke Klimaateffectatlas: www.klimaateffectatlas.nl. In deze viewer zijn kaarten beschikbaar voor 4 thema's overstrooming, wateroverlast, droogte en hitte. Voor elk van deze thema's zijn verschillende categorieën kaarten beschikbaar. Voor sommige kaarten is het mogelijk om de situatie in het huidige klimaat te vergelijken met het klimaat in 2050. Er kan dan tussen de kaarten gewisseld worden door op de scenario knop te klikken

Voor elk van de klimaateffecten zijn kaarten geselecteerd die een indicatie geven van het mogelijke effect. Vervolgens is voor elk van de kaarten een indicatieve beoordeling voor de potentiële impact van dit effect gegeven (laag, middel, groot). Let op: de tabellen geven slechts een eerste indicatie. Gebruik lokale kennis en ervaring en gezond verstand om een inschatting te maken van de mogelijke impact. Voor sommige klimaateffecten zijn meerdere kaarten beschikbaar. Combineer de uitkomsten daarvan om tot een beoordeling te komen op het scorebord. Per kaart is met icoontjes aangegeven onder welk thema en bij welke categorie de kaart te vinden is in de Klimaateffectatlas, en of het relevant is om de scenario-knop te gebruiken.

Thema tabblad

Scenario knop

Beschikbare kaarten per categorie

Meer info in de Kaartverhalen

Overstroming	
Overstromingsdiepte primaire keringen	?
Overstromingsdiepte regionale keringen	?
Overstromingsdiepte buitenlandse gebieden	?
Kaatsgebonden overstroomingskans 2050 >200cm	?
Kaatsgebonden overstroomingskans 2050 >100cm	?
Kaatsgebonden overstroomingskans 2050 >25cm	?
Kaatsgebonden overstroomingskans 2050 >0cm	?
Droge plukken	?

1 Wateroverlast

Kaart Waterdiepte bij kortdurende hevige neerslag – 1:100 jaar

Geeft een indicatie van de maximale waterdiepte die op een plek kan optreden als gevolg van een bui van 70 mm in 2 uur. Deze bui komt in het huidige klimaat circa eens per 100 jaar voor.

Wateroverlast

Gevoelige functies/ruimtelijke kenmerken

2 Overstroming

Kaartverhaal Overstroming: tabblad plaatsgebonden overstromingskans, scroll naar de risicoscan.

Toont de overstromingskenmerken van een buurt: laat de kans zien die één persoon op één locatie per jaar loopt in 2050 om te maken te krijgen met een overstroming met een bepaalde waterdiepte.

Overstroming

Klimaatblootstelling kwetsbaar

Stap 1: Bepaal de overstromingsklasse van de locatie door in te zoomen en de locatie te selecteren. Klik daarvoor op het pijlteken linksboven de kaart. De overstromingsklasse staat onder het taartdiagram.

Stap 2: Bepaal in het taartdiagram welke overstromingsdiepte de hoogste kans van voorkomen heeft. (Welke gevolgbeperkende maatregelen zinvol zijn, hangt af van de overstromingsdiepte. Lees daarover meer in het kaartverhaal, tabblad overstromingsdiepte.)

Indicatie water op straat bij extreme neerslag	Indicatie beoordeling
0 -10 cm	Weinig
10 – 20 cm	Middel
> 20 cm	Groot

Stap 1: Overstromingsklasse	Indicatie beoordeling
Geen significante overstromingskans – extreem kleine kans	Weinig
Zeer kleine kans - Kleine kans	Middel
Middelgrote kans - Grote kans	Groot

Stap2: Overstromingsdiepte, hoogste kans van voorkomen	Indicatie beoordeling
0 -20 cm	Weinig
20 -50 cm	Middel
> 50 cm	Groot

3 Hittestress

Kaart Aantal Zomerse dagen (max ≥ 25 °C)

Toont het gemiddeld aantal zomerse dagen per jaar voor het huidige klimaat en voor het klimaat in 2050. Zoom uit om een goed beeld te krijgen van de verschillen binnen Nederland.

Hitte Klimaat effecten

Gebruik de scenarioknop > Huidig **2050WH**

Kaart Hittestress door warme nachten

Toont het gemiddeld aantal tropische nachten (niet koeler dan 20 graden) in het huidige klimaat en in 2050. Warme nachten is een belangrijke factor voor hittestress.

Hitte Klimaat effecten

Gebruik de scenarioknop > Huidig **2050WH**

Toename aantal klassen in 2050 t.o.v. huidig klimaat	Indicatie beoordeling
0: blijft gelijk	Weinig
+ 1 -2 klassen	Middel/groot
+ 3 klassen	Zeer groot

Toename aantal warme nachten in 2050 t.o.v. huidig klimaat	Indicatie beoordeling
+ enkele dagen tot 1 week	Weinig
+ 1 tot 2 weken	Middel
+ 2 tot 3 weken	Groot

4 Bliksem- en stormschade

Geen kaartmateriaal beschikbaar – het voorkomen van bliksem- en stormschade is niet ruimtelijk verspreid

5 Natuur & Bermbranden

Kaart Natuurbrand

Toont de gebieden waar een grote natuurbrand kan ontstaan. Deze kaart is gebaseerd op informatie die is aangeleverd door provincies.

[Droogte](#) [Gevoelige functies/ ruimte lijke kenmerken](#)

[Gebruik de scenarioknop >](#) Huidig **2050WH**

Kaart Potentieel neerslagtekort

Toont het potentieel maximaal neerslagtekort dat eens per 10 jaar voorkomt in het huidige klimaat en in 2050. Het neerslagtekort is een maat voor de droogte. Zoom uit om een goed beeld te krijgen van de verschillen binnen Nederland.

[Droogte](#) [Klimaat effecten](#)

[Gebruik de scenarioknop >](#) Huidig **2050WH**

Maak inschatting op basis van lokale situatie: b.v. aanwezigheid objecten die op spoor kunnen vallen door extreem weer

<i>Risico op natuurbrand</i>	<i>Indicatie beoordeling</i>
<i>Geen risico op natuurbrand</i>	<i>Weinig</i>
<i>-</i>	<i>Middel</i>
<i>Gebied met natuurbrand risico</i>	<i>groot</i>

<i>Potentieel maximaal neerslagtekort in 2050 t.o.v. huidig klimaat</i>	<i>Indicatie beoordeling</i>
<i>+ 1 klasse</i>	<i>Weinig</i>
<i>+ 2 klassen</i>	<i>Middel</i>
<i>+ 3 klasse</i>	<i>Groot</i>

6 Verzakking

Kaart bodemdaling 2016-2050 en Aanvullende bodemdaling

Toont de voorspelde bodemdaling in de periode 2016-2050, door klimaatverandering treedt er mogelijk aanvullende bodemdaling op. Deze aanvullende bodemdaling is te zien door de scenarioknop op 2050 te zetten. Tel voor een compleet beeld de voorspelde en aanvullende bodemdaling bij elkaar op.

[Droogte](#) [Klimaat effecten](#)

[Gebruik de scenarioknop >](#) Huidig **2050WH**

Kaart Bodemdaling na ophoging stedelijk gebied

Toont de bodemdaling na de fictieve ophoging van 1 meter in het stedelijk gebied. In gebieden met slappe bodems (veen, klei) daalt de bodem wanneer deze wordt opgehoogd met zand. De kaart geeft een indicatie voor de gevoeligheid voor ophogingen.

[Droogte](#) [Gevoelige functies/ ruimte lijke kenmerken](#)

[Gebruik de scenarioknop >](#) Huidig **2050WH**

<i>Totale bodemdaling (bodemdaling 2016-2050 + Bodemdaling 2050)</i>	<i>Indicatie beoordeling</i>
<i>Minder dan 10 cm</i>	<i>Weinig</i>
<i>10 – 50 cm</i>	<i>Middel</i>
<i>> 50 cm</i>	<i>groot</i>

<i>Bodemdaling na ophoging stedelijk gebied</i>	<i>Indicatie beoordeling</i>
<i>Minder dan 10 cm</i>	<i>Weinig</i>
<i>10 – 50 cm</i>	<i>Middel</i>
<i>> 50 cm</i>	<i>Groot</i>

3 Klimateffecten ProRail

1 *Wateroverlast*

Wateroverlast kan optreden doordat er veel neerslag valt in een korte tijd of door langdurige regenval. Door klimaatverandering zal de intensiteit en frequentie van deze neerslaggebeurtenissen toenemen. Bovendien is een gevolg van de neerslagtoename dat de grondwateraanvulling in de winter toeneemt waardoor de grondwaterstand stijgt. Hiermee neemt ook de kans op grondwateroverlast toe. Er ontstaan problemen wanneer het water niet goed verwerkt kan worden. Hierdoor kunnen bijvoorbeeld bedrijventerreinen, woonwijken, landbouwgronden en infrastructuur onder water komen te staan, met hinder en/of economische schade als gevolg. Bovendien kunnen er gezondheidsrisico's optreden bij overstroming van het riool, veel stedelijke gebieden zijn (nog) niet berekend op extreme neerslag.

Wateroverlast in het stationsgebied kan hinder veroorzaken voor de reizigers. Ook kunnen lagergelegen delen in de omgeving onderlopen, waardoor bijvoorbeeld toegangswegen en tunnels onbegaanbaar worden. Hiernaast kan door (extreme) regenval het spoor instabiel worden wanneer de bodem een (te) grote waterverzadiging krijgt of er een groot verschil in waterhoogte aan weerszijden van het spoor ontstaat. Het grondlichaam wordt hierdoor instabiel waardoor aardenbanen kunnen afschuiven of opdrijven. Hiernaast kan ook door een toename van de ondergrondse waterdruk, de stabiliteit van de ondergrond van het spoor in het geding komen. Voor het spoorwegsysteem kan dit leiden tot een verlies van draagkracht van een spoorlichaam en/of opdrijving door toenemende waterdruk vanuit tunnels en verdiepte liggingen.

2 *Overstroming*

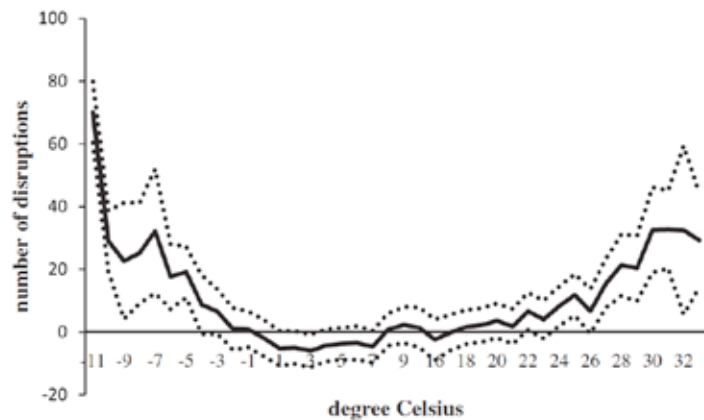
Door klimaatverandering stijgen de zeespiegel en de rivierstanden. Zonder aanvullende inspanning zou dit ervoor zorgen dat de overstromingskans toeneemt. Hierom wordt de normering van het waterveiligheidssysteem in Nederland elke 6-12 jaar herzien. Hiermee wordt klimaatverandering automatisch meegenomen in het nationale waterveiligheidsbeleid. Het Deltaplan waterveiligheid zet niet alleen in op het voorkomen van overstroming, maar ook op een duurzame ruimtelijke inrichting en rampenbeheersing om schade en slachtoffers te beperken ('meerlaagse veiligheid'). Omdat de effecten van overstroming zeer groot kunnen zijn en per locatie sterk kunnen verschillen is het relevant om te kijken naar de overstromingskans op een bepaalde locatie, en het beschouwen van de kwetsbaarheid van de lokale functies. Het gaat dan om het beschouwen van de restrisico's na uitvoering van het Deltaplan waterveiligheid.

Door overstroming van gebieden kunnen stationsgebouwen onbereikbaar worden doordat bijvoorbeeld toegangswegen onbegaanbaar zijn. Hiernaast kan ook de spoorinfrastructuur onbegaanbaar worden. Doorgaans zijn spoordijken niet berekende op waterkerendheid en bij overstroming kunnen aardenbanen afschuiven en opdrijven waardoor de stabiliteit van het grondlichaam van het spoor afneemt. Hierdoor wordt het spoor onbruikbaar.

3 *Hittestress*

Door klimaatverandering neemt niet alleen de gemiddelde temperatuur toe, het zal ook vaker extreem warm worden. Door hittestress kunnen gezondheidseffecten optreden, bovendien kan de waterkwaliteit van oppervlaktewater afnemen door opwarming. Langdurige hitte kan leiden tot vermoeidheid en concentratieproblemen, en kwetsbare groepen zoals ouderen kunnen zelfs (vervroegd) overlijden. Hittestress kan effect hebben op het thermisch comfort van de reizigers en mensen in de omgeving. We gaan in deze handreiking bij thermisch comfort uit van de tevredenheid met de thermische omgeving, inclusief gezondheidsklachten. Thermisch comfort is niet gebonden aan een vast temperatuur bereik, het hangt onder meer af van ervaring, verwachting en context. Wel is bekend dat langdurige blootstelling aan hoge temperaturen van meer dan 25 °C, voor gezondheidsproblemen kan zorgen. De temperatuur in het bebouwd en buitengebied kan sterk verschillen. Door het zogenaamde hitte-eiland effect wordt het in stedelijke gebieden aanzienlijk warmer. Wanneer een station bijvoorbeeld in een sterk verstedelijkt gebied ligt met weinig groen nabij, zal de warmte er langer blijven hangen en zal daar mogelijk (extra) hitte stress optreden. Hiernaast kan de beleving van temperatuur ook sterk beïnvloed worden door de inrichting van het gebied, zoals door de aanwezigheid van groen, water, wind, en schaduw van bomen of gebouwen. Met name schaduw heeft een grote positieve invloed op thermisch comfort.

Naast gezondheidsrisico's vormen hoge temperaturen een risico voor het functioneren van het spoornetwerk, bijvoorbeeld door vervorming van de rails (spoorspattingen) of wissels die niet meer omgaan en bruggen die niet meer sluiten. Een ander voorbeeld is het risico op oververhitting van het elektrotechnisch systeem, het spoorwegsysteem is in hoge mate verbonden met en afhankelijk van energie en ICT voor beveiliging en communicatie. Vanaf temperaturen boven de 23 °C (en onder de -3 °C) treedt er een aanzienlijke toename van verstoringen op in het spoorwegennetwerk, en wanneer het warmer is dan 30 °C neemt het aantal verstoringen toe met 30% (Figuur 2)



Figuur 2: Relatie tussen aantal storingen en temperatuur (Xia et al., 2013)

Oververhitting van het elektrotechnisch systeem kan leiden tot het breken van bovenleidingen, het niet meer werken van schakelaars in kasten en het niet meer werken van relais in beveiligingssystemen. Het risico hierop wordt vergroot wanneer de koelingssystemen uitvallen.

4 *Bliksem- en stormschade*

Door klimaatverandering neemt de kans op onweer en extreme regen toe, en daarbij mogelijk ook de (grote)hagel en de harde windstoten die bij deze buien regelmatig optreden. Er worden geen grote veranderingen in de gemiddelde windsnelheid of van 'normale stormen' verwacht.

Per graad Celsius neemt het aantal bliksemslagen bij onweer toe met 10-15% (KNMI, 2014). Dit kan meer schade veroorzaken aan infrastructuur en gebouwen. Door windstoten kunnen bomen, masten en spoorbomen op de rails of bovenleiding vallen. En blikseminslag kan in een grote omtrek elektronica en bekabeling /apparatuur ten behoeve van het spoorstelsel ontregelen of zelfs vernielen. Hierdoor kunnen treinen niet rijden en zijn soms kostbare herstelwerkzaamheden noodzakelijk.

5 *Natuur- en Bermbranden*

Twee van de vier klimaatscenario's van het KNMI laten zien dat door klimaatverandering langdurig droge en warme perioden in de zomer vaker voor kunnen gaan komen. Bij langdurige droogte neemt het risico op bos- en bermbranden toe waardoor hinder langs het spoor kan ontstaan. Het risico op bosbranden is met name van toepassing op droge zandgronden. Bermbranden daarentegen kunnen in heel Nederland voorkomen. Een natuurbrand kan zich

in een droge periode snel en onvoorspelbaar ontwikkelen. De bestrijding is lastig, omdat bluswater vaak van elders moet worden aangevoerd en de wind de brand aanwakkert. De meeste natuurbranden ontstaan door menselijke onvoorzichtigheid (weggegooide sigaret, vuurkorven, barbecues en dergelijke) of kwaadwillendheid (brandstichting). Soms is er sprake van natuurinvloeden zoals blikseminslag. Hoe klimaatverandering het risico (frequentie, grootte brand etc.) beïnvloedt is onzeker. Echter de weerscondities die 'gunstig' zijn voor bos- en bermbranden, zullen door klimaatverandering vaker voor gaan komen. Door natuur- en bermbranden kan hinder ontstaan doordat sporen niet of minder bruikbaar zijn. Hiernaast kunnen bos- en bermbranden risico's mee brengen voor reizigers en mensen in de omgeving, bijvoorbeeld wanneer wandelaars of fietsers worden verrast door het vuur en worden ingesloten.

6 *Verzakking*

Door klimaatverandering zullen de neerslagpatronen veranderen. Hoe het klimaat zich ontwikkelt is onzeker, echter twee van de vier klimaatscenario's van het KNMI laten zien dat er een grotere kans is op drogere zomers. De grondwaterstanden dalen dan. Door droogte kan de bodem instabiel worden en kunnen de grondlichamen van de rails verschuiven en de spoordijken verzakken. Dit vormt een bedreiging voor de stabiliteit van het spoor. Bovendien kan door droogte paalrot ontstaan en kan bodemdaling versterkt worden, hierdoor kunnen gebouwen en infrastructuur verzakken. Heel Nederland is in beweging. In enkele gebieden in Nederland is er sprake van bodemstijging, maar in grote delen daalt de bodem. Dit komt bijvoorbeeld door gaswinning, ophoging van slappe grond en veenoxidatie bij lage grondwaterstanden. In een laaggelegen land als Nederland is elk verder verlies aan hoogte onwenselijk. Als het land daalt ten opzichte van het zee- of rivierniveau neemt het overstromingsrisico toe. Hiernaast kunnen bodemdaling én -stijging verschillen in bodembewegingssnelheid, dit kan schade kan toebrengen aan (spoor)wegen, huizen, kunstwerken en ondergrondse infrastructuur (kabels, leidingen, riolering). De mate van schade hangt af van de snelheid van de bodemdaling, dit snelheidsverschil en de aanwezigheid en staat van funderingen.

4 Bronnen

1. Klimaatverandering en transport en infrastructuur (TNO, 2014)
2. Deltaplan Waterveiligheid 2018
3. Literatuurstudie thermisch comfort (TU Delft, 2012)
4. Xia, Y, J.N. van Ommeren, P. Rietveld, W. Verhagen (2013), Railway infrastructure disturbances and train operator performance: the role of weather
5. KNMI'14. Klimaatscenario's voor Nederland
6. Werkcahier aanvulling ontwerp buitenruimte spoorzone Ede- Wageningen vanuit klimaatadaptatie en verblijfskwaliteit (ProRail en GrondRR)
7. <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/kaartverhaal-wateroverlast>
8. https://www.rivm.nl/Onderwerpen/B/Binnenmilieu/Thermisch_comfort
9. <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/kaartverhaal-overstroming>
10. Klimaatverandering en transport en infrastructuur (TNO, 2014)
11. Blue areas rail ppt (Deltares)
12. Deltaplan Waterveiligheid 2018
13. Literatuurstudie thermisch comfort (TU Delft, 2012)
14. Xia, Y, J.N. van Ommeren, P. Rietveld, W. Verhagen (2013), Railway infrastructure disturbances and train operator performance: the role of weather
15. Ministerie IenW (2007) Spoorspattingen in Nederland.
16. KNMI'14. Klimaatscenario's voor Nederland
17. <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/kaartverhaal-wateroverlast>
18. https://www.rivm.nl/Onderwerpen/B/Binnenmilieu/Thermisch_comfort
19. <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/kaartverhaal-overstroming>
20. <httpss://www.prorail.nl/sites/default/files/spoorspattingen.pdf>

COLOFON

Auteurs

- Stefan Jak, ProRail
- Jeroen ter Meer, ProRail
- Vincent Grond, GrondRR
- Eva Boon, CAS
- Hasse Goosen, CAS
- Robert de Graaff, ORG-ID

Met hulp van

- medewerkers ProRail
- medewerkers Movares
- medewerkers RHDHV
- medewerkers Arcadis

25 maart 2019