

AFSTUDEEROPDRACHT

WATER ROBUUST

PEIZE - ZUID



GEMAAKT DOOR
Niels Evers

BEGELEIDERS
Freek Huthoff (UT) &
Ruud Kloosterman (Arcadis)

**UNIVERSITY
OF TWENTE.**

 **ARCADIS**

VAN
10 april 2023

TOT
27 juni 2023



AFSTUDEEROPDRACHT WATER ROBUUST PEIZE - ZUID

BSc. Civil Engineering
University of Twente
Enschede, Nederland
juni, 2023

GEMAAKT DOOR
Niels Evers

BEGELEIDERS
Freek Huthoff (UT) &
Ruud Kloosterman (Arcadis)

**UNIVERSITY
OF TWENTE.**





Voorwoord

Voor u ligt de bachelor afstudeerverslag “Water robuust Peize-zuid”. Deze scriptie is geschreven om mijn opleiding Civiele Techniek aan de Universiteit van Twente af te ronden. Ik ben vanaf 11 april tot 29 juni bezig geweest met het onderzoeken en ontwerpen van een nieuwbouwwijk en om verslaglegging hiervan te doen.

Tijdens de afgelopen jaren op de studie zijn er veel theoretische principes voorbij gekomen. De theorie werkt toe naar een project aan het einde van een module. Dit was meestal een fictieve opdracht, wat nog steeds erg theoretisch was. Ik wilde nu graag iets meer gaan zien van de praktijk. Dat wil zeggen, hoe het gaat in een bedrijf, met een echte opdracht. Maar ook met een opdracht waarbij ik met praktische dingen bezig ben. Ik heb veel dingen geleerd die goed aansluiten bij de theoretische kennis die ik al had.

Hiervoor wil ik Ruud Kloosterman, mijn begeleider van Arcadis, bedanken voor de uitstekende begeleiding en ondersteuning. Aan de ene kant door mij goede sturing te geven voor het project. Aan de andere kant ook door mij vrij te laten in hoe ik het wilde aanpakken. Dit heeft ervoor gezorgd dat ik veel zelfstandig heb kunnen leren, vakinhoudelijk, maar ook op het gebied van planning en communicatie. Daarnaast wil ik ook Freek Huthoff bedanken, hij heeft mij als begeleider vanuit de universiteit goed ondersteund in de voorbereiding en gedurende het proces.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Niels Evers

Zwolle, 27 juni 2023

Inhoud

1	Samenvatting.....	5
1.1	Nederlands	5
1.2	Executive summary	6
2	Introductie.....	7
3	Dorps wonen met natuurbeleving	8
4	Randvoorwaarden	10
4.1	Bestaande hoogtes.....	10
4.2	Ontwatering	10
4.3	Afwatering	12
4.4	Waterberging.....	12
4.5	Ondergrondse infrastructuur	15
5	Hoogtekaart.....	16
5.1	Vaste hoogtes.....	16
5.2	Werkwijze.....	16
5.3	Ontwerpkeuzes.....	17
6	Wateropgave	19
6.1	Watersysteem	19
6.2	Afstroomgebieden.....	19
6.3	Wadi's.....	20
6.4	Bergingsvijvers.....	23
7	Kunstwerken.....	27
7.1	Duikers.....	27
7.2	Stuw.....	31
8	Discussie	34
9	Conclusie	35
10	Aanbevelingen.....	36
11	Verwijzingen	37
12	Bijlages.....	39
12.1	Bijlage Afwateringsontwerp	39
12.2	Bijlage Stedenbouwkundigplan	40
12.3	Bijlage Regenduurlijnen.....	41
12.4	Bijlage Interview waterkwaliteit.....	42
12.5	Bijlage Afstroomgebieden	43
12.6	Bijlage Bergingsvijver.....	45
12.7	Bijlage Wet van Chézy	46

Tabel met figuren

Figuur 1, Sfeerimpressie Peize-zuid.....	9
Figuur 2, Ontwatering en drooglegging	11
Figuur 3, Samenvatting waterkwaliteit	13
Figuur 4, Wadi	14
Figuur 5, Werkwijze hoogteplan	16
Figuur 6, Stukje hoogteplan	16
Figuur 7, Berm als er geen stoep is	18
Figuur 8, Afstroomgebieden.....	19
Figuur 9, Aangepaste afstroomgebieden	21
Figuur 10, Dwarsdoorsnede wadi.....	22
Figuur 11, Dwarsprofiel van inspectieput	23
Figuur 12, Bovenaanzicht keerwand ontwerp	24
Figuur 13, Doorsnede waterbuffer smal punt.....	24
Figuur 14, Doorsnede waterbuffer breed punt.....	25
Figuur 15, Maximale peilstijging T=100.....	26
Figuur 16, Maximale peilstijging T=10.....	26
Figuur 17, Locatie duikers	28
Figuur 18, Connectie tussen wadi 3, 4 & 5	29
Figuur 19, Duikerconstructie wadi 3&5.....	29
Figuur 20, Dwarsprofiel duikerconstructie wadi 4&5	30
Figuur 21, Uitstroombak.....	30
Figuur 22, Verschillende typen vaste stuwen	31
Figuur 23, Doorsnede stuw	32
Figuur 24, Opties voor Stuw	33
Figuur 25, Mogelijke locatie voor speeltuin	36
Figuur 26, Regenduurlijnen T=10	41
Figuur 27, Regenduurlijnen T=100	41
Figuur 28, Stedenbouwkundig plan met 8 losse vijvers	42
Figuur 29, Afstroomgebieden Oost	43
Figuur 30, Afstroomgebieden West	43

Tabel met tabellen

Tabel 1, Droogleggingsnormen (Waterschap Noorderzijlvest, 2014, p. 39)	11
Tabel 2, Gegevens wadi's	20
Tabel 3, Invoerparameters	26
Tabel 4, Opstuwing extreem scenario	28
Tabel 5, Verhardingen Wadi's	44
Tabel 6, Verhardingen Bergingsvijvers	44

Waterbouwkundige begrippen en definities

(Bergings)vijver	Oppervlaktewater dat permanent onder water staat en wat gebruikt wordt om water tijdens piekbuien te bergen
Wadi	Plek die speciaal is aangelegd om tijdens piekbuien tijdelijk water te bergen en te infiltreren.
Greppel	De kleine sloten, houtsingels of greppels met bomerijen die door het gebied heen lopen. Deze voeren water af tijdens regenbuien, grootste deel van het jaar staan ze droog. Dit is een tertiaire watergang en heeft weinig invloed op het watersysteem
Watergang	Net buiten het plangebied liggen een paar beekjes die een overwegend belang hebben voor de waterbeheersing. Deze beken worden beheerd door het waterschap
Waterberging systeem	Het systeem dat ervoor is om het water te bergen, dus de wadi's, vijvers en duikers.
Stuw	Kunstwerk dat de waterspiegel van de bergingsvijvers beïnvloed

1 Samenvatting

1.1 Nederlands

Een nieuwbouwproject in Peize is in dit rapport uitgewerkt van een stedenbouwkundig plan, naar een maatvast ruimtelijk inrichtingsplan. De focus ligt hierbij op de water robuustheid van de wijk, door de integraliteit van een ruimtelijke inrichting zijn ook andere aspecten meegenomen zoals verkeer en ondergrondse infrastructuur. Een water robuuste woonwijk is bestand tegen extreme weersituaties zoals langdurige droogte of extreme neerslag.

Het motto van de nieuwbouwwijk Peize-zuid is: dorps wonen met natuurbeleving. Daarom zal de wijk water robuust worden ontworpen op een natuur inclusieve manier. Dit is ook vastgelegd in de uitgangspunten; het ontwerp is grondwaterneutraal en hemelwater wordt bovengronds afgevoerd. Verder ligt de focus op vasthouden en bergen in het plangebied. In het stedenbouwkundige ontwerp is hier al rekening mee gehouden door ruimte te maken voor natuur en water, in de vorm van wadi's en bergingsvijvers. De karakteristieke singelstructuur blijft behouden. Er is zo min mogelijk ondergrondse infrastructuur om water te vervoeren, al het hemelwater moet (bovengronds) via de verharding en greppels naar de wadi's en bergingsvijvers toe, hiervoor is een hoogtekaart gemaakt. Deze kaart is meer dan alleen een hoogtekaart, het is een afwateringsontwerp waarin woningen hoog liggen en hemelwater met voldoende afschot (helling) naar de wadi's en bergingsvijvers stroomt. Naast de hoogtes, kan ook worden gezien hoe het water via duikerconstructies van wadi naar wadi gaat en van vijver naar vijver.

De wadi's liggen in het westen en houden het hemelwater vast. Het water zal geleidelijk infiltreren en worden afgevoerd naar de bergingsvijvers. De bergingsvijvers vangen al het water uit het oostelijke deel op. Het waterpeil wordt gereguleerd door een stuw, met een overloophoogte op 1,45m NAP. Het profiel van de bergingsvijvers in het stedenbouwkundig ontwerp was niet natuurvriendelijk, doordat het steile oevers had. Vanwege de gelimiteerde ruimte is ervoor gekozen om aan de zuidkant een keerwand te maken en aan de noordzijde een flauw talud. Op dit talud is er voldoende ruimte voor flora en fauna, die ervoor zorgen dat de kwaliteit van het water goed is. Deze groene zone op de oever zorgt niet alleen voor een mooie uitstraling, het zorgt ook voor schaduw en verkoeling in de zomer, wat goed is tegen de droogte. Let wel op dat er bijna geen doorstroming is in droge tijden, omdat er geen aanvoer is van water. Uit een interview met een waterkwaliteit specialist is gebleken dat het hierdoor een kwetsbaar systeem is, daardoor is een natuurvriendelijke oever extra belangrijk. Het gebufferde water in de bergingsvijvers voorkomt in droge tijden verdroging van de grond.

Met behulp van een onderzoek naar normbuien is er berekend dat de capaciteit van de wadi minimaal 1280m³ zou moeten zijn om een extreme bui op te vangen, met dit ontwerp is er ruimte voor bijna 2800m³ regenwater. De maximale peilstijging van de bergingsvijvers is 0,46m bij een bui die eens in de honderd jaar voor komt. Dit ligt ver onder de bovenkant van het talud. Ook ligt het 5 centimeter onder de overloop van de stuw. Zowel de wadi's als de bergingsvijvers hebben dus overcapaciteit.

Parallel aan dit rapport werkt Arcadis ook aan een definitief maatvast ontwerp voor hetzelfde plangebied. Tijdens het maken van dit rapport is er kennis uitgewisseld en voorwaarden en uitgangspunten bijgesteld.

Er kan gesteld worden dat dit afwateringsontwerp voor Peize-zuid ervoor zal zorgen dat dit een water robuuste buurt is. Het watersysteem heeft een ruime capaciteit om voldoende hemelwater op te vangen. De groenblauwe zones zorgen in tijden van droogte voor verkoeling en schaduw.

1.2 Executive summary

In this report, a new housing project in Peize is elaborated from an urban development plan to a tailor-made spatial development plan. The focus here is on the water robustness of the neighbourhood; due to the integrality of a spatial design, other aspects such as transportation and underground infrastructure have also been included. A water-robust residential area can withstand extreme weather events such as prolonged drought or extreme precipitation.

The motto of the new housing development Peize-zuid is: rural living with experience of nature. Therefore, the district will be designed to be water robust in an environmentally inclusive manner. This is also laid down in the basic principles; the design is groundwater neutral, and rainwater is transported above ground. Furthermore, the focus is on retention and storage in the planning area. The urban design already takes this into account by creating space for nature and water, in the form of wadis and storage ponds. The characteristic canal structure with rows of trees will be preserved. There is as little underground infrastructure as possible to transport water; all the rainwater must be transported (above ground) via the paving and ditches to the wadis and storage ponds. This map is more than just an elevation map, it is a drainage design in which houses are elevated and rainwater flows with sufficient slope to the wadis and storage ponds. Besides the elevations, it can also be seen how water flows from wadi to wadi and pond to pond via culvert structures.

The wadis are located to the west and hold rainwater. The water will gradually infiltrate and be drained into the storage ponds. The storage ponds will collect all the water from the eastern section. The water level will be regulated by a weir, with an overflow level of 1.45m NAP. The profile of the storage ponds in the urban design was not nature-friendly, as it had steep banks. Because of the limited space, it was decided to create a retaining wall on the south side and a gentle slope on the north side. On this slope, there is enough space for flora and fauna, which ensure that the quality of the water is good. This green area on the bank not only creates a nice look but also provides shade and cooling in summer, which is good against drought. Note, however, that there is almost no flow in dry times as there is no supply of water. An interview with a water quality specialist revealed that this makes it a vulnerable system, which is why a nature-friendly bank is extra important. The buffered water in the storage ponds prevents soil from drying out in dry times.

Using a study on extreme rain events, the capacity of the wadi should be at least 1280m³ to absorb an extreme shower, with this design there is room for almost 2800m³ of rainwater. The maximum level rise of the storage ponds is 0.46m for a once-in-a-hundred-year storm event. This is well below the top of the embankment. It is also 5 centimetres below the overflow of the weir. Both the wadis and the storage ponds, therefore, have excess capacity.

In parallel with this report, Arcadis is also working on a final dimensional design for this same plan area. While making this report, knowledge has been exchanged and conditions and assumptions adjusted.

It can be said that this drainage design for Peize-zuid will ensure that this is a water-robust neighbourhood. The water system has ample capacity to collect sufficient rainwater. The green-blue zones provide cooling and shade in times of drought.

2 Introductie

Peize-zuid is een nieuwbouwwijk die wordt ontworpen met moderne klimaat adaptieve ontwerprichtlijnen. Dit rapport gaat specifiek over de hemelwateropslag en -afvoer in deze wijk. Er wordt in besproken hoe het hemelwatersysteem functioneert, of er voldoende ruimte is voor infiltratie en berging van water en hoe het water afstroomt naar plekken waar het wenselijk is. Dit wordt onderzocht vanuit een integraal perspectief, omdat gebiedsontwikkeling breder is dan een aspect zoals water. Dit integrale onderzoek zal ontwerpkeuzes en aanbevelingen geven voor een water robuust Peize-zuid.

“Een robuust watersysteem of robuuste ruimtelijke inrichting is in het algemeen bestand tegen extreme gebeurtenissen” (Mens & Haasnoot, 2018). Robuustheid hangt nauw samen met de begrippen flexibiliteit, aanpasbaarheid, weerbaarheid en weerstand. De ruimtelijke inrichting is het nieuwbouwproject Peize-zuid. De weerbaarheid van dit plangebied wordt gecreëerd door bergingsvijvers en wadi's. De extreme gebeurtenissen zijn piekbuien of tijden van extreme langdurige droogte. Peize-zuid moet hier, op het gebied van water, robuust bestand tegen zijn.

Dit rapport is de uitwerking van het voorstel wat begin april is gepubliceerd. Het voorstel van de afstudeeropdracht was in het Engels, omdat er op het moment van starten nog geen zekerheid was over de begeleider vanuit de universiteit. Er is besproken met de universiteit en Arcadis dat dit verslag in het Nederlands zal zijn. Hier is allereerst voor gekozen omdat het meer toegevoegde waarde zal hebben voor het Project Peize-zuid, omdat dit project in het Nederlands zal worden uitgevoerd. Ten tweede is dit om te voorkomen dat er onnodige taalfouten ontstaan in de vertaling van begrippen van het Nederlands naar Engels. Aan het onderzoek zelf is niks veranderd en zal dus ook bestaan uit de fases die zijn uitgewerkt in het voorstel; randvoorwaarden, hoogteplan, wateropslag, details. Voor alle onderzoeksvragen, methodes en achtergrondinformatie verwijs ik naar mijn voorstel. De werkwijze wordt ook in de navolgende hoofdstukken beschreven.

Dit rapport start met een beknopte uitleg over hoe het plangebied er uit ziet en wat de plannen zijn voor dit gebied. Daarna, in Hoofdstuk 4 worden alle randvoorwaarden besproken, dit vormt de basis voor het ontwerp en is gebaseerd op regels vanuit kennisinstituten, gemeente Noordenveld en het waterschap Noorderzijlvest. In Hoofdstuk 5 worden de hoogtekaart, de werkwijze en de ontwerpkeuzes die zijn gemaakt besproken. Daarna is er onderzoek gedaan naar de capaciteit van de wadi's en de bergingsvijvers in de wateropgave, Hoofdstuk 6. Ook wordt in dit hoofdstuk gekeken naar aanpassingen die het watersysteem nog beter maken. Om ervoor te zorgen dat dit plan maakbaar is, worden er een aantal details van het watersysteem uitgewerkt in Hoofdstuk 7. Het uiteindelijke resultaat is het afwateringsontwerp wat is gemaakt. Hierin zijn de hoogtes te vinden, maar ook het hele afwateringssysteem is hiervan af te lezen, dit is te zien in Bijlage 12.1.

3 Dorps wonen met natuurbeleving

Arcadis werkt het project Peize-zuid verder uit naar een civieltechnisch realiseerbaar plan. De bestemmingsplanprocedure loopt op het moment van schrijven nog, er zijn al wel veel verschillende onderzoeken gedaan naar dit gebied; zoals een ecologisch onderzoek, waterhuishoudkundig onderzoek (watertoets) en beeldkwaliteitsplan. Er wordt van uitgegaan dat het bestemmingsplan definitief wordt, zodat al deze plannen, samen met het stedenbouwkundig plan dat is gemaakt door HKB stedenbouwkundigen (zie Bijlage 12.2), worden gebruikt als basis en achtergrondinformatie voor dit verslag.

De watertoets is een proces van afstemmen, informeren en uitzoeken over wat de waterhuishoudkundige mogelijkheden zijn voor een plangebied. De betrokken partijen (Arcadis, HKB stedenbouwkundigen, waterschap Noorderzijlvesten en de gemeente Noordenveld) hebben hierin samen beslissingen gemaakt die leidend zijn voor het ontwerp.

De nieuwbouwwijk Peize-zuid heeft het motto: dorps wonen met natuurbeleving. Er zijn verschillende doelen voor de toekomst; duurzaamheid, natuur inclusief en leefomgeving zijn belangrijke speerpunten van het plan. Houtsingels en greppels vormen een cultuurhistorisch waardevol element in het plangebied. In de toekomst worden vaker extreme buien verwacht. Ook zullen er langere periodes komen zonder neerslag. De planontwikkeling in dit gebied is daarom gericht op een robuust watersysteem. Dit wil zeggen dat in het gebied water moet worden vastgehouden. Om dat doel te bereiken is er veel ruimte gemaakt voor wadi's en bergingsvijvers. Het water kan via de wadi's langzaam weer de grond inzakken, zodat water het gebied niet verlaat. De bergingsvijvers slaan het water op en zorgen voor een buffer met extreem weer. Het water wordt afgevoerd naar de primaire watergang van het waterschap, als het water vanaf de bergingsvijvers over de stuw heen gaat.

Het plangebied kenmerkt zich door de karakteristieke greppelstructuur die lopen van noord (nabij de Achteromweg) naar zuid (Oostingslaan). De greppels zijn smalle droogvallende slootjes met een afvoerende functie. Langs de greppels loopt een singel, die bijna helemaal begroeid is. Volgens het ecologisch onderzoek hebben de greppels en houtsingels in het gebied een belangrijke rol in de vliegroute van vlermuizen (Zwerver, 2018). Een sfeerimpressie van de woonwijk staat in Figuur 1. Hierin zijn de linker foto's zelf gemaakt tijdens een bezoek aan verschillende nieuwbouwprojecten in de gemeente Barneveld die vergelijkbaar zijn met Peize-zuid.



Figuur 1, Sfeerimpressie Peize-zuid

Het grootste deel van de toekomstige verharding voert bovengronds af naar de wadi's en bergingsvijvers. Een deel van de toekomstige verhardingen voert (bovengronds) af naar de greppels die afvoeren richting de wadi's en bergingsvijvers. Een klein deel van de greppels voert water af richting de watergangen van het waterschap, de hoeveelheid water hierin zal minimaal zijn. Een aantal gebieden blijft bebouwingsvrij, zodat hier natuur en open vlaktes de ruimte krijgt. Dit zorgt ook voor verbinding met het buitengebied waar ook verschillende blauwgroene zones te vinden zijn.

De Achteromweg ligt aan de noordzijde van het gebied en is de ontsluitingsweg van de nieuwe woonwijk. De gemeente Noordenveld wil deze weg aanpakken, omdat het nu niet is ingericht als ontsluitingsweg voor de toekomstige woonwijk Peize zuid. De Achteromweg hoort niet bij dit project en zal dus ook niet meegenomen worden in het ontwerp. De weg en het gebied rondom de weg heeft zijn eigen afwateringssysteem. Dit watersysteem is geheel gescheiden van de woonwijk en heeft dus ook geen invloed op de waterhuishouding in het gebied. Arcadis is wel met het ontwerp voor deze weg bezig en dit zal dus ook te zien zijn op de tekeningen in Bijlage 12.1.

4 Randvoorwaarden

Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag over de hoogtes van het plangebied moet er eerst onderzocht worden wat de kaders zijn van dit onderzoek. Daarom staan aan de basis van dit verslag een aantal richtlijnen en randvoorwaarden. Deze randvoorwaarden komen uit de onderzoeken die zijn gedaan voor het bestemmingsplan en uit de standaard richtlijnen van bijvoorbeeld het waterschap. De regels worden in dit hoofdstuk opgeschreven en beknopt uitgelegd zodat het duidelijk is waar deze vandaan komen.

4.1 Bestaande hoogtes

Het zal niet mogelijk zijn om de gehele greppel en singelstructuur in takt te houden. Op een aantal plekken zullen de greppels worden doorkruist met een weg. De helling van de greppels zullen bij benadering gelijk blijven. Volgens de metingen zijn de bestaande hellingen bijna 1:1, dus dit zal ook als uitgangspunt genomen worden in het ontwerp.

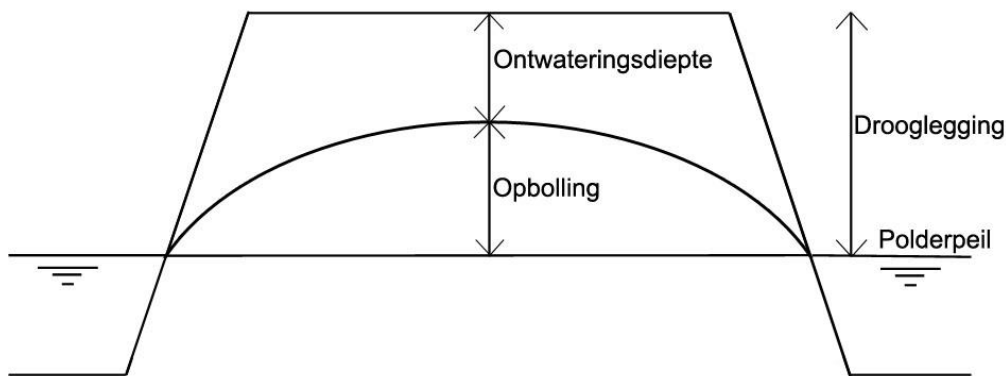
Het gebied moet aansluiten op de omgeving, dus de hoogtes aan de randen van het plangebied staan vast. Er is een aannname gedaan over de hoogte van de (toekomstige) Achteromweg en het fietspad wat daar parallel aan komt te lopen op basis van de inmetingen. Bij het kruispunt aan de westkant ligt de weg op een hoogte van 3.10m NAP, dit loopt naar het oosten af tot 2.80m NAP bij het andere kruispunt.

4.2 Ontwatering

Het plangebied moet grondwater neutraal worden ontworpen. Dat wil zeggen dat er geen stijging of daling in de grondwaterstand mag ontstaan. Dit plan mag geen nadelige effecten hebben op de omgevende percelen; zowel verdroging als vernatting is niet toegestaan.

De ontwatering is het verschil in hoogte tussen de optredende grondwaterstand en het maaiveld. Er zijn normen voor de minimale ontwatering zodat de bovengrond niet verzadigd raakt. Deze zijn gebaseerd op de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), zodat alleen in uitzonderlijke gevallen niet aan deze norm wordt voldaan. Het gevolg van een verzadigde bovengrond is dat wegen gaan “drijven”, kruipruimtes en vloeren van huizen onder water komen te staan en dat bepaalde typen beplanting het niet overleven. Als er niet wordt voldaan aan de ontwateringsnormen is de kans op schade en overlast groot.

Drooglegging is de hoogte tussen het waterpeil van het waterberging systeem of de greppel en de boven-insteek van het talud. De norm voor de minimale drooglegging is ervoor om overstromingen te voorkomen, dus de minimale drooglegging moet groter zijn dan de maximale peilstijging van het oppervlaktewater. In Figuur 2 is de drooglegging en ontwateringsdiepte gevisualiseerd. De grondwaterstand zal niet gelijklopen met het waterpeil van het oppervlaktewater. Vandaar de opbolling van het grondwater.



Figuur 2, Ontwatering en drooglegging

Voor Peize-zuid zijn de volgende ontwateringsnormen vastgesteld in het bestemmingsplan:

- 0,70m beneden toekomstig wegpeil
- 0,50m onder groen
- 1,00m beneden vloerpeil woningen

Deze normen staan niet wettelijk vastgelegd en zijn meestal randvoorwaarden vanuit de gemeente. Deze civieltechnische randvoorwaarden staan in het programma van eisen, voor gemeente Noordenveld ook wel Leidraad inrichting openbare ruimte (LIOR) genoemd. In de LIOR van de gemeente Noordenveld staat vermeld dat het watersysteem moet voldoen aan het door het waterschap vastgestelde ontwateringsniveau (Gemeente Noordenveld, 2021). Het waterschap Noorderzijlvest, waar Peize onder valt, adviseert het volgende: “In het ontwerp van nieuw in te richten gebieden met bebouwing is een ontwateringsdiepte van 70 cm, bij een situatie in rust, het uitgangspunt” (Waterschap Noorderzijlvest, 2014, p. 39). De gemeente en het waterschap baseren de randvoorwaarden op richtlijnen van instituten zoals kennisbank RIONED, die richtlijnen geeft over stedelijk waterbeheer, en de CROW, die praktische richtlijnen geeft voor infrastructuur en de openbare ruimte. De ontwateringsnormen die zijn vastgesteld in het bestemmingsplan komen overeen met richtlijnen van verschillende wetenschappelijke artikelen (van der Schaaf, 1991, p. 12) (Segeren & Hengeveld, 1984, p. 148). Om overstromingen te voorkomen zijn er ook normen voor de minimale drooglegging. Volgens het bestemmingsplan is dit voor:

- Wegen: 0,80 m
- Woning kruipruimte: 1,30 m

Het waterschap Noorderzijlvest heeft een aantal indicatieve richtlijnen (Tabel 1). De exacte droogleggingsnormen zijn maatwerk. Dit komt omdat dit afhangt van veel factoren, zoals de grondsoort en de aanwezigheid van drainage. De droogleggingsnormen van het waterschap komen overeen met de normen in het bestemmingsplan.

Tabel 1, Droogleggingsnormen (Waterschap Noorderzijlvest, 2014, p. 39)

Woningen met kruipruimte	1,30 m
Woningen zonder kruipruimte	1,00 m
Gebiedsontsluitingswegen	0,80 m
Erftoegangswegen	0,80 m
Groenstroken/ ecologische zones	0,50 m

4.3 Afwatering

4.3.1 Wegen en percelen

In de beleidstukken die zijn aangeleverd bij het bestemmingsplan staat dat het regenwater bovengronds moet worden afgevoerd. Dit betekent dat er geen straatkolken en rioleringsbuizen worden toegepast om regenwater te vervoeren. Hoogteverschillen moeten ervoor zorgen dat het water de goede kant op stroomt. Om het regenwater naar de juiste plekken te laten stromen is er een minimaal afschot nodig. Een afschot is een helling dat bewust is aangebracht om een vloeistof (in dit geval hemelwater) te laten weglipen. Het afschot geeft aan hoe stijl dit stuk is, het verhang dus. Dit zorgt ervoor dat water zich niet ophoopt in plassen op de weg, maar stroomt naar het waterberging systeem en de greppels.

In het bouwbesluit staat vermeld dat het hoogteverschil tussen het vloerpeil en de bestrating niet meer mag zijn dan 2 centimeter, om toegankelijkheid te waarborgen (Bouwbesluit Online 2012, 2012). Ook de helling er naartoe (de oprit) mag niet te steil zijn, die moet voldoen aan de volgende eisen (Bouwbesluit Online 2012, 2012):

- 1:12 indien het hoogteverschil niet groter is dan 0,25 m;
- 1:16 indien het hoogteverschil groter is dan 0,25 m, maar niet groter dan 0,5 m, en
- 1:20 indien het hoogteverschil groter is dan 0,5 m.

Alle wegen hebben een dwarsafschot van 2%, zodat het water naar de goten toe loopt en geen plassen vormt (Kloosterman, 2021, p. 12). Het water wat zich in de goot bevindt zal volgens RioNed moeten worden afgevoerd met een verhang van in ieder geval 1:300, wat ongeveer gelijk staat aan 3‰ (RioNed, 2008). Om aan de veilige kant te zitten wordt binnen Arcadis een helling van 1:250 gebruikt.

Hemelwater wat valt in de achtertuin moet op eigen perceel worden opgevangen en infiltreren, omringende percelen mogen hier geen hinder van ondervinden. Hiervoor is het van belang dat de achtertuinen van percelen goed op elkaar aansluiten, zodat het water van de ene tuin niet de andere tuin in stroomt. Ook moet de grond goed genoeg doorlatend zijn voor het hemelwater, hiervoor kan het nodig zijn om na de bouw de platgereden grond weer los te woelen.

4.3.2 Bermen

Aan de zijkant van de weg kan niet direct een greppel beginnen, hiervoor is er nog eerst een groenstrook (berm). Dit is bedoeld zodat een voertuig dat van de weg raakt niet direct in een waterberging systeem of greppel terecht kan komen. Voor de veiligheid mag het hoogteverschil tussen de berm en de weg niet meer zijn dan 2 cm volgens CROW. Er zijn geen strikte normen voor de breedte van bermen in woonwijken, ook zijn er geen richtlijnen te vinden in het CROW over deze specifieke situatie. Er zijn wel richtlijnen voor bermen langs snelwegen en voor wegen buiten de bebouwde kom, deze zijn niet toepasbaar in een woonwijk, daarom zal de breedte van de berm worden bepaald door logisch te beredeneren.

4.4 Waterberging

Het ontwerp moet voldoen aan de volgende 3 doelstellingen:

1. Toepassen vasthouden – bergen – afvoeren
2. Afvoer hemelwater naar het landelijk systeem niet vergroten
3. Geen wateroverlast bij de normbuien

Om dit te bereiken moet er voldoende ruimte aanwezig zijn om water te bergen (vast te houden) in het plangebied. Al het water wat valt op verhard oppervlak wordt afgevoerd naar wadi's en vijvers, hier moet voldoende capaciteit voor zijn.

4.4.1 Waterkwantiteit

Volgens het waterschap zijn er twee uitgangspunten waaraan moet worden voldaan. Dit gaat over hoeveel regen er kan vallen en wat de gevolgen mogen zijn bij een bepaalde bui. Dit hoort bij een neerslag situatie inclusief klimaatverandering en scenario G (Waterschap Noorderzijlvest, 2014).

1. Bij een bui met een herhalingstijd van 10 jaar (T=10) mag de peilstijging maximaal 0,4m zijn
2. Bij een bui met een herhalingstijd van 100 jaar (T=100) mag er geen inundatie plaats vinden.

Deze uitgangspunten staan ook in de watertoets over dit gebied vermeld. Hier staat concreet dat het gebied moet voldoen aan een bergingscapaciteit om de T=10 bui op te vangen uitgaande van 62.5mm in 24 uur, 96 mm in 4 dagen en 117 mm in 8 dagen (Kloosterman, 2021). Om te checken of dit realistische waarden zijn is er een literatuuronderzoek gedaan naar regenduurlijnen, dit is te vinden in de Bijlage 12.3.

4.4.2 Waterkwaliteit

Naast voldoende waterberging is het ook van belang dat het water van voldoende kwaliteit is. Hiervoor ben ik in gesprek gegaan met een specialist waterkwaliteit van Arcadis. In beginsel is dit gesprek vooral om erachter te komen wat een goede waterdiepte en talud is. De specialist gaf direct aan dat deze situatie zeer kwetsbaar was, vooral doordat er geen doorstroming in het systeem is als er geen regen valt. De uitwerking van dit gesprek staat in Bijlage 12.4. In Figuur 3 staan de belangrijkste punten uit het gesprek, gecombineerd met de informatie van een aantal bronnen die er zijn verkregen tijdens het gesprek, samengevat in categorieën (NKWK, 2022) (NKWK, 2021).

Doorstroming	Kwelwater aanvoeren
	Minder duikers
	Duikers groot genoeg
Voedselrijkdom	Geen dierenpoep, niet voeren
	Weinig bladinal
Watertemperatuur	Veel bomen voor schaduw (>25% van wateropp) en luchttemperatuur (tegenstrijdig met bladinal)
	Waterdiepte
Zuurstofgehalte	Blauwalg wegscheppen
	Blad weghalen
	Geen dierenpoep, niet voeren
Verontreiniging	Bufferstrook tussen weg en watergang
	Niet zwemmen
	Geen dierenpoep, niet voeren

Figuur 3, Samenvatting waterkwaliteit

4.4.3 Wadi

Volgens RioNed heeft een wadi een maximale waterstand van 0,3m, dit is vanwege de maximale ledigingstijd en veiligheid. De wadi is nog 0,1m dieper, zodat niet direct de voorzieningen eromheen onder water komen bij een hydraulische opstuwung van de overloopput, deze extra veiligheidsmarge wordt waking genoemd. Het talud van een wadi is bij voorkeur 1:3 of flauwer, dit is zodat het machinaal te maaien is (RioNed, 2008). Een wadi is te zien in Figuur 4.



Figuur 4, Wadi

4.4.4 Verdrinkingsgevaar

De kans op verdrinkingsgevaar moet zo klein mogelijk worden gehouden. Hier moet rekening mee worden gehouden bij het ontwerp.

4.5 Ondergrondse infrastructuur

De minimale dekking tussen de kabels en leidingen, het vuilwaterriool en de duikers is 20 centimeter. Hierdoor is de kans op schade bij herstelwerkzaamheden of door zetting minder groot.

4.5.1 Vuilwaterriool

Volgens de watertoets zijn er de volgende eisen gesteld aan het vuilwaterriool:

- Minimale diameter 250 mm
- Afschot beginstrengen dwa-stelsel 1:200 (minimaal eerste 150 m),
- Minimaal afschot dwa-stelsel 1:500;
- Gemiddeld afschot dwa-stelsel, tussenhoogste en laagste bob 1:400.
- 10 L/u per inwoner gedurende 12u per dag (2,5 inw / won)
- Maximale putafstand 70 m;
- Maximale aanlegdiepte 4 m-mv;
- Minimale gronddekking 1,20 m-mv.

Omdat er geen regenwater in het riool komt, hoeft de buis niet groot te zijn. Met een afvalwaterprognose is het debiet bepaald, daaruit kwam dat de minimale diameter van 250mm voldoende is. Het vuilwaterriool valt verder buiten dit onderzoek, vandaar dat dit niet verder wordt uitgewerkt.

4.5.2 Kabels en leidingen

Onder de wegen in dit gebied ligt puin, wat niet makkelijk op te graven is. Vandaar zal in het ontwerp de strook voor kabels en leidingen naast de weg komen te liggen, zodat de NUTS partijen hier makkelijk bij kunnen. De kabels en leidingen hebben een gebied nodig van 0,50m hoog en 1,05m breed. Deze strook ligt op 0,60m onder het maaiveld.

4.5.3 Duikers

Om verstopping van de duikers te voorkomen eist de gemeente een minimale diameter van 400mm. Als de duikers een diameter groter dan 400mm hebben moeten ze van beton zijn, anders van PVC. Als er een sifon constructie wordt gemaakt moet er een inspectieput met een zandvanger worden geplaatst. Dit zorgt ervoor dat onderhoud makkelijker is en dat buizen/duikers minder snel verstopt zullen raken. Het onderhouden (door middel van doorspuiten/leegzuigen) van de put zal jaarlijks moeten plaats vinden.

4.5.4 Drainage

Voor de drainage is het handig als de buizen flexibel zijn, dit wordt meestal geleverd op een rol. Dit is makkelijk omdat het flexibel in een sleuf kan worden gelegd en dus precies door de as van de wadi kan lopen. Ook kan het hierdoor makkelijk iets hoger of lager worden gelegd, om andere functies te ontwijken. De kleinste buis, die flexibel is, geperforeerd (goed doorlatend) is en een doek (tegen dichtslippen) eromheen heeft, heeft een diameter van 200mm (Wavin, 2012). Als de buizen een hoek maken, of naar iedere 100 meter moet er een doorspuitput komen.

Omdat het ontwerp grondwaterneutraal moet zijn mag er geen grondwater worden afgevoerd. Als de drainagebuis in het grondwater ligt zal er daarom een put moeten worden geplaatst met een instel-/drempelhoogte, zodat er pas water wordt afgevoerd als het water hoger komt te staan dan het drempelniveau.

5 Hoogtekaart

Om de eerste onderzoeksvraag “Wat is de gewenste hoogte van het plangebied?” te kunnen beantwoorden zijn in het vorige hoofdstuk alle kaders opgesteld waar het ontwerp aan moet voldoen. De start van het ontwerp is het stedenbouwkundigplan wat is gemaakt voor Peize-zuid (zie Bijlage 12.1) (HKB stedenbouwkundigen, 2021). In dit hoofdstuk zal worden beschreven hoe de hoogtekaart tot stand is gekomen en welke ontwerpkeuzes er zijn gemaakt.

5.1 Vaste hoogtes

Het startpunt van het hoogteplan zijn de starthoogtes die volgen uit de randvoorwaarden. Het gebied ligt het laagste rondom de punten waar het hemelwater naar toe moet, dit zijn de wadi's en bergingsvijvers. Op deze punten wordt de minimale hoogte voor de ontwatering gebruikt. Er wordt uitgegaan van het minimum, zodat er zo min mogelijk extra grond nodig is om het gebied op te hogen. Ook moeten de randen van het plangebied wel goed aansluiten met de omgeving. Ditzelfde geldt voor de hoogtes van de greppels.

Het waterpeil in de huidige situatie is gemeten op NAP + 1,10m. Dit is alleen niet realistisch aangezien het waterschap aanpassingen heeft gedaan aan de watergangen in de omgeving. Het waterpeil zal lager zijn en door middel van een stuw op NAP + 0,95m in de zomer uitkomen (NAP + 0,80m in de winter). Met de droogleggingsnorm van 0,80m zal het minimale wegpeil (direct naast de waterberging systemen en greppels) uitkomen op NAP + 1,75m.

De stand van het grondwater is niet in het hele gebied gelijk. Voor de ontwatering wordt uitgegaan van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG). In het zuidwesten ligt de GHG op NAP +2,50m en in het oosten op NAP +1,65m. Dit houdt in dat het wegpeil in het westen op NAP + 3,20m ligt en in het oosten op NAP +2,35m.

5.2 Werkwijze

Aan het stedenbouwkundigplan kunnen geen ruimtelijke aanpassingen meer worden gedaan. Tijdens het ontwerpen zullen er alsnog kleine wijzigingen, vanwege de civieltechnische uitwerking, gedaan worden. De werkwijze voor het maken van de hoogtekaart is gevisualiseerd in Figuur 5 en wordt uitgelegd met behulp van Figuur 6 en de woning die blauw staat omcirkeld.



Figuur 5, Werkwijze hoogteplan



Figuur 6, Stukje hoogteplan

- **Vaste hoogtes** Er wordt gestart met de vaste hoogtes, in dit geval bij de Achteromweg, er is vastgesteld dat die op 3.15m ligt. Vanwege de minimale ontwatering, heeft de weg een minimale hoogte van 3.00m.
- **Globale stroomrichting** De minimale hoogte moet langs de wadi liggen, zodat het water richting de wadi stroomt.
- **Weg as hoogte** De wegen aan de zuidkant van de wadi lopen dus op richting het zuiden. Dit wordt gedaan met behulp van de afwateringsrandvoorwaarden. Ter hoogte van het blauw omcirkelde huis ligt de weg inmiddels op 3.22m, 22 cm hoger dan bij de wadi.
- **Vloerpeilen** De weg ligt in een hol profiel, vanaf de rand van de weg kan met behulp van de afwateringsrandvoorwaarden het vloerpeil worden bepaald. Bij deze woning is het vloerpeil 3.40m.
- **Achtertuinten** Vervolgens moet de achtertuin altijd lager liggen dan het vloerpeil, in dit geval 3.20m.

Deze cyclus kan direct opnieuw beginnen want het vloerpeil van de oranje woning moet ook bepaald worden. Hiervoor wordt weer de stroomrichting en de weg as hoogte bepaald. Het vloerpeil van deze woning komt uit op 3.45m. Zoals te zien in de afbeelding sluiten de tuinen goed aan. Dit is een grote puzzel om te zorgen dat het ontwerp op alle plekken aan alle randvoorwaarden voldoet. Door de integraliteit van deze opdracht ontstaan er knelpunten. Door deze cyclus te herhalen worden deze knelpunten er weer uit gehaald. Dat proces gaat met vallen en opstaan, proberen en aanpassen. Het afwateringsontwerp (hoogtekaart) is als bijlage toegevoegd, zie 12.1.

5.3 Ontwerpkeuzes

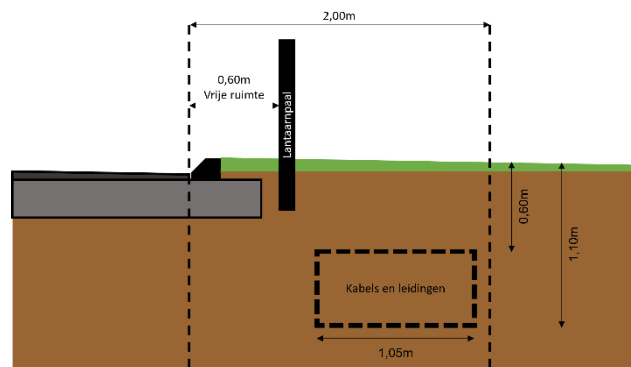
Er zijn een aantal locaties waar aanpassingen aan moeten worden gedaan, omdat het stedenbouwkundig plan niet wenselijk is. De meeste punten komen naar voren bij het uitwerken van de hoogtes en hebben relatie tot de opvang van water. Voor deze knelpunten is er een oplossing bedacht. Omdat dit project parallel loopt aan het project van Arcadis, zijn er in enkele gevallen ook ontwerpkeuzes gemaakt door mijn begeleider van Arcadis. De belangrijkste veranderingen tussen het stedenbouwkundigplan en het afwateringsontwerp zijn hieronder puntsgewijs uitgewerkt.

- De wadi in het zuidwesten is opgesplitst in 3 losse wadi's zodat de weg erlangs niet dezelfde hoogte hoeft te zijn gedurende 100 meter. Aan de westkant heb je een weghoogte van 3.10m nodig voor voldoende ontwatering. Aan de oostkant is het wenselijk om lager te zitten om hoogteverschillen in het midden te beperken.
- In het midden is een nieuwe wadi gemaakt zodat de zuidwestelijke wadi's ook aan worden gesloten op de vijvers. Voorheen werd het water afgevoerd via een greppel naar een watergang van het waterschap, wat niet is toegestaan.
- Aan de zuidoostelijk plangrens worden hoogteverschillen tussen de nieuwe achtertuinen (ongeveer 2,60m NAP) en het (bestaande) onderhoudspad van de waterschapsloot (ongeveer 1,60m NAP) opgevangen in een groenstrook (grondwal met beplanting).
- In het westen is er een berm naast de weg geplaatst, voor kabels en leidingen. Hierdoor zijn de kavels opgeschoven en is er een greppel verwijderd.
- Er zijn een aantal duikers tussen de vijvers weggehaald, dit is gedaan door de greppels op te splitsen. Dit is goed voor de doorstroming en er is meer ruimte voor water, omdat er minder talud is.
- Aan de westkant van het plangebied zijn 2 wegen op een oor legt waarna het water in een verlaagde berm met een hol profiel komt.

- Met langsparkeren was het niet mogelijk om aan de parkeernorm te voldoen in de ruimte die beschikbaar was. Om wel te voldoen aan de parkeernorm is er gekozen voor haaksparkeren voor rijtjeswoningen. Om ruimtes efficiënt te gebruiken zijn soms ook kavels omgedraaid (noordoosten)
- Een aantal bomen die op verharding stonden zijn weggehaald, dit is niet realistisch. Deze zijn ergens anders in het plan gecompenseerd.
- Er is een extra voetpad aangelegd zodat er een route is om tussen de vijvers door te kunnen. Dit zorgt ervoor dat je als voetganger makkelijk door de wijk heen kunt.

5.3.1 Kabels en leidingen

Op sommige plekken in het gebied is er enkel een weg en geen stoep. Hier is er een berm gemaakt die wordt gebruikt voor functies zoals lantaarnpalen, opstelplaatsen voor containers en de strook voor kabels en leidingen. In Figuur 7 staat een visualisatie van hoe de berm dan wordt ingedeeld. Er is 0,60 meter vrije ruimte nodig tussen de weg en obstakels. Dan is er een kabels en leidingen strook nodig van 1,05m, dit is vastgesteld tijdens het NUTS overleg, met alle betrokken NUTS partijen. Daarnaast is er nog ruimte voor een lantaarnpaal. Om dit allemaal te laten passen wordt uitgegaan van 2 meter vanaf de rand van de weg. De kabels en leidingen mogen van de NUTS partijen namelijk niet onder de fundering van de weg of onder de lichtmast komen. De berm heeft een helling van ongeveer 1:10 en loopt af vanaf de weg.



Figuur 7, Berm als er geen stoep is

5.3.2 Greppels

Er is voldoende ruimte tussen de greppels en percelen om goed aan te sluiten op de tuinen. Er is bij iedere kavel ongeveer 5 meter vrij gelaten om het hoogteverschil tussen de insteek van het talud en de tuin op te vangen. Het hoogteverschil is meestal niet meer dan 1 meter. Hierdoor kan er eerst 1 meter heel flauw aflopend zijn. Daarna is er een talud van maximaal 1 op 4 om uit te komen bij de bestaande greppel. Doordat er genoeg ruimte is hoeft er niet te worden gekeken naar andere oplossingen zoals een keerwand of het hoogteverschil opvangen op de kavels zelf.

Tussen de greppels en de wegen die er loodrecht op staan moet ook voldoende ruimte zitten ten behoeve van de veiligheid. Voor de stoep is gekozen om een berm van 50cm aan te leggen die maximaal 10cm afloopt. Langs de weg is ervoor gekozen om een berm aan te leggen van 1m (ook maximaal 10cm aflopend). Daarna is er een talud van maximaal 1:1, dit is bij benadering het talud van de greppels.

6 Wateropgave

De tweede deelvraag gaat over hoeveel water het watersysteem moet kunnen opslaan. Deze onderzoeksvraag is opgedeeld in meerdere deelvragen die dit hoofdstuk aan bod komen. Dit wordt gedaan door eerst te kijken naar hoe het watersysteem werkt. Daarna wordt er gekeken naar wat de afstroomgebieden zijn. Om vervolgens de afmetingen en capaciteit van de wadi's en bergingsvijvers te bepalen. Uiteindelijk kan daardoor antwoord worden gegeven op de vraag hoeveel water de wadi's en vijvers kunnen opvangen en of dit voldoet aan de voorwaarden.

6.1 Watersysteem

Al het hemelwater wat op verharding valt zal versneld worden vervoerd (via greppels) naar de wadi's en bergingsvijvers. Het water wat op dit gebied valt moet geïnfiltreerd en geborgen worden. Als de wadi's vol zijn wordt het water hieruit afgevoerd naar de bergingsvijvers. Het totale systeem van wadi's en bergingsvijvers moet voldoende capaciteit hebben om aan de randvoorwaarden te voldoen.

6.2 Afstroomgebieden

Met behulp van het afwateringsontwerp (zie Bijlage 12.1) zijn de afstroomgebieden bepaald. Hemelwater wat in hetzelfde afstroomgebied valt zal afvoeren naar dezelfde wadi of bergingsvijver. De afstroomgebieden zijn weergegeven in Figuur 8. Met behulp van de afstroomgebieden kan de belasting (verhard oppervlak) op de wadi's en vijvers worden berekend. Hieronder vallen alle verhardingen, zoals wegen, paden en daken. Er wordt vanuit gegaan dat de afvoer van regenwater op de daken voor de woning op straat komt, ter hoogte van de oprit op de perceelgrens, hierdoor valt een perceel geheel onder hetzelfde afstroomgebied. Ook is er een aangenomen dat 45 m² van de voortuin wordt bestraat bij ieder huis met een garage. Dit is voor een pad naar de deur en een oprit. Hemelwater wat in de achtertuinen valt wordt niet versneld afgevoerd en wordt dus niet meegenomen in de berekening. De verhardingen zijn berekend met behulp van het afwateringsontwerp en staan in Bijlage 12.5.



Figuur 8, Afstroomgebieden

6.3 Wadi's

In het westelijke deel van het plangebied liggen 8 wadi's, ze zijn genummerd zoals in Figuur 8, zodat ze makkelijk te onderscheiden zijn. De functie van een wadi is om regenwater te bergen en daarna te laten infiltreren.

6.3.1 Capaciteit

De gegevens over de wadi's staan in Tabel 2 en zijn te vinden in of te berekenen met het afwateringsontwerp (zie Bijlage 12.1) en met behulp van de formules hieronder. De wadi's hebben een maximale waterdiepte van 0,3m.

Tabel 2, Gegevens wadi's

Wadi (-)	Bodemniveau (m NAP)	Slokophoogte (m NAP)	Drainniveau (m NAP)	Beschikbare berging (m ³)	Beschikbare berging (mm)	Verharding (m ²)	Verhouding bodem/verhard (-)
1	2.65	2.95	1.95	131	47	2762	7
2	2.45	2.75	1.75	521	101	5140	3
3	2.4	2.7	1.70	124	44	2800	8
4	2.4	2.7	-	395	168	2348	2
5	2.4	2.7	1.70	163	92	1785	4
6	2.6	2.9	1.90	1003	147	6848	2
7	2.6	2.9	1.90	44	107	413	3
8	2.4	2.7	1.70	398	199	2005	2
Tot				2780	115	24102	3



$$\text{Beschikbare berging} = \text{volume wadi} = \left(a * c + b * c * \frac{1}{2} * 2 \right) * \text{lengte wadi}$$

$$\text{Capaciteit beschikbaar (mm)} = \frac{\text{beschikbare berging (m}^3\text{)}}{\text{oppervlakte afstroomgebied verhard (m}^2\text{)}} * 1000$$

In totaal kunnen de wadi's 2780m³ opvangen, wat gelijk staat aan 115mm hemelwater wat is gevallen op verhard oppervlak. Het is niet wenselijk als een stukje wadi erg intensief wordt gebruikt. Dit zorgt er namelijk voor dat de kwaliteit van de grond achteruitgaat en dat planten hier slecht op kunnen groeien. Daarom zijn alle wadi's vlak gemaakt, zodat het water geleidelijk de grond in trekt. Ook is het wenselijk als alle wadi's ongeveer dezelfde verhouding hebben tussen de bodem en het verhard oppervlak. Hierdoor wordt elke wadi gelijkmatig belast en zit er niet 1 wadi heel snel vol.

In het plangebied zitten wadi's 1 en 3 het snelste vol, ze hebben het grootste aandeel verhard oppervlak in vergelijking met de bodemoppervlakte van de wadi. Wadi 1, 2 en 3 lopen in elkaar over, zoals te zien is op Figuur 9. De overstort van wadi 3 zit gekoppeld aan wadi 4, 5 & 8. Een betere indeling zou zijn om wadi 2 kleiner te maken en wadi 1 en 3 groter. Dit is te realiseren door de rode lijnen in Figuur 9 (oud ontwerp), te vervangen door de groene lijnen (nieuw ontwerp). Hiervoor moet alleen de plek van de overloop worden aangepast. De belasting van deze 3 wadi's wordt dan gelijkmatiger verdeeld. De gemeente wil graag een leefbare wijk en zijn daarom op zoek naar een locatie voor een speeltuin. Wadi 2 of 8 zou hiervoor een goede locatie voor zijn, vanwege de centrale ligging en grootte. Als hiervoor wordt gekozen is het handiger om wadi 2 groot te houden, dan is er veel ruimte om te spelen.



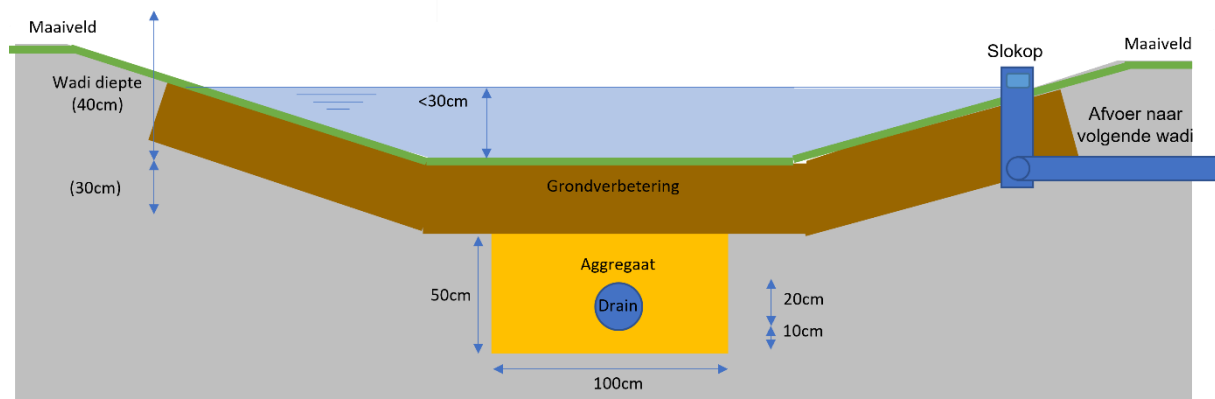
Figuur 9, Aangepaste afstroomgebieden

6.3.2 Opbouw van de wadi

In de meeste oude wijken gaat het regenwater via de riolering naar het oppervlaktewater of de rioolwaterzuiveringsinstallatie. In deze wijk is dat niet het geval, omdat het regenwater bovengronds wordt afgevoerd, in het westelijke deel is dit naar de wadi's. Voor de opbouw van de wadi is het boek van Rioned gebruikt die aanbevelingen geeft voor onder andere het ontwerp voor wadi's (Boogaard, Bruins, & Wentink, 2006).

De bovenste laag van de wadi moet uit grond bestaan waardoor water goed in de bodem kan zakken (>0.5m/dag). Bij voorkeur is dit humusachtige grond (30 centimeter dik) waarop gras zich goed kan ontwikkelen. Daaronder zit een aggregaat, wat bestaat uit kleine korrels met holle ruimtes ertussen. Deze korrels kunnen bijvoorbeeld kleikorrels, lavasteen of grind zijn. De holle ruimtes tussen de korrels kunnen gebruikt worden als extra berging. Dit is voor dit gebied niet nodig en daarom wordt er drainzand gebruikt. Om te zorgen dat deze ruimte een afgesloten ruimte blijft, zit er een zanddicht doek omheen. Hierdoor blijft het drainzand hierin en vermengt het niet. Het hele aggregaat heeft een hoogte van 50 centimeter en is 1 meter breed en loopt over de lengte van de wadi. Bij een kleine regenbui infiltreert het water in de wadi en zakt het water via het aggregaat langzaam de bodem in. Bij iets meer regen zal er water in de wadi komen te staan. In de lengterichting door het aggregaat loopt een drainagebuis (Ø200mm), deze ligt op 10 centimeter boven de onderkant van het aggregaat,

hier later meer over. Iedere wadi is opgebouwd zoals hierboven beschreven. Een voorbeeld van een dwarsdoorsnede staat in Figuur 10.



Figuur 10, Dwarsdoorsnede wadi

Alle wadi's voeren trapsgewijs af van hoog naar laag. De wadi die het laagste ligt zal het water afvoeren naar de bergingsvijvers als hij overloopt. Dit gebeurt pas als het water hoger komt te staan dan de maximale waterdiepte (30cm). Er zijn drie soorten verbindingen tussen wadi's:

1. Twee wadi's liggen direct naast elkaar en zijn verbonden door een bovengrondse overloop. Als het water een bepaald niveau bereikt stroomt het over naar de volgende wadi.
2. De ene wadi ligt hoger dan de andere wadi. Het water gaat via een overstortput (slokop) naar een uitstroomput in de volgende wadi. Door deze constructie hoeft de waterhoogte in beide wadi's niet gelijk te zijn.
3. Twee wadi's liggen op hetzelfde niveau en zijn verbonden met een duiker. Dit is een bijzondere situatie waarbij een greppel verschillende wadi's verbindt. Een duiker zal op de bodem van de greppel liggen en verbindt de wadi's met elkaar. Deze twee wadi's hebben dus altijd dezelfde waterstand.

Verbinding 2 en 3 wordt in meer detail uitgewerkt in Paragraaf 7.1.3.

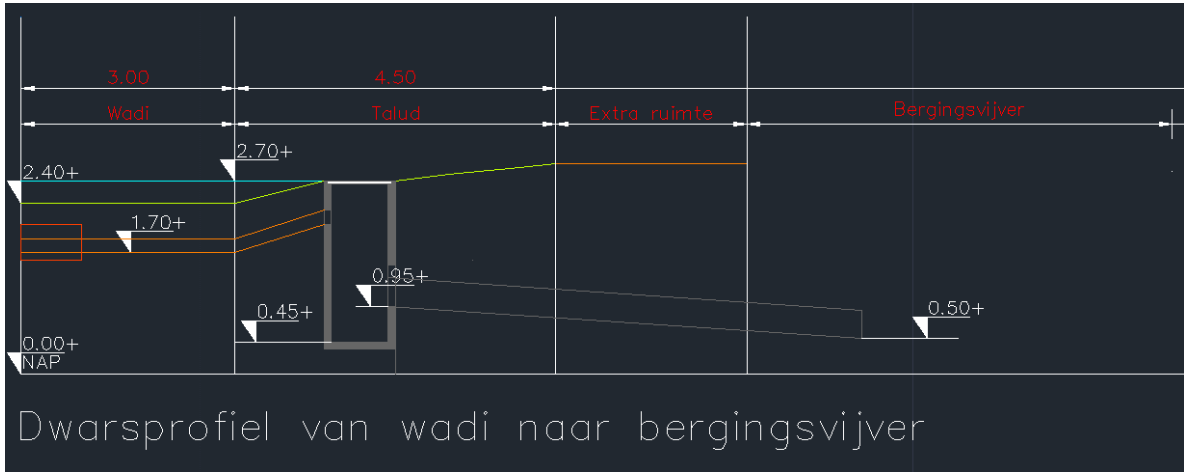
6.3.3 Drainage

Bij regen zullen de greppels en wadi's vollopen. Als het droog wordt, zal het water langzaam wegzakken, dit komt voornamelijk door de drain, want de grond is inmiddels verzadigd. De drainagebuis heeft als functie om het water (vertraagd) af te voeren naar de bergingsvijvers. Daarvoor zijn alle drainagebuizen aan elkaar verbonden en stromen uiteindelijk uit in de bergingsvijvers. Zonder drain zou het water te lang in de wadi's blijven staan.

Door wadi 5 & 8 loopt naast een drainagebuis ook een greppel. De drainagebuis trekt het water uit de wadi en greppel aan. Bij veel regen verdeelt het water over wadi 4, 5 & 8 omdat die verbonden zijn met de greppel. Hierdoor hoeft er door wadi 4 geen drainagebuis te lopen. De drainagebuis in wadi 5 & 8 zorgen dat wadi 4 ook langzaam leegloopt. Waar de drainagebuizen lopen en de doorspuitputten liggen staat op het afwateringsontwerp (zie Bijlage 12.1).

Een richtlijn is dat dit project grondwaterneutraal moet worden ontworpen. De drainagebuis voert alleen water af als het grondwaterniveau of drukniveau hoger komt dan het ingestelde niveau van 30 centimeter onder bodempeil. Dit komt doordat de drainagebuis overloopt in een regelput. Hiermee wordt er bij hoge grondwaterstanden geen grondwater afgevoerd.

De drain komt uit in de overstortput van diezelfde wadi, zoals te zien in op het afwateringsontwerp (zie Bijlage 12.1). De drempelhoogte van deze wadi is 2,70m NAP, de drain komt iets daaronder in de put uit, op 2.10m NAP. Via een buis die op 0,95m NAP ligt zal het water worden afgevoerd naar de bergingsvijvers. Het dwarsprofiel is in Figuur 11 weergegeven, hierin staat in rood het aggregaat en met oranje de drainagebuis aangegeven.



Figuur 11, Dwarsprofiel van inspectieput

6.4 Bergingsvijvers

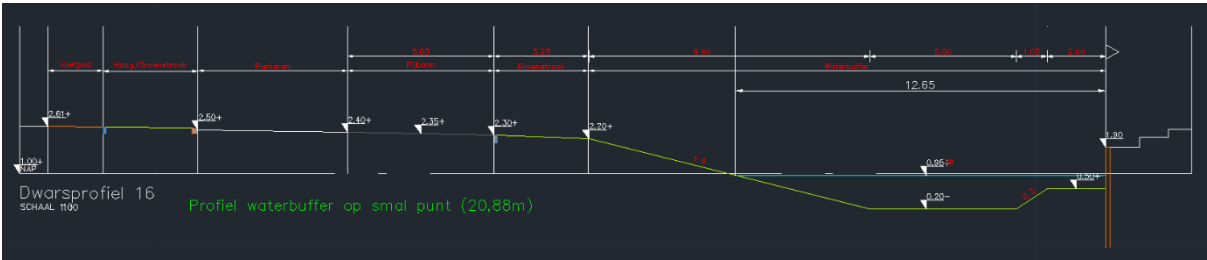
Het hele oostelijke deel van het plangebied watert af op de bergingsvijvers, de wadi's in het westelijke deel lopen over in de bergingsvijvers als de maximale capaciteit is bereikt. De bergingsvijvers staan direct in verbinding met elkaar door middel van duikers. De vijvers hebben een bergende functie. Dat wil zeggen dat er water vast wordt gehouden en vervolgens vertraagd wordt afgevoerd. Om deze afvoer te reguleren wordt aan de oostkant van het plangebied een stuw geplaatst.

In de huidige situatie heeft het land een agrarische functie. In de zomer willen de boeren zoveel mogelijk water in de bodem houden. In de winter is meer ontwatering handig, zodat boeren eerder het land op kunnen. Om deze reden wordt er een apart zomer- en winterpeil gehandhaafd. Dit is niet meer nodig voor de huidige situatie. Daarom is er gekozen om het zomerpeil aan te houden. De belangrijkste reden hiervoor is dat de watergang (in werkelijkheid een droogvallende sloot) achter de stuw, waar het water naar toe moet, een bodempeil heeft van ongeveer 0,80m NAP. Dit is ongeveer de hoogte van het winterpeil. Het water uit de vijver pompen is een hele dure en onnodige oplossing. Daarom wordt de stuw ingesteld op een peil van 0,95m NAP.

6.4.1 Natuurvriendelijke oever

In het stedenbouwkundige ontwerp is er weinig ruimte tussen de weg en de waterlijn, dit betekent dat het talud vrij steil moet zijn. Daarnaast is er in dit ontwerp geen rekening gehouden met kabels en leidingen, waardoor er in werkelijkheid nog minder ruimte is. Tijdens het interview met de waterkwaliteit specialist is onder andere naar voren gekomen dat een flauwe natuurvriendelijke oever goed is voor de waterkwaliteit. Hier kunnen verschillende soorten planten groeien. Daarnaast is het wenselijk als er een afwisselende diepte is van 1 tot 1,5 meter. Bij diepere stukken vijver zal weinig zonlicht komen en daardoor zal het water minder snel opwarmen in warme tijden. Ook zit bij deze dieptes de bodem altijd ruim onder GLG-niveau, waardoor de vijver niet droog komt te staan in de zomer. Het systeem is hierdoor in droge tijden robuust.

Om met de gelimiteerde ruimte die er is, toch een natuurvriendelijke oever te creëren, met voldoende waterdiepte is er in overleg met de gemeente besloten om aan de zuidkant, tegen de erfgrans van de percelen aan, een keerwand te plaatsen. Hierdoor kan de bergingsvijver opschuiven naar het zuiden toe en is er aan de noordkant ruimte voor een natuurvriendelijke oever. Het talud aan de noordkant kan nu in de meeste gevallen 1:5 of flauwer zijn, dit voldoet aan de ontwerprichtlijnen van de “Handreiking Natuurvriendelijke Oevers” (STOWA, 2009), een dwarsdoorsnede is te zien in Figuur 13. Daarnaast zijn een aantal vijvers aan elkaar verbonden, zodat er minder duikers nodig zijn, wat goed is voor de doorstroming, dit is te zien in het bovenaanzicht van Figuur 12. Ondanks deze verbetering is er nog altijd sprake van stilstaand water in het geval van (langdurige) droge periodes. Het gevaar van een slechte waterkwaliteit blijft aanwezig en kan bij optreden mogelijk worden verholpen door het aanbrengen van kunstmatige doorstroming (bijvoorbeeld een fontein).



Figuur 13, Doorsnede waterbuffer smal punt



Figuur 12, Bovenaanzicht keerwand ontwerp

Varend onderhoud is in dit ontwerp noodzakelijk omdat onderhoud vanaf de kant niet mogelijk is in dit ontwerp. Dit komt omdat alleen aan de noordkant van de vijver een onderhoudsvoertuig kan rijden, dit voertuig heeft maar een beperkte reikwijdte en kan dus niet overal bij. De boot heeft een minimale ruimte nodig van 5 meter breed en 1 meter diep (Kloosterman, 2021).

Aan de zuidkant liggen de achtertuinen op een hoogte van 1,90m NAP, direct hieraan grenzend staat de keerwand. In de achtertuinen van de percelen die tegen de keerwand aan staan zit veel hoogteverschil. Dit moet worden opgelost door een getrappt profiel te maken. Er is ervoor gekozen om de tuinen niet hoger te maken, omdat anders het verschil tussen tuinpeil en waterpeil erg groot is. Op sommige plekken zal een deel van de keerwand opgebroken worden zodat het water uit de greppels in de vijver kan stromen. Aan de kant van de keerwand is er 0,45m onder het waterpeil een 2,0m bodemprofiel aanwezig, dit is voor de veiligheid. Ook is de druk op de keerwand lager, hierdoor is de

fundering van de keerwand minder diep en is het dus goedkoper. Daarna zal er een talud zijn van 2:3, dit is zo steil mogelijk, zodat er aan zo veel mogelijk ruimte over blijft voor de natuurvriendelijke oever.

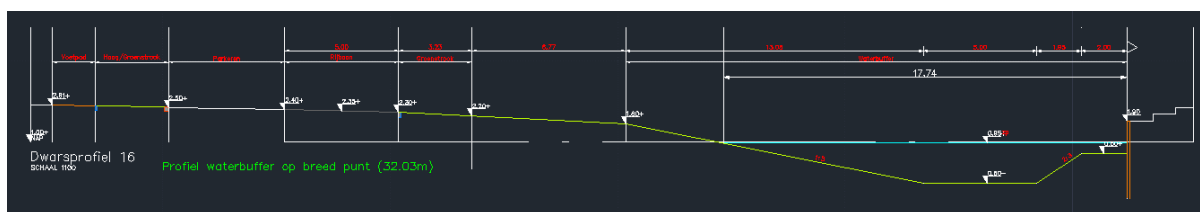
De bodem ligt op minimaal -0.2m NAP, zodat er voldoende waterdiepte is voor de onderhoudsboot. In (langdurige) droge periodes, kan het water uitzakken, daarom is er nog 0,15m speling. Naar verwachting zal het water niet verder uitzakken, omdat de GLG hoger ligt dan het waterpeil en de bergingsvijvers dus water aantrekken. Om te zorgen dat het water niet te snel opwarmt is de bodem op een aantal plekken dieper dan -0,2 NAP, als de breedte dat toe laat.

De linkerkant is de noordkant, hier grenst de weg aan. Naast de weg is er een berm die overgaat in een flauwe oever. De berm wordt gebruikt voor de kabels en leidingen, de flauwe oever wordt deels als schouwpad ingericht en is deels bestemd voor bomen en struiken. De flauwe oever gaat over in de natuurvriendelijke oever met een helling van ongeveer 1:5 die onder water doorloopt. Aangezien het niet natuurlijk is om ineens een knik te zien in het talud is ervoor gekozen om de helling van het talud aan de noordkant constant te maken. Als het water in de zomer verdampt zal het waterpeil zakken, maar geeft dit geen gek beeld vanaf de kant. Een goede helling voor een natuurvriendelijke oever is 1:5 of flauwer. Dit is op de smalste stukken net niet mogelijk, maar op de meeste plekken wel.

Op het smalste punt is de totale afstand tussen perceel en weg rond de 21 meter. Het ontwerp voor dit punt is weergegeven in Figuur 13. De bodem ligt 1,15 meter onder het rustwaterpeil en is 5 meter breed. Op andere plekken zal er meer ruimte zijn, daar zijn de volgende aanpassingen mogelijk:

- Bodem dieper maken
- Bodem breder maken
- Talud minder steil maken
- Groenstrook breder maken

In Figuur 14 is een situatie weergegeven zoals het eruit zou kunnen zien op een breed punt. Hier is een grote ruimte voor bomen aan de linkerkant, wat zorgt voor schaduw. Ook is er nu voldoende ruimte voor een natuurlijke oever waarbij verschillende soorten vegetatie kunnen worden gebruikt. Daarnaast is de bodem hier dieper, zodat het water op deze plek minder snel opwarmt.



Figuur 14, Doorsnede waterbuffer breed punt

Iedere bergingsvijver moet ook een inlaatplaats hebben voor een boot, zodat de boot makkelijk het water in kan. Een logische plek hiervoor is om dit te doen aan de kant van de natuurlijke oever. Waar deze inlaatplaats precies komt en hoe dit er uit ziet is te gedetailleerd voor dit onderzoek.

6.4.2 Capaciteit

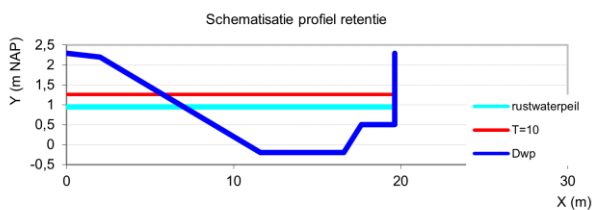
De wadi's hebben een capaciteit van 115 mm (zie 6.3.1). Het hemelwater wat valt in het westelijke deel zal eerst opgevangen worden in de wadi's. Als er meer regen valt dan 115 mm, stroomt het surplus van water door naar de bergingsvijvers. Vanaf het oostelijke deel wordt het hemelwater wat op verharding valt versneld afgevoerd (via de greppels) naar de bergingsvijvers. De stuw mag een debiet van 1,2L/s/ha doorlaten, dit is de landelijke afvoer. Dit geldt over het bruto oppervlak van het plangebied (12,5 ha).

Omdat de vijvers niet overal dezelfde vorm hebben wordt uitgegaan van het smalste punt, zoals te zien in Figuur 13. Voor dit ontwerp is er een dynamische berekening gedaan op basis van de regenduurlijnen zoals toegelicht in Bijlage 12.3. Hiervoor zijn de invoerparameters gebruikt die hieronder in Tabel 3 staan beschreven. Deze parameters zijn bepaald met behulp van het afwateringsontwerp.

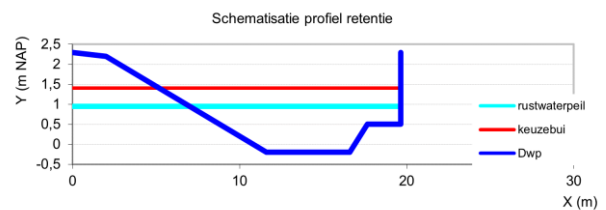
Tabel 3, Invoerparameters

Verharding (m2)	27392
Wateroppervlakte (m2)	4763
Beschikbare berging (m3)	4250
Beschkbare berging (mm)	132

Met behulp van een Excel sheet wordt voor iedere tijdstap het waterpeil berekend bij een normbui. De output van dit model is de maximale peilstijging. Een screenshot uit deze Excel sheet is toegevoegd in Bijlage 12.6. Zoals te zien in Figuur 16, is de maximale peilstijging bij een T=10 bui is 0,31m. In Figuur 15 is de maximale peilstijging bij een T=100 bui te zien, dit is 0,46m. Voor beide normbuien voldoet dit ontwerp aan de randvoorwaarden. Het watersysteem heeft zelfs nog overcapaciteit.



Figuur 16, Maximale peilstijging T=10



Figuur 15, Maximale peilstijging T=100

7 Kunstwerken

Om het watersysteem volledig te maken zijn er ook duikers en een stuw nodig. Hoe deze elementen werken en wat de afmetingen zijn zal hieronder worden uitgelegd. De duikers en de stuw moeten voldoende water kunnen vervoeren van de ene naar de andere kant. Als er veel water door moet zal er een opstuwing ontstaan, dit komt door de druk die zich over de lengte van de buis opbouwt. Met behulp van de wet van Chézy kan worden berekend wat het hydraulisch verhang is en dus wat de opstuwing zal zijn bij de afmetingen van de buis. De formule van Chézy staat uitgelegd in Bijlage 12.7.

7.1 Duikers

De vijf verschillende bergingsvijvers zijn met duikers verbonden met elkaar. Naast voldoende capaciteit moeten de duikers ook functioneel blijven. Dit betekent dat de duiker niet verstopt mag raken met bijvoorbeeld blad of (groen)afval. Door de duikers onder water te plaatsen gaat er geen drijfvuil in zitten. Ook wordt er de eis gesteld dat een duiker een diameter van minimaal 400mm moet hebben. Bij deze diameter is de kans op verstopping klein. Ook kan deze duiker makkelijk worden gereinigd.

Bij grote debieten water ontstaat er een opstuwing voor de duiker. Hiervoor worden 2 scenario's onderzocht. Een droogweer situatie en een extreem scenario. Daarna wordt er nog gekeken naar verschillende soorten duikerconstructies.

7.1.1 Scenario 1: Landelijke afvoer

De bergingsvijvers trekken grondwater aan omdat in de meeste gevallen het grondwaterpeil hoger ligt dan het waterpeil in de vijver. Bij droog weer blijft er dus nog steeds water bij komen vanuit de grond, dit water mag worden afgevoerd naar de primaire watergang van het waterschap. Deze afvoer is de landelijke afvoer en mag maximaal 1,2 l/s/ha zijn. In dit scenario mag er geen merkbare opstuwing ontstaan. Dit wordt berekend met behulp van de formule van Chézy. Deze is omgebouwd naar de volgende vorm. Waarin parameter $d=0,001m$ voor duikers.

$$h = \frac{\left(\frac{Q}{\pi r^2}\right)^2}{\left(18 \log_{10} \frac{12 * \frac{r}{2}}{2d}\right)^2 * \frac{r}{2}} * l$$

Het totale planoppervlak is 12,5 ha en met de landelijke afvoer komt dit uit op een debiet van 0,015 m³/s. Dit moet door de duiker met een diameter van 400mm (straal=0,2m) en een lengte van 17 meter. Hieruit volgt dat de opstuwing voor de duiker gelijk is aan 1 mm, wat verwaarloosbaar is.

7.1.2 Scenario 2: Extreem scenario

Als er 70mm in 100 min statisch (T=100 situatie) valt op één afstroomgebied en dit moet allemaal door de benedenstroomse duiker, zal de opstuwing ontstaan die te zien is in Tabel 4. Welke duiker waar ligt is te zien op Figuur 17. Er wordt dus vanuit gegaan dat al het water dat op de bergingsvijver links van duiker 1, door duiker 1 moet. Dit is een extreem scenario, omdat de bergingsvijver het water kan bufferen en dus nooit al het water direct naar de volgende vijver moet. Wel is aangenomen dat de wadi's zorgen voor de berging in het westelijke deel en dat er dus geen water vanuit de wadi's komt. Dit is realistisch omdat deze meer dan voldoende capaciteit hebben om een T=100 bui te bergen. De prijsstijging door opstuwing is enkele centimeters, en zal dus niet voor inundatie zal zorgen.

Tabel 4, Opstuwing extreem scenario

Duiker (-)	1	2	3	4
Verhard oppervlak (m²)	8305	4125	8024	2350
Debiet (m³/s)	0,097	0,048	0,094	0,027
Lengte duiker (m)	19	24	24	17
Opstuwing (mm)	45	14	53	3



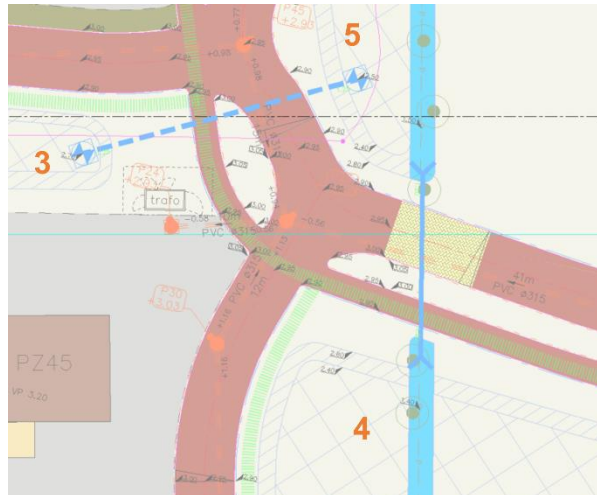
Figuur 17, Locatie duikers

7.1.3 Duiker constructies

Naast de duikers die de verschillende bergingsvijvers met elkaar verbinden zijn er nog meer verbindingen tussen watergangen, greppels, wadi's en vijvers, deze zijn te vinden in het afwateringsontwerp (Bijlage 12.1). Er is aangenomen dat hier een diameter van 400mm ook voldoet, aangezien hier altijd minder water door heen moet dan de duikers die de bergingsvijvers met elkaar verbinden. In de meeste gevallen ligt er langs de weg een strook voor kabels en leidingen. Zoals aangegeven in Hoofdstuk 5.3 hebben die minimaal een diepte nodig van 1,10 meter. Daarnaast loopt er onder de weg vaak ook nog een vuilwaterriool. De hoogtes van het vuilwaterriool staan ook aangegeven in het afwateringsontwerp (zie Bijlage 12.1).

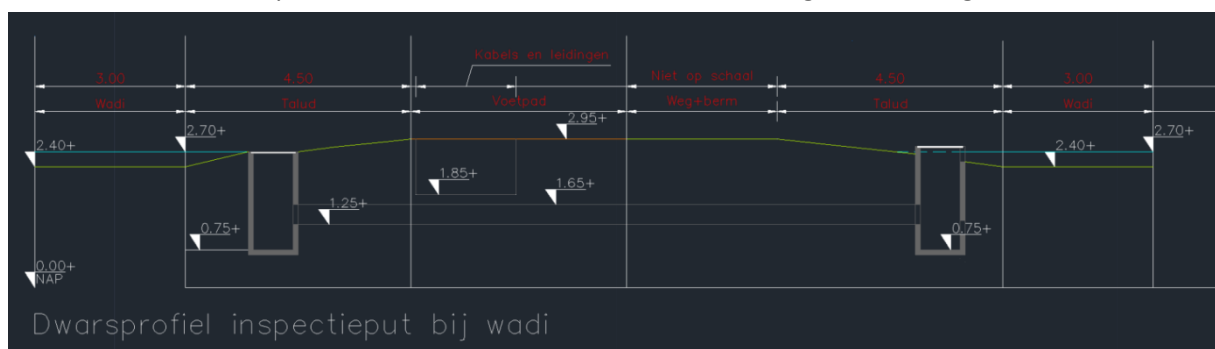
De hoogtes van het vuilwaterriool zijn bepaald met de randvoorwaarden die beschreven staan in Paragraaf 4.5.1. In het midden van het plangebied ligt een gemaal, hier gaat al het vuilwater naartoe. Vanaf de meest bovenstroomse rioolstreng (met een minimale dekking van 1,20m) wordt, van put naar put, onder afschot naar het benedenstrooms gelegen gemaal toe gewerkt. Punten tussen 2 putten worden geïnterpoleerd. Verdere informatie over het vuilwaterriool valt buiten de omvang van dit project.

Het vuilwaterriool ligt onder de rijbaan, de kabels en leidingen lopen hier (meestal) parallel aan. Op sommige plekken kruist de weg een greppel, wadi, watergang of vijver. In deze gevallen moet er een duikerconstructie onder de weg door. Er is niet voor iedere duiker een dwarsdoorsnede gemaakt voor het gebied. In het afwateringsontwerp (Bijlage 12.1) is te zien of een duiker mogelijk was of dat er gekozen is voor een sifonconstructie. Er worden twee situaties besproken, dit is de constructie van wadi 3 naar wadi 5 en de constructie van wadi 4 naar wadi 5, zie Figuur 18.



Figuur 18, Connectie tussen wadi 3, 4 & 5

Tussen wadi 3 en 5 is er gekozen voor een sifonconstructie, een dwarsdoorsnede is te zien in Figuur 19. Hier is voor gekozen omdat een duiker door de strook van de kabels en leidingen heen zou moeten, dit is niet mogelijk. Aan de linkerkant stroomt het water in de inspectieput met rooster als het water net hoger wordt dan 2.70m NAP. Dan gaat het water door de buis heen, die met een dekking van 20cm onder de kabels en leidingen doorgaat. En door de wet van communicerende vaten zal het aan de andere kant weer uitstromen. Deze uitstroom is net iets boven bodemhoogte gemaakt, zodat bij een klein beetje regen niet direct zand mee de put in wordt genomen. Wel is er een zandvang aangebracht, die 50 centimeter onder de onderste buis zit. Het regenwater kan namelijk zand en afval meenemen naar beneden. Aan de bovenkant van de put wordt ook een rooster geplaatst zodat er geen dieren/kinderen in de put kunnen, ook houdt het takken en ander groot afval tegen.



Figuur 19, Duikerconstructie wadi 3&5

Wadi 4 en 5 zijn verbonden met een greppel, die onder een weg door moet. Hier hoeft geen overstort, omdat het waterpeil in beide wadi's gelijk is. Als de ene wadi mee water krijgt dan de ander, zal het via deze duiker naar de andere wadi toe gaan. Er is hier gekozen voor een duiker, wat heel krap past. De stoep ligt op een hoogte van 2.90m NAP, waaronder een kabels en leidingen strook loopt, de onderste buis daarvan ligt op 1.80 m NAP. De bodem van de greppel is moeilijk in te meten en er is een schatting gedaan dat de bodem tussen de 1.30 en 1.40 m NAP zal liggen. Door de greppel iets dieper te maken op dit punt, zodat de bodem op 1.20 m NAP komt te liggen. Hier past precies een duiker (b.o.b. 1.20m NAP) met een diameter van 400mm en 200 mm dekking, om uit te komen bij de onderkant van de kabels en leidingen, zie Figuur 20.



Figuur 20, Dwarsprofiel duikerconstructie wadi 4&5

Er is gekozen voor het dieper maken van de greppel in plaats van het plaatsten van een sifon constructie met twee inspectieputten met zandvangsters. Dit komt omdat dit goedkoper is in aanleg en in onderhoud. Een sifonconstructie staat permanent onder water en hier kan zand in komen waardoor er vaker onderhoud nodig is. In deze duiker kan ook zand komen, alleen dit spoelt mee met het water en zal dus niet voor verstoppingen zorgen.

Bij de duikers die uitkomen in de bergingsvijver is ervoor gekozen om een speciale uitstroombak te plaatsen. Dit komt omdat een uitstroombak beheervriendelijker is, dit komt omdat het beter zichtbaar is voor het onderhoud aan het talud. Een voorbeeld van een uitstroombak is te zien in Figuur 21, het zand in deze afbeelding zal in werkelijkheid meer groen zijn. Zoals te zien zit er ook een rooster voor om te voorkomen dat er afval in gaat en dat er kinderen/dieren inkruipen bij lage waterstanden. De uitstroombak ligt op een hoogte van -0,5m NAP. Dit zorgt ervoor dat dit eigenlijk altijd onder water zit, wat handiger is als het talud gemaaid moet worden.



Figuur 21, Uitstroombak

7.2 Stuw

De stuw moet in ieder geval:

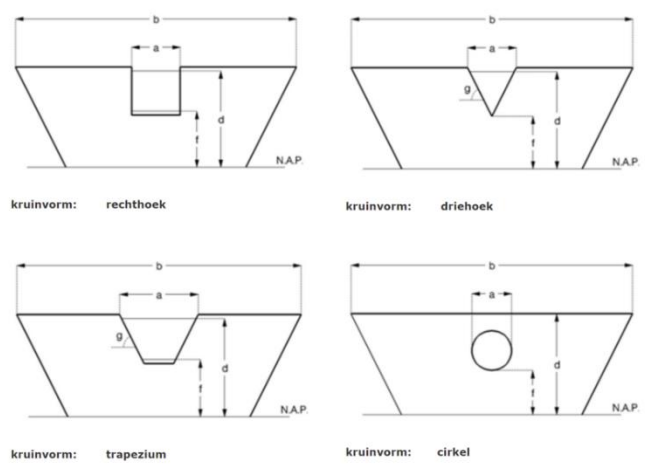
- Het water wordt vastgehouden als het waterpeil lager is dan 0,95m NAP
- De landelijke afvoernorm doorlaten bij een waterpeil die hoger is dan 0,95m NAP. De toegestane vertraagde afvoer (naar de primaire watergang van het waterschap) tijdens een peilstijging door neerslag is 1,2l/s/ha.

Zoals is beschreven in de capaciteitsberekening van de bergingsvijver, ontstaat er bij een T=100 bui een peilstijging van 0,46m (waterpeil is dan 1.41m NAP). De maximale waterhoogte die nog niet zorgt voor inundatie is 1,90m NAP (hoogte keerwand). De overloop van de stuw komt op 1,45 m NAP, waardoor de stuw niet onnodig hoog wordt.

De bewoners van de percelen net buiten het plangebied hebben zorgen over de grondwaterstand op hun gebied. Ze verwachten dat hier meer water komt te staan, omdat dit gebied lager ligt. De stuw moet dit voorkomen. Sterker nog, de stuw kan in geval van extreme regen ook nog water vanuit de watergang van het waterschap in de bergingsvijvers opnemen. Waardoor de percelen eromheen minder last zullen ervaren dan in de huidige situatie. Dit is mogelijk, omdat de bergingsvijvers nog overcapaciteit hebben bij een T=100 bui.

In overleg tussen de gemeente en het waterschap wordt bepaald wie verantwoordelijk wordt voor het beheer en onderhoud van het stedelijk watersysteem, inclusief de stuw. Er zijn in de basis twee verschillende stuwen, een vaste stuw of een mechanische. Beide type stuwen hebben voor- en nadelen. Met een mechanische stuw kun je reguleren hoeveel water er precies door de stuw gaat. Met een vaste stuw kan dat niet, daar geldt: hoe hoger de waterstand, hoe groter de afvoer. Een mechanische stuw is duurder in gebruik en onderhoud dan een vaste stuw. Aangezien er het waterpeil niet hoeft te veranderen door het jaar heen, is een vaste stuw een goede optie.

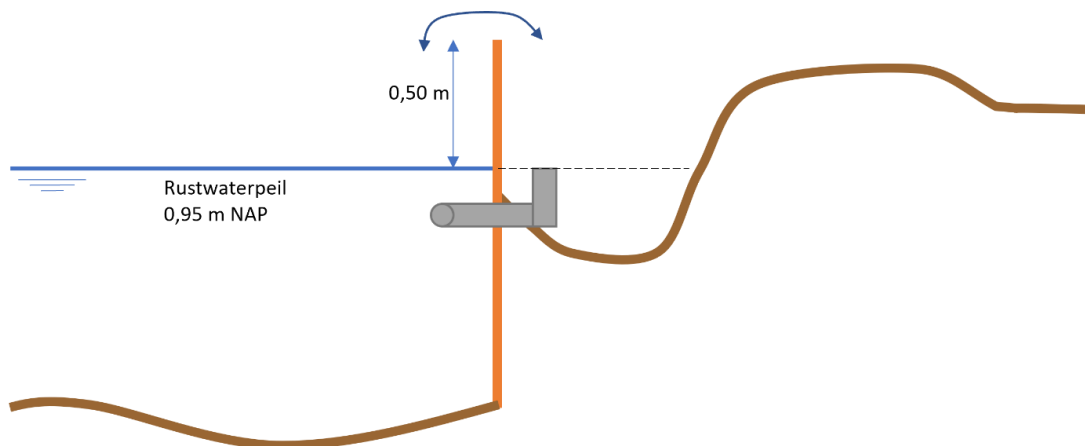
Er zijn verschillende types vaste stuwen, een aantal zijn weergegeven in Figuur 22. Er zijn verschillende kruinvormen mogelijk, die ieder verschillende functies hebben. Wat voor alle type stuwen geldt is dat zodra het peil boven het basispeil (0.95m NAP) komt te staan zal er water worden afgevoerd. Ook staat vast dat de drempel van overlopen op 1,45m NAP zit (d=1,45m).



Figuur 22, Verschillende typen vaste stuwen

Wat anders is voor ieder type is hoeveel water er door de stuw gaat als het waterniveau tussen 0,95 en 1,45m NAP staat. Door de waterdruk geldt: hoe hoger de waterstand, hoe groter de afvoer. De afvoer kan niet constant worden gehouden op 1,2l/s/ha. In samenwerking met het waterschap en de gemeente kan worden besloten hoe de exacte afmetingen eruit komen te zien.

Het advies is om de stuw te nemen met de cirkel als kruinvorm. Deze cirkel zit permanent onder water, wat ervoor zorgt dat er geen drijfvuil vast kan komen te zitten. De dwarsdoorsnede is schematisch weergegeven in Figuur 23. Door de buis aan de kant van de beek omhoog te laten komen, precies tot aan het rustwaterpeil, zal er alleen water worden afgevoerd als het water hoger is dan het rustwaterpeil.



Figuur 23, Doorsnede stuw

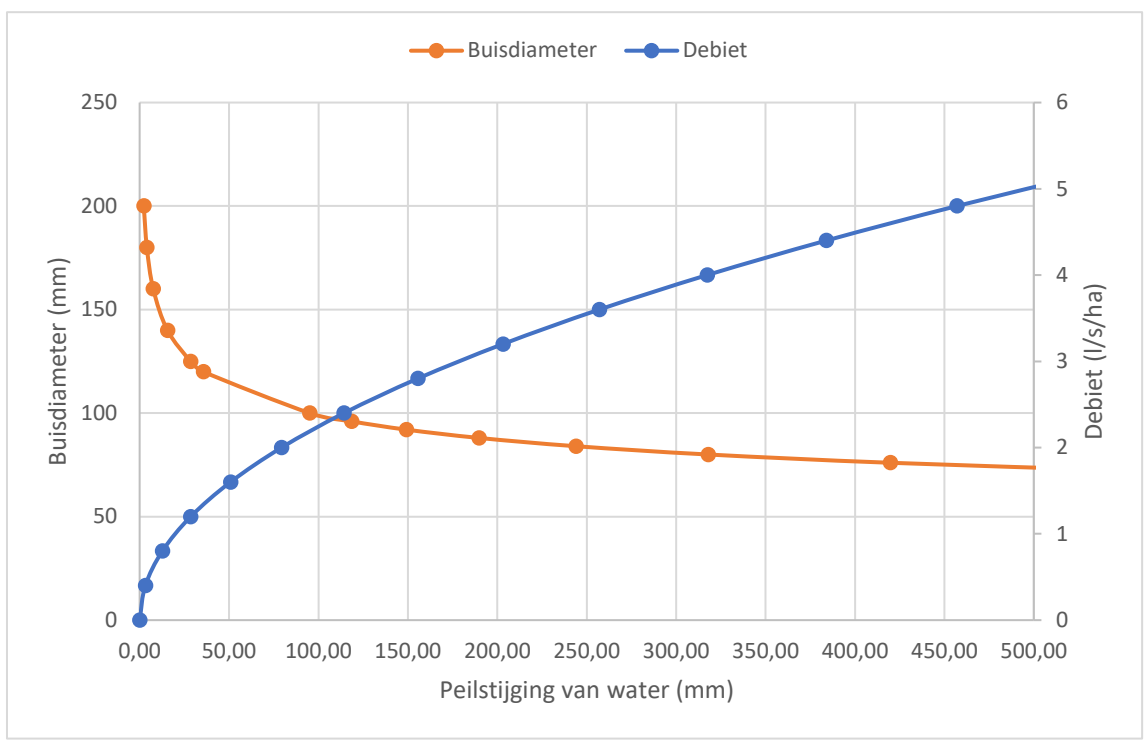
Als de regel van de landelijke afvoer van maximaal 1,2l/s/ha strikt gehandhaafd wordt, kan dit debiet pas bereikt worden als de waterstand maximaal is (bij 0,55m peilstijging). Dit is niet ideaal, omdat bij een gemiddelde regenbui het wenselijk is om ook met dit debiet af te voeren, zodat de vijver niet te vol raakt. Aangezien een peilstijging van 30 centimeter al zeer exceptioneel is, kan dit een goed punt zijn om de afvoer gelijk te stellen aan de landelijke afvoer. Als het water nog verder omhooggaat zal de afvoer dus wel hoger worden dan wat is toegestaan volgens het waterschap.

Bij een peilstijging van 30 centimeter en een debiet van 1,2l/s/ha, zal de diameter van de buis gelijk moeten zijn aan 8 centimeter (formule van Chézy). Dit is zeer verstopping gevoelig en dus niet wenselijk. Een buis met een diameter vanaf 125mm zou acceptabel zijn.

In overleg met het waterschap en de gemeente zullen hier afspraken over moeten worden gemaakt. Er zijn 3 logische opties waaruit gekozen kan worden:

- Een kleine buis waar de kans op verstopping groot is, maar die een debiet heeft die altijd kleiner/gelijk aan de landelijke afvoer is
- Een normale buis waar het debiet groter is dan de toegestane landelijke afvoer
- Een automatische stuw waar het debiet precies kan voldoen aan de landelijke afvoer

Om een beter inzicht te geven in wat de invloed van een bepaalde buisdiameter of debiet is, is dit in een figuur gezet ten op zichte van de peilstijging van het water, zie Figuur 24. De blauwe lijn geeft het debiet aan voor iedere waterhoogte voor een vaste buisdiameter van 125mm. De oranje lijn geeft de buisdiameter aan voor iedere waterhoogte voor een vast debiet van 1,2l/s/ha.



Figuur 24, Opties voor Stuw

8 Discussie

Een droogvallende vijver in de zomer is niet wenselijk is voor onder andere de waterkwaliteit, de veiligheid aan de kant van de keerwand en voor de uitstraling van de wijk. Er is nog weinig onderzoek gedaan naar het uitzakken van het water in de zomer en droogte. Om dit goed te kunnen doen is er meer informatie nodig over de grond waar de bergingsvijvers komen. De samenstelling van de grond is al redelijk in te schatten, maar hoe hoog de grondwaterstanden door het jaar heen zijn nog niet. Een hydroloog zou hier wellicht ook al meer over kunnen zeggen.

In de basis was er een onderscheid tussen het zomerpeil (0.95m NAP) en winterpeil (0.8m NAP). Hierop is ook de minimale diepte gebaseerd van -0,2m, precies 1 meter onder winterpeil. Dit zorgt ervoor dat er een onderhoudsboot door de vijver kan. Maar door het bodempeil van de ontvangende primaire hoofdwatgang (in de praktijk een droogvallende sloot) waarop het water wordt geloosd was dit winterpeil niet meer mogelijk. Hierdoor is er gekozen voor een peil van 0,95m NAP. Hierdoor zou het bodempeil van de bergingsvijver omhoog kunnen, alleen alle tekeningen en berekeningen waren toen al gedaan. Dit is dus niet meer meegenomen, in werkelijkheid zal dit wel logisch zijn. Er kan minder grond worden afgegraven, wat goedkoper is, ook kunnen de taluds minder steil worden. De verandering in bodemdiepte zorgt niet voor een verandering in de capaciteit van de bergingsvijvers.

Het project van de Achteromweg is een ander project waarover nog niet alles bekend is. Het is dus nog niet bekend op welke hoogte dit precies komt te liggen en hoe de kruisingen er precies uit komen te zien. Daarom zijn er zo veel mogelijk realistische aannames gemaakt voor de aansluiting. Dit zou nog kunnen zorgen voor andere hoogtes, maar het verschil zal minimaal zijn.

In deze fase van het ontwerpproces zijn er enkel nog keuzes te maken over ontwerpdetails, zoals de exacte werking van de stuw. Daarnaast moet de beheerafdeling van de gemeente en het waterschap dit plan nog toetsen voor een beheer- en onderhoudsvriendelijk ontwerp. Hier komen praktische afwegingen bij kijken, waardoor details in het plan nog kunnen worden aangepast. Ook is het zinvol om te controleren of alles verkeerstechnisch mogelijk en veilig is.

Parallel aan dit rapport werkt Arcadis ook aan een definitief maatvast ontwerp voor ditzelfde plangebied. Gedurende het opstellen van dit rapport ben ik op de hoogte gebracht van wijzigingen in randvoorwaarden. Ook hebben we ontwerpkeuzes die collega's hebben gemaakt vergeleken met de keuzes die ik had gemaakt, hierdoor is mijn ontwerp soms aangepast. Uiteindelijk heb ik wel mijn eigen ontwerp kunnen maken, met behulp van het basisontwerp van Arcadis. En heb ik zelf onderzoek kunnen doen naar capaciteitseisen en afmetingen van de wadi's, bergingsvijvers, duikers en de stuw. Met behulp van een Excelsheet van Arcadis is de peilstijging doorgerekend.

9 Conclusie

Het doel van dit verslag was om een water robuust Peize-zuid te ontwerpen. De start is het stedenbouwkundigplan, dit is met behulp van de deelvragen uit het voorstel omgezet naar een water robuust inrichtingsplan.

In dit integrale inrichtingsplan is er een analyse uitgevoerd van de huidige situatie en hoe de toekomstige situatie eruit moet komen te zien. Hieraan zijn de randvoorwaarden vanuit het bestemmingsplan, de gemeente Noordenveld en het waterschap Noorderzijlvest gekoppeld. Met de bestaande hoogtes, de minimale ontwatering en de afwatering is het afwateringsontwerp gemaakt. Het water stroomt bovengronds af via openbare verharding (en via greppels) naar de wadi's en bergingsvijvers toe, omdat het hemelwater bovengronds moet worden afgevoerd.

Bij het maken van de wateropgave lag de focus op het voorkomen van wateroverlast. Dit is gedaan door regenwater zo veel mogelijk vast te houden, hiervoor zijn bergingsvijvers en wadi's gemaakt. Volgens de berekeningen heeft het watersysteem meer dan voldoende capaciteit om aan de normbuien te voldoen. De bergingscapaciteit van de wadi's is bijna 2800m³, wat maakt dat de wadi's voldoende capaciteit hebben om een T=100 bui te bergen. De maximale peilstijging van de bergingsvijvers bij een T=100 bui is 0,46m, wat onder de hoogte van de stuw (1,45m NAP) blijft. Hierdoor is de wijk ervan verzekerd dat er geen wateroverlast zal ontstaan.

Karakteristiek voor de wijk zijn de open groene zones, met in het oosten de bergingsvijvers. De natuurvriendelijke oever die is ontworpen zorgt ervoor dat er voldoende ruimte is voor flora en fauna rondom het water. Deze vergroening zorgt ook voor verkoeling in de zomer en gaat droogte tegen. Met behulp van de stuw wordt het water gecontroleerd vastgehouden in het gebied. Hemelwater wordt bovengronds afgevoerd over verhard oppervlak, (via greppels en duikers) naar de wadi's en de in het oosten gelegen bergingsvijvers. Alle duikers en andere ondergrondse infrastructuur ligt in dit afwateringsontwerp op een diepte dat geen conflicten oplevert met andere functies. Hierdoor zijn er dus geen knelpunten in het ontwerp.

Dit is een goed voorbeeld van een water robuust ontwerp. Het is bestand is tegen extreme neerslag, die wordt afgevoerd en opgevangen in de wadi's en bergingsvijvers. En ook tegen langdurige droogte door de groenblauwe elementen in de wijk, zoals de vijvers. Let wel op dat dit een ruimtelijke inrichting op het gebied van water is. Er zijn veel andere aspecten meegenomen door een integraal ontwerp te maken. Toch is er geen zekerheid over of dit bijvoorbeeld verkeerstechnisch perfect is of makkelijk te beheren. Deze aspecten zijn in het grote geheel ook belangrijk bij het inrichten van een wijk. Met dit ontwerp kunnen er 151 huizen gerealiseerd worden in Peize in een water robuuste omgeving.

10 Aanbevelingen

Zoals ook al vermeld in de discussie is er nog te weinig informatie over wat er gebeurd als het een extreem droge zomer is. Onderzoek doen naar het uitzakken van het waterniveau onder het rustwaterpeil van 0,95 m NAP en wat dit doet met de waterkwaliteit is aan te bevelen om een leefbare woonomgeving te waarborgen. Er is nu weinig schaduw op de vijver, omdat er geen bomen ten zuiden van de vijvers staan. Een manier om dit te veranderen is door de keerwand en de natuurvriendelijke oever om te draaien. De bomen kunnen dan aan de zuidkant staan, wat zorgt voor schaduw over de vijvers. Dit is alleen niet wenselijk omdat er een gevaarlijke situatie ontstaat door de keerwand aan de noordzijde.

Volgens de waterkwaliteit specialist is het noodzakelijk om enige vorm van doorstroming te realiseren om overlast, zoals stank en algen, te voorkomen. In vervolgonderzoek zal er goed moeten worden gekeken naar hoe ernstig dit probleem is en hoe de overlast beperkt kan blijven. Door water aan de ene kant uit de bergingsvijvers te halen en helemaal aan de andere kant er weer in te laten ontstaat er watercirculatie.

De gemeente wil graag een leefbare wijk, dit zou bereikt kunnen worden door ruimte om te spelen voor kinderen te creëren. Dit valt in buiten het bereik van dit onderzoek, maar misschien kan het wel gebruikt worden. Als er uit het vervolgonderzoek blijkt dat het noodzakelijk is om doorstroming te creëren, zou dit heel mooi gecombineerd kunnen worden met een speeltuin. Kinderen willen in de zomer buiten spelen en in de zomer is er doorstroming nodig. In plaats van het water direct uit te laten komen in de bergingsvijver zou dit ook eerst door een speeltuin heen kunnen lopen. Deze speeltuin bestaat uit sluisjes, pompen en gootjes.

De speeltuin zou in/naast een van de wadi's kunnen worden gemaakt. Ook zou het op de locatie kunnen die in Figuur 25 staat. De speeltuin zou ook op de natuurvriendelijke oever kunnen worden gebouwd, alleen dit is vanwege de veiligheid geen verstandige keuze. Kinderen kunnen spelend leren over water, dit doen ze het snelste als ze zien wat er echt gebeurd. Dit effect zou nog groter worden als je het gepompte water kunt "volgen", door middel van een doorzichtbare buis die op sommige plekken zichtbaar is. Met dit concept is er niet alleen een speelplaats en doorstroming, maar ook zichtbaarheid, herkenning & bewustwording voor het water in de buurt. Dit kan het verstandig en duurzaam omgaan met water bevorderen.



Figuur 25, Mogelijke locatie voor speeltuin

11 Verwijzingen

- Beersma, J., Hakvoort, H., Jilderda, R., Overeem, A., & Versteeg, R. (2019). *Neerslagstatistiek en -reeksen voor het waterbeheer 2019*. Amersfoort: STOWA.
- Boogaard, F., Bruins, G., & Wentink, R. (2006). *Wadi's: aanbevelingen voor ontwerp, aanleg en beheer*. Ede: RIONED.
- Bouwbesluit Online 2012. (2012). *Bouwbesluit Afdeling 2.6. Hellingbaan*. Opgehaald van Bouwbesluit Online 2012: <https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012/hfd2/afd2-6>
- Bouwbesluit Online 2012. (2012). *Bouwbesluit Artikel 4.27. Hoogteverschillen*. Opgehaald van Bouwbesluit Online 2012: <https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012/hfd4/afd4-4/art4-27>
- Bouwknegt, J., & Gelok, A. (1988). *Regenduurlijnen*. Heidemij.
- Cambridge Dictionary. (2023). *Dictionary*. Opgehaald van Resilience: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/resilience>
- Ekker, H. (2021, August 24). Onderzoek bevestigt link klimaat en watersnood door regen in juli. NOS. Opgeroepen op March 13, 2023, van <https://nos.nl/collectie/13871/artikel/2394918-onderzoek-bevestigt-link-klimaat-en-watersnood-door-regen-in-juli>
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change* 16, 16(3), pp. 253-267.
- Gemeente Noordenveld. (2021). *Leidraad Inrichting openbare orde*. Gemeente Noordenveld.
- HKB stedenbouwkundigen. (2021, november 29). Stedenbouwkundige inrichting.
- HKB Stedenbouwkundigen. (2022, February). Dorps wonen met natuurbeleving. Beeldkwaliteitsplan Peize-zuid. *Dorps wonen met natuurbeleving. Beeldkwaliteitsplan Peize-zuid*. Groningen, Netherlands.
- Holling, C. S. (1973). *Resilience and stability of ecological systems*. Vancouver: Institute of resource ecology.
- Kloosterman, R. (2021). *Waterhuishouding Planontwikkeling Peize-zuid*. Zwolle: Arcadis Nederland B.V.
- Malda, D., & Terpstra, E. (2006). *Extreme-neerslagcurven voor de 21e eeuw*. MeteoConsult.
- Meerow, S., & Newell, J. P. (2019). Urban resilience for whom, what, when, where, and why? *Urban Geography*, 40:3, 309-329.
- Mens, M., & Haasnoot, M. (2018, januari). *Robuustheid*. Opgehaald van Stowa: <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterveiligheid/innovatieve-dijkconcepten/robustheid#1620>
- NKWK. (2021). *Stedelijke waterkwaliteit, klimaat en adaptatie - Achtergrondrapport*. NKWK.
- NKWK. (2022). *Stedelijke waterkwaliteit, klimaat en adaptatie - Achtergrondrapportage*. NKWK.
- NKWK. (2022). *Stedelijke waterkwaliteit, klimaat en adaptatie - Achtergrondrapportage*. NKWK.
- NOS. (2021, September 22). *Wooncrisis*. Opgeroepen op March 13, 2023, van NOS: <https://nos.nl/collectie/13877-wooncrisis>

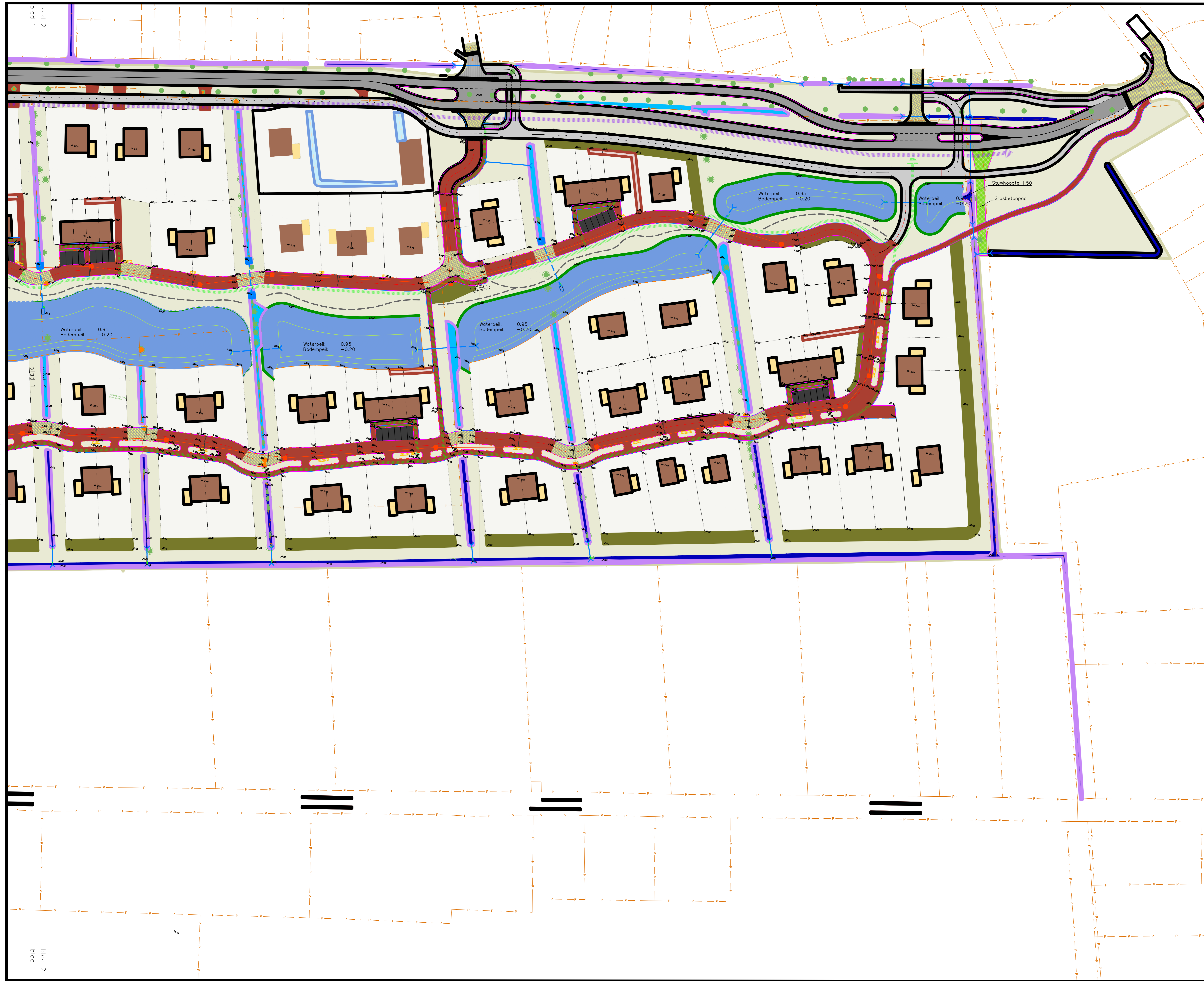
- Ovans, A. (2015, January 5). *What resilience means, and why it matters*. Opgehaald van Harvard business review: <https://hbr.org/2015/01/what-resilience-means-and-why-it-matters>
- RioNed. (2008, juli 1). Opgehaald van Riool.net: <https://www.riool.net/>
- Segeren, W., & Hengeveld, H. (1984). *Bouwrijp maken van terreinen*. Delft: TUDelft. Opgehaald van <https://edepot.wur.nl/369333>
- Spijker, N., Endhoven, T., & Koning, M. (2022). *Kleine groene woonlocaties: Het belang van kleinschalige woningbouwlocaties in het groen voor het woningbouwbeleid*. Amsterdam: Economisch instituut voor de Bouw.
- STOWA. (2009). *Handreiking natuurvriendelijke oever*. Utrecht: STOWA.
- van der Schaaf, S. (1991). *Integraal waterbeheer Ede Deelrapport ontwatering*. Wageningen: Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica. Opgehaald van <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/216543>
- Waterschap Noorderzijlvest. (2014). *Beleidsnotitie over de relatie tussen waterbeheer en ruimtelijke ontwikkeling*. Waterschap Noorderzijlvest.
- Wavin. (2012, november). *Brochure DT riool*. Opgehaald van Wavin: <https://www.wavin.com/nl-nl/searchresult#!=null&e=0&q=DT%20riool>
- World weather attribution. (2021, August 23). *Heavy rainfall which led to severe flooding in Western Europe made more likely by climate change*. Opgehaald van World weather attribution: <https://www.worldweatherattribution.org/heavy-rainfall-which-led-to-severe-flooding-in-western-europe-made-more-likely-by-climate-change/>
- Zampieri, M. (2021, February). Reconciling the ecological and engineering definitions of resilience. *Ecosphere*, 12(2).
- Zwerver, R. (2018). *Quickscan Wnb Peize-zuid. Rapport P18019*. Assen: Buro Bakker.

12 Bijlages

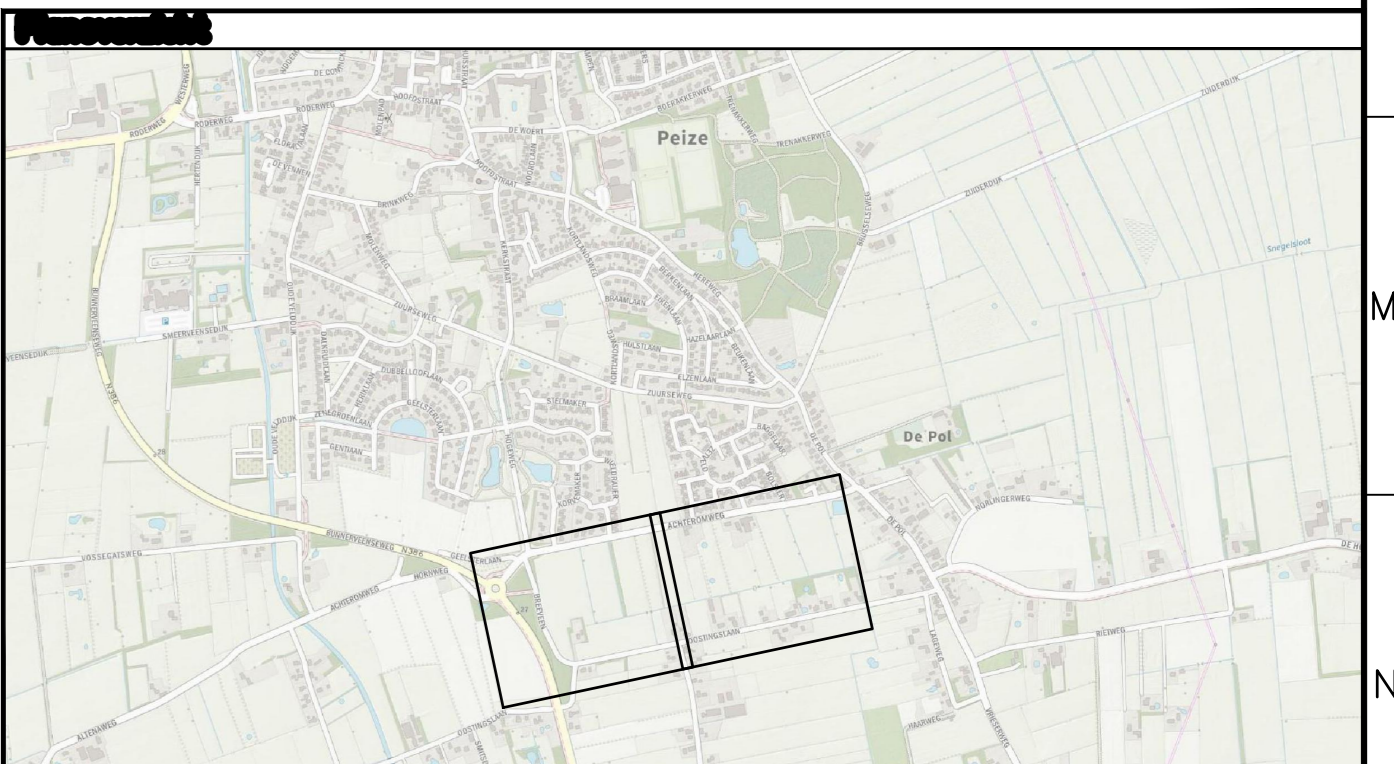
12.1 Bijlage Afwateringsontwerp

Hieronder is het afwateringsontwerp toegevoegd. Hier is eerst een overzichtstekening, waarna er 8 bladen volgen op een 1:250 schaal, zodat alle details kunnen worden gelezen. De basis voor deze tekening komt van een collega die parallel ook met dit project bezig is. Dit heb ik niet zelf gemaakt om ervoor te zorgen dat ik tijd heb om inhoudelijk op aspecten in te gaan in plaats van tijd besteden aan het leren van een ontwerpprogramma.

Wat ik hierin wel zelf heb gedaan is alle maatvoering van de vloerpeilen, weghoogtes, perceelhoogtes, greppels, etc. Daarnaast heb ik de peilen van de wadi's en bergingsvijvers bepaald en hoe deze in elkaar overlopen. Dus waar alle duikers komen en hoe deze eruit komen te zien (met overloophoogtes en binnen onderkant buis hoogtes). Ook heb ik aangegeven waar de drainage(putten) zit(ten). Er zijn nog wat kleine details aangepast, zoals beschreven in de ontwerpkeuzes in paragraaf 5.3.



- ### Legenda
- Bestaande situatie
 - Kadastrale grens
 - Bestaande boom te verwijderen (conform VO stedenbouwkundig plan)
 - Bestaande boom te behouden (conform VO stedenbouwkundig plan)
 - Uitgebaar
 - Rijbaan, asfalt
 - Rijbaan, bestrating
 - Bestrating drempel (incidenteel verlaagd i.v.m. bovengrondse waterafvoer)
 - Parkeervak
 - Fietspad, beton
 - Fietsstraat, Achteromweg
 - Trottoir
 - Trottoir, betontegels
 - Beplanting (ntb)
 - Gras (grassoorten ntb)
 - Greppel, afvoer op bestaand systeem
 - Greppel, afvoer op nieuw waterbergingsysteem
 - Vijver
 - Wadi
 - Keerwand
 - VWA riolering (Voorstel)
 - Drainagebuis met regel- & doorspuitput
 - Drainagebuis met doorspuitput
 - In-/Uitstroombuis met drempelhoogte en b.o.b.
 - Duiker met b.o.b.
 - Uitstroombak met b.o.b.
 - Kabels en leidingen strook (Voorstel)
 - Kabels en leidingen strook (Achteromweg (Voorstel))
 - Lichtmast (Voorstel)
 - Opstelplaats container (Voorstel)
 - Bandhoogte
 - Hoogtemaat
 - Wegversmalling
 - Verkanting
 - Struinp pad
 - Kantopsluiting opsluitband 120x250
 - Kantopsluiting geleideband



Verie	Omschrijving	Get.	Zon.	Vrij.
V1	Opzet			

Oprichtgever _____ Contact _____

Gemeente Noordenveld

Advies- en Ingenieursorganisatie Architect

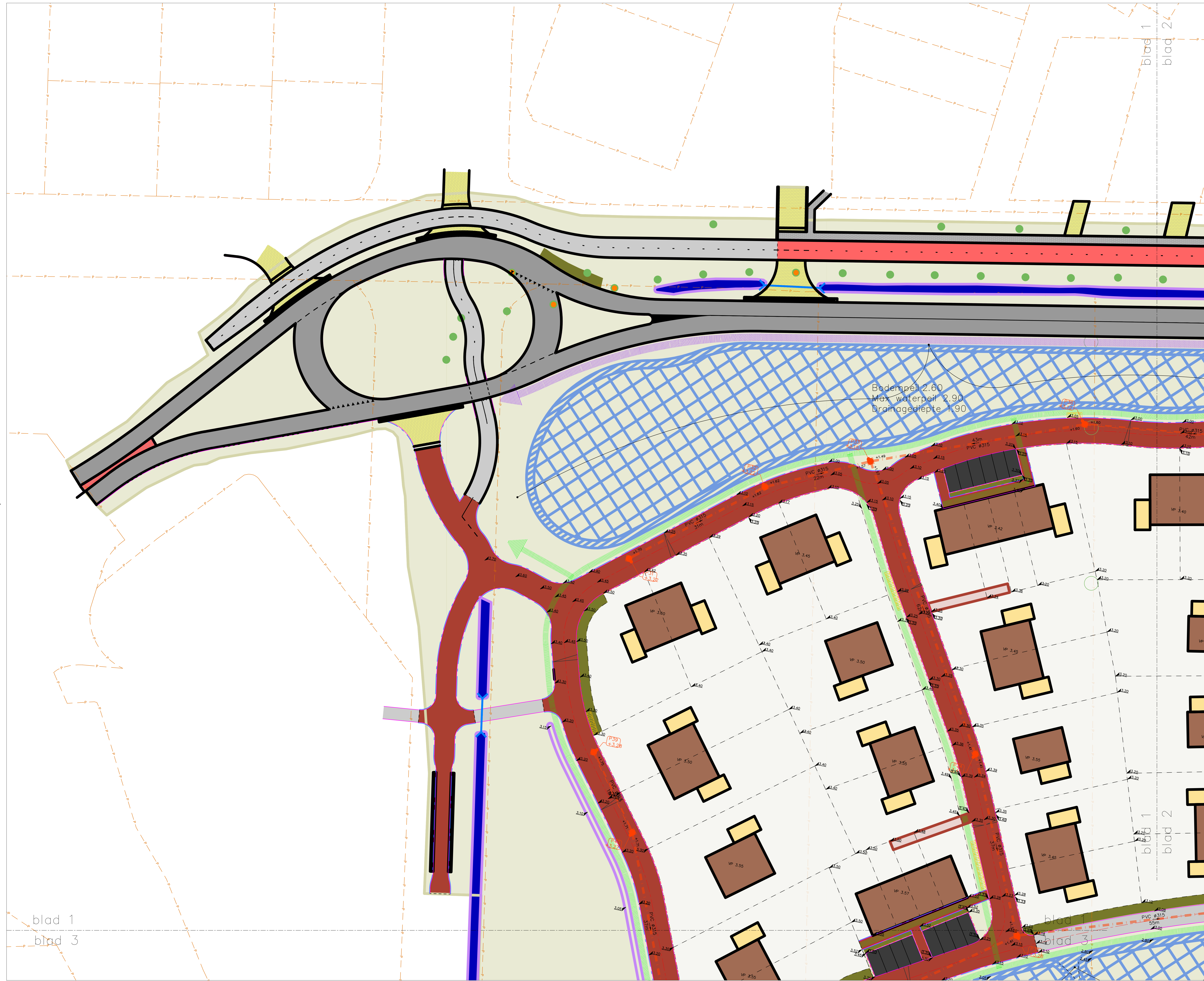
ARCADIS

Project _____ Contact _____

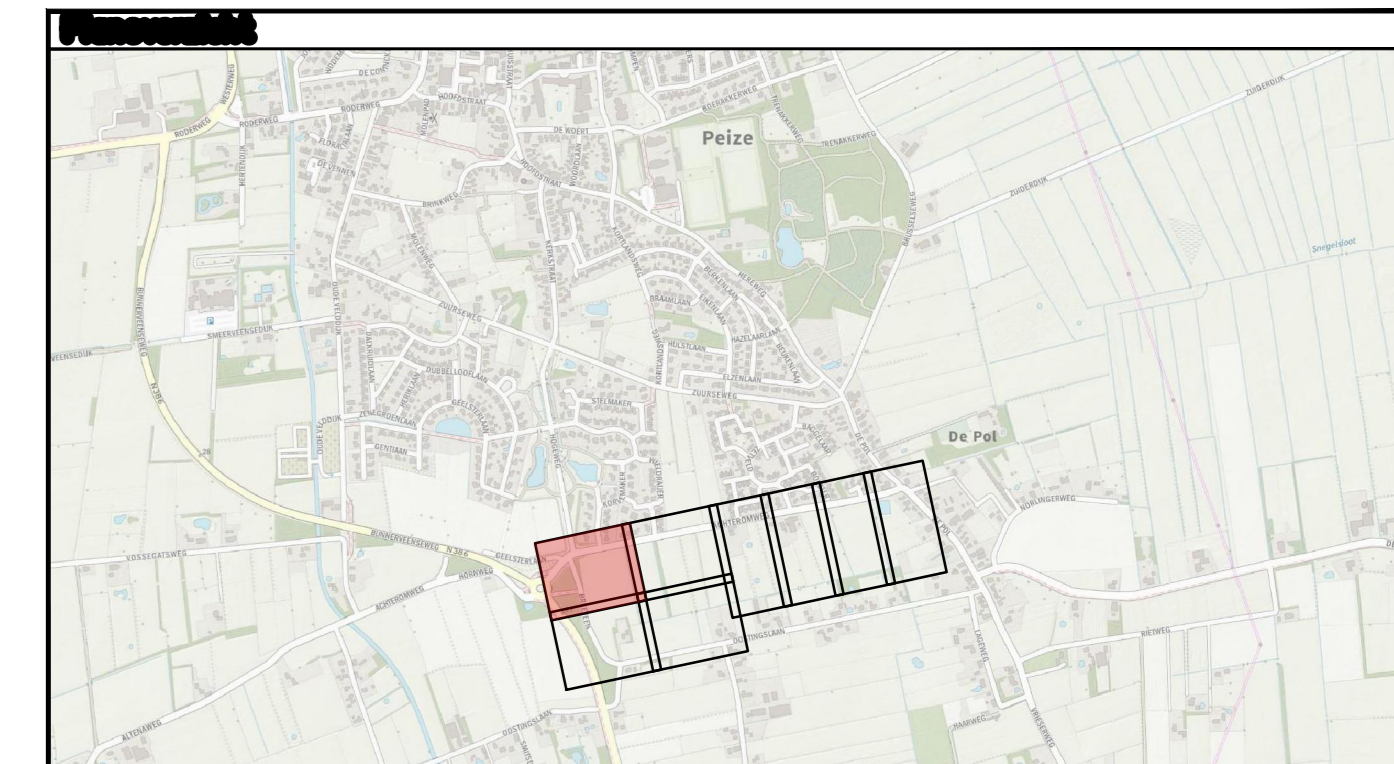
Woningbouw Peize Zuid
 Projectnummer: 30127530
 Fase: 00
 Security Category: AS2-Intern

Onderwerp: **Overzichtskaart**

Schaal: 1:500	Bladformaat: A0	Status: Concept
Contractnummer: 2	Bladnummer: 2 van 2	Tekeningnummer: V1



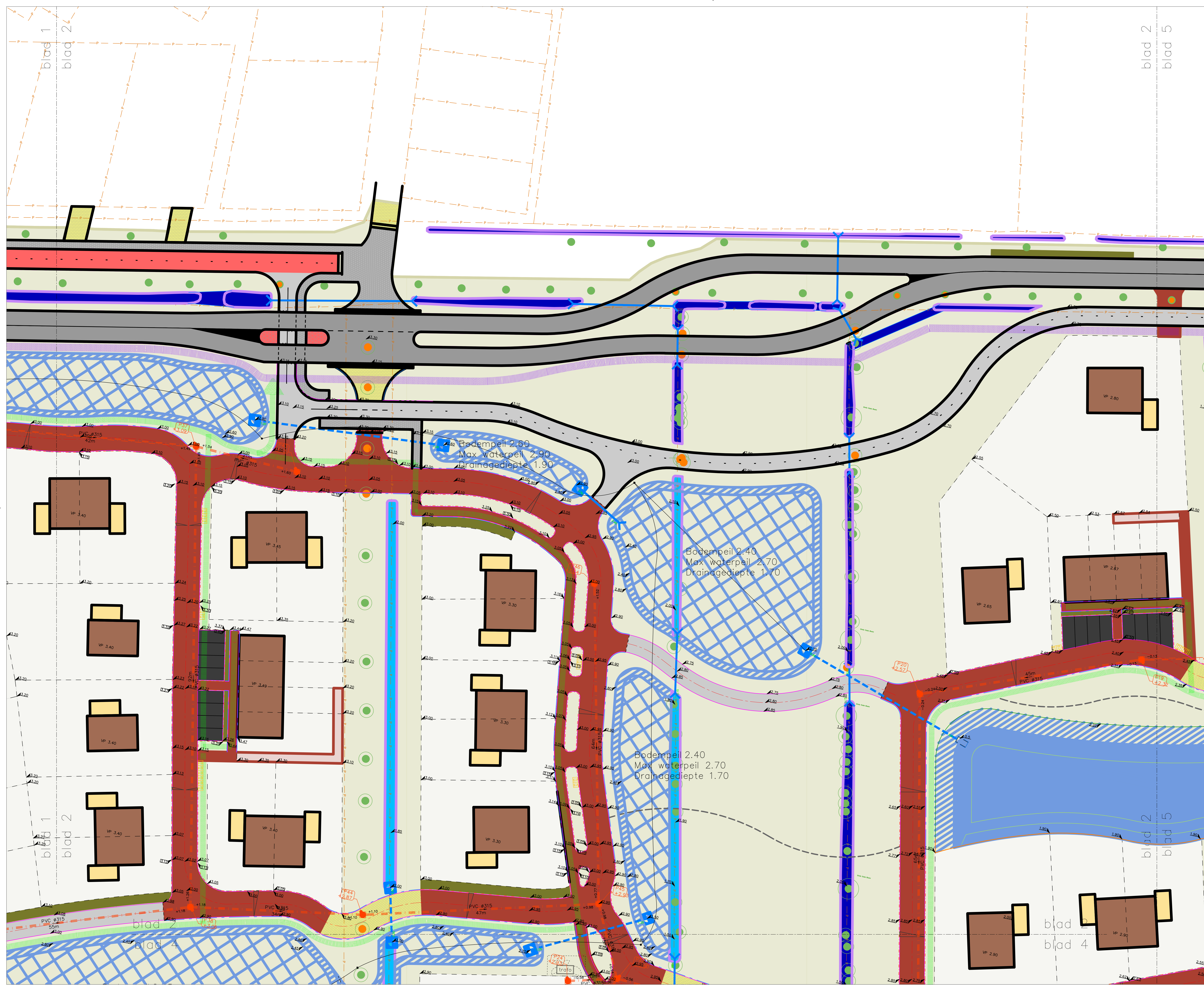
- ### Legenda
- Bestaande situatie
 - Kadastrale grens
 - Bestaande boom te verwijderen (conform VO stedenbouwkundig plan)
 - Bestaande boom te behouden (conform VO stedenbouwkundig plan)
 - Uitgeefbaar
 - Rijbaan, asfalt
 - Rijbaan, bestrating
 - Bestrating drempel (incidenteel verlaagd i.v.m. bovengrondse waterafvoer)
 - Parkeervak
 - Fietspad, beton
 - Fietsstraat, Achteromweg
 - Trottoir
 - Trottoir, betontegels
 - Beplanting (ntb)
 - Gras (grassoorten ntb)
 - Greppel, afvoer op bestaand systeem
 - Greppel, afvoer op nieuw waterbergingsysteem
 - Vijver
 - Wadi
 - Keerwand
 - VVA riolering (Voorstel)
 - Drainagebuis met regel- & doorspuitput
 - Drainagebuis met doorspuitput
 - In-/Uitstroompit met drempelhoogte en b.o.b.
 - Duiker met b.o.b.
 - Uitstroombak met b.o.b.
 - Kabels en leidingen strook (Voorstel)
 - Kabels en leidingen strook, Achteromweg (Voorstel)
 - Lichtmast (Voorstel)
 - Opstelplaats container (Voorstel)
 - Bandhoogte
 - Hoogtemaat
 - Wegversmalling
 - Verkanting
 - Struinp pad
 - Kantopsluiting opsluitband 120x250
 - Kantopsluiting geleideband



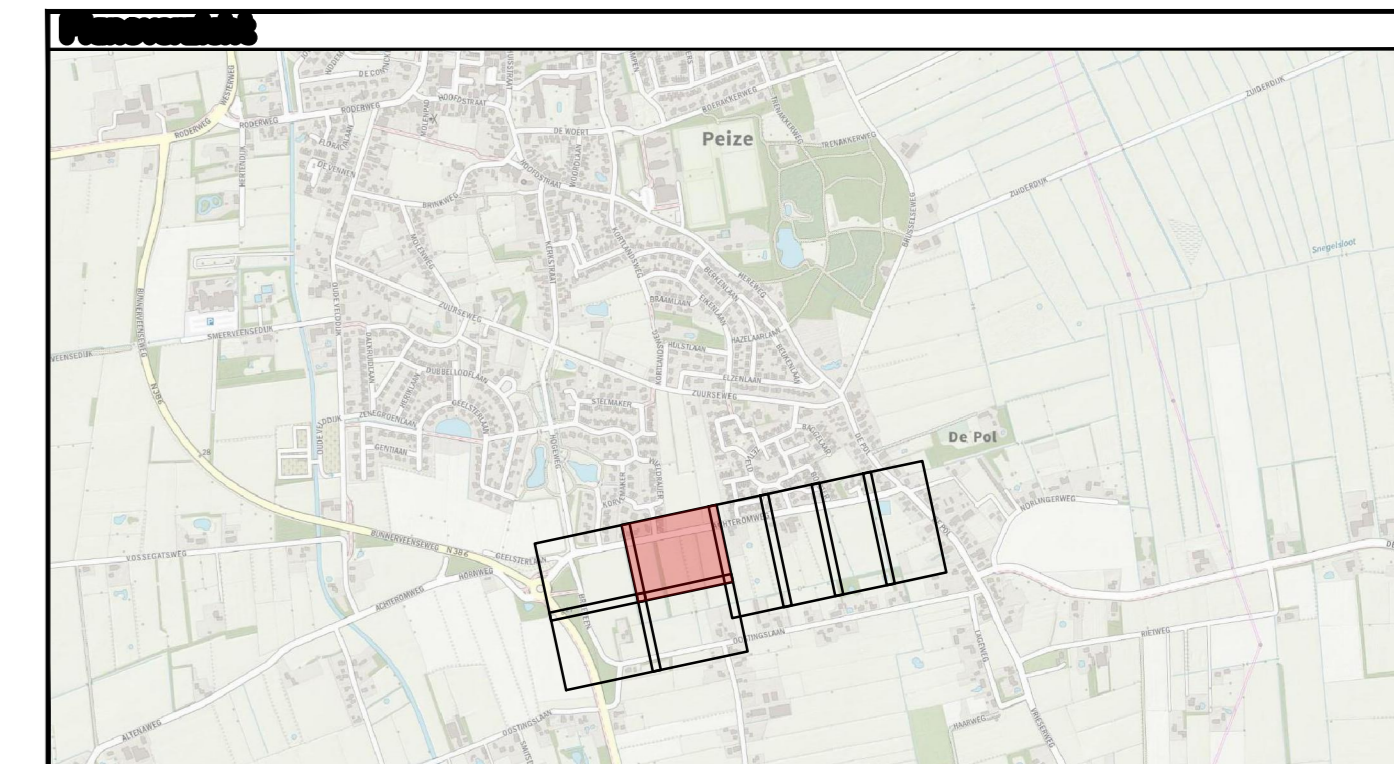
<table border="1"> <tr> <th>Verie</th> <th>Omschrijving</th> <th>Datum</th> <th>Get.</th> <th>Zgn.</th> <th>Vrg.</th> </tr> <tr> <td>V1</td> <td>Opdracht</td> <td>10-10-2010</td> <td>Ger. H. Grooten & B. J. Jans</td> <td>Van B. Grooten</td> <td>Ger. B. Grooten</td> </tr> </table>	Verie	Omschrijving	Datum	Get.	Zgn.	Vrg.	V1	Opdracht	10-10-2010	Ger. H. Grooten & B. J. Jans	Van B. Grooten	Ger. B. Grooten	<p>Opdrachtgever</p> <p>Gemeente Noordenveld</p> <p>Advies- en Ingenieursorganisatie Architect</p> <p>ARCADIS</p> <p>Project</p> <p>Woningbouw Peize Zuid</p> <p>Projectnummer: -</p> <p>Fase: -</p> <p>Onderwerp: Afwateringsontwerp</p>
Verie	Omschrijving	Datum	Get.	Zgn.	Vrg.								
V1	Opdracht	10-10-2010	Ger. H. Grooten & B. J. Jans	Van B. Grooten	Ger. B. Grooten								
<p>Schaal: 1:250</p> <p>Contractnummer: -</p> <p>Tekeningnummer: 1</p>	<p>Bladformaat: A0</p> <p>Bladnummer: 1 van 8</p> <p>Status: Concept</p> <p>Version: V1</p>												

blad 1
blad 3

Situatie 1
SCHAAL 1:250

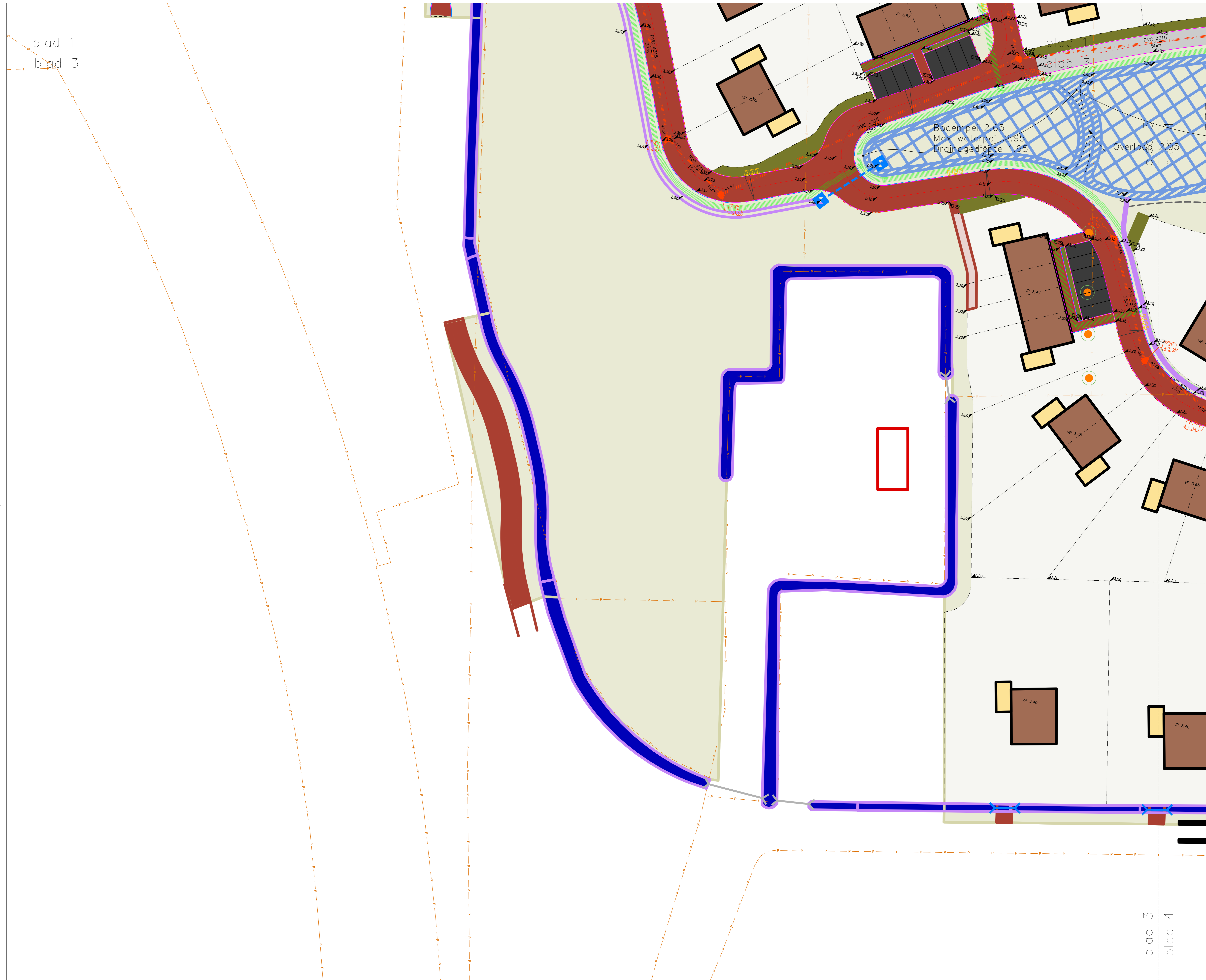


- ### Legenda
- Bestaande situatie
 - Kadastrale grens
 - Bestaande boom te verwijderen (conform VO stedenbouwkundig plan)
 - Bestaande boom te behouden (conform VO stedenbouwkundig plan)
 - Uitgeefbaar
 - Rijbaan, asfalt
 - Rijbaan, bestrating
 - Bestrating drempel (incidenteel verlaagd i.v.m. bovengrondse waterafvoer)
 - Parkeervak
 - Fietspad, beton
 - Fietsstraat, Achteromweg
 - Trottoir
 - Trottoir, betontegels
 - Beplanting (ntb)
 - Gras (grassoorten ntb)
 - Greppel, afvoer op bestaand systeem
 - Greppel, afvoer op nieuw waterbergingssysteem
 - Vijver
 - Wadi
 - Keerwand
 - VVA riolering (Voorstel)
 - Drainagebuis met regel- & doorspuitput
 - Drainagebuis met doorspuitput
 - In-/uitstroompit met drempelhoogte en b.o.b.
 - Dulker met b.o.b.
 - Uitstroombak met b.o.b.
 - Kabels en leidingen strook (Voorstel)
 - Kabels en leidingen strook, Achteromweg (Voorstel)
 - Lichtmast (Voorstel)
 - Opstelplaats container (Voorstel)
 - Bandhoogte
 - Hoogtemaat
 - Wegversmalling
 - Verkanting
 - Struinp pad
 - Kantopsluiting opsluitband 120x250
 - Kantopsluiting geleideband

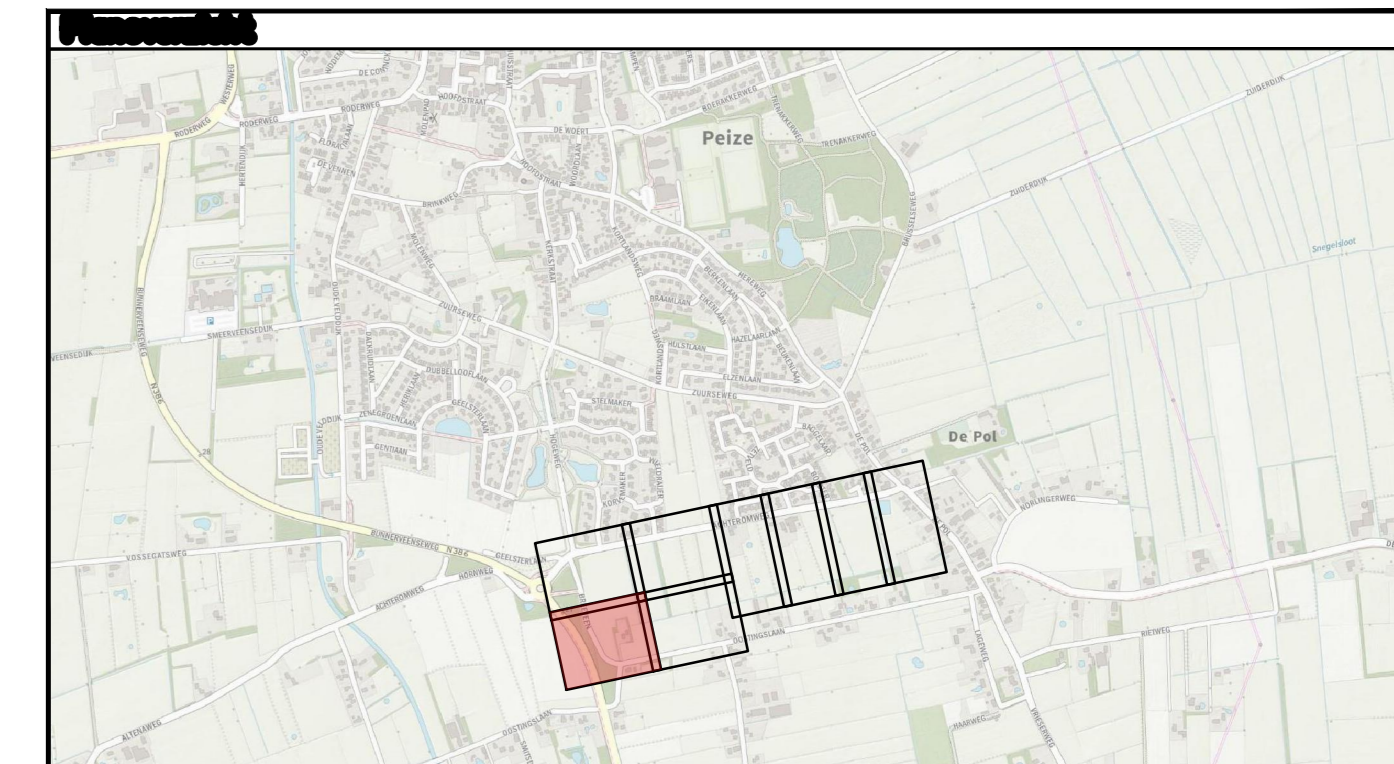


Revisie	omschrijving	door	aan	van	voor
V1	omschrijving	door: Mr. G. van G. & B. van G.	aan: B. van G.	van: B. van G.	voor: B. van G.
Opdrachtgever					
Gemeente Noordenveld					
Advies- en Ingenieursorganisatie Architect					
ARCADIS					
Project					
Woningbouw Peize Zuid					
Projectnummer:	30127530				Security Category:
Fase:	LD				AS-internet
Onderwerp:	Afwateringsontwerp				
Schaal:	1:250	Bladformaat:	A0	Status:	Concept
Contractnummer:		Bladnummer:	2 van 8		
Tekeningnummer:	1				

Situatie 2
SCHAAL 1:250



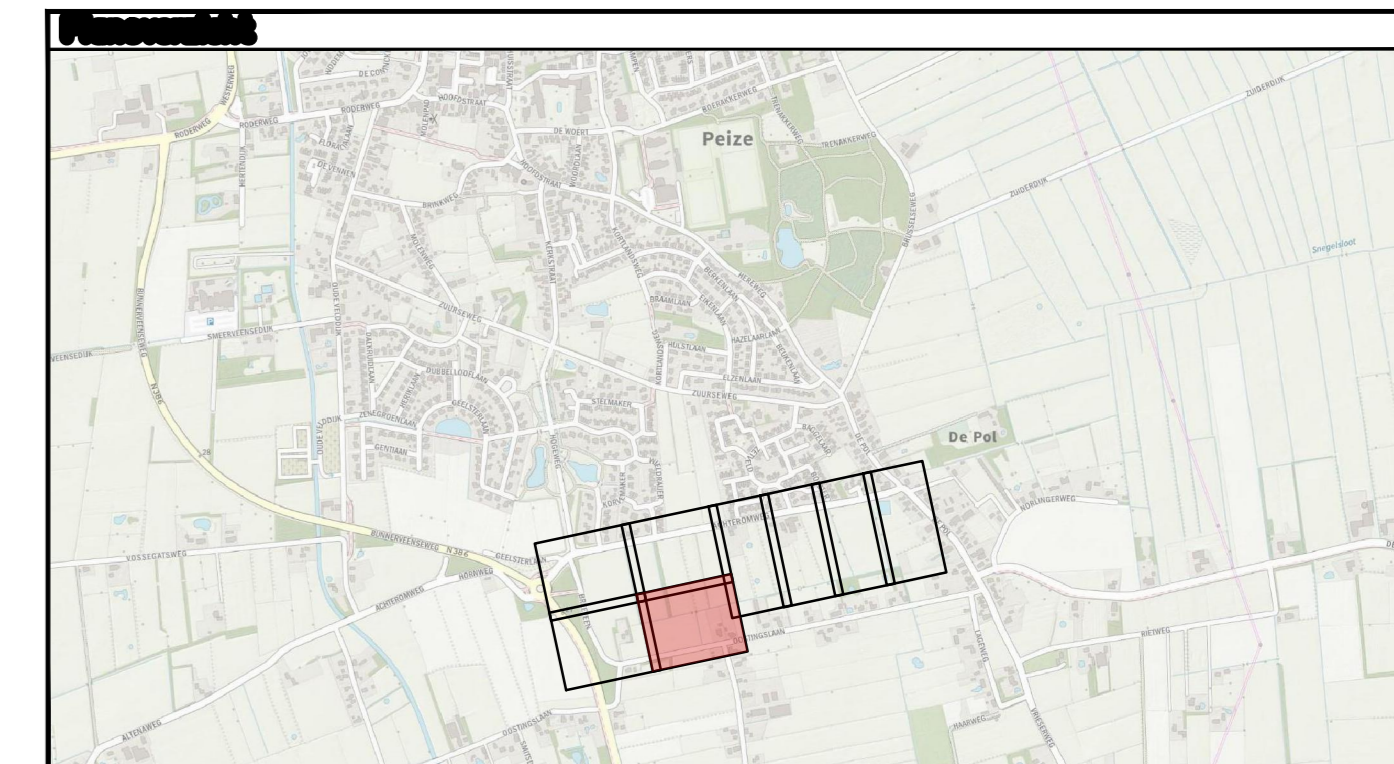
- ### Legenda
- Bestaande situatie
 - Kadastrale grens
 - Bestaande boom te verwijderen (conform VO stedenbouwkundig plan)
 - Bestaande boom te behouden (conform VO stedenbouwkundig plan)
 - Uitgeefbaar
 - Rijbaan, asfalt
 - Rijbaan, bestrating
 - Bestrating drempel (incidenteel verlaagd i.v.m. bovengrondse waterafvoer)
 - Parkeervak
 - Fietspad, beton
 - Fietsstraat, Achteromweg
 - Trottoir
 - Trottoir, betontegels
 - Beplanting (ntb)
 - Gras (grassoorten ntb)
 - Greppel, afvoer op bestaand systeem
 - Greppel, afvoer op nieuw waterbergingsysteem
 - Vijver
 - Wadi
 - Keerwand
 - VWA riolering (Voorstel)
 - Drainagebuis met regel- & doorspuitput
 - Drainagebuis met doorspuitput
 - In-/Uitstroompit met drempelhoogte en b.o.b.
 - Duker met b.o.b.
 - Uitstroombak met b.o.b.
 - Kabels en leidingen strook (Voorstel)
 - Kabels en leidingen strook, Achteromweg (Voorstel)
 - Lichtmast (Voorstel)
 - Opstelplaats container (Voorstel)
 - Bandhoogte
 - Hoogtemaat
 - Wegversmalling
 - Verkanting
 - Struinp pad
 - Kantopsluiting opsluitband 120x250
 - Kantopsluiting geleideband



<table border="1"> <tr> <td> <table border="1"> <tr> <td>Versie</td> <td>Omschrijving</td> <td>Datum</td> <td>Ontw.</td> <td>Cont.</td> <td>Wij.</td> </tr> <tr> <td>V1</td> <td>Opzet W- en B-Plan</td> <td>08-09-2010</td> <td>Ger. de Wit</td> <td>M. de Groot</td> <td>J. de Groot</td> </tr> </table> </td> <td colspan="5"> <p>Opdrachtgever</p> <p>Gemeente Noordenveld</p> <p>Advies- en Ingenieursorganisatie Architect</p> <p>ARCADIS</p> <p>Project</p> <p>Woningbouw Peize Zuid</p> <p>Projectnummer: 30127530 Fase: 00</p> <p>Onderwerp: Afwateringsontwerp</p> </td> </tr> </table>	<table border="1"> <tr> <td>Versie</td> <td>Omschrijving</td> <td>Datum</td> <td>Ontw.</td> <td>Cont.</td> <td>Wij.</td> </tr> <tr> <td>V1</td> <td>Opzet W- en B-Plan</td> <td>08-09-2010</td> <td>Ger. de Wit</td> <td>M. de Groot</td> <td>J. de Groot</td> </tr> </table>	Versie	Omschrijving	Datum	Ontw.	Cont.	Wij.	V1	Opzet W- en B-Plan	08-09-2010	Ger. de Wit	M. de Groot	J. de Groot	<p>Opdrachtgever</p> <p>Gemeente Noordenveld</p> <p>Advies- en Ingenieursorganisatie Architect</p> <p>ARCADIS</p> <p>Project</p> <p>Woningbouw Peize Zuid</p> <p>Projectnummer: 30127530 Fase: 00</p> <p>Onderwerp: Afwateringsontwerp</p>					<p>blad 1</p> <p>blad 3</p>
<table border="1"> <tr> <td>Versie</td> <td>Omschrijving</td> <td>Datum</td> <td>Ontw.</td> <td>Cont.</td> <td>Wij.</td> </tr> <tr> <td>V1</td> <td>Opzet W- en B-Plan</td> <td>08-09-2010</td> <td>Ger. de Wit</td> <td>M. de Groot</td> <td>J. de Groot</td> </tr> </table>	Versie	Omschrijving	Datum	Ontw.	Cont.	Wij.	V1	Opzet W- en B-Plan	08-09-2010	Ger. de Wit	M. de Groot	J. de Groot	<p>Opdrachtgever</p> <p>Gemeente Noordenveld</p> <p>Advies- en Ingenieursorganisatie Architect</p> <p>ARCADIS</p> <p>Project</p> <p>Woningbouw Peize Zuid</p> <p>Projectnummer: 30127530 Fase: 00</p> <p>Onderwerp: Afwateringsontwerp</p>						
Versie	Omschrijving	Datum	Ontw.	Cont.	Wij.														
V1	Opzet W- en B-Plan	08-09-2010	Ger. de Wit	M. de Groot	J. de Groot														

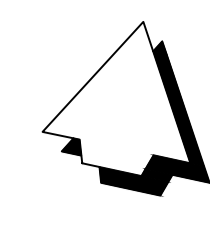
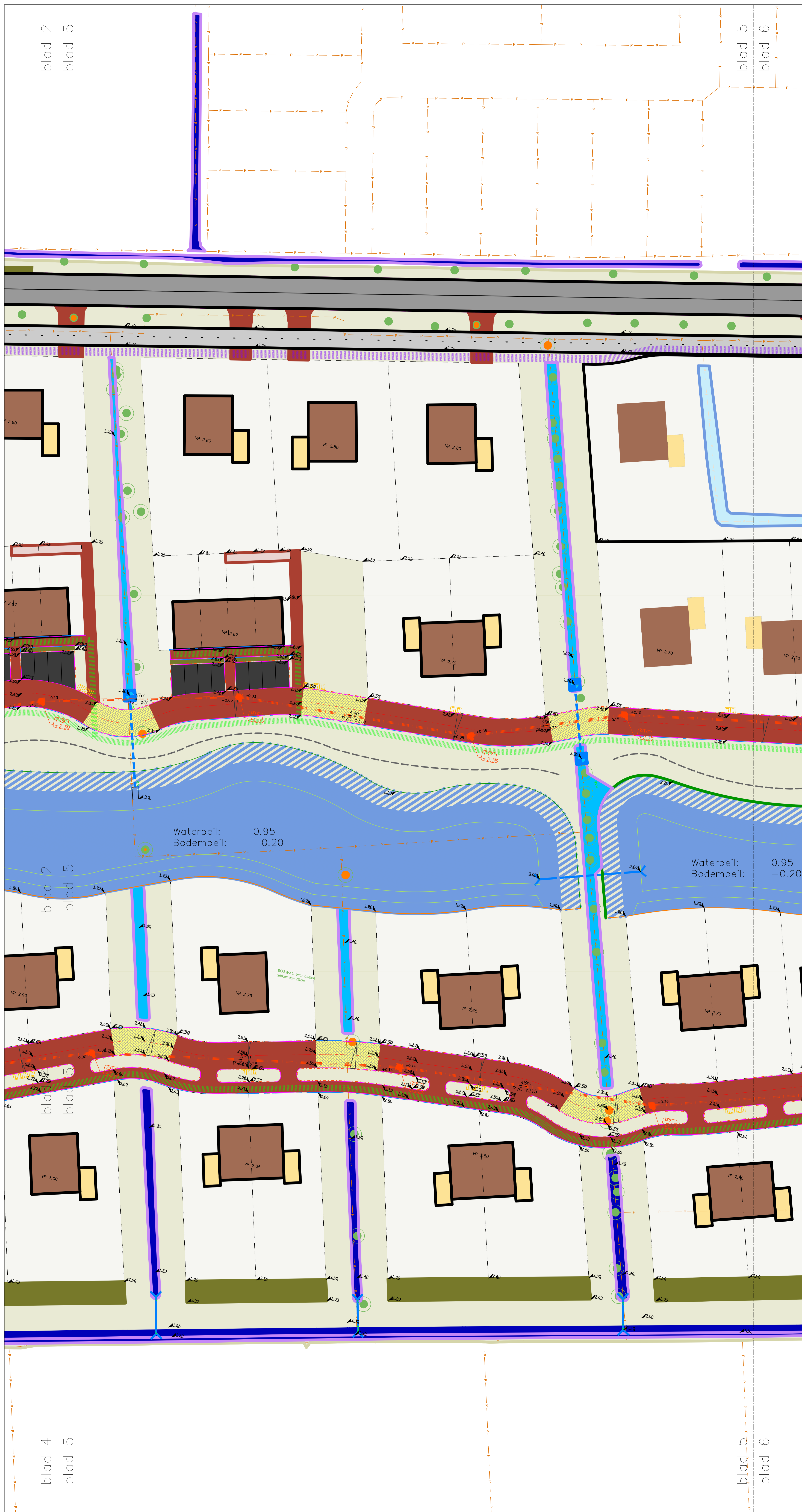


- ### Legenda
- Bestaande situatie
 - Kadastrale grens
 - Bestaande boom te verwijderen (conform VO stedenbouwkundig plan)
 - Bestaande boom te behouden (conform VO stedenbouwkundig plan)
 - Uitgeefbaar
 - Rijbaan, asfalt
 - Rijbaan, bestrating
 - Bestrating drempel (incidenteel verlaagd i.v.m. bovengrondse waterafvoer)
 - Parkeervak
 - Fietspad, beton
 - Fietsstraat, Achteromweg
 - Trottoir
 - Trottoir, betontegels
 - Beplanting (ntb)
 - Gras (grassoorten ntb)
 - Greppel, afvoer op bestaand systeem
 - Greppel, afvoer op nieuw waterbergingsysteem
 - Vijver
 - Wadi
 - Keerwand
 - VVA rielering (Voorstel)
 - Drainagebuis met regel- & doorspuitput
 - Drainagebuis met doorspuitput
 - In-/Uitstroamput met drempelhoogte en b.o.b.
 - Dulker met b.o.b.
 - Uitstroombak met b.o.b.
 - Kabels en leidingen strook (Voorstel)
 - Kabels en leidingen strook, Achteromweg (Voorstel)
 - Lichtmast (Voorstel)
 - Opstelplaats container (Voorstel)
 - Bandhoogte
 - Hoogtemaat
 - Wegversmalling
 - Verkanting
 - Struinp pad
 - Kantopsluiting opsluitband 120x250
 - Kantopsluiting geleideband



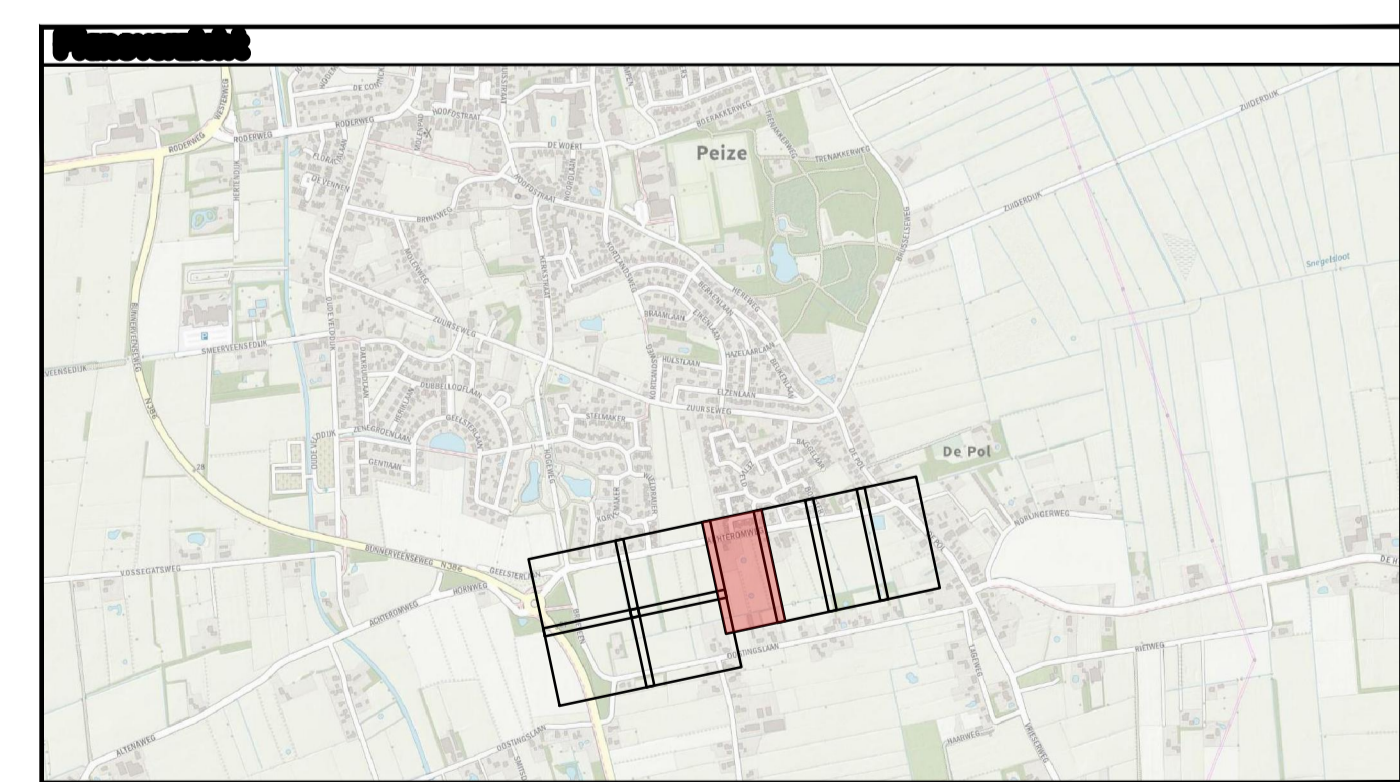
<table border="1"> <tr> <td>Versie</td> <td>omschrijving</td> <td>datum</td> <td>door</td> <td>aan</td> <td>voor</td> </tr> <tr> <td>V1</td> <td>Contract</td> <td>10-10-2010</td> <td>Ger. H. Groen & B. Lora</td> <td>Van B. Groenendaal</td> <td>Op. & afsluitband</td> </tr> </table>	Versie	omschrijving	datum	door	aan	voor	V1	Contract	10-10-2010	Ger. H. Groen & B. Lora	Van B. Groenendaal	Op. & afsluitband	<p>Opm.: Contact</p> <p>Gemeente Noordenveld</p> <p>Advies- en Ingenieursorganisatie Architect</p> <p>ARCADIS</p> <p>Project Contact</p> <p>Woningbouw Peize Zuid</p> <p>Projectnummer: 30127530</p> <p>Fase: 00</p> <p>Security Category: AS2-Intern</p> <p>Onderwerp: Afwateringsontwerp</p>
Versie	omschrijving	datum	door	aan	voor								
V1	Contract	10-10-2010	Ger. H. Groen & B. Lora	Van B. Groenendaal	Op. & afsluitband								
<p>Schaal: 1:250</p> <p>Bladformaat: A0</p> <p>Bladnummer: 4 van 8</p> <p>Tekeningnummer: 1</p> <p>Versie: V1</p>	<p>Status: Concept</p>												

Situatie 4
SCHAAL 1:250

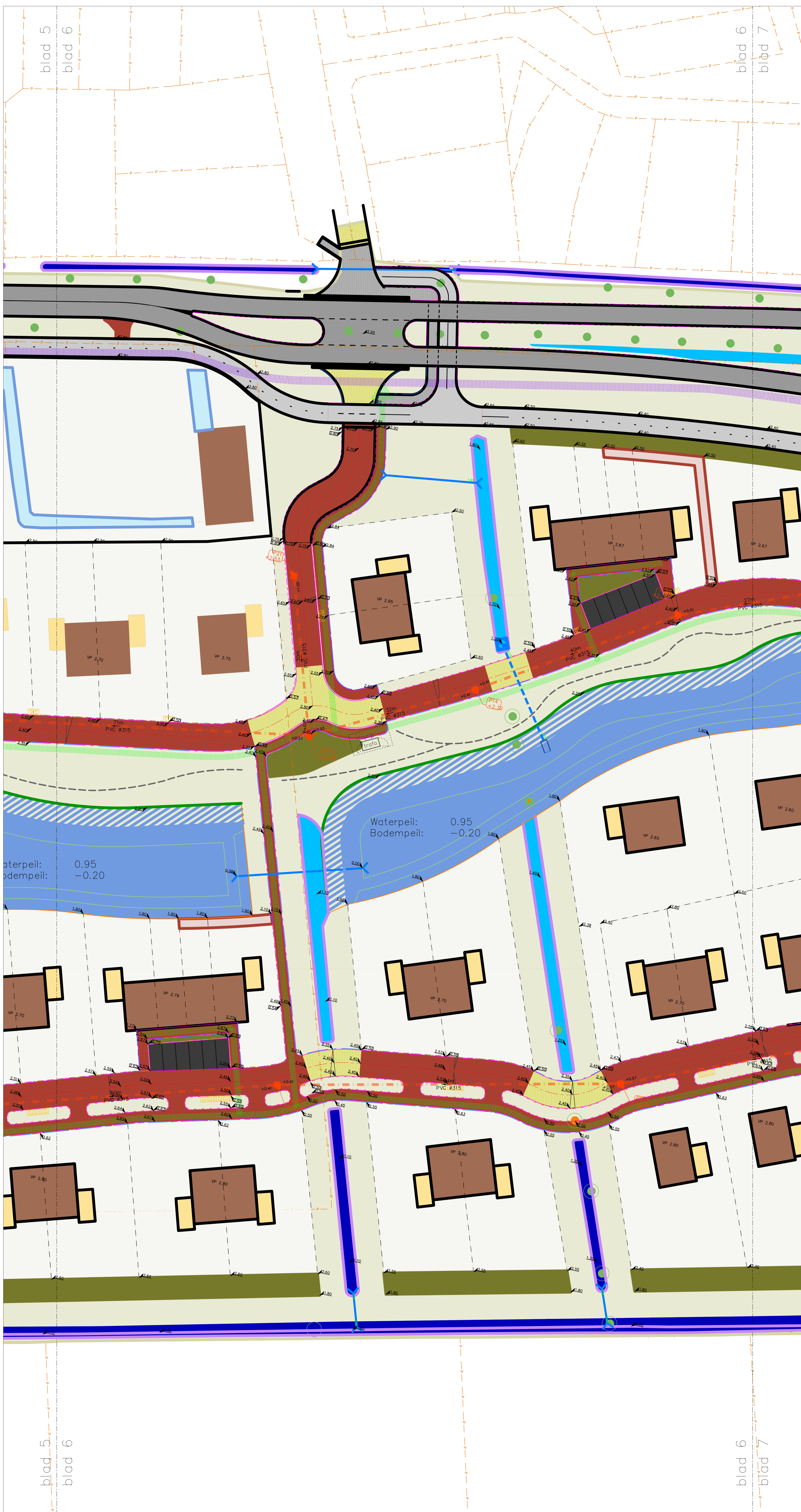


Legenda

- Bestaande situatie
- Kadastrale grens
- Bestaande boom te verwijderen (conform VO stedenbouwkundig plan)
- Bestaande boom te behouden (conform VO stedenbouwkundig plan)
- Uitgebaar
- Rijbaan, asfalt
- Rijbaan, bestrating
- Bestrating drempel (incidenteel verlaagd i.v.m. bovengrondse waterafvoer)
- Parkeervak
- Fietspad, beton
- Fietsstrook, Achteromweg
- Trottoir
- Trottoir, betontegels
- Beplanting (ntb)
- Gras (grassoorten ntb)
- Greppel, afvoer op bestaand systeem
- Greppel, afvoer op nieuw waterbergingsysteem
- Vijver
- Wadi
- Keerwand
- VVA riolering (Voorstel)
- Drainagebuis met regel- & doorspuitput
- Drainagebuis met doorspuitput
- In-/Uitstroompuit met drempelhoogte en b.o.b.
- Duiker met b.o.b.
- Uitstroombak met b.o.b.
- Kabels en leidingen strook (Voorstel)
- Kabels en leidingen strook, Achteromweg (Voorstel)
- Lichtmast (Voorstel)
- Opstelplaats container (Voorstel)
- Bandhoogte
- Hoogtemaat
- Wegversmalling
- Verkanting
- Struinpud
- Kantopsluiting opsluitband 120x250
- Kantopsluiting geleideband

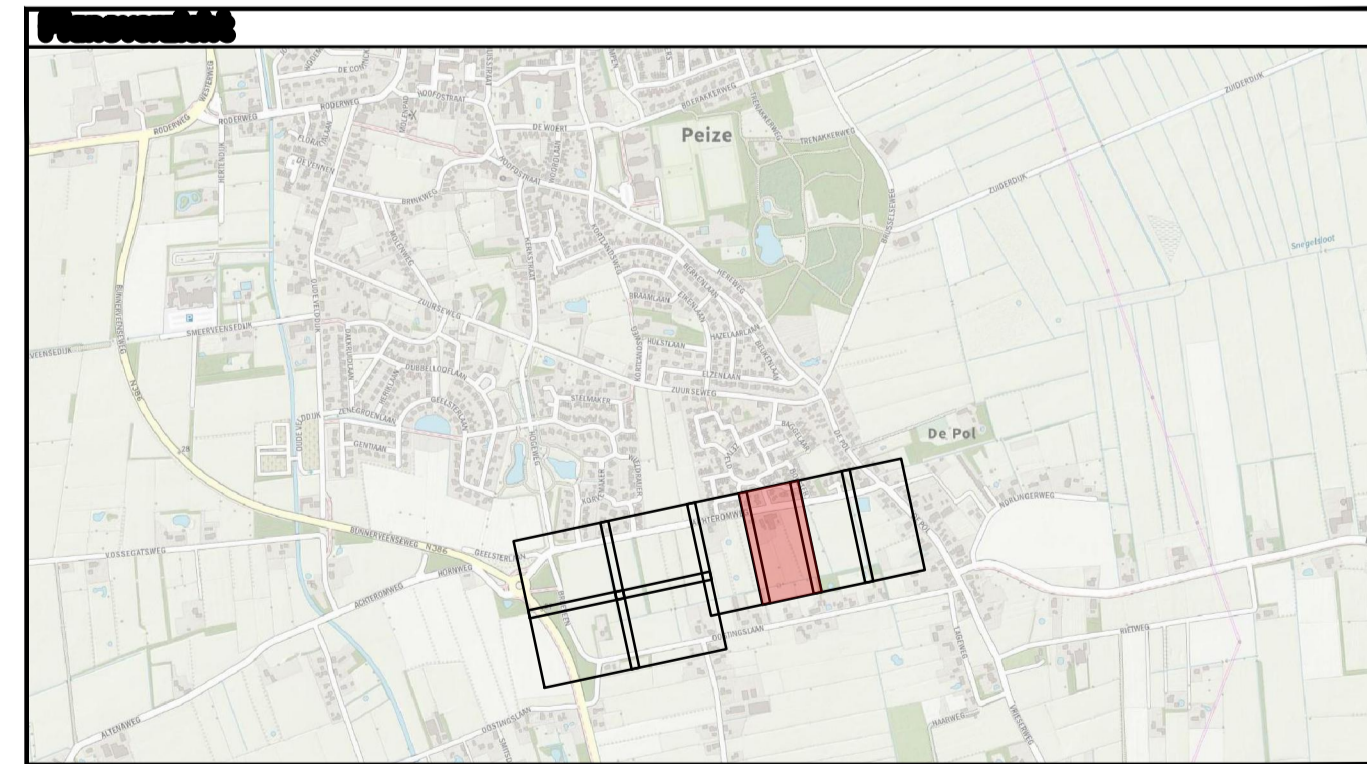


Versie Datum Versie Datum	Omschrijving Omschrijving	Get. Get.	Gen. Gen.	Vrij. Vrij.
V1	13-09-2023	Gen. (G. H. Stamms & W. Kiers)	Gen. (B. Blooterman)	Vrij. (B. Blooterman)
Opmachtgever Gemeente Noordenveld Advies- en Ingenieursorganisatie Architect ARCADIS				
Project Woningbouw Peize Zuid Projectnummer : 30127530 Fase : DD Onderwerp : Afwateringsontwerp				
Schaal : 1:250 Contractnummer :		Bladformaat : A0 Bladnummer : 5 van 8		Status : Concept Versie : V1



Legenda

- Bestaande situatie
- Kadastrale grens
- Bestaande boom te verwijderen (conform VO stedenbouwkundig plan)
- Bestaande boom te behouden (conform VO stedenbouwkundig plan)
- Uitgebaar
- Rijbaan, asfalt
- Rijbaan, bestrating
- Bestrating drempel (incidenteel verlaagd i.v.m. bovengrondse waterafvoer)
- Parkeervak
- Fietspad, beton
- Trottoir, beton
- Trottoir, betontegels
- Beplanting (ntb)
- Gras (grassoorten ntb)
- Greppel, afvoer op bestaand systeem
- Greppel, afvoer op nieuw waterbergingssysteem
- Vijver
- Wadi
- Keerwand
- VWA riolering (Voorstel)
- Drainagegebied met regel- & doorspuitput
- Drainagegebied met doorspuitput
- In-/uitstroompuit met drempelhoogte en b.o.b.
- Duiker met b.o.b.
- Uitstroompuit met b.o.b.
- Kabels en leidingen strook (Voorstel)
- Kabels en leidingen strook, Achteromweg (Voorstel)
- Lichtmast (Voorstel)
- Opslagplaats container (Voorstel)
- Bandhoogte
- Hoogtemaat
- Wegversmalling
- Verkanting
- Struinpud
- Kantopsluiting opsluitband 120x250
- Kantopsluiting geleideband



Versie	Omschrijving	Gepl.	Gepl.	Gepl.	Vrij
Versie	Omschrijving	Gepl.	Gepl.	Gepl.	Vrij
V1	10/05/2018	Gepl.	Gepl.	Gepl.	Vrij

Opmelding

Oprachtgever

Gemeente Noordenveld

Advies- en Ingenieursorganisatie Architect

ARCADIS

Project

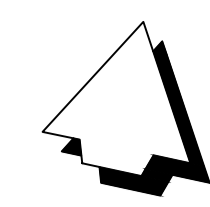
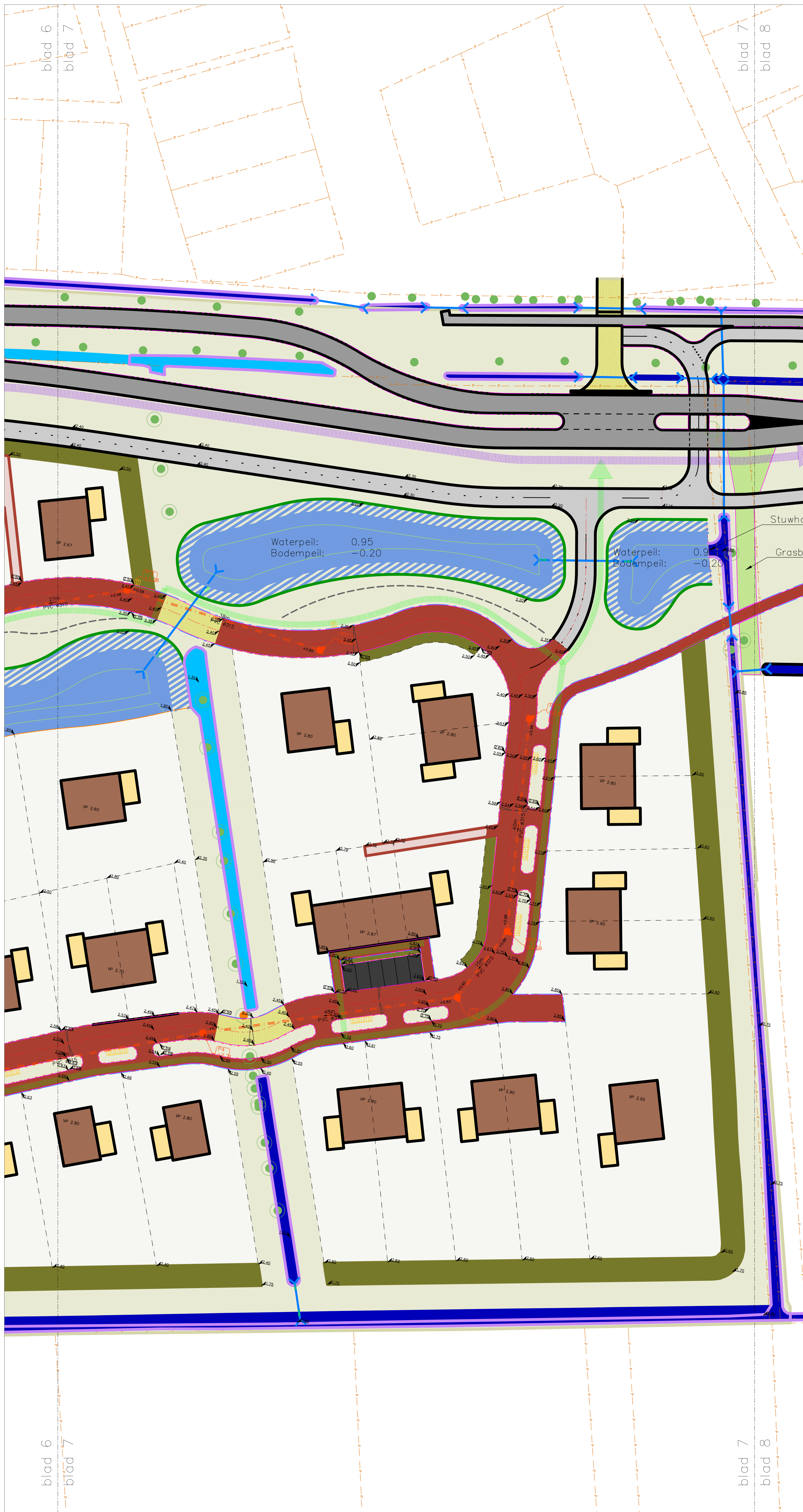
Woningbouw Peize Zuid

Projectnummer : 30127530
Fase : DD

Onderwerp : Afwateringsontwerp

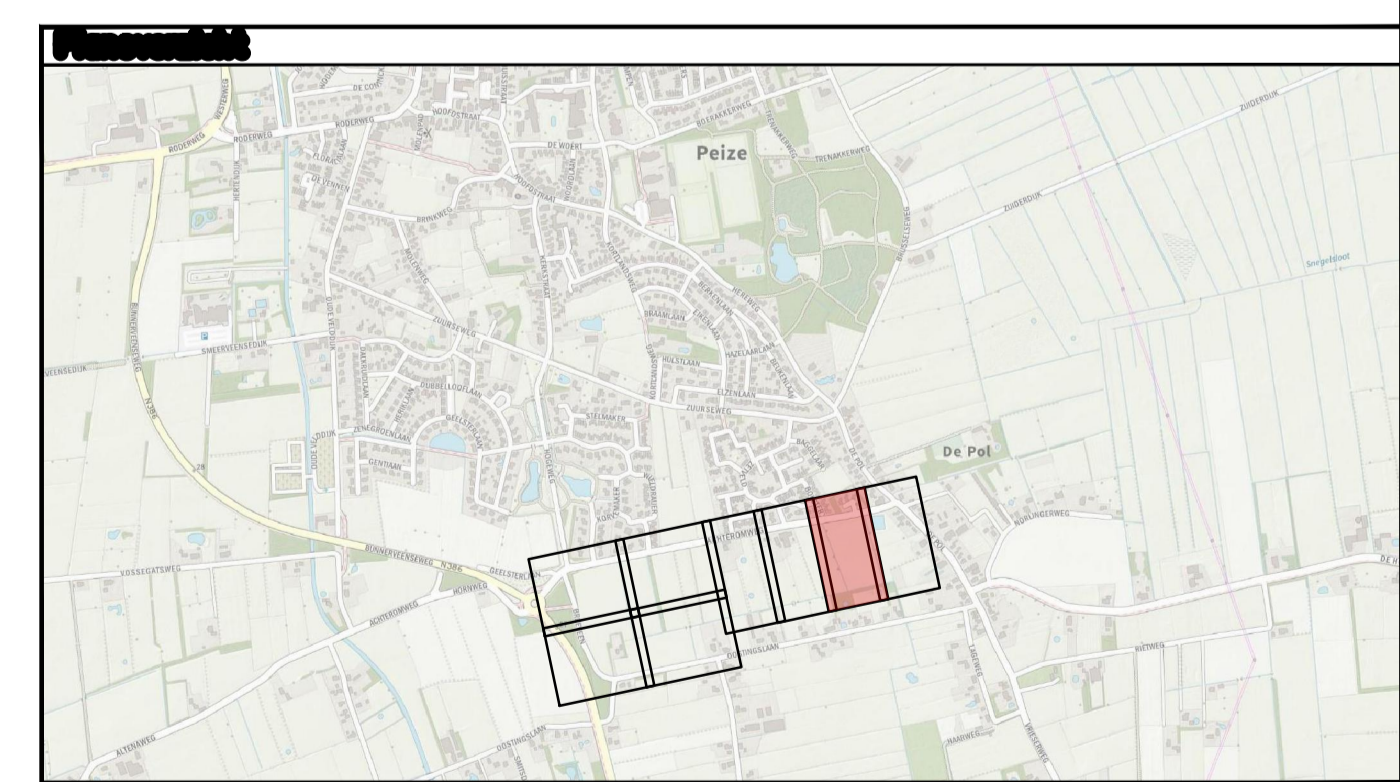
Schaal : 1:250 Bladformaat : A0 Bladnummer : 6 van 8 Status : Concept

Tekeningnummer : 1



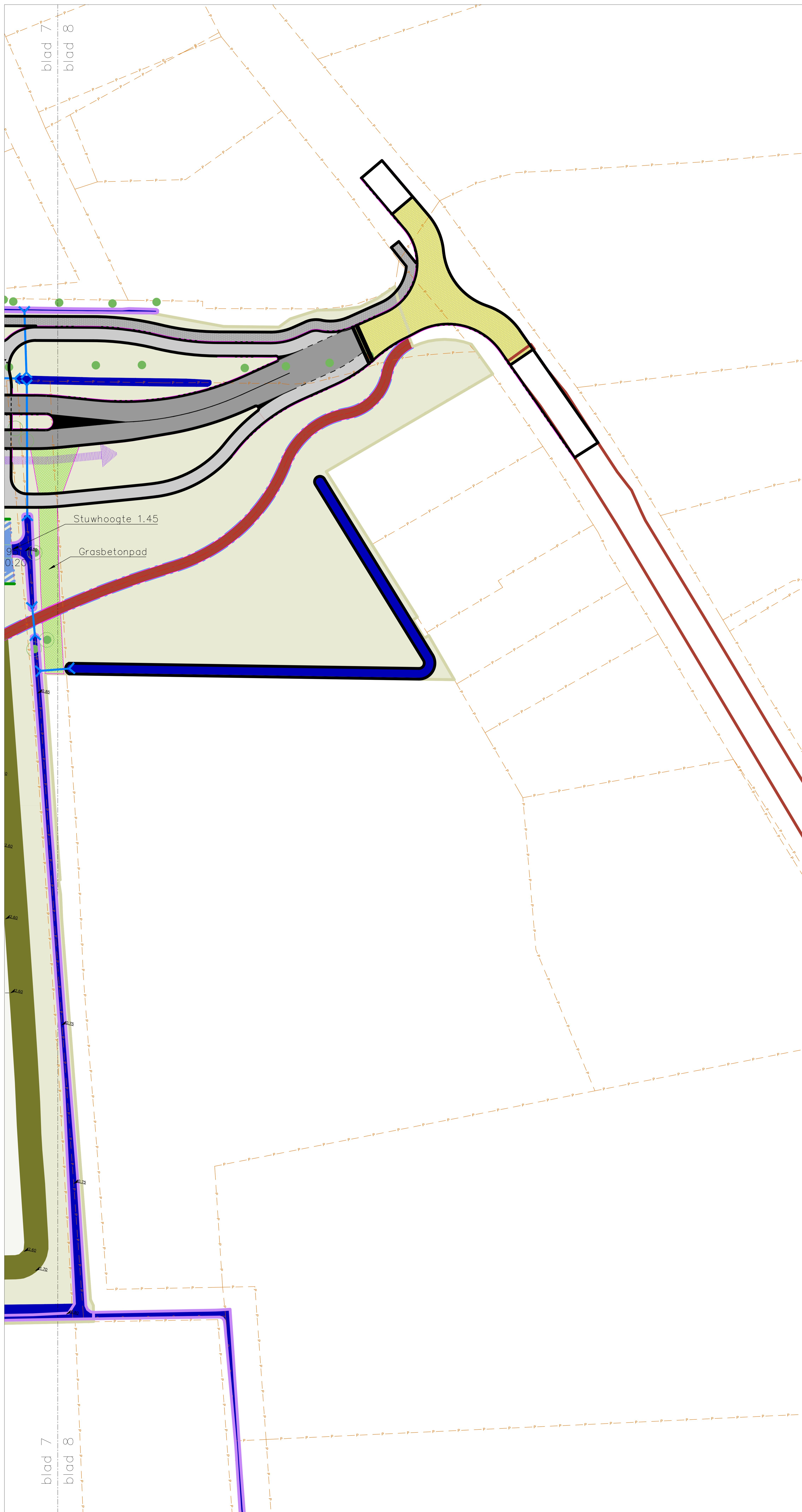
Legenda

- Bestaande situatie
- Kadastrale grens
- Bestaande boom te verwijderen (conform VO stedenbouwkundig plan)
- Bestaande boom te behouden (conform VO stedenbouwkundig plan)
- Uitgeefbaar
- Rijbaan, asfalt
- Rijbaan, bestrating
- Bestrating drempel (incidenteel verlaagd i.v.m. bovengrondse waterafvoer)
- Parkeervak
- Fietspad, beton
- Fietsstraat, Achteromweg
- Trottoir
- Trottoir, betontegels
- Beplanting (ntb)
- Gras (grassoorten ntb)
- Greppel, afvoer op bestaand systeem
- Greppel, afvoer op nieuw waterbergingsysteem
- Vijver
- Wadi
- Keerwand
- VWA riolering (Voorstel)
- Drainagegebied met regel- & doorspuitput
- Drainagegebied met doorspuitput
- In-/Uitstroompuit met drempelhoogte en b.o.b.
- Duiker met b.o.b.
- Uitstroombak met b.o.b.
- Kabels en leidingen strook (Voorstel)
- Kabels en leidingen strook, Achteromweg (Voorstel)
- Lichtmast (Voorstel)
- Opstelplaats container (Voorstel)
- Bandhoogte
- Hoogtemaat
- Wegversmalling
- Verkanting
- Struinpud
- Kantopsluiting opsluitband 120x250
- Kantopsluiting geleideband



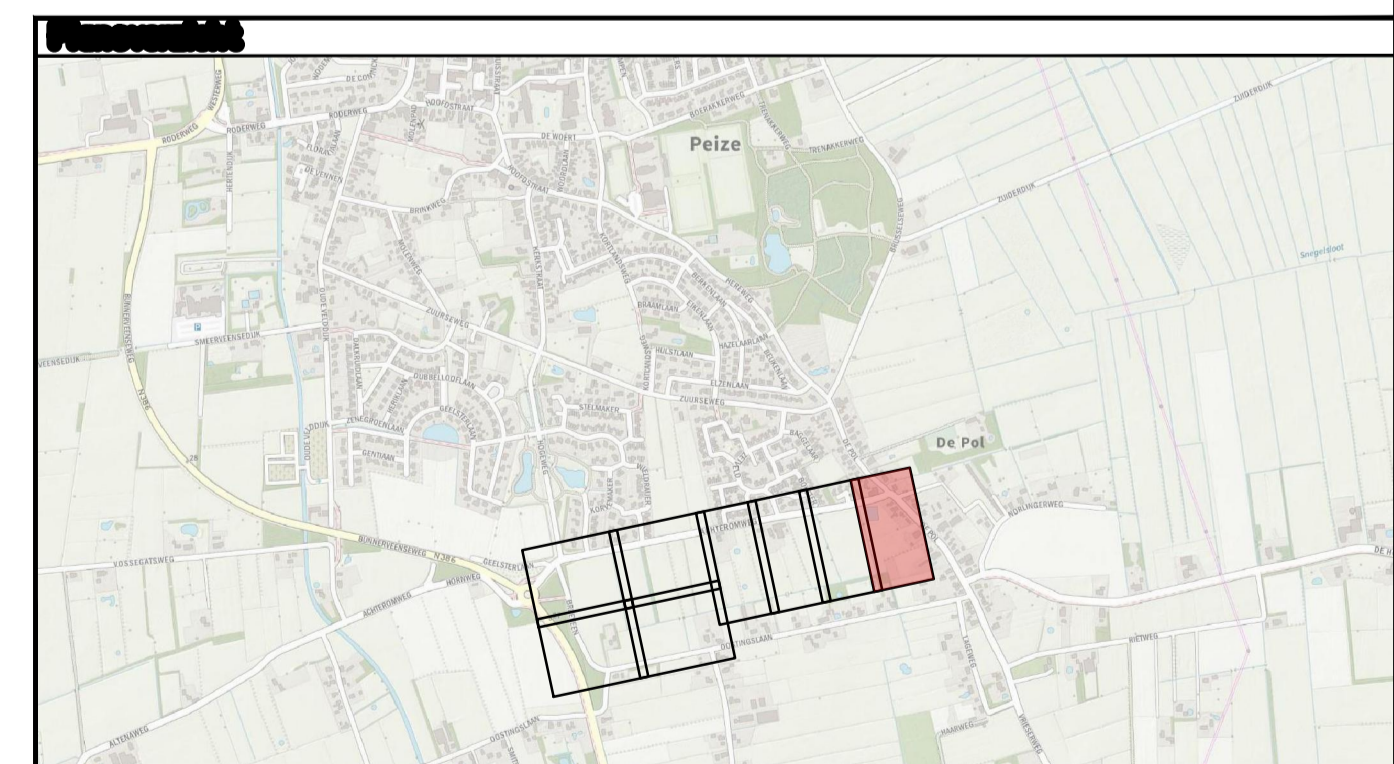
Versie		Omschrijving		Datum		Gep. door		Gep. door		Gep. door		Gep. door	
V1		Situatie		13/09/2024		G.M. de Vries		G.M. de Vries		G.M. de Vries		G.M. de Vries	
<p>Opdrachtgever</p> <p>Gemeente Noordenveld</p> <p>Advies- en Ingenieursorganisatie Architect</p> <p>ARCADIS</p> <p>Project</p> <p>Woningbouw Peize Zuid</p> <p>Projectnummer: 30127530 Fase: DD</p> <p>Onderwerp: Afwateringsontwerp</p>													
<p>Schaal: 1:250 Bladformaat: A0 Status: Concept</p> <p>Contractnummer: Bladnummer: 7 van 8</p> <p>Tekeningnummer: 1 Versie: V1</p>													

Situatie 7
SCHAAL 1:250



Legenda

- Bestaande situatie
- Kadastrale grens
- Bestaande boom te verwijderen (conform VO stedenbouwkundig plan)
- Bestaande boom te behouden (conform VO stedenbouwkundig plan)
- Uitgeefbaar
- Rijbaan, asfalt
- Rijbaan, bestrating
- Bestrating drempel (incidenteel verlaagd i.v.m. bovengrondse waterafvoer)
- Parkeervak
- Fietspad, beton
- Fietsstraat, Achteromweg
- Trottoir
- Trottoir, betontegels
- Beplanting (ntb)
- Gras (grassoorten ntb)
- Greppel, afvoer op bestaand systeem
- Greppel, afvoer op nieuw waterbergingsysteem
- Vijver
- Wadi
- Keerwand
- VWA riolering (Voorstel)
- Drainagebuis met regel- & doorspuitput
- Drainagebuis met doorspuitput
- In-/uitstroompot met drempelhoogte en b.o.b.
- Duiker met b.o.b.
- Uitstroombak met b.o.b.
- Kabels en leidingen strook (Voorstel)
- Kabels en leidingen strook, Achteromweg (Voorstel)
- Lichtmast (Voorstel)
- Opstelplaats container (Voorstel)
- Bandhoogte
- Hoogtemaat
- Wegversmalling
- Verkanting
- Struinp pad
- Kantopsluiting opsluitband 120x250
- Kantopsluiting geleideband



Version	Omschrijving	Opn.	Opn.	Opn.	Vrij.
Version	V1	Opn.	Opn.	Opn.	Opn.

Opm. 1: 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:250000, 1:500000, 1:1000000

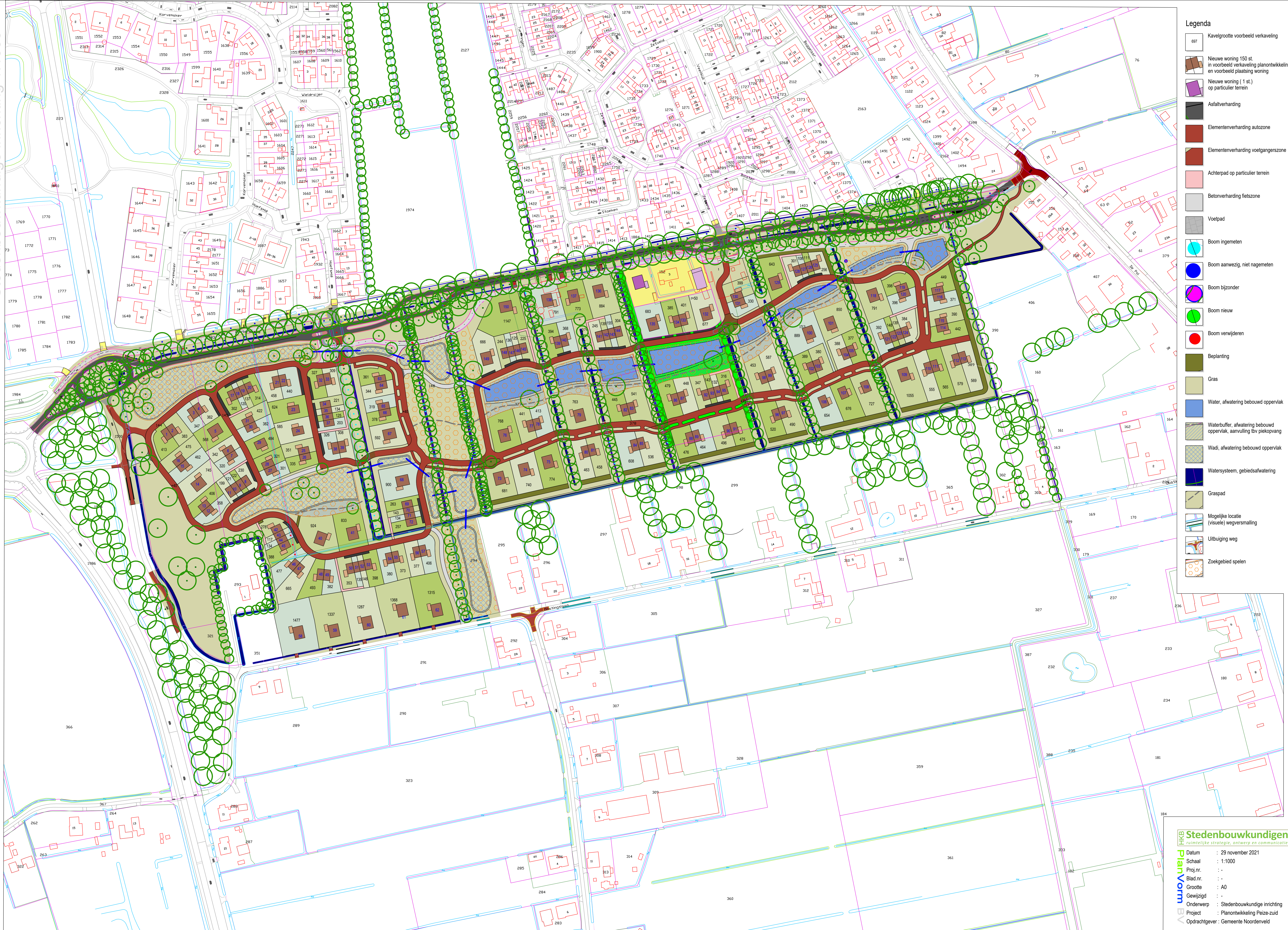
Oprachtgever		Contact
Gemeente Noordenveld		Contact
Advies- en Ingenieursorganisatie		Architect
ARCADIS		Contact
Project		Contact
Woningbouw Peize Zuid		Security Category
Projectnummer	30127530	ASB-Intern
Fase	DD	
Onderwerp Afwateringsontwerp		

12.2 Bijlage Stedenbouwkundigplan

Dit is het stedenbouwkundigplan dat is ontworpen door HKB Stedenbouwkundigen.

Planontwikkeling Peize-zuid

Stedenbouwkundige inrichting 1:1000



- ### Legenda
- 697 Kavelgrootte voorbeeld verkaveling
 - Nieuw woning 150 st. in voorbeeld verkaveling planontwikkeling en voorbeeld plaatsing woning
 - Nieuw woning (1 st.) op particulier terrein
 - Asfaltverharding
 - Elementenverharding autozone
 - Elementenverharding voetgangerszone
 - Achterpad op particulier terrein
 - Betonverharding fietszone
 - Voetpad
 - Boom ingemeten
 - Boom aanwezig, niet nagemeten
 - Boom bijzonder
 - Boom nieuw
 - Boom verwijderen
 - Beplanting
 - Gras
 - Water, afwatering bebouwd oppervlak
 - Waterbuffer, afwatering bebouwd oppervlak, aanuiling tlv piekopvang
 - Wadi, afwatering bebouwd oppervlak
 - Watersysteem, gebiedsafwatering
 - Graspad
 - Mogelijke locatie (visuele) wegversmalling
 - Uitbuiing weg
 - Zoekgebied spelen

Stedenbouwkundigen
ruimtelijke strategie, ontwerp en communicatie

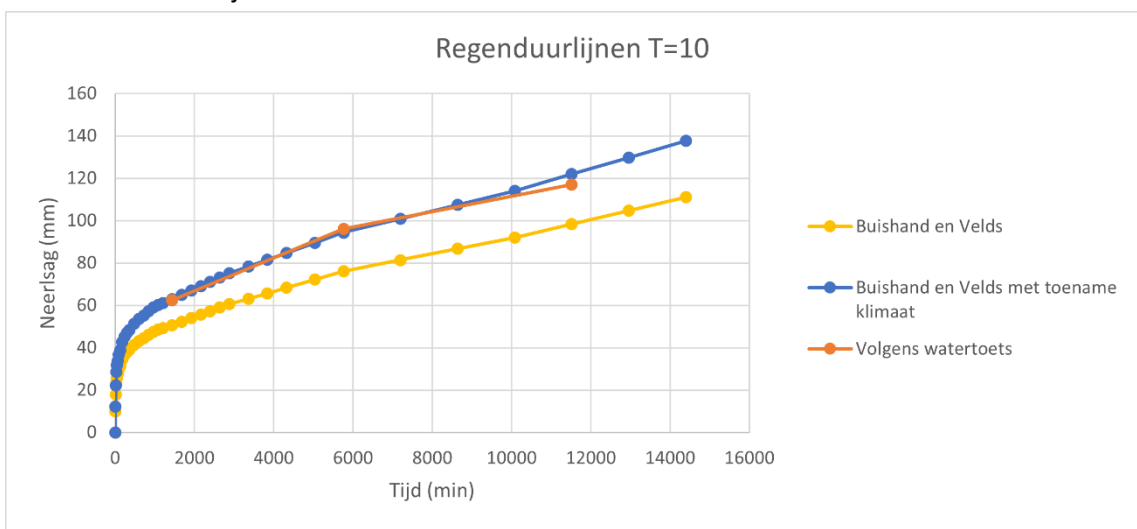
PlanVorm

Datum : 29 november 2021
Schaal : 1:1000
Prj.n.r. : -
Blad.n.r. : -
Grootte : A0
Gewijzigd : -
Onderwerp : Stedenbouwkundige inrichting
Project : Planontwikkeling Peize-zuid
Opdrachtgever : Gemeente Noordenveld

12.3 Bijlage Regenduurlijnen

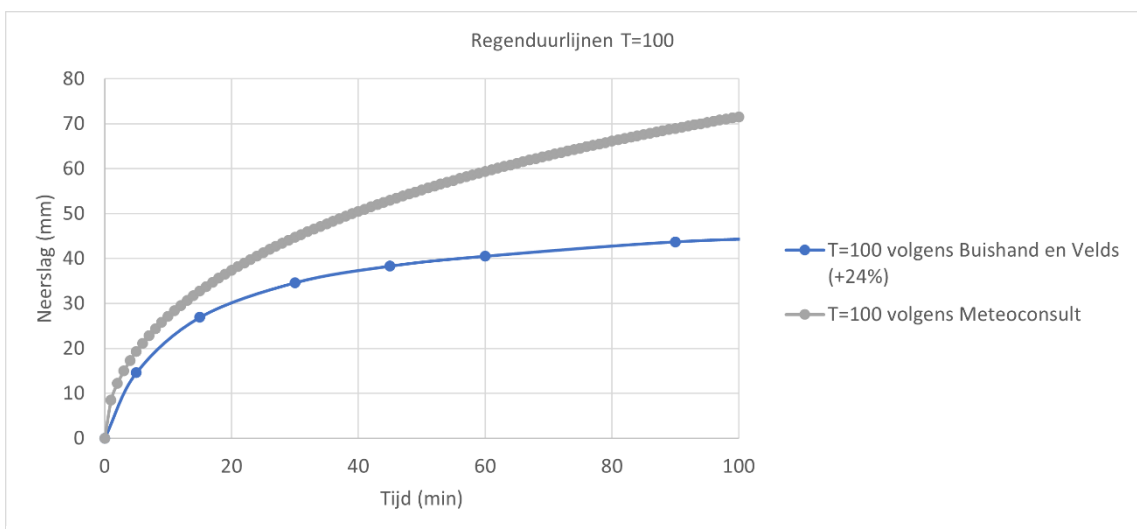
In een rapport van Adviesbureau Heidemij uit 1988 staan de regenduurlijnen volgens Buishand en Velds die in 1980 zijn gepubliceerd, die geven weer hoe een T=10 bui eruitziet (Bouwknecht & Gelok, 1988, p. 43). Zei hebben neerslaggegevens tussen 1906 en 1977 geanalyseerd. De afgelopen decennia is het klimaat veranderd, daarom is deze data niet meer betrouwbaar. Toch blijft deze data handig omdat de data een dynamische bui aan geeft. Er zijn geen betrouwbare recente studies gevonden die een T=10 bui dynamisch beschrijven. Arcadis gebruikt een percentage van 10% dat de toename van intensiteit van deze buien weer geeft door klimaatverandering.

Om te verifiëren of dit realistisch is wordt dit vergeleken met de regels die in de watertoets staan vermeld. Zoals te zien in Figuur 26, komt de T=10 bui van Buishand en Velds met 24% klimaattoename overeen met de richtlijnen zoals vermeld in de watertoets.



Figuur 26, Regenduurlijnen T=10

Meteoconsult heeft in 2006 een onderzoek gedaan naar extreme neerslaghoeveelheden (Malda & Terpstra, 2006). Dit onderzoek focust zich op hele korte (100 min), maar hevige buien (vanaf T=50). De gegevens van de T=100 bui worden ook vergeleken met de data van Buishand en Velds (+24% klimaatcorrectie). In Figuur 27, is te zien dat de Meteoconsult waarden een stuk hoger liggen dan de waarden van Buishand en Velds (+24%). Daarom worden de T=100 bui volgens Meteoconsult als maatgevend genomen.



Figuur 27, Regenduurlijnen T=100

12.4 Bijlage Interview waterkwaliteit

Om meer te weten te komen over hoe de kwaliteit van het water wordt beïnvloed, ben ik in gesprek gegaan met een specialist waterkwaliteit van Arcadis. In beginsel is dit gesprek vooral om erachter te komen wat een goede waterdiepte en talud is.

Direct aan het begin gaf de specialist aan dat doorstroming een groot probleem wordt voor dit ontwerp. De aanvoer van water is alleen door regenwater en in kleine mate grondwater uit het gebied. Het water wordt afgevoerd door de stuw in het oosten. In tijden van extreme droogte is er lange tijd geen aanvoer van water. Er gaat ook geen water meer uit de stuw, wat betekent dat het water stil staat. Dit maakt het een zeer kwetsbaar systeem, en daardoor wordt de kans op overlast groter. Overlast door blauwalg of kroos is te verwachten na enkele jaren, daarnaast wordt de kans op vissterfte, muggenoverlast en stank ook groter.

De enige manier om dit te verhelpen is door doorstroming mogelijk te maken. Dit zou kunnen door een inlaat te maken vanuit een andere bron, bijvoorbeeld een rivier. Het enige oppervlaktewater in de buurt is een bergingsvijver in de wijk ten noorden van het plangebied. Kwel zou ook kunnen zorgen voor aanvoer van water. Dit zou voldoende kunnen zijn voor een paar smalle beekjes, maar de omvang van deze bergingsvijvers is te groot. Bovendien zit er een (kei)leemlaag relatief dicht onder maaiveld, waardoor kwellings niet veel voorkomt (Kloosterman, 2021). Om te zorgen voor doorstroming in droge periodes, raad ik aan om een fontein te plaatsen, zo staat het water niet helemaal stil. Ook is het van belang dat er zo min mogelijk duikers zijn. Als er duikers zijn, moeten deze groot genoeg zijn zodat het kroos weg kan spoelen. In het basisontwerp, zoals te zien in Figuur 28, zijn er 8 losse vijvers. Dit is niet goed voor de doorstroming, daarom raadt de specialist aan om zo veel mogelijk van deze duikers te verwijderen en een open doorgang te creëren.



Figuur 28, Stedenbouwkundig plan met 8 losse vijvers

Om het systeem zo robuust mogelijk te maken is het van belang om de bodem zo gevarieerd mogelijk te maken. Hiervoor is een natuurvriendelijke oever ideaal. De bodem loopt flauw af zodat er voldoende (onderwater)vegetatie aanwezig is. Deze waterplanten zuiveren het water en zorgen er dus voor dat de kwaliteit wordt verbeterd.

Voor alle flora en fauna in en rondom het water is het belangrijk dat de temperatuur niet te veel fluctueert. Daarom is het wenselijk om ook een aantal plekken te hebben waar het water tussen de 1 en 1,5 meter diep is. Het zonlicht zorgt op deze dieptes niet voor opwarming van het water. Daarnaast zorgen bomen langs de waterkant ook voor schaduw, wat helpt om verdamping te verminderen.

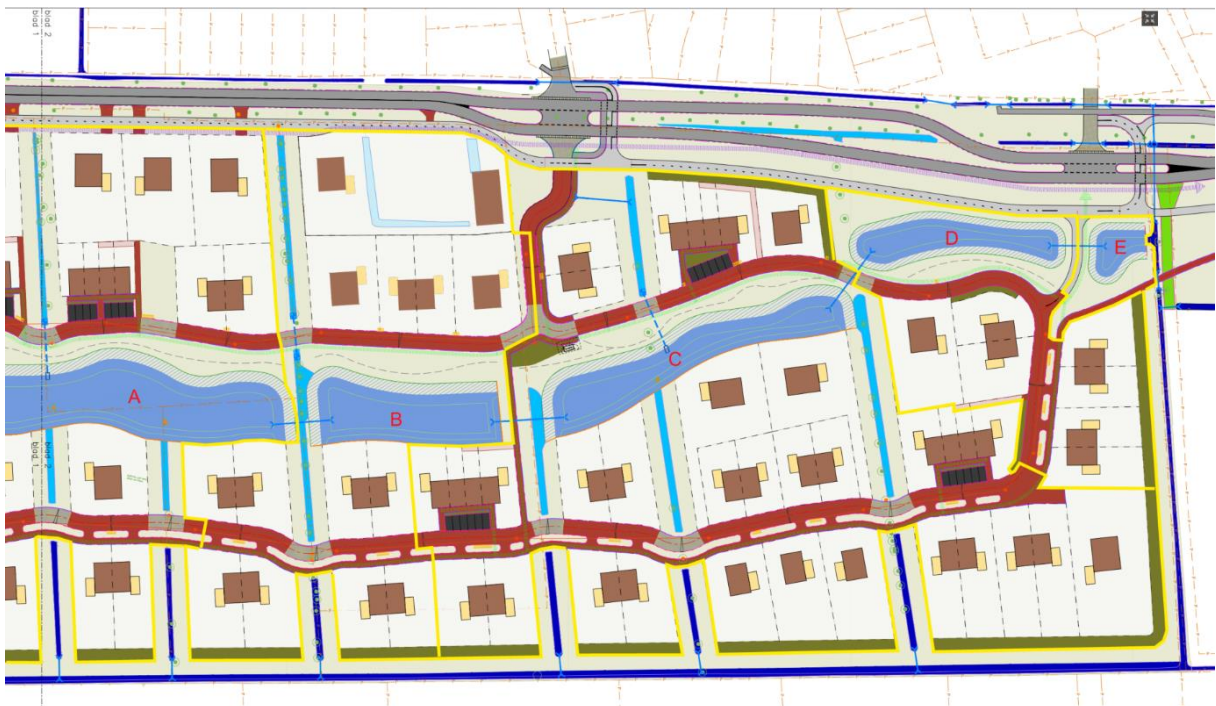
Hondenpoep, het voeren van eenden en vissen en zwemmen zorgt voor een slechtere kwaliteit van het water. Dit kan voorkomen worden door de bewoners goed in te lichten over de mogelijke consequenties. Daarnaast is regelmatig onderhoud, zoals het wegscheppen van blad en alg belangrijk (NKWK, 2022).

12.5 Bijlage Afstroomgebieden

De afstroomgebieden zijn weergegeven in Figuur 30 en Figuur 29, hierin zijn alle wadi's genummerd en de vijvers becijferd. In Tabel 5 & Tabel 6 zijn de verhardingshoeveelheden weergegeven voor iedere wadi en vijver.



Figuur 30, Afstroomgebieden West



Figuur 29, Afstroomgebieden Oost

Tabel 5, Verhardingen Wadi's

Wadi (-)	Bodem oppervlak (m ²)	Verhard wegen (m ²)	Verhard woningen (m ²)	Totaal verhard (m ²)
1	500	1400	860	2760
2	1830	1300	2000	5140
3	440	1370	990	2800
4	1360	620	370	2350
5	540	840	400	1790
6	3260	1600	1970	6850
7	190	230	0	410
8	1300	460	250	2000

Tabel 6, Verhardingen Bergingsvijvers

Vijver (-)	Bodem oppervlak (m ²)	Verhard wegen (m ²)	Verhard woningen (m ²)	Totaal verhard (m ²)
A	2665	2866	900	8300
B	1080	1400	3520	4120
C	1280	3220	1640	8020
D	610	840	2770	2350
E	180	0	0	180

12.6 Bijlage Bergingsvijver

ALGEMENE GEGEVENS			
Project:	Peize-zuid	START BEREKENING	
Projectnummer:			
Onderdeel:	Bergingsvijvers		
Datum:	05/26/23	Printdatum:	05/06/2023

Oppervlakken	[ha]	[%]	[m2]
Bruto oppervlak [ha]	12,5	100%	125000
Fv Directe afvoer [ha]	2,7	22%	27392
Fv Afvoer naar wadi [ha]	2,4	19%	24000
Fv [ha]	0,0	0%	0
Fv [ha]	0,0	0%	0
Fv water [ha]	0,45	4%	4463
onverhard [ha]	6,9	55%	69146

Berekeningskeuze	
Periode:	zomer <input checked="" type="checkbox"/> halfjaar
Keuzebui:	actief <input checked="" type="checkbox"/>
Berekening peilstijging [P]	

Directe afvoer		
B Directe afvoer [mm]	1,0	27,4 m3
Bstraat Directe afvoer [mm]	1,0	27,4 m3
uit Directe afvoer [mm/h]	0,0	0,0 m3/h

keuzebui	
neerslag [mm]	72
Tijd [min]	100
max peilst keuzebui [m]	0,80

Afvoer naar wadi		
B Afvoer naar wadi [mm]	115,0	2760,0 m3
Bstraat Afvoer naar wadi [mm]	1,0	24,0 m3
uit Afvoer naar wadi [mm/h]	0,0	0,0 m3/h

Klimaatverandering	
Zomer % toename	24%
Winter % toename	24%

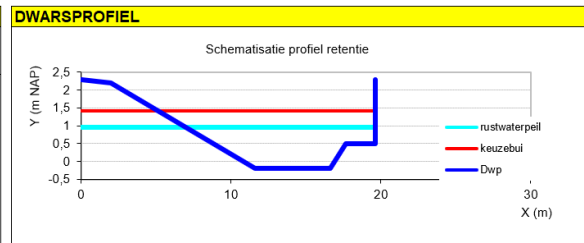
B [mm]	0,0	0,0 m3
Bstraat [mm]	0,0	0,0 m3
uit [mm/h]	0,0	0,0 m3/h

Kwel	
kwel [mm/dag]	0

B [mm]	0,0	0,0 m3
Bstraat [mm]	0,0	0,0 m3
uit [mm/h]	0,0	0,0 m3/h

Afvoer	
Toelaatbare lozing [l/s.ha]	1,2
afv. % van toelaatb lozing	100%
Afvoer onv. [l/s.ha]	1,2

INVOER PROFIEL GEGEVENS			
Profielkeuze	BEWAARD	==>> Kopieer profielkeuze	Profiel bewaren
Bodem Breedte [m]	5,00 m		
Parameters links		rechts	
tl1	4,00 -	tr1	1,50 -
bl1	0,00 m	br1	2,00 m
tl2	20,00 -	tr2	0,00 -
bl2	0,00 m	br2	0,00 m
tl3	0,00 -	tr3	0,00 -
hl1	2,40 m	hr1	0,70 m
hl2	0,10 m	hr2	1,70 m
hl3	0,00 m	hr3	0,10 m
hoogtetot	2,50 m		



INVOER HOOGTE MATEN		
Minimaal mv hoogte	2,30 m NAP	==>> Profiel CHECK MV
rustwaterpeil	0,95 m NAP	
Bodempcil	-0,20 m NAP	
waterdiepte	1,15 m	

RESULTATEN							
P	T=1	T=2	T=5	T=10	T=25	T=100	keuzebui
berging [m3]	751	944	1215	1435	1732	2169	2199
peilstijging [m]	0,16	0,20	0,26	0,31	0,37	0,45	0,46
lengte [m]	353	353	353	353	353	353	353
b waterlijn [m]	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
b na peilstijging [m]	13,3	13,5	13,7	13,9	14,1	14,5	14,5
b insteek [m]	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7
A waterlijn [ha]	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
A na peilstijging [ha]	0,47	0,48	0,48	0,49	0,50	0,51	0,51
A insteek [ha]	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Check berging [m3]	353	353	353	353	353	353	353

BEREKENING PEILSTIJGING		
Wateroppervlak	4463 m2	==>> Berekening
Keuzegrafiek	keuzebui	

12.7 Bijlage Wet van Chézy

Met behulp van de wet van Chézy kan de opstuwing voor een duiker worden berekend. Hiervoor zijn een aantal formules nodig die hieronder zijn uitgeschreven.

$$h = i * l$$

$$v = C * \sqrt{R * i} \rightarrow v^2 = C^2 * R * i \rightarrow i = \frac{v^2}{C^2 * R}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi r^2}$$

$$C = 18 \log_{10} \frac{12R}{2d}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\pi r^2}{2\pi r} = \frac{r}{2}$$

$$h = i * l = \frac{v^2}{C^2 * R} * l = \frac{\left(\frac{Q}{\pi r^2}\right)^2}{\left(18 \log_{10} \frac{12 * \frac{r}{2}}{2d}\right)^2 * \frac{r}{2}} * l$$

Grootheid	Afkorting	Eenheid
Debiet	Q	m ³ /s
Oppervlakte	A	m ²
Straal	r	m
Hydraulisch verhang	i	m/m
Lengte	l	m
Opstuwing	h	m
Hydraulische straal	R	m
Natte omtrek (Perimeter)	P	m
Coëfficiënt van Chézy	C	√m/s
Gemiddelde snelheid	v	m/s

Parameter: $d = 0,001 \text{ m}$ (voor duikers)

Het debiet kan worden berekend door:

$$\text{Debiet} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) = \text{Afvoer} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{ha}} \right) * \text{Verhardoppervlak}(\text{ha})$$