

# Onderbouwing ontwerp Hybride vispassage Ophovener Molen Sittard

Opdrachtgever:  
Waterschap Limburg / Viforis



**Versie:** 3.0

**Auteur**  
Sjaak Dehing  
Monique Voncken

4 april 2018

## Inhoud

1. Inleiding .....	3
2. De huidige situatie wordt aangepast .....	4
2.1 Bestaande hydrologische situatie .....	4
2.2 Beschikbare ruimte voor de nieuwe vispassage .....	5
2.3 Ontwerpeisen nieuwe ontwerp vistrap.....	5
2.4 Specifieke onderzoeken in het project.....	6
2.5 Overige aandachtspunten .....	6
3. Uitwerking in het ontwerp .....	7
3.1 Landschapsinpassing .....	7
3.2 Hydrologie nieuwe situatie.....	8
3.2.1 Opbouw vispassage tussen inlaat en hoogwater-bypass.....	8
3.2.2 Beschrijving overige onderdelen.....	10
3.2.3 Nieuwe situatie ter plaatse van hoogwater-bypass en Molenweg.....	12
3.2.4 Lokstroom.....	13
3.2.5 Situaties met verhoogde afvoer in de Geleenbeek.....	14
3.3 Hydrologische berekening van de vispassage .....	15
3.4 Toetsing aan normbladen .....	16
3.5 Bijkomende uitgangspunten .....	16
Bijlage 1: Overzichtstekening .....	17
Bijlage 2: Rekenblad .....	18
Bijlage 3: Overzicht peilen .....	19
Bijlage 4: Uitgangspunten berekening K-waardes 'Cowan' .....	20
Bijlage 5: Toetsing aan DWA .....	21

## 1. Inleiding

Waterschap Limburg is bezig met voorbereiding van de herinrichting van de Geleenbeek tussen de Middenweg en de Agricolastraat te Sittard.

Viforis is opdrachtnemer voor het realiseren van het ontwerp. Hydroconsult (Siebe Bosch) verzorgt de hydrologische onderbouwing. Door Virofisis te Roermond is aan BAT Sittard opdracht gegeven om de vispassage ter hoogte van de Ophovener Molen te ontwerpen. De totstandkoming van het ontwerp heeft plaatsgevonden in nauw overleg met deze partijen en in regelmatig overleg met het waterschap, met name de heren Rob Gubbels (ecologie) en Mark Strookman (hydrologie).

Het ontwerp voorziet het horizontaal en verticaal alignement van de vispassage evenals voorstellen van materialisatie en detailleringen. In het onderhavige rapport zijn zowel de uitgangspunten en keuzes als de toetsingen beschreven en waar nodig met berekeningen onderbouwd.

### **Leeswijzer;**

In het voorliggende rapport is in hoofdstuk 2 de bestaande situatie beschreven en de eisen voor de nieuwe vispassage genoemd. In hoofdstuk 3 is het ontwerp toegelicht en waar nodig met tekeningen, berekeningen en tabellen onderbouwd en getoetst aan de gestelde normen.

## 2. De huidige situatie wordt aangepast

Ter plaatse van de Ophovener Molen is een molenstuw en waterrad aanwezig waarmee thans met waterkracht stroom wordt opgewekt. De huidige vispassage, welke medio 1999 is gerealiseerd, functioneert niet meer, mede door hoogwaterschade.

Bij de geplande herinrichting van de Geleenbeek wordt dan ook de bestaande vistrap vervangen. Voor de afstemming tussen Geleenbeek, Ophovenermolen en vistrap is in 2015/16 het rapport 'Beek treft stad' opgesteld, hierbij zijn onder andere de uitgangspunten en omstandigheden beschreven waarbinnen de historische watermolenstructuur moet functioneren.

Naast de vervanging van de huidige bekkervispassage door een hybride vispassage, welke in dit rapport is beschreven, wordt de hoogwaterafvoer van de Geleenbeek geoptimaliseerd teneinde te voldoen aan de klimaatverandering. Deze maatregelen zijn door Viforis ism Hydroconsult uitgewerkt en in andere rapporten beschreven. Waar een –onvermijdelijke- overlap aanwezig is met de vispassage is dit in het voorliggende rapport genoemd.

### 2.1 Bestaande hydrologische situatie

#### Peilen

Ter plaatse van de molenstuw is een hoogteverschil van circa 2 meter aanwezig;

Het normale stuwpeil is 47.15 + NAP

Het benedenpeil bedraagt 45.15 +NAP

#### Debiten

Onder normale omstandigheden heeft de Geleenbeek een debiet van circa 1000 l/s. Ten gevolge van de bovenstrooms gelegen waterzuivering fluctueert het debiet met circa 300 l/s per etmaal.

#### Onderzoek

In het vorengenoemde rapport 'Beek treft stad' was tussen moleneigenaar, gemeente en waterschap overeengekomen dat een minimaal debiet van 100 l/s voor de vispassage beschikbaar zou zijn.

In de bespreking van het onderhavige ontwerp heeft het waterschap een debiet van ca 200 l/s bedongen, onder voorwaarde dat in samenwerking met het waterschap een onderzoek opgenomen zal worden om het minimaliseren de waterhoeveelheid te onderzoeken, waarbij uiteraard ook wordt voldaan aan de gestelde normen.

#### Verhang

In de huidige situatie wordt met de molen- en eerste losstuw tot een debiet van 2 m<sup>3</sup>/s het stuwpeil van de Geleenbeek constant gehouden. Het verhang tot aan de geplande instroom van de vispassage is enkele centimeters.

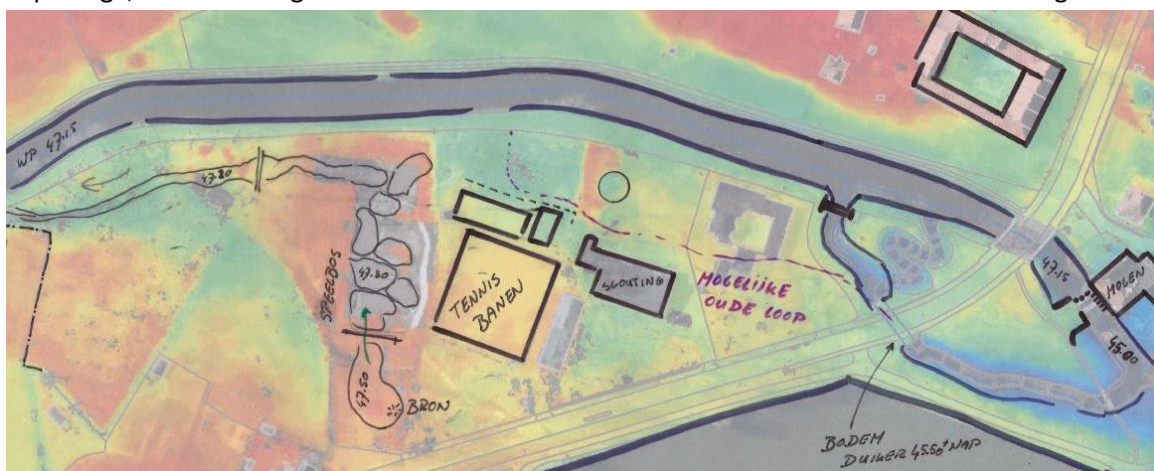
### Verhoogde afvoer

Bij een debiet tussen 2 en 8 m<sup>3</sup>/s wordt in de huidige situatie (automatisch geregeld) de klepstuw van het waterschap ingezet, waarmee het water dat niet door de molen- en losstuw kan, via de bypass om de molen heen wordt geleid.

Bij een debiet hoger dan 8 m<sup>3</sup>/s wordt de klepstuw geheel geopend en worden de lossluizen 2 en 4 van de Ophovener molen eveneens automatisch geopend. De lossluis 3 van de molen wordt thans alleen in een noodsituatie (>25 m<sup>3</sup>) handmatig geopend.

## 2.2 Beschikbare ruimte voor de nieuwe vispassage

Voor het nieuwe ontwerp van de vispassage is, in tegenstelling tot de bestaande gecomprimeerde vispassage, een tracélengte van circa 260 meter beschikbaar ten zuiden van de Molenweg.



- ✓ Het gemeentelijke (water-) speelbos kan ten behoeve van de vispassage aangepast worden.
- ✓ Ter hoogte van de scouting is ruimte beschikbaar tussen de beek en het scoutinggebouw.
- ✓ Het gehele terrein van het voormalige 'logeerhuis' is vrijgemaakt en beschikbaar.
- ✓ Ter hoogte van de bypass is een combinatie met de vispassage voorzien.
- ✓ De bestaande koker blijft gehandhaafd waarnaast een nieuwe duiker voor de vismigratie.
- ✓ Benedenstrooms van de Molenweg is er ruimte om de vispassage aan de zijde van het 'eiland' tussen de molentak en de bypass te realiseren. Gezamenlijk gebruik van de beperkte ruimte is ook hier mogelijk.
- ✓ De Geleenbeek achter de molen is het benedenstroomse eindpunt van de passage.

## 2.3 Ontwerpeisen nieuwe ontwerp vistrap

Door het waterschap is gesteld dat het ontwerp van de nieuwe vispassage dient te voldoen aan de ontwerpeisen zoals verwoord in het Duitse normblad **DWA-M 509**

*Noot hierbij;*

De Geleenbeek is hydromorfologisch gezien een intermediaire vorm tussen een 'laaglandbeek' en een 'heuvellandbeek'. Qua visecologische zonerings, zoals genoemd in het normblad **DWA-M 509**, is

de Geleenbeek te kwalificeren als een overgang tussen 'brasem-' en 'barbeelzone'. Het waterschap stelt dat de te realiseren vispassage minimaal voor de volgende vissoorten migreerbaar dient te zijn, uitgaande van volwassen exemplaren;

- ✓ **Snoek / winde / kopvoorn / zeeforel / barbeel** voor de minimale maatvoeringen in de passage
- ✓ **Bermpje** voor de maximale eisen die gesteld worden

Essentieel onderdeel van de migreerbaarheid is de vindbaarheid van de passage. In het ontwerp dient een zogenaamde **lokstroom** voorzien te zijn. Het waterschap acht het wenselijk ook hiervoor een onderzoeksplan in het project op te nemen.

## 2.4 Specifieke onderzoeken in het project

In overleg met de ecooloog van het waterschap, de heer Rob Gubbels', is het wenselijk de volgende onderzoeken bij realisatie van het project mee te nemen;

- **Debiet vispassage**  
Onderzoek naar een relatie tussen debietfluctuaties en vismigratie in de hybride vispassage; wat is het minimale debiet waarbij vismigratie nog mogelijk is en wat is het optimaal debiet voor de geprojecteerde vissoorten.
- **Lokstroom**  
Over de positionering van lokstromen in zijn algemeenheid bestaat onder deskundigen veel discussie. In voorliggend ontwerp wordt uitgegaan van de meest gangbare opvatting, namelijk positioneren van de lokstroom onder een hoek van 30 graden t.o.v. de hoofdstroom. Het waterschap acht het wenselijk om in het licht van de aanleg van toekomstige vispassages meer duidelijkheid te krijgen over de positionering van lokstromen. Daar in het kader van de aanleg van de vispassage bij de Ophovenermolen toch al onderzoek met gezenderde vissen voorzien is, ligt het voor de hand een experiment met lokstroomposities mee te nemen.

## 2.5 Overige aandachtspunten

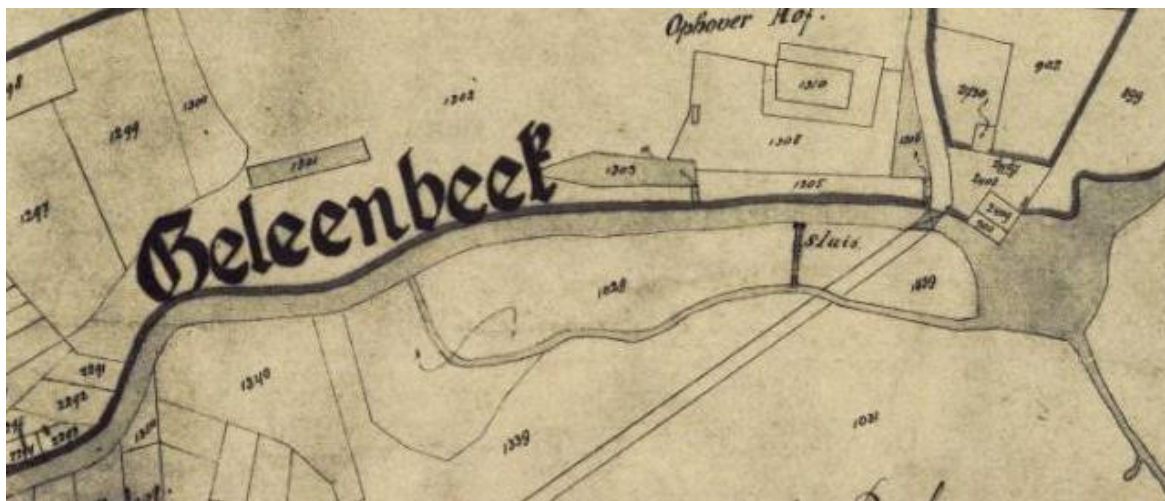
- ✓ Levensduur en duurzaamheid zijn belangrijke aspecten, met name ten aanzien van de materiaalkeuzes. In samenwerking met Viforis is hieraan invulling gegeven.
- ✓ Beheer aspecten verdienen aandacht met name ter plaatse van gecombineerd eigendom, zoals ter plaatse van het speelbos en de kruising van de Molenweg. Ook is de Kritzreadstichting gedeeltelijk eigenaar van het gebied benedenstrooms van de Molenweg. *Deze beheer aspecten zijn in dit rapport niet nader uitgewerkt.*
- ✓ Onderhoud van de vispassage, met name methodiek en intensiteit zijn essentieel voor het optimaal functioneren van de vispassage. Onze visie op dit onderhoud is meegenomen in het ontwerp, doch om realisatie van het juiste onderhoud te garanderen is een nadere beschrijving / overdracht wenselijk. *Ook deze is in dit rapport niet nader uitgewerkt.*

### 3. Uitwerking in het ontwerp

In de volgende paragrafen is het ontwerp van de nieuwe vispassage op punten beschreven en onderbouwd.

#### 3.1 Landschapsinpassing

Voor het nieuwe ontwerp van de vispassage is zoals gezegd een tracé van circa 260 meter beschikbaar ten zuiden van de Molenweg en een met de hoogwatergeul (bypass) gecombineerde strook aan de noordzijde van de weg.



Voor het landschappelijke inpassing van de vispassage is teruggegrepen op de historische waterbouwkundige situatie van einde 19<sup>e</sup> eeuw.

Op basis van een kaart uit 1890 is de waarschijnlijke oude loop van de Geleenbeek getraceerd. De huidige Geleenbeek is waarschijnlijk een molentak en is zijn de oevers van de beek over een lengte van circa 400 meter 'opgelegd' om het stuwpeil te kunnen verhogen. In de historische situatie fungeerde het oude beekdal, naast de opgelegde beek, als hoogwatergeul bij sterk verhoogde afvoer van de Geleenbeek.

De nieuwe vistrap komt gedeeltelijk in het oude tracé te liggen en hiermee in het voormalige beekdal. Over een groot gedeelte van het tracé wordt het hoogteverschil hierbij gelijkmatig overbrugd. Hierdoor ontstaat het oude natuurlijke beekdal parallel aan de opgelegde Geleenbeek. De verhoogde rand van de opgelegde Geleenbeek wordt visueel nog verstrekt door realisatie van een fietspad. Bij zeer extreme afvoeren van de Geleenbeek (> 25 m<sup>3</sup>/sec; ca. 1 keer in de 20 jaar.) zal het fietspad fungeren als natuurlijke overlaat. Het gebied en vistrap zal dan al zgn. verdronken zijn). Kruisingen tussen fietspad en de waterloop worden voorzien met duikers. Ontwerp en detaillering hiervan zijn door Viforis uitgewerkt.

## 3.2 Hydrologie nieuwe situatie

### Peilen en verhang

Het normale stuwpeil bij de molen van 47.15 +NAP, dat in de huidige situatie constant gehouden wordt, kan door de afstelling van de molenstuw en de eerste lossluis én het versmallen van de Geleenbeek tussen ingang vispassage en Molenweg, bij licht verhoogde afvoer (tot 2 m<sup>3</sup>/s) stijgen tot 47.20 +NAP ter plaatse van de instroom van de vispassage. Bij afvoeren tot 8 m<sup>3</sup>/sec stijgt dit peil verder tot 47,28 NAP (berekening Hydroconsult.) Hierdoor ontstaat een hydrologische dynamiek in de vispassage. Het benedenpeil van 45.15 +NAP zal ten gevolge van de geplande voorzieningen benedenstrooms nauwelijks fluctueren bij een licht verhoogde afvoer. Alle relevante waterpeilen van de vistrap zijn samengevat in bijlage 3

### Debiet

Voor het ontwerp van de vispassage is uitgegaan van een debiet van circa 200 l/s. Door bovengenoemde peilfluctuaties zal het debiet in de vispassage, bij verhoogde afvoer van de Geleenbeek, eveneens groter worden. In bijlage 2 is een overzicht weergegeven van een aantal mogelijke debietsituaties in de vistrap. De werking wordt nader beschreven in 3.2.1

### Nieuwe duiker

Ter plaatse van de Molenweg is een nieuwe betonnen duiker voorzien. De hoogteligging van deze duiker ( waterpeil 45.30 +NAP) is uitgangspunt van de hoogteverdeling in de vistrap.

Aan weerszijden van de Molenweg ligt de vispassage in het tracé van de hoogwater voorziening (bypass). Er is voor gekozen om ter plaatse van de bypass, bovenstrooms van de Molenweg, de vispassage 'verzonken' in de bypass te situeren. Dit heeft tot voordeel dat de kwetsbaarheid van de vispassage sterk wordt verminderd. Een tweede voordeel is dat benedenstrooms van de Molenweg nog maar een minimaal hoogteverschil overbrugt dient te worden (15 cm), hetgeen ook aan deze zijde van de weg de kwetsbaarheid verminderd, er zijn dan minder maatregelen nodig. Daarnaast zullen na een hoogwater achterblijvende vissen, in beide genoemde deelgebieden, vanzelf in de dieper gelegen vispassage (stroomgoot) terechtkomen.

### 3.2.1 Opbouw vispassage tussen inlaat en hoogwater-bypass

#### Principe

Het waterschap heeft aangegeven een vispassage zonder technische maatregelen te prevaleren, zogenaamd 'open beekvak' boven een 'kunstmatige' korte vispassage.

Gezien de beschikbare ruimte (lengte) en het te overbruggen hoogteverschil resulteert een en ander in een verhang van circa 0,9 % (1.85 meter hoogteverschil op een lengte van 220 meter). Van de beschikbare totale lengte tussen instroom en Molenweg (260 m) is een gedeelte nodig voor instroomvoorziening en kruising met het fietspad (10m) en de hoogwater-bypass (30 m) bij de Molenweg, waarmee circa 220 meter daadwerkelijk overblijft voor de vispassage.



### Een nieuw concept; de hybride vistrap

Om een waterdiepte van circa 50 cm in het beekvak te garanderen zijn bij een verhang van 0,9% zou een weerstandswaarde (KST-waarde) van 1.1 nodig zijn, hetgeen niet realiseerbaar is. Er zijn dus toch 'technische maatregelen' noodzakelijk.

Een combinatie van 2 op elkaar inwerkende systemen (gelijktijdig vertical slot en natuurlijk beekvak,) bood hier extra mogelijkheden. De systemen hebben beide een eigen werkgebied welke in combinatie tot extra mogelijkheden leidt. De verbeterde werking bij extreem lage afvoeren in droge periodes is een groot voordeel.

*Landschappelijk gezien is heeft de **hybride vistrap** gebiedseigen kwaliteiten waardoor de inpassing een natuurlijk karakter heeft; met name de beekeigenschappen zoals natuurlijk verval en korte elementen.*

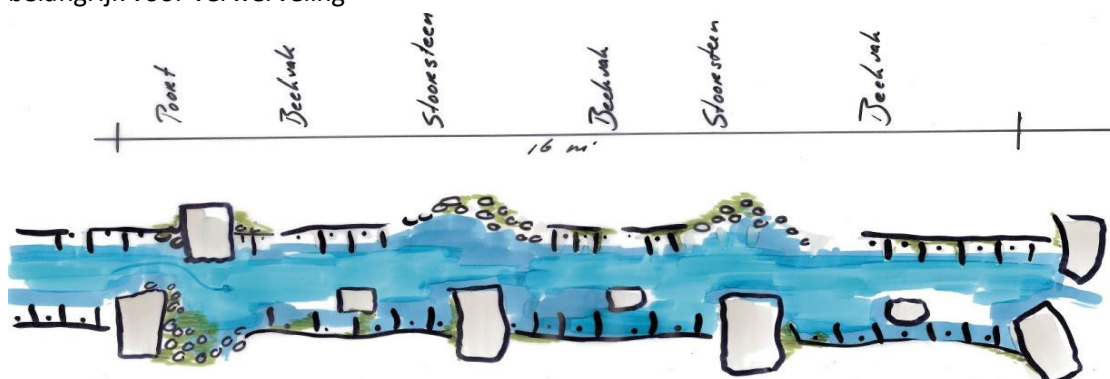
BAT heeft een hybride vispassage ontworpen en samengesteld uit:

- ✓ De ervaringen met de lagesnelheidsvispassages, zoals toegepast in Haelen en Blerick.
- ✓ Onderzoek in het eigen stromingslab aan 'vertical slots' en andere weerstandsmodellen.
- ✓ Een theoretisch onderzoek naar het vergroten van natuurlijke weerstandswaardes (de zogenaamde KST-waarde) en het opstellen van rekenbladen; mede op basis van Duitse literatuur en onderzoek. Met name de invloed van 'hindernissen' in een waterstroom blijkt groot te zijn.

### Technische Opbouw van de hybride vispassage

De hybride vispassage bestaat uit een x-aantal repeterende deelvakken van 16 meter met een specifieke opbouw; Zie bijlage 2 rekenblad en systeemopbouw en 5 en DWA toetsing

- ✓ Elk vak begint met een 'excentrische poort', ('vertical slot' benadering) met een energiedemping van 50 Watt/m<sup>3</sup> en afmetingen die ruim voldoen aan de gestelde ecologische eisen in DWA. Hiermee wordt een weerstand in de stroming gerealiseerd, hetgeen een hoogteverschil van gemiddeld 5 cm en debietbeperking oplevert.
- ✓ Vervolgens worden per vak 2 'stoorstenen/vernauwing' toegepast, om eveneens weerstand en verwerveling met een hoogteverschil van 2 x 2,5 cm te realiseren. (afmetingen in bijlage 2.)
- ✓ In het tussenliggende vakken wordt gerekend met een natuurlijke en haalbare weerstandswaarde (KST), versterkt met 'meanderstenen' waarmee eveneens een hoogteverschil van circa 3 cm wordt overbrugt. On-gelijkvormigheid, begroeiing en variaties zijn hierbij belangrijk voor verwerveling



Per deelvak met een lengte van 16 meter wordt hiermee een hoogteverschil van circa 14 cm overbrugt, corresponderend met een verval van 0.9%. In deze passage zijn 13 vakken nodig om 1.82 meter te overbruggen over een lengte van 208 meter. De resterende 12 meter kan gebruikt worden voor wenselijke variaties in het patroon. Ter plaatse van de instroom en de duikers onder het fietspad zullen ook nog enkele centimeters verval in het beekvak optreden, waarmee in totaal het hoogteverschil van 1.85 meter zeker overbrugt zal worden.

Voor details van het hoogteverloop zie bijlage 3.

De hydrologische berekening is opgenomen in bijlage 2 en beschreven in hoofdstuk 3.3

### 3.2.2 Beschrijving overige onderdelen

#### Inlaatwerk en correcties tbv onderzoek.

Ter plaatse van de aansluiting met de Geleenbeek is een stalen frame voorzien met schotbalkspanning waarmee de watertoevoer naar de vispassage voor onderhoud of calamiteiten afgesloten kan worden.

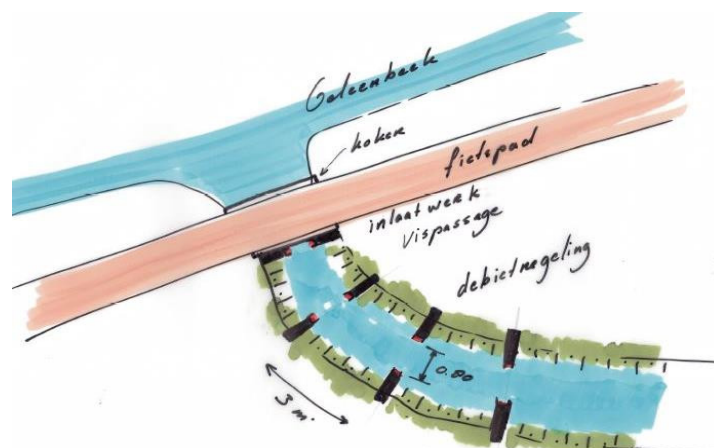
Om een geleidelijk oplopende bodem vanaf de Geleenbeek (ca. 45.15 +NAP) naar de bodem van de vispassage (46.65 +NAP) te realiseren dient dit frame circa 5 meter vanaf onderkant talud Geleenbeek (1:3) geplaatst te worden. Dit kan uiteraard in combinatie met de duiker onder het fietspad. De bereikbaarheid van het inlaatwerk is vanaf het fietspad gegarandeerd. Benodigde lengte hiervoor is ca 10 meter. De oevers worden versterkt met stapelwerk.

#### Onderzoek verminderen waterhoeveelheid

Om het onderzoek naar een relatie tussen debietfluctuaties en vismigratie in de hybride vispassage te realiseren, **zoals verwoordt in de onderzoeksvraag**, wordt achter het inlaatwerk 2 extra voorzieningen geplaatst. (Schotbalkspanningen van 80 breed en x 55 cm diep) .

Met behulp van deze extra voorzieningen kan het debiet bij onderzoek dus gericht verhoogd en verlaagd worden. De verwachting is dat nominaal in één spanning een 'excentrische poort' gerealiseerd wordt, waarna de beschreven structuur van de hybride vispassage begint.

De 2'spanning dient open te blijven. Exacte invulling dient nog nader te worden uitgewerkt. En is mede afhankelijk van de onderzoeksvragen.



### Vistrap opbouw,

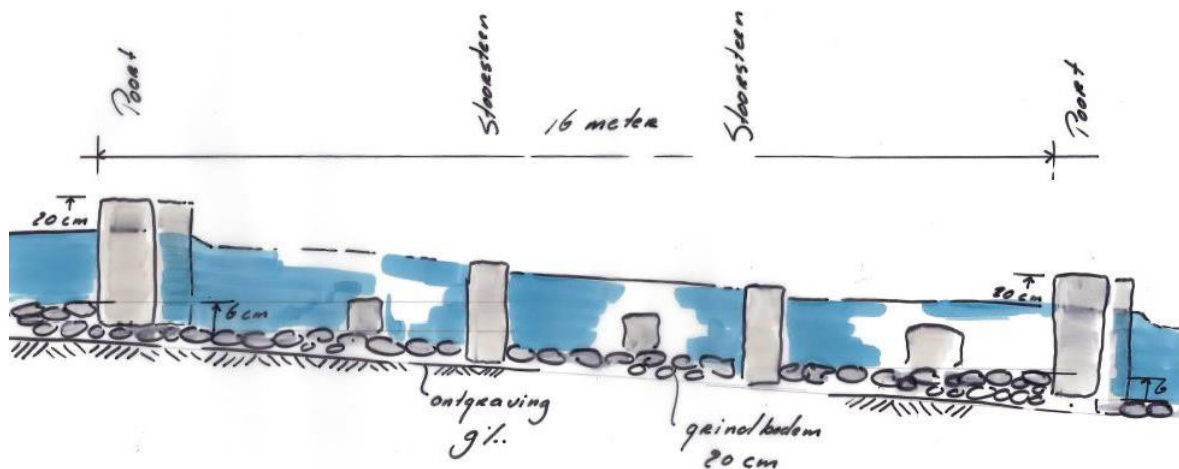
(Basis afmetingen in bijlage 2.)

- De beekbodem ontgaven met een verhang van 0.9% Waarna afgestrooid met een laag van 15 - 20 cm grind sortering 90-130. Ter plaatse van de poorten dient een sprong van 6 cm in de grindbodem gemaakt te worden.
- De poorten en stoorstenen/vernauwing zijn voorzien in stenen met aan minimaal één zijde scherpe randen om de weerstandswaarde te optimaliseren. Afmetingen doorgangen in de bijlage.
- Achter de poorten en ter hoogte van de stoorstenen is een extra oeververdediging voorzien.
- Er kan op plaatsen ook een natuurlijk oeverversteving in de vorm van begroeiing geplaatst te worden.

In de structuur van de passage is het wenselijk om te variëren met beplantingen en wellicht dood hout en/of boomstronken in de oever. (opvoeren verwerving.)

- Om de benodigde KST-waarde van de tussenliggende beekvakken te realiseren zijn 'meanderstenen' stenen voorzien.

Lengteprofiel hybride vispassage



### Combinatie speelbos

In het speelbos kan de leegloop van de bestaande (aan te passen) vijverpartijen op de vispassage aangesloten worden. Het debiet is minimaal te noemen (1 l/s) en zal geen significante invloed op de vispassage hebben. De combinatie met het water uit het speelbos kan wel gevolgen hebben voor de veiligheid van spelende kinderen, daar een harde afscheiding niet wenselijk is en de vispassage voor publiek - en zo ook voor spelende kinderen - bereikbaar zal zijn.

### 3.2.3 Nieuwe situatie ter plaatse van hoogwater-bypass en Molenweg



#### **Bovenstrooms van Molenweg**

Bij een afvoer in de Geleenbeek van meer dan 2 m<sup>3</sup>/s zal de (in het project aan te passen) klepstuw functioneren en gedeelte van het water uit de Geleenbeek door de bypass stromen. De vispassage kruist deze bypass en zal ter plaatse van deze bypass regelmatig overstromen. Dit hoeft geen probleem te zijn, echter het vergt wel extra aandacht. Een beekvak met 'losse elementen' is hier dan ook vanwege de hogere stroomsnelheden niet mogelijk. De vispassage is daarom op dit traject, met een lengte van circa 30 meter, voorzien als een stroomgoot in de bodem van de bypass. Bij een specifieke vorm hoeft dit geen hindering of belemmering van de vismigratie te betekenen.

De hoogteligging van deze stroomgoot wordt bepaald door de bodemhoogte van de dubbele koker onder de Molenweg, te weten 45.35 +NAP. Onder normale omstandigheden dient het water van de vispassage in stroomgoot te blijven; uitgaande van een waterdiepte van 50 cm en enig afschot in de bodem van de bypass, resulteert dit in een bodemhoogte van circa 44.80 +NAP.

Als variant wordt voorgesteld om in de bovengenoemde stroomgoot een verbreding in te bouwen, waarmee een soort van vijver zal ontstaan.

### Nieuwe duiker onder Molenweg

Zoals gezegd is ter plaatse van de Molenweg is een nieuwe betonnen duiker voorzien met een diameter van minimaal 1 meter ten behoeve van de vispassage. (bob 44.70, waterpeil 45.30 +NAP). Bovenstrooms dient hier ten gevolge een hoogteverschil van  $(47.15 - 45.30) = 1.85$  meter overbrugt te worden, benedenstrooms van de Molenweg een hoogteverschil van  $(45.30 - 45.15) = 0.15$  meter.

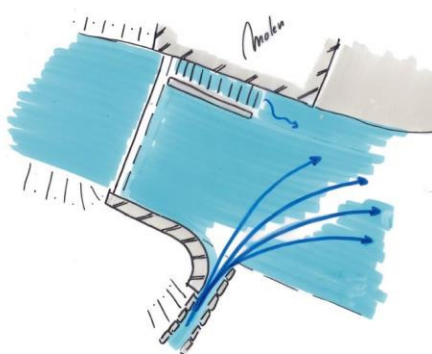
### Benedenstrooms van de Molenweg

Zoals eerder aangegeven zal de vispassage beïnvloed worden door de hoogwatersituatie. Dit is onvermijdelijk maar naar de migratiewerking geen probleem. Er dient wel extra aandacht te zijn voor de robuustheid van het bouwwerk in dit stuk. Door de vispassage in de binnenbocht te realiseren én het te overbruggen hoogteverschil te minimaliseren, wordt de invloed van het snelstromende water beperkt. De vispassage komt lager te liggen dan de bypassbodem, vergelijkbaar met de stroomgoot bovenstrooms van de Molenweg, waarmee ook hier de bypass na een hoogwater via de vispassage leegloopt. Ook zal de invloed van het snelstromende water minimaal zijn op de verzonken stroomgoot.

In de bypass zijn een vijftal ribben voorzien om de stroomsnelheden te 'breken'. De variëren in hoogte, circa 20 cm hoog tov de bodem vlak achter de duiker, oplopend tot 30 / 40 / 50 en 60 cm tov de bypassbodem. Deze ribben vormen ter plaatse van de vispassage een deel van de 'poorten', waarbij per poort een hoogteverschil van 5 cm overbrugd kan worden. De bodem en buitenwand van de vispassage én bypass dienen van solide materiaal gemaakt te worden, bijvoorbeeld natuursteen gezet in beton. De buitenwand, aan de zijde van de molen, dient tevens als **onderhouds- en bereikbaarheidsstrook voor handmatig onderhoud**; circa 30 cm boven waterpeil en circa 1 meter breed. Aansluitend het talud, eventueel met een trap, naar het verhoogde 'eiland' tussen vispassage en Molenweg. Detail uitwerking volgt nadat de uitwerking van de overlaat bekend is.

## 3.2.4 Lokstroom

Om een lokstroom achter de molenstuw te realiseren, dient de vispassage, gescheiden van de spoelvijver, doorgezet te worden tot voorbij de 'ronde muur'.



Om de positionering van de lokstromen te onderzoeken, **zoals verwoordt in de onderzoeksvraag**, dient een voorziening opgenomen te worden waarmee de te onderzoeken varianten gerealiseerd kunnen worden. Details kunnen hierbij nu niet worden ingevuld.

De effecten op een, eventueel verzonken, lokstroomversterker kunnen desgewenst in het onderzoek meegenomen worden.

### 3.2.5 Situaties met verhoogde afvoer in de Geleenbeek

#### **Variabele afvoer tot 8 m<sup>3</sup>/s**

Bij verhoogde afvoer van de Geleenbeek, boven de 2 m<sup>3</sup>/sec. tot 8 m<sup>3</sup>/s, zal het waterpeil ter hoogte van de instroom vispassage door opstuwning (het beekvak tussen molenweg en ingang vispassage wordt versmald) verhogen tot 47.20 en bij 8 m<sup>3</sup>/sec tot 47,28 hierdoor krijgt de vispassage tijdelijk meer water.

Deze variaties zijn niet schadelijk en heeft een gunstige invloed heeft op de lokstroom en het zelfreinigend vermogen van de passage. De juiste afstemming van de stuwen dient nog nader onderzocht te worden.

#### **Sterk verhoogde afvoer Geleenbeek (8-25 m<sup>3</sup>/s)**

Dit is de meest kritische situatie aangaande schade aan bypass en vispassage; de kracht van het water in deze situatie het grootst, doordat de hoeveelheid water niet gedempt wordt door een verhoogde stand van het onderwater en het verval het grootst is. Om de kracht van het water te dempen zijn in het principeontwerp benedenstrooms van de Molenweg een vijftal ribben in de bypass omgenomen die de stroomsnelheid van het water en zo de kracht verlagen. Het water zal dan langzamer naar de spoelvijver stromen. De vistrap dient van voldoende sterke te zijn om te overstromen in deze situatie.

#### **Hoogwater situatie Geleenbeek (25-45 m<sup>3</sup>/s)**

Bij deze hoogwatersituaties is het benedenpeil van de Geleenbeek verhoogd tot 45.50 +NAP. De molenvijver fungeert als stootkussen om de krachten van het water uit de bypass op te vangen. De vistrap achter de duiker is hierbij volledig verdronken..

Daarnaast zal bij (extreem) hoog water, tussen de 35 en 45 m<sup>3</sup>/s het peil van de Geleenbeek bovenstrooms van de Molenweg zodanig stijgen dat het water ook over het fietspad en via het beekdal van de vispassage in de richting van de Molenweg stromen. In deze situatie is de vispassage reeds 'verdronken' door het opstuwende water voor de duiker, waarmee hij beschermd is tegen het over het fietspad stromende water. In deze situatie fungeert het 'oude beekdal' weer om het teveel aan water af te voeren.

### 3.3 Hydrologische berekening van de vispassage

De hybride vispassage is op basis van de hydrologische uitgangspunten doorgerekend in het rekenblad, zie bijlage 2.

De fysieke uitgangspunten zijn in de eerste gele kolom opgenomen;

De twee volgende kolommen bevatten de berekende afgeleiden van de uitgangspunten gerelateerd aan de gekozen elementen (poort en stoorsteen/vernuwing) en beekvak.

Op basis van deze gegevens zijn varianten doorgerekend en is tot een optimum gekomen waarmee ruim aan de eisen van de DWA-M 509 wordt voldaan.

Natuurlijke begroeiing is een wezenlijk onderdeel van de vistrap, maar er is ook gerekend in de situatie waarbij de begroeiing ontbreekt. In de gekleurde kolommen zijn de diverse berekeningen uitgevoerd voor een vijftal varianten. (van geen tot uitvoerige begroeiing.

De KST, die door begroeiing in het beekvak ontstaat zal voortdurend wijzigen. Vlak na aanleg zal de invloed van de beplanting nihil zijn en de weerstand (KST) alleen door het grind op de bodem, de vorm en de 'meanderstenen' gerealiseerd worden. De volgende 4 kolommen zijn aldus variaties op de invloed van de beplanting. De invloed van de poorten en stoorstenen zal daardoor afnemen. Na een maaibeurt echter, zullen de poorten en stoorstenen het waterpeil weer garanderen. Elke situatie is dus zonder problemen mogelijk.

#### Toelichting op de berekening

Uitgaande van een hoogteverschil van 6 cm ter plaatse van de poort, resulteert dit, in een stroomsnelheid van 1.1 m/s in het smalste gedeelte áchter de poort en een debiet van 192 l/s (eerste rekenkolom). De oppervlakte ter plaatse van de stoorstenen/vernuwing is gekozen dat het hoogteverschil de helft zal zijn (het debiet blijft hetzelfde). De stroomsnelheden in het beekvak zijn afgeleid van de afmetingen van het beekvak bij datzelfde debiet. De KST-waarden in het beekvak is een afgeleide van stroomsnelheid, hydraulische radius en verhang. Deze KST-waarde dient aldus in het beekvak gerealiseerd te worden. Beschrijvingen van de deze waarden in vertaling naar maatregelen en wijze van aanleg is gebaseerd op de Cowan (bijlage 4)

*Noot;*

- De weging in het model is zo gekozen dat de beekvakken tussen de poorten straks met de eigenschappen van de omliggende beek functioneren !
- Om onderhoud makkelijker en te maken en minder vaak te hoeven uitvoeren zijn de afmetingen van het tussenliggende beekvak op verzoek vrij groot gekozen.
- Met deze bewuste keuze is het begroeien van een deel van de vistrap aan te bevelen. (het vormt geen enkel probleem.) Een (beperkte) begroeiing tussen 20 -50 % heeft bovendien een positieve invloed op stroomsnelheid en werking. (*werken met de natuur dus..*)

#### Cowan

In de tabel van bijlage 4 zijn de varianten die van invloed zijn op de KST-waarde beschreven. Hieruit is af te leiden welke maatregelen bij aanleg noodzakelijk zijn.

### 3.4 Toetsing aan normbladen

Het ontwerp van de hybride vispassage is getoetst aan de gestelde ontwerpisen, te weten de **DWA-M 509**. De eisen volgens deze norm zijn verwerkt in een tabel.

**Verdere ter onderbouwing gebruikte bronnen zijn;**

- ✓ Natura et Cultura gerealiseerde **'Methodenstandard fur die Funktionskontrolle von Fischaufstieganlagen in Mecklenburg-Vorpommern'** .
- ✓ Berekeningsmethodiek vertical slot; Universiteit Dresden IWD 2016; Detlef Aigner (verbetering methodiek DWA. 509)
- ✓ Reguliere berekeningswijze Manning Strickler waarden diverse literatuur
- ✓ **'Cowan-methodiek'** uit "Hydraulik naturnaher Fliessgewasser" waarmee een nauwkeurigere afschatting en beïnvloeding van de weerstandswaarde Kst bij natuurlijke beekvakken mogelijk is. De delen van de voorschriften en berekeningen welke hier van toepassing zijn, zijn waar nodig door BAT vertaald en geresumeerd in rekenbladen en tabellen toegeschreven op de onderhavige situatie. Deze zijn bijgevoegd aan dit rapport in bijlage 4.

In bijlage 5 is de toetsing aan de DWA-M 509 opgenomen.

### 3.5 Bijkomende uitgangspunten

#### **Levensduur**

De hybride vispassage bestaat grotendeels uit steenachtige materialen, waarmee een lange levensduur van de materialen gegarandeerd is. Om de weerstand in het beekvak bij aanleg te verhogen dient actief gekozen worden voor beplantingen en boomstobben en – stammen. Deze functie zal/dient na wegrotten over genomen worden door levende begroeiing.

#### **Beheer-aspecten**

##### **Het waterschap is eigenaar en onderhoudsplichtig van de vispassage**

De kruisingen met het fietspad en Molenweg vallen onder het eigendom en beheer van de gemeente Sittard-Geleen.

##### **Onderhoud, hoe moet beheerd worden**

Machinaal onderhoud van de beplanting die spontaan in de vispassage ontstaat is niet mogelijk. Geadviseerd wordt om de vispassage niet in één keer beplantingsvrij te maken, maar het onderhoud te 'verspringen', of aan 1 kant uit te voeren.



## Bijlage 1: Overzichtstekening



## Bijlage 2: Rekenblad

Vistrap Ophoverer Molen versie 1.0		Hybride vistrap		B.A.T. L.S. 5.0		BAT Sittard										
Vertical slot en stoorsloten		Beekvak		Beekvak		Diversen										
Deelmaat herhaling	16 M.	Vertical slot breed	0,40 M.	Oever helling 1	45 graden	Rekenblad versie 5.1										
Totaal verval	0,90 %	Vertical slot hoog	0,55 M.	Oever helling 2	45 graden	Vistrap model LS 5.0										
Diepte traject	0,55 M.	Vertical slot opp	0,22 M2.			Naam J. Dehing										
Vertical slot breed	0,40 M.	Vertical slot, beeklengte voor absorbsie	3,00 M.	Beek bodem breed	0,70 M.	Datum feb. 2018										
Vertical slot factor	0,75 N. **			Beek bodem diep	0,55 M.											
Beek bodem breed	0,70 M.	Opp. verhouding stoorsleen / vertical slot	1,41 groter.	Waterspiegel breed	1,8 M.											
Peil bovenstrooms	47,20 NAP.	Verhang tov vert. slot	50,00 %	Gemiddelde breedte	1,25 M.											
Aantal vakken	13 N.	Doorstroom oppervlakte bij stoorsloten	0,31 M2.	Doorstroom opp	0,69 M2.											
Peil onderstrooms	45,33 NAP.	Stoorsleen beeklengte voor absorbsie	1,50 M.	Effectieve beek lengte voor Kst	10 M.											
Totale lengte vistrap	208 M.			Natte omtrek	2,25 M.	invullen en keuze										
Hoogteverschil	1,87 M.			Hydraul. radius R.hy	0,31 M.	vast uitgangspunt, niet wijzigen										
						waarde door berekening niet wijzige										
Berekening	Lengte M.	minimale invloed beek verdeling CM. verval	procent deel	snelheid M/sec	weinig begroeiing verdeling CM. verval	procent deel	snelheid M/sec	normale begroeiing verdeling CM. verval	procent deel	snelheid M/sec	flinke begroeiing verdeling CM. verval	procent deel	snelheid M/sec	zware begroeiing verdeling CM. verval	procent deel	snelheid M/sec
Beekvak lang verhang	10	1	7%	0,28	2	14%	0,26	3	21%	0,25	4	28%	0,24	5	35%	0,23
KST			0,10%			0,20%			0,30%			0,40%			0,50%	
Vertical slot			19,2			13,0			10,2			8,4			7,2	
stoorsleen 1	6,7	3,35	47%	1,15	6,2	43%	1,10	5,7	40%	1,06	5,2	36%	1,01	4,7	33%	0,96
stoorsleen 2	3,35	3,35	23%	0,81	3,1	22%	0,78	2,85	20%	0,75	2,6	18%	0,71	2,35	16%	0,68
totaal verval	14,4	14,4	100%	0,78	14,4	100%	0,78	14,4	100%	0,75	14,4	100%	0,71	14,4	100%	0,68
Debiet	Liter/sec			189			182			174			167			158
Opmerkingen:																
Debietberekening Vertical slot volgens benadering BAT																
Debiet afwijkingen met vertical slot berekening Dresden ca 3% (Verwaarloosbaar.)																
Kst waarde berekening regulier volgens Manning Strickler																
Inschatting KST in vistrap volgens Cowan bijlage																
Inhoudelijk voor het blauwe vak:																
De natuurlijke bekeigenschappen komen overeen met de normale beek (verval ca 0,3%)																
De Kst is laag, maar het is een gerichte keuze een deel van begroeiing altijd te laten staan en een breder beekvak te kiezen.																
De vistrap voldoet geheel aan DWA 505. Er is slechts een afwijking bij de bodem-breedte. (gemiddelde breedte voldoet wel.)																

### Bijlage 3: Overzicht peilen

Basis LS 5.0 vistrap		Ophoener molen		Bovenstrooms		peil		opmerkingen	
naam	code	afmetingen	waterpeil	plaats in traject	maten	materiaal	opmerkingen		
naam	code	doorstrom afmeting	na	start	bovenzijde poort				
LS 5.0 br0,7 H=0,55 0,9 % 16 meter verval trap		1,0 x 1,0	47,20	0	46,55	ontwerp			
poort hoogte bodem tov waterpeil		1,0 x 0,6	47,15	5	46,46				
Bovenkant poort tov waterpeil		0,6 x 0,6	47,10	10	46,31				
		0,8 x 0,6	47,15	14	46,17	spinning			
		0,8 x 0,6	47,10	17	46,02	spinning			
		1,0 x 0,55	47,10	20	45,88				
		2,0 x 0,55	46,96	36	45,74				
		3,0 x 0,55	46,81	52	45,59				
		4,0 x 0,55	46,67	68	45,45				
		5,0 x 0,55	46,52	84	45,30				
		6,0 x 0,55	46,38	100	45,16				
		7,0 x 0,55	46,24	116	45,02				
		8,0 x 0,55	46,09	132	44,87				
		9,0 x 0,55	45,95	148	44,82				
		10,0 x 0,55	45,80	164	44,80				
		11,0 x 0,55	45,66	180	44,75				
		12,0 x 0,55	45,52	196	44,70				
		13,0 x 0,55	45,37	212	44,60				
kruising met hoogwatersluis	E		45,32	220	44,82	ontwerp			
ingang duiker molenweg	F		45,30	260	44,80	ontwerp			
uitgang duiker molenweg	G		45,25	280	44,75	ontwerp			
Alleen vertical slot	H		45,25	290	44,75				
Alleen vertical slot	I		45,20		44,70				
Alleen vertical slot	J		45,15						
Alleen vertical slot	K								
invulwaarde									
Berekende waarde (niet wijzigen !)									
regulier hoogwater									

## Bijlage 4: Uitgangspunten berekening K-waardes 'Cowan'

Berekening KST waarde naar Cowan.		Bureau Aangepaste Technologie BV.		Vistrap model US 5.0		Vistrap Openeren molen		vegetij. Gedeelte beek	
naam project	versie	toelichting	toelichting	hoog	hoog	inval	%	inval	%
voeges hydraulische natuurbeheer Filzbeekwater deel 1	2.0	j. beching	15-2-2018	0,028	0,028	0,028	33%	0,02	54%
datum									
Bodem	Bodem materiaal	n.o.							
	Grond / vel	0,020							
	Gevoelen zand	0,027		48%	0,028	25%			
	Grind fijn	0,034							
	Grind grof	0,038							
Tegriet	Bodem onregelmatigheid	n.1							
	Verwaarloosbaar	0,000							
	Geringe onregelmatigheid	0,000							
	Normale onregelmatigheid	0,010		9%	0,01	9%			
	Sterke onregelmatigheid	0,020							
Begroeiing	Veranderingen in de doorneste	n.2							
	Zwak	0,000							
	Geregeld opgesteld	0,000		9%	0,01	9%			
	Zak	0,010-0,015							
	Invoerd van hieldemissen	n.3							
Meandering	Verwaarloosbaar	0,000							
	Gering	0,010-0,015							
	Metsbaar	0,020-0,030		17%	0,03	26%			
	Sterk	0,040-0,060							
	Invoerd van begroeiing	n.4							
Meandering	Klein	0,000-0,010							
	Middel	0,010-0,020							
	Sterk	0,020-0,030		17%	0,027	22%			
	Zeer sterk	0,030-0,050							
	Meandering	M.5							
Meandering	Gering	1,000							
	Metsbaar	1,100		1	1,1	9%			
	Groot	1,300							
	n.waarde		0,058	100%	0,113	100%			
	Kst. Waarde		17,2		8,8				

$$n = \frac{(0,0n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot M7}{n \cdot I / Kst}$$

$$Kst = I / ((0,0n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot M5)$$

46 Grondlagen en empirische hydraulische Berechnungsverfahren © I.U.

### 5.2.1 Verfahren nach Cowan

Eine schnelle und einfache Möglichkeit der Abschätzung des Rauheitskoeffizienten  $n$  wird durch die folgende Ansatz nach Cowan:

Da es sich hierbei um englischsprachige Literatur handelt und im englischsprachigen Raum als Rauheitskoeffizient vorwiegend der Manning-Bewertung  $n = 1,49$  verwendet wird, beziehen sich die folgenden Angaben auf den Manning-Bewertung.

Cowan betrachtet mehrere vor Ort für den bestimmter röhrenförmigen Eigenschaften, die den Manning-Bewertung beeinflussen. Dieser berechnet sich daher aus der Summe von vier verschiedenen Teilwerten  $n_1, n_2, n_3, n_4$ , multipliziert mit einem Faktor  $m$ :

$$n = (n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m \quad [s \cdot m^{-1/2}]$$

Die Teilwerte  $n$  aus Gleichung (18) können der rechnerischen Tabelle entnommen werden.

Die Tabelle wurde dem englischsprachigen Werk von VETTER & CHOW [6] entnommen und leicht verändert.

Der Schweregrad der Annahme von Cowan besteht darin, dass die Gerinnebreite und relative Wasserfülle nicht berücksichtigt werden.

Der selbe Wasserfülle hat jedoch bei einem schmalen Gerinne einen wesentlich größeren Einfluss auf die Abflussleistung als bei einem sehr breiten Gerinne.

Ebenfalls wird der Wasserstand bzw. der Füllstand des Gerinnes nicht berücksichtigt.

Somit kann bei einer hydraulischen Berechnung verschiedener Aufflusszustände eine eventuelle Änderung der Rauheitswerte (z.B. infolge sich an die Strömung anschließender Weiden bei starker Übersättigung) nicht richtig erfasst werden.

Es wird empfohlen, den  $Kst$ -Bewertung zusätzlich noch nach dem in Kap. 5.2.2 vorgestellten Verfahren von EMBERTH/COITON abzuschätzen.

$n_1$ : Beschaffenheit des Substrats	$n_2$ : Ungleichmäßigkeit des Substrats	$n_3$ : Einfluss von Bewuchs	$n_4$ : Mäandrierungsgrad
Ebene	0,020	niedrig	0,025 bis 0,010
gerohter Fels	0,025	mittel	0,010 bis 0,025
Felskies	0,034	hoch	0,025 bis 0,050
Gratkies	0,028	sehr hoch	0,050 bis 0,100
verwachsener	0,000		
gering	0,005		
mittel	0,010		
stark	0,020		
$n_1$ : Änderungen in der Gerinnequerschnittsform	0,000		
schwach	0,000		
gelegentlich auftretend	0,005		
häufig auftretend	0,010 bis 0,015		
$n_2$ : Einfluss von Hindernissen	0,000		
vernachlässigbar	0,000		
gering	0,010 bis 0,015		
mittel	0,020 bis 0,030		
stark	0,040 bis 0,060		
$n_3$ : Einfluss von Bewuchs			
niedrig	0,025 bis 0,010		
mittel	0,010 bis 0,025		
hoch	0,025 bis 0,050		
sehr hoch	0,050 bis 0,100		
$n_4$ : Mäandrierungsgrad			
gering	1,000		
mittel	1,150		
stark	1,300		

Tab. 1: Tabelle zur Bestimmung des Manning-Bewertung nach Cowan.

## Bijlage 5: Toetsing aan DWA

Vissen namen	DWA		Vertical slot			raugerinne ohne einbauten			lokstroom	
	vis lengte (L)	vis hoogte (H) dikte (D)	hoog 2 x H	breed 3 x D	stoorvak snelheid 3 x L	delta H	E-demping W/m3	diepte M.		bodem breedte M.
Nederlands										
Snoek	1,00	0,14	0,28	0,30	3			0,45	1,2	
Winde	0,60	0,18	0,36	0,27	1,8			0,45	1	?
Kopvoorn	0,60	0,16	0,32	0,30	1,8			0,4	1	
Zeeforel	0,80	0,17	0,34	0,27	2,4			0,45	1	?
DWA 509	blz 117		blz 123		blz 227			blz 163		
meerforel	1,00	0,21	0,42	0,36	3			0,45	1	
min afmetingen volgens DWA 509		blz.	0,36	0,30	3	<1,45	100	0,45	1,2	30 graden
			123		227			163	163	
min afmetingen beoordeling Mecklenburg-Vorpommern			0,36	>0,3	>3m	<1,4	<100	>0,36		
Hst			3,11	3,12	3,7	3,1	3,4	3,10		3,6
min afmetingen BAT Ophovener molen LS 5.0			0,55	0,4	3 m	1,0	6 cm	0,55	DWA 0,9 M	30 graden
									Vorp 1,08 M.	