



Tauw



Variantenstudie vispassages gemalen Sichterman en De Delthe

15 april 2020



Verantwoording

Titel	Variantenstudie vispassages gemalen Sichterman en De Delthe
Opdrachtgever	Waterschap Noorderzijlvest
Projectleider	Paul Heuseveldt
Auteur(s)	Paul Heuseveldt, Martin Kroes
Projectnummer	1275093
Aantal pagina's	34
Datum	15 april 2020
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

Tauw bv
Handelskade 37
Postbus 133
7400 AC Deventer
T +31 57 06 99 91 1
E info.deventer@tauw.com



Inhoud

1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding	6
1.2	Leeswijzer	6
2	Objectbeschrijvingen	7
2.1	Gebiedsbeschrijving	7
2.1.1	Hydrologie	7
2.1.2	Doelsoorten	7
2.1.3	Te beschouwen objecten	8
2.2	Gemaal Sichterman (KGM060)	8
2.2.1	Locatie	8
2.2.2	Constructie en werking	8
2.2.3	Ruimte/terrein	9
2.2.4	Huidige mogelijkheden vismigratie	9
2.3	Gemaal De Deltthe (KGM059)	10
2.3.1	Locatie	10
2.3.2	Constructie en werking	10
2.3.3	Ruimte / terrein	11
2.3.4	Huidige mogelijkheden vismigratie	11
3	Beschrijving varianten	13
3.1	Algemeen	13
3.2	Vislift (variant 1)	13
3.2.1	Werking	13
3.2.2	Vissoorten	15
3.2.3	Lokstroom	15
3.2.4	Continuïteit vismigratie	15
3.2.5	Tweezijdige passeerbaarheid	15
3.2.6	Onderhoudbaarheid	15
3.2.7	Ontwerpeisen	16
3.3	Buisvijzel/pomp met vrijverval vispassage (variant 2)	16
3.3.1	Werking	16

3.3.2	Vissoorten	17
3.3.3	Lokstroom	17
3.3.4	Continuïteit vismigratie.....	17
3.3.5	Tweezijdige passeerbaarheid	17
3.3.6	Onderhoudbaarheid	18
3.3.7	Ontwerpeisen.....	18
3.4	FishTrack2.0 (variant 3)	18
3.4.1	Werking.....	18
3.4.2	Vissoorten	19
3.4.3	Lokstroom	19
3.4.4	Continuïteit vismigratie.....	20
3.4.5	Tweezijdige passeerbaarheid	20
3.4.6	Onderhoudbaarheid	20
3.4.7	Ontwerpeisen.....	21
4	Uitwerking variantenanalyse.....	22
4.1	Werkwijze beoordeling varianten	22
4.1.1	Weegfactoren.....	22
4.1.2	Kwalitatieve aspecten	23
4.1.3	Waterbeheersing.....	24
4.1.4	Kostenaspecten	25
4.1.5	Totaalscore	25
4.2	Toelichting MCA gemaal Sichterman.....	25
4.2.1	Kwalitatieve aspecten gemaal Sichterman	25
4.2.2	Kosten-aspecten gemaal Sichterman	27
4.2.3	Eindbeoordeling MCA gemaal Sichterman	28
4.3	Uitkomsten multicriteria-analyse gemaal De Delthe	28
4.3.1	Kwalitatieve afweging gemaal De Delthe.....	28
4.3.2	Kosten-aspecten gemaal De Delthe	29
4.3.3	Eindbeoordeling gemaal De Delthe	29
5	Conclusie en advies	30
5.1	Algemeen.....	30
5.2	Conclusies gemaal Sichterman en De Delthe.....	30



5.2.1	Voorkeursoplossing gemaal Sichterman.....	30
5.2.2	Voorkeursoplossing gemaal De Delthe.....	30
5.2.3	Eindconclusie voorkeursoplossing Sichterman en De Delthe.....	31
5.3	Maatregelen ten aanzien van visveiligheid gemaal functie	31
6	Geraadpleegde literatuur	34
Bijlage 1	Matrix multicriteria analyse gemaal Sichterman	
Bijlage 2	Matrix multicriteria analyse gemaal De Delthe	



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In 2015 heeft Tauw het rapport 'Planvorming vispassages 2015. Ontwerp vispassages Districten Lauwersmeer en Mareng gebied' opgesteld. De planvorming heeft betrekking op het vispasseerbaar maken van de kunstwerken (gemalen en stuwen), daarbij moeten de gemalen ook visveilig worden gemaakt. Het waterschap Noorderzijlvest zal starten om de kunstwerken in het Mareng gebied te realiseren.

Deze variantenstudie heeft betrekking op de 2 gemalen Sichterman en De Delthe; de stuwen blijven vooralsnog buiten beschouwing. Voor de stuwen blijft de voorkeursoplossing uit het rapport van 2015, te weten een De Wit-vispassage, van kracht. Voor de gemalen zijn er inmiddels nieuwe technische oplossingen voorhanden, vandaar de wens om een actualisatie van de oplossingen.

1.2 Leeswijzer

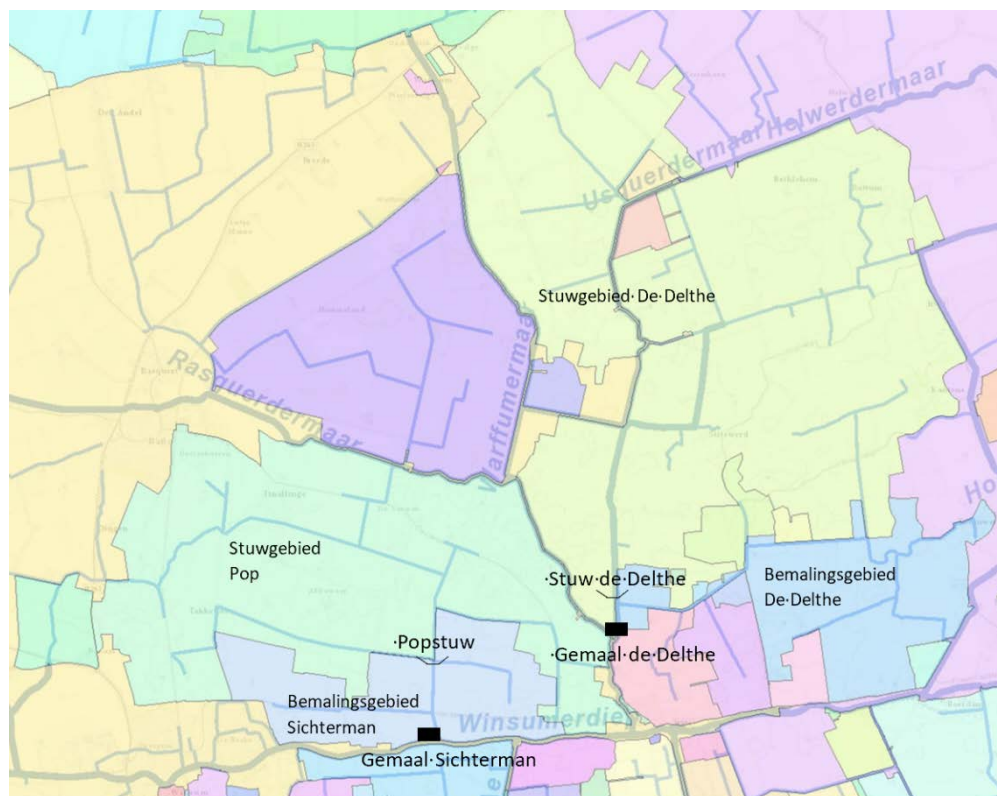
In hoofdstuk 2 zijn het gebied en de te beschouwen objecten beschreven. De varianten die als vispassage in aanmerking komen voor de gemalen worden aansluitend in hoofdstuk 3 besproken. In hoofdstuk 4 volgt daarop de variantenanalyse welke wordt afgesloten met de uitkomst van de analyse. Een nabeschuiving van de conclusies volgt in hoofdstuk 5.

2 Objectbeschrijvingen

2.1 Gebiedsbeschrijving

2.1.1 Hydrologie

Het Mareng gebied is onderdeel van het stroomgebied Electra. Het gehele gebied is in gebruik als agrarische grond. De peilen liggen in dit gebied tussen de NAP -1,0 m en NAP -1,5 m. De gemiddeld hoogste grondwaterstand bedraagt in dit gebied circa maaiveld (MV) -0,40 m en de gemiddeld laagste grondwaterstand bedraagt circa MV -120 cm of meer. De bodem bestaat uit zavel met een homogeen profiel of klei met zware tussenlaag. Onderstaande figuur geeft een overzicht van de ligging van de locaties in het district Mareng gebied.



Figuur 2.1 Mareng gebied met ligging van de gemalen (KGM) en stuwen (KST)

2.1.2 Doelsoorten

Als uitgangspunt wordt genomen dat de doelsoorten zoals geformuleerd in 'Van Wad tot Aa' (Riemersma & Kroes, 2004) in twee richtingen veilig kunnen migreren. Het noordoostelijk gelegen Mareng gebied is vanwege het natuurlijke karakter vooral van belang als paai-, foerageer- en opgroeigebied voor eurytope soorten als blankvoorn en snoek. Ook de driedoornige stekelbaars en aal maken gebruik van dit gebied om te paaieren en/of op te groeien.



Figuur 2.2 De Snoek, één van de doelsoorten voor het Mareng gebied

2.1.3 Te beschouwen objecten

De te beschouwen objecten zijn de volgende 2 gemalen:

- Gemaal Sichterman
- Gemaal De Delthe

In de navolgende paragrafen volgt een korte omschrijving van deze beide gemalen.

2.2 Gemaal Sichterman (KGM060)

2.2.1 Locatie

Gemaal Sichterman is een poldergemaal gelegen in de gemeente Het Hogeland. Het gemaal Sichterman bemaalt het peilgebied Sichterman en loost op het Winsumerdiep in de Electraboezem 2^e schil. Het water wordt aangevoerd door watergang De Weer.

2.2.2 Constructie en werking

Het gemaal beschikt over twee vijzels welke recentelijk toerengeregeld zijn uitgevoerd met frequentieomvormers. Het gemaal is voorzien van een krooshek met een spijlafstand van circa 8 cm.



Figuur 2.3 Aanzicht gemaal Sichterman (uitstroomzijde)



Figuur 2.4 Gemaal Sichterman, instroomzijde

Tabel 2.1 Specificaties gemaal Sichterman

Kenmerken	
Type opvoerwerktuig	Vijzels
Aantal vijzels	2 stuks
Specificatie vijzels	3-gangig
Ontwerpcapaciteit	2x 57,5 m ³ /min
Vijzeltoerental	32 omw/min
Elektromotor (1 toerenmotor)	18,5 kW; 37 Amp; cos.phi 0,84; 965 omw/min
Fabricaat tandwielkast	Flender
n1 en n2	965 omw/min; 32 omw/min
Toerengeregeld	Ja
Aanzetinrichting	Frequentie-omvormer
Besturing/telemetrie	Relais / Datawatt PSM 8
Streefpeil bovenstrooms, zomer/winter [m NAP]	-1,25 / -1,55
Streefpeil benedenstrooms, zomer/winter [m NAP]	-1,07
Peilverschil, zomer/winter [m]	0,18 / 0,48

2.2.3 Ruimte/terrein

Ten westen van het gemaal bevindt zich de toerit tot het terrein, evenals ook de kroosopvang. Hier bevinden zich tevens de meeste kabels en leidingen. De meeste ruimte bevindt zich aan de oostzijde van het gemaal. Aan deze zijde ligt ook een sloot om het gemaal heen (uiteinde afgedamd).

2.2.4 Huidige mogelijkheden vismigratie

Stroomopwaartse vismigratie is momenteel alleen mogelijk via de inlaten in het gebied. Op deze locaties ontbreekt de lokstroom van het gemaal, die vissen juist aantrekt. Bovendien is de omvang van het inlaatwater beperkt. Er mag daarom worden aangenomen dat stroomopwaartse migratie in de huidige situatie slechts 'onbedoeld' plaatsvindt in perioden dat er water wordt ingelaten.

De stroomafwaartse vispassage wordt mogelijk gehinderd door de vijzels van het gemaal. Uit het STOWA-onderzoek 'Gemalen en schade aan vis' (STOWA, 2012) bleek dat vijzels weinig schade veroorzaken ten opzichte van andere typen opvoerwerken. Bij gemaal De Wenden met een ontwerpcapaciteit per vijzel van 120 m³/min, diameter 2.5 m, toerental 29 omw/min, veroorzaakte geen schade bij baarzen >15 cm. Karperachtigen en alen werden weinig gevangen.

Vanzelfsprekend kunnen deze resultaten niet rechtstreeks doorgezet worden naar gemaal Sichterman, maar het geeft wel aan dat de kans op visbeschadiging door vijzels relatief gering is vanwege een laag toerental en de grote ruimtes tussen de vijzelgangen (beschoeping). Daar komt bij dat gemaal Sichterman recent voorzien is van toerenregeling, zodat de mogelijkheid bestaat om -voor zover het waterbezwaar dit toelaat- bij laag toerental te malen. Bij groter waterbezwaar kunnen beide vijzels gelijktijdig worden ingezet op zo laag mogelijk toerental (in plaats van 1 vijzel op hoog); dit is ecologisch minder nadelig en heeft tevens een energetisch voordeel.

2.3 Gemaal De Delthe (KGM059)

2.3.1 Locatie

Gemaal De Delthe is een poldergemaal gelegen in de gemeente Het Hogeland. Het gemaal De Delthe bemaalt het peilgebied De Delthe en loost op de Warffummermaar in Electraboezem 2^e Schil. Het water wordt aangevoerd door watergang De Delthe.

2.3.2 Constructie en werking

Het gemaal beschikt over twee vijzels welke zijn voorzien van een frequentieomvormer. Het gemaal is voorzien van een inlaatconstructie, welke kan worden bediend middels een put met een schuif en spindel in het gemaalgebouw. De inlaat komt aan de bovenstroomse zijde uit achter het krooshek van het gemaal (circa 8 cm spijlafstand).



Figuur 2.5 Aanzicht gemaal De Delthe, instroomzijde



Figuur 2.6 Gemaal De Delthe instroomzijde (kroosvoorziening)

Tabel 2.2 Specificaties gemaal De Delthe

Kenmerk	
Type opvoerwerktuig	Vijzels
Aantal units	2 stuks
Fabricaat/type	Spaans CN17559
Capaciteit vijzel	92,5 m ³ /min
Toerental vijzel	31,3 omw/min
Elektromotor (2 toerenmotor)	32 / 46 kW; 70 / 85 Amp; cos.phi 0,70 / 0,82
Toerental E-motor	1.470 / 730 omw/min
Vertragingskast	Flender
Aanzetinrichting	Softstarter (ABB type DEHE 1001E.ITH 45-120A)
Besturing/telemetrie	PLC fabricaat T-box
Bediening handmatig/geëlektrificeerd	Geëlektrificeerd
Electra aanwezig	Ja
Streefpeil bovenstrooms, zomer/winter [mNAP]	-1,55 / -1,70
Streefpeil benedenstrooms, zomer/winter [mNAP]	-1,07
Peilverschil, zomer/winter [mWk]	0,48 / 0,63

2.3.3 Ruimte / terrein

Ten oosten van het gemaal bevindt zich de toerit tot het terrein, evenals ook de kroosopvang. Aan de westzijde van het gemaal bevinden zich de meeste kabels en leidingen. De eerste strook boven aan het talud aan westzijde is in eigendom van de hervormde gemeente (kerk) met bekleemrecht (eeuwigdurend).

2.3.4 Huidige mogelijkheden vismigratie

Stroomopwaartse vismigratie is momenteel alleen mogelijk via de inlaten in het gebied. Op deze locaties ontbreekt de lokstroom van het gemaal, die vissen juist aantrekt. Bovendien is de omvang van het inlaatwater beperkt. Dit geldt uiteraard niet voor de inlaat die is gesitueerd in het gemaal. Er mag worden aangenomen dat stroomopwaartse migratie in de huidige situatie veelal 'onbedoeld' plaatsvindt in perioden dat er water wordt ingelaten.



De stroomafwaartse vispassage wordt mogelijk gehinderd door de vijzels van het gemaal. Uit het STOWA-onderzoek 'Gemalen en schade aan vis' (TOWA, 2012) bleek dat vijzels weinig schade veroorzaken ten opzichte van andere typen opvoerwerken. Bij gemaal De Wenden met een ontwerpcapaciteit per vijzel van 120 m³/min, diameter 2.5 m, toerental 29 omw/min, veroorzaakte geen schade bij baarzen >15 cm. Karperachtigen en alen werden weinig gevangen.

Vanzelfsprekend kunnen deze resultaten niet rechtstreeks doorgezet worden naar gemaal De Deltthe, maar het geeft wel aan dat de kans op visbeschadiging door vijzels relatief gering is vanwege een laag toerental en de grote ruimtes tussen de vijzelgangen (beschoeping). Daarnaast is gemaal De Deltthe voorzien van 2-toerenmotoren (laag en hoog toeren), zodat de mogelijkheid bestaat om - voor zover het waterbezwaar dit toelaat- bij laag toerental te malen. Bij groter waterbezwaar kunnen beide vijzels gelijktijdig worden ingezet op laag toerental (in plaats van 1 vijzel op hoog); dit is ecologisch minder nadelig en heeft tevens een energetisch voordeel.

3 Beschrijving varianten

3.1 Algemeen

De voorkeursvariant uit de studie van 2015 is één van de varianten die zal worden vergeleken met twee nieuwe varianten. De te beschouwen varianten voor de beide gemalen zijn:

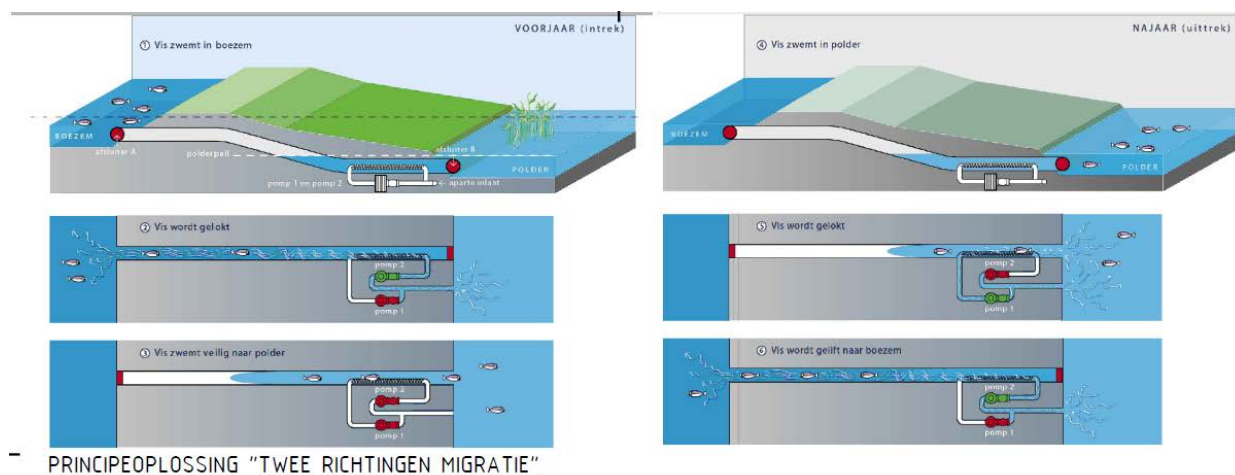
1. Vissluis met 2 lokstroompompen
2. Buisvijzel/pomp met vrij verval vispassage
3. FishTrack

3.2 Vislift (variant 1)

3.2.1 Werking

Voorjaarsmigratie

In het voorjaar is de migratierichting van vis stroomopwaarts gericht (van boezem naar polder). Bij een gemaal wordt de vis aangetrokken door een lokstroom, hetzij van het gemaal, hetzij van de vispassage. Bij de vispassage creëert pomp 2 een lokstroom, zodat de vis in de visleiding wordt gelokt. Deze visleiding is op dat moment aan de polderzijde afgesloten. Na een instelbaar interval (bijvoorbeeld een 0,5 uur), wordt de visleiding aan de boezemzijde afgesloten en aan de polderzijde geopend: de vis kan de visleiding verlaten en de polder in zwemmen.



Figuur 3.1 Principe vispassage met 2 lokstroompompen

In stappen werkt het vispompsysteem bij voorjaarsmigratie als volgt (zie figuur 3.1 linkerdeel):

1. De afsluiter in de visleiding is aan polderzijde gesloten
2. De afsluiter in de visleiding is aan boezemzijde geopend
3. Pomp 2 start met pompen van water vanuit de polder in de visleiding
4. Pomp 1 blijft uit
5. Er ontstaat vanuit de visleiding een lokstroom aan boezemzijde
6. Vanuit de boezem zwemt vis de visleiding in
7. Pomp 2 stopt met pompen

8. Pomp 1 blijft uit
9. De afsluiter in de visleiding wordt aan boezemzijde gesloten
10. De afsluiter in de visleiding wordt aan polderzijde geopend
11. De vis zwemt vanuit de visleiding de polder in
12. De afsluiter in de visleiding wordt aan polderzijde gesloten
13. De afsluiter in de visleiding wordt aan boezemzijde geopend

Het instellen van het interval zal deels proefondervindelijk moeten worden vastgesteld.

Najaarsmigratie

De migratierichting voor vis in het najaar is stroomafwaarts gericht (van polder naar boezem). Dit wordt bewerkstelligd door pomp 1 die water aanzuigt via de buis vanuit de polder. De buis is op dat moment aan boezemzijde afgesloten. Het gevolg is dat de vis de buis in zwemt. Na een instelbaar interval (bijvoorbeeld een 0,5 uur), wordt de buis aan de polderzijde afgesloten en aan de boezemzijde geopend. Gelijktijdig komt pomp 2 in bedrijf waardoor de vis met de zo ontstane stroming in de buis richting boezem wordt meegevoerd.

In stappen werkt het vispompsysteem bij najaarsmigratie als volgt (zie figuur 3.1 rechterdeel):

1. De afsluiter in de visleiding is aan boezemzijde gesloten
2. De afsluiter in de visleiding is aan polderzijde geopend
3. Pomp 1 start met pompen van water vanuit de polder in de visleiding
4. Pomp 2 blijft uit
5. Er ontstaat vanuit de visleiding een aanzuigstroom aan polderzijde
6. Vanuit de polder zwemt vis met de stroom mee de visleiding in
7. Pomp 1 stopt met pompen
8. De afsluiter in de visleiding wordt aan polderzijde gesloten
9. De afsluiter in de visleiding wordt aan boezemzijde geopend
10. Pomp 2 pompt water vanuit de polder in de visleiding
11. De vis zwemt met de stroom mee vanuit de visleiding de boezem in
12. De afsluiter in de visleiding wordt aan boezemzijde gesloten
13. De afsluiter in de visleiding wordt aan polderzijde geopend

Het instellen van het interval zal deels proefondervindelijk moeten worden vastgesteld.

Inmiddels is overgestapt op het principe van visvriendelijke pompen voor de uittrek en een aparte voorziening voor de intrek (zogenaamde 'halve vislift'). Dit is een leiding met aan de hoge en lage zijde afsluiters en aan de lage zijde zit er een lokstroompomp op aangesloten. Hierdoor is het geheel een stuk minder complex dan een dubbelwerkende vislift.

Ervaringen

Dit principe is bij een zevental locaties toegepast in het beheersgebied van Hoogheemraadschap van Delfland (onder andere Holierhoekse- en Zouteveense polder en Woudse polder).

3.2.2 Vissoorten

De twee vissluizen zijn gemonitord door ATKB (Hop, 2014). Hieruit blijkt dat de vissluis door alle voorkomende vissoorten wordt gebruikt (klein/groot, goede/slechte zwemmers).

Tabel 3.1 Overzicht van aantallen vissen en soorten die de vislift hebben gepasseerd (Hop, 2014)

Locatie	Periode	Aantal vissen opwaarts	Aantal soorten	Aantal vissen afwaarts	Aantal soorten
Holierhoekse en Zouteveense polder	voorjaar 2013	3.140	12		
	najaar 2013			2.184	14
Woudse polder	niet uitgevoerd				
	najaar 2013			444	12

3.2.3 Lokstroom

De lokstroom wordt gecreëerd door een tweetal pompen.

3.2.4 Continuïteit vismigratie

Er is geen continue vismigratie mogelijk, doordat de schuiven (net als bij een vissluis) om de beurt open zijn waardoor het migreren (schutten) in cyclussen gebeurt.

3.2.5 Tweezijdige passeerbaarheid

In het najaar tijdens de uittrek creëert de lokstroompomp via de pompinlaat, een stroming die de grote buisleiding in gaat. Zit er eenmaal genoeg vis in de buis, dan gaat de afsluiter aan de onderkant dicht, en gaat die aan het andere uiteinde open, waarna pomp nummer twee de vis het boezemwater inpompt. Hier wordt dus de vis een duwtje in de rug gegeven, een zogenaamde lift. In de nieuwe variant gaan vissen door de visvriendelijke pomp bij migratie richting de boezem. Uit de monitoring bleek dat vissen gebruik maken van de vislift om te migreren naar de boezemzijde. Als het gemaal draait blijkt dat het merendeel van de vissen door het gemaal naar buiten trekt.

3.2.6 Onderhoudbaarheid

Separate voorziening voor vismigratie, bestaande uit een lange buis, twee volledig geautomatiseerde pompen en 2 aandrijvingen ten behoeve van afsluiters, een niveau-drukmeter, verwarmingselement in pompput. Technisch mechanische voorziening vergt veel onderhoud. Mogelijk aanpassingen aan besturingsprogramma van het gemaal. De vismigratievoorziening moet minimaal circa 3 uur per dag in werking kunnen zijn (1-1,5 uur voor zonsopkomst en 1-1,5 uur na zonsondergang).

Storingen die er optraden waren die in de afsluiters. De toegepaste afsluiters (inclusief aandrijving) bleken onvoldoende robuust, iets wat bij nieuwe visliften makkelijk voorkomen kan worden.

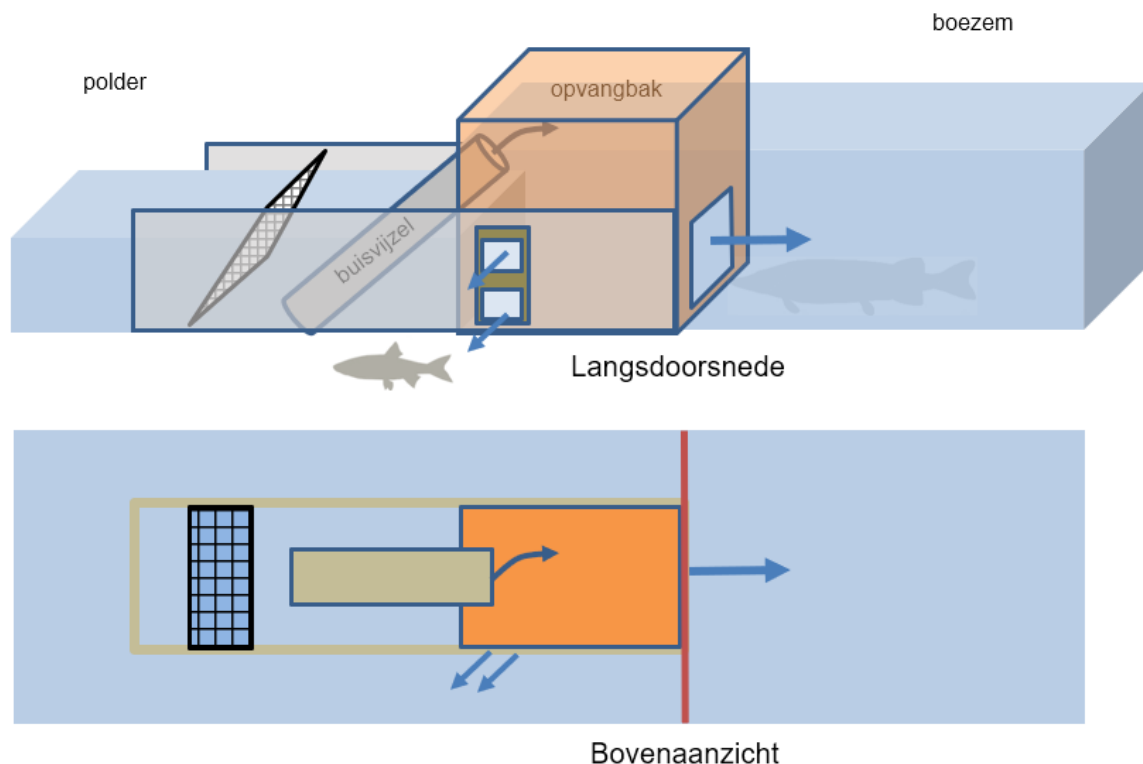
3.2.7 Ontwerpeisen

- Gewenste stroomsnelheid in de buis: maximaal 20 à 25 cm per sec
- De schuiven dienen waterdicht af te sluiten
- Indien de uitstroom direct grenst aan een gemaal met turbulent water, dan schermt men de in- en uitstroomzijde van de vispassage af tegen het turbulente water
- Tegen de vóórzijde van beide schuifstijlen dient een raamwerk van (kunststof) profielen te worden aangebracht ten behoeve van plaatsing voorziening voor vismonitoring

3.3 Buisvijzel/pomp met vrijverval vispassage (variant 2)

3.3.1 Werking

Aan de polderzijde wordt één grote opvangbak gemaakt voor zowel de inlaat- als de uitstroomopening. De buisvijzel of pomp vult de opvangbak met polderwater tot het niveau van de boezem. In de uitstroombak is een (automatische en/of handbediende) schuif aanwezig. Wanneer de schuif open staat heeft de uitstroombak een open verbinding met de boezem. Het uitstromende water zorgt voor een lokstroom op de boezem. Vissen krijgen via de opening of een leiding toegang tot de opvangbak. In de opvoerbak is een automatische afsluiter aanwezig om de vissen vanuit de opvoerbak naar de polder te laten migreren. Dit gaat via een afsluitbaar schot met één of twee openingen.



Figuur 3.2 Principe opstelling variant 2: vijzel met opvangbak en vrij verval leiding

Ervaringen

Dit principe is op vele locaties toegepast, zoals bij gemaal Halfweg (Hoogheemraadschap van Rijnland), gemaal Stroink (Waterschap Drents Overijsselse Delta) en als vispassage in de Afsluitdijk bij Den Oever (RWS-Midden Nederland).

3.3.2 Vissoorten

Verschillende bureaus hebben de vijzel/pomp met opvangbak gemonitord. Hieruit blijkt dat de vispassage door veel verschillende vissen wordt gebruikt (klein/groot, goede/slechte zwemmers). Alleen voor de locatie Halfweg is er een openbaar rapport beschikbaar (De Boer & Kroes, 2013).

Tabel 3.2 Overzicht van aantallen vissen en soorten die de vispassage bij gemaal Halfweg hebben gepasseerd (De Boer & Kroes 201)

Locatie	Periode	Aantal vissen opwaarts	Aantal soorten	Aantal vissen afwaarts	Aantal soorten
Vispassage Gemaal Halfweg	voorjaar 2013	113.000	13		
	najaar 2013			32	7

3.3.3 Lokstroom

De lokstroom wordt gecreëerd door een instelbare pomp of vijzel.

3.3.4 Continuïteit vismigratie

Er is continue vismigratie mogelijk, doordat de schuiven in de opvangbak permanent open zijn waardoor vissen vrij kunnen migreren.

3.3.5 Tweezijdige passeerbaarheid

De vispassage is via de buisvijzel of visvriendelijke pomp in stroomafwaartse richting passeerbaar. Vissen moeten dan wel via bewegende delen passeren met kans op eventuele beschadigingen. Een andere mogelijkheid is dat vissen via het lekwater de bak inzwemmen en vervolgens richting boezemwater zwemmen. Dit is iets minder waarschijnlijk omdat het hier om tegengestelde stromingsrichtingen gaat, hetgeen minder natuurlijk is.

Uit het onderzoek in 2012 bij gemaal Halfweg bleken aal en andere soorten vis geen gebruik te maken van de vispassage bij de stroomafwaartse migratie wanneer het gemaal gelijktijdig in bedrijf is. Echter, bij stroomafwaartse migratie bleken vissen nauwelijks gebruik van de vispassage te maken. Mogelijk speelt de positie van de lokstroomvijzel ten opzichte van het gemaal hierbij een rol. Bij Halfweg bevindt deze op geruime afstand van de intrede van het hoofdgemaal; mogelijk dat vissen hierdoor de intrede van de vispassage missen.

3.3.6 Onderhoudbaarheid

Het betreft een separate voorziening voor vismigratie, bestaande uit een buisvizel of visvriendelijke pomp, een opvangbak met afsluiters en indien nodig een uitstroomleiding. Mogelijk aanpassingen aan besturingsprogramma van het gemaal. De vismigratievoorziening moet minimaal circa 3 uur per dag in werking kunnen zijn (1-1,5 uur voor zonsopkomst en 1-1,5 uur na zonsondergang). In de opvoerunit is een visveilige buisvizel of pomp aanwezig die het water afvoert naar een opvoerbak. Bij gemaal Halfweg was een maximale capaciteit van 19 m³/min met een ondergrens van 9,5 m³/min toegepast. Een deel van het water stroomt weer terug via de openingen in de opvoerbak.

De afsluiters die onderdeel vormen van het proces kunnen in de praktijk een bron van storingen zijn. Bij het ontwerp dient hier rekening mee te worden gehouden zodat dit tot een minimum wordt beperkt.

3.3.7 Ontwerpeisen

- Gewenste stroomsnelheid in de buis: maximaal 20 à 25 cm per sec
- De schuiven dienen waterdicht af te sluiten
- Indien de uitstroom direct grenst aan een gemaal met turbulent water, dan schermt men de in- en uitstroomzijde van de vispassage af tegen het turbulente water
- Tegen de vóórzijde van beide schuifstijlen dient een raamwerk van (kunststof) profielen te worden aangebracht ten behoeve van plaatsing voorziening voor vismonitoring

3.4 FishTrack2.0 (variant 3)

3.4.1 Werking

Het FishTrack2.0 systeem werkt met behulp van één pomp die om beurten van stroomrichting verandert. In onderstaande uitleg wordt verwezen naar de figuren 3.4 en 3.5.

Stap 1 van de pompcyclus:

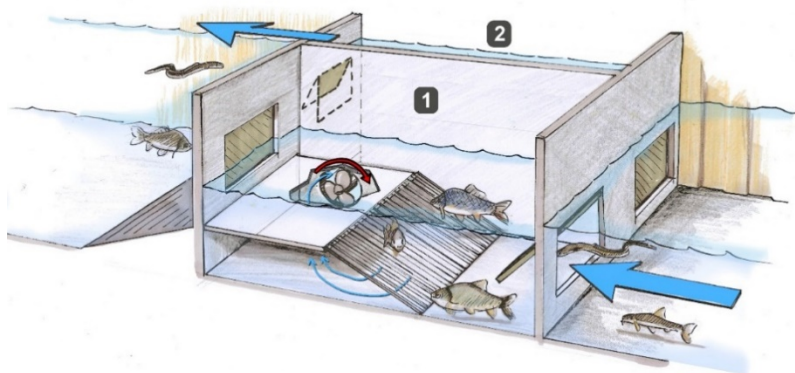
- De pompunit zuigt water aan uit ruimte 1 waardoor de terugslagklep opent en water wordt ingelaten. Het water wordt verpompt naar ruimte 2 via het fijnrooster, welke niet passeerbaar is voor vis
- De vissen die stroomafwaarts migreren zwemmen in ruimte 1 en worden tegengehouden door het fijnrooster

Stap 2 van de pompcyclus:

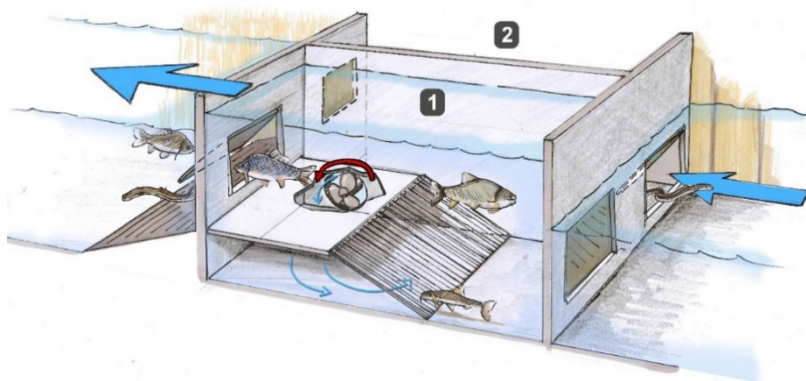
- De pomp schakelt om qua stromingsrichting
- Vanuit het lage pand worden nu vissen aangevoerd naar ruimte 2 en worden tegengehouden door het fijnrooster
- Het water wordt nu verplaatst van ruimte 2 naar ruimte 1. De vissen in beide ruimtes kunnen nu verder migreren in beide richtingen door de geopende terugslagkleppen (zie blauwe pijlen)
- Het fijnrooster in ruimte 1 wordt meteen 'schoongespoeld' en is daarmee onderhoudsvrij

Stap 3 van de pompcyclus:

- Herhaling van stap 1
- De vissen kunnen stroomopwaarts ruimte 1 verlaten; vanuit ruimte 2 kunnen de vissen stroomafwaarts verder migreren
- Het fijnrooster in ruimte 2 wordt meteen 'schoongespoeld' en is daarmee onderhoudsvrij



Figuur 3.3 Principe werking FishTrack stap 1 (en 3)



Figuur 3.4 Principe werking FishTrack stap 2

3.4.2 Vissoorten

Uit een tweetal evaluatie studies (gemaal Offerhaus en gemaal Usquert) bleek FishTrack goed passeerbaar voor kleine en grote vissoorten in zowel stroomop- als afwaartse richting (Visser & Kroes, 2015).

3.4.3 Lokstroom

De lokstroom wordt gecreëerd door een instelbare pomp.

3.4.4 Continuïteit vismigratie

Vismigratie is niet continu omdat de vissen moeten wachten in een wachtkamer, totdat de pomprichter wordt omgekeerd en ze door kunnen zwemmen. Door de beschikbaarheid van 2 kamers is de continuïteit wel hoger dan bij variant 1 (vissluis), en verschilt hierin dus van de vissluis.

3.4.5 Tweezijdige passeerbaarheid

Tijdens het onderzoek bij gemaal Usquert in 2015 bleken in totaal 606 vissen stroomafwaarts te zijn gepasseerd in 5 nachten. Dit betekent dat er 121 vissen per nacht stroomafwaarts door de vispassage zijn gegaan. Deze aantallen zijn onderverdeeld in 8 vissoorten, waaronder ook (schier)aal.

3.4.6 Onderhoudbaarheid

De FishTrack beschikt over eigen toe- en afvoervoorziening, uitkomend in het boven- en benedenstroomse pand. Bij regenval slaat het gemaal aan en wordt water afgevoerd. FishTrack werkt onafhankelijk van het gemaal. De instellingen voor de werking van de vispassage (periodes, intervaltijden, et cetera) kunnen worden geïntegreerd in het besturingsprogramma van het gemaal. De onderhoudsinspanning bestaat uit inspectie en onderhoud van de pomp en fijnroosters in de vismigratievoorziening. De vismigratievoorziening moet minimaal circa 3 uur per dag in werking kunnen zijn (1-1,5 uur voor zonsopkomst en 1-1,5 uur na zonsondergang). Het debiet is circa 8-9 m³/min.

Vóór de pompen bevinden zich fijnroosters (maaswijdte 8 mm) zodat vis niet in contact komt met draaiende delen. Door het omkeerprincipe wordt drijfvuil dat wordt tegengehouden ook weer teruggespoeld waardoor het fijnrooster schoon blijft. Uit voorzorg zijn de fijnroosters ophaalbaar gemaakt, zodat onderhoud vanaf maaiveld kan worden uitgevoerd.

Ervaringen

Gemaal Offerhaus

FishTrack-vispassage is toegepast bij Wetterskip Fryslân; het gemaal Offerhaus is hier als geheel omgebouwd naar het principe van FishTrack (2 pompkanalen die volgens het wisselprincipe werken en vis in- respectievelijk uitlaten met een capaciteit van 76 m³/min). Zowel ecologisch als technisch (beheer en onderhoud) zijn de ervaringen positief.

Gemaal Usquert

Een kleine uitvoering hiervan (FishTrack2.0) kan tevens worden geplaatst naast het gemaal als bypass. Een voorbeeld hiervan is de vispassage naast gemaal Usquert (9 m³/min). Uit monitoring bij Usquert blijkt dat deze vispassage 100 % vispasseerbaar is in beide richtingen.

Op de locatie Usquert blijkt dat de fijnroosters worden belast door aangroei van wier waardoor het doorstroomoppervlak afneemt. Het vergt regelmatig onderhoud om deze aangroei te verwijderen.



3.4.7 Ontwerpeisen

- Gewenste stroomsnelheid in de buis: maximaal 20 à 25 cm per sec
- De terugslagkleppen dienen waterdicht af te sluiten
- De terugslagkleppen dienen zodanig gebalanceerd te worden dat de openingshoek circa 90 graden is, zodat de vissen een zo groot mogelijke in- en uitzwemopening ter beschikking hebben
- Indien de uitstroom direct grenst aan een gemaal met turbulent water, dan schermt men de in- en uitstroomzijde van de vispassage af tegen het turbulente water
- Tegen de vóórzijde van in- en uitstroomzijde dient een raamwerk van (kunststof) profielen te worden aangebracht ten behoeve van plaatsing voorziening voor vismonitoring

4 Uitwerking variantenanalyse

4.1 Werkwijze beoordeling varianten

Voor de onderlinge vergelijking van de varianten zal een multicriteria-analyse (MCA) worden gebruikt. Hoe dit werkt wordt hieronder nader toegelicht. De beoordeling van de varianten vindt plaats op 10 kwalitatieve aspecten en 2 kostenaspecten. Deze worden per variant afzonderlijk inzichtelijk gemaakt.

De stappen die voor deze variantenstudie zijn verricht zijn als volgt:

1. Vaststellen varianten
2. Vaststellen criteria om varianten onderling te vergelijken
3. Locatiebezoek beide gemalen
4. Gezamenlijke sessie waterschap en adviesbureau
5. Bepalen weegfactoren per criterium
6. Bepalen scores varianten
7. Vaststellen voorkeursvariant

4.1.1 Weegfactoren

In een multicriteria-analyse is het mogelijk de uitkomsten per onderwerp te waarderen op mate van belang voor de te maken beoordeling. Aan bepaalde onderwerpen kan meer belang worden toegekend, waardoor deze meer invloed hebben op de uitkomst. In dit rapport wordt het belang van ieder geselecteerd criterium aangegeven met een wegingsfactor.

Tabel 4.1 Weegfactoren per criterium voor stroomop- en afwaartse vismigratie

Criterium	Beschrijving	Weegfactor
Vis (soorten)	Mate van bruikbaarheid (diversiteit) voor vissoorten van de voorziening	1,0
Vis (lengteklassen)	Spreiding in bruikbaarheid voor lengteklassen van de voorziening	0,9
Continuïteit vismigratie	Mate waarin continue migratie vismigratie mogelijk is	0,6
Tweezijdige migratierichting	Mate waarin zowel stroomopwaarts als afwaartse migratie mogelijk is	1,0
Duurzaamheid	Materialen, levensduur, aanpasbaarheid, hergebruik materialen	0,5
Energieverbruik	Het energieverbruik van de voorziening	0,5
Onderhoudbaarheid	De onderhoudsgevoeligheid en benodigde inspanning voor O&B	3,0
Techn. uitvoerbaarheid	Complexiteit en volwassenheid van de techniek	1,0
Inpasbaarheid op locatie	De mate waarin de voorziening inpasbaar is in de omgeving	0,7
Waterbeheersing	Betekenis voor het waterhuishoudkundig functioneren van het kunstwerk	1,0
Bouwkosten	Eénmalige aanlegkosten	1,0
Variabele kosten	Kosten voor beheer en onderhoud (exclusief energiekosten)	1,0

4.1.2 Kwalitatieve aspecten

Om de beoordeling onderbouwd en transparant te kunnen maken, is een helder afwegingskader met criteria ('wat speelt een rol?') noodzakelijk. Om uit de selectie van oplossingen tot een voorkeursoplossing te komen is daarom per locatie gebruik gemaakt van een multicriteria-analyse. De vismigratievoorzieningen worden middels een multicriteria-analyse kwalitatief beoordeeld op basis van de criteria en met de scores zoals omschreven in tabel 4.2. Deze criteria zijn relevant voor keuze van oplossingen, maar staan los van ontwerpcriteria als dimensies van bekkens, leidingen, debieten et cetera.

Tabel 4.2 Criteria en scores stroomopwaartse voor vismigratie

Criterium	Onderbouwing	Score
Vis (soorten)	Welke vissoorten kunnen gebruik maken van de voorziening?	
	Geschikt voor alle vissoorten	3
	Alleen geschikt voor aal, onzeker voor andere soorten	0
	Alleen geschikt voor aal	-3
Vis (lengteklassen)	Welke lengteklassen kunnen gebruik maken van de voorziening?	
	Geschikt voor alle lengteklassen (onder andere grote winde een aal)	3
	Geschikt voor nagenoeg alle lengteklassen	1
	Alleen geschikt voor kleine lengteklassen	0
	Onzeker	-3
Lokstroom	De hoeveelheid lokstroom welke opgewekt kan worden	
	Volledig afkomstig van voorziening	3
	Grotendeels (>50 %) afkomstig van voorziening	1
	Ten dele (<50 %) afkomstig van voorziening	0
	Afwezig	-3
Continuïteit vismigratie	In hoeverre is een continue migratie van vis mogelijk?	
	Continu mogelijk/vismigratie onafhankelijk van werking gemaal	3
	Niet continu mogelijk, maar > 50 % van de tijd/vismigratie niet mogelijk bij maximale capaciteit gemaal/stuw, meer continuïteit door aparte voorziening	0
	Vismigratie onmogelijk bij inzet maximale capaciteit gemaal/stuw	0
	Lokstroom afwezig of < 50 % van de tijd/vismigratie afhankelijk van waterbezwaar	-3
Tweezijdige migratierichting	Stroomafwaartse migratiemogelijkheden	
	Vrije migratie mogelijk in zowel op- als afwaartse richting	3
	Migratie afwaarts door bewegende pompdelen of via tegengestelde lokstroom	-1
	Migratie alleen in opwaartse richting	-3
Duurzaamheid	Materiaalkeuzes (beton, hout, kunststof, et cetera), mogelijkheid voor inpasbaarheid, recyclebaarheid en noodzaak funderen	
	Volledig inpasbaar, gerecyclede onderdelen, nauwelijks funderen	3
	Neutraal	0
	Niet herbruikbaar, zware constructie c.q. fundering	-3

Criterium	Onderbouwing	Score
Energieverbruik	Het energieverbruik van de voorziening	
	Laag energieverbruik (geen of minimaal)	3
	Normaal energieverbruik	0
	Fors energieverbruik (significant)	-3
Onderhoud	De mate van onderhoud vereist voor functionaliteit van constructie	
	Geen extra onderhoud vereist	3
	Beperkt onderhoud vereist (te combineren, eenvoudig)	0
	Extra onderhoud vereist aan aanvullende voorzieningen	-3
Technische uitvoerbaarheid	Complexiteit en volwassenheid van de techniek	
	In de praktijk succesvol toegepast concept	3
	Nieuwe technologie of veel onderdelen	0
	Nieuwe technologie en veel onderdelen	-3
Inpasbaarheid	Bepaald door mate waarin inspanningen nodig zijn om de installatie op die locatie te realiseren	
	Eenvoudige inpasbaarheid zonder grote civieltechnische ingrepen	3
	Geringe aanpassingen noodzakelijk	0
	Grote aanpassingen noodzakelijk	-3
Waterbeheersing	Betekenis voor het waterhuishoudkundig functioneren van het kunstwerk	
	Streefpeilen gegarandeerd	3
	Streefpeilen gegarandeerd (extra bemaling noodzakelijk of aanpassing/aanvulling aan voorziening (bijvoorbeeld afsluiter)	0
	Streefpeilen niet gegarandeerd	-3

4.1.3 Waterbeheersing

Vanuit oogpunt van waterbeheersing zorgt de lokstroompomp voor transport van water vanuit het lage pand naar het hoge pand. Wanneer er voldoende water beschikbaar is kan de lokstroompomp dus tevens dienst doen in het maalbeheer. Echter in tijden van droogte wordt dit als een nadeel ervaren, zeker als er geen of nauwelijks kwel aanwezig is. Voor alle drie de beschouwde varianten geldt dat de grootte van de lokstroompomp voor een belangrijk deel afhankelijk is van de locatie en niet van het gekozen systeem. Bij de dimensionering van de lokstroom op een locatie wordt twee criteria als maatgevend gesteld:

1. De stroming moet voldoende aantrekkingskracht hebben voor vissen (in het leefgebied). Dit is afhankelijk van de grootte van de watergang en de capaciteit van het gemaal
2. Daarnaast moeten in de installatie zelf de stroomsnelheden (in buizen et cetera) niet te hoog zijn voor bepaalde vissoorten en visgroottes. In de regel is een snelheid van 0,3 m/s het maximum

De verwachting is dat voor elke variant de lokstroomcapaciteit in dezelfde orde grootte zal liggen.

4.1.4 Kostenaspecten

In de afweging zijn de investeringskosten en de variabele kosten (kosten voor beheer en onderhoud) separaat beoordeeld. Beide zijn op 1,0 ingeschaald. Ondanks dat de variabele kosten naar verhouding een stuk lager zijn dan de investeringskosten, is vanwege het grote belang voor de beheerfase ook voor een hoge wegingsfactor gekozen.

Om de varianten op het aspect bouwkosten te kunnen vergelijken is een globale raming van de varianten opgezet, zie tabel 4.3. Het betreft een indicatieve raming met een grove onzekerheidsmarge aangezien er in dit stadium nog geen (schets-)ontwerp voorligt.

De genoemde bedragen hebben betrekking op:

- Bouwkosten (integrale bouwkosten, Civiel, Werktuigbouw en Elektrotechniek)
- Exclusief BTW

4.1.5 Totaalscore

In de totaalscore is het volgende verdisconteerd:

- Scores van de beoordelingsaspecten (kwalitatief en kosten)
- Vermenigvuldigingsfactor (weging) van de beoordelingsaspecten (tussen 0,0 en 1,0). Door het aantal ecologische aspecten wegen deze relatief zwaar mee in de totaalscore. Om het aspect onderhoudbaarheid voldoende mee te kunnen laten wegen is hiervoor een uitzondering gemaakt door deze een weegfactor 3,0 te geven
- Totaalscore bestaat uit sommatie van de kwalitatieve (10 stuks) én de kostenaspecten (2 stuks), gedeeld door het totaal aantal aspecten (dus 12 stuks)

Op basis van deze gegevens en de gegevens uit paragraaf 4.1 is de multicriteria-analyse uitgevoerd voor de hiervoor beschreven vismigratievoorzieningen. Het resultaat is in de navolgende paragrafen weergegeven voor gemaal Sichterman en gemaal De Delthe. Een tabel met de scores en eindresultaat is weergegeven in respectievelijk bijlage 1 en 2.

4.2 Toelichting MCA gemaal Sichterman

4.2.1 Kwalitatieve aspecten gemaal Sichterman

De locatie van gemaal Sichterman heeft als voordeel dat er aan de oostkant voldoende ruimte is voor het bouwen van een nieuwe vispassage, los van welke variant de voorkeur heeft. In de tabel van bijlage 1 is het resultaat van de multicriteria analyse opgenomen.

Op basis van gewogen scores voor criteria blijkt dat varianten 2 en 3 de meest gunstige oplossingsrichting bieden. Deze varianten scoren goed op zowel ecologische als technische aspecten. Hieronder zullen de belangrijkste criteria worden besproken.



1.3 Continuïteit vismigratie

Variant 1 heeft een discontinue werking. Het voordeel van de varianten 2 (en 3 in mindere mate) is dat er een continue migratie mogelijk is in zowel op- als afwaartse richting. Voor variant 2 is stroomopwaartse vismigratie zelfs permanent mogelijk, omdat er altijd een opening naar de polder is via het lekwater in de opvangbak. Dit is mogelijk tot een peilverschil van circa 0,5 m omdat daarboven de schuif gesloten moet worden vanwege te veel lekdebiet.

1.4 Tweezijdige passeerbaarheid

Nadeel van variant 2 is dat draaiende delen moeten worden gepasseerd door vissen bij afwaartse passage; hiervoor kunnen wel visveilige oplossingen worden gekozen (wat echter nog steeds minder optimaal is). Het beleid van het waterschap ten aanzien van vismigratie bij gemalen is dat deze bij nieuwbouw of renovatie worden voorzien van visveilige pompen met minimaal 95 % schadevrije vispassage. Indien dit niet mogelijk is, dan wordt er een goed functionerende wering aangebracht in combinatie met visveilige pompen van het gemaal (Van der Pouw Kraan, 2019). Dit percentage geldt voor de volledige installatie en voor de verschillende categorieën soort- en lengteklassen zoals vastgelegd in testprotocol NEN 8775. Dit is een gestandaardiseerd testprotocol voor het bepalen van vis schade bij opvoerwerken en turbines dat sinds 2019 in definitieve vorm gereed is. Bij soortgroepen en lengteklassen wordt uitgegaan van een gemiddelde lengte van 25 cm voor karperachtigen en 80 cm voor aal.

Er zijn diverse visvriendelijke pomp- en vijzeltypen op de markt die voldoen aan de normering van maximaal 5 % schade. Het betreft hier doorgaans wel opvoerwerktuigen die onderdeel uitmaken van het gemaal en dus een grotere capaciteit (en hierdoor grotere afmetingen) hebben. Het is denkbaar dat een visveilig opvoerwerktuig met lagere capaciteiten meer vis schade veroorzaakt. De vis schade van visveilige opvoerwerktuigen voor lagere capaciteiten (lees: geschikt voor lokstroompomp) zijn nagevraagd bij de leveranciers. Optimalisatie hierin is mogelijk door op voorhand bij de selectie pompen over te dimensioneren waardoor de kans op vis sterfte nog verder wordt geminimaliseerd.

1.5 Duurzaamheid

De toepassing van duurzame materialen is voor alle varianten vergelijkbaar. Voor de opvangbak met lokstroompomp/vijzel is de omvang van het materiaalgebruik iets geringer, waardoor deze variant iets hoger scoort op het aspect duurzaamheid; daarnaast zijn de gebruikte onderdelen universeel toepasbaar en daardoor makkelijker te hergebruiken.

1.6 Energieverbruik

Elke variant heeft een negatieve score op energieverbruik gekregen omdat het een tegennatuurlijke ingreep betreft met onderdelen die energie kosten. De score van de varianten is onderling vergeleken waarbij variant 1 de meeste energie zal vergen door de relatief grote hoeveelheid bochten en leidingwerk waaruit deze is opgebouwd. Variant 2 is daarin het minst complex waardoor het energieverbruik het laagst zal zijn. Variant 3 zit daar tussenin omdat deze minder hydraulische verliezen kent dan variant 1, maar wel uit 2 kamers bestaat waartussen uitwisseling van water plaatsvindt.

1.7 Onderhoudbaarheid

De verwachting is dat variant 1 - gezien het grotere aantal componenten met bewegende delen - het meeste onderhoud zal vergen. Voor variant 2 is dit in mindere mate het geval door één of meerdere schuiven en een opvoerwerktuig, maar deze kunnen nog wel storingen opleveren. Variant 3 zal de minste onderhoud vergen omdat deze alleen over terugslagkleppen, een lokstroompomp en een fijnrooster beschikt. Het fijnrooster is mogelijk gevoelig voor aangroei van algen/wieren (zie paragraaf 3.4.6). Dit levert echter geen storingen op.

1.8 Bewezen techniek / betrouwbaarheid

Alle varianten zijn inmiddels bewezen techniek, en kinderziektes zijn bekend en grotendeels ondervangen. Variant 1 heeft hier een lagere score gekregen door de complexere techniek.

1.9 Inpasbaarheid

Variant 2 is eenvoudiger in te passen dan de andere varianten, omdat deze minder ruimtebeslag heeft door de enkelvoudige uitvoering van het opvoerwerktuig. Voor variant 1 is meer inspanning nodig door het leidingwerk en complexiteit. Variant 2 zit qua inpasbaarheid tussen beide varianten in.

1.10 Waterbeheersing

Doordat het opvoerwerktuig met opvangbak (variant 2) een 'lek' heeft, stroomt er water weer terug de polder in. Dit maakt deze variant waterzuiniger, waardoor er een hogere score voor waterbeheersing is gegeven. Met name in de zomermaanden kan het ongewenst zijn dat het volledige lokstroomdebiet uit de polder wordt gepompt.

4.2.2 Kosten-aspecten gemaal Sichterman

Kostenaspecten als bouwkosten en variabele kosten spelen ook een rol bij de keuze van de vismigratievoorziening. In de navolgende tabel is een ruwe schatting gemaakt van de te verwachten bouwkosten weergegeven; in dit stadium is geen ontwerp en raming voorhanden, waardoor de onnauwkeurigheid van de raming groot is.

Tabel 4.3 Overzicht bouwkosten varianten bij gemaal Sichterman

Variant	Bouwkosten (exclusief BTW)
Vislift	EUR 400.000,00
Opvangbak, lokstroom, hoofdpomp	EUR 350.000,00
FishTrack	EUR 380.000,00

Daarnaast is een inschatting gemaakt van de variabele kosten voor de verschillende oplossingen (zie tabel 4.4); deze kosten zijn exclusief de energiekosten omdat dit een kwalitatief criterium is. De variabele kosten (gericht op beheer en onderhoud) zijn gebaseerd op ervaringen bij objecten elders in het land. De inspanning van het beheer en onderhoud zijn doorgaans vergelijkbaar met ieder ander gemaal. Onderdelen zijn onder andere smering, proefdraaien en reiniging installatie-onderdelen. De objectbeheerder besteedt hier hooguit 2-3 uur à EUR 35,00/u per 14 dagen aan. In het geval van de Vislift en de FishTrack is het onderhoud wellicht iets intensiever vanwege de



aangroei op de fijnroosters. Daarentegen beschikken Vislift en Buisvijzel met vrijverval vispassage over keerschuiven waarbij het risico op storingen kan optreden. Bij de Vislift is dit meer dan bij de buisvijzel, vandaar hier de hoogste variabele kosten.

Tabel 4.4 Variabele kosten varianten bij gemaal Sichterman

Variant	Jaarlijkse variabele kosten (exclusief BTW)
1. Vislift	EUR 2.940,00
2. Buisvijzel/pomp met vrijverval vispassage	EUR 1.680,00
3. FishTrack	EUR 2.520,00

De kosten voor monitoring zijn hierbij nog niet inbegrepen maar zouden hier feitelijk wel onderdeel van moeten uitmaken. De kosten hangen onder andere af van monitoringsduur en methode.

4.2.3 Eindbeoordeling MCA gemaal Sichterman

In bijlage 1 is de totale gewogen beoordeling weergegeven. Op basis van de gewogen beoordeling krijgt de FishTrack (variant 3) de hoogste totaalscore toegekend.

De gewogen eindscores zijn als volgt gerangschikt (op volgorde van eindscore):

1. Variant 3 : 1,01
2. Variant 2 : 0,69
3. Variant 1 : 0,14

4.3 Uitkomsten multicriteria-analyse gemaal De Delthe

4.3.1 Kwalitatieve afweging gemaal De Delthe

De locatie van gemaal De Delthe heeft als beperking dat er naast het gemaal weinig vrije ruimte is voor het bouwen van een nieuwe vispassage, los van welke variant de voorkeur heeft. In de tabel van bijlage 2 is het resultaat van de multicriteria analyse opgenomen.

Op basis van gewogen scores voor criteria blijkt dat varianten 2 en 3 de meest gunstige oplossingsrichting bieden. Deze varianten scoren goed op zowel ecologische als technische aspecten. Hieronder zullen de belangrijkste criteria worden besproken. Een aantal aspecten is vergelijkbaar met gemaal Sichterman (zie paragraaf 4.2).

1.3 Continuïteit vismigratie

Variant 1 heeft een discontinue werking. Vanwege de grotere opvoerhoogte bij De Delthe heeft alleen 3 hier het voordeel dat de continuïteit van de migratie het grootst is (door het toepassen van 2 kamers) in zowel op- als afwaartse richting. Voor variant 2 is stroomopwaartse vismigratie niet permanent mogelijk, omdat de opening naar de polder periodiek gesloten is vanwege een te grote lekwaterstroom vanuit de opvangbak.



1.7 Onderhoudbaarheid

Voor onderhoudbaarheid zie paragraaf 4.2.1 bij Sichterman. Bij De Delthe speelt wel mee dat onderhoud, los van de variantkeuze, lastiger uitgevoerd kan worden door de beperkte ruimte c.q. toegankelijkheid rondom het gemaal.

1.9 Inpasbaarheid op locatie

Bij gemaal De Delthe is de inpasbaarheid van alle 3 varianten minder goed dan bij Sichterman. De scores zijn hierdoor lager.

4.3.2 Kosten-aspecten gemaal De Delthe

De kostenafweging is exact hetzelfde als bij gemaal Sichterman. Voor de uitwerking hiervan wordt naar de vorige paragraaf verwezen. Eventueel benodigde grondaankoop is hierin niet meegenomen.

4.3.3 Eindbeoordeling gemaal De Delthe

In bijlage 2 is de totale gewogen beoordeling weergegeven. Op basis van de gewogen beoordeling krijgt de FishTrack (variant 3) de hoogste totaalscore toegekend.

De gewogen eindscores zijn als volgt gerangschikt (op volgorde van eindscore):

1. Variant 3 : 0,89
2. Variant 2 : 0,53
3. Variant 1 : 0,03

5 Conclusie en advies

5.1 Algemeen

Een multicriteria-analyse is een hulpmiddel om overzichtelijk een keuze uit meerdere varianten te kunnen maken. Het moet echter niet gezien worden als een absoluut beslismodel, en de uiteindelijke keuze kan afwijken van de getalsmatige uitkomst.

5.2 Conclusies gemaal Sichterman en De Delthe

5.2.1 Voorkeursoplossing gemaal Sichterman

De voorkeursoplossing betreft een FishTrack 2.0 (variant 3).

De uitstroombleiding komt zo dicht mogelijk uit bij de uitstroom van het gemaal en mondt uit in een hoek van circa 90 graden (met vloeiende bochten)

De vispassage kan op twee manieren onderdeel uitmaken van een bestaande leiding aan de oostzijde, zie onderstaande figuur 5.1.



Figuur 5.1 Inpassingsmogelijkheden van de vispassage bij gemaal Sichterman

5.2.2 Voorkeursoplossing gemaal De Delthe

De voorkeursoplossing betreft een FishTrack 2.0 (variant 3).

De uitstroombleiding komt zo dicht mogelijk uit bij de uitstroom van het gemaal en mondt uit in een hoek van circa 90 graden. De vispassage kan op twee manieren worden ingepast, zie onderstaande figuren. In de linker figuur is de gesloten leiding gesitueerd onder de verharding van de parkeerplaats. In de rechterfiguur is er een open leiding gesitueerd in het naastgelegen perceel. Hiervoor is het noodzakelijk om een deel van de grond aan te kopen.



Figuur 5.2 Inpassingsmogelijkheden van de vispassage bij gemaal De Delthe

De linker locatie verdient vooralsnog de voorkeur. Voorwaarde is wel dat alle onderhoudswerkzaamheden (zoals hijswerk) vanaf het terrein van het gemaal uitgevoerd kunnen worden. De weg naast het gemaal is de enige toegangsweg naar de achterliggende boerderij en wordt veel gebruikt (door de boer, melkauto, post/pakketbezorger, en dergelijke).

Verder heeft de rechter locatie als nadeel dat men te maken heeft met de ligging van bestaande kabels en leiding (voor de uitvoeringsfase) en met de bereikbaarheid voor onderhoud.

5.2.3 Eindconclusie voorkeursoplossing Sichterman en De Delthe

De insteek van het waterschap Noorderzijlvest is om voor beide gemalen dezelfde voorkeursvariant te kiezen. Voor zowel gemaal Sichterman als gemaal De Delthe wordt gekozen voor variant 3: de FishTrack.

5.3 Maatregelen ten aanzien van visveiligheid gemaalfunctie

De volgende maatregelen met betrekking tot beide gemalen zijn mogelijk:

- Aanpassingen beschoeping vijzels
- Aanpassingen aan krooshekken
- Visbumper aan intrede vijzels
- Maalbeheer met gereduceerd toerental, beide vijzels gelijktijdig
- Optioneel kan nog gekozen worden voor viswering

Bij de vijzels van beide gemalen lopen de schroefwindingen over de volle breedte door tot aan het uiteinde van de vijzel. Hierdoor slaan de eerste windingen bij elke draai door het water. Een tik van de winding kan vissen ernstig verwonden (Kunst et. al., 2008). Hoewel vijzels bekend staan als relatief visveilig wordt daarom aanbevolen (bij renovatie van het gemaal) toch rekening te houden met vis. Door de aanzienlijke tot hoge stroomsnelheid bij krooshek en intrede van de vijzel kan vis die vlak voor het gemaal zwemt moeilijk tot niet ontsnappen aan de pompen. De hoge stroomsnelheden kunnen daarnaast voor kleine en grote vissen leiden tot desoriëntatie, waardoor het risico op botsing met de pomp en predatie groter wordt.

Voor een vijzel bestaan twee visveilige varianten; de buisvijzel en de Witvijzel. Bij een De Witvijzel neemt de breedte van de vijzelbladen bij de vijzelintrede af, zodat de bladen naar de as van de vijzel teruglopen. Bij een buisvijzel loopt de eerste winding langzaam af in de buiswand (STOWA, 2012).

De dimensies van de huidige vijzels van beide gemalen zijn niet geschikt om een volledige De Wit-aanpassing te realiseren en vervanging door buisvijzels brengt hoge kosten met zich mee. Daarom wordt als alternatief voor een volledig visveilige oplossing de toepassing van een zogenaamde visbumper aanbevolen. Dit is een rubberstrip om de gevolgen van een botsing met de zogenaamde 'leading edge' te verminderen (zie figuur 5.3) en wordt veel toegepast bij turbinevijzels in Engeland (Kibel & Coe, 2011). Vooral bij grote vissen (> 40 cm) zijn de risico's om schade op te lopen door de botsing het grootst. Een harde rubberstrip kan dergelijke schade verminderen bij instroomsnelheden tot 3,5 m/s. Bij hogere stroomsnelheden presteren samendrukbare rubberen bumpers beter (Kibel et al., 2009). Net als bij de turbinevijzels, kan op de rand van de eerste winding van de vijzels een rubberen bumper worden geplaatst. De kosten voor een dergelijke bumper plus montage bedragen naar schatting EUR 2.500,00 exclusief BTW per vijzel.

Daarnaast wordt aanbevolen de eerste winding van de vijzels te voorzien van een ronde vorm. Naar verwachting zal het vermogenseffect bij een visbumper verwaarloosbaar zijn en is het niet nodig hiervoor het aandrijfvermogen te verhogen. De kosten om voor beide vijzels de eerste winding aan te passen en te voorzien van een rubberstrip worden geraamd op circa EUR 10.000,00 exclusief BTW.



Figuur 5.3 Voorbeeld van een rubberstrip die fungeert als bumper



Naast de aanpassing van de vijzels wordt aanbevolen om de stroomsnelheid bij krooshek en intrede van de vijzel omlaag te brengen. Momenteel zijn in het gemaal frequentieregelaars. Met de frequentieregelaars is het mogelijk om de vijzels met een lager toerental te laten draaien. Geadviseerd wordt het malen met een dermate laag toerental te starten dat de stroomsnelheid voor het krooshek 30 cm/s of lager is. Zo nodig kan het toerental tijdens het draaien oplopen, waarbij als beperking geldt dat de stroomsnelheid voor het krooshek lager dan 50 cm/s moet blijven.

Afgezien van het visveilig maalbeheer en de aanpassing aan het blad van de vijzels dient de spijlafstand van het krooshek geschikt te zijn om vis te laten passeren. Idealiter wordt aanbevolen te kiezen voor een minimale spijlafstand van 10 cm ¹. Daarnaast blijft het van belang om inrichting en onderhoud goed af te stemmen op de eisen van de vissoorten als driedoornige stekelbaars en aal, en andere kritische poldervissen. Het is daarom belangrijk dat er in de polder diepe plekken van voldoende omvang zijn om te voorkomen dat vissen in de winter en/of bij lage waterstanden richting het gemaal trekken en vervolgens onbedoeld uitgemalen worden. Het afstemmen van zowel inrichting (diepe plekken) als aangepast onderhoud op de eisen van kenmerkende vissoorten kan in reguliere werkzaamheden meegenomen worden en vraagt dan geen extra investeringen.

Een andere, relatief eenvoudige, oplossing is al genoemd in hoofdstuk 2: door de benodigde afvoercapaciteit te realiseren bij laag toeren en bij toenemende behoefte deze te verdelen over 2 vijzels bij (gereduceerd) toerental, wordt het risico op beschadiging van vis teruggebracht.

¹ Gemalen Sichterman en De Delthe zijn uitgerust met vingerbalkreinigers. Deze kunnen niet zonder meer worden aangepast met een andere spijlafstand. Daarnaast kan een vergroting van de spijlafstand schadelijk zijn voor de vijzels doordat drijf hout tussen de spijlen door kan komen in de vijzel kan komen

6 Geraadpleegde literatuur

De Boer, M.B.E. & M.J. Kroes (2013). Onderzoek vispassage boezemgemaal Halfweg. Monitoring en optimalisatie bedieningsprotocol vispassage, najaarsonderzoek (uittrek) 2012 en voorjaarsonderzoek (intrek) 2013. Tauw BV i.o.v. Hoogheemraadschap van Rijnland. Projectnummer 1211577.

Hop., J. (2014). Onderzoek visliften Woudse Polder en Holierhoekse- en Zouteveense polder. ATKB i.o.v. Hoogheemraadschap van Delfland. Rapportnummer: 20121066/rap01

Kibel, P., R. Pike & T. Coe (2009) The Archimedes screw turbine: assessment of three leading edge profiles - 8 mm steel edge, hard rubber and compressible bumper. Fishtek Consulting.

Kunst, J.M., B. Spaargaren, F.T. Vriese, M.J. Kroes, C. Rutjes, E. van der Pouw Kraan, & R.R. Jonker (2008). Gemalen of vermalen worden. Onderzoek naar visvriendelijkheid van gemalen. Projectnummer: 253293, Referentienummer: I&M-99065369-MK. Grontmij BV & VisAdvies BV in opdracht van STOWA.

Riemersma, P. & M.J. Kroes (2006). Van Wad tot Aa. Visie vismigratie Groningen Noord Drenthe 2005 - 2015. Grontmij Noord, Drachten/Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein, 111 pagina's (inclusief 3 bijlagen en 2 visiekaarten).

STOWA (2012a). Gemalen of vermalen worden? Onderzoek naar de visvriendelijkheid van 26 opvoerwerktuigen. Rapport 2012-04, Amersfoort.

Van der Pouw Kraan, E.A.J. (2019). Visie vismigratie van Wad tot Aa. Periode 2019 - 2027. Waterschap Noorderzijlvest, Sportvisserij Groningen-Drenthe.

Visser E.C. & M.J. Kroes (2015). Monitoring van de vismigratie via de FishTrack vispassage bij gemaal Usquert. Tauw BV i.o.v. Waterschap Noorderzijlvest. Projectnummer 1214523.

Kibel, P. & T. Coe (2011). Archimedean Screw risk assessment: strike and delay probabilities, FISHTEK.



Bijlage 1

Matrix multicriteria-analyse gemaal Sichterman

Gemaal Sichterman

Multicriteria analyse varianten vispassage

Variantenstudie



Interpretatie score		Scenario	Beoordeling			Gewogen beoordeling			
			1	2	3	1	2	3	
Uitstekend / geen inspanning		3	Wegingsfactor	Vissluis met 2 pompen	Buisvijzel/pomp met vrij verval vispassage	Fishtrack	Vissluis met 2 pompen	Buisvijzel/pomp met vrij verval vispassage	Fishtrack
Zeer goed / weinig inspanning		2							
Goed / matige inspanning		1							
Neutraal		0							
Matig / redelijke inspanning		-1							
Slecht / veel inspanning		-2							
Zeer slecht / zeer veel inspanning		-3							
1	Kwalitatieve aspecten								
1.1	Vissoorten	1,0	3	3	3	3,00	3,00	3,00	
1.2	Vis lengteklassen	0,9	3	2	3	2,70	1,80	2,70	
1.3	Continuïteit vismigratie	0,6	-2	1	0	-1,20	0,60	0,00	
1.4	Tweezijdige passeerbaarheid	1,0	3	-1	3	3,00	-1,00	3,00	
1.5	Duurzaamheid (excl energieverbruik)	0,5	0	0	0	0,00	0,00	0,00	
1.6	Energieverbruik	0,5	-3	-1	-2	-1,50	-0,50	-1,00	
1.7	Onderhoudbaarheid	3,0	-1	0	1	-3,00	0,00	3,00	
1.8	Betrouwbaarheid / bewezen techniek	1,0	1	2	2	1,00	2,00	2,00	
1.9	Inpasbaarheid op locatie	0,7	1	2	2	0,70	1,40	1,40	
1.10	Waterbeheersing	1,0	-1	1	-1	-1,00	1,00	-1,00	
Puntentotaal		som	10,2	4,00	9,00	11,00	3,70	8,30	13,10
Gemiddelde score naar aantal deelaspecten		aantal	10	0,40	0,90	1,10	0,37	0,83	1,31
2	Kosten aspecten								
2.1	Bouwkosten (integraal)	1,0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	
2.2	Variabele kosten (excl energiekosten)	1,0	-2	0	-1	-2,00	0,00	-1,00	
Puntentotaal		som	2,0	-2,00	0,00	-1,00	-2,00	0,00	-1,00
Gemiddelde score naar aantal deelaspecten		aantal	2	-1,00	0,00	-0,50	-1,00	0,00	-0,50
1	Rang Technische aspecten					3	2	1	
2	Rang Kosten aspecten					3	1	2	
Eindtotaal per variant				-0,60	0,90	0,60	0,14	0,69	1,01

Opmerkingen:



Bijlage 2

Matrix multicriteria-analyse gemeente De Delfhe

Gemaal De Delthe

Multicriteria analyse varianten vispassage

Variantenstudie



Interpretatie score

Uitstekend / geen inspanning	3
Zeer goed / weinig inspanning	2
Goed / matige inspanning	1
Neutraal	0
Matig / redelijke inspanning	-1
Slecht / veel inspanning	-2
Zeer slecht / zeer veel inspanning	-3

1		Kwalitatieve aspecten							
1.1	Vissoorten		1,0	3	3	3	3,00	3,00	3,00
1.2	Vis lengteklassen		0,9	3	2	3	2,70	1,80	2,70
1.3	Continuïteit vismigratie		0,6	-2	0	0	-1,20	0,00	0,00
1.4	Tweezijdige passeerbaarheid		1,0	3	-1	3	3,00	-1,00	3,00
1.5	Duurzaamheid (excl energieverbruik)		0,5	0	0	0	0,00	0,00	0,00
1.6	Energieverbruik		0,5	-3	-1	-2	-1,50	-0,50	-1,00
1.7	Onderhoudbaarheid		3,0	-1	0	1	-3,00	0,00	3,00
1.8	Betrouwbaarheid / bewezen techniek		1,0	1	2	2	1,00	2,00	2,00
1.9	Inpasbaarheid op locatie		0,7	-1	0	0	-0,70	0,00	0,00
1.10	Waterbeheersing		1,0	-1	1	-1	-1,00	1,00	-1,00
Puntentotaal		som	10,2	2,00	6,00	9,00	2,30	6,30	11,70
Gemiddelde score naar aantal deelaspecten		aantal	10	0,20	0,60	0,90	0,23	0,63	1,17
2		Kosten aspecten							
2.1	Bouwkosten (integraal)		1,0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
2.2	Variabele kosten (excl energiekosten)		1,0	-2	0	-1	-2,00	0,00	-1,00
Puntentotaal		som	2,0	-2,00	0,00	-1,00	-2,00	0,00	-1,00
Gemiddelde score naar aantal deelaspecten		aantal	2	-1,00	0,00	-0,50	-1,00	0,00	-0,50
1	Rang Technische aspecten						3	2	1
2	Rang Kosten aspecten						3	1	2
Eindtotaal per variant				-0,80	0,60	0,40	0,03	0,53	0,89

Opmerkingen: