

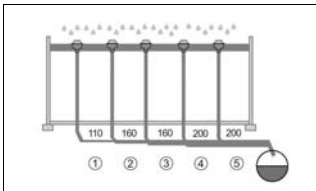
Akasion

1.1 Hemelwaterafvoersystemen met vulvulling

Voor gebouwen met grote of complexe daken verruimt een Akatherm hemelwaterafvoersysteem met vulvulling de mogelijkheden aanzienlijk. Om als adviseur of installateur optimaal in te spelen op de wensen van de klant, biedt het Akatherm systeem de volgende voordelen:

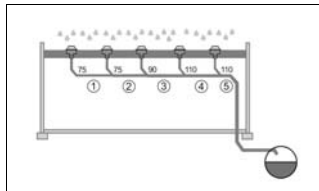
- Ruimtebesparing voor de overige installaties en de functie van het gebouw
- Volledige vrijheid en flexibiliteit bij het ontwerpen van het hemelwaterafvoersysteem
- Minder installatiekosten door een gelast kunststof (PE) leidingsysteem met een laag gewicht
- Volledige zekerheid door een hoogwaardig systeem van risicobeheersing

Vrijval systemen



- Veel standleidingen
- Leidingen met verval
- Grotere diameters
- Veel grondwerk
- Lage afvoersnelheid

Akatherm systemen met vulvulling



- Minder standleidingen
- Leidingen waterpas
- Kleinere diameters
- Minder grondwerk
- Hoge afvoersnelheid
- Zelfreinigend

Akatherm hemelwaterafvoersystemen zijn gebaseerd op vulvulling (de leiding is voor 100% gevuld). Dit zorgt voor een krachtige (onderdruk) werking, waardoor het regenwater op hoge snelheid afgevoerd wordt door leidingen met kleinere diameters, zonder verval. De onderdruk wordt opgewekt als gevolg van de bewegingsenergie die ontstaat in de waterkolom door het hoogteverschil tussen de daktrechter en de aansluiting op het riool. Speciale daktrechters voorkomen dat er lucht in het systeem gezogen kan worden. Het berekenen van hemelwaterafvoersystemen met vulvulling is gebaseerd op Bernoulli's formule voor "a steady flow of an incompressible fluid with constant density". Zie formule 1.1. Om de formule op te lossen en daarmee de vulvulling te garanderen bij de gedefinieerde regenintensiteit, moet de ideale diameter per leidingtraject bepaald worden.

$$\rho_1 / \rho \cdot g + V_1^2 / 2 \cdot g + Z_1 = \rho_2 / \rho \cdot g + V_2^2 / 2 \cdot g + Z_2 + \Sigma h_f$$

Formule 1.1

1.1.1 Basisprincipes

De capaciteit van hemelwaterafvoersystemen met vulvulling wordt berekend conform NEN3215 en NTR3216. De basisprincipes van een vulvullingsysteem zijn:

- Regenintensiteit voor een standaardsysteem is 300 l/s/ha. Voor een noodoverstortstelsel is dit 470 l/s/ha.
- Verzamelleidingen mogen horizontaal zonder afschot ontworpen worden.
- De verzamelleiding dient voor optimale onderdruk te hangen tussen de 0,8 en 1,0 m onder het dak.
- Op een hemelwaterafvoersysteem met vulvulling kunnen meerdere dakvlakken worden aangesloten mits het hoogteverschil niet te groot is.
- Het aansluiten van een groen dak en een gewoon dak op één systeem is niet toegestaan.

- Grote dakoppervlaktes (> + 5000 m²) moeten aangesloten worden op minimaal 2 onafhankelijke standleidingen.

1.1.2 Daktrechters

Met behulp van onderstaande formule kan de totale hoeveelheid regenwater berekend worden die door het systeem moet worden afgevoerd.

$$V = i \cdot \alpha \cdot \beta \cdot A / 1000$$

Formule 1.2

- V = volumestroom (l/s)
- i = regenintensiteit (l/s/ha)
- α = reductiefactor daksoort (dakbedekking) (NTR3216)
- β = reductiefactor effectief dakoppervlak als gevolg van hellingshoek (NTR3216)
- A = effectief dakoppervlak (m²)

Als het totale te verwerken hoeveelheid hemelwater bekend is kan met formule 1.3 het aantal daktrechters worden berekend. Het aantal dient naar boven te worden afgerond.

$$N_{DT} = V / V_{DT}$$

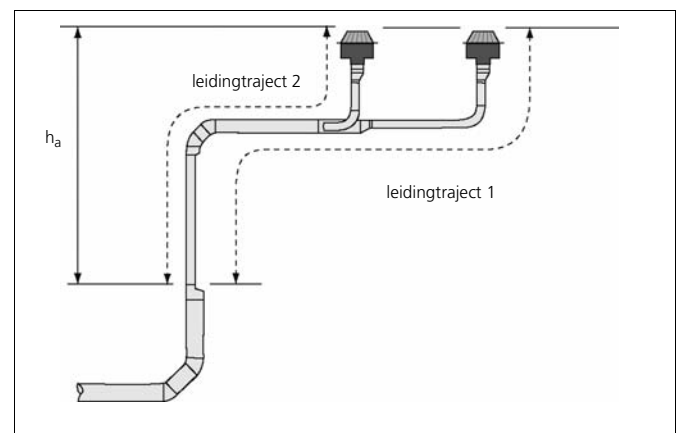
Formule 1.3

- N_{DT} = aantal daktrechters
- V = volumestroom (l/s)
- V_{DT} = volumestroom daktrechter (l/s)

De volumestroom per daktrechter dient op 85% van de maximale hoeveelheid gesteld te worden in verband met het latere uitbalanceren van het systeem. Bij het bepalen van het aantal daktrechters dient rekening te worden gehouden met constructiedetails zoals brandwanden, een eventuele dakopbouw en andere op het dakvlak afwaterende daken. Op elk door de dakconstructie gegeven diepste punt dient een daktrechter geplaatst te worden. De maximale afstand tussen twee daktrechter dient de 20 m niet te overschrijden. Uit het assortiment daktrechters kan de juiste daktrechter gekozen worden voor het dak.

1.1.3 Berekeningsprincipe

Een dak waarvan het hemelwater met een vulvullingsysteem wordt afgevoerd, bevat doorgaans meerdere daktrechters die verzamelen op een enkele standleiding. De berekening volgens Bernoulli dient te gebeuren voor ieder leidingtraject van daktrechter (intredepunt) naar de overgang op deelvulling (uitredepunt).



Figuur 1.1

Het doel van de berekening is om de statische restdruk bij het uittredepunt van ieder leidingtraject tussen -100 en 100 mbar te houden. Zie hoofdstuk 1.1.5 voor verdere eisen aan een aanvulling systeem.

De statische restdruk van een leidingtraject is gelijk aan het beschikbare drukverschil, dat ontstaat door het hoogteverschil tussen het intredepunt en het uittredepunt (h_a in formule 1.5), minus de drukverliezen die ontstaan door de weerstand van hulpstukken in het systeem.

$$\Delta p_{\text{rest}} = \Delta p_{\text{beschikbaar}} - \Delta p_{\text{verlies}}$$

Formule 1.4

Het beschikbare drukverschil wordt berekend volgens formule 1.5.

$$\Delta p_{\text{beschikbaar}} = \Delta h_a \cdot g \cdot \rho$$

Formule 1.5

- Δh_a = beschikbare hoogte van dakbedekking tot het uittredepunt
- ρ = massadichtheid van water bij 10°C: 1000 kg/m³
- g = valversnelling : 9.81 (m/s²)

Het drukverlies wordt berekend volgens formule 1.6.

$$\Delta p_{\text{verlies}} = \Sigma (l \cdot R + Z)$$

Formule 1.6

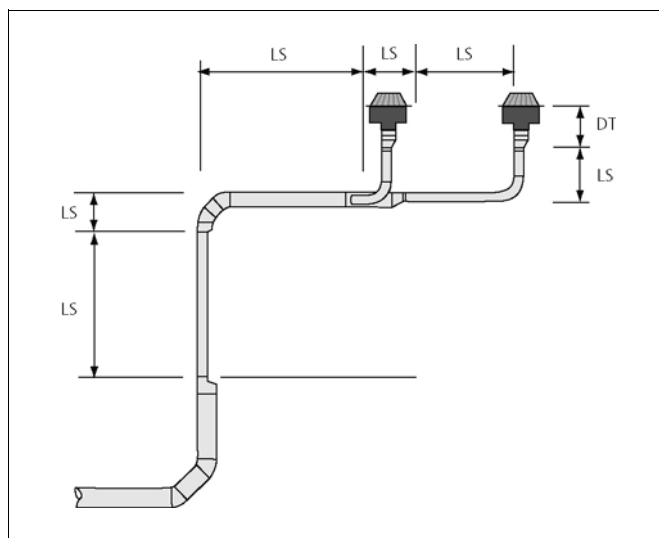
- l = buislengte (m)
- R = wrijvingsverlies (Pa/m)
- Z = wrijvingsweerstand (Pa)

1.1.4 Berekeningen

Het berekenen van de verschillende leidingtrajecten dient te starten bij het meest ongunstige leidingtraject (wat weerstand betreft). Dit is in de meeste gevallen het leidingtraject van de daktrechter die het verst verwijderd is van het uittredepunt.

Om het drukverschil en het drukverlies voor ieder leidingtraject goed te kunnen berekenen en te toetsen aan de ± 100 mbar-norm, wordt ieder leidingtraject opgedeeld in leidingsecties (LS, zie figuur 1.2). De drukverliesberekeningen worden van iedere afzonderlijk sectie opgeteld (Σ in formule 1.6) en afgetrokken van de opgetelde drukverschillen per leidingsectie.

Een leidingsectie loopt van hulpstuk (richting- of diameterverandering) tot hulpstuk, waarbij de daktrechter een separate leidingsectie is (DT). Indien een sectie langer is dan 10 m dient die in twee gedeeltes gesplitst te worden om optimalisatie van de diameters mogelijk te maken.



Figuur 1.2

Drukverschil van een leidingsectie berekenen

Het beschikbare drukverschil van een leidingsectie wordt berekend door de Δh_a van formule 1.5 te vervangen door het hoogteverschil van de leidingsectie.

$$\Delta p_{\text{beschikbaar, ls}} = \Delta h_{ls} \cdot g \cdot \rho$$

Formule 1.7

Drukverlies van een leidingsectie berekenen

Het drukverlies van een leidingsectie wordt berekend door formule 1.6 te gebruiken zonder het accumulatie teken Σ .

$$\Delta p_{\text{verlies, ls}} = l \cdot R + Z$$

Formule 1.8

- l = buislengte (m) = de lengte van de leidingsectie
- R = wrijvingsverlies (Pa/m) = $(\lambda / d_i) \cdot (0,5 \cdot v^2 \cdot \rho)$
- λ = weerstandsfactor volgens Pradtl-Colebrook (wand ruwheid $k_b = 0,25$ mm)
- d_i = ontwerpdiameter leidingtraject (m)
- v = stroomsnelheid in leidingtraject (m/s) = Q_h / d_i
- ρ = massadichtheid van water bij 10°C: 1000 kg/m³
- Q_h = hemelwaterbelasting van het totaal aangesloten dakoppervlak op de leiding

De ontwerpdiameter leidingtraject (d_i) is de enige inschatting van de gehele berekening (m.u.v. de standleiding diameter) die aangepast kan worden indien niet aan 100 mbar norm voldaan wordt.

$$Z = \text{wrijvingsweerstand (Pa)} = \Sigma \zeta \cdot (0,5 \cdot v^2 \cdot \rho)$$

Formule 1.9

- ζ = wrijvingsweerstand hulpstuk
- v = stroomsnelheid in leidingtraject (m/s)
- ρ = massadichtheid van water bij 10°C: 1000 kg/m³

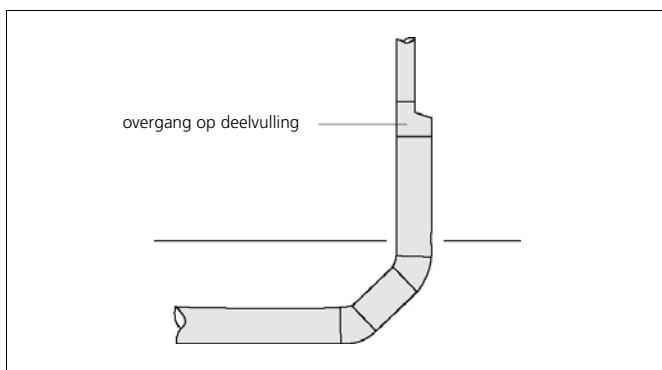
In tabel 1.1 staan de weerstandsfactoren per hulpstuk vermeld. Indien de weerstandsfactor voor de daktrechter niet separaat is vermeld, kan de standaardfactor uit de tabel worden genomen.

Akasion

Hulpstuk	ζ
Bocht 15°	0,1
Bocht 30°	0,3
Bocht 45°	0,4
Bocht 70°	0,6
Bocht 90°	0,8
T-stuk 45° aftakking	0,6
T-stuk 45° doorgang	0,3
Verloop	0,3
Overgang deelvulling	1,8
Daktrechter	1,5

Tabel 1.1

In tegenstelling tot een standaard verloop heeft het uittredepunt (overgang op deelvulling) een grotere weerstandsfactor. Dit punt kan in de standleiding zijn ingebouwd maar ook in de grondleiding (horizontaal).



Figuur 1.3

De restdruk wordt vervolgens bepaald door de drukverschillen en de drukverliezen van iedere leidingsectie te accumuleren en te verrekenen.

$$\Delta p_{\text{rest}} = \sum \Delta p_{\text{beschikbaar}} - \sum \Delta p_{\text{verlies}}$$

Formule 1.10

Indien de uitkomst van de restdruk niet onder de gestelde norm van 100 mbar blijft, dienen de ontwerpdiameters van één of meerdere leidingsecties aangepast te worden en opnieuw worden getoetst. Akatherm beschikt over software om deze berekeningen voor u uit te voeren.

1.1.5 Systeemeisen

In hoofdstuk 1.1.4 is uitvoerig ingegaan op de belangrijkste eis voor de werking van een volvuilingsysteem, de statische restdruk van 100 mbar bij het uittredepunt. Hiernaast zijn er nog enkele eisen die betrekking hebben op de buissterkte, zelfreiniging, stroomsnelheden en de ontwerpdiameter van de standleiding.

Statische onderdruk

In verband met de buissterkte dient de statische onderdruk op ieder hierna te noemen punt (x) in een leidingtraject binnen onderstaande grenzen te blijven:

40 - 160 mm (s12,5)	: -800 mbar
200 - 315 mm (s12,5)	: -800 mbar
200 - 315 mm (s16)	: -450 mbar

In tegenstelling tot het uittredepunt, waar de restdruk alleen bestaat uit de statische druk, bestaat de restdruk in elk ander punt (x) in het leidingstelsel uit de statische én de dynamische druk. De formule voor de restdruk op punt x is:

$$\Delta p_{\text{rest},x} = \Delta p_{\text{statisch},x} + \Delta p_{\text{dynamisch},x}$$

Formule 1.11

De dynamische druk in het systeem wordt berekend via formule 1.12.

$$\Delta p_{\text{dynamisch},x} = 0,5 \cdot v_x^2 \cdot \rho$$

Formule 1.12

v_x = stroomsnelheid op punt x

Het beschikbare drukverschil en de stromingverliezen moeten dan ook tot punt x berekend worden. Formule 1.12 kan dan worden herschreven naar formule 1.13.

$$\Delta p_{\text{statisch},x} + \Delta p_{\text{dynamisch},x} = \Delta p_{\text{beschikbaar},x} - \Delta p_{\text{verlies},x}$$

Formule 1.13

De bruikbare formule voor de statische druk in punt x kan nu worden geschreven zoals formule 1.14.

$$\Delta p_{\text{statisch},x} = \Delta p_{\text{beschikbaar},x} - \Delta p_{\text{verlies},x} + \Delta p_{\text{dynamisch},x}$$

Formule 1.14

$$\Delta p_{\text{beschikbaar},x} = \Delta h_x \cdot g \cdot \rho \quad (\text{beschikbare hoogteverschil van intredepunt tot punt } x)$$

$$\Delta p_{\text{verlies},x} = \sum (l \cdot R + Z)_x \quad (\text{opgetelde verliezen tot punt } x)$$

Zelfreiniging en snelheden

Om de zelfreinigende werking te kunnen garanderen, dient de snelheid in het systeem hoger te zijn dan 0,7 m/s. Bij het uittredepunt, de overgang op deelvulling, dient de snelheid niet hoger te zijn dan 2,5 m/s.

Ontwerpdiameter van de standleiding

Indien de verzamelleiding minder dan 1 m onder één of meerdere intredepunten ligt, dan moet de afvoer op het overgangspunt van verzamelleiding naar standleiding voldoen aan formule 1.15.

$$Q_{\text{start}} = Q_h \cdot \sqrt{\frac{\Delta H_i}{\Delta H_a}}$$

Formule 1.15

Q_{start} = minimale afvoer op het overgangspunt van verzamelleiding naar standleiding (l/s)

Q_h = totale hemelwaterbelasting aangesloten op de standleiding (l/s)

ΔH_i = hoogteverschil tussen intredepunt en hart van de verzamelleiding (m)

ΔH_a = hoogteverschil tussen intredepunt en uittredepunt (m)

Bepaal vervolgens de ontwerpmiddenlijn van de standleiding volgens figuur 22 in hoofdstuk 6 (pag. 45) van de NEN 3215:2007, waarbij $Q_{\text{start}} > 1,2 \cdot Q_{\text{min}}$ en de lengte van de standleiding minimaal 4 m moet zijn.

Het is niet toegestaan de leidingdiameter te reduceren in de stroomrichting, met uitzondering van de verticale leidingsectie direct onder de daktrechter en de standleiding.

1.1.6 Noodoverstort

In Nederland is een hemelwaterafvoersysteem gebaseerd op een regenintensiteit van 300 l/s/ha. Uit veiligheid dient het noodoverstortstelsel volgens de NEN 6702 berekend te zijn op 470 l/s/ha. Een noodoverstortstelsel kan gerealiseerd worden op een aantal manieren:

- Spuwers door de dakrand
- Traditioneel gravitair systeem
- Hemelwaterafvoersysteem met vulvulling

In het geval van de laatstgenoemde manier, is de locatie van de noodoverstort daktrechters op het dak in een systeem met vulvulling belangrijk om het aanzuigen van lucht te voorkomen. De plek moet daarom in samenspraak tussen de constructeur en de calculator van het noodoverstortstelsel bepaald worden.

Daarnaast kunnen de daktrechters en het aangesloten leidingwerk van het noodoverstortstelsel gecompartmenteerd worden tot kleinere afvoergebieden, waarbij iedere verzamelleiding een vrije uitloop dient te hebben. Het noodoverstortstelsel mag niet op het rioelstelsel worden aangesloten. De afstand tussen individuele noodoverstort daktrechters mag maximaal 30 m zijn. Verdere eisen met betrekking tot een noodoverstortstelsel met vulvulling zijn vermeld in de NEN 6702.

1.1.7 Akasison bevestiging

Het Akasison bevestigingssysteem is speciaal ontwikkeld voor horizontale hemelwaterafvoerleidingen. De krachten die optreden door het uitzetten van de PE buis worden in het systeem opgevangen.

De PE leidingen en bevestiging vormen samen een krachtgesloten eenheid, de lengteveranderingen worden in het systeem opgevangen en de optredende krachten worden door de vastpuntbevestiging op de parallel lopende rail overgebracht. De dakconstructie wordt niet additioneel belast.

De voordelen bij dit systeem van bevestigen:

- Grotere overspanningen
- Minder bevestigingspunten aan gebouwconstructie
- Prefabricage op vloerniveau mogelijk
- Slechts eenvoudig gereedschap nodig
- Ruimte voor het aanbrengen van isolatie