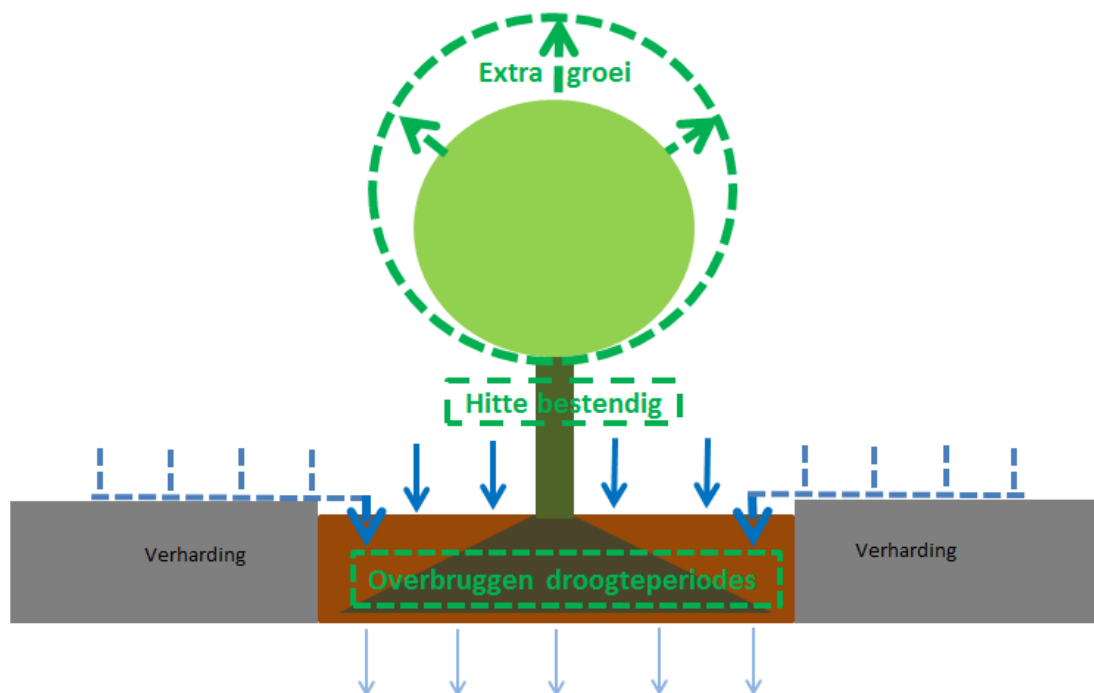




Extra water laten afvloeien naar boomgroeiplaatsen: een Win-Win situatie?



Auteurs

Jos Schenk

consulent bomen stad Antwerpen

Gert Luyckx

gebiedsingenieur Aquafin

Datum

januari 2022

Inhoud

1	Inleiding	3
2	De visie van de waterbeheerder op het verwerken van water in groenvakken	4
3	Randvoorwaarden en winst voor de waterbeheerder	5
4	Randvoorwaarden en winst voor de boombeheerder	6
5	Conclusie	10
6	Advies	11
6.1	Voorwaarden voor een klimaatweerbare groeiplaats in een situatie waarbij de bomen geen contact hebben met het grondwater	11
6.2	Berekeningsmethode	12
6.2.1	Randvoorwaarden berekeningsmethode.....	12
6.2.2	Rekenmodel Sirio.....	13
6.2.3	Berekeningen.....	16
6.3	Voorwaarden voor een klimaatweerbare groeiplaats met andere parameters dan in bovenstaand rekenvoorbeeld.	22

1 Inleiding

Sinds enige tijd wordt meer en meer aandacht besteed aan het laten infiltreren van het oppervlaktewater in de bodem, i.p.v. het te laten afvloeien naar de riolering.

Vaak worden groenvakken gebruikt om water te laten infiltreren. Het gaat hierbij niet alleen over het water dat op het groenvlak valt, maar ook over het water van de verharding errond. Men kan zich hierbij de volgende vragen stellen:

- Heeft het verwerken in groenvakken van water van een verharding voor de waterbeheerder een voorkeur t.o.v. het gewoon laten infiltreren in de ondergrond?
- Zijn er randvoorwaarden nodig, zowel voor boom- als waterbeheerder, opdat het verwerken in een groenvak goed zou verlopen?
- Levert extra water verwerken in een groeiplaats met bomen winst op voor zowel de water- als boombeheerder? Kan dat berekend worden?

Om hier meer duidelijkheid over te krijgen heeft de stad Antwerpen samen met Aquafin het nodige onderzoek gedaan. De resultaten hiervan zijn verwerkt in dit rapport.

2 De visie van de waterbeheerder op het verwerken van water in groenvakken

De waterbeheerder stelt voorop dat water bij voorkeur verwerkt moet worden volgens het principe van de ladder van Lansink. Aangezien bomen (her)gebruikers zijn, heeft het verwerken van water in groenvakken de voorkeur op gewoon laten infiltreren in de ondergrond. Wanneer in de boomgroeiplaats specifieke maatregelen worden genomen om water langer vast te houden, kan het (her)gebruik van regenwater worden gemaximaliseerd. Het kan hierbij gaan om grondverbetering of om de installatie van een ondergronds waterreservoir.



Figuur 1: ladder van Lansink.

3 Randvoorwaarden en winst voor de waterbeheerder

Opdat het verwerken van water in groenvakken goed zou lukken, zijn er randvoorwaarden:

- Zowel de grond van het groenvak, als de ondergrond, moet infiltratie toelaten.
- Het water moet snel van het maaiveld zijn; als verwacht wordt dat het water sneller aangevoerd zal worden dan het kan infiltreren, moet er gezorgd worden voor lege ruimte, waar het water tijdelijk in kan opgevangen worden en van waaruit het dan verder verwerkt wordt. De waterbeheerder gebruikt voor het begrip 'lege ruimte' de term 'buffer'. De locatie of diepte van de buffer speelt geen rol, zolang hij zich maar boven het grondwaterpeil bevindt. De buffer hoeft het water niet lang vast te houden. Na de piek van de neerslag mag deze vertraagd leeglopen.
- Het verder ter plaatse verwerken kan:
 - doordat het opgenomen wordt door de planten. Zij fungeren dan als (her)gebruikers;
 - het traag leeglopen van de buffer naar het groenvak;
 - en/of door verdere infiltratie naar de ondergrond.

Indien de mogelijkheid bestaat dat het water onvoldoende, of te traag, ter plaatse verwerkt zou kunnen worden, moet een overloop voorzien worden naar de riolering of een ander stelsel voor afvoer van het overtollig water. Dit is nodig om wateroverlast ter hoogte van het maaiveld te voorkomen. Er moet getracht worden om de overloop enkel bij uitzonderlijke omstandigheden nodig te hebben.

Hoe meer water in een groenvak kan verwerkt worden, hoe minder of minder grote voorzieningen moeten aangelegd worden om het water af te voeren naar de riolering of ander stelsel of hoe minder buffer moet aangelegd worden onder de verharding. In stedelijke omgeving is het immers vaak zo dat buffer- en infiltratievoorzieningen wegens ruimtegebrek onder een verharding moeten voorzien worden. Dit bespaart kosten voor de waterbeheerder (=winst).

4 Randvoorwaarden en winst voor de boombeheerder

Een boom heeft voedingsstoffen nodig om te kunnen groeien. Deze zitten in het groeimedium. Daarnaast heeft een boom ook water nodig. Water is voor bomen niet alleen het oplosmiddel voor mineralen- en suikertransport, maar het is ook een bouwstof. Bij de fotosynthese is water een zeer belangrijk onderdeel om suikers aan te maken. Een boom heeft dus niet alleen water nodig om te kunnen functioneren, maar ook om te kunnen groeien.

Zowel voedingsstoffen als water zijn dus bepalende factoren voor de groei. De factor die het minst aanwezig is, bepaalt uiteindelijk hoe groot een boom wordt.

Als de bomen altijd contact hebben met het grondwater (dit kan als het grondwater nooit verder wegzakt dan ongeveer 1,50 m onder het maaiveld), hebben zij constant water van goede kwaliteit en zoveel als ze nodig hebben. De voedingsstoffen zijn dan de beperkende factor voor de groei. Afhankelijk van de kwaliteit (gehalte aan voedingsstoffen) van de grondsoort zal er per m³ meer of minder groen geproduceerd worden. De hoeveelheid groen wordt uitgedrukt in m² kroonprojectie. In het Technisch Vademecum Bomen¹ worden volgende gegevens als uitgangspunt genomen indien bomen constant water ter beschikking hebben:

- 1 m³ bomengranulaat kan 0.33 m² kroonprojectie leveren;
- 1 m³ armere grond kan 1 m² kroonprojectie opleveren;
- 1 m³ grond met gemiddeld mineralengehalte kan 1.33 m² kroonprojectie opleveren;
- 1 m³ rijke grond kan 2 m² kroonprojectie opleveren.

Als de bomen geen contact hebben met het grondwater, zijn ze volledig aangewezen op de neerslag die infiltreert en gebufferd wordt in de grond (verder 'doorwortelbaar volume' of 'groeimedium' genoemd). In de meeste gevallen is water dan een beperkende factor, waardoor het groeimedium, in vergelijking met een situatie waar er contact is met het grondwater, minder m² kroonprojectie zal leveren per m³. Of andersom: er zijn dan meer m³ groeimedium nodig om dezelfde m² kroonprojectie te realiseren.

Hoeveel m² kroonprojectie een bepaald groeimedium per m³ in zo'n situatie dan nog kan leveren, kan berekend worden. Hiervoor zijn verschillende methoden beschikbaar. Voor de berekeningen hieronder is gekozen voor de eenvoudige methode zoals voorgesteld in het Technisch Vademecum Bomen, uitgegeven door het Agentschap voor Natuur en Bos (pag. 145, rekenvoorbeeld 'Waterbehoefte - doorwortelbaar volume'). Volgens deze methode moet de totale wateraanvoer gedeeld worden door de verdamping. De uitkomst geeft de grootte van de kroonprojectie weer die de boom maximaal kan bereiken op die groeiplaats. De wateraanvoer bestaat uit de som van de vochtvoorraad (regenwater dat in de winter gevallen is en gebufferd is in het groeimedium) en de infiltratie tijdens het groeiseizoen. De vochtvoorraad is sterk afhankelijk van de buffercapaciteit van het groeimedium; de infiltratie is sterk afhankelijk van de bedekking van de grond (bij een verharding is er veel minder infiltratie dan bij een open grond).

¹ *Technisch Vademecum Bomen*, uitgegeven door het Agentschap voor Natuur en Bos, pag. 145).

In de onderstaande tabellen is de berekening weergegeven van de hoeveelheid m² kroonprojectie die de meest gebruikte groeimmedia in de stad Antwerpen kunnen leveren. Het betreft:

- teelaarde;
- bomenzand;
- bomengrond;
- bomengranulaat.

Er is vanuit gegaan dat het bomenzand gebruikt wordt onder een drukverdelende laag waarin een laag compost is voorzien van 10 cm dikte. Omwille van die aanvulling is het bomenzand met 5% organisch stofgehalte in deze berekeningen beschouwd als een groeimedum met een gemiddeld mineralengehalte, net zoals gewone teelaarde en verbeterde bestaande grond.

Bomengrond op basis van lemig zand met 8% organische stof is beschouwd als een rijker groeimedum.

Omdat bomengranulaat uit componenten bestaat, is hiervoor een aparte berekeningstabel gemaakt.

Berekening aantal m² kroonprojectie in verschillende situaties												
	Wateraanvoer uitgedrukt in liter						G E D O O R E L D	Verdamping uitgedrukt in liter per m² kroonprojectie, per groeiseizoen	Resultaat			
	Vocht leverend vermogen 1 m³ groei medium in liter	Extra vocht leverend vermogen op basis van organisch stof gehalte van groei medium	Totale vocht voorraad begin groei seizoen en bijvulling buffer bekken in groei seizoen	EN	Infiltratie percentage (aanvoer in groei seizoen)	Totale aanvoer per jaar			m² kroon projectie per m³ volume groei medium	m² kroon projectie per m³ volume groei medium, indien er constant water zou zijn	m³ volume groei medium nodig per m² kroon projectie	m³ volume groei medium nodig per m² kroon projectie
Groei medium												
							Verdamping solitaire boom					
Gewone teelaarde, verbeterde bestaande grond, bomenzand met 5 % organisch stofgehalte	70	50	120	EN	400	520	G. D.	800	0,65	1,33	1,54	0,75
Bomengrond (op basis van lemig zand) met 8% org. stofgehalte	150	80	230	EN	400	630	G. D.	800	0,79	2	1,27	0,5
							Verdamping laanboom					
Gewone teelaarde, verbeterde bestaande grond, bomenzand met 5 % organisch stofgehalte	70	50	120	EN	400	520	G. D.	600	0,87	1,33	1,15	0,75
Bomengrond (op basis van lemig zand) met 8% org. stofgehalte	150	80	230	EN	400	630	G. D.	600	1,05	2	0,95	0,5
								kolom 1	kolom 2	kolom 3	kolom 4	

kolom 1 kolom 2 kolom 3 kolom 4

Figuur 2: berekening grootte kroonprojectie in een situatie waar er geen contact is met het grondwater, zowel bij een groeimedum met een gemiddeld mineralengehalte als bij een rijk groeimedum.

Uit de tabel blijkt (zie bij kolommen 'Resultaat') dat zowel bij het groeimedum met een gemiddeld mineralengehalte (*gewone teelaarde, verbeterde bestaande grond, bomenzand*) als bij het rijker groeimedum (*bomengrond*) in een situatie waarbij de bomen geen contact hebben met het grondwater (*situatie waarbij de bomen niet constant de beschikking hebben over voldoende water*), het aantal m² kroonprojectie dat bereikt kan worden per m³ groeimedum veel minder is dan hetgeen kan gehaald worden indien er constant water zou zijn. Water is hier dus de limiterende factor. Dit geldt voor zowel *solitaire bomen* als *laanbomen*.

Zorgen voor extra wateraanvoer (dus van een gebied buiten de boomgroeiplaats, zoals de omliggende verharding of naburige daken) is hier dus zeker zinvol, op voorwaarde dat de situatie daardoor

vergelijkbaar wordt als bij een situatie waarbij ze constant contact hebben met het grondwater, d.w.z. **in de groeiplaats moet voldoende buffercapaciteit aanwezig zijn om het water lang vast te kunnen houden zodat de bomen niet alleen tijdens de regenbuien, maar ook daarna, tijdens droge periodes, nog water hebben. Daarbij moet het gebufferde water bereikbaar zijn voor de boomwortels en moet het van goede kwaliteit zijn.** Enkel het water dat ze niet nodig hebben mag maar infiltreren naar de ondergrond.

Praktisch gezien kunnen we stellen dat we de wateraanvoer kunnen verhogen totdat het cijfer uit kolom 1 gelijk is aan het cijfer uit kolom 2 (automatisch zal het cijfer uit kolom 3 dan gelijk worden aan het cijfer uit kolom 4). Nog meer water toevoegen heeft dan geen zin meer, want dan worden de voedingsstoffen de beperkende factor

Gemiddeld genomen valt er per jaar 780 liter water per m², waarvan 380 liter in de winter, en 400 liter in de zomer. Een boom verbruikt 600 tot 800 liter per m² kroonprojectie per groeiseizoen, afhankelijk van het feit of het een laanboom of solitaire boom betreft. Een boom verbruikt dus, globaal gezien, op een half jaar tijd de hoeveelheid water die over een geheel jaar valt. Om die reden is het nodig dat het water dat in de winter valt zoveel mogelijk gebufferd wordt, tot aan het groeiseizoen. Als de boom begint te groeien, begint hij ook te verbruiken en begint hij de buffer leeg te trekken. Doordat het ook in het groeiseizoen nog regent wordt de buffer tussentijds gedeeltelijk bijgevuld, zodat de buffer pas leeg zal zijn op het einde van het groeiseizoen, op het moment dat de boom in rust gaat en geen water meer nodig heeft.

De buffercapaciteit van een groeiplaats wordt bepaald door het bufferend vermogen van het groeimedium, eventueel aangevuld met een kunstmatig bufferbekken.

Als het water verspreid valt in de tijd hebben we een kleinere buffer nodig dan in een situatie waarbij het water in pieken valt; dan hebben we een grotere buffer nodig. Bij gespreide regenval in de tijd wordt de buffer nl. regelmatig terug gevuld en zijn de te overbruggen droogteperiodes veel korter.

Als we een onvoldoende grote buffer kunnen aanleggen, is een mogelijke oplossing om meer m² verharding aan te sluiten op de groeiplaats. Zo wordt de buffer ook gevuld bij een kleine regenbui; bij een grotere regenbui komt er dan teveel water. Indien dit snel kan infiltreren in de ondergrond is dit geen nadeel voor de boom en ook niet voor de waterbeheerder. Indien het niet snel genoeg infiltreert ontstaat er stagnerend water in de wortelzone. Als dit langer duurt dan 24 uur kan dit al wortelrot veroorzaken bij bomen die gevoelig zijn voor wateroverlast².

Naast het feit dat extra water extra groei kan opleveren heeft extra water ook een meerwaarde op vlak van:

- overbruggen van droogteperiodes. Hoe vaker een buffer gevuld wordt, hoe minder kans op uitdroging van de groeiplaats bij een droogteperiode.
- voorkomen van hittestress. Eén van de kenmerken van de klimaat wijzigingen is dat het warmer wordt. Sommige boomsoorten verdragen die hogere temperaturen niet en kunnen daardoor afsterven. Aangezien water afkoelend werkt zullen bomen op een groeiplaats met voldoende water beter bestand zijn tegen de verwachte stijging van de temperatuur.

² Dit is een inschatting gebaseerd op praktijkervaring.

Berekening aantal m ² kroonprojectie bij groeimedium bomengranulaat												
Wateraanvoer uitgedrukt in liter							G E D E E L D D O O R	Verdamping	Resultaten			
Vocht leverend vermogen van 1 m ³ grond component	Extra vocht leverend vermogen op basis van organisch stof gehalte voor 1 m ³ grond component	Buffering door 2 m ³ lava stenen	Totale vocht voor raad begin groei seizoen voor 3m ³ bomen granulaat	EN	Infiltratie percentage voor 3m ³ (aanvoer in groei seizoen)	Totale aanvoer voor 3m ³ bomen granulaat		Verdamping solitair	m ² Kroon projectie per 3 m ³ bomen granulaat	Meer waarde buffer systeem op vlak van groei	m ² volume bomen granulaat nodig per m ² kroon projectie	O p m e r k i n g e n
150	40	90	280	EN	1200	1480	G. D.	800	1,85	0%	0,54	Zie 1
								Verdamping laanboom				
150	40	90	280	EN	1200	1480	G. D.	600	2,47	0%	0,41	Zie 1
								Gemiddelde verdamping				
150	40	90	280	EN	1200	1480	G. D.	700	2,11	0%	0,47	Zie 1

Figuur 3: berekening grootte kroonprojectie in een situatie waar er geen contact is met het grondwater en waar bomengranulaat voorzien is als groeimedium.

Opmerking 1: Volgens deze berekeningen zou 3 m³ bomengranulaat 1,85 m² kroonprojectie leveren. Dit is meer dan de boom kan leveren, bekeken vanuit het standpunt voedingsstoffen (dit zegt dat 3m³ bomengranulaat slechts 1 m² kroonprojectie kan leveren). De voedingsstoffen in het bomengranulaat zijn dus de beperkende factor. Extra water geven zal dus niet meer groei opleveren. Er is mogelijk enkel nog een meerwaarde bij het overbruggen van droogteperiodes.

5 Conclusie

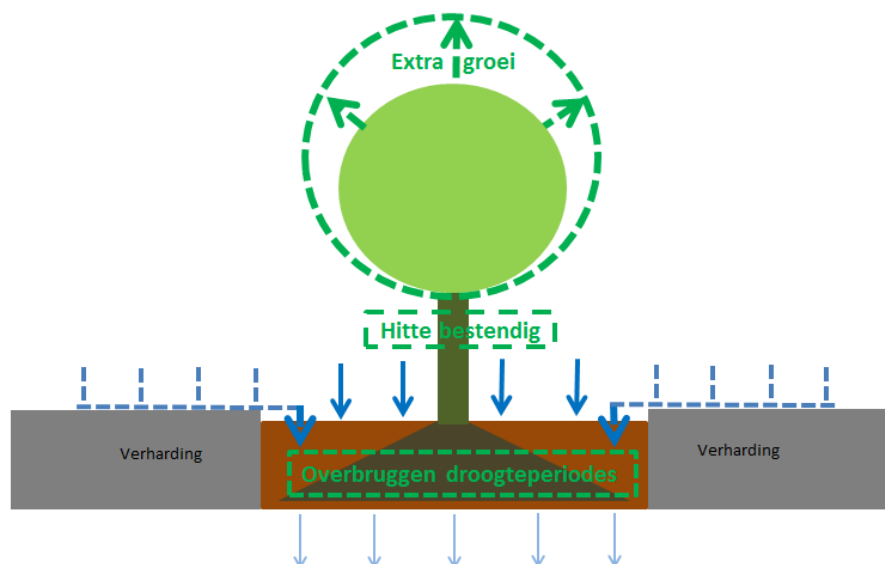
Extra water van buiten groeiplaatsen, verwerken in groeiplaatsen met bomen, kan in bepaalde situaties zowel voor de waterbeheerder als voor de boombeheerder voordeel opleveren.

Winst voor de waterbeheerder:

- verlaging van de kosten voor het verwerken van het water:
 - er is minder infrastructuur nodig dan wanneer alle water zou moeten afvloeien via de riolering of ander stelsel;
 - er is geen (of minder) buffer meer nodig dan wanneer alle water zou moeten infiltreren onder de verharding.

Winst voor de boombeheerder:

- meer groei van de bomen;
- betere overbrugging van droogteperiodes; dus minder kans op boomsterfte omwille van droogte;
- beter bestand tegen hittestress.



Figuur 4: winst water- en boombeheerder.

De boombeheerder stelt aan de inrichting van de groeiplaats hogere eisen dan de waterbeheerder, met name wat betreft het aspect bufferen en het gehalte aan voedingsstoffen in het groeimedium.

Zowel voor de waterbeheerder als voor de boombeheerder geldt dat de hoeveelheid aanvoer van water in overeenstemming moet zijn met de verwerkingscapaciteit van de groeiplaats wil men tot een maximaal rendement komen zonder dat er problemen ontstaan. M.a.w. er moet genoeg water toekomen, maar ook niet teveel.

6 Advies

Aangezien er pas winst zal zijn als de groeiplaatsen goed zijn ingericht, is het absoluut noodzakelijk dat bij de inrichting ervan rekening gehouden wordt met zowel de eisen van de waterbeheerder als van de boombeheerder. Als aan beide eisen voldaan is, kan gesproken worden van een **klimaatweerbare groeiplaats**.

Opdat er noch teveel noch te weinig extra water zou aangevoerd worden, is het nodig om op voorhand de nodige berekeningen te maken. Er dient hiervoor gezocht te worden naar een berekeningsmethode.

6.1 Voorwaarden voor een klimaatweerbare³ groeiplaats in een situatie waarbij de bomen geen contact hebben met het grondwater

- Er moet voldoende buffer (=lege ruimte) zijn om het water van piekbuien op te vangen zodat het bij felle regen niet op de verharding blijft staan. Voor extreme situaties dient er een noodoverloop te zijn die zich net onder het maaiveld bevindt.
- Er moet een goede infiltratiecapaciteit zijn van zowel groeimedium als ondergrond, waarbij de infiltratiecapaciteit van het groeimedium bij voorkeur beter, maar in ieder geval minstens even goed moet zijn als die van de ondergrond.
- Herhaaldelijk vullen van de groeiplaats met water mag niet leiden tot verslumping van het groeimedium. Daarom moeten de voorziene groeimedia hierop afgestemd worden.
- Er moet voldoende buffering zijn **in het bereik van de wortels** (niet dieper dan 1.50 m onder het maaiveld). **De buffer moet water langdurig kunnen vasthouden en moet water langzaam en verspreid kunnen afgeven over een groot deel van de wortelzone van de bomen.**

Indien de buffer te klein is voor de behoeften van de bomen, zou het een optie kunnen zijn om er voor te zorgen dat hij zelfs bij een beperkte regenbui volledig bijgevuld geraakt. Dit zou kunnen opgelost worden door water van een grotere oppervlakte, dan strikt noodzakelijk, te laten afvloeien naar de boomgroeiplaatsen. Dit kan echter enkel op die situaties waar de ondergrond een goede infiltratiecapaciteit heeft, anders gaat dit bij een grote regenbui wateroverlast (stagnerend water) veroorzaken of alsnog zorgen voor veel afvoer naar de riolering of ander stelsel.

- Het water moet zuiver zijn. Om die reden moet bij voorkeur in eerste instantie water gebruikt worden afkomstig van daken, vervolgens van voet- en fietspaden, en in laatste instantie pas van de rijbaan. Indien er kans is op vervuiling van de groeiplaats door het aangeleverde water moet gezocht worden naar oplossingen om dit nadeel te voorkomen of alleszins zo beperkt mogelijk te houden.
- Er mag nooit wateroverlast in de wortelzone kunnen ontstaan. Bij twijfel aan de infiltratiecapaciteit van de ondergrond moet een drainage voorzien worden. Deze wordt bij voorkeur op een afwaarts regenwaterstelsel aangesloten; indien dit niet aanwezig is mag het aangesloten worden op de gemengde riolering. De drainage moet in het onderste deel (- 70 cm bovenkant groeimedium) van het groeimedium aangelegd worden.

³ Een klimaatweerbare groeiplaats zorgt ervoor dat de bomen weerstand zullen kunnen bieden aan de klimaatwijzigingen. Of zij voldoende weerstand zullen kunnen bieden om tegen de klimaatwijzigingen ook effectief bestand te zijn, kan nu niet gezegd worden.

- Door herhaaldelijk grotere hoeveelheden water te geven, wordt de kans op verslemping, ondanks een geschikt groeimedium, toch reëel, zeker onderin de groeiplaats. Dit zou daar een zuurstoftekort als gevolg kunnen hebben. Daarom moet ook onderin de groeiplaats gezorgd worden voor een goede beluchting. Praktisch gezien kunnen de drainagebuizen ook gebruikt worden om als onderdeel van een beluchtingssysteem te functioneren.

6.2 Berekeningsmethode

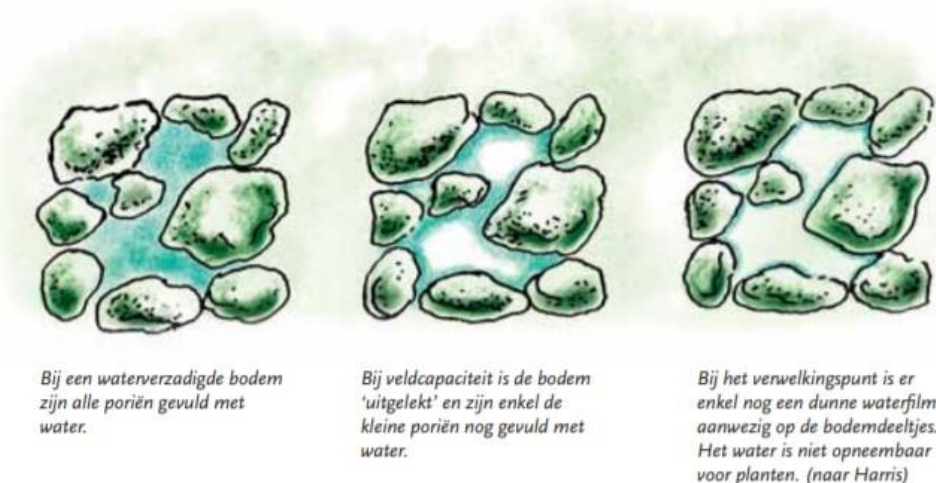
6.2.1 Randvoorwaarden berekeningsmethode

De berekeningsmethode moet een antwoord kunnen bieden op volgende vragen:

- Hoeveel water is er nodig om maximale groei te verkrijgen? (= hoeveel oppervlakte verharding moet/mag aangesloten worden op een groeiplaats?)
- Hoeveel water kan er maximaal naar een groeiplaats afgevoerd worden
 - zonder dat er wateroverlast zal zijn voor de bomen?
 - zonder dat er wateroverlast kan ontstaan op de verharding?

De berekeningen moeten uitgevoerd kunnen worden zowel voor verschillende types van groeiplaatsen als voor verschillende types van groeimedia. Ook moet de configuratie met een kunstmatig watergeefstelsel of waterbuffer doorgerekend kunnen worden.

Bij een bodem/groeimedium onderscheiden we macro en micro poriën. In de micro poriën kan water langdurig vastgehouden worden. Hoe meer micro poriën er zijn, hoe groter de buffercapaciteit is. De macro poriën zijn in normale omstandigheden gevuld met lucht (waarvan een deel bestaat uit zuurstof). Zij kunnen gevuld worden met water, maar het groeimedium kan dat water niet vasthouden. De hoeveelheid macro poriën bepalen de hoeveelheid lege ruimte. Als het water te lang in de macro poriën blijft (omdat er bijv. onvoldoende infiltratie is naar de ondergrond), ontstaat er een zuurstofgebrek voor de planten, er wordt dan gesproken over wateroverlast.



Figuur 5: macro en micro poriën van een bodem/groeimedium.

6.2.2 Rekenmodel Sirio

6.2.2.1 Modelopbouw in Sirio

Voor rioleringsberekeningen werd er een bakkenmodel Sirio ontwikkeld dat toelaat om op een vereenvoudigde manier regenwaterstromen te berekenen en dit met een 100-jarige historische neerslagreeks als invoer. In dit model kan berekend worden welk aandeel van de neerslag zal afvoeren, verdampen, infiltreren, herbruikt worden, overstorten... en dit voor verschillende systemen ('bakken') die aan mekaar geschakeld worden.

Dit model is ook geschikt om simulaties bij boomgroeiplaatsen (zowel open groenvakken als ondergrondse groeiplaatsconstructies) uit te voeren. Hier spelen zich immers ook de typische fenomenen af die in rioleringsberekeningen voorkomen:

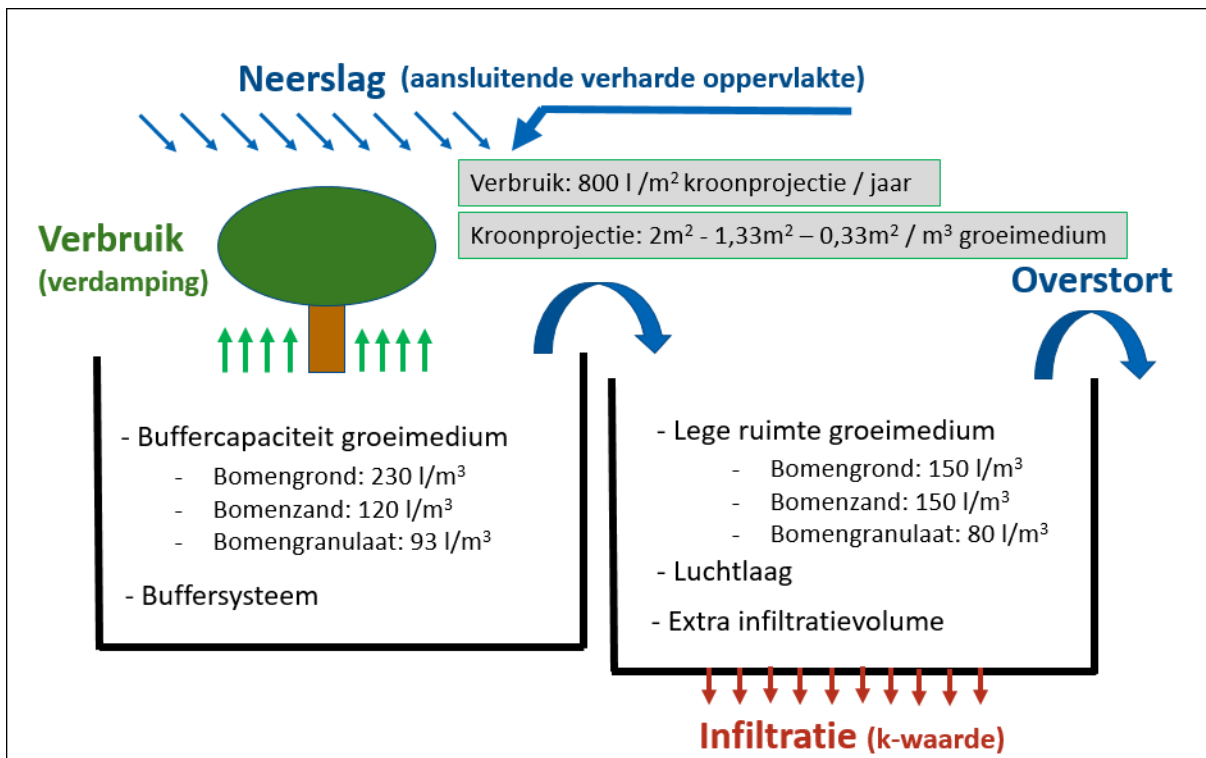
- regenwateraanvoer (via de aangesloten verharding);
- verdamping;
- infiltratie (via de onderzijde, de zijwanden, speciale infiltratiekratten verwerkt in de constructie,...);
- herbruik (de verdamping via de bomen);
- overstorting (wanneer de groeiplaats volledig verzadigd is).

Voor de simulaties werd er een model opgebouwd waarbij de groeiplaats (in werkelijkheid 1 bak) modelmatig uiteen getrokken werd in 2 aparte bakken. Deze twee bakken staan in cascade op mekaar aangesloten.

Er werd aangenomen dat het grondwater steeds diep genoeg zit (altijd onder de aanzet van de groeiplaats), zodanig dat dit geen effect heeft op de berekeningen.

Het verbruik is van een solitaire boom; de hoeveelheid kroonprojectie is afgestemd op het type groeimedium.

De cijfers van de buffercapaciteit van de verschillende groeimedia zijn afkomstig van onderzoek door een producent. De cijfers van de lege ruimte zijn gebaseerd op het feit dat een grond die als geschikt voor plantengroei wordt beschouwd, gemiddeld genomen minstens 15 % lucht bevat.



Figuur 6: modelopbouw in Sirio.

De neerslag valt op de aangesloten verharding en dat genereert regenwaterafvoer naar de eerste bak. In deze bak zit het volume dat beschikbaar is voor de bomen om op te nemen:

- het water dat door het groeimedium kan vastgehouden worden (hoeveelheid afhankelijk van de buffercapaciteit van het groeimedium – micro poriën);
- eventueel een specifiek voorzien buffervolume waar regenwater wordt opgehouden (onderaan en aan de zijkant ondoorlaatbaar zodat niet kan infiltreren naar de ondergrond), om later door de boom te kunnen worden opgenomen via capillariteit.

Wanneer de buffervolumes in de eerste bak volledig opgevuld zijn, wordt de tweede bak gevuld. De beschikbare volumes zijn hier:

- de macro poriën in het groeimedium;
- de eventueel aanwezige luchtlag in een ondergrondse groeiplaatsconstructie / verdieping in een open groenvak;
- een mogelijk infiltratievolume dat ondergronds voorzien wordt.

Deze tweede bak loopt via infiltratie traag leeg naar de ondergrond. Naargelang het type van groeiplaats gebeurt deze infiltratie via de wanden en/of delen van de bodem. Hierin speelt de infiltratiecapaciteit van de oorspronkelijke ondergrond een belangrijke rol (k-waarde).

Wanneer de infiltratiecapaciteit onvoldoende groot is of wanneer er zeer grote verharde oppervlaktes naar de groeiplaats afwateren, kunnen de volumes van deze tweede bak volledig opgevuld geraken en treedt in eerste instantie de drainage in het groeimedium in werking en vervolgens de overloop juist onder maaiveldhoogte. Beide kunnen verbonden worden naar een afwaarts regenwaterstelsel (bij voorkeur) of naar een gemengde riolering.

6.2.2.2 Benodigde gegevens

Onderstaande gegevens zijn nodig om de berekening te kunnen maken.

Gegevens aanvoer water:

- oppervlakte waarvan het water afgevoerd wordt naar de groeiplaats;
- neerslaggegevens zitten in Sirio, zowel de historische neerslagreeks als klimaatscenario's.

Gegevens groeiplaats:

- **Gegevens buffercapaciteit**

- van elk type groeimedum aanwezig op de groeiplaats het vermogen om water vast te houden;
- van een eventueel aanwezig kunstmatig buffersysteem.

Het doel is het totale volume buffercapaciteit te berekenen. Hierin wordt water opgeslagen dat door de boom kan gebruikt worden om te verdampen.

- **Gegevens lege ruimte**

- van elk type groeimedum aanwezig op de groeiplaats de lege poriënruimte;
- van een eventueel aanwezig kunstmatig buffer- en infiltratiesysteem;
- lege ruimte gecreëerd door:
 - verdiepte ligging groenvak;
 - luchtlaag bij ondergrondse groeiplaatsconstructie.

Het doel is het totale volume lege ruimte te berekenen. Dit volume kan kortstondig regenwater bufferen.

- **Gegevens dikte laag groeimedum**

- **Gegevens infiltratiecapaciteit ondergrond**

- Deze wordt bij voorkeur bepaald d.m.v. een infiltratieproef op de locatie zelf en op de diepte van de onderzijde boomgroeiplaats.
- Wanneer er geen proefresultaten beschikbaar zijn, kan gebruik gemaakt worden van naburige metingen of kan een inschatting gemaakt worden op basis van sonderings- of boorresultaten.

Gegevens verbruik:

- gegevens verdamping/m² kroonprojectie/groeiseizoen:
 - verdamping solitaire boom: 800 liter;
 - verdamping laanboom: 600 liter;
 - verdamping boom in groep: 400 liter.
- grootte kroonprojectie:
 - pas aangeplante boom: 6 m² kroonprojectie (ongeacht het type en hoeveelheid groeimedum);
 - volgroeide boom: afhankelijk van het type groeimedum:
 - voor grond met gemiddeld mineralengehalte: 1,33 m² kroonprojectie/m³ groeimedum;
 - voor rijke grond: 2 m² kroonprojectie/m³ groeimedum;
 - voor bomengranulaat: 0,33 m² kroonprojectie/m³ groeimedum.

6.2.3 Berekeningen

Om op de verschillende vragen te beantwoorden werden er een groot aantal simulaties uitgevoerd met verschillende types van boomgroeiplaatsen. Volgende parameters werden hierbij gevarieerd:

- infiltratiecapaciteit van de ondergrond (k-waarde);
- oppervlakte groeiplaats;
- aansluitende verharde oppervlakte;
- eigenschappen groeimedium.

Voor de verschillende groeimedia werden volgende waarden gebruikt:

- bomenzand:
 - lege ruimte: 150 l/m³
 - buffercapaciteit: 120 l/m³
- bomengrond:
 - lege ruimte: 150 l/m³
 - buffercapaciteit: 230 l/m³
- bomengranulaat:
 - lege ruimte: 80 l/m³
 - buffercapaciteit: 93 l/m³

Er werd aangenomen dat:

- dikte van de laag van het groeimedium 1 m bedraagt;
- het grondwater altijd onder de aanzet van de groeiplaats zit;
- er per m³ groeimedium 100 l extra lege ruimte beschikbaar is buiten het groeimedium, hetzij doordat het groenvak 10 cm verdiept is, hetzij doordat er in de ondergrondse groeiplaatsconstructie een luchtlaag is voorzien van 10 cm hoogte.

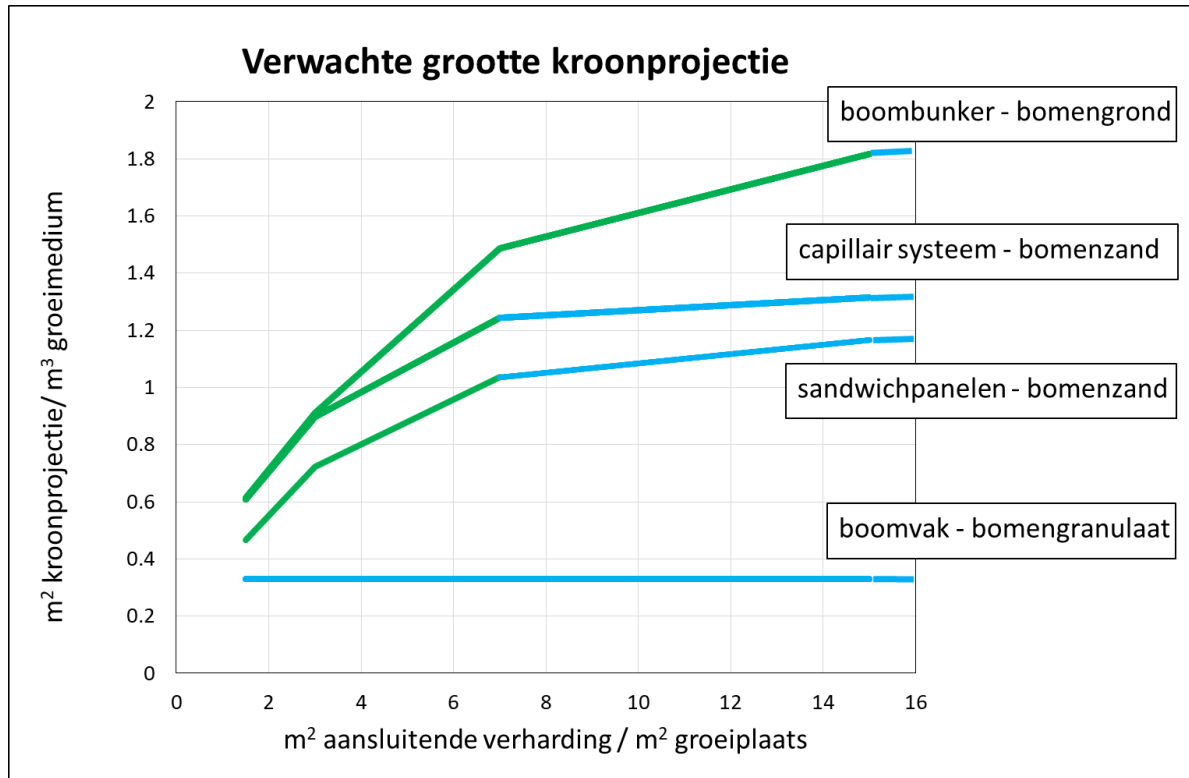
De 100-jarige historische neerslagreeks werd als invoer voor het model gebruikt.

6.2.3.1 Benodigd water voor maximale groei

Het herbruik (verdamping) werd bepaald op basis van een solitaire boom. Dit werd gelijkmatig ingerekend over de zes maanden van het groeiseizoen. Voor de andere maanden werd dit op nul gezet. De simulaties dienen per situatie iteratief te gebeuren totdat de ingevoerde kroonprojectie (en het watergebruik dat hieruit volgt) in overeenstemming is met de beschikbare hoeveelheid regenwater. Deze hoeveelheid volgt uit de aangesloten verharde oppervlakte, de eigenschappen van het groeimedium en de karakteristieken van de boomgroeiplaats.

Uiteindelijk hebben de simulaties per type groeimedium tot een resultaat geleid dat de maximale te verwachten hoeveelheid groenvolume aangeeft overeenkomstig de hoeveelheid water, en tegelijkertijd ook in verhouding tot de hoeveelheid voedingsstoffen. Aangezien er arme en rijke groeimedia zijn, is er een verschil in grootte van kroonprojectie bij de verschillende groeimedia. Uit de simulaties is ook gebleken dat de winst op vlak van groei niet als een constante toeneemt. In het begin is de toename groot, geleidelijk aan wordt ze minder en vanaf een zeker punt is ze nog zo klein dat ze verwaarloosbaar wordt.

In onderstaande grafiek staan de resultaten grafisch uitgezet. Op de x-as is aangegeven – relatief t.o.v. de grootte van de groeiplaats – hoeveel verharde oppervlakte wordt aangesloten richting de groeiplaats. Een grotere oppervlakte brengt een grotere neerslagaanvoer mee. Op de y-as staat de verwachte grootte van de kroonprojectie aangeduid.



Figuur 7: verwachte grootte kroonprojectie.

Uit de grafiek kan volgende geconcludeerd worden:

- Hoe rijker het groeimedium is, des te zinvoller het is om extra water aan te voeren. Er is significant winst in boomgroei:
 - Voor bomengrond : tot een verhouding van +/- 15
 - Voor bomenzand: tot een verhouding van +/- 7
 - Voor bomengranulaat: hier is er geen winst in boomgroei door extra water aan te sluiten omdat het mineralenaanbod hier de beperkende factor is.
- De ondergrond (infiltratiecapaciteit) heeft geen invloed op de boomgroei. Deze factor speelt wel een belangrijk rol in de leegloop en eventuele overloop van de groeiplaats.

Dit wil niet zeggen dat het niet zinvol is om extra oppervlakte aan te sluiten naar de boomgroeiplaats wanneer dit geen noemenswaardig winst meer oplevert voor de groei. Het kan nog altijd zinvol zijn voor de waterbuffering en –infiltratie. Dit is in kleur aangeduid op de grafieken: de groene curves duiden de zones aan waar er belangrijke winst te halen valt vanuit het oogpunt van de boomgroei; de blauwe curves geven aan wanneer dit geen belangrijke rol meer speelt maar waar de boomgroeiplaats wel nog zijn belang kan hebben voor de regenwaterafvoer.

Voorbeeld:

Er is een boomgroeiplaats voorzien van 30 m², het groeimedium is bomengrond en de dikte hiervan bedraagt 1 m.

Uit bovenstaande grafiek blijkt dat als het water van 210 m² verharding (= 7 x oppervlakte van de groeiplaats) naar de groeiplaats wordt afgevoerd dit een forse toename oplevert van groenvolume. De ingeschatte kroonprojectie vergroot dan van 18m² (30 m² x 0,6) naar 45 m² (30 m² x 1,5).

Tot 450 m² (15 x oppervlakte groeiplaats) is er nog winst, maar de toename is minder fors. Er wordt dan een kroonprojectie van 54 m² berekend (30 m² x 1,8). Nadien is er nauwelijks nog winst op vlak van groenvolume (theoretisch maximale kroonprojectie is 60 m².).

6.2.3.2 Wateroverlast voor de bomen

De vraag die zich aandient, is of we ook teveel water naar de boomgroeiplaats kunnen brengen? In eerste instantie wordt dit bekeken vanuit het standpunt van de boom; kan de groeiplaats te lang verzadigd zijn met water, zodanig dat het schadelijk wordt voor de boom?

Om dit effect in te schatten, werden de Sirio-simulaties in detail bestudeerd. Hier werd per simulatie nagegaan hoeveel dagen per jaar een bepaalde vullingsgraad in de groeiplaats bereikt wordt. Arbitrair werd deze grens op 30% (= 30cm waterhoogte in een pakket groeimedium met dikte van 1m) gezet. Logischerwijs wordt dit aantal dagen bepaald door de snelheid waarmee de groeiplaats zijn water naar de ondergrond kan afgeven. Deze infiltratiesnelheid wordt als volgt uitgedrukt, naar analogie met het ontwerp van infiltratievoorzieningen:

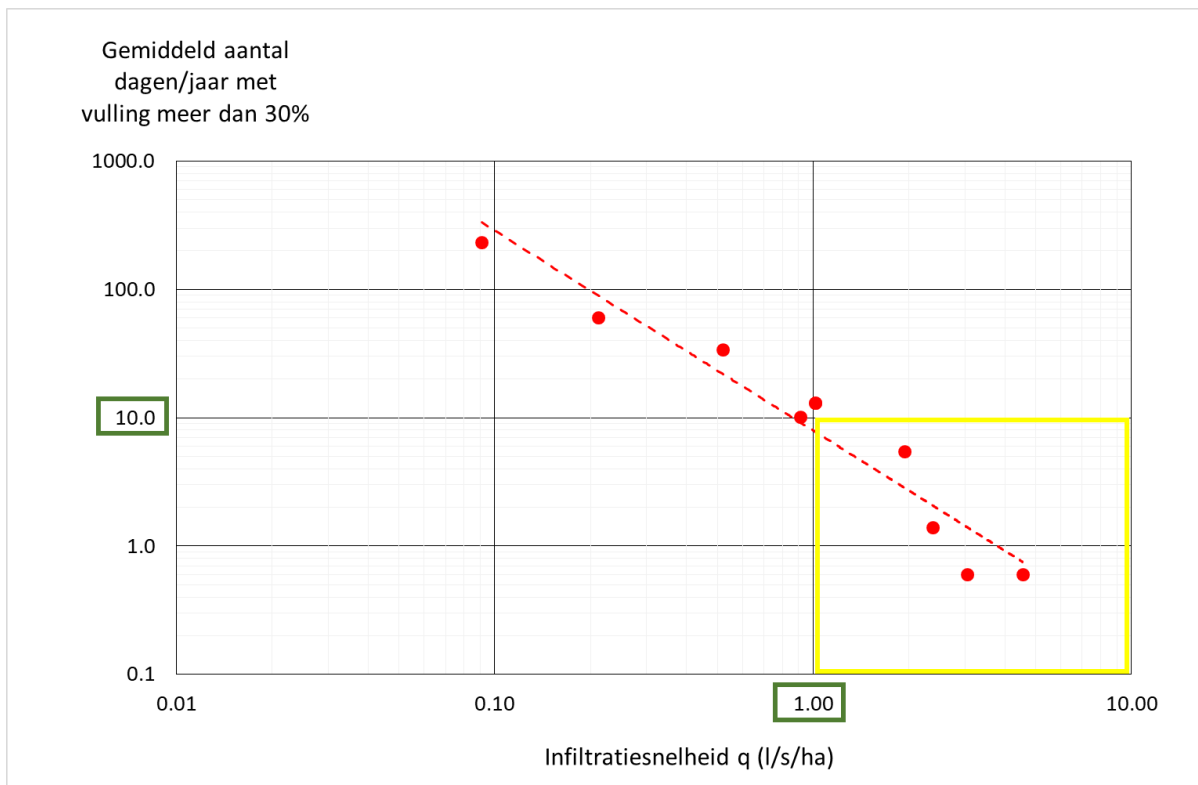
$$q = 10^7 * k * \frac{A_{infiltratie}}{A_{aansluitend}}$$

Met daarin:

- q = infiltratiesnelheid (l/s/ha)
- k = infiltratiecapaciteit (m/s)
- $A_{infiltratie}$ = infiltratieoppervlakte (m²) (meestal gelijk aan de grootte van de groeiplaats)
- $A_{aansluitend}$ = aansluitende verharde oppervlakte (m²)
- 10^7 = constante om de eenheden van (m/s) om te zetten naar (l/s/ha)

Voor de uitgevoerde simulaties blijkt het aantal dagen per jaar waarop een vullingsgraad van meer dan 30 % wordt bereikt kleiner te zijn dan 10 wanneer q groter is dan 1 l/s/ha. Dit lijkt een aanvaardbaar aantal te zijn voor bomen die af en toe water verdragen. Wanneer q gelijk is aan 5 l/s/ha of hoger, dan is er gemiddeld nog maar 1 dag per jaar met meer dan 30 cm water.

Op onderstaande figuur worden de resultaten van de simulaties grafisch weergegeven. Gelieve rekening te houden met het feit dat de schaal logaritmis is.



Figuur 8: wateroverlast voor de bomen.

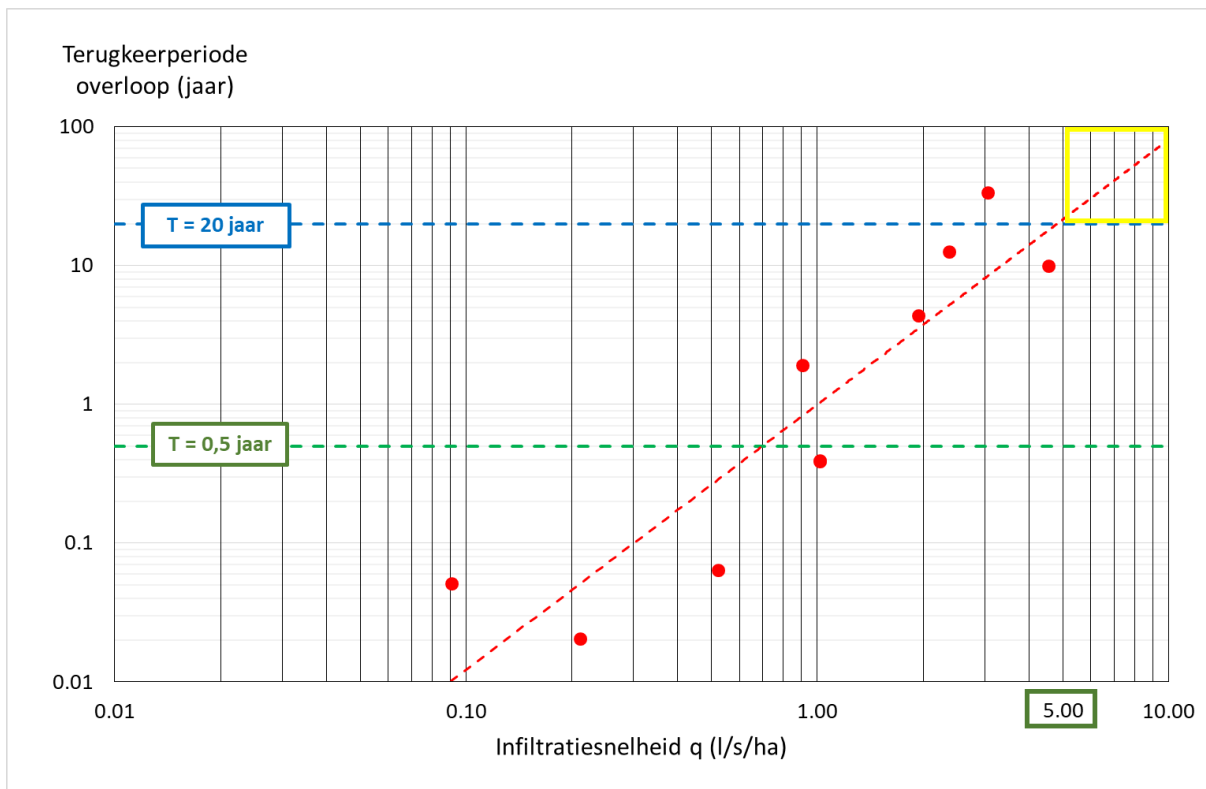
6.2.3.3 Wateroverlast voor de verharding

Een tweede aspect m.b.t. wateroverlast is de mogelijke overstrooming van de boomgroeiplaats op maaiveldhoogte. Kan er teveel verharde oppervlakte worden aangesloten, zodanig dat er op het openbaar domein wateroverlast optreedt? Of moet er in bepaalde omstandigheden een noodoverloop voorzien worden om dergelijke overstrooming te vermijden?

Ook hier is het dezelfde infiltratiesnelheid q die zal bepalen hoe snel een groeiplaats zal leeglopen en dus ook met welke terugkeerperiode het zal vollopen en overstroomen.

In onderstaande figuur is aangegeven hoe vaak de groeiplaats volledig zal vollopen met regenwater en dit in functie van de infiltratiesnelheid q (logaritmische schaal).

Hieruit blijkt dat wanneer er ontworpen wordt met $q = 1 \text{ l/s/ha}$ (zie vorige paragraaf) dat dan de groeiplaats +/- om het half jaar volledig zal vollopen. In dat geval moet er zeker een noodoverloop voorzien worden. Het is pas wanneer q groter wordt dan 5 l/s/ha dat de terugkeerperiode voor overstrooming groter wordt dan 20 jaar. Dit is de voorwaarde die ook gevolgd wordt bij het ontwerp van rioolstelsels. Bijgevolg, wanneer q groter is dan 5 l/s/ha is het niet nodig om een noodoverloop te voorzien. De andere afvoerstelsels zijn op dat moment immers ook verzadigd met regenwater.



Figuur 9: wateroverlast voor de verharding.

6.2.3.4 Wateroverlast voor zowel bomen als verharding tezamen

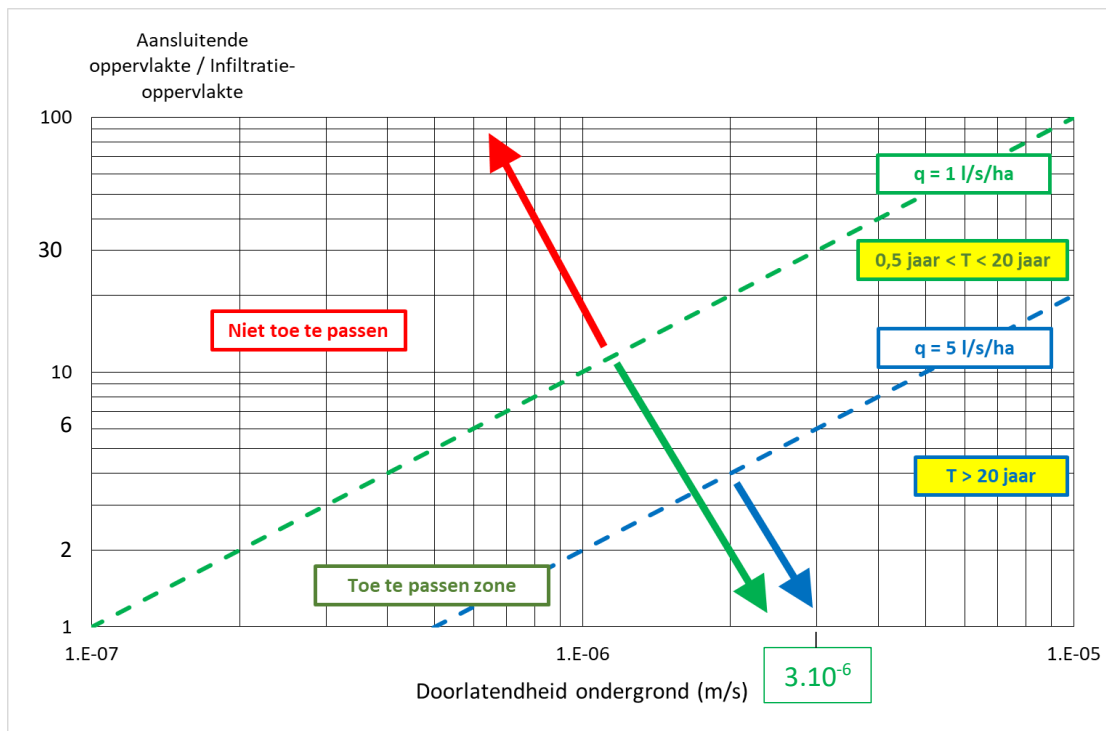
De twee overlastvraagstukken kunnen samengevat worden op één grafiek, zie hieronder.

Op deze grafiek staat op de x-as de k-waarde van de ondergrond (logaritmische schaal). Op de Y-as de verhouding tussen aansluitende verharde oppervlakte en infiltratie-oppervlakte van de boomgroeiplaats.

De linkerbovenhoek uit de grafiek wensen we niet toe te passen. In deze zone loopt de boomgroeiplaats niet snel genoeg leeg. Rechtsonder de groene stippellijn ligt het toegelaten toepassingsgebied. In deze zone zal de groeiplaats maximaal 10 dagen per jaar voor meer dan 30% gevuld zijn. Het zal gemiddeld gezien ook minder dan 2 keer per jaar overlopen.

Voor punten tussen de groene en de blauwe stippellijn is het noodzakelijk om een noodoverloop net onder maaiveldhoogte te voorzien. Deze kan verbonden worden naar een afwaarts regenwaterstelsel (bij voorkeur) of naar een gemengde riolering.

Indien we willen bekomen dat de boomgroeiplaats geen externe noodoverloop heeft, moeten we beneden de blauwe stippellijn blijven. In deze zone zal de groeiplaats minder dan één keer in de 20 jaar helemaal vol water komen.



Figuur 10: wateroverlast voor zowel bomen als verharding tezamen

Praktische toepassing

Er is ruimte beschikbaar voor een groeiplaats met een oppervlakte van 50 m². Infiltratieproeven geven aan dat de ondergrond een k-waarde heeft van 3.E-06 m/s. (3.E-06 m/s wordt soms ook genoteerd als 3.10⁻⁶ m/s, cf. bovenstaande grafiek). Vanuit de voorwaarde om maximaal 10 dagen per jaar een vullingsgraad van meer dan 30 % te hebben, zou er 1.500 m² verharding op de groeiplaats mogen aangesloten worden (factor 30). Wanneer de groeiplaats er ook voor moet zorgen dat alle regenwater van de aangesloten verharding kan verwerkt worden (m.a.w. dat er geen noodoverloop nodig is), moet de aangesloten verharding beperkt blijven tot 300 m² (factor 6).

Wanneer deze groeiplaats zich zou bevinden in een ondergrond met een slechtere doorlatendheid (met $k = 1.10^{-6} \text{ m/s}$ (=1.E-06)), zouden de aangesloten oppervlaktes beperkt moeten blijven tot respectievelijk 500 m² en 100 m² (dus factor 10 en 2).

6.2.3.5 Belangrijke opmerking ivm het voorzien van een drainage

Uit de berekeningen van deze paragraaf blijkt dat er geen drainage nodig is wanneer $q > 1 \text{ l/s/ha}$. Toch verdient het de voorkeur – zeker bij de complexe groeiplaatsen zoals boombunkers – om een drainage systeem als back-up te voorzien. Het kan immers altijd gebeuren dat de werkelijkheid anders uitdraait dan de aannames in het model: de infiltratiecapaciteit van de ondergrond kan anders zijn dan aangenomen (foute meting, onverwachte verslumping), er kan meer verharding afwateren naar de groeiplaats dan voorzien,... Om dan geen moeilijke aanpassingswerken aan de groeiplaats te moeten uitvoeren, is het verstandig om al bij de aanleg een drainagemogelijkheid te voorzien. Dat kan eenvoudig gebeuren door het beluchtingssysteem zo aan te leggen dat het makkelijk als drainage kan gebruikt worden. De beluchtingsleiding wordt onderaan voorzien op 30 cm boven de onderzijde van het groeimedium. Hierop wordt niet alleen een opstaande buis richting maaiveld (voor de eigenlijke

beluchting) maar ook een uitgaande buis naar een afwaarts afvoersysteem (bij voorkeur regenwaterafvoer) voorzien. Deze buis wordt afgesloten zodat deze in normale omstandigheden niet werkt. Mocht er dan op termijn een probleem met afwatering ontstaan, zoals hierboven vermeld, dan kan de voorziene drainage wel in werking gesteld worden en kan de groeiplaats blijven functioneren zoals voorzien. De bovenste 70cm van het groeimedium zal daardoor nl. gevrijwaard blijven van wateroverlast.

6.3 Voorwaarden voor een klimaatweerbare groeiplaats met andere parameters dan in bovenstaand rekenvoorbeeld.

Indien er zich een situatie zou voordoen waarbij een ander type van groeimedium zou voorzien zijn, of waarbij de dikte van de laag groeimedium meer of minder zou bedragen dan 1 m, of waarbij het grondwater niet altijd onder de aanzet van de groeiplaats zou zitten, dan kunnen bovenstaande grafieken niet gebruikt worden. In zo'n situatie is het nodig om de berekeningen opnieuw te maken met de parameters voor die situatie. Ook in omstandigheden waar er andere klimaatomstandigheden gelden (regio's met een ander neerslagpatroon, beschikbaarheid van gewijzigde neerslagreeksen,...), kan het nodig zijn om een nieuwe doorrekening te doen met het model ter controle.