Bijlage 4 bij

Wegennota 2021-2025

Klimaatadaptatie

Inhoudsopgave

1. Klimaatopgave....4
2. Wateroverlast....4
   2.1. Aanleiding....4
   2.2. Commissie uitgiftepeilen....4
      2.2.1. Opname in aanvraag bouwvergunning....5
      2.2.2. Financiële consequenties en besluitvorming....5
   2.3. Water vasthouden onder de verharding....5
      2.3.1. Waterpasserende verharding....5
      2.3.2. Waterdoorlatende verharding....12
      2.3.3. Tijdelijk water (tijdelijk) bergen op de verharding....13
      2.3.4. Waterbergende funderingen, glaswol- of kratsystemen onder de weg....13
      2.3.5. Verharding uitwisselen voor groen, ontharden....14
3. Water onderlast....14
   3.1. Extra zetting van de ondergrond....14
      3.1.1. Effect van ophogen in relatie tot het effect van een droog jaar....16
   3.2. Krimpscheuren in de oude dijkenstructuur....18
   3.3. Het los gaan liggen van elementen verharding....19
4. Hittestress....19
5. Schade mechanismen in asfalt bij langdurige hitte....20
   5.1. Het vet worden van het asfalt....20
   5.2. Spoor- en ribbelvorming....21
6. Checklist....22

1. Klimaatopgave

Over de klimaatopgave is veel te vertellen, ook als het gaat om wegbeheer. In deze bijlage 'Klimaatadaptatie', gaan we uitgebreid in op het thema. Een samenvatting van deze bijlage is opgenomen in de wegennota.

De klimaatopgave is voor wegen op te knippen in een aantal items:

Wateroverlast

- Door langdurige aaneengesloten regenval
- Door bijna elke dag regen over een langere periode
- Door extreme piekbuien

Wateronderlast

- Door extreme (langdurige) droogte

Hittestress

- Door opwarming van verharding en bebouwing bij warm zonnig weer
- Door gebrek aan schaduw

Schade door hitte aan asfaltwegen

2. Wateroverlast

2.1. Aanleiding

Langdurige, aaneengesloten regenval en bijna elke dag regen over een langere periode, komt vooral in de herfst of in de winter voor. De natuurlijke ondergrond in Dordrecht is klei. De snelheid waarbij water zich door die klei verplaatst is laag. Vaak maar met enkele millimeters per dag. Het water wat op de verharding valt wordt meestal via kolken afgevoerd naar het riool. Echter in parken en dergelijke staan meestal geen of weinig kolken. De grond kan bij langdurige regenval het water op een gegeven moment niet meer opnemen en het water stroomt naar de laagst gelegen delen. Dit zijn meestal de paden.

Extreme neerslag in de vorm van piekbuien komt steeds vaker voor. Het hemelwater kan dan niet meer de riolering instromen. Het rioolsysteem is volgelopen. Het overtollige water moet in de openbare ruimte worden geborgen. Hiertoe is een goede afstemming nodig tussen de hoogteligging van die openbare ruimte en de drempelhoogten van woningen.

In de praktijk wordt bij de herinrichting van de openbare ruimte al goed rekening gehouden met de drempelhoogte van de omliggende woningen. Bij nieuwbouw is het voor een projectontwikkelaar echter vaak onduidelijk wat het gewenste vloerpeil is voor een optimale waterberging. Hier kan op een relatief simpele wijze grote verbetering in worden gebracht door het verstrekken van uitgiftepeilen te centraliseren.

2.2. Commissie uitgiftepeilen

Naar voorbeeld van de gemeente Rotterdam is in de gemeente Dordrecht een commissie uitgiftepeilen actief. De commissie is telefonisch en via een eigen e-mail box bereikbaar. Door contacten met de Omgevingsdienst en de afdeling GEO weten al veel projectontwikkelaars de commissie te vinden. De commissie komt periodiek bij elkaar en wanneer hier een directe aanleiding voor is.

In opdracht van de commissie verricht de dienst Gemeentebelastingen en Basisinformatie van de Drechtsteden de noodzakelijke hoogtemetingen. Alle gegevens worden opgenomen in een digitale overzichtskaart van Dordrecht.

2.2.1. Opname in aanvraag bouwvergunning

Hoewel genoemde werkwijze al de nodige vruchten heeft afgeworpen, is het nog afhankelijk van de welwillendheid van de projectontwikkelaars of de commissie wordt benaderd. Om de commissie de benodigde status te verschaffen is het voorstel om via de aanvraag van de bouwvergunning projectontwikkelaars te verplichten contact op te nemen met de commissie.

2.2.2. Financiële consequenties en besluitvorming

Klimaat adaptieve maatregelen treffen in de openbare ruimte vergt vaak forse investeringen. Met een goed functionerende commissie uitgiftepeilen kan op eenvoudige en goedkope wijze de bestaande berging in de openbare ruimte worden geoptimaliseerd. Hiermee wordt de kans dat water gebouwen instroomt aanzienlijk verkleind. Omdat het over water gaat is financiering en besluitvorming vanuit het GRP ook het meest voor de hand liggend. Op dit moment wordt gewerkt aan het nieuwe GRP VII. Voorgesteld wordt hierin de financiering en de besluitvorming te regelen.

2.3. Water vasthouden onder de verharding

Water vasthouden onder de bestrating is een middel om de gevolgen van extreme regenval beperkt kleiner te maken. Het moet niet worden gezien als "de oplossing" van de wateroverlast die ontstaat bij extreme regenval. Maar het kan zeker helpen.

Er zijn verschillende manieren om water onder de verharding te kunnen opslaan:

1. Water-passerende verharding;
2. Waterdoorlatende verharding;
3. Via kolken in waterbergende funderingen, glas of steenwol blokken of kratsystemen.

In het hoofdstuk water-passerende verharding wordt ingegaan op het geschikt maken van de ondergrond voor het bergen en het vertraagt afvoeren van dat water onder de verharding.

2.3.1. Waterpasserende verharding

Waterpasserende verharding wordt op een groot aantal plaatsen toegepast als mogelijke oplossing voor de gevolgen van de klimaatverandering. Vooral op de hoge zandgronden wordt dit veelvuldig toegepast. Door die toepassingen is zo langzamerhand ook een beeld ontstaan van wat wel en wat niet kan en wat de meerkosten zijn voor het beheer bij het toepassen hiervan.

Over het algemeen is de regen die in zo'n 95% van de gevallen valt (1-2 mm per dag en dan weer een paar dagen niet) wel door de Dordtse klei ondergrond te verwerken. Gaat het langdurig aaneengesloten regenen en gebeurt dat meerdere dagen achtereen of bij extreme piekbuien, dan kan de ondergrond dit niet verwerken. Het idee van waterpasserende verharding is dat het water tijdelijk kan worden vastgehouden in het wegcunet.

Het wegcunet is een bak in de natuurlijke ondergrond. Hierin is een zandpakket aangebracht. Dat Zandpakket is nodig om de belasting door het verkeer te kunnen dragen. Bij langdurige of extreme regenval blijft het water door de waterpasserende verharding toestromen. Hierdoor raakt het zandpakket doordrenkt/verzadigt met water. De zandkorrels drijven dan als het ware een beetje uit elkaar. Hierdoor verliest het zand tot wel 2/3 van zijn draagkracht. Het gevolg hiervan is dat de weg versneld zal verslechteren. Daardoor is eerder onderhouden nodig. Dit effect kan teniet worden

gedaan als het water vrijwel direct kan worden doorgezet naar een diepte van meer dan 1 meter onder de kruin van de weg.

Om water passerende verharding in Dordrecht te kunnen toepassen zijn 8 voorwaarden waaraan voldaan moet worden:

- Voldoende drooglegging;
- Het zandbed moet voldoende dik zijn;
- Het zand in het zandbed moet een permanente drainfunctie hebben;
- Er moet drainage worden aangelegd die het overtollige water in het zandbed binnen een dag kan afvoeren naar oppervlaktewater;
- Er moet in de directe omgeving oppervlaktewater aanwezig zijn of er moet kunnen worden aangesloten op een bestaand drainagesysteem wat op de juiste hoogte is afgesteld;
- Er moet een overloopsysteem met kolken in de weg worden aangebracht;
- Er moet voldoende budget komen om het wegcunet (zandbed) geschikt te maken voor waterpasserende verharding;
- Er moet voldoende budget komen om de voegen van de waterpasserende verharding te kunnen reinigen.

2.3.1.1. Voldoende drooglegging

Drooglegging is het verschil tussen het gemiddelde singelpeil (oppervlaktewater) en het peil van de as van de weg.

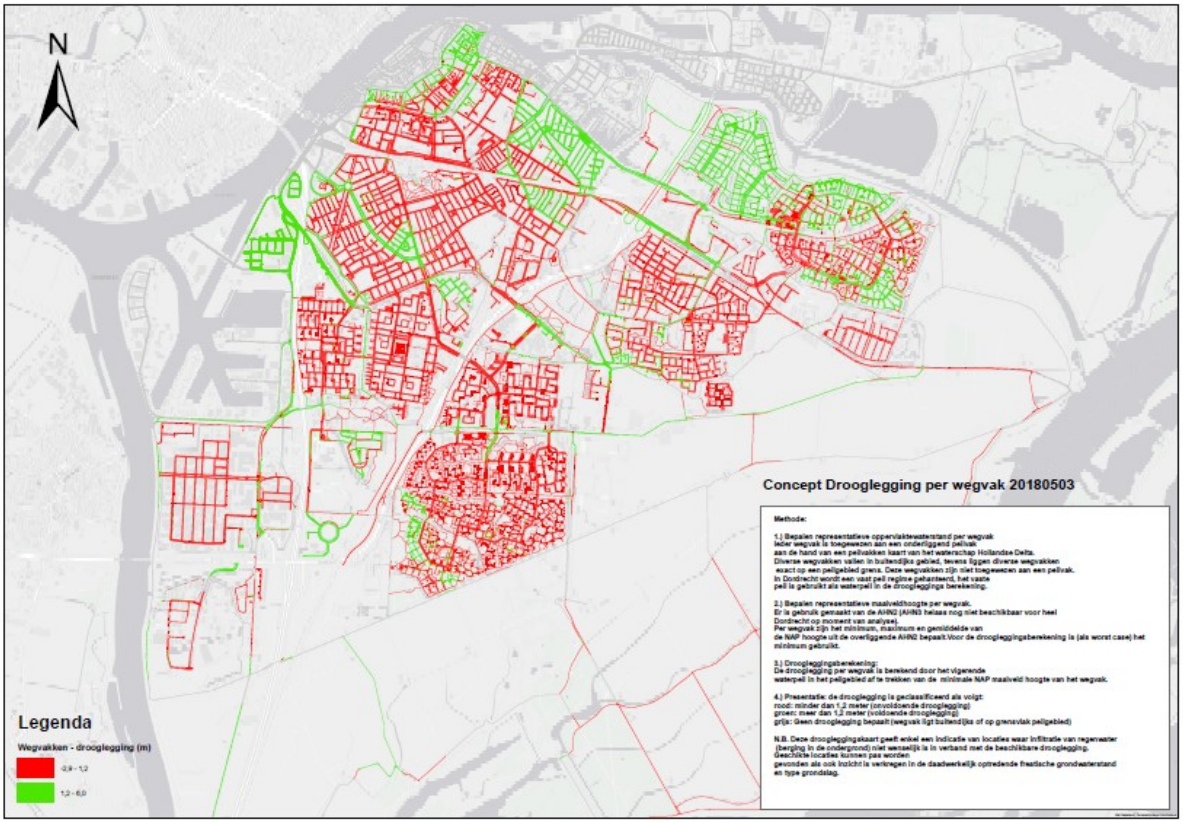
Met peil wordt bedoeld de hoogte van de bovenkant van het water of de weg ten opzichte van NAP. NAP staat voor Normaal Amsterdams Peil. Alle hoogtes in Nederland worden gemeten ten opzichte van hetzelfde niveau, het Normaal Amsterdams Peil (NAP). Een NAP-hoogte van 0 meter is ongeveer gelijk aan het gemiddeld zeeniveau van de Noordzee.

Het singelpeil wordt vastgesteld door het waterschap met een zogenaamd peilbesluit. Het waterschap draagt zorg voor het handhaven van dat peil door middel van het verpompen van overtollig water naar de rivier of het inlaten van water vanuit de rivier.

Om water te kunnen bergen in de holle ruimte van het zand moet de drooglegging minimaal 1 meter zijn met als absoluut minimum ca. 80 cm. Er is dan ongeveer 20 cm beschikbaar om water te kunnen bergen in de holle ruimte van het zand. Stel er zit 5% holle ruimte tussen de zandkorrels dan kan in die 20 cm zand 1 cm water geborgen en tijdelijk vastgehouden worden.

Nu zakt de grond in Dordrecht elk jaar een paar millimeter en soms wel meer. Stel de bodem zakt ½ cm per jaar. Dit betekent dat de bodem na 30 jaar 15 cm is gezakt. Het singelpeil blijft gelijk. Om nu toch de meter minimaal te kunnen garanderen, gedurende de levensduur van de weg, is minimaal een drooglegging van 1,20 meter nodig. Zodat het mogelijk is om langdurig water in het zandbed bergen en vast te houden. In deze 1,20 meter zit ook nog een stukje veiligheid om het wegcunet ook bij langdurige regenval meerdere dagen achter elkaar voldoende droog te houden.

Met dit uitgangspunt is de onderstaande kaart gemaakt.



Rood is minder dan 1,20 meter drooglegging, groen is gelijk aan of meer dan 1,20 drooglegging en grijs is geen waarde bepaald.

Hoe is de kaart gemaakt en wat zien we hierop?

1. Voor het bepalen van de representatieve oppervlaktewaterstand per wegvak is ieder wegvak toegewezen aan een onderliggend peilvak. Dit aan de hand van een peilvakken kaart van het waterschap Hollandse Delta.
2. Diverse wegvakken vallen in buitendijks gebied, tevens liggen diverse wegvakken exact op een peilgebied grens. Deze wegvakken zijn niet toegewezen aan een waterpeil-vak. Deze wegen kleuren in grijs in de kaart.
3. In Dordrecht wordt een vast peilregime gehanteerd, het vaste peil is gebruikt als waterpeil in de drooglegging sberekening.
4. Voor het bepalen van de representatieve maaiveldhoogte per wegvak, is gebruik gemaakt van de AHN2 (Actueel Hoogtebestand Nederland). De AHN3 was helaas nog niet beschikbaar voor heel Dordrecht op moment van de analyse.
5. Per wegvak zijn het minimum, maximum en gemiddelde van de NAP-hoogten uit de overliggende AHN2 bepaalt. Voor de drooglegging sberekening is (als worst case) het minimum gebruikt.
6. De drooglegging per wegvak is berekend door het vigerende waterpeil in het peilgebied af te trekken van de minimale NAP maaiveld hoogte van het wegvak.

N.B. Deze drooglegging skaart geeft enkel een indicatie van locaties waar extra infiltratie van regenwater onder de weg (berging in de ondergrond) niet wenselijk is in verband met de beschikbare drooglegging. Geschikte locaties kunnen pas worden gevonden als ook, door middel van peilbuizen, inzicht is verkregen in de daadwerkelijk optredende freatische grondwaterstand en type grondslag.

Voorlopige conclusie is: dat op basis van de kaart veel plekken in Dordrecht op voorhand ongeschikt lijken voor waterberging in de ondergrond.

2.3.1.2. Kabels en leidingen

Wanneer er onvoldoende drooglegging onder de weg aanwezig is zou gedacht kunnen worden aan een dicht systeem van een waterbergende fundering (Aquabase of Aquaflow) die vertraagt zijn water afvoert op de riolering al dan niet met een overloop systeem voor als de voorziening vol zit. Echter de kabels en leiding beheerders willen liever niet onder zulke systemen liggen. Ook al omdat dit soort systemen geen graafwerk naar onderliggende kabels of leidingen verdragen. Kansen voor toepassing van waterbergende funderingen doen zich vooral voor bij grote parkeerterreinen zonder kabels en leidingen. Die grote parkeerplaatsen komen maar beperkt voor.

2.3.1.3. Het zandbed moet voldoende dik zijn

Het meest kansrijk voor waterberging onder verhardingen, bij voldoende drooglegging, zijn de rijbanen en rijlopers in de woongebieden. Het gaat dan om de woonstraten en de woonerven. Het zandbed in deze gebieden is van oudsher slechts 50 cm dik. Alleen ter plaatsen van de rioolsleuf is meer zand aanwezig. Bij een gemengd rioolstelsel is de breedte van de rioolsleuf is meestal maar beperkt. Ligt er een gescheiden rioolstelsel in de weg dan is de sleuf vaak breder. Ligt het riool diep, dan wordt vaak gebruik gemaakt van een sleufbekisting. Zie foto hiernaast. Hierdoor geldt meestal niet hoe dieper het riool ligt de breder de sleuf wordt.

Als een weg al eens is opgehoogd zal het zandbed dikker zijn. Maar de kans dat het zandbed 1,20 meter dik is lijkt niet groot. Om een redelijke berging te creëren moet het zandbed naast de rioolsleuf dikker gemaakt worden. Dit betekent:

- Het bestaande zand ontgraven en tijdelijk ergens anders in een depot zetten;
- Tussen de 30 en 50 cm grond ontgraven en afvoeren naar een locatie elders. Eventueel komen daar nog stortkosten bij;
- Zand uit het depot terug halen en verwerken;
- Tekortkomend zand aanvoeren en verwerken.

Door het toevoegen van deze werkzaamheden worden de werken duurder, gaan ze langer duren en neemt het gebruik van grondstoffen en brandstoffen toe. Dit betekent ook meer CO2 en stikstof.

Conclusie: de huidige diktes van het zandbed in de wegen is onvoldoende dik. Het dikker maken van het zandbed onder de wegen is duur en niet duurzaam.

2.3.1.4. Het zand in zandbed moet een permanente drainfunctie hebben

Er zijn grofweg twee soorten zand. Zand voor zandbed en zand voor aanvulling/ophoging.

Zand voor zandbed is grover dan zand voor aanvulling/ophoging. Zand voor zandbed wordt gebruikt voor aanvulling van de bovenste meter onder de bovenkant van de verharding. Zand voor aanvulling/ophoging wordt gebruikt voor aanvullingen of ophogingen dieper dan 1 meter onder de bovenkant van de verharding.

Nu zijn de eisen die gesteld worden aan zand voor zandbed best wel ruim. In het ene zand voor zandbed zit veel meer fijne fractie dan in het andere. Het gevolg is dat het aanwezige zand de ene keer een permanente drainfunctie heeft en de andere keer niet. Als dat niet zo is, houdt het zand het water als het ware vast. Hierdoor duurt het lang voordat het water via de drainage wordt afgevoerd. Pas de laatste 3 jaar wordt, door het aanscherpen van de bestekseisen, echt gestuurd op het type zand dat wordt geleverd.

Indien het zandbed geschikt moet worden gemaakt voor het bergen van water zal steeds onderzocht moeten worden of het zand voldoet aan de eisen voor een permanente drainfunctie. Als het niet voldoet, zal het zand vervangen moeten worden door ander zand of moet het zand door zeven geschikt worden gemaakt voor de drainfunctie.

Door het toevoegen van deze werkzaamheden, bij ongeschikt zand, worden de werken duurder, gaan ze langer duren en neemt het gebruik van grondstoffen en brandstoffen toe. Dit betekent ook meer CO2 en stikstof.

Om een indruk te krijgen wat dit per m1 kost heeft het Ingenieurs Bureau Drechtsteden een globale kostenraming gemaakt van het uitwisselen van zand naast een rioolsleuf, door drainerend zand ("Dordts zand") in combinatie met een rioolwerk.

Uitgangspunten:

- Kosten per m1 wegprofiel gemiddelde woonstraat;
- Bestaande wegbreedte woonstraat is 6,00 m - rijbaan en 2 zijden parkeren;
- Breedte cunet onder rijweg incl. parkeerstroken en strook banden is 6,50 m;
    - Te ontgraven rioolsleuf: 2,50 m breed - éxtra te ontgraven 4,00 m (2x 2,00 m) x 0,80 m. Waarvan D= 0,50 m zand en D= 0,30 m klei;
    - Geen stortkosten voor uitkomend zand of klei;
    - Op basis van schone grond.

De globaal geraamde kosten grond komen op circa €160,--/m1.

Conclusie: het is niet duidelijk of het huidige zandbed overal voldoet aan de eis van permanente drainfunctie. Het uitwisselen voor nieuw zand of het zeven van het bestaande zand is duur en niet duurzaam.

2.3.1.5. Er moet drainage worden aangelegd

Als in het verleden bij aanleg of bij rioleringswerkzaamheden geen drainage is aangelegd, moet drainage worden aangelegd. Drainage is een buis, met een diameter van 16 cm en vaak van kunststof, met gaatjes. Door die gaatjes stroomt het water de buis in. De drainage moet het overtollige water in het zandbed binnen een dag kunnen afvoeren naar het oppervlaktewater. Bij aansluiting op een bestaande drainage moet worden onderzocht of deze nog voldoende werkt. De aanleg van een drainage stelsel bij een herbestrating is duur daarom wordt dit zelden gedaan. De voorkeur heeft het om een drainage stelsel aan te leggen bij een riool vervanging. Dit gebeurt veelal standaard.

Conclusie: als een drainage moet worden aangelegd is dat enkel effectief en betaalbaar bij een rioolvervanging.

2.3.1.6. Oppervlaktewater in de directe omgeving

Er moet in de directe omgeving oppervlaktewater (sloot, singel, vijver, enzovoort) aanwezig zijn. Of een aansluitmogelijkheid op een bestaand drainagesysteem. Of een aansluitmogelijkheid op een schoon watersysteem (ondergrondse verbindingen tussen watergangen, ook wel duikers genoemd), wat op de juiste hoogte is afgesteld.

In delen van de stad, zoals bijvoorbeeld in de 19^{e} -eeuwse Schil, komt geen oppervlaktewater voor. Dit maakt de aansluiting van drainage op oppervlaktewater op die plekken lastig tot onmogelijk. Alleen een schoon watersysteem in de nabijheid maakt aansluiten mogelijk.

Het waterschap geeft geen toestemming om drainage op een gemengd stelsel aan te sluiten. Dit omdat hierdoor te veel water bij de zuivering terecht komt. Hoe minder water bij de zuivering komt de lager de kosten voor de bewoners zijn.

Conclusie: zonder open water of een aansluiting op een bestaande schoon waterverbinding in de nabijheid is het niet mogelijk om water tijdelijk in de ondergrond vast te houden.

2.3.1.7. Overloop systeem

Bij piekbuien of langdurige regenval kan de berging, die in de ondergrond is gemaakt, vol raken of de voegen in de verharding kunnen door vervuiling de hoeveelheid water niet verwerken. Hierdoor kan er voor langere tijd water op straat komen te staan.

De gemeente Dordrecht hanteert, in het Gemeentelijk Riolering Plan, de volgende richtlijnen in de acceptatie van water op straat:

- *Hinder*: Is een kortdurende, beperkte hoeveelheid water op straat, met een duur van 15 à 30 minuten;
- *Ernstige hinder*: Zijn forse hoeveelheden water op straat die langer duren, 30 à 120 minuten, waarbij tunnels vollopen en putdeksels mogelijk opdrijven;
- *Overlast*: Hierbij is langdurig sprake van grote hoeveelheden (en op grotere schaal) water op straat. Hier treedt economische schade op en belemmert de verkeersdoorgang. Het kan tevens kortdurend zijn, met grote economische effecten doordat het water het bijvoorbeeld woningen en winkels in stroomt.

Overlast willen we voorkomen. Hierom is het noodzakelijk dat er een overloopsysteem wordt aangelegd in de vorm van kolken. Deze kolken moeten weer worden aangesloten op het schoon water riool. Hierdoor kan het overtollige water afgevoerd worden.

Conclusie: de meeste water passerende verharding kunnen niet zonder kolken worden aangelegd. Vaak heb je een overloopsysteem nodig.

2.3.1.8. Budget voor reiniging voegen van water-passerende verharding

Waterpasserende verharding moet onderhouden worden. Als gevolg van fijnstof van bijvoorbeeld autobanden, fijn Saharazand wat af en toe met regen mee komt, organisch materiaal van blad van bomen dat vergaat, grond transporten, mosvorming en onkruidgroei, gaan de voegen tussen de verharding dicht zitten en laten geen of onvoldoende water door.

Door het creëren van water passerende verhardingen zal het noodzakelijke budget voor verharding toenemen. De gemeente Rotterdam heeft in 2018 onderzoek gedaan naar de meerkosten van het reinigen van de voegen. Hieruit blijkt dat de waterpasserende voegen in de bestrating ongeveer elke 3 jaar diep gereinigd moeten worden. Vooralsnog kost dat per keer € 6,40 per m2. Wat neer komt op een bedrag van € 2,13 per m2 per jaar.

Een aantal leveranciers geven aan dat 1 maal in de 5 jaar de waterpasserende voegen schoongemaakt moeten worden. Dit komt neer op € 1,28 per m^2 per jaar.

Hieronder staat een berekening van de onderhoudskosten per m^2 op prijspeil 2018 over het gehele areaal. Prijspeil 2018 is gekozen om een goede berekening te kunnen maken.

Product wegen 2018	**Bedrag**
Groot onderhoud (MOP) exclusief	7.394.00
Merwedestraat	0
	2.321.00
Middelgroot onderhoud	0
Klein onderhoud	642.000
	10.357.0
Totaal technisch onderhoud*	**00**
	5.375.00
m^2 verharding in 2018	0
Bedrag per m^2 in Euro's	1,93

Bij het toepassen van waterpasserende verharding worden de beheerkosten van het water passerende verharding, als het Rotterdamse onderzoek wordt aangehouden € 1,93 + € 2,13= €4,06 per m^2 per jaar.

Er ligt in Dordrecht in de woongebieden ongeveer 1.100.000 m^2 elementen verharding in de rijbanen en op de woonerven. Dit kost per jaar € 2.123.000. Dit is exclusief de tegel verharding. Stel we gaan dit allemaal voorzien van water passerende verhardingen dan zijn de kosten, voor technisch onderhoud, per jaar € 4.466.000. Dit is een verhoging van € 2.343.000 wat na 30 jaar een bedrag van € 70.290.00 is.

Wat ook nog speelt is dat de voertuigen (ZOAB-cleaner) die worden gebruikt voor het reinigen van de voegen nogal groot zijn. De voegen worden onder hoge waterdruk schoongespoeld. Hierom hebben zij veel water bij zich. Die grote hoeveelheid water maakt dat de voertuigen groot zijn. Daardoor kunnen zij in de veelal smalle woonstraten slecht manoeuvreren en kunnen zij daardoor lang niet overal komen. Om een indruk te krijgen van de grootte van zo'n ZOAB-cleaner hieronder een foto.

Een alternatief zou kunnen zijn om het water niet via de voegen tussen de stenen in de ondergrond te brengen maar via kolken en een infiltratievoorziening. Zie ook hoofdstuk 2.3.4.

Even terug naar de kosten van het schoonmaken. De opmerkende lezer heeft opgemerkt dat het oppervlak van het rekenvoorbeeld wel heel hoog is ten opzichte van het groene gebied uit het kaartje van de drooglegging. Dat klopt. Maar er zijn ook systemen die het water hoog in de constructie tijdelijk kunnen vasthouden. Zie hoofdstuk 2.3.4. Deze kunnen in theorie op die plekken worden toegepast en kunnen in theorie worden gevoed door water passerende verharding.

Het onderhoud van waterpasserende verharding is erg duur. Omdat we toch al onvoldoende middelen voor onderhoud hebben is het gebruik hiervan tot nog toe afgehouden.

Conclusie: waterpasserende verharding is technisch mogelijk. Mits we voldoende middelen regelen voor aanleg, beheer en onderhoud kan het worden toegepast.

2.3.2. Waterdoorlatende verharding

2.3.2.1 ZOAK trottoirtegels en klinkers

Redelijk nieuw zijn de zogenaamde ZOAK trottoirtegels en klinkers van de firma Tilesystems. De afkorting ZOAK staat voor Zeer Open Afval Keramiek. De klinkers worden geproduceerd uit keramisch afval dat ontstaat bij het produceren van keramische tegels. Op deze manier krijgt dit afval een nieuw leven. De tegels hebben in 2020 de RIONED innovatieprijs gewonnen.

De afmetingen van de klinkers is: 20x10x5,5 cm en de afmeting van de tegel is 30x30x5,5 cm.

De producent claimt een aantal voordelen: Zeer waterdoorlatend, 100% gemaakt van afvalkeramiek, bestrijden hittestress door mogelijke verdamping, geluid reducerend (niet onderbouwd met een C-wegdek), sterker dan een betonstraatsteen en een lange levensduur door het bakken bij 1200 graden.

De stroefheid van de stenen en tegels is niet bekend. De hoogte van de klinkers van 5,5 cm komt ongeveer overeen met de platkeiformaat straatsteen die in Dordrecht aan het eind van de jaren 90 een aantal keer is toegepast.

Deze hoogte van 5,5 cm leidde toen tot een zeer snelle schade ontwikkeling. De stenen gingen bewegen en verschuiven in de weg. Dit had weer tot gevolg dat oneffenheden ontstonden. KOAC-NPC (tegenwoordig KIWA KOAC) heeft toen door berekening aangetoond dat dit werd veroorzaakt doordat de platkeiformaat straatsteen niet hoog genoeg was en adviseerde, voor rijbanen en parkeervakken, een straatsteen met een hoogte van minimaal 8 cm toe te passen. Bij de toepassing van de tegels voor voetpaden speelt dit niet.

Het gedrag met betrekking tot waterdoorlatendheid in de tijd is nog niet bekend omdat de steen nog niet zo lang op de markt is.

2.3.2.2 Ecodrain®

De firma Van den Bosch beton heeft een waterdoorlatende betonstraatsteen. De Ecodrain® . De fabrikant claimt dat de steen een bui van T=10 doorstaat. De steen is 8 cm hoog. De stenen liggen onder andere sinds 2012 op de Erasmuslaan in Zwolle. Het gedrag met betrekking tot waterdoorlatendheid in de tijd is bij ons niet bekend. Op de vraag hoe dat functioneert werd als volgt geantwoord: "We zijn als gemeente een beetje aan het terugkomen van waterpasserende en waterdoorlatende stenen. Dit omdat vanuit de praktijk is gebleken dat het in onze optiek een niet toekomstbestendige oplossing biedt voor waterinfiltratie. Overigens is dit niet overal hoor. Zeker op voetpaden en parkeerstroken met weinig groen kan deze oplossing prima werken. Probleem is echter dat er nog geen geschikte reinigingsmethode voorhanden is. Wij maken meer en meer gebruik van verlaagde groenvakken, infiltratieriolen, wadi's etc. Het machinaal straten en de vervuiling van elementen en voegen speelt ons op sommige delen van het areaal parten."

2.3.3. Tijdelijk water (tijdelijk) bergen op de verharding

Bij extreme regenval kan de riolering het regenwater niet meer direct afvoeren. Het water moet dan tijdelijk worden 'geparkeerd' in de openbare ruimte. De openbare ruimte moet dan wel zo zijn ingericht dat dit kan.

De voorwaarde is dat we, zo veel als mogelijk, willen voorkomen dat water bij een woning of bedrijf naar binnen stroomt en niet kan afstromen naar een lager gelegen gebied. Het meest kosteneffectief, bij herbestrating, is om in zo'n geval niet meer helemaal terug te gaan naar het oorspronkelijke aanleg niveau maar daar een centimeter of 10 onder te blijven.

Wanneer we als voorbeeld een straat nemen van 10 meter breedte tussen de woningen en van 100 meter lengte, dan kan in zo'n geval 100 m3 extra water worden geborgen op straat.

Het voorkomen dat water afstoomt naar een lager gelegen gebied is best een moeilijke opgave waar we op dit moment nog geen oplossing voor hebben. Theoretisch zou sturen door middel van drempels een mogelijkheid zijn. Echter drempels worden nu gebruikt om het verkeer te remmen. De plek van die drempels correspondeert vaak niet met de plek die gewenst is om water te sturen.

Conclusie: het tijdelijk bergen van water op straat is kosteneffectiever dan ondergrondse berging.

2.3.4. Waterbergende funderingen, glaswol- of kratsystemen onder de weg

Er is nog een andere manier om water vast te houden onder de verharding. Dit kan door gebruik te maken van waterbergende:

- Fundering van steenachtig materiaal;
- Kunststof kratten;
- Betonnen bufferblocks;
- Glas- of steenwolblokken.

Deze systemen worden al of niet met folie ingepakt in de grond aangebracht en krijgen hun water via kolken. Als de systemen zodanig sterk zijn dat deze de lasten van het verkeer kunnen dragen is er vanuit wegbeheer geen belemmering om ze toe te passen. Op een aantal plekken zijn of worden binnenkort dit soort constructies in de stad toegepast. Zie ook hoofdstuk 2.3.1.2.

2.3.5. Verharding uitwisselen voor groen, ontharden

Bij herbestratingsprojecten in de openbare ruimte wordt altijd gezocht naar de mogelijkheid om verharding uit te wisselen voor openbaar groen. Het zogenaamde ontharden. Het voordeel hiervan is dat bij kleine regenbuitjes het regenwater niet allemaal afstroomt naar het riool maar dat het deel wat op het groen valt daar in de bodem wordt opgenomen. Bij een piekbui overigens gedraagt die grond zich als een semi-gesloten verharding en dan zal het regenwater via de kolken naar het riool worden afgevoerd.

Het uitwisselen van verharding naar groen heeft ook enig effect op wateronderlast, hittestress en de biodiversiteit. In het nieuw te schrijven groenbeleidsplan zal hier verder op ingegaan worden.

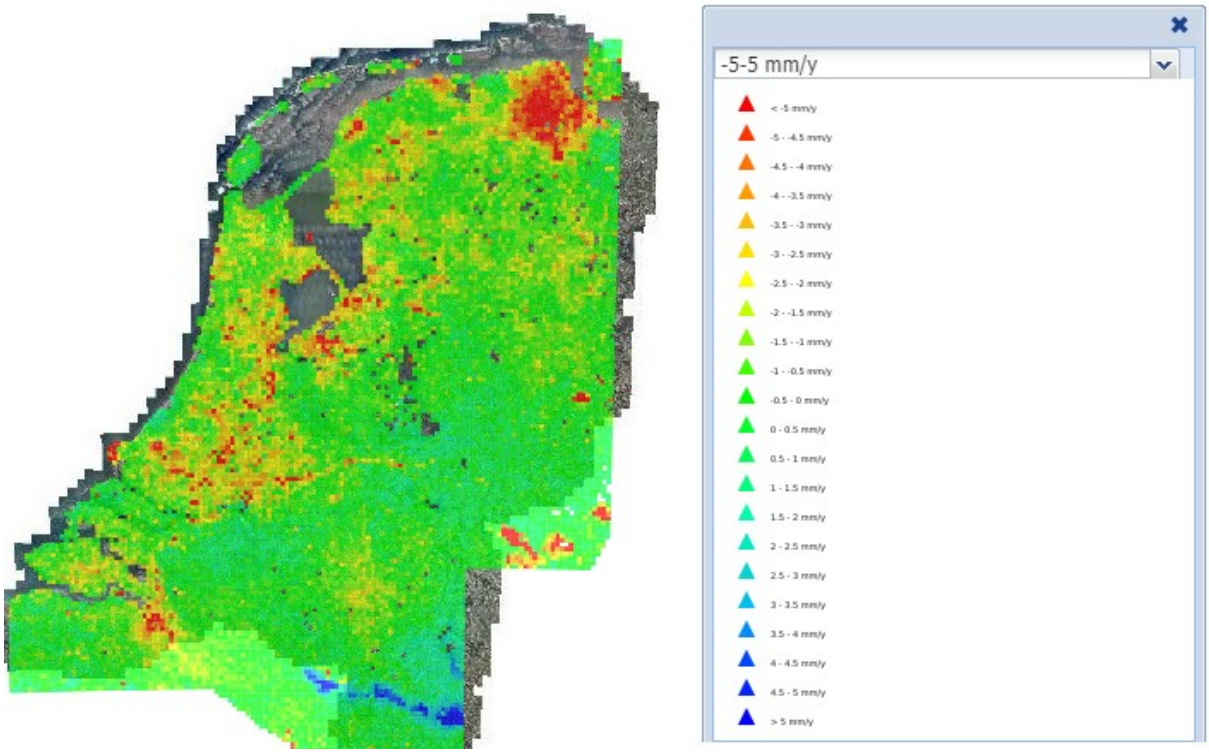
3. Water onderlast

Wateronderlast ontstaat door langdurige extreme droogte. Het gevolg van wateronderlast is:

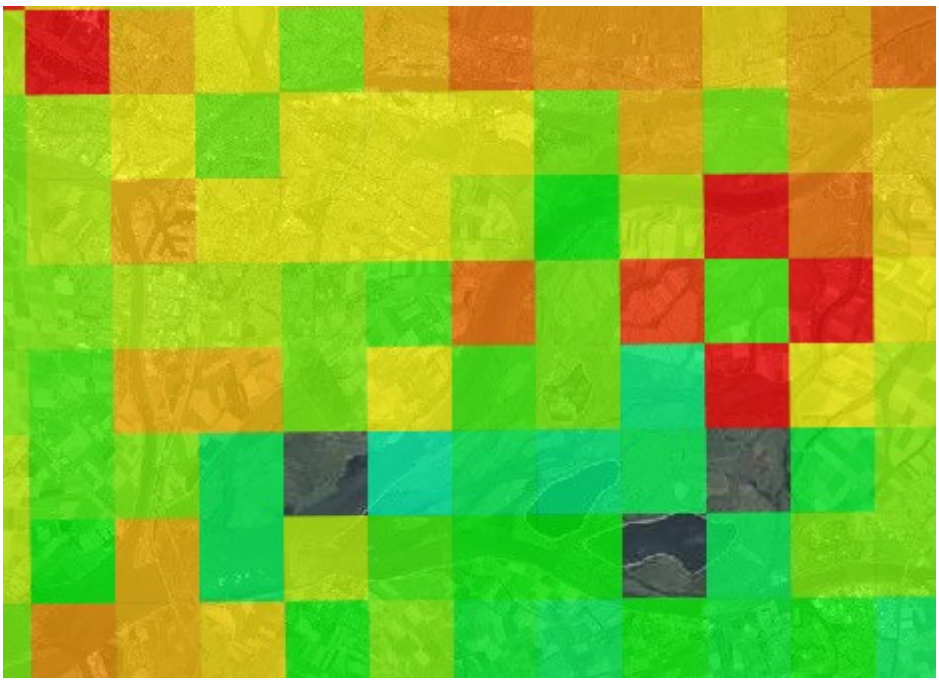
- Extra zetting van de ondergrond;
- Krimpscheuren in de oude dijkenstructuur;
- Het los gaan liggen van elementenverharding.

3.1. Extra zetting van de ondergrond

In het onderstaande kaartje (afbeelding uit de actuele bodemdalingskaart Nederland, van het Nederlands Centrum voor Geodesie en Geo-Informatica (NCG)) is te zien dat in grote delen van Nederland de bodem daalt. Zo ook in Dordrecht. Binnenstedelijk komt dit door het bouwen van woonwijken op slappe bodems. Ook komt het door het door het kunstmatig laag houden van het grondwaterpeil, door middel van vastgestelde singel peilen. Dordrecht heeft een ondergrond van klei op veen. Klei en met name veen is zeer samendrukbaar. Dit leidt ertoe dat grondwater uit de poriën verdwijnt, de lagen compacter worden en aanwezige organische stof oxideert. Dit is een onomkeerbaar proces. De kaart laat de daling per jaar zien van 2015 tot 2018. De kaart wordt gemaakt met behulp van satelliet metingen.

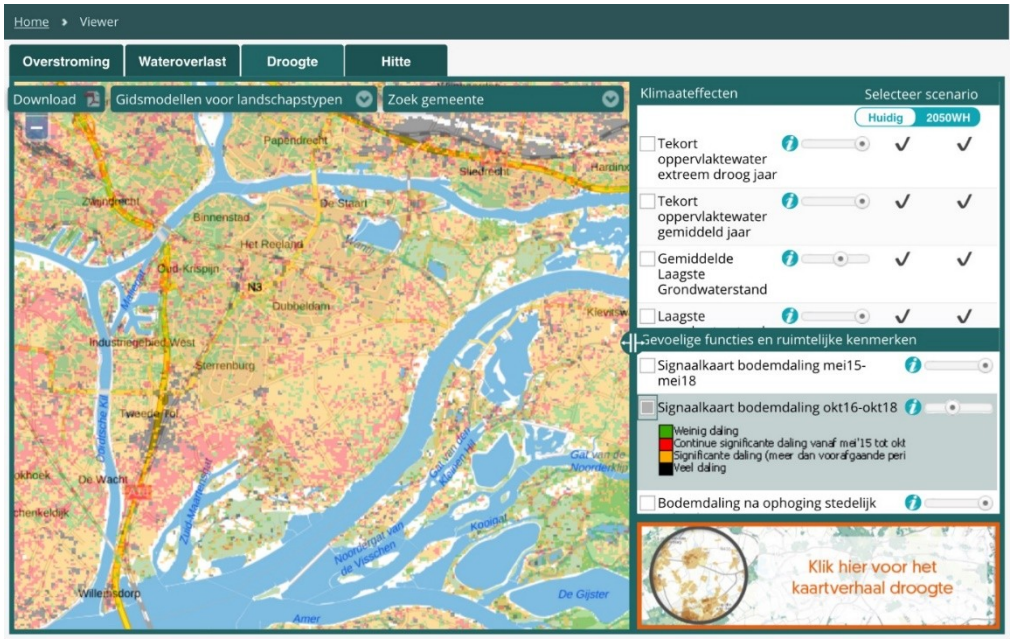


Op het onderstaande kaartje een uitsnede van Dordrecht uit de kaart hierboven. De gekleurde tegels zijn vrij groot. Dit maakt de kaart zeer globaal, maar het geeft wel inzicht. Bij de rode tegels in de daling meer dan 4,5 mm per jaar. Oranje is 3 tot 4,5 mm per jaar, geel is 1,5 tot 3 mm per jaar, groen is 0 tot 1,5 mm per jaar en bij lichtblauw komt de grond tot 1,5 mm omhoog.



In de onderstaande afbeelding uit de klimaatatlas wordt aangegeven wat de bodemdaling was van oktober 2017 tot oktober 2018. Deze kaart heeft kleinere tegels en is daardoor iets minder globaal.

Wat opvalt is dat veel geel en groen in het kaartje hierboven nu oranje is en dat er veel meer rood voorkomt. Al hebben de kleuren wel een wat andere betekenis. Bij oranje en rood wordt gesproken over een significante daling. Oranje is significant meer dan de voorgaande periode en rood staat voor een continue significante daling. Het is niet helemaal duidelijk wat het woord significant betekent in de legenda. Van enig belang lijkt een aardige benadering.



Op het kaartje is ook een zwarte vlek te zien in de buurt van de Tweede Tol. De oorzaak is waarschijnlijk menselijk handelen. Er is in die omgeving een door Evides een grote hoofdwaterleiding vervangen. Daar, heeft enige tijd, een grondwaterbemaling op gestaan zonder retourmaling. In een gebied waar al redelijk wat zetting voorkomt heeft het wegmalen van het grondwater een extra effect.

3.1.1. Effect van ophogen in relatie tot het effect van een droog jaar

Het effect van de normale bodemdaling wordt in de berekeningen voor ophogingen meegenomen als 'natuurlijke kruip'. Bij ophogingen komt daar nog eens een factor bovenop. Het gewicht van het materiaal van de ophoging.

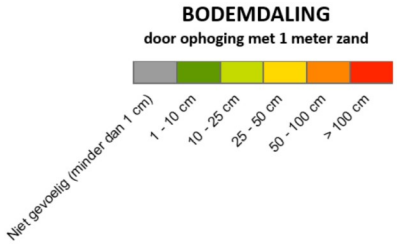
Met de methode van Koppejan kan vervolgens uitgerekend worden hoe snel de ophoging weer teniet wordt gedaan door het gewicht van de ophoging. De zetting verloopt niet rechtlijnig. Door het gewicht van de ophoging ontstaat een verhoogde waterdruk in het veen. Hierdoor stroomt het water weg naar een gebied waar die overdruk niet is. Het veenpakket wordt in elkaar gedrukt.

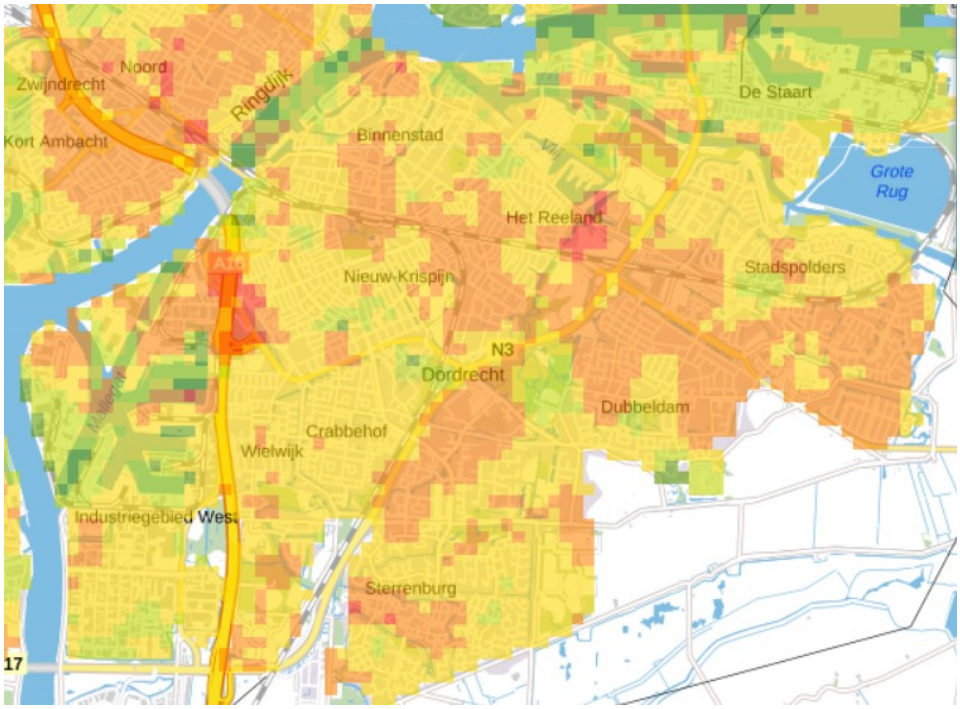
Uiteindelijk ontstaat weer een vorm van evenwicht en neemt de ze zetting weer de vorm van de kruip aan. De zetting in de bestaande stad als gevolg van een ophoging is soms meer dan 1 cm per jaar.

In gebieden met slappe bodems (veen, klei) daalt de bodem wanneer we deze **ophogen met zand**. De aanleiding voor een ophoging is vaak het optreden van bodemdaling, al dan niet als gevolg van een ophoging in het verleden.

Nieuwe stedelijke gebieden op slappe bodem hogen we in Nederland vrijwel altijd op voordat ze worden bebouwd. Maar ook in bestaande wijken brengen we regelmatig ophogingen aan. Bodemdaling door ophoging vindt voornamelijk plaats in de eerste maanden tot jaren na de ophoging, maar restzettingen kunnen over langere periodes (decennia) optreden. Belasting van slappe grond is in opgehoogd stedelijk gebied de grootste oorzaak van bodemdaling.

Onderstaand plaatje komt uit de Klimaatatlas.





Conclusie: door extreme droogte neemt de bodemdaling iets toe. Het gevolg van menselijk handelen op de bodemdaling is groter dan die van een jaar extreme droogte.

Voor een verklaring van de verschillende termen in relatie tot bodemdaling zie ook:

https://www.stowa.nl/deltafacts/ruimtelijke-adaptatie/adaptief-deltamanagement/bodemdaling

3.2. Krimpscheuren in de oude dijkenstructuur

De oude dijken zijn over het algemeen van klei gemaakt. Als klei nat is dan zwelt het uit. Als het daarna opdroogt dan krimpt het en gaat het scheuren. Dat scheuren ontstaat van buiten naar binnen. Dit komt doordat de buitenkant krimpt en de binnenkant nog nat is en daardoor een groter volume heeft. De droge buitenkant kan de trekspanning die daar ontstaat niet verwerken en scheurt.

Een voldoende dik zandbed onder een weg kan de trekkrachten die hierdoor ontstaat meestal wel aan. De korrels rollen als het ware over elkaar heen en hierdoor wordt de scheur niet naar boven toe doorgezet. Maar bij de oude dijkenstructuur ontbreekt dat zandbed van voldoende dikte vaak. Deze wegen zijn in het verleden als zand en grindwegen ontstaan. Vaak zijn de eerste verhardingen gemaakt door grind of puin in de rijsporen te gooien. Uiteindelijk zijn die grind/puin verhardingen voorzien van laagjes asfalt.

Over het algemeen volstaat het vullen van de scheuren als maatregel. De foto, als voorbeeld, is genomen in het natuurgebied bij de Oostmolendijk in de gemeente Ridderkerk en geeft heel mooi het effect weer.

Conclusie: extreme droogte geeft vooral schade op de oude dijkenstructuur. Deze schade is meestal simpel op te lossen.

3.3. Het los gaan liggen van elementen verharding

Tussen straatstenen zit een voeg van zand of zand met steenslag. Deze voeg dient om te voorkomen dat de stenen gaan klapperen als verkeer over de weg rijdt. De korrels van het zand zijn kleiner dan de voeg tussen 2 stenen. Tussen de zandkorrels zit lucht. Meestal zit op de plek van die lucht water. Door de cohesie tussen de zandkorrels en de adhesie van het water ontstaat een samenhang en de zandkorrels blijven de zandkorrels op hun plaats.

Bij langdurige droogte verdwijnt al het water en daarmee de samenhang tussen de zandkorrels. De steen gaat zich bij elke overgang bewegen. Hij wordt eerst schuin naar voren geduwd waardoor het voegenzand onder de steen aan de achterzijde kan lopen. Vervolgens wordt de steen naar achter geduwd waardoor het voegenzand aan de voorzijde onder de steen kan lopen. Langzaam maar zeker

verdwijnt het zand onder de steen. Is de ruimte tussen de voegen klein dan gaat de steen klapperen. Is de voegruimte groot dan kan de steen uiteindelijk rond gaan tollen en op zijn zij of met achterkant naar boven gaan liggen. Plaatselijk repareren is veelal voldoende om dit probleem op te lossen.

Conclusie: droogte heeft geringe invloed op de onderhoudskosten.

4. Hittestress

Verharding warmt op wanneer het buiten ook warm is. In een warme periode in juli 2019 zijn in de middag een aantal temperatuurmetingen uitgevoerd. Wat opvalt is dat de verschillende materialen elkaar niet veel ontlopen. Witte steenslag in asfalt lijkt geen verschil met donkere steenslag te geven.

Asfalt	Asfalt met witte steenslag	Slijtlaag

Wat wel invloed heeft is wind. Op plaatsen waar de wind vrij spel had was de temperatuur van de verharding als snel een graad of 7 lager dan op plaatsen uit de wind.

In de avond houdt de verharding die temperatuur lang vast. Als de luchttemperatuur afkoelt gaat de verharding als een soort convector zijn warmte afgeven aan de omgeving. Hetzelfde geldt voor de gebouwen die de hele dag in de zon hebben gestaan. Het gevolg is dat de temperatuur in de bebouwde omgeving in de nacht hoger blijft als in een onbebouwde omgeving.

Tegels	Betonstraatsteen	Straatbaksteen

Hittestress ontstaat door:

- Door opwarming van verharding en bebouwing bij warm zonnig weer;
- Door gebrek aan schaduw en/of wind

Toevoegen van bomen en groen kan helpen om zowel de dag- als nachttemperatuur in de bebouwde omgeving naar beneden te krijgen en daardoor de hittestress verminderen. Om die reden wordt bij projecten altijd gezocht naar een mogelijkheid om groen of bomen toe te voegen en om verharding te verminderen.

Conclusie: de openbare ruimte warmt op bij heet weer. Het toevoegen van bomen en groen kan ervoor zorgen dat deze opwarming minder wordt. Overdag lijkt wind een grotere speler bij het opwarmen van de verharding dan de kleur van het steenslag in het asfalt of van de stenen en de tegels.

5. Schade mechanismen in asfalt bij langdurige hitte

5.1. Het vet worden van het asfalt

Asfalt is een mengsel van zand, steen, vulstof en bitumen. Bitumen is eigenlijk een vloeistof. Die bitumen gedraagt zich als hard bij de temperaturen die normaal meestal voorkomen. Echter boven de 30 graden geldt dat de bitumen steeds vloeibaarder worden. Bij het opwarmen neemt ook het volume van het bitumen toe. Die toename is groter dan de volumetoename van de steentjes en het zand. De steentjes en het zand worden hierdoor iets uit elkaar gedrukt. Bij elke passage van een voertuig worden de steentjes weer naar elkaar toe gedrukt. Het bitumen zoekt de weg van de minste weerstand en dat is naar boven. Hierdoor wordt het asfalt vettig en gaat het een beetje kleven. Hierdoor worden zwarte sporen gereden. Die sporen komen ook op andere verharding terecht. En het kan ook onder de schoenen van voetgangers terecht komen die dit vervolgens naar binnen lopen met alle gevolgen van dien. Om dit te voorkomen wordt vaak zout gestrooid op die plekken die vet worden.

Maar wat doet dat zout nu? Het zout zorgt voor een kortstondige (1 tot 2 uur) temperatuurdaling en het zorgt ervoor dat het bitumen niet meer kleeft. Omdat het zout snel verdroogd wordt het vervolgens ook weer vrij snel weggereden. Hierdoor duurt het effect van temperatuurdaling niet zo lang maar lang genoeg om de ergste gevolgen binnen de perken te houden. Als alternatief zou ook brekerzand over de vette plekken worden gestrooid. Het effect hiervan is dat het zand in het bitumen wordt gereden waardoor de overvulling afneemt.

Temperatuur verlaging na zout strooien		
1e meting bijna 50 graden	Zout aangebracht	Koelste meting 43,5 graden

5.2. Spoor- en ribbelvorming

Als het maar lang genoeg warm is, warmt de gehele asfaltconstructie uiteindelijk zo ver op dat, het proces wat zich bij vet worden afspeelt, gaat spelen in de gehele constructie. Als veel zwaar verkeer over zo'n weg rijdt worden de steentjes en het zand in het gehele pakket langzaam uit elkaar gedrukt. Het gevolg is dat er spoorvorming in het asfalt ontstaat.

Vroeger werd veel grindasfalt gebruikt. Dat ronde grind kan gemakkelijk langs elkaar schuiven. Tegenwoordig wordt veelal gebroken steenslag gebruikt wat hoekiger is dan het ronde grind. Hierdoor is het asfalt minder gevoelig voor spoorvorming dan vroeger.

Wanneer, bij stroomwegen, de spoorvorming tussen de 20 en 30 mm diep is en het spoor langer is dan 15 m zou onderhoud uitgevoerd moeten worden. In woongebieden en het landwegen buiten de bebouwde kom bij een spoordiepte van meer dan 30 mm. Door lange warme perioden zal deze schade versneld ontstaan. De mate waarop is niet bekend.

Ribbelvorming bij stoplichten ontstaat vanuit hetzelfde mechanisme. De ribbels ontstaan door het stil staan en door de krachten die optreden bij het remmen en optrekken.

In 2020 zijn door het IBD metingen uitgevoerd op enige diepte in het asfalt gedurende een warme periode. Er is een vergelijk gemaakt tussen asfalt met een witte steenslag en asfalt met een donkere steenslag.

Het blijkt dat anders als bij de oppervlaktetemperatuur de temperatuur in het asfalt wel degelijk anders is. Bij de witte steenslag is de temperatuur in het asfalt gemiddeld over de dag 7 graden koeler blijft. Die 7 graden kan net het verschil maken. Komt de bitumen op het verwekingspunt of niet. Dit zou kunnen helpen om het risico op het schadebeeld spoor- en ribbelvorming te verkleinen.

Conclusie: door warmte ontstaat een versnelde degeneratie van het asfalt in de vorm van vet slaan, versnelde spoor- en ribbelvorming. Hoe snel hangt af van de opgeslagen warmte en de hoeveelheid vrachtverkeer. Het lijkt er op dat witte steenslag in het asfalt kan helpen om het risico op het schadebeeld spoor- en ribbelvorming te verkleinen.

6. Checklist

Bij het uitwerken van projecten wordt gebruik gemaakt van een Checklist. Deze is nu nog in een conceptversie. Het achterliggende doel is om voor het GRP de kosten voor deze maatregelen zo goed

mogelijk in te schatten. Bij deze checklist hoort nog een memo waarin de gebruikte informatiebronnen en de noodzakelijke urgentieschaal toegelicht zijn. Ook wordt per project genoteerd welke maatregelen er voorgesteld zijn uit deze groep.

Vasthouden

- Infiltratie maatregelen, in combinatie met grondverbetering en aanleg drainage indien noodzakelijk, zoals :
    - Wadi/bioswale/grindstroken (maximaal 24-48 uur vulling)
    - Reduceren verhardoppervlak (bv halfverharding in parkomgeving)
    - Meer groen voorzieningen, bomen etc.
    - Kolkloze wegen/fietspaden (bv afvoer naar berm door straat of fietspad op 1 oor te leggen naar sloot)
    - Verlaagde of niet opgehoogde bestaande gazons/groenvoorzieningen
    - Regenpark (zie: http://www.urbanisten.nl/wp/wp-content/uploads/Waterplan_Antwerpen_Samenvatting.pdf)

Bergen

- Ruimtelijke maatregelen boven- of ondergronds zoals :
    - Toevoegen oppervlaktewater
    - Uiterwaarden principe
    - Natuurvriendelijke oevers
    - Waterberging op straat (bij neerslagintensiteit > T=5)
    - Waterberging in wegfundering, via kolken in de wegfundatie laten stromen (bij voorkeur grote parkeerterreinen i.v.m. afwezigheid van kabels & leidingen
    - Waterberging in rioolbuizen/lijngoten
    - Verkeersdrempels als watersturing naar berm/watergang

Afvoeren

- Systeemkeuze:
    - Aanleg apart hwa-stelsel in bestaand gebied waar gemengd rioolstelsel aanwezig is
    - Vergroten gemaalcapaciteiten riolering, oppervlaktewater