

RAPPORT

Hydraulisch Ontwerp Poldergemaal Oudendoorn

Hydraulisch Ontwerp

Klant: Waterschap Hollandse Delta

Referentie: BG6807-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001

Status: Definitief/01

Datum: 15-7-2021

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

George Hintzenweg 85
3068 AX Rotterdam
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 90 00 **T**
+31 10 209 44 26 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Hydraulisch Ontwerp Poldergemaal Oudendoorn

Ondertitel: Hydraulisch Ontwerp
Referentie: BG6807-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001
Status: 01/Definitief
Datum: 15-7-2021
Projectnaam: PG Oudendoorn
Projectnummer: BG6807
Auteur(s): Willem Kes

Opgesteld door: Willem Kes

Gecontroleerd door: Christiaan Nieuwenhuizen

Datum: 15-07-2021

Goedgekeurd door: Jans Kruit

Datum: 15-07-2021

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Leeswijzer	2
2	Hydraulisch ontwerp algemeen	3
2.1	Algemene uitgangspunten	3
3	Hydraulisch ontwerp gemaal Oudenhorn	4
3.1	Samenvatting	4
3.2	Uitgangspunten	4
3.3	Ontwerp gemaal en leidingwerk	5
3.4	Diepteligging gemaal, onderdempeldiepte en NPSH	6
3.5	Stroomsnelheden	7
3.6	Pompbedrijf – realiseren hevelwerking	7
3.7	Regeling ontluchting persleiding	9
3.8	Motorkeuze en vermogen	9
3.9	Visvriendelijkheid	9
4	Waterveiligheid (passeren primaire kering)	11
5	Vispassage	14
5.1	Concept vispassage	14
5.2	Doelsoorten	15
5.3	Dimensioneren vispassage	15
5.4	Overige aandachtspunten	16

Tabellen

Tabel 3-1 - Maatgevende peilen polder Oudenhorn	4
Tabel 3-2 - Ontwerppeilen Haringvliet	4
Tabel 3-3 - Bedrijfssituaties Gemaal Oudenhorn	4
Tabel 3-4 - Persleidingen gemaal Oudenhorn	6
Tabel 3-5 - NPSH Gemaal Oudenhorn	7

Figuren

Figuur 1 - Gemaal Oudendoorn, aan de Zeedijk 3.	1
Figuur 2: Uitsnede uit NEN3651	11
Figuur 3: Uitsnede uit de NEN3651	12
Figuur 4: Principe vispassage	14

Bijlagen

Peilmatenschema
Pomp- en Systeemcurve
Stroomsnelheden
Maatschets Vision 90 MC

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het gemaal Oudenhoorn bevindt zich aan de Zeedijk 3 te Oudenhoorn en dateert uit 1970. Het gemaal bestaat uit een gemaalgebouw binnendijs, een persleiding door het dijklichaam met uitstroomconstructie buitendijs in het Haringvliet. De persleiding bevindt zich in de primaire waterkering (Dijkkring 20). De persleiding bevat binnendijs een aftakking die gebruikt wordt om zoet water in te laten. In 1984 is deze aftakking aangelegd. Bij het CMK project (Compenserende Maatregelen Kierbesluit) is een nieuwe inlaat aangelegd d.m.v. een hevelleiding bij polder Beningerwaard. Het gemaal dient voor de bemaling van de polder Oudenhoorn en heeft een capaciteit van 90 m³/min (afvoernorm 1,5 l/s/ha).

Het gemaal draait nu minimaal, o.a. vanwege de geluids-, trillings- en stank overlast. De dieselmotor is sterk verouderd en is einde levensduur en moet worden vervangen. Bij renovatie/nieuwbouw van een object is de ontwerpnorm 2 l/s/ha het uitgangspunt. Om aan deze afvoernorm te voldoen is een pompcapaciteit nodig van 137 m³/min. Dit is niet haalbaar met de huidige pompinstallatie.

Het doel van het project is het realiseren van de nieuwe vereiste capaciteit van 137 m³/min door middel van nieuwbouw van het gemaal Oudenhoorn inclusief dijk kruising en uitstroomwerk, op de locatie van het huidige gemaal. Door het vergroten van de pompcapaciteit voldoet het gehele bemalingsgebied van Voorne-Oost aan de afvoernorm van 2 l/s/ha. Daarnaast is het realiseren van een vispassage ook onderdeel van dit project.



Figuur 1 - Gemaal Oudenhoorn, aan de Zeedijk 3.

1.2 Leeswijzer

De lezer wordt geadviseerd de tekst van deze rapportage te lezen met daarbij de bijbehorende bijlagen. De bijlagen geven inzicht in het ontwerp en de belangrijkste uitgangspunten.

In Hoofdstuk 2 worden de ontwerp uitgangspunten benoemd. In Hoofdstuk 3 wordt het hydraulisch ontwerp van het gemaal besproken. Hoofdstuk 4 behandelt de waterveiligheid a.g.v. het passeren van een primaire kering. Hoofdstuk 5 gaat over de vispassage.

2 Hydraulisch ontwerp algemeen

Als uitgangspunt voor het realiseren van de nieuwe vereiste capaciteit van 137 m³/min wordt uitgegaan van nieuwbouw op de plaats van het bestaande gemaal, waarbij een volledig nieuwe pompinstallatie geplaatst zal worden.

Momenteel beschikt gemaal Oudendoorn ook over de mogelijkheid tot het inlaten van water d.m.v. een aftakking op de persleiding. Deze mogelijkheid tot inlaten is om twee redenen niet gerealiseerd voor het nieuwe gemaal.

Allereerst is bij het CMK project (Compenserende Maatregelen Kierbesluit) een nieuwe inlaat aangelegd d.m.v. een hevelleiding bij polder Beningerwaard. Daarnaast is nu gekozen voor een hydraulisch ontwerp waarbij de vacuüminstallatie overbodig is voor het reguliere bedrijf van het gemaal. Zonder vacuüminstallatie is water inlaten door de persleiding echter niet mogelijk.

2.1 Algemene uitgangspunten

Voor dit project gelden een aantal algemene uitgangspunten:

- Wandruwheid
 - Minimaal: $k = 0,2 \text{ mm}$
 - Maximaal: $k = 1 \text{ mm}$

- Lokale verliezen
 - Verval over krooshek $0,10 \text{ m}$
 - Afpomping over peilgebied $0,10 \text{ m}$
 - Verlies terugslagklep $X_i = 1,40$
 - Verlies vlinderklep $X_i = 0,15$
 - Verlies bochten conform ontwerprichtlijnen 'Handbook of Hydraulic Resistance', I.E. Idel'chik.

- De stroomsnelheden in de persleiding zijn zo bepaald dat het gemaal visvriendelijk is en dat de snelheden in de uitstroom beperkt zijn in verband met de bodembescherming. Zie ook bijlage 3.

Uitgangspunt is regeling van het gemaal op basis van vast streefpeil. Daarnaast wordt rekening gehouden met een bandbreedte rondom dit streefpeil (in- en uitslagpeil).

Let op!

Met polderdaling wordt geen rekening gehouden omdat geen gegevens beschikbaar zijn. Omdat dit wel effect kan hebben op de beschikbare onderdompeldiepte van de pomp dient polderdaling in een latere fase bekeken worden.

In het huidige ontwerp is nog enige marge (+/- 30 cm) aanwezig qua diepteligging van het gemaal om eventuele polderdaling op te nemen.

3 Hydraulisch ontwerp gemaal Oudendoorn

3.1 Samenvatting

Pompinstallatie

Op basis van het vereiste debiet, de beschikbare ruimte in het gemaal en de waterpeilen aan pers- en zuigzijde is gekozen voor een Bosman Vision 90 Metal Casing pomp.

Persleiding

Voor de nieuwe persleiding is gekozen voor een diameter van Ø900 mm. Het materiaal is nog niet vastgelegd in deze fase. Bij de materiaalkeuze dient rekening gehouden te worden met de aanvullende eisen voor het passeren van een primaire kering, conform NEN3651.

Bovenstaande ontwerpkeuzes worden verder toegelicht in paragraaf 3.3 t/m 3.9.

Het peilmatenschema (bijlage 1) geeft een totaaloverzicht van het hydraulisch ontwerp van het gemaal en de persleiding, en wordt geadviseerd om bij de hand te houden bij het doornemen van dit hoofdstuk.

3.2 Uitgangspunten

In onderstaande tabel zijn de maatgevende peilen aan de polderzijde weergegeven die zijn gebruikt voor het ontwerp van gemaal Oudendoorn.

Tabel 3-1 - Maatgevende peilen polder Oudendoorn

Peil	Waterstand
Streefpeil	NAP -2,25 m
Inslagpeil	NAP - 2,15 m
Uitslagpeil	NAP - 2,35 m

In onderstaande tabel zijn de maatgevende peilen van de Haringvliet weergegeven die zijn gebruikt voor het ontwerp van gemaal Oudendoorn.

Tabel 3-2 - Ontwerppeilen Haringvliet

Peil	Waterstand
Laag Peil	NAP +0,00 m
Mediaan waterstand	NAP +0,50 m
Maatgevend Hoog Water (MHW)	NAP +2,52 m

Op basis van bovenstaande peilen zijn systeemcurven van het systeem opgesteld. Hierbij zijn de volgende peilcombinaties gebruikt. De onderstaande peilen aan de zuigzijde zijn inclusief het verhang en verlies door krooshek.

Tabel 3-3 - Bedrijfsituaties Gemaal Oudendoorn

Zuigzijde	Perszijde	Ruwheidsfactor	Peil zuigzijde [mNAP]	Peil perszijde [mNAP]
Minimaal peil	Stortpunt op de dijk	K = 1 mm	-2,55	+4,65
Minimaal peil	Stortpunt op de dijk	K = 0,2 mm	-2,55	+4,65

Streefpeil	Maatgevend Hoog Water	K = 1 mm	-2,25	+2,52
Streefpeil	Maatgevend Hoog Water	K = 0,2 mm	-2,25	+2,52
Streefpeil	Gemiddeld peil	K = 1 mm	-2,25	+0,50
Streefpeil	Gemiddeld peil	K = 0,2 mm	-2,25	+0,50
Maximaal peil	Laag Peil	K = 1,0 mm	-2,15	+0,00
Maximaal peil	Laag peil	K = 0,2 mm	-2,15	+0,00

De pompcurven vormen samen met bovenstaande systeemcurven de pomp- en systeemcurven van het gemaal. De pomp is hierbij zo gekozen dat het hoogste rendement optreedt bij het werkpunt dat het vaakst optreedt, en niet bij het maximale werkpunt. De pomp zal over het algemeen niet de maximale capaciteit verpompen; een dergelijk grote afvoer (bij veel neerslag) komt slechts gedurende beperkte tijd voor. Om die reden draait de pomp op een hoger rendement bij een lager debiet, rond 4000-5000 m³/h.

Daarbij moet gezegd worden dat het verschil in rendement minimaal is (2 á 3 procent). De Vision 90 MC heeft een zodanig vlakke rendementscurve dat in bijna alle werkpunten een zeer hoog hydraulisch rendement (+/- 80%) gehaald wordt.

Dit meest voorkomende werkpunt waarbij de maximale hydraulische efficiëntie behaald wordt is streefpeil in de polder (-2,25 m NAP) en gemiddelde waterstand in de Haringvliet (+0,50m NAP).

Het minimale debiet is bepaald op 3600 m³/h. Dit levert een voldoende breed regelgebied op om zeer flexibel om te gaan met alle mogelijke situaties, en bij deze capaciteit vindt nog steeds gastransport plaats.

De pomp- en systeemcurven zijn weergegeven in bijlage 2.

3.3 Ontwerp gemaal en leidingwerk

Pompen

Voor de nieuwbouw van gemaal Oudenhorn is een visvriendelijke pomp van het type Metal Casing geselecteerd. Er is gekozen voor de Vision 90 van het fabricaat Bosman. Deze pomp past hydraulisch goed, en levert bovendien het gewenste debiet met een hoge efficiëntie en een breed regelgebied. Door het toepassen van een moderne elektromotor en frequentie omvormer kan het gemaal nauwkeurig op debiet sturen tussen minimaal (60 m³/min) en maximaal (137 m³/min) debiet, afhankelijk van de heersende waterpeilen en/of verwachte neerslag.

Er is uit circulaire overwegingen gekozen voor de Metal Casing variant boven de betonnen slakkenhuis variant (Concrete Volute). Hiermee wordt de totale hoeveelheid beton in het pompstation beperkt. Hydraulisch functioneren deze varianten praktisch gelijk.

Schotbalken

De huidige voorzieningen voor het droogzetten van het gemaal zijn verouderd en/of functioneren niet naar behoren. Een nieuwe set schotbalken en bijbehorende sponningen voor het droogzetten van het gemaal dienen in een latere fase van dit project ontworpen te worden, waarbij het uitgangspunt is om ofwel dezelfde maat schotbalken te gebruiken van nabijgelegen gemalen van het waterschap, of gebruik te maken van in maat verstelbare schotbalken.

Krooshek

Gemaal Oudendoorn krijgt een nieuw krooshek, met geautomatiseerde krooshekreiniger van het type bovenloopreiniger bij de instroom met een breedte van 3,2 m. De precieze dimensionering van dit krooshek wordt in een latere fase verder uitgewerkt. Vooralnog is het uitgangspunt om een tussenafstand tussen de spijlen van 100mm te hanteren bij een krooshek hoek van 75 graden. Zie bijlage 1 (peilmatenschema) voor een overzicht van het huidige krooshek ontwerp.

Leidingwerk

Voor de nieuwe persleiding is gekozen voor een diameter van Ø900 mm. Deze diameter is gekozen om een voldoende hoge stroomsnelheid te realiseren om gastransport mogelijk te maken. Door het realiseren van een voldoende hoge stroomsnelheid in de persleiding is ontluichten van de leiding door middel van een vacuüm installatie niet nodig. Ontluchting vindt plaats door het meevoeren van de lucht met het verpompte medium.

Omdat de persaansluiting van de pomp Ø1000 is, dient deze te verlopen naar Ø900. Om ruimte te besparen is dit verloop geïntegreerd in het muurdoorvoerstuk van het gemaal.

Bij de uitstroomconstructie wordt verwijd van Ø900 naar Ø1200 om de stroomsnelheden te verlagen. Lagere stroomsnelheden zijn gunstig voor de bodembescherming en de visvriendelijkheid van het gemaal.

De leiding diameters zijn weergegeven in Tabel 3-4.

Tabel 3-4 - Persleidingen gemaal Oudendoorn

Leidingdeel	Diameter
Ø Persaansluiting	DN1000
Ø Afsluiter in gemaal	DN1000
Ø Persleiding na vernauwing in muurdoorvoerstuk	DN900
Ø Verwijding einde van persleiding	DN1200
Ø Terugslagklep	DN1200

Aansluitvoorziening noodpomp

In het ontwerp is een aansluiting voorzien voor een tijdelijke pompinstallatie. Deze aansluiting bevindt zich direct buiten het gemaal. Omdat geen informatie beschikbaar is over het precieze type TPI dat het waterschap hanteert is uitgegaan van een aansluiting van DN900, gelijk aan de persleiding.

De aansluiting is eenvoudig bereikbaar aan de voorzijde van het gemaal direct naast de toegangsweg.

3.4 Diepteligging gemaal, onderdompeldiepte en NPSH

De diepteligging van het gemaal wordt gedicteerd door de minimaal benodigde onderdompeldiepte van de pomp, en de vereiste voordruk (NPSH) van de pomp.

Daarnaast speelt in dit geval nog een praktische afweging mee: de uitgaande persleiding passeert een weg (tussen het gemaal en de dijk), waarbij een minimale vereiste gronddekking nodig is o.b.v. de NEN3650 en 3651. De uitgaande persleiding mag nergens naar beneden gekanteld liggen (d.w.z. een zogenaamd 'neergaand' been hebben) om luchttransport zo optimaal mogelijk te laten verlopen. De pomp

dient dus voldoende diep te liggen zodat de persleiding rechtdoor de weg kan passeren met voldoende gronddekking.

Onderdompeldiepte

De pompen dienen voldoende onderdompeldiepte te hebben om vortexvorming en luchtaanzuiging te voorkomen. De benodigde onderdompeldiepte is opgegeven door de fabrikant (Bosman) en bedraagt 2,64m. Op basis van deze vereiste is de diepteligging van het gemaal bepaald op -5,20m NAP.

NPSH

De NPSH is bekeken voor verschillende werkpunten, weergegeven in Tabel 3-5. Voor ieder van de werkpunten is de daadwerkelijk beschikbare voordruk (NPSH_a) groter dan de benodigde voordruk (NPSH_r) opgegeven door de pompleverancier. Hiermee voldoet het ontwerp aan de benodigde voordruk.

Tabel 3-5 - NPSH Gemaal Oudenhoorn

Zuigzijde	Perszijde	Debiet [m ³ /h]	NPSH _r [m]	NPSH _a [m]
Minimaal peil	Stortpunt op de dijk	4.800	9,75	10,50
Streefpeil	Gemiddelde waterstand	8.220	6,27	9,70
Streefpeil	Gemiddelde waterstand	3.600	3,90	9,60

3.5 Stroomsnelheden

De stroomsnelheden zijn weergegeven in bijlage 3. Omdat in dit ontwerp gebruik wordt gemaakt van ontluchting d.m.v. stroomsnelheid, zijn de maximale snelheden soms hoger dan de ANSI adviseert. Omdat dit een expliciete ontwerpkeuze is waarbij rekening is gehouden met de bijbehorende nadelen (hydraulische weerstand) levert dit geen problemen op.

3.6 Pompbedrijf – realiseren hevelwerking

Om het systeem op te kunnen starten zonder vacuüminstallatie is het tracé van de persleiding aangepast. Aan het einde van het stijgende leidingdeel naar de dijk is een korte “bult” toegepast met een BOK op de kerende hoogte (NAP +4,20 m). Bij het starten van de pomp zal deze door de open ontluchter (normaal geopend) enige tijd tegen de BOK-hoogte van de “bult” (NAP +4,20 m) pompen tot het horizontale leidingdeel volledig gevuld is met water. De pomp ‘ziet’ dus al het leidingwerk na de bult niet. Afhankelijk van de heersende waterstand in de Haringvliet zal ook de neergaande leiding gevuld worden met water tot aan dit waterpeil (plus de weerstand van de terugslagklep en het leidingwerk voor deze klep).

Wanneer het grootste deel van de lucht het systeem heeft verlaten wordt de ontluchter dicht gestuurd. De resterende luchtbel wordt door het verpompte water afgebroken en meegevoerd en verlaat het systeem via de leiding zelf. Om dit gastransport te garanderen dient met een voldoende hoge stroomsnelheid gepompt te worden. Deze stroomsnelheid wordt aangeduid d.m.v. het Froudegetal; een dimensieloos maat voor de stroomsnelheid ten opzichte van de leidingdiameter. Zij hiervoor bijlage 3, stroomsnelheden.

De hoek van het neergaand been is bepalend voor de vereiste stroomsnelheid. Een flauwere hoek vereist een grotere stroomsnelheid, een verticale leiding vereist de laagste stroomsnelheid. In dit ontwerp is gekozen voor een hoek van 60 graden, waarbij een balans is gezocht tussen de vereiste stroomsnelheid, praktische maakbaarheid, pompvermogen en inpassing in het dijklichaam.

Op deze wijze wordt gastransport door de gehele leiding inclusief het neergaande been gegarandeerd.

Wanneer de lucht uit de leiding is verwijderd en de hevelwerking tot stand is gekomen 'ziet' de pomp het resterend leidingwerk en de terugslagklep wel. In dit werkpunt gaat het opgenomen vermogen substantieel omlaag omdat de hevelwerking tot stand is gekomen.

3.7 Regeling ontluchting persleiding

- 1) De pomp wordt gestart en opgetoerd tot een toerental waarbij voldoende gastransport plaatsvindt. Dit is het werkpunt op de dijk: 276 min⁻¹ en debiet 4.800 m³/h. De afsluiter van de ontluchting op de dijk is open.
- 2) De afsluiter wordt een bepaalde tijd na het starten van de pomp gesloten. Deze tijd is afhankelijk van de opstartprocedure van de pomp zelf. Deze tijd tussen starten pomp en sluiten van de afsluiter kan met een timer functie worden ingesteld en zal in een latere fase bepaald worden. Na het sluiten van de afsluiter vindt gastransport plaats in het neergaand been, de pomp draait dan nog op hoge toeren. Dit duurt net zo lang tot al het gas getransporteerd is. Met het afbreken van het gas kan de pomp terugtoeren.
- 3) De hevelwerking is tot stand gekomen. De pomp gaat over op de normale debietregeling gebaseerd op de peilen in de polder en de Haringvliet, en zal terugtoeren naar het gewenste toerental.
- 4) Op het moment dat de pomp het uitslagpeil bereikt heeft wordt deze teruggetoerd naar minimaal debiet en vervolgens automatisch afgeschakeld. De afsluiter van de ontluchter wordt tegelijk met het uitschakelen van de pomp open gezet. Hiermee wordt de hevelwerking verbroken.

Noot: Op basis van berekeningen kan in een latere fase worden bepaald hoelang het duurt tot de leiding volledig gevuld is tot de 'bult'. Deze waarde is instelbaar en dient tijdens inbedrijfname te worden gecontroleerd en eventueel te worden geoptimaliseerd.

3.8 Motorkeuze en vermogen

Voor het bepalen van het pompvermogen is de weerstandcurve met het stortpunt op de dijk niet maatgevend. Op de pomp- en systeemcurve is te zien dat maximaal debiet bij een gemiddeld of bovengemiddeld buitenwaterpeil een groter vermogen vereist dan bij het opstarten.

Geadviseerd wordt te kiezen voor een permanent magneetmotor. Dit vanwege de zeer hoge en constante rendementen van de motor en competitieve prijzen. Op basis van het uiterste werkpunt, zoals beschreven in paragraaf 3.2, is een motorvermogen nodig van minimaal 265 kW (210 kW + 25% marge in deze fase).

Bij de lokale nutsbeheerder dient een voldoende grote aansluiting aangevraagd te worden, aangezien deze momenteel nog niet beschikbaar is.

3.9 Visvriendelijkheid

Het thema visveiligheid wordt steeds belangrijker voor de waterschappen in Nederland, nieuwe gemalen moeten visveilig worden ingericht. Dit betekent niet alleen dat de pomp visvriendelijk is, maar ook dat het verdere ontwerp van o.a. de persleiding, uitstroomconstructie, etc. visvriendelijk is.

Naast praktijktesten die uitwijzen dat de Bosman Vision 90 visvriendelijk is, wordt ook gebruik gemaakt van de nieuwe NEN 8775 Visveiligheid van gemalen.

Deze norm focust zich voornamelijk op het testen van de visvriendelijkheid van pompen; er worden echter wel een aantal parameters en ontwerpkeuzes beschreven die van invloed zijn op de visvriendelijkheid van een gemaal, waaronder:

- Lage toerentallen en stroomsnelheden hebben een positief effect op de overlevingskans van de vissen. Ook veranderingen in stroomsnelheden moeten geleidelijk plaatsvinden.

Als norm wordt hier aangehouden dat toerentallen <500 rpm visvriendelijk zijn. De Vision 90 zit hier ruim onder. Qua stroomsnelheden wordt uitgegaan van de minimale benodigde stroomsnelheden voor het hydraulisch functioneren van het gemaal.

- Scherpe bochten en randen dienen zo veel mogelijk voorkomen te worden.

Bij Oudenhoorn wordt daarom aangeraden bochten met een bochtstraal van $2 \cdot$ diameter toe te passen. Daarnaast worden grote hoeken vermeden waar mogelijk.

- Voor de uitstroom is het van belang dat de stroomsnelheden laag zijn, dit vermindert de botsingskans.

Hiertoe verwijdt de persleiding voor de uitstroom.

Om het gemaal zo visvriendelijk mogelijk te maken adviseren wordt geadviseerd om de pompen langzaam op te starten en langzaam uit te schakelen. Het uitschakelen van de pompen vindt altijd plaats vanaf het minimum debiet. De acceleratie- en de-acceleratie-tijden voor het uitschakelen van de pompen kunnen worden ingesteld in de regeling met een timerfunctie of in het menu van de frequentie-omvormers ingebracht.

De onderdrukken in het neergaand been na de tunnel blijven beperkt en zijn niet schadelijk voor de vissen. De onderdrukken in het neergaande been bedragen circa -2,5 mWk.

De persleiding is uitgevoerd zonder kleppen met uitzondering van de terugslagklep in de uitlaatconstructie. De snelheid ter plaatse van de terugslagklep varieert van 0,88 m/s bij 60 m³/min tot 2,00 m/s bij 137 m³/min. Door de kleppen af te ronden kunnen de vissen daar geen schade oplopen.

Aan het einde van de uitstroomconstructie zullen de stroomsnelheden bij uitmonding in de Haringvliet door het beschikbare uitstroomoppervlak en de weerstand van het water in de constructie verder zijn afgenomen.

4 Waterveiligheid (passeren primaire kering)

Voor het passeren van een primaire kering met een persleiding zijn aanvullende eisen vastgelegd in NEN3651. In overeenstemming met deze eis ligt de persleiding met b.o.b. boven de (nieuwe) dijktafelhoogte van +4,20m NAP.

Dit is de meest veilige ontwerpmethodede, maar levert ook de hoogste ligging van de persleiding op. De dekking is op basis van het huidige maaiveld (AHN3) niet overal voldoende (minimaal 1 meter) en het maaiveld zal dus moeten worden opgehoogd.

Een alternatief is om de leiding lager te leggen dan de dijktafelhoogte; NEN3651 staat dit toe in overleg met de beheerder van de waterkering.

8.1.3 Primaire waterkering

8.1.3.1 Verticaal alignement

De minimale gronddekking boven de leiding tussen de tenen van de dijk en in de veiligheidszones moet 1,0 m bedragen. In het algemeen moet de kruisende leidingstrekking zo in het dwarsprofiel worden gealigneerd dat deze ook na zakking van de leiding boven de dijktafelhoogte ligt.

In overleg met de beheerder van de waterkering kan de leiding met de onderkant lager dan de aanwezige of nog te maken kruinhoogte worden gelegd, echter niet lager dan het ontwerppeil vermeerderd met de te verwachten zakking van de leiding en 0,1 m reserve.

Figuur 2: Uitsnede uit NEN3651

Dit heeft een aantal voordelen:

- Meer dekking op de leiding; ophogen maaiveld niet nodig.
- Lager stortpunt bij het opstarten met als gevolg sneller ontluichten, minder vermogen nodig.

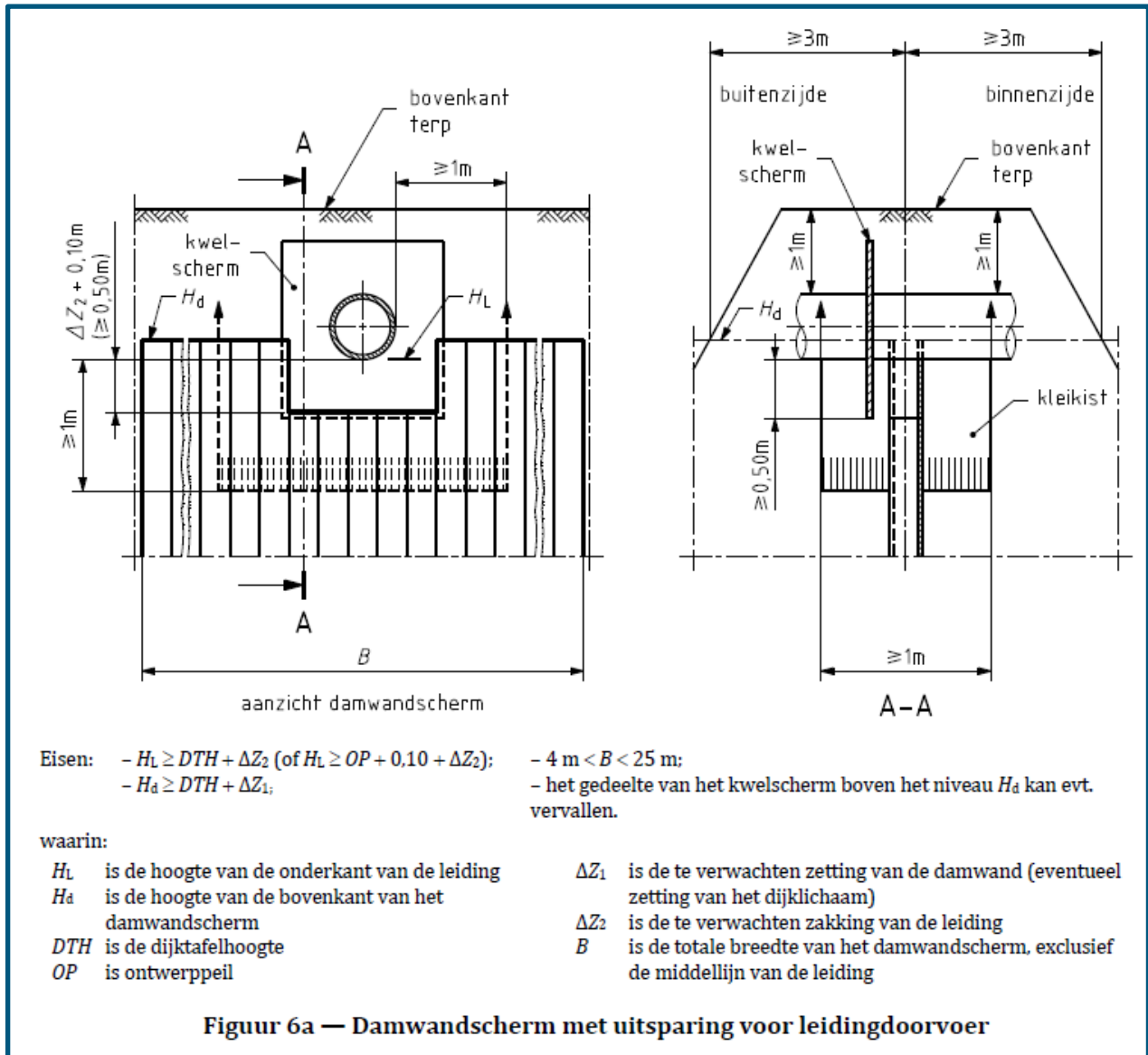
Potentiële nadelen:

- Gedetailleerdere berekening benodigd om waterveiligheid te toetsen.
- Uitvoeringstechnisch mogelijk moeilijker.

Als de beheerder openstaat voor het verkennen van deze optie is dit een potentiële optimalisatie van het ontwerp.

Bij het huidige ontwerp is rekening gehouden met het toepassen van een vervangende waterkering bestaande uit een damwand, aangevuld met een kleikist en kwelscherm. De damwand moet tot aan de dijktafelhoogte (4,2m NAP) lopen, maar mag niet strak tegen de onderkant persleiding gelegd worden (min. 0,5m speling i.v.m. toekomstige zakking). De NEN3651 (paragraaf 8.1.7.1.6) geeft hiervoor een mogelijke oplossing waarbij een sparing in de damwand wordt gemaakt, waarin een kleikist en kwelscherm wordt geplaatst (zie Figuur 3).

Welke oplossing uiteindelijk ook gekozen wordt, in het definitief ontwerp dient een analyse gemaakt te worden van de waterveiligheid, waarin o.a. gekeken wordt naar de faalkans van de leiding, het effect van uitspoeling op de primaire kering en de benodigde veiligheidsmaatregelen zoals damwanden, kwelschermen, kleikisten, een toetsing op sterkte, stijfheid en stabiliteit, etc. (conform NEN3651).



Figuur 3: Uitsnede uit de NEN3651

Noot:

Het neergaand been van de persleiding ligt onder een hoek van 60 graden om gastransport mogelijk te maken. Dit betekent dat de leiding dieper in het dijklichaam komt te liggen dan bij een systeem met vacuuminstallatie, waarbij deze steile hoek niet nodig is. De leiding volgt dan het profiel van de dijk.

Op basis van de wettelijke eisen en NEN-normen is deze ligging van de persleiding toegestaan, en kan de vereiste waterveiligheid gewaarborgd worden. Het komt echter voor dat waterschappen zelf nog extra eisen hanteren waardoor een dergelijke ligging van de leiding niet voldoet. In de aangeleverde

documenten met eisen betreffende de waterkering hebben wij een dergelijke eis **niet** teruggevonden. De betreffende documenten zijn:

- Algemeen Programma van Eisen Poldergemalen en Stuwen (Versie 3.1, 1 januari 2019)
- Nota toetsingskaders en beleidsregels voor het watersysteem 2014

5 Vispassage

Gemaal Oudenhoorn dient tweezijdig vispasseerbaar te worden. Enerzijds gebeurt dit door toepassen van visvriendelijke pompen voor passage van polder naar de Haringvliet, maar anderzijds dient een speciale vispassage gerealiseerd te worden. Omdat de persleiding van het gemaal niet voorzien is van een vacuuminstallatie, is het innemen van water door deze leiding niet mogelijk. Een separate leiding voor de vispassage is dus noodzakelijk.

5.1 Concept vispassage

Omdat de persleiding van het gemaal is uitgevoerd zonder vacuuminstallatie, is ervoor gekozen om ook de vispassage uit te voeren zonder vacuuminstallatie. Een prinsipeschema van de vispassage is weergegeven in Figuur 4.

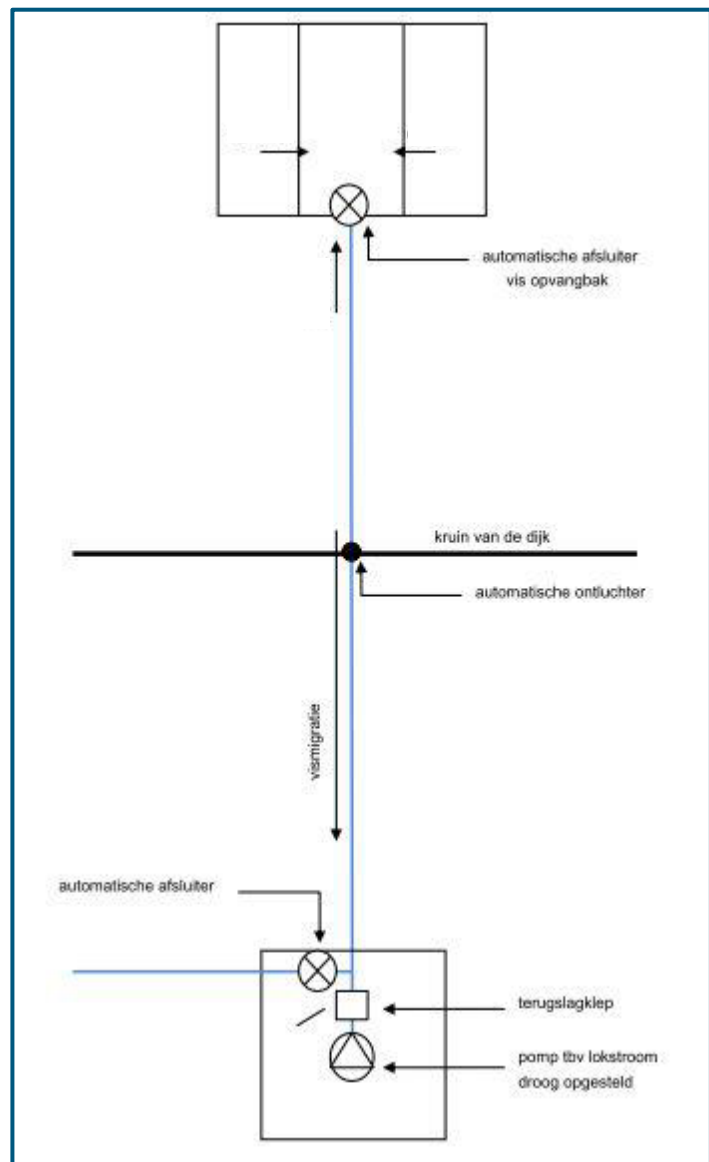
Om vanuit een rustsituatie (alle afsluiters gesloten) de vispassage te starten, dient eerst de leiding volledig gevuld te worden. Daartoe wordt de pomp gestart met een geopende ontluchter op de dijk om de lucht te laten ontsnappen.

Wanneer de leiding volledig gevuld is (bijvoorbeeld d.m.v. waterdetectie t.p.v. ontluchter) wordt de ontluchter gesloten en de afsluiter bij de vis opvangbak geopend. Hiermee is de lokstroom op gang gebracht.

Na een bepaalde periode (min. 1 uur) wordt de pomp gestopt. Als vervolgens de afsluiter aan de polderzijde geopend wordt, ontstaat een hevelwerking van Haringvliet naar polder, die de vis opvangbak leegt in de polder.

Het hevelen kan gestopt worden door het openen van de ontluchter en/of het sluiten van (één of meerdere) afsluiters.

In dit concept kan de pomp droog worden opgesteld in het gemaal, met een zuigleiding in de instroomconstructie. De uitstroom in de polder dient voldoende ver van het gemaal gelegen te zijn om te voorkomen dat vissen direct weer richting het gemaal gezogen worden als het gemaal inschakelt.



Figuur 4: Principe vispassage

5.2 Doelsoorten

Het dimensioneren van de vispassage is gebaseerd op het type vis dat gebruik gaat maken van de vispassage; de doelsoorten. Omdat voor dit specifieke project nog geen doelsoorten zijn geïdentificeerd, is gebruik gemaakt van de informatie van de twee nabij gelegen gemalen van het waterschap, Putten en Stellendam. Op basis hiervan zijn de doelsoorten:

- Glasaal
- Poldervissen algemeen

Glasaal kan weinig stroming hebben. De lokstroom moet dus laag zijn (maximaal 10 cm/s). De trek is in het voorjaar in de periode vanaf begin april tot en met juni.

Het ontwerp van de vispassage is op basis van het handboek: "Vismigratie; Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland"; april 2005

5.3 Dimensioneren vispassage

De vis opvangbak dient een minimaal volume van 8 m³ te hebben. Een conceptschets van een dergelijke opvangbak is weergegeven in bijlage 1; peilmatenschema. Bij het ontwerp dienen hoge drempels en scherpe randen vermeden te worden; het bereiken van de lokstroom dient zo eenvoudig mogelijk gemaakt te worden.

Zoals eerder opgemerkt is een stroomsnelheid van maximaal 10 cm/s nodig i.v.m. de aanwezige glasaal. Het realiseren van deze lage snelheid in de hevelleiding heeft verschillende nadelen (vervuiling, lastig selecteren pomp, grote diameter hevelleiding noodzakelijk). Door de afmetingen van de openingen in de opvangbak hierop te bepalen kan deze lage lokstroomsnelheid bereikt worden daar waar nodig, waarbij toch een geschikte pomp en diameter hevelleiding gekozen kunnen worden. Bij twee instroomopeningen van 0,4x0,4m (0,032 m²) is een debiet van 120 m³/h noodzakelijk.

Een leidingdiameter HDPE DN250 (binnendiameter 204,4mm) levert in dit geval een voldoende hoge stroomsnelheid van 1,0 m/s in de leiding (om vervuiling en bezinking te voorkomen) en een totale opvoerhoogte van +/- 3,0 meter.

Bij het opstarten van de pomp (vullen van de leiding) zal kortstondig een hogere opvoerhoogte benodigd zijn van +/- 7,0 m, waarbij het debiet mag teruglopen.

Voor de uitstroomconstructie in de polder volstaat een eenvoudige bak met een vereiste minimale diepte van de uitstroomleiding van 0,5m, om te voorkomen dat reigers en andere roofvogels de vis gemakkelijk kunnen bereiken.

Gebruik maken van de uitstroomconstructie van de hoofdpomp van gemaal Oudendoorn als vis opvangbak is ook een optie, waarbij het voordeel is dat deze door regelmatig inschakelen van de hoofdpompen niet snel zal vervuilen of dichtslibben. Het nadeel is echter dat het controleren van de stroomsnelheid van de lokstroom lastiger wordt. Ook dient rekening gehouden te worden met een minimale tussenafstand tussen leidingen die een primaire kering passeren (conform NEN3651). Het afwegen van deze (en mogelijke andere) varianten voor het ontwerp van de opvangbak wordt in een later stadium geadviseerd.

5.4 Overige aandachtspunten

De lokstroom is voldoende om vis die al in de buurt is te lokken, maar heeft een beperkt bereik. Het starten van de hoofdpompen van gemaal Oudenhorn werkt ook als een lokstroom, maar uiteraard met een veel groter bereik. Geadviseerd wordt om de vispassage in ieder geval in te schakelen direct na een pompstart van het gemaal zelf. Tegelijkertijd starten van de pompen en de vispassage is niet mogelijk, door het risico van recirculatie van de vissen direct terug het gemaal in.

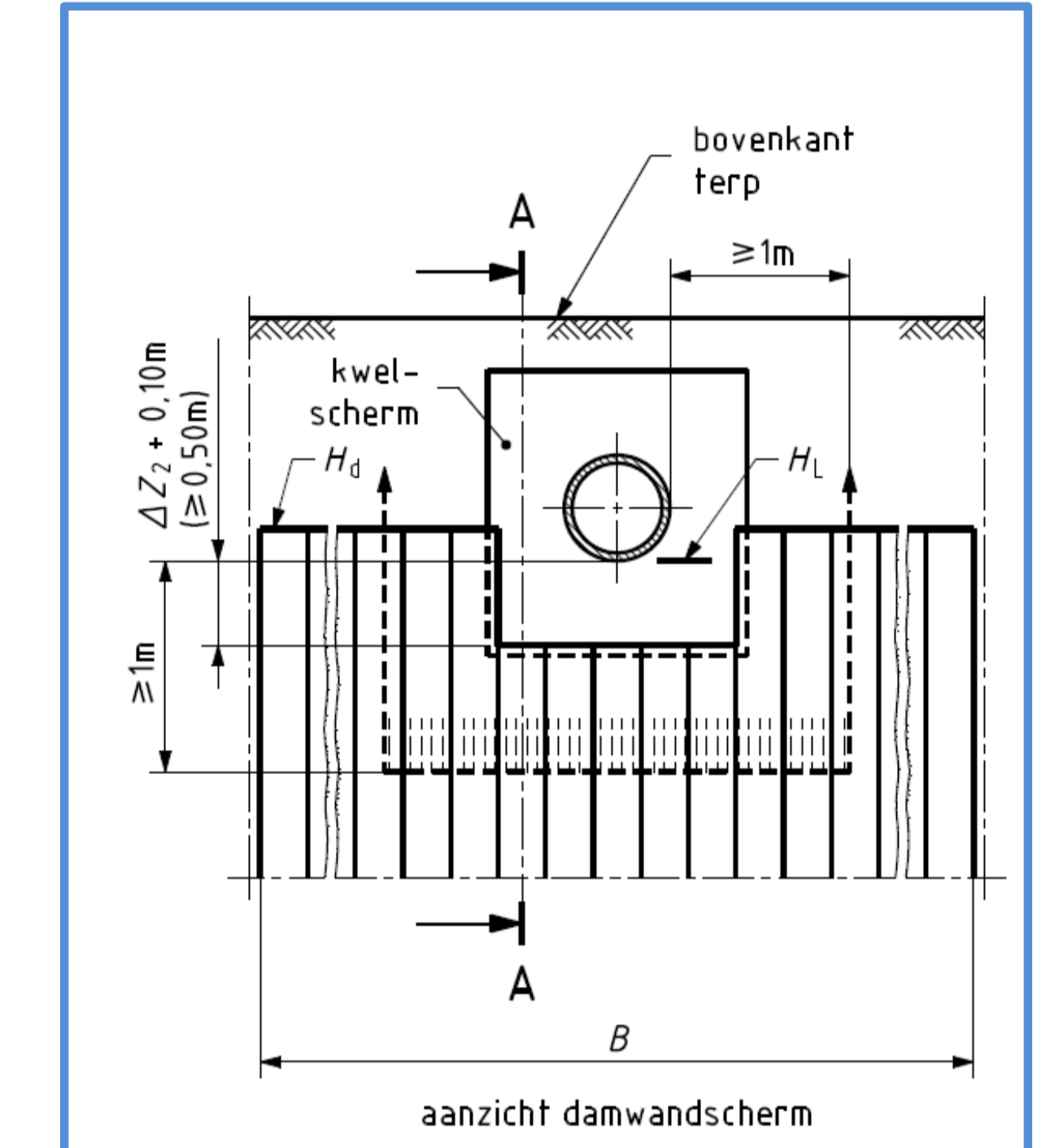
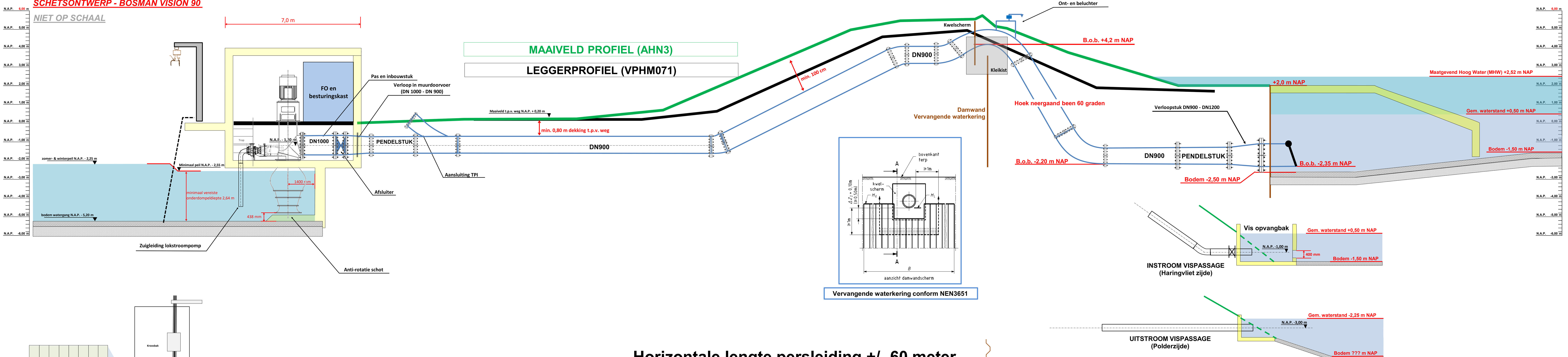
De vispassage dient aan dezelfde NEN3650 en 3651 normen te voldoen als de hoofdpersleiding. Er is in tegenstelling tot de hoofdpersleiding echter geen steil neergaand been nodig, omdat ontluchten mogelijk is d.m.v. het sluiten van de afsluiter bij de uitstroom. Ook een kleikist / kwelscherm is niet nodig, omdat de vispassage met de vereiste marge (0,5m) over de vervangende waterkering (damwand) kan passeren. Er is dus geen uitsnede in de damwand nodig. Wel dient rekening gehouden te worden met de minimale vereiste tussenafstand tussen de vishevel en de persleiding, volgens NEN3651.

Bijlage 1

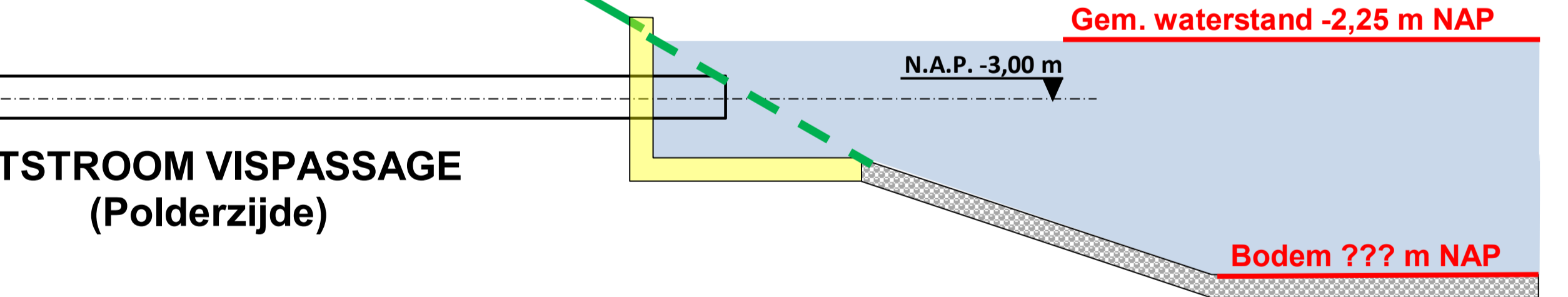
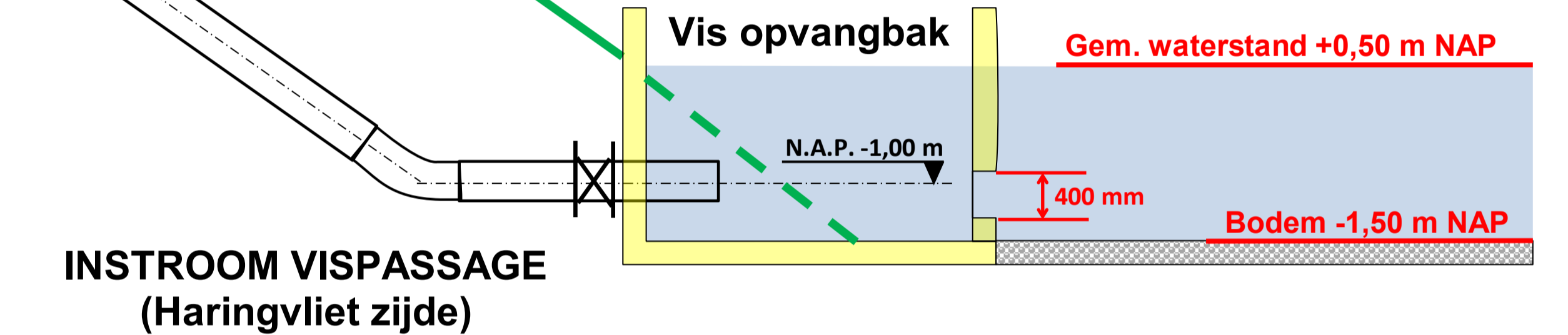
Peilmatenschema

SCHETSONTWERP - BOSMAN VISION 90

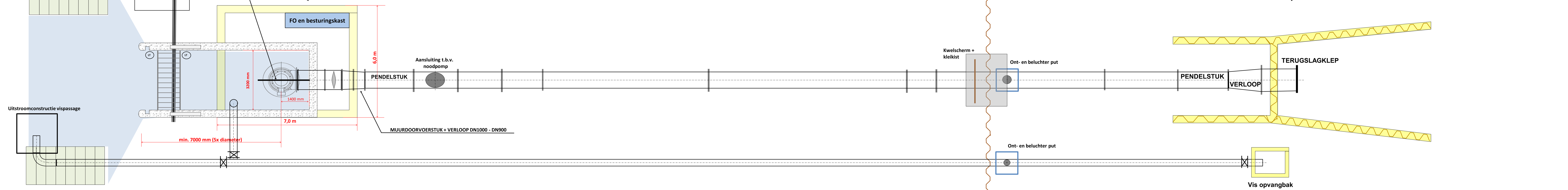
NIET OP SCHAAL



Vervangende waterkering conform NEN3651



Horizontale lengte persleiding +/- 60 meter



Bijlage 2

Pomp- en Systeemcurve

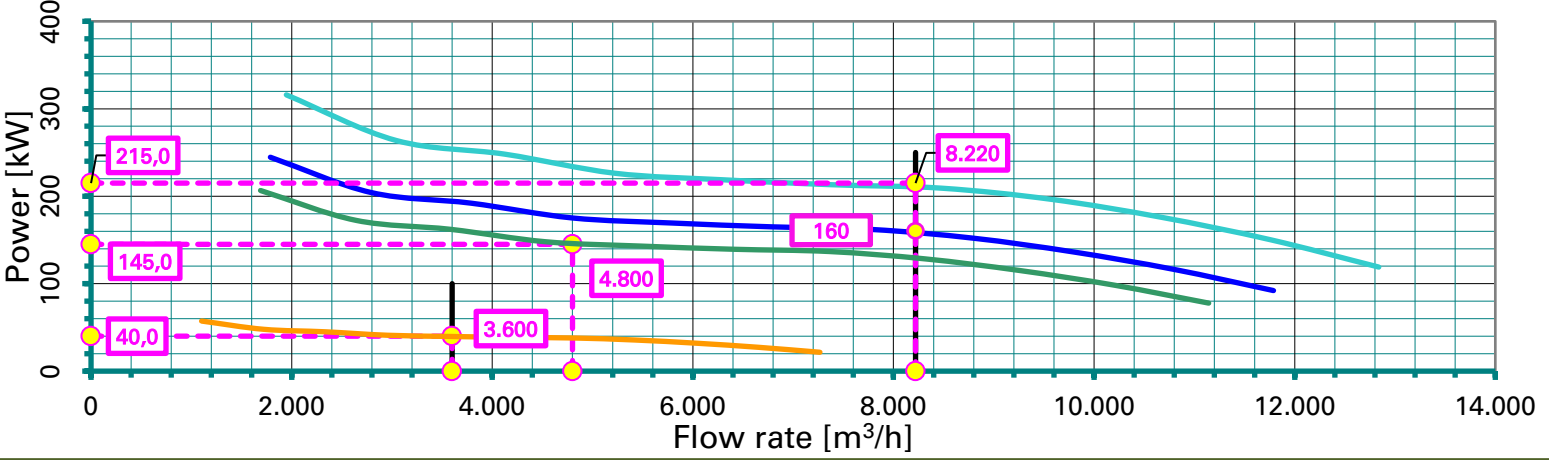
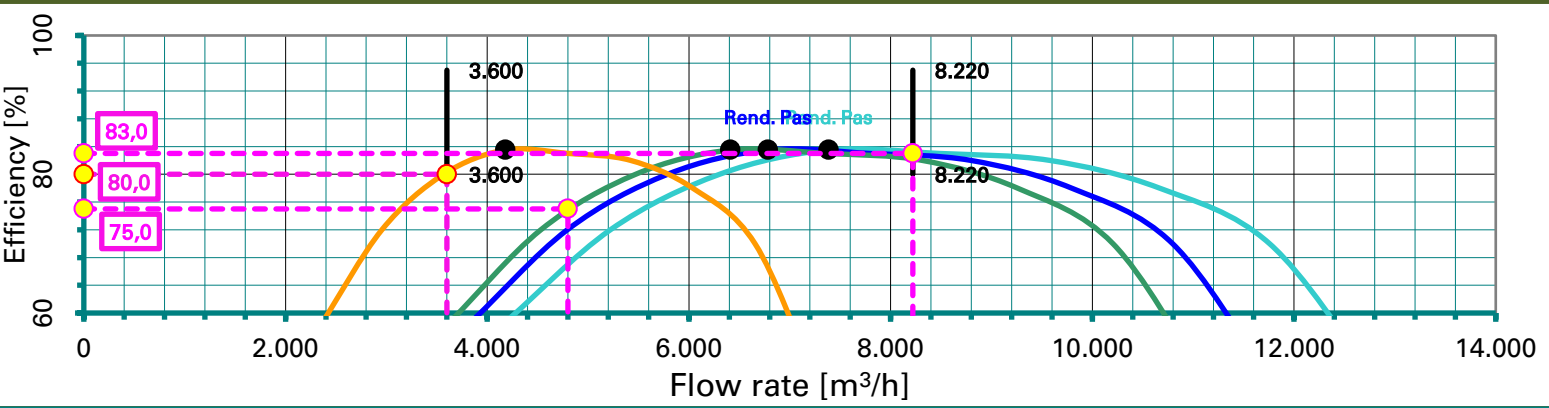
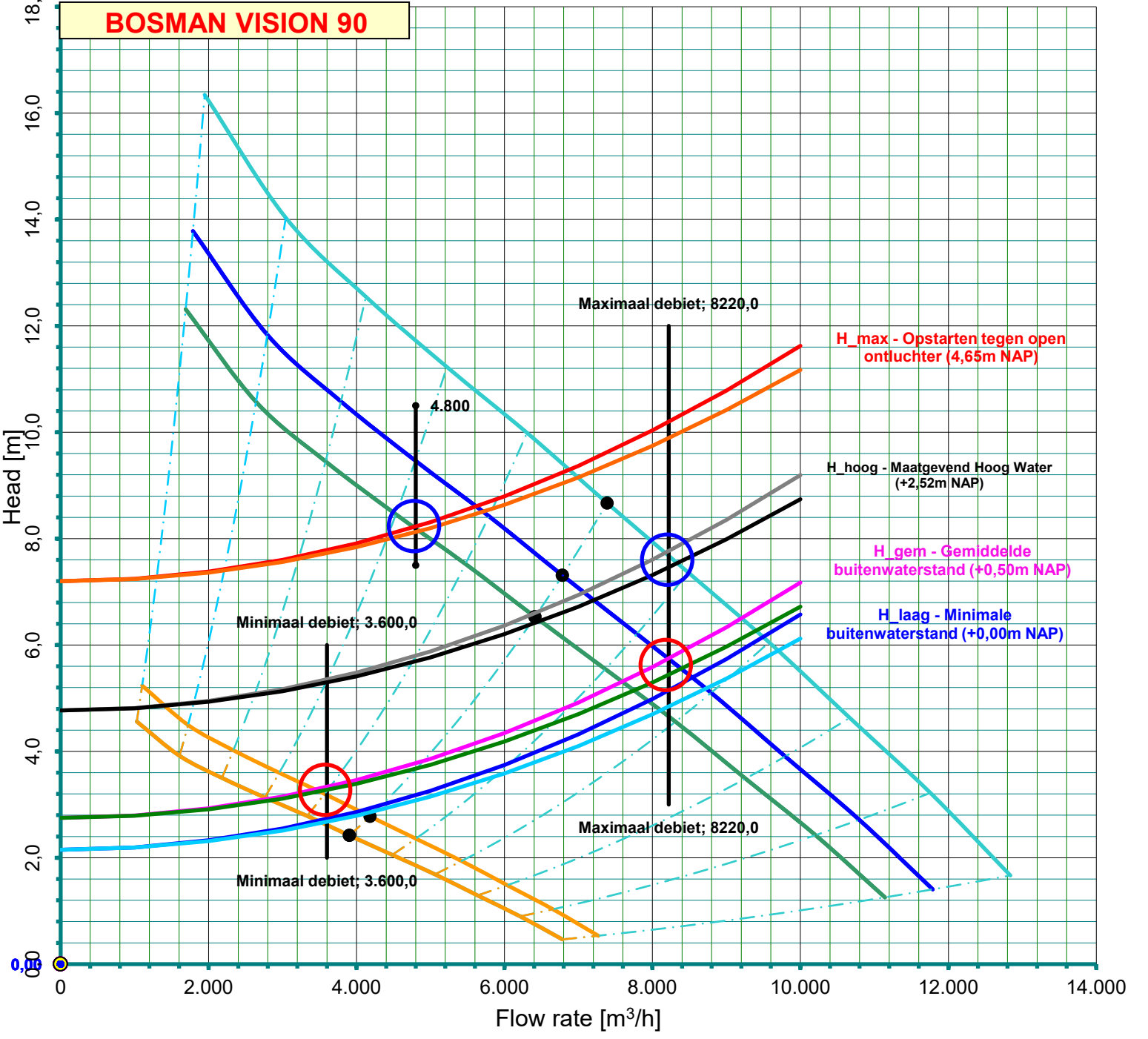
● best efficiency point ◆ system duty points

PROJECT	: PG OUDENHOORN		
PROJECT NR.	: BH6807	INITIALEN:	WK
SUBJECT	: SYSTEEM EN POMPCURVEN		
DRAFTED BY	: WILLEM KES		

curve	min-1	%	Hz
N1	318	80%	39,8
N2	168	42%	21,0
N3	292	73%	36,5
N4	292	73%	36,5

curve	min-1	%	Hz
N5	276	69%	34,5
N6	276	69%	34,5
N7	180	45%	22,5
N8	168	42%	21,0

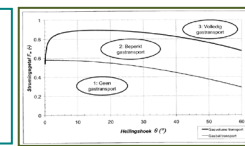
PUMP: Vision 90 TYPE: Metal Casing SPEED 350 BALL PASSAGE: n.v.t.



Bijlage 3

Stroomsnelheden

PROJECT	: GEMAAL OUDENHOORN		
PROJECT NR.	: BH6807	TYPICAL NR.	:
BETREFT	: LEIDINGSNELHEDEN		
OPSTELLER	: WILLEM KES	INITIALEN:	



Leidingdeel	Volumestroom [m ³ /min]	Volumestroom [m ³ /h]	Diameter leiding [DN]	Diameter leiding (inw.) [mm]	Snelheid in de leiding [m/s]	Froude getal terrein [-]
-------------	------------------------------------	----------------------------------	-----------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------

Poldergemaal Oudendoorn - Qmax

Vision 90 pompen

maximum debiet

	Volumestroom [m ³ /min]	Volumestroom [m ³ /h]	Diameter leiding [DN]	D _{inwendig} [mm]	Snelheid in de leiding [m/s]	Froude getal terrein [-]
Persaansluiting pomp (DN1000)	137,00	8.220	DN1000	997	2,92	0,94
Persleiding in terrein (DN900)	137,00	8.220	DN900	899	3,60	1,21
Uitstroom / Terugslagklep (DN1200)	137,00	8.220	DN1200	1.200	2,02	0,59

Poldergemaal Oudendoorn - Qmin

Vision 90 pompen

minimum debiet

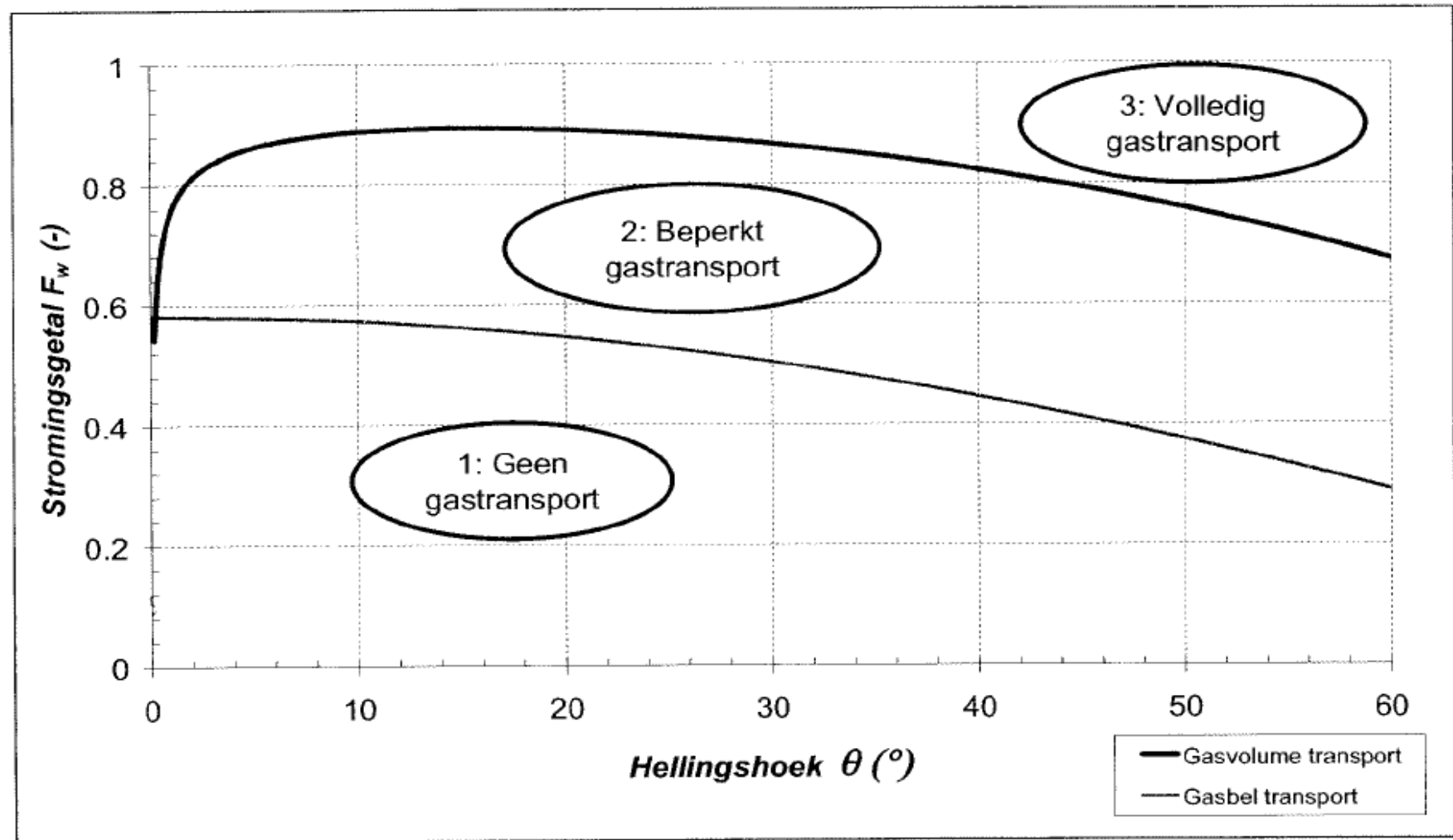
	Volumestroom [m ³ /min]	Volumestroom [m ³ /h]	Diameter leiding [DN]	D _{inwendig} [mm]	Snelheid in de leiding [m/s]	Froude getal terrein [-]
Persaansluiting pomp (DN1000)	60,00	3.600	DN1000	997	1,28	0,41
Persleiding in terrein (DN900)	60,00	3.600	DN900	899	1,58	0,53
Uitstroom / Terugslagklep (DN1200)	60,00	3.600	DN1200	1.200	0,88	0,26

Poldergemaal Oudendoorn - Opstartdebit

Vision 90 pompen

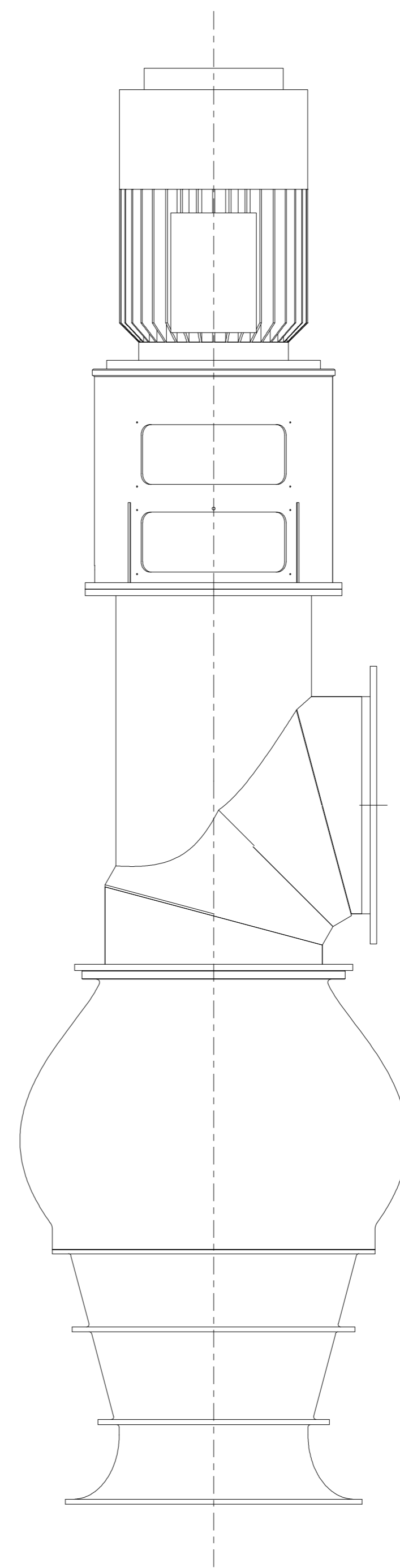
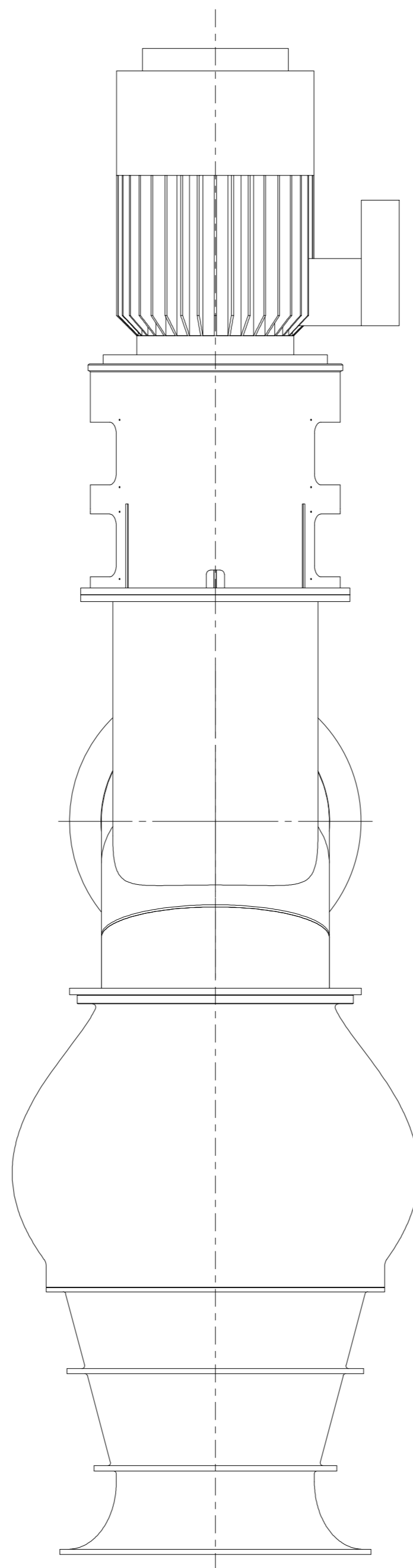
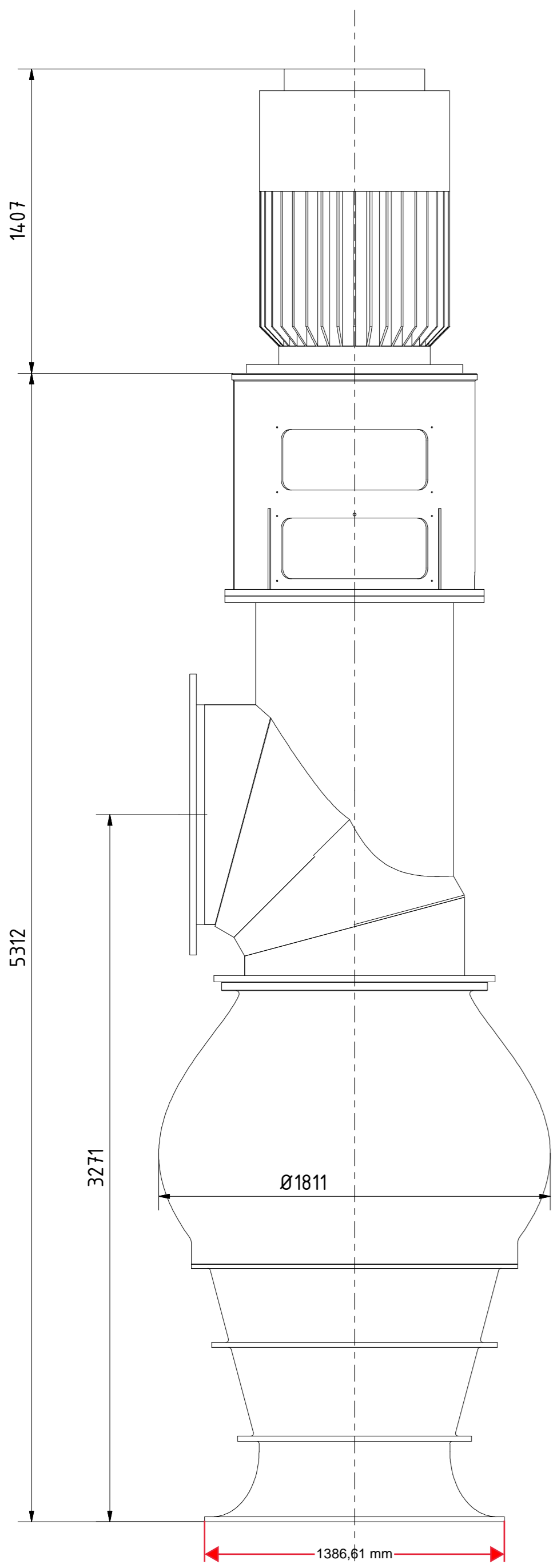
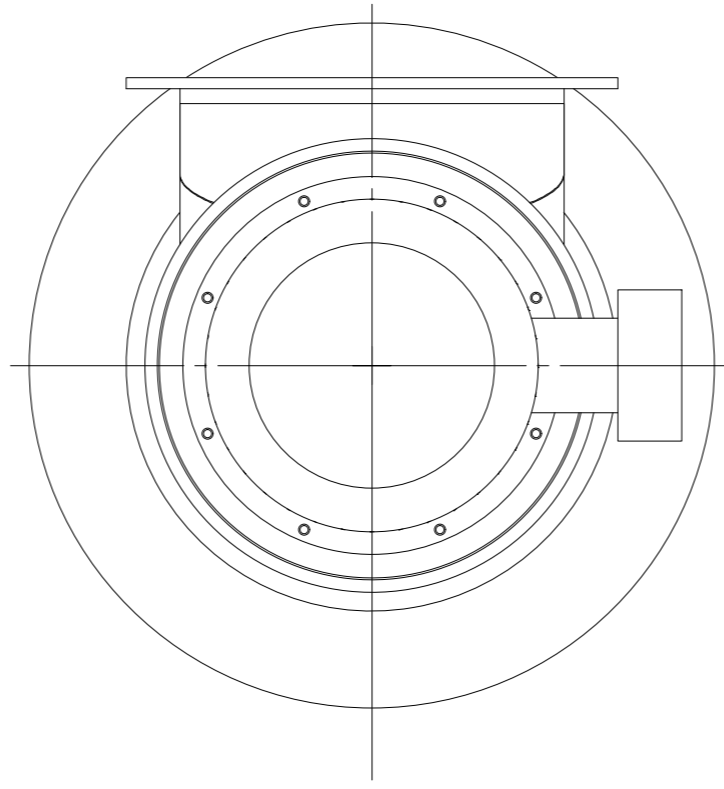
opstarten

	Volumestroom [m ³ /min]	Volumestroom [m ³ /h]	Diameter leiding [DN]	D _{inwendig} [mm]	Snelheid in de leiding [m/s]	Froude getal terrein [-]
Persaansluiting pomp (DN1000)	80,00	4.800	DN1000	997	1,71	0,55
Persleiding in terrein (DN900)	80,00	4.800	DN900	899	2,10	0,71
Uitstroom / Terugslagklep (DN1200)	80,00	4.800	DN1200	1.200	1,18	0,34



Bijlage 4

Maatschets Vision 90 MC



Project : Gemaal Oudenhoorn
 Plaats : Oudenhoorn
 Opdrachtgever : Waterschap Hollandse Delta
 Directie : RHDHV
 Ordernummer : -
 Besteknummer : -

A	OMSCHRIJVING	DATUM	NAAM
REV.			
PROJECT: -			
BENAMING: Samenstelling Vision 90 MC			
FORMAAT	AM.PROJ.	SCHAAL	GET.
A1		1:20	4-3-2021
WATERMANAGEMENT		GE.C.	L.Boot
Maateenheid: mm	Project	NUMMER	TEK. NR.
		14_0119	01
		VOLG NR.	REV.
		00 00 00	A
Postbus 3701 3265 ZG Piershil			10 cm