

Notitie

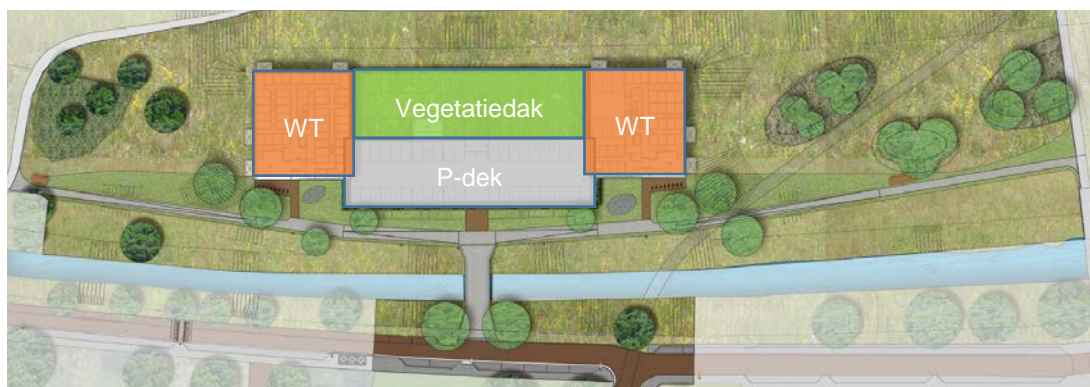
Contactpersoon Mathieu Katier
Datum 7 mei 2019
Kenmerk N001-1270277MJS-V01-kst-NL

Update waterhuishouding Malburgen 2019

1 Woontorens Visserslaan

1.1 Situatieschets

In de wijk Malburgen in Arnhem zijn vele ontwikkelingen gaande. Langs de Malburgse Bandijk zijn enkele jaren geleden al een paar woontorens gebouwd. Ter hoogte van de Visserslaan wordt een nieuw complex gebouwd met twee woontorens. In de huidige situatie is het terrein volledig onverhard. Het nieuwe plan heeft een netto verhard oppervlak van 3.230 m², onderverdeeld in de woontorens, een parkeerdek en het vegetatiedak (figuur 1.1). De oppervlakken zijn opgenomen in tabel 1.1. Onder het vegetatiedak bevindt zich een (verdiepte) parkeergarage.



Figuur 1.1 Woontorens Visserslaan

Tabel 1.1 Overzicht verharde oppervlakken

Onderdeel	Oppervlak
Woontorens (WT)	1.229 m ²
Vegetatiedak	935 m ²
Parkeerdek + overige verharding	1.066 m ²
Totaal	3.230 m ²



1.2 Waterstructuur en compensatie waterberging

In het overleg op 17 juni 2016 tussen ontwikkelaar, de gemeente Arnhem en Tauw is gesproken over de waterstructuur van de nieuwbouw aan de Visserslaan. De principe waterstructuur is opgenomen in het concept DOIRP, welke vervolgens op 28 juli 2016 met waterschap Rivierenland is besproken. De uitgangspunten voor waterberging zijn op basis hiervan nog gewijzigd. In deze notitie is de finale waterstructuur uitgewerkt.

De waterstructuur voor het nieuwe complex aan de Visserslaan ziet er als volgt uit:

- Neerslag dat op de woontorens, het parkeerdek en overige verharding valt wordt rechtstreeks naar oppervlaktewater afgevoerd
- Neerslag dat op het vegetatiedak valt, moet in zijn geheel in de bergingsvoorziening van het vegetatiedak worden geborgen. De voorziening mag wel een geknepen/vertraagde afvoer naar het oppervlaktewater hebben, zodat de voorziening zichzelf langzaam kan ledigen

Het waterschap stelt als eis dat een nieuwbouwplan in principe zijn 'eigen broek moet ophouden'. Voor een rechtstreekse afvoer naar oppervlaktewater eist het waterschap een compensatie voor waterberging van een bui $T=10+10\%$ ($436\text{ m}^3/\text{ha}$ verhard oppervlak; uitgaande van een peilstijging van $0,3\text{ m}$). Indien de neerslag naar een voorziening wordt geleid (wadi, vegetatiedak, infiltratiekratten), geldt de eis dat de voorziening gedimensioneerd moet worden op een maatgevende bui $T=100+10\%$ ($664\text{ m}^3/\text{ha}$ verhard oppervlak).

Voor het vegetatiedak (935 m^2) is een bergingsopgave berekend van 62 m^3 . Deze opgave wordt volledig gerealiseerd middels een krattensysteem in/onder het vegetatiedak. Er hoeft geen extra waterberging in of buiten het gebied gerealiseerd te worden.

Voor de woontorens, parkeerdek en overige verharding (totaal 2.295 m^2) is een bergingsopgave berekend van 100 m^3 . Deze berging wordt volledig gecompenseerd door het realiseren van nieuw oppervlaktewater.

1.3 Toetsing ledigingstijd krattensysteem

Het waterschap stelt als eis dat de voorziening binnen 48 à 96 uur geledigd moet zijn. De toetsing kan statisch en dynamisch worden uitgevoerd voor zowel een $T=100+10\%$ als een $T=10+10\%$ neerslagsituatie. In overleg met waterschap Rivierenland is vastgelegd dat de afvoer meer mag bedragen dan de landelijke afvoer, aangezien de ledigingstijd maatgevend is en er bij een vegetatiedak geen infiltratie naar de ondergrond plaatsvindt.

Statisch

Bij de statische berekening wordt ervan uitgegaan dat er met een constant debiet wordt afgevoerd naar oppervlaktewater. Verdamping is hierbij niet meegerekend, om een worst-case situatie (winterseizoen) na te bootsen. Op basis van het verhard oppervlak is een benodigde waterberging berekend van 62 m^3 . De voorziening dient in uiterlijk 96 uur leeg te zijn. Ervan uitgaand dat met een constant debiet wordt geloosd, betekent dit een benodigde afvoer van $1,92\text{ l/s/ha}$ bij een $T=100+10\%$ situatie. Bij een ledigingstijd van 48 uur komt dit neer op $3,84\text{ l/s/ha}$.

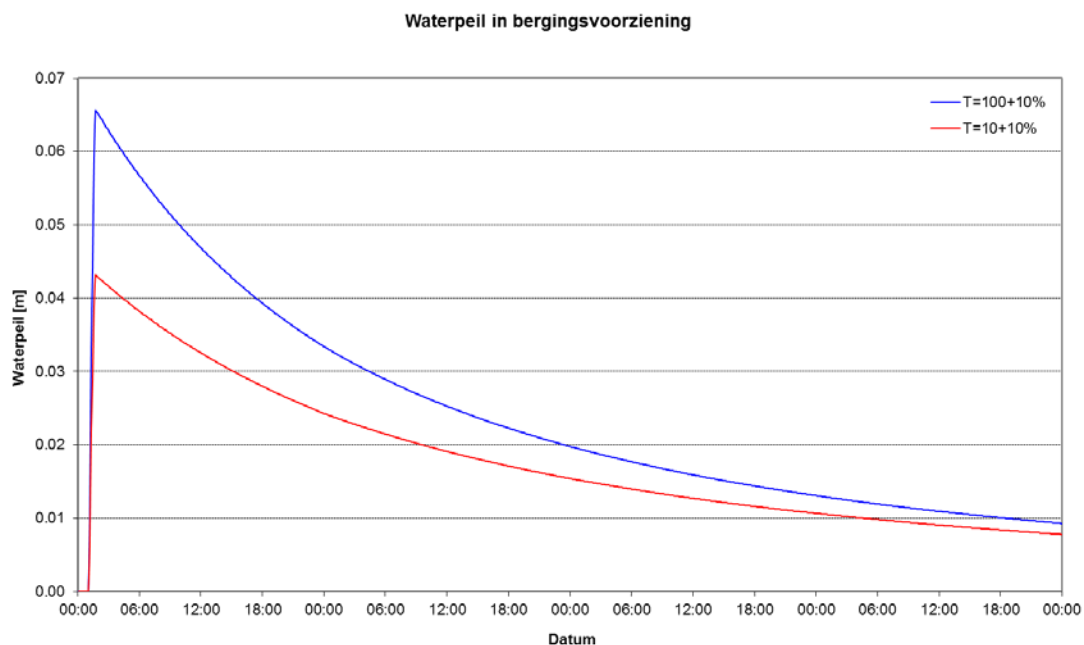


In een T=10+10 % situatie kan volstaan worden met een constante afvoer tussen 1,26 l/s/ha (96 uur) en 2,52 l/s/ha (48 uur).

Dynamisch

Wanneer naar het vegetatiedak wordt gekeken als een dynamisch systeem, zal opvallen dat er vertraging in het systeem zit. Immers een druppel neerslag zal niet direct in het krattensysteem onder de vegetatielaag terecht komen. Het vulgedrag van het krattensysteem is afhankelijk van de doorlatendheid van de vegetatielaag. Daarnaast speelt de hydrostatische druk in het krattensysteem, immers bij een grotere waterhoogte zal de afvoer groter zijn dan wanneer er nog een dun laagje water in staat. Er is een modelberekening gemaakt met een dynamische bui, verdamping en het effect van de hydrostatische druk. De vertraging als gevolg van de vegetatielaag is buiten beschouwing gelaten, omdat dit sterk afhankelijk is van de doorlatendheid van de bodemlaag, hetgeen een onbekende factor is.

Voor zowel de T=100+10 % als T=10+10 % neerslagsituatie is het ledigingsgedrag weergegeven. Hierin is te zien dat na vier dagen (96 uur) er nog minder dan 1,0 cm water in de voorziening aanwezig is. De netto stijging van de waterhoogte bij een T=100+10 % bedraagt circa 6,5 cm. Mocht er aan het eind van de 96 uur wederom een T=100+10 % vallen, dan zal de waterhoogte stijgen tot cm 7,5 cm (1,0 + 6,5). Uitgaande van een krattensysteem met een hoogte van 8,5 cm (zie bijlage) is het systeem daarmee robuust genoeg om binnen 96 uur weer gereed te zijn voor een volgende extreme bui.



Figuur 1.2 Ledigingsgedrag bergingsvoorziening (gedurende vier dagen)



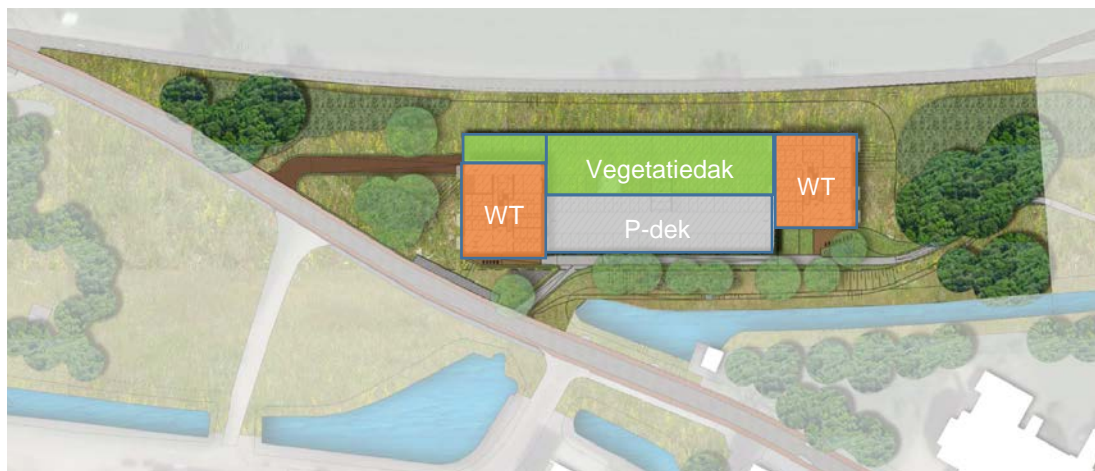
1.4 Toetsing dimensionering krattensysteem

In de bijlage is het productblad opgenomen van het toe te passen krattensysteem. Hieruit volgt een externe afmeting van een krat van 0,71 x 0,71 x 0,085 m. De berging per krat bedraagt 0,04 m³ op basis van een holle ruimte van 95 %. Om de vereiste berging van 62 m³ te realiseren zijn 1.525 kratten nodig. Deze hebben een netto oppervlak van 769 m², waarmee het krattensysteem eenvoudig te realiseren is op het vegetatiedak (oppervlak 935 m²).

2 Woontorens Gelderse Roos

2.1 Situatieschets

In de wijk Malburgen in Arnhem zijn vele ontwikkelingen gaande. Langs de Malburgse Bandijk zijn enkele jaren geleden al een paar woontorens gebouwd. Ter hoogte van de Gelderse Rooslaan wordt een nieuw complex gebouwd met twee woontorens. In de huidige situatie is het terrein deels verhard. Het nieuwe plan heeft een netto verhard oppervlak van 4.387 m², onderverdeeld in de woontorens, een parkeerdek en het vegetatiedak (figuur 2.1). De oppervlakken zijn opgenomen in tabel 2.1. Onder het vegetatiedak bevindt zich een (verdiepte) parkeergarage.



Figuur 2.1 Woontorens Gelderse Roos

Tabel 2.1 Overzicht verharde oppervlakken

Onderdeel	Oppervlak
Woontorens (WT)	1.156 m ²
Vegetatiedak	1.275 m ²
Parkeerdek + nieuwe verharding	1.956 m ²
Bestaande te verwijderen verharding	-604 m ²
Totaal	3.783 m ²

2.2 Waterstructuur en waterberging

In overleg op 28 november 2016 tussen de ontwikkelaar, de gemeente Arnhem en Tauw is gesproken over de waterstructuur van de nieuwbouw aan de Visserslaan. De principe waterstructuur is opgenomen in het concept DOIRP, welke vervolgens op 30 januari 2017 met waterschap Rivierenland is besproken. In deze notitie is de finale waterstructuur uitgewerkt.



De waterstructuur voor het nieuwe complex aan de Visserslaan ziet er als volgt uit:

- Neerslag dat op het parkeerdek en overige verharding valt, wordt rechtstreeks naar oppervlaktewater afgevoerd
- Neerslag dat op de woontorens valt, wordt rechtstreeks afgevoerd naar de waterberging onder het vegetatiedak
- Neerslag dat op het vegetatiedak valt, moet in zijn geheel in de bergingsvoorziening van het vegetatiedak worden geborgen. Daarnaast wordt het vegetatiedak ook belast met het water van de woontorens. De voorziening mag een geknepen/vertraagde afvoer naar het oppervlaktewater hebben, zodat de voorziening zichzelf langzaam kan ledigen

Het waterschap stelt als eis dat een nieuwbouwplan in principe zijn 'eigen broek moet ophouden'. Voor een rechtstreekse afvoer naar oppervlaktewater eist het waterschap een compensatie voor waterberging van een bui $T=10+10\%$ ($436\text{ m}^3/\text{ha}$ verhard oppervlak; uitgaande van een peilstijging van $0,3\text{ m}$). Indien de neerslag naar een voorziening wordt geleid (wadi, vegetatiedak, infiltratiekratten) geldt de eis dat de voorziening gedimensioneerd moet worden op een maatgevende bui $T=100+10\%$ ($664\text{ m}^3/\text{ha}$ verhard oppervlak).

Voor het vegetatiedak + woontorens (2.431 m^2) is een bergingsopgave berekend van **161 m^3** . Deze opgave wordt volledig gerealiseerd middels een krattensysteem in/onder het vegetatiedak. Er hoeft geen extra waterberging in of buiten het gebied gerealiseerd te worden.

Voor het parkeerdek en de toename aan verhard oppervlak (totaal 1.352 m^2) is een bergingsopgave berekend van **59 m^3** . Deze berging wordt volledig gecompenseerd door het realiseren van nieuw oppervlaktewater.

2.3 Toetsing ledigingstijd krattensysteem

Het waterschap stelt als eis dat de voorziening binnen 48 à 96 uur geledigd moet zijn. De toetsing kan statisch en dynamisch worden uitgevoerd voor zowel een $T=100+10\%$ als een $T=10+10\%$ neerslagsituatie. In overleg met waterschap Rivierenland is vastgelegd dat de afvoer meer mag bedragen dan de landelijke afvoer, aangezien de ledigingstijd maatgevend is en er bij een vegetatiedak geen infiltratie naar de ondergrond plaatsvindt.

Statisch

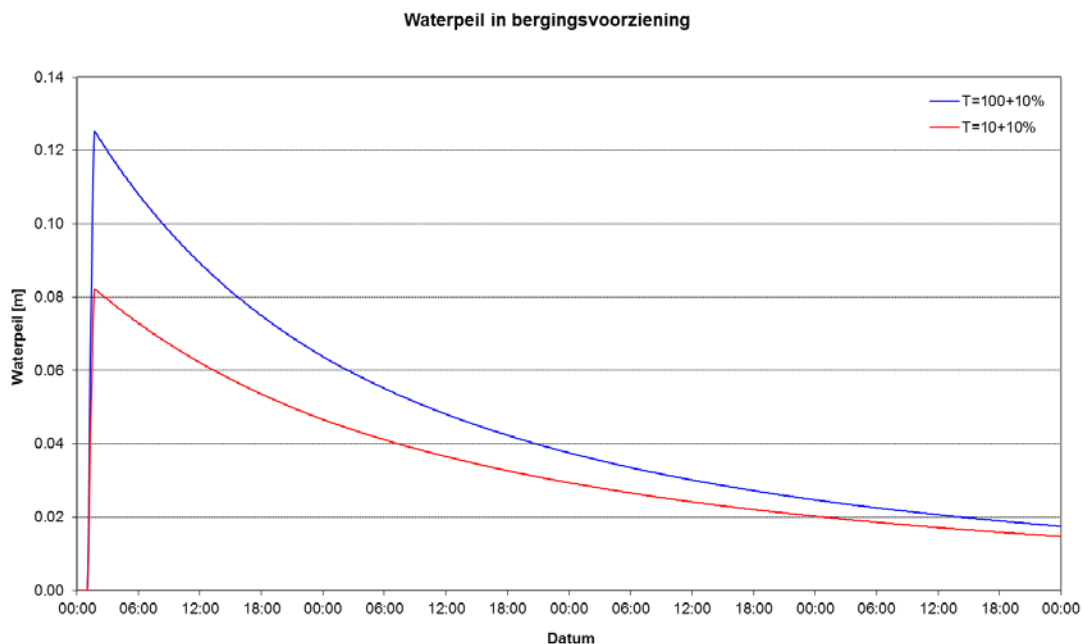
Bij de statische berekening wordt ervan uitgegaan dat er met een constant debiet wordt afgevoerd naar oppervlaktewater. Verdamping is hierbij niet meegerekend, om een worst-case situatie (winterseizoen) na te bootsen. Op basis van het verhard oppervlak is een benodigde waterberging berekend van 161 m^3 .

De voorziening dient in uiterlijk 96 uur leeg te zijn. Ervan uitgaand dat met een constant debiet wordt geloosd, betekent dit een benodigde afvoer van $1,92\text{ l/s/ha}$ bij een $T=100+10\%$ situatie. Bij een ledigingstijd van 48 uur komt dit neer op $3,84\text{ l/s/ha}$. In een $T=10+10\%$ situatie kan volstaan worden met een constante afvoer tussen $1,26\text{ l/s/ha}$ (96 uur) en $2,52\text{ l/s/ha}$ (48 uur).

Dynamisch

Wanneer naar het vegetatiedak wordt gekeken als een dynamisch systeem, zal opvallen dat er vertraging in het systeem zit. Immers een druppel neerslag zal niet direct in het krattensysteem onder de vegetatielaag terecht komen. Het vulgedrag van het krattensysteem is afhankelijk van de doorlatendheid van de vegetatielaag. Daarnaast speelt de hydrostatische druk in het krattensysteem, immers bij een grotere waterhoogte zal de afvoer groter zijn dan wanneer er nog een dun laagje water in staat. Er is een modelberekening gemaakt met een dynamische bui, verdamping en het effect van de hydrostatische druk. De vertraging als gevolg van de vegetatielaag is buiten beschouwing gelaten, omdat dit sterk afhankelijk is van de doorlatendheid van de bodemlaag, hetgeen een onbekende factor is.

Voor zowel de T=100+10 % als T=10+10 % neerslagsituatie is het ledigingsgedrag weergegeven. Hierin is te zien dat na vier dagen (96 uur) er nog minder dan 2,0 cm water in de voorziening aanwezig is. De netto stijging van de waterhoogte bij een T=100+10 % bedraagt circa 12,5 cm. Mocht er aan het eind van de 96 uur wederom een T=100+10 % vallen, dan zal de waterhoogte stijgen tot cm 14,5 cm (2,0 + 12,5). Uitgaande van een krattensysteem met een (dubbele) hoogte van 17,0 cm (zie bijlage) is het systeem daarmee robuust genoeg om binnen 96 uur weer gereed te zijn voor een volgende extreme bui.



Figuur 2.2 Ledigingsgedrag bergingsvoorziening (gedurende vier dagen)

De piekafvoer is voor een T=100+10 % situatie berekend op 6,4 l/s/ha. De gemiddelde afvoer over 96 uur is ruim lager: 1,6 l/s/ha. Als gevolg van de vertraging door de vegetatielaag (vertraagd inloopmodel) zal voornamelijk de piekafvoer kleiner zijn dan hier berekend.

In een T=10+10 % situatie bedraagt de berekende piekafvoer 3,4 l/s/ha en de gemiddelde afvoer 1,0 l/s/ha. Ook hier zal de piekafvoer bij een vertraagd inloopmodel lager zijn.



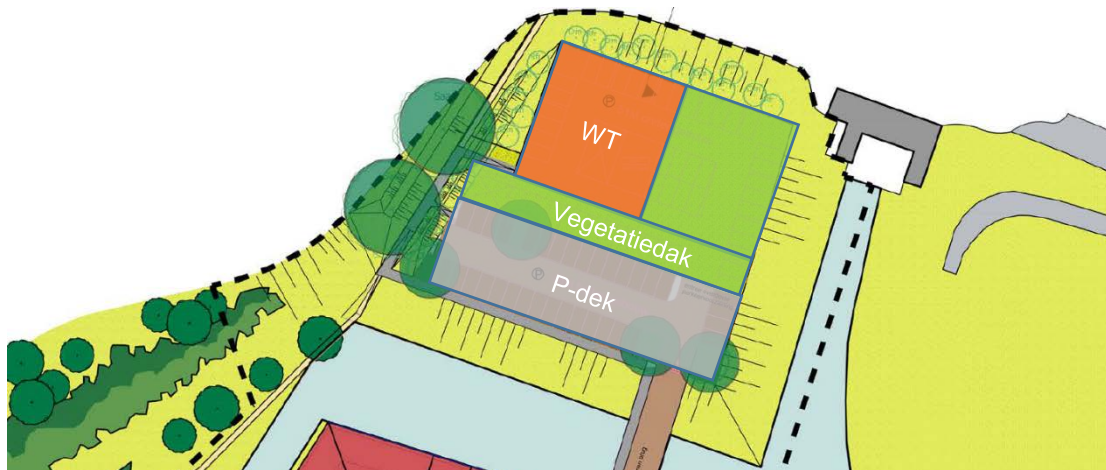
2.4 Toetsing dimensionering krattensysteem

In de bijlage is een productblad opgenomen van het toe te passen krattensysteem. Hieruit volgt een externe afmeting van een krat van 0,71 x 0,71 x 0,085 m. De berging per krat bedraagt 0,04 m³ op basis van een holle ruimte van 95 %. Om de vereiste berging van 161 m³ te realiseren zijn 3.965 kratten nodig. Uitgaande van een dubbellaags krattensysteem hebben deze een netto oppervlak van 999 m², waarmee het krattensysteem eenvoudig te realiseren is op het vegetatiedak (oppervlak 1.275 m²).

3 Woontoren Nelson Mandela

3.1 Situatieschets

In de wijk Malburgen in Arnhem zijn vele ontwikkelingen gaande. Langs de Malburgse Bandijk zijn enkele jaren geleden al een paar woontorens gebouwd. Ter zuiden van de Mandelabrug, naast het voormalig ir. M.A. Brinkman Vissergemaal wordt een nieuw complex gebouwd met één woontoren. Het oorspronkelijke ontwerp uit 2011 ('VIORP WW3 en WW4 te Malburgen - West' Volkshuisvesting, 24 februari 2011, kenmerk 60747_01) is nagenoeg identiek aan het nieuwe ontwerp ('Ontwerpstudie WW3 Arnhem' Houtman+Sander, 26 februari 2019). Zo wijken alleen de locatie van de brug en de indeling van het parkeerdek enigszins af. Op basis van de oude en nieuwe ontwerptekeningen is het verhard oppervlak bepaald. Zo bedraagt in het oorspronkelijke ontwerp het netto verhard oppervlak 2.658 m². Het nieuwe plan heeft een netto verhard oppervlak van 2.625 m², onderverdeeld in de woontoren, het parkeerdek en het vegetatiedak (figuur 3.1). De oppervlakken zijn opgenomen in tabel 3.1. Onder het vegetatiedak bevindt zich een (verdiepte) parkeergarage.



Figuur 3.1 Woontoren Nelson Mandela

Tabel 3.1 Overzicht verharde oppervlakken (in m²)

Scenario	WT	Weg	Parkeren	Trottoir	Vegetatiedak	Groen	Water	Totaal	Verhard
Huidige situatie				-		5.878	812	6.690	
Ontwerp 2011	590	550	404	217	897	2.693	1.340	6.690	2.658
Ontwerp 2019	590	529	430	179	897	2.898	1.167	6.690	2.625
Verskil 2019-2011						+205	-173		-32



3.2 Waterstructuur en waterberging

De waterstructuur voor het nieuwe complex ziet er als volgt uit:

- Neerslag dat op het parkeerdek en overige verharding valt, wordt rechtstreeks naar oppervlaktewater afgevoerd
- Neerslag dat op de woontoren valt, wordt rechtstreeks afgevoerd naar de waterberging onder het vegetatiedak
- Neerslag dat op het vegetatiedak valt, moet in zijn geheel in de bergingsvoorziening van het vegetatiedak worden geborgen. Daarnaast wordt het vegetatiedak ook belast met het water van de woontoren. De voorziening mag een geknepen/vertraagde afvoer naar het oppervlaktewater hebben, zodat de voorziening zichzelf langzaam kan ledigen

Het waterschap stelt als eis dat een nieuwbouwplan in principe zijn 'eigen broek moet ophouden'. Voor een rechtstreekse afvoer naar oppervlaktewater eist het waterschap een compensatie voor waterberging van een bui T=10+10 % (436 m³/ha verhard oppervlak; uitgaande van een peilstijging van 0,3 m). Indien de neerslag naar een voorziening wordt geleid (wadi, vegetatiedak, infiltratiekratten) geldt de eis dat de voorziening gedimensioneerd moet worden op een maatgevende bui T=100+10 % (664 m³/ha verhard oppervlak).

Voor het vegetatiedak + woontoren (1.487 m²) is een bergingsopgave berekend van **99 m³**. Deze opgave wordt volledig gerealiseerd middels een krattensysteem in/onder het vegetatiedak. Er hoeft geen extra waterberging in of buiten het gebied gerealiseerd te worden, hier is dus geen vergelijking nodig met het oorspronkelijke ontwerp.

Voor het parkeerdek en de toename aan verhard oppervlak (totaal 1.139 m²) is een bergingsopgave berekend van **50 m³**. In het verleden is voor het oorspronkelijke ontwerp reeds berging gerealiseerd in de vorm van oppervlaktewater. Het oorspronkelijke ontwerp bedraagt voor het parkeerdek en overige verharding totaal 1.171 m² verhard oppervlak, dat is 32 m² meer dan het ontwerp van 2019. Dit overschot resulteert in 1 m³ en 5 m² oppervlaktewater, uitgaande van een 0,3 m peilstijging. Het is mogelijk dat in het verleden de woontoren naar het oppervlaktewater afvoerde, echter is dit niet zeker en wordt voor de berekening uit gegaan van de worst-case namelijk dat de afvoer wijze in 2011 en 2019 gelijk is.

De oppervlaktewater vermindering van het toekomstig ontwerp ten op zich te van het oorspronkelijke ontwerp bedraagt 173 m², zie tabel 3.1. Dit moet gecompenseerd worden. Totaal dient voor het deelgebied 169 m² oppervlaktewater aangelegd worden.

3.3 Toetsing ledigingstijd krattensysteem

Het waterschap stelt als eis dat de voorziening binnen 48 à 96 uur geledigd moet zijn. De toetsing kan statisch en dynamisch worden uitgevoerd voor zowel een T=100+10 % als een T=10+10 % neerslagsituatie. In overleg met waterschap Rivierenland is vastgelegd dat de afvoer meer mag bedragen dan de landelijke afvoer, aangezien de ledigingstijd maatgevend is en er bij een vegetatiedak geen infiltratie naar de ondergrond plaatsvindt.



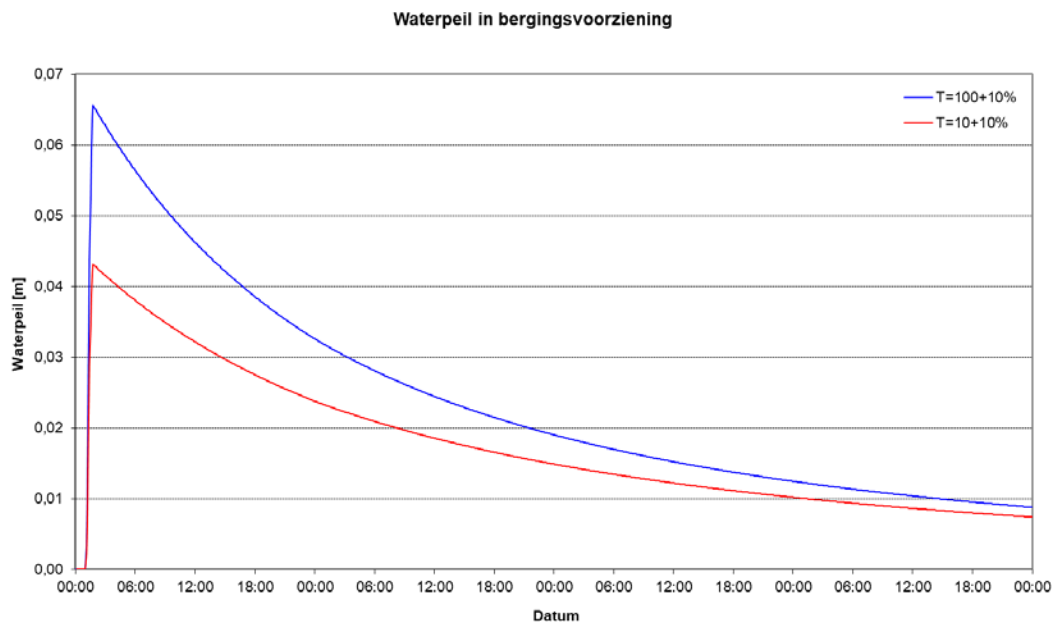
Statisch

Bij de statische berekening wordt ervan uitgegaan dat er met een constant debiet wordt afgevoerd naar oppervlaktewater. Verdamping is hierbij niet meegerekend, om een worst-case situatie (winterseizoen) na te bootsen. Op basis van het verhard oppervlak is een benodigde waterberging berekend van 99 m³. De voorziening dient in uiterlijk 96 uur leeg te zijn. Ervan uitgaand dat met een constant debiet wordt geloosd, betekent dit een benodigde afvoer van 1,92 l/s/ha bij een T=100+10 % situatie. Bij een ledigingstijd van 48 uur komt dit neer op 3,84 l/s/ha. In een T=10+10 % situatie kan volstaan worden met een constante afvoer tussen 1,26 l/s/ha (96 uur) en 2,52 l/s/ha (48 uur).

Dynamisch

Wanneer naar het vegetatiedak wordt gekeken als een dynamisch systeem, zal opvallen dat er vertraging in het systeem zit. Immers een druppel neerslag zal niet direct in het krattensysteem onder de vegetatielaag terecht komen. Het vulgedrag van het krattensysteem is afhankelijk van de doorlatendheid van de vegetatielaag. Daarnaast speelt de hydrostatische druk in het krattensysteem, immers bij een grotere waterhoogte zal de afvoer groter zijn dan wanneer er nog een dun laagje water in staat. Er is een modelberekening gemaakt met een dynamische bui, verdamping en het effect van de hydrostatische druk. De vertraging als gevolg van de vegetatielaag is buiten beschouwing gelaten, omdat dit sterk afhankelijk is van de doorlatendheid van de bodemlaag, hetgeen een onbekende factor is.

Voor zowel de T=100+10 % als T=10+10 % neerslagsituatie is het ledigingsgedrag weergegeven. Hierin is te zien dat na vier dagen (96 uur) er nog minder dan 1,0 cm water in de voorziening aanwezig is. De netto stijging van de waterhoogte bij een T=100+10 % bedraagt circa 6,5 cm. Mocht er aan het eind van de 96 uur wederom een T=100+10 % vallen, dan zal de waterhoogte stijgen tot cm 7,5 cm (1,0 + 6,5). Uitgaande van een krattensysteem met een (dubbele) hoogte van 8,5 cm (zie bijlage) is het systeem daarmee robuust genoeg om binnen 96 uur weer gereed te zijn voor een volgende extreme bui.



Figuur 3.2 Ledigingsgedrag bergingsvoorziening (gedurende vier dagen)

De piekafvoer is voor een T=100+10 % situatie berekend op 6,4 l/s/ha. De gemiddelde afvoer over 96 uur is ruim lager: 1,6 l/s/ha. Als gevolg van de vertraging door de vegetatielaag (vertraagd inloopmodel) zal voornamelijk de piekafvoer kleiner zijn dan hier berekend. In een T=10+10 % situatie bedraagt de berekende piekafvoer 3,4 l/s/ha en de gemiddelde afvoer 1,0 l/s/ha. Ook hier zal de piekafvoer bij een vertraagd inloopmodel lager zijn.

3.4 Toetsing dimensionering krattensysteem

In de bijlage is een productblad opgenomen van het toe te passen krattensysteem. Hieruit volgt een externe afmeting van een krat van 0,71 x 0,71 x 0,085 m. De berging per krat bedraagt 0,04 m³ op basis van een holle ruimte van 95 %. Om de vereiste berging van 99 m³ te realiseren zijn 2.426 kratten nodig. Uitgaande van een dubbellaags krattensysteem hebben deze een netto oppervlak van 611 m², waarmee het krattensysteem eenvoudig te realiseren is op het vegetatiedak (oppervlak 897 m²).

4 Watercompensatie Ww3

4.1 Oorspronkelijk ontwerp (2011)

In de wijk Malburgen in Arnhem zijn vele ontwikkelingen gaande. Enkele jaren geleden is deelgebied Ww4 voor een deel gerealiseerd en welke momenteel wordt afgerond. Ten westen van Ww4 wordt het deelgebied Ww3 gerealiseerd. Omdat in het ontwerp het verhard oppervlak toeneemt ten opzichte van de huidige situatie (100 % onverhard) is gekeken welke invloed de toename heeft op de waterhuishouding. Hiervoor is de systematiek gebruikt die ook bij de andere deelgebieden is toegepast.



Figuur 4.1 Oorspronkelijk ontwerp Ww3

De oppervlakten van het oorspronkelijk ontwerp zijn berekend door middel van de tekening 'VIORP WW3 en WW4 te Malburgen - West' (Volkshuisvesting, 24 februari 2011, kenmerk 60747_01). In het oorspronkelijk ontwerp is 1,70 ha verhard oppervlak aanwezig. Het tuinoppervlak is als 100 % verhard oppervlak meegenomen in de berekening. In het oorspronkelijk ontwerp is 0,31 ha groen aanwezig en 0,26 ha oppervlaktewater, zie tabel 4.1.

4.2 Toekomstig ontwerp (2019)

Het toekomstig ontwerp (figuur 4.2) bestaat uit een centraal deel met openbaar groen. Daaromheen ligt de straat met parkeervakken (insteekhavens). De woningen zijn langs de buitenste rand van het plangebied gesitueerd.



Figuur 4.2 Toekomstig ontwerp Ww3

De oppervlakten van het oorspronkelijk ontwerp zijn berekend door middel van de ontwerp-tekening 'Ontwerpstudie WW3 Arnhem' Houtman+Sander, 26 februari 2019. Op basis van dit toekomstig ontwerp is het verhard oppervlak in beeld gebracht. Het tuinoppervlak is als 100 % verhard oppervlak meegenomen in de berekening.

Indien de neerslag naar een infiltratievoorziening wordt geleid (wadi, vegetatiedak, infiltratiekratten) geldt de eis dat de voorziening gedimensioneerd moet worden op een maatgevende bui T=100+10 % (664 m³/ha verhard oppervlak). Voor een rechtstreekse afvoer naar oppervlaktewater eist het waterschap een compensatie voor waterberging van een bui T=10+10 % (436 m³/ha verhard oppervlak; uitgaande van een maximale peilstijging van 0,3 m).

Uit de vergelijking van het oorspronkelijke en toekomstig plan volgt een netto afname van het verhard oppervlak van 0,39 ha. Dit betekent dat reeds meer berging gerealiseerd is dan nodig. Op basis van de bergingseisen van het waterschap bekend dit voor Ww3 een bergingsoverschot van 170 m³, hetgeen overeenkomt met **570 m²** oppervlaktewater (overschot).

Het oppervlaktewater neemt in de toekomstige situatie af met **635 m²** ten opzichte van het oorspronkelijke ontwerp. Deze afname dient gecompenseerd te worden. De totale opgave voor Ww3 bedraagt **65 m²** oppervlaktewater.

Tabel 4.1 Overzicht verharde oppervlakken (in m²)

Scenario	Dak	Weg	Parkeren	Trottoir	Tuin	Berging	Groen	Water	Totaal	Verhard
Huidige situatie				-			18.669	3.788	22.457	-
Ontwerp 2011	7.000	2.913	739	1.931	3.838	342	3.138	2.554	22.457	16.764
Ontwerp 2019	4.853	2.876	1.045	2.344	1.725	-	7.696	1.919	22.457	12.841
Verschil 2019-2011							+4.558	-635		-3.923



4.3 Maatregelen Ww3

In het deelgebied Ww3 is het mogelijk om waterbergende maatregelen toe te passen. Door het toepassen van deze maatregelen kan de opgave voor het realiseren van nieuw oppervlaktewater worden gereduceerd. Het uitgangspunt is dat op basis van het verhard oppervlak in het oorspronkelijke ontwerp (2011) reeds nieuw oppervlaktewater is gerealiseerd. Door waterberging binnen het plangebied Ww3 te realiseren, kan het reeds gerealiseerde oppervlaktewater voor de bergingsopgave van andere deelgebieden (enkel voor de woontorens, Ww4 en Ww11) worden ingezet.

Bodempassages

In het centrale groene deel van het toekomstig ontwerp zijn bodempassages ontworpen. De bodempassages bedragen een totaal oppervlak van 1.986 m². De gemeente hanteert als uitgangspunt dat in bodempassages 4 mm neerslag van verhard oppervlak geborgen mag worden, zodat de bodempassage voornamelijk als zuiverende voorziening functioneert. Bij hevige buien zal de overige neerslag via de bodempassage naar oppervlaktewater worden afgevoerd. Op basis van het totaal verhard oppervlak van Ww3 (ervan uitgaande dat al het verhard oppervlak kan afvoeren naar de bodempassage) is een bergingsopgave van 51 m³ berekend voor de bodempassages. Dit komt overeen met een bodemoppervlak van circa 171 m² voor de bodempassages, op basis van een peilstijging in de bodempassages van 0,3 m. Tevens zorgt het toepassen van bodempassages ervoor dat het bergingsoverschot voor oppervlaktewater met 171 m² toeneemt (op basis van 0,3 m peilstijging). Bij de nadere uitwerking dient afgewogen te worden of het uitvoeringstechnisch niet eenvoudiger is om de woningen rechtstreeks te laten afwateren naar oppervlaktewater.

Groenstrook

De groenstrook tussen Ww3 en Ww4 kan meegenomen worden als oppervlaktewater indien het bodemniveau een peil krijgt dat maximaal gelijk is aan het streefpeil (+9,0 m NAP) van het omliggende oppervlaktewater én onder de voorwaarde dat het waterpeil in de groenstrook 1 op-1 met het oppervlaktewaterpeil mee fluctueert. De oppervlakte van de groenstrook bedraagt 974 m², zodat grofweg 292 m³ waterberging gerealiseerd kan worden (op basis van peilstijging van 0,3 m).

Groene daken

Optioneel kunnen de vlakke daken van de woningen in Ww3 worden uitgevoerd als groene daken waarop waterberging gerealiseerd kan worden. In de constructie van het groene dak kunnen bijvoorbeeld infiltratiekratten worden toegepast of andere materialen met een hoog percentage holle ruimte.

Het verhard oppervlak van de daken bedraagt 4.853 m². Bij een T=100+10% bui resulteert dit in een te bergen neerslagvolume van **322 m³**. In de bijlage is een productblad opgenomen van het toe te passen krattensysteem. Hieruit volgt een externe afmeting van een krat van 0,71 x 0,71 x 0,085 m. De berging per krat bedraagt 0,04 m³ op basis van een holle ruimte van 95 %. Om deze bergingsopgave (322 m³) te realiseren zijn 7.920 kratten nodig. Dit komt overeen met een oppervlak van circa 4.000 m², wat betekent dat circa 82 % van het bruto dakoppervlak voorzien moet worden van kratten (enkel laags).



Omdat op daken uiteraard geen infiltratie mogelijk is, dienen de groene daken een afvoerconstructie te hebben, zodat het water uit de voorziening vertraagd naar oppervlaktewater kan worden afgevoerd.

In het verleden is voor het oorspronkelijke ontwerp (Volkshuisvesting, 24 februari 2011, kenmerk 60747_01) het verhard oppervlak gecompenseerd door oppervlaktewater te realiseren, met het toepassen van groene daken kan dit reeds gerealiseerde oppervlaktewater gebruikt worden ter compensatie. De bovengrens van deze compensatie is het aangesloten verhard oppervlak wat afwatert naar de groene daken. Het aangesloten verhard oppervlak bedraagt 4.853 m². Op basis van de huidige bergingseisen van het waterschap bekend dat bij de aanleg van de groene daken een bergingsoverschot van **212 m³** vrij komt ter compensatie, hetgeen overeenkomt met **705 m²** oppervlaktewater (uitgaande van een maximale peilstijging van 0,3 m).



5 Watercompensatie Ww4

Ten behoeve van de ontwikkeling Ww4 (ten zuiden van de woontorens aan de Gelderse Rooslaan, figuur 5.1) is ook naar de waterhuishouding gekeken. De onderbouwing hiervan is opgenomen in de notitie 'Waterhuishouding Ww4 Malburgen te Arnhem' (Tauw-kenmerk N001-1236621LIG-ygl-V01-NL, d.d. 2 augustus 2016). De compensatie waterberging is in overleg met het waterschap Rivierenland uitgewerkt en resulteert in een bergingsopgave van 91 m³. Deze berging wordt volledig gecompenseerd door het realiseren van 303 m² nieuw oppervlaktewater uitgaande van een peilstijging van 0,3 m.



Figuur 5.1 Nieuwe ontwikkeling deelgebied Ww4

6 Watercompensatie Ww11

Op het momenteel braakliggende terrein grenzend aan de Vlierstraat en de Gelderse Rooslaan in Arnhem worden 23 nieuwe rijwoningen ontwikkeld. Ten behoeve van de ontwikkeling is ook naar de waterhuishouding gekeken. De onderbouwing hiervan is opgenomen in de notitie 'Waterhuishouding nieuwbouw Vlierstraat Arnhem' (Tauw-kenmerk N001-1267112LIG-V01-mdg-NL, d.d. 15 oktober 2018), op het ontwerp uit deze notitie zijn minieme wijzigingen gedaan. Het verhard oppervlak neemt toe met 3.148 m², zie tabel 6.1. De compensatie waterberging is in overleg met het waterschap Rivierenland uitgewerkt en resulteert in een bergingsopgave van 137 m³ (T=10 + 10 %). Deze berging wordt volledig gecompenseerd door het realiseren van 457 m² nieuw oppervlaktewater uitgaande van een peilstijging van 0,3 m.



Figuur 6.1 Toekomstig ontwerp Ww11

Tabel 6.1 Overzicht verharde oppervlakken (in m²)

Scenario	Dak	Weg	Parkeren	Trottoir	Tuin	Berging	Groen	Totaal	Verhard
Huidig	0	1.332	0	225	0	0	4.977	6.534	1.557
Toekomstig	1.163	654	451	597	1.680	161	1.829	6.534	4.705
Verschied	+1.163	-678	+451	+372	+1.680	+161	-3.148	0	+3.148

7 Conclusie compensatie waterberging

In de loop der jaren zijn de bergingsnormen van het waterschap strenger geworden. Bij het vaststellen van de beschikbare waterberging in Malburgen-West dient hiermee rekening te worden gehouden. Door de beschikbare waterberging conservatief te berekenen, wordt voorkomen dat andere deelgebieden bergingsruimte claimen die er niet is.

In overleg met het waterschap, de gemeente en de ontwikkelaar is besloten om de bergingsopgaven van de verschillende deelprojecten (woontorens Visserslaan, woontorens Gelderse Rooslaan, woontoren Nelson Mandela en woonwijken Ww3, Ww4 en Ww11) te combineren, zodat op één plek in de wijk Malburgen een ingreep wordt gedaan. Het totaal aantal te bergen m³ is in onderstaande tabel weergegeven. In deelgebieden woontoren Nelson Mandela en Ww3 is in het toekomstige ontwerp minder oppervlaktewater ontworpen dan in het oorspronkelijke ontwerp.

Tabel 7.1 Overzicht bergingsopgave per deelproject

Deelproject	Bergingsopgave (m ³)	Oppervlaktewater (m ²)
Woontorens Visserslaan	100	333
Woontorens Gelderse Roos	59	197
Woontoren Nelson Mandela	-	169
Ww3	-	65
Ww4	91	303
Ww11	137	457
Totaal		1.523

Op basis van een maximale peilstijging van 0,3 m bedraagt de totale opgave voor het realiseren van nieuw oppervlaktewater 1.523 m². Het realiseren van nieuw oppervlaktewater vindt plaats in het zoekgebied rondom Ww3. Een alternatief is het toepassen van bergingsmaatregelen zoals in hoofdstuk 4 zijn omschreven. In tabel 7.2 zijn de maatregelen opgenomen met de bijbehorende reductie van de benodigde hoeveelheid oppervlaktewater.

Tabel 7.2 Overzicht bergingsmaatregelen Ww3

Maatregelen	Oppervlaktewater (m ²)
Bodempassages	171
Groenstrook	974
Groene daken	705
Totaal	1.850

De opgave voor de projectgebieden is om in totaal **1.523 m²** nieuw oppervlaktewater te realiseren (tabel 7.1). De maatregelen uit tabel 7.2 zijn te realiseren in Ww3, waardoor het reeds voor Ww3 gerealiseerde oppervlaktewater vrijkomt ter compensatie van de resterende bergingsopgave vanuit de andere gebieden.



Geadviseerd wordt de groenstrook tussen Ww3 en Ww4 op waterpeil aan te leggen zodat minder oppervlaktewater benodigd is. Indien de groenstrook als waterbergende voorziening wordt toegepast, bedraagt de resterende bergingsopgave nog **549 m²** (1.523 - 974) oppervlaktewater.

Door ook groene daken en bodempassages aan te leggen kan de totale bergingsopgave voor Ww3 binnen het plangebied worden gerealiseerd. Om een robuust watersysteem te ontwerpen wordt aanbevolen om de extra te realiseren waterberging in Ww3 (rekentechnisch) niet op te tellen bij de reeds gerealiseerde waterberging voor dit plangebied, omdat de reeds gerealiseerde waterberging is gebaseerd op voormalige, minder strenge, bergingseisen. Daarmee wordt voorkomen dat de beschikbare berging voor de andere deelgebieden wordt overschat.

Aanbeveling

Een verlaagde groenstrook met een waterbergende functie is eenvoudig te realiseren. Ingeschat wordt dat deze maatregel ook daadwerkelijk wordt getroffen. Daarom wordt geadviseerd om in de basis uit te gaan van een nog te realiseren bergingsopgave van **549 m²** oppervlaktewater in het zoekgebied rondom Ww3. Ten behoeve van de bergingsopgave wordt aanbevolen om ervan uit te gaan dat de bodempassages en groene daken vooralsnog niet worden gerealiseerd.

Het heeft vanzelfsprekend wel de voorkeur om de bodempassages te realiseren voor een zuiverende werking van het afstromende hemelwater, alvorens het naar oppervlaktewater wordt afgevoerd. Aanvullend kunnen ook groene daken worden ingezet voor het realiseren van waterberging en/of een vertraagde afvoer. Beide systemen dragen bij aan het realiseren van een klimaatrobuust ontwerp.



Tauw

Kenmerk

N001-1270277MJS-V01-kst-NL

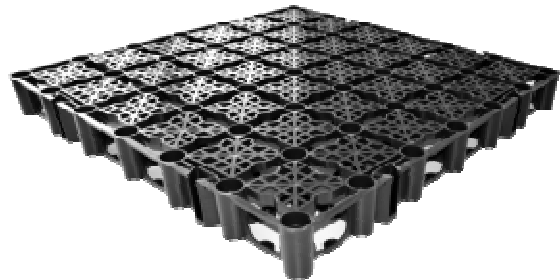
Bijlage 1

Productblad infiltratiekrat

Productblad

Waterretentiebox WRB 85i

Geulelement van PP (polypropyleen) voor gebruik op dakoppervlakken zonder helling (dakhelling 0°) met een groot wateropslagvolume en bovendien drainage van het oppervlak. Combineerbaar met de gepatenteerde Optigroen afvoerregulator en multifunctioneel inzetbaar op heel verschillende dakoppervlakken, zowel bij extensieve en intensieve begroeiing als bij verkeersruimtes toepasbaar.



Technische gegevens:

Materiaal:	Polypropyleen PP
Nominale dikte:	85 mm
Gewicht:	ca. 5,6 kg/m ²
Gewicht per element:	ca. 2,8 kg/Stk
Afmetingen/element:	ca. 710 x 710 x 85 mm
Oppervlak/element:	ca. 0,5 m ²
Kleur:	zwart

Bijzondere eigenschappen:

Maximale druksterkte (DIN ISO 25619-2):	ca. 825 kN/m ² bei ca 10% Stauchung
Poriënvolume:	ca. 95 Vol%

Toebehoren: Kunststofverbinder met dubbele zwaluwstaart voor het verbinden van de geulelementen aan de lengtezijden en aan de breedtezijden

Optioneel: Capillaire zuilen voor verticaal watertransport tussen drainageniveau en vegetatiedragende laag, 2 st./m² bij extensieve begroeiing, 4 st./m² bij intensieve begroeiing

Systeemtoebehoren: Regulatiesysteem voor ingestelde waterafvoer. Hierbij zijn ontwerp en berekening door Optigroen noodzakelijk.

Verpakking:

Op basis van 6 afzonderlijke elementen vooraf gemonteerde modules met een groot oppervlak op een speciaal pallet
Afmeting van de modules met een groot oppervlak: 1420 x 2130 mm = 3,03 m²

Besteleenheid:

Volgens bestelling, per pallet max. 12 modules met een groot oppervlak in totaal ca.36,3 m²/pallet

Toepassingen:

Op dakoppervlakken met 0° dakhelling en verschillende soorten laagopbouw (bijv. extensieve en intensieve begroeiing en verkeersruimten). Speciaal ontwikkeld voor de tijdelijke opslag van overtollig water, bijv. na zware regenval resp. bij bijkomende toevoer van overtollig water vanuit aangrenzende dakoppervlakken naar het drainageniveau. Samen met een ingestelde waterafvoer met behulp van het gepatenteerde regulatiesysteem van Optigroen kan daarmee bijv. aan eisen aan een afvoerbepaling naar het openbare rioleringsstelsel worden voldaan. Ook geschikt bij voortdurende waterstuwing voor de watervoorziening van begroeiing waarvoor een grote behoefte aan water bestaat (bijv. gazons). Om een grotere opslagcapaciteit te realiseren, kunnen ook verscheidene lagen geulelementen boven elkaar worden ingebouwd.

Verwerking:

Elementen met een groot oppervlak op bescherm-,scheidings- en evt. glijlaag (extensief met RMS 500, intensief met RMS 900, verkeersruimten met SGL 500+0,2 mm PE-folie) met stompverbinding aan elkaar leggen en schuifvast verbinden met de meegeleverde zwaluwstaartvormige kunststofverbinders. Dakdoorboringen (bijv. schachten en buizen voor ventilatie) zo passend mogelijk uitsnijden. Na het leggen het gehele oppervlak bedekken met filtervlies (onder groenoppervlakken type 105 of RMS 500 K resp. onder verkeersruimten type 300). Vliesnaden hierbij met minimaal 15 cm overlapping uitvoeren. Controleschachten worden in de regel boven op het geulelement gelegd en de inwendige diameter van de controleschacht wordt uit het geulelement uitgesneden. Op maat maken met een handzaag of haakse slijper met een dun metalen scheidingsblad.

Opslag:

Beschermen tegen voortdurende directe bestraling door de zon

De genoemde gegevens fungeren als richtlijnen die zijn verkregen onder laboratoriumomstandigheden. De waarden zijn onderhevig aan bepaalde productie toleranties. De gegevens in deze publicatie komen overeen met de technische gegevens op het moment van schrijven. Optigroen behoudt zich het recht voor om de gegevens en eigenschappen te wijzigen volgens nieuwe inzichten. Zet en drukfouten voorbehouden.