

2014•2015
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN
master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Masterproef

Vergelijkende studie 2 DWA-riolering met drukriolering versus gravitaire riolering op basis van praktijkonderzoek

Promotor :
ir. Carlo BOLLEN

Promotor :
Mevr. WENDY FRANCKEN

Dries Vangenechten

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

2014•2015
Faculteit Industriële
ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Masterproef

Vergelijkende studie 2 DWA-riolering met drukriolering
versus gravitaire riolering op basis van
praktijkonderzoek

Promotor :
ir. Carlo BOLLEN

Promotor :
Mevr. WENDY FRANCKEN

Dries Vangenechten

*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële
wetenschappen: bouwkunde*

Woord vooraf

Deze masterproef is tot stand gekomen in het kader van de opleiding 'Master in de industriële wetenschappen: bouwkunde' aan de Universiteit Hasselt.

Langs deze weg wil ik graag iedereen bedanken die mij hebben geholpen bij het schrijven van deze masterproef.

Vooreerst gaat mijn dank uit naar de externe promotor mevrouw Wendy Francken, directeur van Vlario, en Ing. Dirk Stove voor de nodige raad en feedback bij de opbouw van de scriptie.

Vervolgens gaat mijn dank uit naar dr. Bram Vandoren en mijn interne promotor ir. Carlo Bollen voor de begeleiding.

Daarnaast wil ik de gemeenten en bedrijven die mij toelichting en informatie hebben gegeven bedanken.

Tot slot wil ik de rioolbeheerders Infrax en Aquafin bedanken, die mij de nodige informatie en eindafrekeningsdossiers hebben bezorgd om mijn masterproef tot een goed einde te laten komen.

Inhoud

Woord vooraf.....	1
Lijst met tabellen.....	5
Lijst met figuren.....	7
Abstract.....	9
Abstract in English.....	11
1 inleiding.....	13
1.1 Situering.....	13
1.2 Onderzoeksvraag.....	14
1.3 Doelstellingen.....	15
1.4 Methodiek.....	16
2 Literatuurstudie.....	17
2.1 Drukriolering.....	17
2.1.1 Inleiding.....	17
2.1.2 Dimensionering drukriolering.....	18
2.1.3 Dimensionering pompput.....	21
2.1.4 Telemetriesysteem en signalisatie.....	27
2.1.5 Elektrische voeding.....	28
2.1.6 Beheer en onderhoud.....	28
2.2 Gravitaire riolering.....	30
2.2.1 Inleiding.....	30
2.2.2 Dimensionering DWA-leidingen.....	30
2.2.3 Gebruik pompstations.....	35
3 Onderzoek.....	37
3.1 Inleiding.....	37
3.2 Ruimtelijke omgeving.....	39
3.2.1 Lengte rioleringsproject.....	39
3.2.2 Flexibiliteit.....	39
3.2.3 Aantal woningen en spreiding.....	40
3.2.4 Staat van de weg.....	41
3.2.5 Reliëf.....	42
3.3 Situering RIO-projecten.....	43
3.3.1 Drukriolering.....	43
3.3.2 Projecten gravitair 2DWA-stelsel.....	49
3.4 Kostprijs.....	52
3.4.1 Vorbereidende werken.....	52
3.4.2 Aanleg leiding.....	54
3.4.3 Bouw pompunits.....	56
3.4.4 Beheer.....	58
3.4.5 Bedrijfszekerheid.....	60
3.4.6 Onderhoud.....	65

	3.4.7 Communicatie.....	66
	3.4.8 Fundering en verharding.....	66
	3.4.9 Samenvatting	68
	3.4.10 Meerkosten bestaande verkaveling.....	68
4	Fictieve scenario's.....	71
5	Besluit.....	87
6	Literatuurlijst.....	89

Lijst met tabellen

Tabel 1: Minimale helling voor DWA-riolen bij een vullingsgraad van < 50% om een schuifspanning van 2N/m ² te bekomen. Met een piekfactor van 1,7 en een debiet van 150 l/IE/dag.	32
Tabel 2: Minimale helling voor DWA-riolen bij een vullingsgraad van < 50% om een schuifspanning van 1 N/m ² te bekomen. Met een piekfactor van 1,7 en een debiet van 150 l/IE/dag.	32
Tabel 3: Kostprijs wegenwerken project Dreelveld	41
Tabel 4: Voorbereidende werken Gravitaire stelsels	52
Tabel 5: Voorbereidende werken Drukriolering	52
Tabel 6: Gemiddelde waarden voorbereidende werken	53
Tabel 7: Aanleg drukleiding met ondergronds gestuurde boring	54
Tabel 8: Aanleg drukleiding in sleuven	54
Tabel 9: Aanleg gravitaire riolering met gresbuizen.....	55
Tabel 10: Bouw inspectieput	55
Tabel 11: Bouw drukunits van project Loveld	56
Tabel 12: Bouw drukunits van project Eeklo.....	56
Tabel 13: Gemiddelde prijs voor de aanleg van een pompunit	57
Tabel 14: Kostprijs Centrale verdeelkast.....	57
Tabel 15: Aanleg pompstation van project Loveld	57
Tabel 16: storingen Groot Rees	60
Tabel 17: Storingen Pompstation Kleine Wandelweg	62
Tabel 18: Storingen pompstation Wandelweg	62
Tabel 19: Storingen pompstation Groot Rees	63
Tabel 20: Vervanging pompen.....	64
Tabel 21: Onderhoud pompunit en pompstation Kapellen.....	65
Tabel 22: Informatie via A, gemiddelde prijzen pompunits	65
Tabel 23: Gemiddelde prijs voor onderhoud	65
Tabel 24: Vergelijking funderingen.....	66
Tabel 25: Vergelijking verhardingen	67
Tabel 26: Samenvatting investeringskosten	68
Tabel 27: Kostprijzen signalisatie.....	69
Tabel 28: Kostprijzen en levensduur rioleringen	71
Tabel 29: Voorbeeld situatie 1a	72
Tabel 30: Scenario 1: 500m en geen pompstation	77
Tabel 31: Scenario 2: 500m en 1pompstation	78
Tabel 32: Scenario 3: 1000m en 2 pompstations	79
Tabel 33: Scenario 4: 1500m en 3 pompstations	80
Tabel 34: Scenario 5: 2000m en 4 pompstations	81
Tabel 35: Scenario 6: 2500m en 5 pompstations	82
Tabel 36: Scenario 7: 3000m en 6 pompstations	83

Lijst met figuren

Figuur 1: Schematische voorstelling drukriolering	17
Figuur 2: Voorstelling minigemaal (Flygt)	24
Figuur 3: Stijgleiding met balkeerklep (l) en afsluiter (r).....	25
Figuur 4: Vuilver snijdingspomp	26
Figuur 5: Centrale voedingskast	28
Figuur 6: Pompput met 2 pompen en een schakelkast.....	35
Figuur 7: Kapellen, bosrijke omgeving.....	43
Figuur 8: Concept Kapellenbos-West.....	45
Figuur 9: Villapark Loveld - Bosrijke omgeving en gespreide bebouwing ...	47
Figuur 10: Project Eeklo	48
Figuur 11: project Dreelveld.....	49
Figuur 12: Project Crutzen	50
Figuur 13: Project Graevenveld	51
Figuur 14: 25 woningen per 500m (dichtbebouwd)	74
Figuur 15: 25 woningen per 500m	74
Figuur 16: 10 woningen per 500m	75
Figuur 17: 7 woningen per 500m.....	75
Figuur 18: 5 woningen per 500m.....	76
Figuur 19: 3 woningen per 500m.....	76
Figuur 20: Situatie a: 25 woningen per 500m (dichtbebouwd).....	84
Figuur 21: Situatie b: 25 woningen per 500m	84
Figuur 22: Situatie c: 10 woningen per 500m.....	85
Figuur 23: Situatie d: 7 woningen per 500m	85
Figuur 24: Situatie e: 5 woningen per 500m	86
Figuur 25: Situatie f: 3 woningen per 500m.....	86

Abstract

Vlario te Genk doet onderzoek naar verschillende rioleringsystemen voor het gescheiden afvoeren van afvalwater in het buitengebied. De afvoer van afvalwater kan verwezenlijkt worden door middel van een gravitaire 2DWA-riolering met of zonder pompstations, of met een drukriolering.

Om een correcte vergelijking te maken tussen de verschillende rioleringsystemen moet de kostprijs en ruimtelijke omgeving besproken en geëvalueerd worden. Er worden verschillende mogelijke scenario's opgesteld die een reële situatie weergeven.

Er wordt gebruik gemaakt van meerdere eindafrekeningsdossiers om de kostprijzen van de rioleringselementen naast elkaar te leggen. Verder worden er interviews afgelegd met rioolbeheerders, gemeenten en bedrijven om de beïnvloedingsfactoren in de ruimtelijke omgeving te bespreken.

Uit mijn onderzoek blijkt dat de verschillende rioleringsystemen kunnen gebruikt worden in het buitengebied. De grootste factoren die de kosten beïnvloeden zijn de wegeniswerken, lengte van de riolering en de spreiding en aantal van de woningen. Bij enkele scenario's is er één duidelijke preferentiële oplossing, terwijl bij andere scenario's de invloed van de ruimtelijke omgeving moet bekeken worden vooraleer een beslissing gemaakt wordt. Op het einde van de scriptie wordt voor elk besproken scenario een aanbeveling gegeven die men kan volgen wanneer een ontwerp dient gemaakt te worden.

Abstract in English

Vlario conducts research into various drainage systems for the separate disposal of wastewater in rural areas. The drainage can be done with a gravity 2DWA-sewer system with or without a pump, or with a pressure sewer system.

To make a proper comparison between the sewer systems, we have to discuss and evaluate the cost and environment of the project. Various possible scenarios are made which reflect real situations.

There will be usage of multiple settlement files to compare the cost of the sewer systems. We will also be doing interviews with employees of sewerage managers, municipalities and companies to discuss the influencing factors of the environment the sewer system is in.

Research shows that the different drainage systems can be used in rural areas. The most influential factors for the cost are roadworks, length of the sewer and the distribution and the number of properties. In some scenarios, there is a single solution, whereas in other scenarios the environment where the system is in should be discussed and evaluated. There will be given a recommendation for every scenario discussed that can be used when a sewer system is being designed.

1. Inleiding

1.1. Situering

Als laatstejaarsstudent industrieel ingenieur bouwkunde aan de UHasselt heb ik gekozen voor de uitvoering van een onderzoek op de werking en de kosten bij de verschillende 2DWA-rioleringsystemen als thema voor mijn masterproef. De masterproef legt zich toe op de vergelijkende studie tussen drukriolering en gravitaire 2DWA-riolering in Vlaanderen.

Bij de uitvoering van dit onderzoek word ik begeleid door Vlario, het overlegplatform en kenniscentrum voor rioleringen en de waterafvoer in Vlaanderen.

Vlario bundelt kennis door overleg en informatie uit te wisselen met alle rioleringspartners in Vlaanderen. Op die manier tracht Vlario een reële bijdrage te leveren tot de verbetering van het leefmilieu in Vlaanderen. Vlario streeft ernaar om de noden en verwachtingen van zijn leden te verwezenlijken door onder andere innovatie te stimuleren.

1.2. Onderzoeksvraag

In Vlaanderen worden voornamelijk gravitaire rioleringen aangelegd. Voor het aanleggen van een ander rioleringsstelsel zoals drukriolering is de toepassing vrij nieuw en is er nog maar weinig praktijkervaring aanwezig. Vlaanderen is een vrij vlakke regio, daarom is het moeilijker om lange afstanden met een gravitaire riolering te overbruggen. De oorzaak hiervan is dat men een DWA-leiding onder een verhang van minimum 5‰ moet aanleggen waarbij ook meer geregeld een DWA-pompstation moet worden gebouwd om de aanlegdiepte te beperken tot maximum 3,00 m. Bij drukriolering wordt de leiding op kleine diepte (1,20m) met de helling van het terrein aangelegd.

Met deze masterproef wil ik een onderzoek voeren over de werking van enerzijds gravitaire riolering en anderzijds drukriolering. Er bestaan namelijk geen richtlijnen over het meest optimale rioleringsstelsel voor het collecteren en afvoeren van afvalwater in het buitengebied. In zones waar nog geen riolering aanwezig is en het afvalwater niet aangesloten is op een zuiveringsstation, het collectief te optimaliseren buitengebied, is de vergelijking tussen deze twee rioleringsstelsels essentieel. Deze vergelijking dient gemaakt te worden om te kunnen kiezen voor zowel het meest economische als het meest duurzame rioleringsstelsel. Belangrijk hierbij is dat de volledige levenscyclus van een stelsel in acht genomen wordt. Er wordt op deze manier rekening gehouden met de investeringskosten en de werkings- en onderhoudskosten.

1.3. Doelstellingen

Het doel van deze masterproef bestaat erin alle aspecten van de drukriolering en de gravitaire riolering tegen elkaar af te wegen. De resultaten van dit onderzoek moet een handleiding vormen bij de keuzebepaling tussen een gravitair systeem of een drukrioleringsstelsel. Deze keuze moet gemaakt worden voor de aanleg van de resterende riolering in de te rioleren buitengebieden in Vlaanderen.

De verschillende aspecten die onderzocht en geëvalueerd moeten worden om tot een juist besluit te komen zijn de volgende:

- investeringskosten m.b.t.;
 - aanleg van gescheiden riolering;
 - afbraak en herstelling wegenis, grachten e.d.;
 - kosten verplaatsen nutsleidingen;
 - beplanting;
 - minder hinderaspecten e.d.;
- waterafvoer;
 - gescheiden waterafvoer;
 - afvoerdebiet;
 - kwaliteit afvalwater;
 - verblijftijd en gevolgen hiervan als geurhinder, aantasting e.d.;
 - aanslibbing;
- werking;
 - energiekosten;
 - bedrijfszekerheid;
 - defecten;
 - aantal interventies;
- beheer;
 - beheerkosten;
 - rapportering;
 - bewaking;
 - jaarlijkse controles;
- onderhoud;
 - onderhouds- en reinigingskosten;
 - levensduur en vervangingskosten.

Al deze aspecten en factoren spelen een belangrijke rol bij het beslissen over de toepassing van het soort rioleringsstelsel.

1.4. Methodiek

Het onderzoek bestaat uit het in de praktijk onderzoeken en vergelijken van de twee verschillende rioleringsstelsels op elk van bovenstaande gebieden. Bij o.a. de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), Infrax, Aquafin e.d. ga ik enkele projecten bekijken. Ook zal ik landelijk gelegen gravitaire rioleringsprojecten en projecten met drukriolering bestuderen. Bij elk van deze bezoeken tracht ik informatie te verzamelen door de begeleidende persoon van de diverse projecten te bevragen. Deze interviews handelen over elk aspect van de vergelijkende studie zoals de uitvoering, waterafvoer, werking, beheer en onderhoud van de riolering. De bedoeling is om kritische punten en knelpunten van beide soorten rioleringen te achterhalen om op die manier tot een objectieve en correcte keuzebepaling van het rioleringsstelsel te komen.

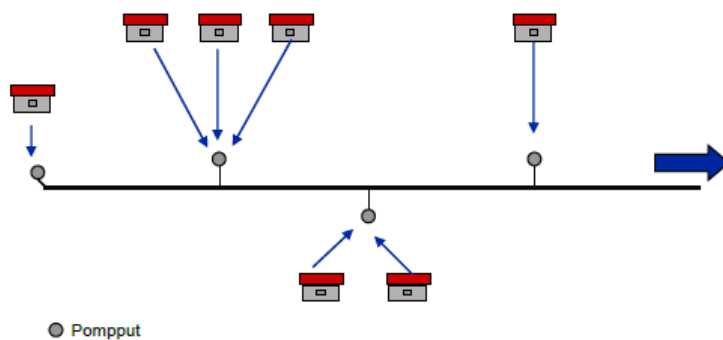
2. Literatuurstudie

2.1. Drukriolering

2.1.1. Inleiding

Een drukriolering is een systeem van verschillende pompputten uitgerust met een pomp. De putten staan ter hoogte van woningen om het afvalwater af te voeren naar een gemeenschappelijke persleiding. Deze persleiding zal het afvalwater onder druk vervoeren naar een stroomafwaarts gelegen rioleringsnet. Ten slotte wordt het afvalwater naar een zuiveringsstation gebracht. Bij elke pompput staat een stuurstukje met PLC voor de sturing van de pomp. Aansluiting van regenwater of parasitair water op het systeem moet vermeden worden want dat geeft een nefaste werking van de pomp.

Op elke pompput wordt het afvalwater van maximum 4 woningen of 10 inwonersequivalenten aangesloten. Figuur 1 toont een voorbeeld van een klein woningencomplex met drukriolering [4].



Figuur 1: Schematische voorstelling drukriolering

Het drukrioleringssysteem heeft verschillende interessante eigenschappen waardoor ze verkozen zou kunnen worden boven een gravitaire riolering. Het vlakke reliëf van Vlaanderen kan een probleem vormen voor het aanleggen van gravitaire riolering, omdat het zorgt voor economisch onverantwoorde uitgravingsdiepten. Op dit probleem biedt drukriolering een oplossing, zeker in gebieden met gespreid gelegen woningen of het nog te optimaliseren buitengebied. De uitgravingsdiepte wordt bepaald door te overbruggen lange afstanden, oplopende terreinhellingen, de kruising van grachten e.d. Een tweede voordeel van drukriolering is de kostprijs. Deze kostprijs is goedkoper in vergelijking met de kostprijs van gravitaire riolering, omdat drukriolering gemaakt is uit kunststof met kleine

diameters. Het lengteprofiel kan het maaiveld volgen waardoor de uitgravingsdiepten kleiner zijn en het grondverzet minder is [4].

2.1.2. Dimensionering drukriolering

2.1.2.1. Persleiding

De lengte van een drukriolering wordt beperkt tot maximum 3km vanaf de eerste pompput tot aan het lozingspunt in de gravitaire riool. Deze afstand wordt aangehouden omwille van de maximale opvoerhoogte van de pomp. Door de kleine afvoerdebieten volstaat een kleine diameter. De diameters worden bepaald in functie van de minimale en maximale stroomsnelheid in de persleiding. De gebruikte diameters bedragen 63-75-90-110 mm. De minimum snelheid bedraagt 0,7 m/s en moet elke dag minstens 1x behaald worden tegen sedimentatie [4].

2.1.2.2. Aanleg persleiding

De aanleg van een drukleiding biedt tal van voordelen ten opzichte van een gravitaire riolering. Ten eerste is er maar een kleine sleufbreedte en een kleine aanlegdiepte tussen 1 à 1,5 m nodig. Daarnaast is de aanleg mogelijk in de berm naast de weg. De kruising van wegen kan met het systeem van onderboring in plaats van het opbreken van de weg opgelost worden. Hierdoor is er tijdens de werken weinig hinder voor de omwonenden. Er dient rekening gehouden worden met de volgende aandachtspunten bij het ontwerp:

- locatie van de pompputten;
- in dezelfde sleuf komt de elektrische voedingskabel en datakabel;
- rekening houden met de aanwezige nutsleidingen, bomen en de aanwezige ondergrondse constructies/obstructies;
- bij kruising met een rijweg wordt de drukleiding haaks onder de weg geplaatst, bij kruisingen van autosnelwegen, spoorwegen e.d. wordt het in een ondergronds geboorde mantelbuis geplaatst.

Het lengteprofiel van de persleiding volgt het maaiveld. Wanneer het maaiveld onder een dalende helling ligt mag deze niet meer dan 30° bedragen. Bij een langere of steilere daling is het aangewezen een be- of ontluchter op het hoogste punt aan te brengen. Op deze wijze wordt de vorming van onder- of overdrukken teniet gedaan.

Op elk leidingenvak van de drukleiding wordt een beproeving op waterdichtheid met water uitgevoerd. De drukproef wordt uitgevoerd volgens de norm NBN-EN805 onder een druk van minimum 0,6 MPa. Het verloop van de waterdruk gedurende de drukproef wordt door een schrijver geregistreerd in functie van de tijd.

Op het lozingspunt van elke woning wordt op de DWA-rioolbuis een huisaansluitputje voorzien. Dit huisaansluitputje kan bestaan uit beton of PVC. Zo kan er worden gecontroleerd wat er aan afvalwater of ander water wordt afgevoerd. Wanneer er te weinig plaats voor inplanting van een putje is vanwege de aanwezigheid van nutsleidingen wordt gekozen voor een inspectie-oog (= een opstaande standpijp met T-aansluiting). In het deksel wordt een luchtinlaatgaatje voorzien om het leegzuigen van de sifons door vacuümstand in de woningen te voorkomen in geval van leegpompen van een volle pompput [4].

2.1.2.3. Corrosie en geurhinder

Bij het lozingspunt van een drukleiding van afvalwater kunnen zich schadelijke en hinderlijke problemen voordoen. Bij een lange verblijftijd van afvalwater in een persleiding ontstaat een anaerobe toestand waarbij fluoriden worden gevormd welke als H_2S vrij komt ter hoogte van het lozingspunt. Het vrijkomende H_2S gaat vooreerst op vochtige oppervlakken een verbinding aan met water waarbij het zeer agressieve H_2SO_4 (biogene zwavelzuur met $pH = 1$) wordt gevormd. Het zwavelzuur tast de kalkhoudende en cementgebonden materialen bij betonconstructies aan met vorming van gips (hetgeen biogene zwavelzuuraantasting of afgekort BZA wordt genoemd). Het vrijkomende H_2S veroorzaakt verder bij kleine concentraties ook een sterke geurhinder (= rotte eierengeur). Door een inschatting van de verblijftijd van het afvalwater te maken kan men berekenen in welke mate H_2S gevormd wordt en de problemen zich zullen stellen. Er wordt gebruik gemaakt van de beslissingsboom in de Code van Goede Praktijk. Als vuistregel stelt men dat vanaf een verblijftijd van meer dan 12 uur er voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen. H_2S kan opgespoord worden met een gasdatalogger. De streefwaarde van de H_2S concentratie is om deze $<10ppm$ te houden.

Om deze problemen op te vangen zijn verschillende oplossingen te voorzien [4]:

- Woelput

Ter hoogte van de lozing van de drukriolering in de riolering wordt meestal een uitstroomkamer of een woelput gebouwd. Hierbij stroomt het afvalwater uit de persleiding en komen H₂S-gassen vrij. Bij uitstroming onder water in een woelput komen er minder H₂S-gassen vrij. Ingeval van bebouwde omgeving kan bovenop de woelkamer een geurfilter worden voorzien voor het neutraliseren van de H₂S-gassen (zie hierna).

- Corrosiebescherming

Ter hoogte van de lozing van een drukriolering op een gravitaire leiding is het aangewezen om de ontvangende riolering en kunstwerken in corrosiebestendig materiaal uit te voeren. Betonconstructies zijn te beschermen met een lining in PVC, PU, vezel versterkte epoxybekleding of uitvoering in gres of kunststof (PVC, PP of HDPE).

- Geurneutralisatiefilter

Een geurneutralisatiefilter bestaat uit een ventilatieschachtbuis in roestvrijstaal en zakken gevuld met kaliumpermanganaatkorrels als filter. De vrijgekomen rioolgassen worden chemisch geneutraliseerd bij het opstijgen doorheen het kaliumpermanganaatkorrels.

- Het lozingspunt zo ver mogelijk van de bebouwingszone plaatsen zodat geuroverlast geen probleem meer is.

- Anaerobe omgeving vermijden

Men kan de vorming van een anaerobe toestand in de persleiding vermijden door het injecteren van lucht in de persleiding. Dit wordt gedaan door het installeren van een kleine luchtcompressor in enkele schakelkastjes van de pompunits waarbij perslucht in de persleiding wordt geïnjecteerd.

2.1.3. Dimensionering pompput

2.1.3.1. Basisinformatie

De pompen en de persleiding zullen volgens een bepaald traject worden aangelegd. De traject wordt gekozen aan de hand van een voorstudie waarbij verschillende mogelijke scenario's en tracékeuzes worden vergeleken. Bij elk tracé kunnen er zich hindernissen voordoen. Om het meest optimale traject voor de leiding te kiezen moeten de volgende basisinformatie en documenten geraadpleegd worden [4]:

- plannen bestaande toestand riolering;
- lozingspunten van de riool;
- plaatsruimte tussen rijweg en rooilijn;
- zoneringsplan;
- stafkaart om de hoogtelijnen te kennen;
- kadasterplan;
- gebiedsdekkend uitvoeringsplan (GUP);
- plannen en studies betreffende de waterhuishouding;
- plannen nutsleidingen;
- bewonerslijst en bedrijfslijst in de betrokken straten;
- inventarisatie aanwezige beplanting;
- lijst en plannen van de op korte termijn geplande verkavelingen;
- afkoppelingsplan van de bouwpercelen;
- kwaliteit van het rioolstelsel afwaarts het drukrioleringsstelsel.

2.1.3.2. Plaatsing pompputten

De pompputten worden om redenen van inspectie- en onderhoudswerken binnen het openbaar domein, buiten de rijweg ingeplant. Wanneer dit niet kan wegens plaatsgebrek kan de pompput met akkoord van de eigenaar op het privaat perceel ingeplant worden.

De schakelkasten staan zo dicht mogelijk bij de pompputten om de lengte van de kabels tussen schakelkast en pompput zo klein mogelijk te houden (bij verwijdering van pomp moet de kabel mee verwijderd worden). De kasten worden zo veilig mogelijk geplaatst om aanrijdingen en vandalisme te vermijden.

Bij de inplanting van de schakelkasten is rekening gehouden met de volgende aandachtspunten [4]:

- op voldoende diepte op een gefundeerde solide betonnen sokkel, zeker langs grachten;
- op voldoende afstand van de rijweg;
- bij inplanting op minder dan 2m afstand van de rijweg, afpalen met houten afbakeningspalen;
- reflectoren aan te brengen op de zijkant van de kast om de zichtbaarheid in het donker te verbeteren;
- kast inplanten op gemakkelijk bereikbare plaats.

Het aantal woningen aangesloten op één pompput moet beperkt worden, omdat er verschillende problemen kunnen optreden. Ten eerste wordt er een alarmbuffer per inwoner in de pompput gerekend in het geval er een storing optreedt. Dit buffervolume wordt echter te groot als er teveel woningen op aangesloten worden. Vervolgens is er een maximale afstand aan te houden tussen de huisaansluiting en de pompput voor de beperking van de aansluitdiepte. Meestal is de maximale afstand 30m, omdat de huisaansluiting anders moeilijker aansluitbaar wordt vanwege de aansluitdiepte en aanwezigheid van nutsleidingen. Hierdoor kunnen verder afgelegen woningen niet aangesloten worden op de pompput. Ten slotte zal elke pompput opgevolgd moeten worden om een correcte gescheiden aansluiting te blijven garanderen. Dit houdt in dat er bijvoorbeeld geen hemelwater op aangesloten mag worden. Naarmate het aantal woningen of IE op een pompput stijgt, is het moeilijker dit te controleren. Om hieraan te voldoen worden maximum 3 à 4 woningen of 10 IE op één pompput aangesloten.

2.1.3.3. Pompput

Pompputten worden standaard prefab geleverd samen met de pompinstallatie. Ze kunnen in beton en kunststof uitgevoerd worden. De putten in beton worden uitgevoerd in prefab gewapend beton met binnenafmeting van 80x80 cm of 100x100 cm. Een dunwandige betonnen put of een kunststofput heeft als voordeel minder plaats in te nemen. Kunststofputten kunnen vervaardigd worden in wand versterkt PE of PVC. De huisaansluitingen op de pompput zijn uit te voeren met een, in de betonwand in te storten, kunststofmof voor een kunststofaansluiting of wachtbuis. Voor de aansluiting van een gresbuis wordt een in gres aansluitmof gebruikt. De bodem van de pompput wordt trechtervormig uitgevoerd voor het maximaal verpompen van het slib en zandbestanddelen met het afvalwater.

De pompput wordt afgedekt met een afdekplaat in gewapend beton met gietijzeren putdeksel, vrije doorgang \varnothing 700 mm. Voor de veiligheid tegen opdrijving in lege toestand (=veiligheid > 1,1) is de lichte pompput te beveiligen door verzwaring van de putbodem of verankering aan gewapende betonnen vloerplaat bij uitvoering in kunststof. Omdat kunststofputten vaak moeten verzaard of verankerd worden opteert men vaak voor betonputten omwille van de kostprijs.

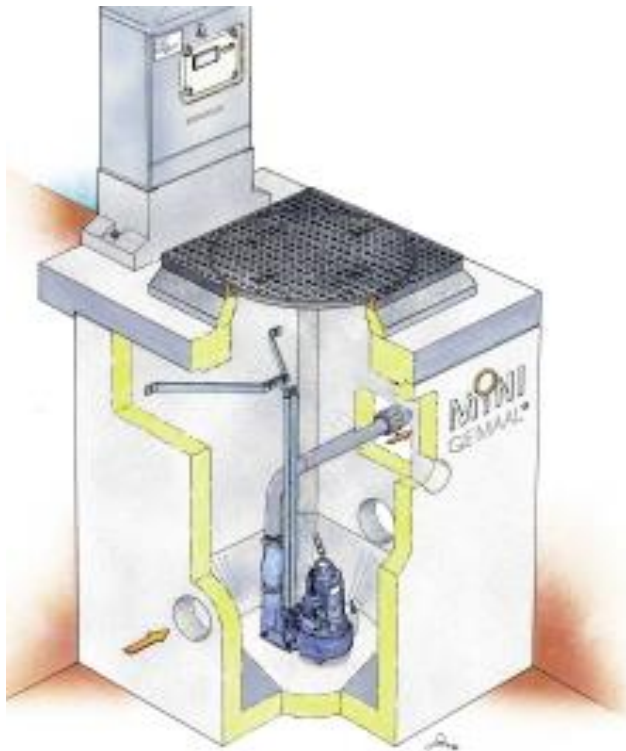
2.1.3.4. Werking pompput

Afvalwater afkomstig van de woningen komt via de huisaansluiting terecht in de pompput. Vanaf het moment dat het afvalwater een bepaald niveau bereikt, het startniveau, zal de pomp in werking treden en het water verpompen van de put tot in de drukriool. Het waterpeil zakt en wanneer het water het afslagpeil bereikt zal de pomp opnieuw afslaan.

Het volume tussen het aan –en afslagpeil wordt het werkvolume genoemd. Het is gelijk aan het volume dat in 1 pompcyclus naar de persleiding wordt verpompt. Het werkingsvolume kan men best niet te groot kiezen zodat de pomp niet te lang stilstaat. Er wordt aanbevolen om het werkvolume niet groter te dimensioneren dan 1/3 van het dagvolume om ervoor te zorgen dat het vuil water niet te lang in de put verblijft zodat geurhinder wordt voorkomen. Opdat de pomp niet teveel zal op –en afslaan wordt aangeraden om het werkingsvolume minimaal gelijk te stellen aan het volume dat de pomp op 1 minuut kan verpompen.

Bij een defect van de pomp zal het water blijven stijgen tot aan het alarmpeil en zal een alarmsignaal gegeven worden. Bij het alarmpeil zal de

put niet meteen overstromen want er is voldoende buffervolume voorzien. Het noodbuffervolume neemt het meeste volume van de put in beslag en het bevindt zich tussen het dekfel (=maaiveldpeil-20cm) en het alarmpeil (=startniveau+ 10cm). Het buffervolume is afhankelijk van de gevraagde interventietijd en aangesloten IE. Dit buffervolume zorgt ervoor dat er binnen de 24u een interventie kan plaatsvinden.



Figuur 2: Voorstelling minigemaal (Flygt)

De pompput kan uitgevoerd worden met de volgende elektromechanische onderdelen [4]:

- peilmeetapparatuur met een elektropiëzometrische druksonde, drukklok of borrelbuis, en een vlotterschakelaar voor hoogwaterpeilalarm;
- de dompelpomp is voorzien van een hijsketting bevestigd aan een beugel, alles is in roestvrijstaal (RVS);
- de persleiding, voetbocht, geleidingsbuis, muurdoorvoerstuk en appendages in roestvrij staal, voor gemonteerd in de prefab pompput;
- de persleiding in de pompput op de begintak van de drukriolering wordt bij voorkeur voorzien van een spoelinlaat voor het periodiek spuien van de persleiding;
- de terugslagklep en bolafsluiter.



Figuur 3: Stijgleiding met balkeerklep (l) en afsluiter (r)

Elke pomp heeft een eigen identificatienummer. Een 2e identificatieplaatje wordt in de schakelkast bevestigd en op het schematisch plan vermeld. Voor het goed beheer en onderhoud wordt bij een defecte pomp deze vervangen door een nieuwe pomp met een ander identificatienummer. Het plaatje in de schakelkast wordt ook vervangen en het schematisch plan wordt aangepast.

2.1.3.5. Soorten pompen

Er wordt gebruik gemaakt van verschillende soorten pompen. De meest voorkomende pomp is een dompelpomp met een vuilversnijdende pompwaaier. Zo verstopt de pomp minder snel bij het verpompen van afvalwater. Volgende mogelijke waaiertypes bij de dompelpomp zijn in functie van opvoerhoogte mogelijk [4]:

- vuilversnijdende waaier;
- gesloten éénkanaalwaaier;
- open éénkanaalwaaier;
- vortexwaaier of wervelradwaaier;
- excentrische wormpomp, dit is een verdringerpomp.

Het vermogen van de pompen verschilt tussen 1,5 en 2,5 kW. De pompen hebben op jaarbasis een laag energieverbruik aangezien ze slechts gemiddeld 20 draaiuren/jaar hebben.

Een voorbeeld van een vuilversnijdingspomp zien we op figuur 4 en heeft de volgende eigenschappen:

- gewicht van +/- 30 kg;
- vuilversnijdende waaier;
- pompdebiet van 2,2 à 4 l/sec;
- vermogen van 1,7 – 2,4 kW.



Figuur 4: Vuilversnijdingspomp

Een vuilversnijder heeft onderaan mesjes op de pompwaaier zitten en kan zo goed als alles verpompen. De inwoners moeten er wel op attent gemaakt worden dat er geen moeilijk te versnijden voorwerpen met het afvalwater wordt afgevoerd zoals condooms, sanitaire doekjes, maandverband, luiers, e.d. Deze zaken horen met het huisvuil afgevoerd te worden.

2.1.4. Telemetriesysteem en signalisatie

De bewaking van de goede werking van de pompen is cruciaal om ervoor te zorgen dat de waterafvoer nooit lang stilligt. Wanneer het alarmpeil bereikt wordt of als er een defect aan de pomp optreedt, is het belangrijk dat een alarmsignaal uitgaat. Er dient een interventie te gebeuren om overstromingen te voorkomen. Er is een breed scala van bewakingsmiddelen en signalisatie bij bestaande pompputten mogelijk [4].

2.1.4.1. Minimale signalisatie

Op oudere pompinstallaties wordt er gewerkt met een rode storingslamp op de kast. De lamp gaat branden als het alarmpeil bereikt wordt of als de pomp in storing gaat. Er is geen communicatiemogelijkheid voorzien met de centrale bewaking. De signalisatie van het probleem wordt enkel door de bewoner opgemerkt. Deze zal vervolgens de gemeente of rioolbeheerders contacteren om de storing door te geven. Dit systeem werkt enkel goed wanneer de bewoner effectief aandacht schenkt aan de schakelkast.

2.1.4.2. Communicatieverbinding met een centrale bewakingspost

Een automatisch communicatiesysteem kan gebruikt worden om bijvoorbeeld de draaiuren van een pompunit op te volgen. Als het aantal draaiuren van een pomp te hoog is kan het liggen aan een foute hemelwateraansluiting of lozing van zwembadwater, storing van niveaumeter e.d. De oorzaak kan men ter plaatse onderzoeken en vervolgens oplossen.

Er bestaat een mogelijkheid om de centrale bewaking automatisch te organiseren via een GSM-modem. Deze modem schakelt een SCADA-systeem (Supervisory Control And Data Acquisition) in die een centrale beheert. Door dit systeem kan men de gegevens aflezen, registreren en besturen. Dit systeem kan zowel tijdelijk als permanent toegepast worden. Bij grotere rioleringsnetwerken met meer pompunits kunnen centrale units voorzien worden van een automaat die de onderliggende pompunits bewaakt en communiceert met de hoofdbewaking. De communicatie wordt gedaan via internet met LON (Local Operation Network) technologie. Er wordt een glasvezelkabel samen met de persleiding aangelegd om de communicatie te verwezenlijken.

De meeste rioolbeheerders hebben hun eigen supervisie SCADA-systeem om bijvoorbeeld ook hun transportrioolgemalen of RWZI's te controleren.

2.1.5. Elektrische voeding

De elektrische voeding van de pompen gebeurt bijna altijd via centrale voedingskasten (CVK) waarin een aansluiting op het openbaar elektriciteitsnet voorzien is. Het aantal centrale voedingskasten hangt af van de tussenafstanden tussen de verschillende pompunits en van de mogelijke aansluitpunten op het net. De elektriciteitsaansluiting voor de pompen gebeurt meestal 3-fasig op 400V.

Uitzonderlijk, wanneer het echt gaat over zeer veraf gelegen panden, wordt er aangesloten op het privaatnet van de eigenaar. Het verbruik van een pompunit beperkt zich tot een stroomkost van minder dan 10 €/jaar. Voor een goede en veilige toegang tot de CVK is een verharding in betontegels of betonstraatstenen voor de kast te voorzien [4].



Figuur 5: Centrale voedingskast

2.1.6. Beheer en onderhoud

2.1.6.1. Onderhoudscontracten

De riolering wordt beheerd door de gemeenten of rioolbeheerders. Bij een storing van het rioleringsysteem kan de permanentiedienst van de gemeente of rioolbeheerder 24/24 en 7/7 bereikt worden. Er zijn altijd een aantal wisselstukken of een reservepomp in voorraad.

Buiten het onderhoud bij defecten is er ook een jaarlijkse controle op de goede werking voor alle pompen. De jaarlijkse controle omvat een reiniging van de pompput, ophalen en nazicht van pomp en het nakijken van niveaumeter en elektromechanica. Het jaarlijks onderhoud wordt dikwijls uitbesteed aan gespecialiseerde bedrijven. Zo komt het veel voor dat de gemeente of rioolbeheerder een onderhoudscontract heeft afgesloten met een aannemer elektromechanica [4].

2.1.6.2. Keuring riolering

Een keuring van een nieuw aangelegde private riolering bij nieuwbouw of na aanleg van een nieuwe gescheiden riolering in de straat is verplicht sinds 1 juli 2011. Keuring van een gescheiden huisaansluiting is van groot belang. De keurder kijkt na of er geen foute aansluiting van regenwater op het afvalwaterriool is aangesloten. Aansluiting van regenwater op de drukriolering zorgt ervoor dat deze de hoeveelheid water niet kan verwerken, waardoor pompen te lang werken of wateroverlast ontstaat bij een te groot aanvoerdebiet. Aangesloten regenwater geeft aanleiding tot hydraulische overbelasting van pompen en waterzuiveringsinstallaties [4].

2.2. Gravitaire riolering

2.2.1. Inleiding

Bij een gravitaire riolering wordt het afvalwater van elke woning aangesloten op een 2DWA-riolering in de straat. Via deze riolering stroomt het afvalwater met de helling van de riolering af naar een lager gelegen verzamelput. Hier is een verdere doorvoer van het afvalwater voorzien naar een RWZI. Als de riolering te diep komt te liggen kan er een pompstation voorzien worden. De pomp pompt het water op en voert het via een persleiding naar een hoger en verder gelegen aansluitput, vanwaar het vervolgens verder gravitair kan aflopen naar een RWZI.

2.2.2. Dimensionering DWA-leidingen

2.2.2.1. Ontwerpdebiet

Het ontwerpdebiet van een DWA-riool hangt van verschillende factoren af. De bewoners gaan overdag werken waardoor de huishoudelijke activiteiten sterk variëren doorheen de dag. De piekdebieten treden dan ook op in de ochtend en avond. Zo verbruikt een inwoner gemiddeld 150 l/dag afvalwater. Het debiet hangt af van het aantal IE en er wordt rekening gehouden met een ontwerppiekfactor [1].

De ontwerpziekfactor kan momenteel voorgesteld worden met 1,7 voor een halfvolle leiding. Omdat er door de dag piekdebieten kunnen optreden wordt er een buffer genomen op deze ontwerpziekfactor. Momenteel wordt er uitgegaan van de piekfactor $1,7 \times 2$. Daarom wordt er gebruik gemaakt van de benaming 2DWA-riolering. Met de volgende formule wordt het ontwerpdebiet berekent [1]:

$$DWA_{\text{ontwerp}} = p \cdot q \cdot N \quad [\text{l/dag}]$$

Met: p = ontwerpziekfactor

q = verbruik per inwoner per dag

N = aantal huidige en toekomstige (2,54 IE/kavel) IE

De ontwerpziekfactor kan bij bedrijfsafvalwater anders zijn. Bij bedrijven kan het debiet van het afvalwater sterk variëren, alsook de samenstelling van het afvalwater, want er kunnen chemische producten, vetten e.d. met het afvalwater worden afgevoerd.

2.2.2.2. Huisaansluitingen

Een huisaansluitputje vormt de scheiding tussen de private riolering en de riolering op het openbaar domein. Het is aan te raden om wachtaansluitingen te voorzien en ook een aansluitputje te bouwen voor elk toekomstig te bebouwen perceel, zodat bij een latere nieuwbouw de rijwegverharding niet moet worden opgebroken. Er moet altijd een huisaansluitputje aanwezig zijn zodat bovengrondse inspectie en onderhoud mogelijk is. RWA- en DWA-huisaansluitputjes worden onderscheiden door markering op het deksel, en door verschillende diameter, vorm en/of kleur van de putjes. De lengte van een huisaansluiting moet zo kort mogelijk zijn en onder voldoende helling liggen met een minimale helling van 1%. De huisaansluiting op het openbare domein wordt onderscheiden door een grijze buis voor hemelwaterafvoer en een rode/bruine buis voor afvalwaterafvoer bij toepassing van PVC- of PP-buizen [1].

De minimale diameter voor een huisaansluiting bedraagt 150mm. Dit wordt bepaald in functie van de eisen die aan de huisaansluitingen van het DWA-systeem worden opgelegd.

2.2.2.3. Helling en schuifspanning

2.2.2.3.1. Zelfreinigende DWA-riolering

Een DWA-riolering heeft geen spoeling door hemelwater waardoor er extra aandacht moet gegeven worden aan onderhoud. De riolering dient onder een minimum helling aangelegd te worden, zodat de buis zelfreinigend kan werken en het onderhoud minimaal is. Om een goede afstroming tegen sedimentatie te garanderen moet een minimale stroomsnelheid aangehouden worden. Op basis van die stroomsnelheid kan een minimale helling gekozen worden bij een bepaalde vullingsgraad. Er zal echter ook rekening gehouden worden met de uitvoeringsdetails zoals bochten, koppelingen en het lengteprofiel [1].

Sedimentatie treedt gemakkelijk op bij hindernissen, ook vermazingen spelen een belangrijke rol. Daarom is het essentieel om te weten dat een voldoende hoge schuifspanning in de riolering slechts werkt als er een continu vloeipeil in de langsrichting is.

Om een DWA-riolering correct te ontwerpen moet er rekening gehouden worden met de topografie in Vlaanderen, ontwerp richtlijnen en aanleg- en

onderhoudskosten. In Vlaanderen wordt een DWA-riolering ontworpen met een schuifspanning van 1 à 2 N/m² (cfr. Code van Goede Praktijk).

In de volgende tabellen is voor elke leidingdiameter de minimale helling in functie van het aangesloten aantal IE te zien [1].

Tabel 1: Minimale helling voor DWA-riolen bij een vullingsgraad van < 50% om een schuifspanning van 2N/m² te bekomen. Met een piekfactor van 1,7 en een debiet van 150 l/IE/dag.

Diameter 150 mm		Diameter 200 mm		Diameter 250 mm	
Aantal IE	Minimale helling (‰)	Aantal IE	Minimale helling (‰)	Aantal IE	Minimale helling (‰)
≤ 100	9,8	≤ 100	10,5	≤ 100	11,1
200	9,0	200	9,6	200	10,1
300	8,4	300	8,9	300	9,4
400	7,9	400	8,3	400	8,8
500	7,5	500	7,9	500	8,3
600	7,1	600	7,5	600	7,8
800	6,5	800	6,8	800	7,1
1000	6,1	1000	6,3	1000	6,6
1200	5,7	1200	5,9	1200	6,1
1379*	5,4	1400	5,6	1400	5,8
		1600	5,3	1600	5,5
		1800	5,0	1800	5,2
		2000	4,8	2000	5,0
		2500	4,4	2500	4,5
		3017*	4,1	3000	4,2
				3500	3,9
				4000	3,7
				4500	3,5
				5206*	3,3

Tabel 2: Minimale helling voor DWA-riolen bij een vullingsgraad van < 50% om een schuifspanning van 1 N/m² te bekomen. Met een piekfactor van 1,7 en een debiet van 150 l/IE/dag.

Diameter 150 mm		Diameter 200 mm		Diameter 250 mm	
Aantal IE	Minimale helling (‰)	Aantal IE	Minimale helling (‰)	Aantal IE	Minimale helling (‰)
≤ 100	4,1	≤ 100	4,3	≤ 100	4,6
200	3,8	200	4,0	200	4,2
300	3,5	300	3,7	300	3,9
400	3,3	400	3,5	400	3,6
500	3,1	500	3,3	500	3,4
600	3,0	600	3,1	600	3,2
800	2,8	800	2,8	800	3,0
838*	2,7	1000	2,6	1000	2,7
		1200	2,5	1200	2,5
		1400	2,3	1400	2,4
		1600	2,2	1600	2,3
		1800	2,1	1800	2,2
		2002*	2,0	2000	2,1
				2500	1,9
				3000	1,8
				3562*	1,6

Uit bovenstaande tabellen leiden we af dat de helling (verhang) minder groot is naarmate het aantal IE stijgt, en als de schuifspanning afneemt. De helling wordt daarentegen steiler naarmate de diameter van de leiding groter wordt. Hoe kleiner de helling hoe kleiner de aanlegdiepte van de riolering onder de grond bij een vlak terrein, wat gunstig is voor de aanlegkosten.

De tabellen zijn opgesteld met een standaard wandruwheid k_s van 1,5 mm. Hierin wordt het effect van lokale ladingsverliezen van aansluitingen, putten e.d. die niet in functie van de wandruwheid zijn bijgerekend. Deze ladingsverliezen kunnen ook apart berekend worden, maar door het meestal ontbreken aan detailinfo worden ze globaal verwerkt in de leidingruwheden. Hierdoor wordt er met hogere ruwheden gewerkt dan de ruwheid van de buis zelf. Er mogen geen buizen gebruikt worden met een ruwheid groter dan 1,5 mm. Gladde buizen worden aangeraden omdat ze minder gevoelig zijn voor sedimentatie en ze verhinderen het uitschuren van al aanwezige sedimentatie.

In Vlaanderen wordt er bij een 2DWA-riolering bijna altijd met een minimale diameter van 250mm gewerkt. Dit zien we ook terug in het onderzoek.

2.2.2.3.2. Niet-zelfreinigende DWA-riolering

Soms is het niet mogelijk om een 2DWA-riolering als zelfreinigend aan te leggen. Dit kan zich bijvoorbeeld voordoen wanneer de helling van de riolering klein is ($i < 5\text{‰}$) om bv. nog op een stroomafwaartse riolering te kunnen aansluiten. Daarnaast kunnen de aanleg- en exploitatiekosten te groot worden, in tegenstelling tot de onderhoudskost van een niet-zelfreinigende DWA-riool.

De helling kan verkleind worden, omdat er extern onderhoud is voorzien. Er moet echter een minimale helling aangehouden worden om bezinking te voorkomen. Er wordt voorgesteld om een minimale helling van 2‰ te hanteren. Dit betekent dat men voor DWA-riolen met een klein aantal aangesloten IE een gemiddelde schuifspanning van 0,5 N/m² moet hanteren. Voor DWA-riolen met een groot aantal aangesloten IE moet men een gemiddelde van 1 N/m² hanteren [1].

2.2.2.4. Onderhoud

Het traject van een gravitaire riolering wordt 1x/jaar afgelopen, hierbij worden enkel de putten geopend waar er meerdere leidingen toekomen, de knopen.

Er is meestal geen nood aan toegang voor personen, maar voor uitvoering van onderhoud of inspecties wordt er een toezichtspuit voorzien en moet de buissectie van de riolering minimum di 200 of di 250 mm bedragen. Hierdoor wordt het mogelijk om een hogedrukspuit of camera in te brengen.

De maximale strenglengte tussen 2 toezichtspuiten wordt bepaald in functie van de inspectie en het onderhoud. Bij verandering van richting, helling, diameter en bij het samenkomen van leidingen wordt een toezichtspuit voorzien. Waar belangrijke leidingen samenkomen, de knopen, is een mantoegankelijke put of inspectieput aangewezen. Er wordt nagekeken hoeveel slib er aanwezig is en of het waterniveau in de put een normale hoogte heeft, hoog waterpeil zou kunnen wijzen op een verstopping [1].

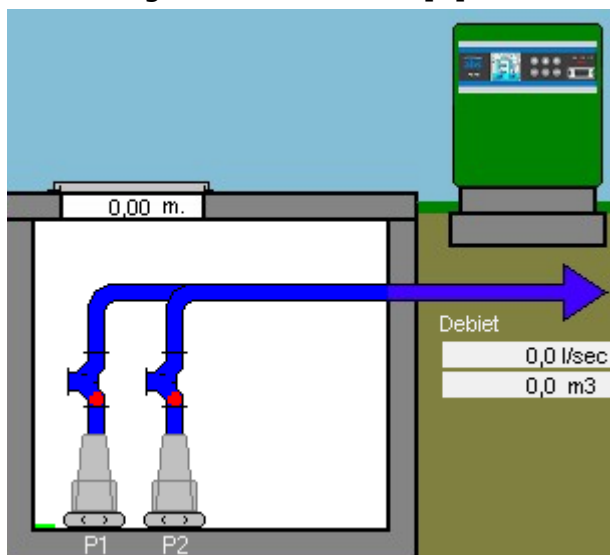
2.2.2.5. Nooduitlaten

Nooduitlaten of interne noodoverlaten worden toegepast om in geval van calamiteiten zoals pomputval wateroverlast te voorkomen. Ze maken een interventie bij pomputval minder dringend. Bij een DWA-stelsel is geen noodoverlaat nodig als er een interne noodoverloop aanwezig is. Deze brengt het afvalwater van het DWA-stelsel over naar een afwaartse DWA riool, een soort van interne bypass in het DWA-stelsel. Zo kan het water van het hoger gelegen stelsel toch nog doorstromen. Externe nooduitlaten worden niet toegelaten bij een 2DWA-riolering [1].

2.2.3. Gebruik pompstations

2.2.3.1. Werking pompstation

Via een 2DWA-riolering stroomt het afvalwater af naar een pompput. Als het niveau h_{start} bereikt wordt, slaat de pomp aan. Het afvalwater wordt gepompt via de persleiding naar het persriool. Bij het niveau h_{stop} valt de pomp terug stil. Bij een defecte pomp blijft het waterpeil stijgen en bij het bereiken van h_{alarm} wordt een alarmsignaal gegeven zodat de rioolbeheerder verwittigd wordt en de pomp hersteld kan worden. Boven dit niveau is een alarmvolume voorzien. Dit volume voorziet een zekere buffering van afvalwater dat genoeg tijd voorziet waarbinnen een interventieteam herstellingen kan uitvoeren [1].



Figuur 6: Pompput met 2 pompen en een schakelkast

2.2.3.2. Dimensionering pompput

Het ontwerpdebiet van een pomp wordt bepaald in functie van de grootte van de ontwerpdebieten van gravitaire DWA-stelsels. Voor kleine DWA-stelsels wordt meestal een pomp met een groter debiet geplaatst in functie van de beschikbare pomptypes en minimale korreldoorlaat [1].

Het minimale volume van een pompput wordt bepaald door de som van werkings-, buffer- en alarmvolume. De grootte van de pompput wordt naast het volume ook bepaald door de toegankelijkheid en dimensionering van de pomp en appendages.

Het werkingsvolume is het volume dat de pomp in 1 cyclus verpompt, en is gesitueerd tussen de niveaus h_{start} en h_{stop} . Zodra het startpeil bereikt is,

wordt het afvalwater verpompt via een persleiding naar een stroomafwaarts hoger gelegen riolering. Wanneer echter het aangevoerde debiet groter is dan dat van de pomp, of de pomp defect is, blijft het niveau stijgen tot alarm hoog waterpeil. Voor de bedrijfszekerheid wordt een DWA-pompstation steeds met 2 pompen uitgerust waarbij de 2^{de} pomp in werking treedt bij defect van de 1^{ste} pomp.

3. Onderzoek

3.1. Inleiding

Om een drukriolering met een gravitaire 2DWA-riolering te vergelijken in het buitengebied is het belangrijk om te weten wat de kosten en beïnvloedbare factoren zijn. De in rekening te brengen kosten kunnen worden onderverdeeld in volgende verschillende delen:

- voorbereidende werken;
- aanleg leiding;
- aanleg pompputten;
- beheer en onderhoud;
- communicatie;
- afwerking wegenis.

Deze verschillende delen worden verder in het onderzoek apart besproken voor de verschillende rioleringssystemen. De prijzen die worden gebruikt om een vergelijking te maken zijn afkomstig van eindafrekeningsdossiers en prijstabellen van verschillende aannemers en gemeenten.

Uit diverse gevoerde besprekingen met ervaren personen over 2DWA-rioleringen van verschillende bedrijven en instellingen is het over een aantal zaken duidelijk gebleken waarover dat iedereen het eens is. Er zijn ook zaken waar nog onenigheden over bestaan over de keuze tussen drukriolering of een gravitair 2DWA-stelsel met of zonder pompstation. Alle verzamelde informatie is afkomstig van de volgende bedrijven, instellingen en gemeenten:

- Infrac;
- Rioned;
- Aquafin;
- Curopomptechniek;
- Vlario;
- gemeente Lommel.

In deze studie is onderzoek gevoerd welk 2DWA-rioleringsstelsel het best past in een gegeven situatie. De Hierna volgende factoren zijn het meest belangrijk en van invloed bij de keuzevormingen:

- investeringsprijs;
- ligging en ruimtelijke omgeving van het rio-project;
- leidingen;
- bedrijfszekerheid rioleringsstelsel.

Vervolgens zijn er fictieve scenario's opgesteld waarmee vergeleken wordt welk rioleringsstelsel bij dat specifiek scenario past. Dit wordt gedaan aan de hand van gemiddelde prijzen die afkomstig zijn van eindafrekeningsdossiers uit Vlaanderen te vergelijken. Naast de kostprijs worden ook de andere aspecten zoals de ruimtelijke omgeving waar het rioleringsproject is uit te voeren en hoe dit op de kostprijs, "minder hinder"- en milieuaspecten van invloed kan zijn.

Op deze manier kan men bij een welbepaald rioleringsproject uit te voeren op een concrete plaats een richtprijs opmaken voor verschillende rioleringsstelsels en aantonen welk stelsel het meest duurzaam zal functioneren.

3.2. Ruimtelijke omgeving

De investeringskost is één van de belangrijkste factoren bij de keuze welk rioleringsstelsel het best toegepast kan worden. Maar buiten dat zijn er nog enkele belangrijke beïnvloedingsfactoren die hier besproken worden en waar altijd rekening dient mee gehouden te worden.

Deze informatie is afkomstig van projecten, welke uitgevoerd zijn of nog in uitvoering zijn, en medewerkers van rioolbeheerders. Hierbij zijn soms al korte vergelijkingen gemaakt tussen de positieve en negatieve punten van de rioleringsstelsels.

3.2.1. Lengte rioleringsproject

De lengte van een rioleringsproject is van invloed op de kostprijs van het rioleringsstelsel.

Hoe langer de leiding is, hoe dieper een gravitaire riolering komt te liggen in een vlakke omgeving. Hierdoor zal na een bepaalde lengte de aanlegdiepte meer dan 3m bedragen, zodat een pompstation gebouwd moet worden om het water op te pompen en het middels een gravitaire riolering verder afwaarts te laten stromen. Een extra pompstation geeft een meerprijs aan het project. Een grotere aanlegdiepte is ook van invloed op de instandhouding van de rijwegverharding of nutsleidingen. De aanlegdiepte dient daarom zo klein mogelijk te blijven.

Bij drukriolering moet rekening gehouden worden met een maximale lengte van 3km omwille van de maximale opvoerhoogte. De afstand van 3km wordt gerekend vanaf de eerste pompput tot aan het lozingspunt op het aanwezige gravitaire riool. De leiding mag ook niet te lang zijn omdat de verblijftijd beperkt moet blijven, anders ontstaat er een anaerobe omgeving met corrosie en geurhinder tot gevolg, zie literatuurstudie.

Het is belangrijk deze factoren in rekening te brengen als men aan een nieuw project begint.

3.2.2. Flexibiliteit

De flexibiliteit van riolering is belangrijk langs bochtrijke woonstraten waar vele korte bochten aanwezig zijn. Bij drukriolering is dit geen probleem want de leiding kan buigen en zorgt voor geen enkel probleem.

Beton of gres buizen daarentegen kunnen en mogen niet gebogen worden aangelegd en moeten steeds recht op recht tussen de toezichtputten aangelegd worden. Ze kunnen schuin over de rijweg aangelegd worden zodat de hoek niet te klein wordt. Als ze schuin worden aangelegd is de kans weer groter dat er meer opbraak van de weg moet gebeuren wat de kostprijs weer vergroot.

3.2.3. Aantal woningen en spreiding

Het aantal aan te sluiten woningen bij een project heeft een enorme invloed op de kostprijs voor drukriolering. Bij weinig woningen zijn er veel minder pompen nodig maar bij veel woningen zijn er meer nodig. Per pompput mogen er standaard maximaal 4 woningen aangesloten zijn.

Bij een gravitaire riolering is het aantal aan te sluiten woningen minder van invloed op de investeringskost.

De spreiding van de woningen is ook belangrijk. Bij een grote spreiding van de woningen is de aanlegkost van een gravitaire leiding per woning duur, aangezien er weinig woningen op de riolering worden aangesloten. Als alles dicht op elkaar zit biedt gravitaire riolering geen enkel probleem en wordt de leiding optimaal gebruikt.

Een grote spreiding van de woningen kan enerzijds positief zijn en anderzijds negatief zijn voor drukriolering. Er kunnen groepjes van 2 à 4 woningen zijn wat optimaal is voor 1 pompput. Wanneer er telkens maar 1 woning staat is de kostprijs per woning ook duurder vanwege de bouw van een pompunit per woning.

De invloed van de lengte, aantal woningen en spreiding van projecten wordt uitvoerig besproken het hoofdstuk fictieve scenario's.

3.2.4. Staat van de weg

Bij een rijweg die niet oud of nog in goede staat is, zou het zonde zijn om dit op te breken om een riolering aan te leggen. Opbraak en heraanleg van een weg is heel kostelijk, zie puntjes voorbereidende werken, fundering en verharding, zie deel 1.5. Men moet rekening houden met het soort verharding want zoals we in tabel 1 zien, bestaat er een groot prijsverschil [8].

Tabel 3: Kostprijs wegenwerken project Dreeveld

Steenslagfundering type 1	4.21	€/m ²
Steenslagfundering type 1	6.66	€/m ²
Fundering van schraal beton	4.74	€/m ²
Ongewapende cementbetonverharding	14.38	€/m ²
Bitumineuze verharding	12	€/m ²
Bestrating met betonstraatstenen	23	€/m ²
Dolomietverhardingen	9	€/m ²

Een drukriolering is hier een oplossing voor, vanwege de kleine sleufbreedte van 15 à 30 cm welke nodig is zodat een drukriolering gemakkelijk langs de weg in een berm aangelegd kan worden.

In een bosrijke omgeving mag men zo min mogelijk schade aan de beplanting aanbrengen. Een gravitaire riolering kan niet rond of onder de beplanting aangelegd worden, zodat deze meestal geroid en hersteld zal moeten worden.

Hier kan de flexibiliteit van drukriolering weer een cruciale rol spelen. De leiding kan onder of rond de beplanting aangelegd worden door middel van een gestuurde boring. Dit kan zelfs gedaan worden bij een kruising van waterlopen, treinsporen e.d.

Naast de kostprijs voor het opbreken en herstellen van de rijweg is het belangrijk om te letten op verkeershinder. Bij aanleg van een gravitaire riolering zullen er altijd wegenwerken noodzakelijk zijn waardoor er meer verkeershinder is.

3.2.5. Reliëf

Het reliëf kan een negatieve impact hebben op de aanlegdiepte bij een gravitaire riolering. Zeker bij een golvend reliëf gaan er moeilijkheden optreden en zal een pompstation vroeg of laat nodig zijn.

Het reliëf is bij drukriolering veel minder van invloed door zijn flexibiliteit en doordat het de terreinhelling perfect kan volgen.

3.3. Situering RIO-projecten

3.3.1. Drukriolering

Voor drukriolering wordt er gebruikt gemaakt van inschrijvingsprijzen van 2 verschillende projecten. De inschrijvingsprijzen worden verder in 1.5. voor de kostprijs in detail besproken.

Rio-project Kapellenbos

Hier volgt een bestaande vergelijking van het rioleringsproject Kapellenbos [11]. Met de punten die worden aangehaald worden mijn vorige bevindingen over de ruimtelijke omgeving bevestigd. Buiten de kostprijs zijn er nog andere praktische invloedfactoren te overlopen.

Situering

Dit project, zie figuur 1, situeert zich volgens het zoneringsplan in een buitengebied. Het is een geïsoleerd gelegen villapark in een bosrijke omgeving en heeft de volgende eigenschappen:

- oppervlakte: 250 ha;
- 530 woningen/1500 IE;
- vlakke omgeving;
- beperkte aanwezigheid van grachten;
- geen riolering;
- aanwezigheid van veel zwembaden.



Figuur 7: Kapellen, bosrijke omgeving

Problemen

Er waren enkele heersende waterhuishoudingsproblemen zoals de lozing van afvalwater in de grachten met een hinderlijke geurhinder, gebrekkige waterafvoer en slechte bodeminfiltratie met lokale wateroverlast tot gevolg.

Doelstelling

De doelstelling van het project is:

- het collecteren en afvoeren van het afvalwater naar een collectieve RWZI van Stabroek;
- het hemelwater van verharde oppervlakken afkoppelen en gescheiden afvoeren van het afvalwater;
- de bestaande grachten herprofilieren en nieuwe grachten trekken.

Om de afvalwaterlozingen te collecteren moet er een keuze gemaakt worden tussen een afvoer met gravitaire riolering of met drukriolering. Er is een vergelijking gemaakt tussen de twee rioleringsystemen. Hierna kan men de onderscheiden eigenschappen van beide systemen vinden:

Gravitaire riolering:

- grote diepteligging vanwege kruising met grachten (2 à 3m);
- aanleg van de buis in de rijweg;
- opbraak en herstelling van wegverharding;
- zware verkeershinder, woningen zijn moeilijk of niet bereikbaar tijdens de werken;
- rooien of schade aan beplanting en bomen.

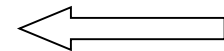
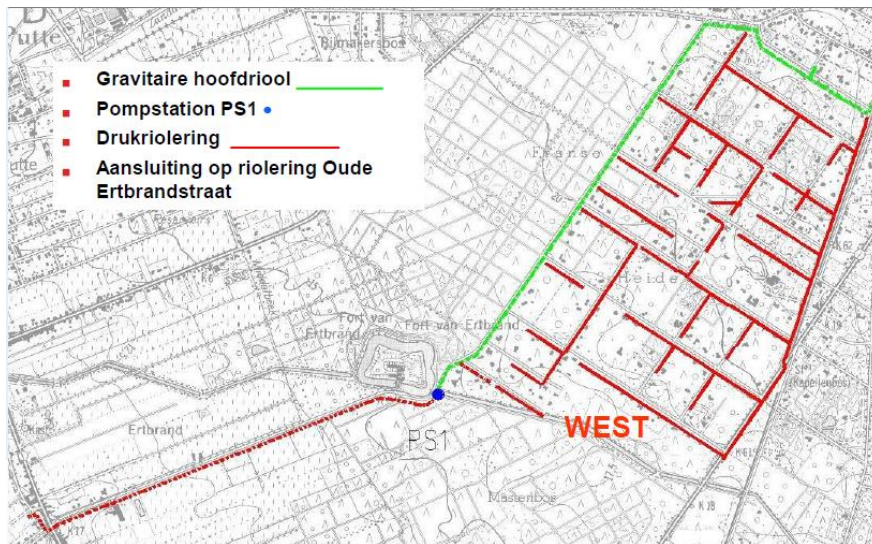
Drukrioleringssysteem:

- aanleg riolering in de berm (geen opbraak van rijweg);
- kleine diameter buisleiding (63, 75 of 90mm);
- kleine sleufbreedte;
- kleine aanlegdiepte (1 à 1,5m);
- kruising van wegen met onderboring;
- weinig verkeershinder, woningen blijven bereikbaar tijdens de werken.

Aangezien dit project in een centraal gebied ligt en het dichtbebouwd is zou men eerder denken om een gravitaire riolering aan te leggen. Maar ze hebben gekozen om drukriolering aan te leggen, omdat dit de minste hinder geeft voor verkeer en vooral omdat de schade aan wegverharding beperkt blijft waardoor de aanlegkost lager ligt.

Het uitgewerkte concept voor Kapellenbos-West ziet er als volgt uit:

- aansluiting van 285 woningen of 781 inwoners;
- 164 pompputten;
- 13 km persleiding;
- wachtaansluiting voor toekomstige aansluiting Kapellenbos-Oost.



Aansluiting SPAK-OOST

Figuur 8: Concept Kapellenbos-West

Er zijn 9 drukrioleringstakken met 164 pompputten die het afvalwater afvoeren naar de gravitaire hoofdriool. Vervolgens wordt het afvalwater via het pompstation afgevoerd.

Besluit

We zien dat bij dit project de verschillende van invloed zijnde factoren hier werden besproken en onderling vergeleken worden. Het is belangrijk om deze puntjes even na te gaan:

- lengte project;
- huidige wegverharding;
- mogelijkheid aanleg in berm;
- hinder verkeer;
- rooien van beplanting;
- reliëf;
- diepte leiding.

Deze beïnvloedingsfactoren worden vooral heel belangrijk als de kostprijs van de verschillende systemen ongeveer gelijk zijn aan elkaar. Als dat het geval is kunnen deze factoren bekeken worden en aan de hand daarvan kan een beslissing gemaakt worden.

Situering rio-project Aalter – Loveld

Het project situeert zich in een heel bosrijke omgeving met een gespreide bewoning. Loveld was voor 25% gerioleerd waardoor er veel afvalwater in de grachten terecht kwam met stankhinder tot gevolg [9].

Doelstelling van dit project was dan ook om een rioleringsstelsel aan te leggen dat DWA scheidt van RWA. De grachten kunnen blijven gebruikt worden voor regenwaterafvoer. Het reliëf is golvend waardoor een gravitaire riolering iets moeilijker aangelegd kan worden, drukriolering is hier een goed alternatief voor.



Figuur 9: Villapark Loveld - Bosrijke omgeving en gespreide bebouwing

Bijzondere eisen welke het gemeentebestuur vooropgesteld had waren:

- collecteren van het afvalwater en aansluiten op de afvalwatercollector;
- hierbij de wegen en de bomen intact houden;
- hinder voor de buurt minimaal houden.

De gemeente moest beslissen welk rioleringsstelsel ze gingen aanleggen. Om een traditionele riolering aan te leggen zou de weg, die nog in goede staat is, opgebroken moeten worden. Dat zorgt voor grote extra kosten. Terwijl de drukriolering in de berm langs de weg kan aangelegd worden. Dit geeft minder problemen met het verkeer, kost minder, geen boomschade en vangt het reliëf gemakkelijk op.

Hier zien we nog enkele specificaties van het traject:

- deels aanleg gravitaire 2DWA-riolering;
- hoofdpersleiding $\Phi 63\text{mm}$ over 2000m lengte;
- hoofdpersleiding $\Phi 90\text{mm}$ over 885m lengte;
- 195 woningen met 97 pompputten.

Van dit project beschik ik over de inschrijvingsprijzen welke verder worden besproken.

Situering rio-project Eeklo

Het project is sinds 20 april 2015 in uitvoering en is gelegen langs de gewestweg N9, Leopoldlaan genaamd. Langs deze gewestweg wordt langs beide zijden van de weg een drukriolering aangelegd [10].

Nabij het kruispunt wordt de riolering aangesloten op de bestaande riolering van de Ringlaan. Bij dit project worden de grachten als RWA behouden en in de berm of onder het fietspad wordt een 2DWA-riolering aangelegd.

- beperkte opbraak en herstelling van de wegverharding;
- aanleg vuilwaterleidingen in de berm;
- hoofdpersleiding met $\Phi 75\text{mm}$ over 3150m lengte;
- gravitaire riolering met $\Phi 250\text{mm}$ over 325m lengte kant Eeklo centrum en aansluiting op bestaande riolering;
- 94 woningen met 260 inwoners;
- 29 pompunits;
- 4 CVK's voor de sturing.

Van dit project beschikken we over de inschrijvingsprijzen welke nog worden besproken.



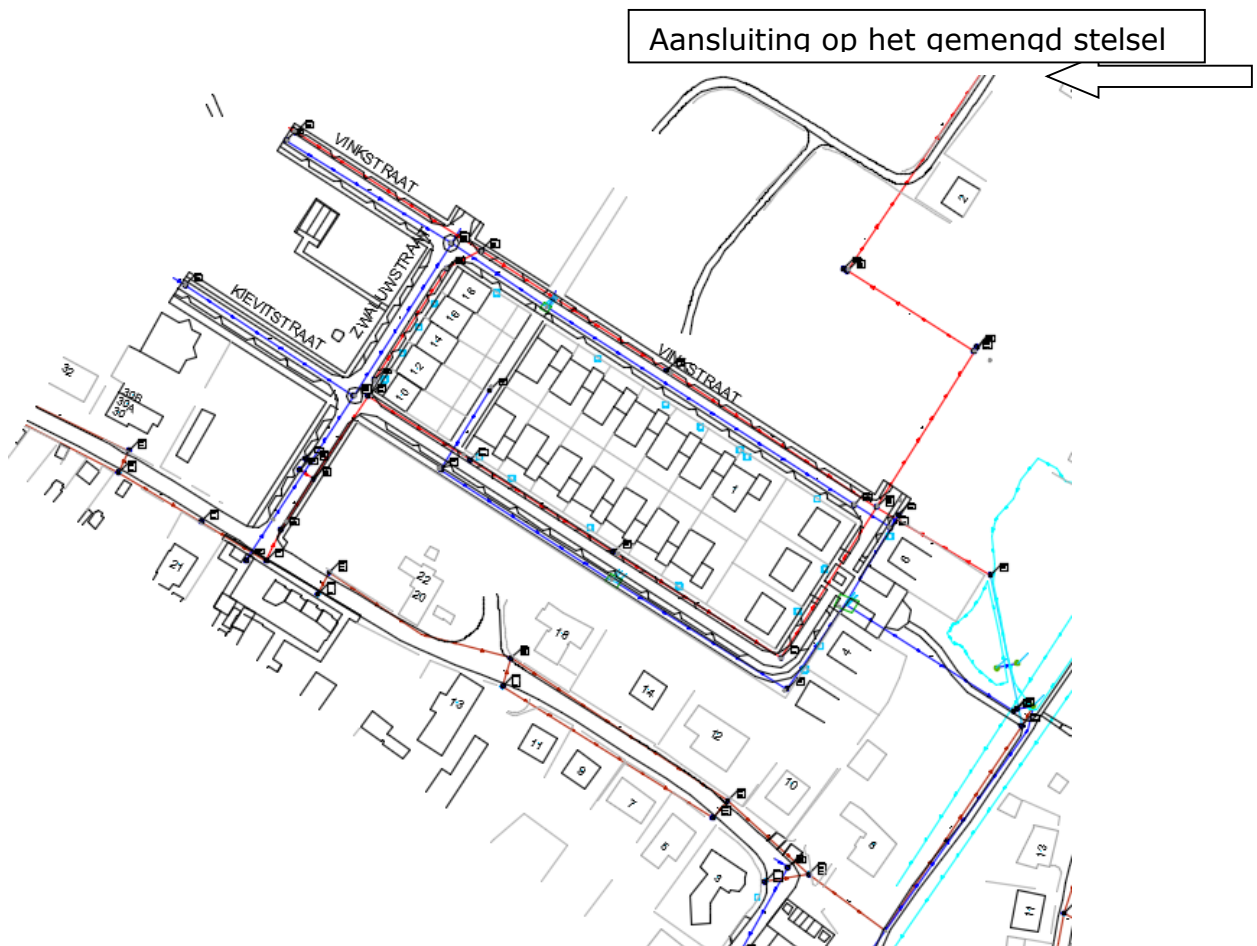
Figuur 10: Project Eeklo

3.3.2. Projecten gravitair 2DWA-stelsel

De volgende 2DWA-rioprojecten zijn van rioolbeheerder A. Zo heb ik de eindafrekeningsdossiers gekregen die ik later in punt 1.5. voor de kostprijs verder ga toelichten.

Situering rio-project Dreelveld

Het verkavelingsproject Dreelveld te Bree is in 2014 gestart. Op het as-built plan zien we hoe de gravitaire 2DWA-riolering aangelegd en aangesloten wordt op de woningen. Er worden 19 rijwoningen op de 2DWA-riolering aangesloten, dat komt overeen met 46 IE. De lengte van de leiding bedraagt 1133m en de diameter is 250mm. De riolering volgt de terreinhelling die lichtjes afwaarts gaat [8].



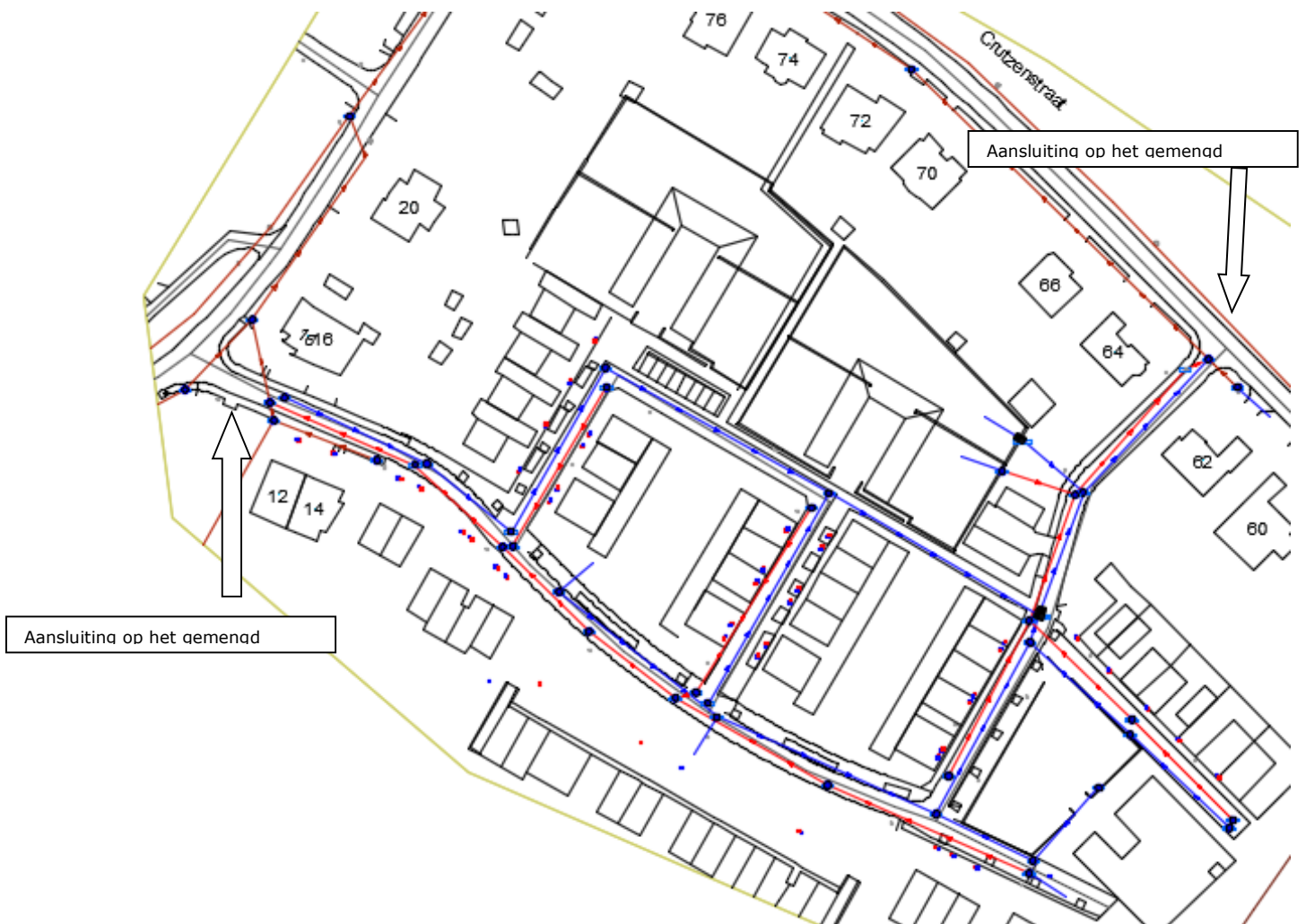
Figuur 11: project Dreelveld

DWA = rood

RWA=blauw

Situering rio-project Crutzen

Dit project is een nieuwe verkaveling met nieuwe woningen die nog aangesloten moeten worden op de nieuw aangelegde 2DWA-riolering. Het afvalwater van de gravitaire riolering volgt de lichte terreinhelling en sluit aan op de aanwezige riolering in de Crutzenstraat. Er zijn 44 aan te sluiten woningen wat overeen komt met 106 IE. De lengte van de leiding bedraagt 478m en de diameter is 250mm. Op het plan is te zien dat er enkele aftakkingen zijn. De woningen liggen telkens in een groep van 3 à 4 [6].



Figuur 12: Project Crutzen

DWA = rood

RWA = blauw

Situering rio-project Graevenveld

Het project te Graevenveld is een nieuwe verkaveling voor 52 woningen wat overeenkomt met 125 IE. De lengte van de 2DWA-riolering bedraagt 1618m en de diameter van de leiding is 250mm. Op het As-built plan is te zien dat de huizen dicht bij elkaar liggen [7].



Figuur 13: Project Graevenveld

DWA = rood

RWA = blauw

De eindafrekeningsdossiers van deze 3 gravitaire projecten zijn afkomstig van rioolbeheerder A en zal in volgend hoofdstuk besproken worden.

3.4. Kostprijs

3.4.1. Voorbereidende werken

In de voorbereidende werken zijn de op- en afbraakwerken, het rooien van beplanting, en insnijden van de verhardingen inbegrepen.

In de tabellen staan de eenheidsprijzen voor de voorbereidende werken en grondwerken voor de 5 besproken projecten. Er moet altijd gekeken worden naar de ruimtelijke omgeving: breedte van de aanwezige bermen, aanwezigheid van nutsleidingen, aanwezigheid van grachten e.d. Het soort en oppervlakte aan verharding dat je moet opbreken en hoe diep men graafwerken moet uitvoeren, is van invloed op de kostprijs.

Tabel 4: Voorbereidende werken Gravitaire stelsels

Vorbereidende werken					
Groenaanleg en onderhoud	EH	Graevenveld	Crutzen	Dreelveld	Gemiddelde (€)
Rooien van struikgewas	m ²	1,4	3		2,20
Rooien van hagen	m	6,4	3		4,70
Vellen van bomen	st	40	65		52,50
Aanplanting van gras	are		300	41	170,50
Aanplanten van bomen	st		150	135,95	142,97
Aanplanten struiken	st		1,25		1,25
Op- en afbraakwerken					
Totale opbraak asfalt verharding	m			2,35	2,35
Opbreken fundering/onderfundering	m ²		2,5	0,96	1,73
Opbraak van kantopsluitingen	m	2,1	1	5,06	2,72
Opbreken straatstenen	m ²		4		4,00
Inslijden bitumineuze verharding	m			4,39	4,39

Tabel 5: Voorbereidende werken Drukriolering

Vorbereidende werken	EH	Loveld	Eeklo	Gemiddelde (€)
Inslijden van bitumineuze verharding	m	3,4	5,47	4,435
Inslijden van ongewapend cementbeton	m	7,69	15,28	11,485
Opbreken asfalt en fundering	m ²	20,31	10,58	15,445
Opbreken ongewapend betonverharding en fundering	m ²	18,34	10	14,17

Deze prijzen staan enkel voor de opbraak van wegen en beplanting. Wanneer een bestaande verkaveling gebouwd wordt, komen er nog extra kosten bij zoals de vervanging van huisaansluitingen, wegomleggingen, omleggen van nutsleidingen e.d., deze worden verder nog besproken.

De waarden die we hier gemiddeld uitkomen, gaan we voor opbraakwerken toepassen in de scenario analyses.

Tabel 6: Gemiddelde waarden voorbereidende werken

Totaal opbraak bitumineuze verharding	m²	€ 13,75
Totaal opbraak straatstenen	m²	€ 4
Totaal opbraak betonverharding	m²	€ 14,17

3.4.2. Aanleg leiding

Drukriolering

Een drukriolering kan naast aanleg in een open sleuf ook ondergronds door middel van een ondergronds gestuurde boring (ook directioneel drilling genaamd) aangelegd worden. Wanneer er bijvoorbeeld obstakels aanwezig zijn (nutsleidingen, bomen e.d.) of men wilt de riolering onder een fietspad aanleggen, kan men dit doen door middel van een ondergronds gestuurde boring en de drukleiding er ondergronds door trekken. Deze uitvoeringswijze zien we in tabel 5 [9].

Tabel 7: Aanleg drukleiding met ondergronds gestuurde boring

Aanleg drukleiding	€/EH	EH prijs (€)
Eénmalige kost voor alle boringen	m	4,74
Maken booropening voor HDPE-leiding 75mm en leveren buis	m	36,96
Doortrekken van de HDPE-leiding	m	4,63
Mee intrekken van kabeldoorvoerbuis (voor elektrische voeding en signaal)	m	6
Voedingskabels	m	8,18
Kabels voor datatransmissie tussen CVK en pompunits	m	4
Kabeldoorvoerbuis en aansluiten van kabels voor datatransmissie	m	3,65
Kabels voor datatransmissie tussen CVK en pompunits	m	1,8
Totale kost voor aanleg van de drukleiding	m	69,96

In tabel 6 is uitvoeringswijze 2 te weergegeven. Hier wordt een open bouwsleuf uitgegraven, vervolgens wordt een funderingsbed geplaatst en daarop komt de drukleiding. Ten slotte wordt de sleuf aangevuld, en de fundering en wegverharding aangebracht. De uitgraving wordt berekend met een diepte van 1,10 à 1,20m en een sleufbreedte van 50cm. Met een prijs van 17 €/m³ komen we uit op een uitgravingsprijs van 9,35 €/m.

Tabel 8: Aanleg drukleiding in sleuven

Aanleg drukleiding	€/EH	EH prijs (€)
Uitgraving	m	9,35
HDPE drukleiding 63mm	m	19,33
Voedingskabel en communicatiekabel	m	15,35
Fundering van zand	m	2,69
Omhuiling van zand	m	4,44
Aanvulling van zand	m	8,97
Totale kost voor aanleg van de drukleiding	m	60,13

Er is een prijsverschil te zien in de verschillende uitvoeringswijzen. We gebruiken enkel de prijs voor de aanleg in een open sleuf. Deze uitvoeringswijze wordt het meest toegepast in Vlaanderen.

Gravitair

Tabel 9: Aanleg gravitaire riolering met gresbuizen

Aanleg gravitaire riolering	EH	Graevenveld	Crutzen	Dreelveld	Gemiddelde (€)
Uitgraving	m				42,84
Volwandige PP buizen 250mm	m			30	30,00
Y-stukken van PP reeks	st			80,75	80,75
gresbuizen 250mm h<=2m	m	60,25	55		57,62
gresbuizen 250mm 2m<h<=3m	m	61,35	60		60,00
Fundering van zandcement	m	4,85	7	6,1	5,98
Omhuiling van zandcement	m	8,65	10	9,45	9,37
Aanvulling met zand <=1m	m	3,1	5	1,17	3,09
Gemiddelde aanleg gresbuizen 250mm	m				118,90

Een gravitaire leiding wordt op een minimum diepte van 1,30m en een maximum diepte van 3,00m aangelegd onder een minimum verhang van 5‰. Voor de uitgraving wordt gerekend met een gemiddelde diepte van 2,10 m en een sleufbreedte van 1,20m. Met een prijs van 17 €/m³ komen we uit op een uitgravingsprijs van 42,84 €/m.

Dit is de gemiddelde prijs van de 3 gravitair aangelegde projecten. Hier wordt verder enkel rekening gehouden met de aanleg van gresbuizen, uitgraving, omhuiling, aanvulling en funderingen. Net zoals bij drukriolering houden we deze prijs bij voor de latere berekeningen.

We zien duidelijk dat de kostprijs om een gravitaire leiding aan te leggen ongeveer het dubbel zal zijn van een drukrioleringsleiding.

Naast de gravitaire leiding moeten er inspectieputten voorzien worden. Via de inschrijvingskosten kan ik een gemiddelde voor een inspectieput met deksel berekenen. We stellen in de scenario analyse dat er om de 70m een inspectieput geplaatst wordt.

Tabel 10: Bouw inspectieput

Inspectieputten		Graavenveld	Crutzen	Dreelveld	Kapellen	Gemiddelde (€)
Begininspectieput h<=2m	st	641	950	724,52	918,17	808,42
Doorloopinspectieput h<=2m	st	876,5	950	938,6	1113,03	969,53
Hoekinspectieput beton h<=2m	st	969	1250	1150	918,17	1.071,79
Aansluitingsinspectieputten h<=2m	st	927,5	1150	1150		1.075,83
Bovenbouw riooldeksel DWA	st	211	350	300	506,15	500
Grondwerken inspectieput	st					300

De gemiddelde prijs voor een inspectieput is 1800 €/stuk. Buiten de inspectieput en de bovenbouw moet hier de uitgraving en aanvulling worden bijgeteld. Voor een inspectieput van 2,2m³ kost de uitgraving en aanvulling ongeveer € 300 per put. Deze prijs gebruiken we in de berekeningen voor de scenario analyses.

3.4.3. Bouw pompunits

De prijzen voor de bouw van een pompunit zien we in de volgende tabellen. De manier van berekenen is bij de projecten Loveld en Eeklo verschillend, maar de prijzen komen overeen. Het gemiddelde dat we uitkomen voor de aanleg van een drukunit wordt bij de scenario analyse toegepast [9, 10].

Tabel 11: Bouw drukunits van project Loveld

Bouw pompunits Loveld	EH	EH-prijs (€)
Leveren en plaatsen van pompunit (bouwkundig deel)	st	4597,96
Leveren en plaatsten van sokkel voor lokale schakelkast (per pompunit)	st	703,52
Leveren en plaatsen van beschermkast van de besturingseenheid (per pomp)	st	404,33
Levering en montage van de elektromechanische pompinstallatie	st	2413,12
Schakelkast met achterplaat met besturing, supervisie en communicatie per unit	st	1254,25
Aardingspin voor elke pompunit	st	184,81
Bouwkundig	st	4597,96
Elektromechanisch	st	4960,03
Totaal	st	9557,99

Tabel 12: Bouw drukunits van project Eeklo

Bouw pompunits Eeklo	EH	EH-prijs (€)
Pompputten (bouwkundig)	st	3205
Leveren en plaatsen pompen	st	3077,7
Leveren en plaatsen van muurdoorgangsstuk, appendages, balkeerleppe e.d.	st	1658
Leveren en plaatsen van sokkel voor schakelkast	st	245,53
In dienst stelling lokale schakelkast	st	318,46
Levering en plaatsing lokale schakelkast	st	3085,91
Niveaumeetinstallatie	st	729,36
Bouwkundig	st	3450,53
Elektromechanisch	st	8869,43
Totaal	st	12319,96

Tabel 13: Gemiddelde prijs voor de aanleg van een pompunit

Gemiddelde bouwkundig	St	4024,25
Gemiddelde elektromechanisch	st	6914,73
Gemiddelde voor de aanleg van drukunits	st	€ 10.938,98

Om de voeding en communicatie van de pompunits in een drukrioleringsstelsel goed te regelen is een centrale verdeelkast nodig. Een CVK wordt maximaal 300m van de pompunit geïnstalleerd. In de scenario analyses plaatsen we om de 600m één CVK. In tabel 14 zien we de kostprijs voor een centrale voedingskast.

Tabel 14: Kostprijs Centrale verdeelkast

		Loveld	Eeklo	Gemiddelde
CVK	st	16626,1	19319	17972,5

De gemiddelde prijs voor de bouw van een pompstation met twee pompen kan op dezelfde manier berekend worden, zoals we zien in tabel 15 [9].

Tabel 15: Aanleg pompstation van project Loveld

Pompstation	EH	EH-prijs (€)
Bouw pompput. Inclusief fundering, grondwerk, verluchting, ladders e.d.	st	26628
Inrichten van pompstation	st	2436,19
Levering en installatie van de elektromechanica	st	9784,69
Communicatie	st	3965,75

Bouwkundig	st	26628
Elektromechanica	st	16186,63
Totaal voor een pompstation	st	€ 42.814,63

3.4.4. Beheer

Een goed beheer van een rioleringsstelsel draagt bij tot een goede bedrijfszekerheid en waarborgt een langere levensduur. De bedrijfszekerheid zakt naarmate er meer elektronica in een stelsel is. Dit kunnen we zien aan het aantal interventies die gedaan zijn bij pompunits. Het optreden van storingen kan verschillende oorzaken hebben zoals besproken is met meerdere contactpersonen bij Infrac, Aquafin en enkele rioolbeheerders in gemeenten. Meestal treden er dezelfde problemen op.

Foute huisaansluiting

Een correcte aansluiting van het afvalwater en regenwater op de openbare riolering is van cruciaal belang voor de werking van de pomp en de RWZI.

De pomp bij de pompunits van een drukriolering mag dagelijks maar een beperkt aantal minuten draaien. Volgens contactpersonen bij Infrac en Aquafin kan men heel snel aan het verschil in het aantal draaiuren vaststellen of er een foute aansluiting is van regenwater op het vuilwaterriool. Dit is logisch want als het regent en het regenwater komt in de drukrioleringsputten zal er meer tijd nodig zijn om dit extra water op te pompen. Hierdoor verslijten de pompen sneller want ze zijn niet gemaakt om gedurende een lange tijd te draaien. Bij een foute aansluiting van regenwater op een DWA-systeem of een te grote aanvoer van bvb zwembadwater, kan er wateroverlast optreden. Bij een te hoge waterstand in de pompput zal de pomp ingevolge de kleine opvoerhoogte in een slecht werkingsgebied werken. Een dergelijke werking kan aanleiding geven tot cavitatie (vorming van onderdrukken op de pompwaaier) waardoor de pomp gaat trillen en stuk gaat. Volgens een medewerker bij Infrac gebeurt dit vaker bij wijken waar veel zwembaden zijn. Wanneer ze het zwembad laten leeglopen op het eind van de zomer, en er zijn verkeerde aansluitingen komt er te veel water in de drukriolering. Ook zullen de werkingskosten van de pomp op deze manier stijgen aangezien er meer elektriciteitsverbruik is.

Wanneer er wordt vastgesteld dat een pomp niet normaal werkt, kan men dit gemakkelijk vaststellen door de draaiuren na te zien. Als dit meer is dan verwacht kan men veronderstellen dat er een foute aansluiting is en kan men dit gaan onderzoeken.

Dit probleem doet zich echter niet voor bij een hemelwateraansluiting op een 2DWA-gravitaire riolering aangezien bij deze riolering het geen kwaad kan dat er een extra spoeling is. Het is bij een gravitaire DWA-riolering wel

moeilijker om na te gaan waar mogelijks foute hemelwataansluitingen zijn gemaakt.

Door de foute aansluitingen bij eender welk rioleringsstelsel komt er verdund afvalwater in het RWZI. Bij extreme verdunning gaat het zuiveringsrendement snel teruglopen wat het zuiveringsproces duurder maakt. Het is dus belangrijk om te zorgen dat bij eender welk rioleringsstelsel de huisaansluitingen correct zijn uitgevoerd.

Voorbeeld

In de Begeveldstraat in de gemeente Bilzen is een drukrioleringsstelsel aangelegd. In 2014 zijn er tijdens enkele zware regenbuien storingen opgetreden in een pompput van de drukriolering. Het aantal draaiuren van de pomp was veel te hoog dan waarvoor de pomp gemaakt is waardoor die stuk ging. Hierdoor kan men veronderstellen dat er regenwater op de riolering is aangesloten. Om dit te controleren ben ik samen met Bart Hermans en Gunter Wouters van de gemeente Bilzen een keuring gaan bijwonen op het drukrioleringsstelsel.

Door gebruik te maken van een rookmachine werd er rook door de RWA- en DWA-huistaansluitputjes geblazen. De rook werd in het DWA-huistaansluitputje geblazen en we zagen rook komen uit de RWA-huistaansluiting, de pompput en de gracht. Uiteindelijk werd vastgesteld dat door de aannemer de regenwaterafvoer-huistaansluiting op de droogweerafvoerleiding is aangesloten wat zorgde voor wateroverlast op het 2DWA-stelsel.

Vervolgens werden alle pompputten in de straat afgegaan met de rookmachine om te kijken of er nog foute aansluitingen waren. Bij 2 andere huistaansluitingen bleek dat de rook uit de goot van het dak kwam. Bij één geval zagen we dat in het DWA-huistaansluitputje het regenwater van de dakgoot aangesloten was.

Op dat drukrioleringsstelsel was het duidelijk dat er teveel regenwater aangesloten was waardoor de pomp het begaf.

Uit dit praktisch voorbeeld leiden we af dat het belangrijk is om de riolering juist aan te sluiten door de aannemer en door de eigenaars zelf. Teveel regenwater op het drukrioleringsstelsel kan zorgen voor overwerkte pompen en te sterk verdund afvalwater naar de RWZI.

Verstopping

Als er foute voorwerpen zoals tampons, luiers, vochtige doekjes, etc. in het wc gegooid worden kan er een verstopping in de pomp optreden. De voorwerpen stapelen zich op en verstoppen de kleine doorgang van de drukrioleringspomp.

Kabelbreuk

Kabelbreuk of kabelbeschadiging kan optreden als er in de buurt grondwerken bezig zijn. Als er niet wordt opgelet kan de voedings- of datakabel doorgetrokken of beschadigd worden.

Elektrische storing

Het kan altijd gebeuren dat er iets mis gaat met de elektromechanische onderdelen door onweer, stroomuitval of spanningspieken op het EL-net. Zoals we zien in tabel 8 is dit de meest voorkomende oorzaak.

3.4.5. Bedrijfszekerheid

Via Aquafin heb ik een storingslijst gekregen van een drukrioleringsstelsel in Groot Rees. Het mogelijks voordoen van storingen moet vermeden worden want het is niet alleen vervelend voor de mensen thuis als het riool verstopt is, maar zoals er in de tabel te zien is kruipen er ook veel werkuren in het herstel van de pompunits. Bij dit rioleringsstelsel zijn er 104 pompunits aangesloten. Wanneer we de tabel bekijken zien we dat er 18 storingen zijn opgetreden op één jaar tijd. Dat zijn 1 op 6 pompen die defect zijn geraakt. De grootste oorzaak hiervan is het falen of storen van de elektrische componenten.

We zien in tabel 8 een jaarlijks overzicht van verschillende pompunits in een drukrioleringsstelsel in Groot Rees .

Drukrioleringsstelsel Groot Rees

Tabel 16: storingen Groot Rees

Pomp	Storingen	Storingsvaststelling	Storingsactie	Aantal uren
1	Communicatie uitval	Faling van elektrisch toestel	Toestel vervangen	3
	Overschrijding max. draaitijd	Storing elektrische componenten	Toestel vervangen	2

2	Verbinding Ixion verbroken	Faling van elektrisch toestel	Reset	1
3	Storing contactor	Storing elektrische componenten	Reset	1,5
4	Uitval Ixion	Faling van elektrisch toestel	Reset	2
5	Communicatie uitval CVK3	Storing elektrische componenten	Andere	10,33
	Communicatie PLC CVK3	Storing elektrische componenten	andere	3
	Pompput vol	Andere	Leegpompen	2,5
	Communicatie onder CVK3	Andere	In test gezet	0,5
9	Storing contactor CVK3	Faling van elektrisch toestel	Reset	3
10	Kabel aan massa	Kabelbreuk	Toestel uitgeschakeld	2
11	Communicatie Ixion	Elektriciteitsmaatschappij	Controle	2
12	Verbinding Ixion verbroken	Faling van elektrisch toestel	Reset	1
13	Spanningsuitval/dip	Elektriciteitsmaatschappij	Reset en controle	0,75
14	Uitval communicatie (5x)	Storing elektrische componenten	Reset meerdere toestellen	9,5
	Water uit straatkolk	Lozing	Ontstoppen	4
	Voedingskabel kapot door kraan	Meerdere stukken	Herstellen	6,16
	Water loopt niet meer weg	Andere	Andere	5
15	Verstopping	Verstopping	Ontstoppen	3
16	Storing communicatie	Storing elektrische componenten	Controle installatie	3
17	Uitval communicatie	Kabelbreuk	In test gezet	0,5
18	Uitval communicatie (3x) PLC's	Storing elektrische componenten en bliksem	Reset en in test gezet	3,5

Bij een traditionele gravitaire riolering is er geen elektrische voeding of zijn er geen elektromechanische componenten aanwezig, waardoor elektrische

storingen niet kunnen optreden en er zo goed als geen opvolgingskosten zijn.

Maar bij pompen van pompstations op een gravitaire DWA-riolering kunnen wel storingen optreden.

Aquafin volgde bij 3 pompstation op een 2DWA riolering de storingen over een periode van 2 jaar op. Het pompstation in Groot Rees verpompt al het verzameld afvalwater op dat van een drukrioleringsysteem afkomstig is.

Pompstation Kleine Wandelweg

Het pompstation Kleine Wandelweg te Zoersel heeft een capaciteit van 682 IE. Op twee jaar tijd zijn er 4 storingen opgetreden.

Tabel 17: Storingen Pompstation Kleine Wandelweg

Storingen	Storingsvaststelling	Storingsactie	Aantal uren
Storing pompen na spanningsval	Faling van elektrisch toestel	reset	0,833
Communicatiefout tussen PLC's	Storing elektrische componenten	In test gezet	1,5
Uitval 220 V	Elektriciteitsmaatschappij	Controle installatie	1,5
Spanningsuitval/dip	Elektriciteitsmaatschappij	Reset en controle installatie	1,25

Op dit pompstation zijn 682 IE aangesloten. Buiten het preventief onderhoud heeft dit pompstation op 2 jaar tijd maar 5 uur correctief onderhoud nodig gehad.

Pompstation Wandelweg

Op het pompstation Wandelweg te Zoersel zijn 492 IE aangesloten. Op twee jaar tijd zijn er 2 storingen opgetreden.

Tabel 18: Storingen pompstation Wandelweg

Storingen	Storingsvaststelling	Storingsactie	Aantal uren
Storing pompen na spanningsval	Faling van elektrisch toestel	reset	0,333
Spanningsuitval/dip	Elektriciteitsmaatschappij	Reset en controle installatie	1,25

Bij dit pompstation was er in totaal maar 1,583 uur correctief onderhoud nodig.

Pompstation Groot Rees

Het pompstation Groot Rees heeft een capaciteit van 468 IE. Op twee jaar tijd zijn er 2 storingen opgetreden.

Tabel 19: Storingen pompstation Groot Rees

Storingen	Storingsvaststelling	Storingsactie	Aantal uren
Pompcapaciteit is te laag	Elektriciteitsmaatschappij	Reset	1,5
Spanningsuitval/dip laagspanningskast	Elektriciteitsmaatschappij	Reset en controle installatie	0,75

Bij dit pompstation was er in totaal maar 2,25 uur correctief onderhoud nodig.

Dit is het afwaartse pompstation dat de verzamelde vuilvracht van het drukrioleringsstelsel Groot Rees verpompt naar een RWZI.

Besluit

Uit de gegevens van het aantal storingen voor gravitaire riolering met pompstations en drukriolering blijkt dat er verschillende soorten storingen optreden. Vooral communicatie- en spanningsuitval treden veel op. Dit is een zwakke schakel bij drukriolering. De individuele pompstations moeten communiceren met elkaar zodat ze beurtelings pompen, maar bij uitval van die communicatie werken de pompstations autonoom waardoor ze niet meer beurtelings pompen. Dit probleem komt regelmatig voor bij onweer en spanningspieken op het net. Meestal is het voldoende om een reset uit te voeren. Is dit niet het geval, dan zal het hersteld moeten worden. Indien er een pomp moet vervangen worden zien we hieronder een voorbeeld van het project Loveld voor een vervangingspomp. De prijzen schommelen naar gelang van het debiet en soort pomp tussen de 800-7000 euro [9].

Tabel 20: Vervanging pompen

Leveren van vervangpomp voor pompunit	st	1191,63
Leveren van vervangpomp voor een pompstation	st	3000

Er zit niet veel verschil tussen de aard van de storingen en het aantal storingen per pomp van de verschillende rioleringssystemen. Maar er zijn veel meer pompen bij drukriolering dan bij de gravitaire riolering met pompstations, waardoor de kans op storingen en dus het aantal interventies veel groter is. De bedrijfszekerheid is hierdoor bij een drukrioleringssysteem lager dan een gravitair systeem.

3.4.7. Onderhoud

Bij rioolbeheerder A onderhoudt een aannemer de drukriolering vanaf ingebruikname van de drukriolering tot 15 jaar na de datum van de oplevering van het gehele werk. Na die 15 jaar gaat het onderhoud over naar A. In de meetstaat is een post voorzien 'Vergoeding voor het onderhoud van de drukriolering bij aanvang van de 15 jarige onderhoudsperiode' en voor die post wordt een som voorzien van 200 €/pompput/jaar. In deze prijs zitten de meeste prestaties zoals preventief onderhoud, wisselstukken en communicatiekosten, maar prijzen voor het correctief onderhoud indien er storingen zijn, zitten er niet in. Om een juiste vergelijking te maken moet dit er wel inzitten.

Bij het project in Kapellen worden de prijzen in tabel 17 aangehouden. In deze prijs zit ook het correctief onderhoud voor storingen [11].

Tabel 21: Onderhoud pompunit en pompstation Kapellen

Pompunit	St/jaar	374,96
Pompstation	St/jaar	628,61

Via rioolbeheerder A kreeg ik ook informatie over het onderhoud van de verschillende pompunits. Deze prijzen zijn net als in tabel 17 het onderhoud all-in.

Tabel 22: Informatie via A, gemiddelde prijzen pompunits

Pompunit	St/jaar	350
Pompstation	St/jaar	500

Met deze informatie kunnen we een gemiddelde prijs opstellen die we verder in het onderzoek zullen toepassen.

Tabel 23: Gemiddelde prijs voor onderhoud

Pompunit	St/jaar	362,48
Pompstation	St/jaar	564,305

3.4.8. Communicatie

In Nederland werd de communicatie van drukrioleringspompen vaak uitgerust via een rode lamp. Wanneer de inwoners de rode lamp zien branden moeten ze de gemeente contacteren zodat ze dit kunnen oplossen. Er werd gekozen voor de rode lamp omdat dit een stuk goedkoper is dan een gsm-modem of een ander telemetriepakket. De bestaande en nieuwe drukrioleringsnetten worden nu ook in Nederland met een modem en teletransmissie uitgerust.

Volgens een medewerker van Aquafin worden de meeste pompunits in Vlaanderen bewaakt door een transmitter, PLC+modem of een gsm-module. Door middel van een transmitter worden de storingen verzonden naar een externe bewakingsfirma, die op zijn beurt Aquafin verwittigt.

Ook heeft de gemeente Lommel ervoor gekozen om voor twee toekomstige projecten een bewakingssysteem te gebruiken met behulp van transmitters. Het is zo heel gemakkelijk om alles te beheren en op te volgen.

3.4.9. Fundering en verharding

Voor de funderingen en verhardingen wordt terug bij dezelfde 6 projecten de kostprijs nagezien. Ook deze prijzen zijn van minder belang bij een nieuwe verkaveling, maar ze hebben wel veel invloed op de investeringskost bij het plaatsen van een 2DWA-riolering in een bestaande verkaveling.

Funderingen

Na de opbraak van de weg en plaatsing van de leidingen moet een fundering gelegd worden om de verharding vervolgens te kunnen plaatsen. De kostprijs per m² van de fundering en verharding nemen we samen bij de berekening van een nieuwe rijweg voor de scenario-analyses.

Tabel 24: Vergelijking funderingen

Fundering en onderfundering	EH	Graevenveld	Crutzen	Dreelveld	Gemiddelde (€)
±20cm dikte	m ²	4,81	4,5	6,66	5,323333333
±25cm dikte	m ²	5,25	12		8,625
Beschermen met geotextiel	m ²		1		1
Fundering en stut voor lijnvormige elementen	m	4,4		6,33	5,365
Totaal gemiddelde funderingen	m²				€ 7,97

Verhardingen

In tabel 18 zijn alle soorten verhardingen te zien die geplaatst zijn in de verschillende projecten. Het is duidelijk dat de bitumineuze verharding gebruikt wordt in elk project, het is de dekking van de rijweg. Vervolgens zijn er bestratingen van betonstraatstenen, tegels en cementbetonverhardingen. Deze laatste worden gebruikt voor fietspaden, opritten, parkings e.d.

In de fictieve scenario's die opgesteld worden geven we telkens een meerprijs voor de funderingen en verhardingen van de rijweg. Bij buitengebieden is het vaak zo dat er geen fietspad of trottoir aanwezig is, daarom zullen we enkel voor de bitumineuze verhardingen een meerprijs geven.

Tabel 25: Vergelijking verhardingen

Bitumineuze verhardingen	EH	Graevenveld	Crutzen	Dreelveld	Gemiddelde (€)
onderlaag ±7cm	m ²	7,34	8,25	6,07	7,22
Toplaag 4cm	m ²	5,35	7,25	4,15	5,583333333
Voorgevormde bitumineuze voegband	m	1,80		1,66	1,73
Bestrating van betonstraatstenen	EH	Graavenveld	Crutzen	Dreelveld	Gemiddelde (€)
Betonstraatstenen 220/110/100 mm	m ²	26,71	25,00	23,00	24,90333333
Zandcementbed	m ²	1,20	1,50	1,97	1,556666667
Opvoegen	m ²		0,50		0,5
Waterdoorlatende betonstraatstenen	m ²		30,00		30
Straatlaag (4cm)	m ²		2,00		2
Opvoegen	m ²		0,50		0,5
Grasbetontegels	m ²		25,00		25
Bed van grind of steenslag en leem	m ²		10,00		10
Trottoirbanden	m		15,00		15
Betonnen kantstroken	m		11,56		11,56
Ongewapende cementbetonverharding (fiets)	m ²			14,38	14,38
onderlaag 10cm	m ²			5,97	5,97
Bovenlaag 4cm	m ²			3,19	3,19
Betonnen trottoirbanden					
type 1 C2	m			12,41	12,41
type 1 D1	m			8,31	8,31
type 1 D4	m			5,66	5,66
type 1 C2 hoek=90	st			27,63	27,63
type 1 c2 bochtstuk R=5m	st			18,12	18,12
type 1 F2 (20cm)	m			8,22	8,22
Kantstroken	m			6,50	6,5
Mortelbed voor bestrating	m			2,31	2,31
Bed van brekerzand en steenslag	m			1,97	1,97
Gemiddelde bitumineuze verharding	m²				€ 14,53
Gemiddelde bitumineuze verharding Drukr.	m²				€ 47,34
Gemiddelde bitumineuze verharding totaal	m²				€ 30,94
Gemiddelde betonstraatstenen	m²				€ 26,96

3.4.10. Samenvatting investeringskosten

De volgende stap is het opstellen van de fictieve scenario's. Hiervoor hebben we de gemiddelde investeringsprijzen voor aanleg leiding, fundering, verharding, inspectieputten, pompunits en pompstations berekend. Deze prijzen gaan we hierna toepassen bij de berekeningen in de scenario analyse.

Tabel 26: Samenvatting investeringskosten

Aanleg drukleiding 63mm	m	€ 60,13
Aanleg gresbuizen 250mm	m	€ 118,90
Funderingen	m ²	€ 7,97
Bitumineuze verharding	m ²	€ 30,94
Inspectieput	st	€ 1800
Pompunit		
Bouwkundig	st	€ 4024,25
Elektromechanica	st	€ 6914,73
CVK's	st	€ 17972,5
Pompstation		
Bouwkundig	st	€ 26628
Elektromechanica	st	€ 16186,63

Een huisaansluiting kost ongeveer hetzelfde bij de verschillende rioleringsystemen. Via de eindafrekeningsdossiers vinden we een gemiddelde prijs van 350 €/woning. Hierin zit de uitgraving, aanleg gresbuis, fundering, omhulling en aanvulling.

3.4.11. Meerkosten bestaande verkaveling

Bij een bestaande verkaveling gaan er veel extra kosten zijn ten opzichte van een nieuwe verkaveling. Naast de investeringskosten voor grondverzet, aanleg, funderingen, verhardingen e.d. is het belangrijk om deze meerkosten in aanmerking te brengen. Hierna worden de belangrijkste gegeven:

- Signalisatie;
- Omleggen nutsleidingen;
- Vervanging huisaansluitingen van de nutsleidingen;

Deze extra kosten zijn vooral toepasselijk voor een gravitair stelsel. Voor elke situatie zullen de extra kosten anders zijn, daarom nemen we deze niet op in onze vergelijking van de investeringskosten. Het is wel belangrijk om deze in achtving te nemen bij het ontwerpen van een nieuw rioleringsstelsel.

Signalisatie

Bij een nieuwe verkaveling moeten er weinig tot geen omleidingen geplaatst worden aangezien er nog geen verkeer is.

Wanneer de riolering van een bestaande verkaveling vervangen wordt zal de weg opgebroken moeten worden voor een gravitair stelsel. Hierdoor is er hinder op de weg en moeten er omleidingen gemaakt worden. Dit zijn de kosten voor minder-hinder-maatregelen. In tabel 22 zien we de prijzen voor het plaatsen van verkeersborden, anti-parkeerpalen, wegmarkeringen, werfsignalisatie, verkeerslichten e.d. Deze zijn de gemiddelde prijzen afkomstig van de besproken projecten [7,9,11].

Tabel 27: Kostprijzen signalisatie

Anti-parkeerpalen	€/st	91,8
Kleine verkeersborden	€/st	10
Grote verkeersborden	€/st	85
Markeringen	€/m ²	19
Verkeerslichten	€/st	195
New Jersey geleidingssysteem	€/m	32,29
Verkeerstekens	€/st	40

Omleggen nutsleidingen

Ook hier zijn er weinig tot geen problemen voor een nieuwe verkaveling aangezien er nog geen nutsleidingen of wegen zijn.

Bij een nieuwe verkaveling kunnen de nutsleidingen in de sleuf van de drukriolering gelegd worden.

De aanleg van een gravitaire 2DWA-riolering voor een DWA-riolering met diameter 250mm vereist een minimale sleufbreedte van 1,10m. Aangezien er al nutsleidingen liggen in de berm is er geen plaats voor de 2DWA-riolering. Daarom is men genoodzaakt om de riolering aan te leggen in de weg, met opbraak en herstel van de weg tot gevolg. Hierbij komt ook nog eens de tijdelijke verplaatsing van de aanwezige nutsleidingen om de

riolering aan te leggen. Het verplaatsen of aanleggen van nutsleidingen zorgt ook voor extra kosten bij een gravitair stelsel.

Water- en gasleidingen kan zorgen voor een meerkost van 12€/m. Het kan zijn dat de huisaansluitingen moeten aangepast worden waarvan de prijs tot 500 €/stuk kan oplopen.

Voor de meer soepele leidingen zoals elektriciteit, telefoon en tv-kabel wordt er gerekend met een prijs van 6 €/m en een aanpassing aan de huisaansluitingen kan tot 250 €/stuk oplopen.

4. Fictieve scenario's

Methode berekening scenario's

Er zijn verschillende fictieve scenario's opgesteld met recente prijzen voor aanleg en onderhoud bij de verschillende rioleringsystemen. Hierna is in een voorbeeld weergegeven hoe dit juist wordt berekend en met welke parameters rekening wordt gehouden.

Eerst bepalen we de totale kostprijs voor de aanleg. Vervolgens gebruiken we de functie "BET" in Excel om tot een bedrag per jaar te komen. Hiervoor gebruiken we de verwachte levensduur van de verschillende componenten en een intrest van 6%. Deze intrest is niet actueel want die verandert constant maar voor dit onderzoek houden we de 6% aan.

Voor de wegeniswerken gebruiken we enkel de prijzen voor asfalt omdat dit het meest voorkomt in Vlaanderen. In deze prijs zitten de op- en afbraakwerken, funderingen en verhardingen. Bij elk scenario komen de meerkosten te staan voor de wegeniswerken. Dit wordt gedaan voor een rijwegbreedte van 3m en 5m.

Tabel 28: Kostprijzen en levensduur rioleringen

Levensduur	jaar	Intrest
Gravitair gres	100	6%
Drukleiding	100	
Elektromechanisch	15	
Pompput	50	
Rijweg	20	
Kosten pompgemalen en elektronica		
Pompput	4024,25	€/unit
Elektromechanisch	6914,73	€/unit
Onderhoud pompunit	362,48	€/unit/jaar
Onderhoud pompstation	564,3	€/unit/jaar
Pompstation bouwkundig	26628	€/unit
Pompstation Elektromech.(2pompen)	16186,63	€/unit
Inspectieput	1800	€/put
Huisaansluiting	350	€/woning
Aanleg drukleiding	60,13	€/m
Aanleg grav. Leiding	118,9	€/m
Wegeniswerken	30,94	€/m ²
CVK	17972,51	€/unit

Met een zelfgemaakte module in Excel kan men de nodige gegevens invullen, dan wordt automatisch de totale kostprijs, de kostprijs per jaar en de kostprijs per jaar voor verschillende wegbreedten gegeven.

Tabel 29: Voorbeeld situatie 1a

									Meerkosten wegeniswerken	
Lengte drukleiding (m)	Lengte grav. Leiding (m)	Perceelaansl.	Drukpompen	Pompstations	Putten	Kost aanleg	Kost onderhoud	Kost per jaar	Met 3m rijweg	Met 5m rijweg
Situatie 1a: Een straat van 500m lang zonder pompstation en 25 woningen (dichtbebouwd)										
500,0	0,0	25,0	13,0	0,0	0,0	€ 173.206,74	€ 2.756,00	€ 17.722,63		
0,0	500,0	25,0	0,0	0,0	7,1	€ 50.620,71	€ -	€ 3.603,11	€ 7.080,46	€ 9.398,70

Om de kostprijs te berekenen moeten de volgende parameters worden ingevuld:

- lengte project;
- aantal perceelaansluitingen;
- aantal CVK's;
- aantal drukpompen;
- aantal pompstations (1/500m);

Een DWA-riolering wordt met een minimum dekking van 1m aangelegd en met een verhang van 5‰. Na 500m zal de diepte van de gravitaire riolering in een vlakke omgeving groter zijn dan 2,5m. Een DWA-riolering wordt bij voorkeur niet op een diepte groter dan 2,5m aangelegd. Daarom plaatsen we in de scenario's om de 500m een pompstation.

- aantal inspectieputten (1/70m);
- meerkosten van de wegeniswerken: Opbraak, fundering en verharding.

Als alles is ingevuld, wordt de kostprijs in totaal gegeven voor de aanleg. Hierbij komt dan nog de kost voor het onderhoud en de meerkosten voor de wegeniswerken.

We doen dit voor de volgende scenario's:

- Scenario 1:
 - o een straat met lengte 500m;
 - o Geen pompstations.
- Scenario 2:
 - o een straat met lengte 500m;
 - o 1 pompstation.
- Scenario 3:
 - o een straat met lengte 1000m;
 - o 2 pompstations.
- Scenario 4:
 - o een straat met lengte 1500m;
 - o 3 pompstations.
- Scenario 5:
 - o een straat met lengte 2000m;
 - o 4 pompstations.
- Scenario 6:
 - o een straat met lengte 2500m;
 - o 5 pompstations.
- Scenario 7:
 - o een straat met lengte 3000m;
 - o 6 pompstations.

Bij de scenario's stellen we een bestaande verkaveling voor waar een rioleringsstelsel wordt aangelegd. Meestal zijn er bij nieuwe verkavelingen veel woningen waardoor bij drukriolering meer pompunits aanwezig gaan zijn zodat het een

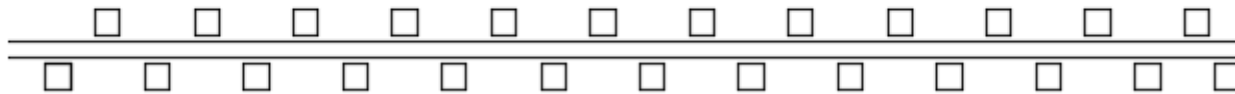
duur ontwerp wordt. In dit onderzoek bekijken we de aanleg van een rioleringsstelsel in het buitengebied waar al woningen aanwezig zijn maar nog geen gescheiden riolering.

Vervolgens bekijken we enkele aparte gevallen: bosrijke omgeving, veel bochten, en wat de invloed op de kostprijs hiervoor gaat zijn. Ten slotte analyseren we welke factoren in de ruimtelijke omgeving de grootste invloed uitoefenen op de keuze tussen de rioleringsystemen.

Elk scenario wordt opgesplitst in verschillende delen.

- Onderverdeling in elk scenario met a, b, c, d, e, f;
 - o a: Elke 500m staan er 25 woningen die dichtbebouwd zijn, zie figuur 8. We stellen in deze situatie 2 woningen per pompput voor. Dit doen we omdat de afstand tussen pompput en woning niet te groot mag worden, zie literatuurstudie.

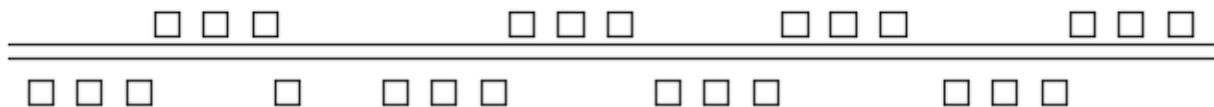
1A



Figuur 14: 25 woningen per 500m (dichtbebouwd)

- o b: Elke 500m staan er 25 woningen, per pompput zijn er 3 woningen aangesloten. Op figuur 9 zien we clusters van huizen waardoor er per pompput 3 woningen zijn aangesloten. Dit is een betere situatie voor drukriolering dan a, want er zijn minder pompputten nodig.

1B



Figuur 15: 25 woningen per 500m

- c: Elke 500m staan er 10 woningen. We zien op figuur 10 dat de woningen al meer verspreid zijn. Om de afstanden van de huisaansluitingen te beperken gebruiken we per woning 1 pompput.

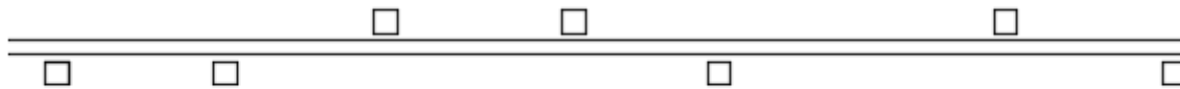
1C



Figuur 16: 10 woningen per 500m

- d: Elke 500m staan er 7 woningen. In deze situatie zijn er nog minder woningen aanwezig en is er meer spreiding. Per woning is er 1 pompput aanwezig.

1D



Figuur 17: 7 woningen per 500m

- e: Elke 500m staan er 5 woningen. Nog meer spreiding van de woningen, minder pompunits waardoor de lengte van de leiding een grotere rol gaat spelen in de kostprijs.

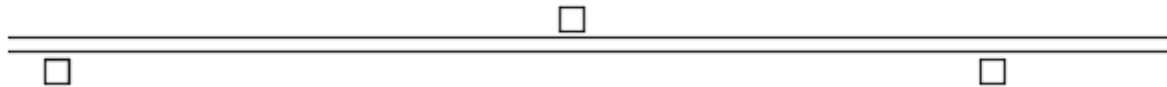
1E



Figuur 18: 5 woningen per 500m

- f: Elke 500m staan er amper 3 woningen. Bij figuur 13 zien we een heel grote spreiding van de woningen waardoor de kostprijs van de leiding een grote rol gaat spelen.

1F



Figuur 19: 3 woningen per 500m

Scenario 1

Tabel 30: Scenario 1: 500m en geen pompstation

									Meerkosten wegeniswerken	
Lengte drukleiding (m)	Lengte grav. Leiding (m)	Perceelaansl.	Drukpompen	Pompstations	Putten	Kost aanleg	Kost onderhoud	Kost per jaar	Met 3m rijweg	Met 5m rijweg
Situatie 1a: Een straat van 500m lang zonder pompstation en 25 woningen (dichtbebouwd)										
500,0	0,0	25,0	13,0	0,0	0,0	€ 172.271,74	€ 4.712,24	€ 21.473,10		
0,0	500,0	25,0	0,0	0,0	7,1	€ 72.307,14	€ -	€ 4.919,81	€ 8.966,04	€ 11.663,53
Situatie 1b: Een straat van 500m lang zonder pompstation en 25 woningen										
500,0	0,0	25,0	9,0	0,0	0,0	€ 128.515,82	€ 3.262,32	€ 16.154,08		
0,0	500,0	25,0	0,0	0,0	7,1	€ 72.307,14	€ -	€ 4.919,81	€ 8.966,04	€ 11.663,53
Situatie 1c: Een straat van 500m lang zonder pompstation en 10 woningen										
500,0	0,0	10,0	10,0	0,0	0,0	€ 139.454,80	€ 3.624,80	€ 17.167,91		
0,0	500,0	10,0	0,0	0,0	7,1	€ 72.307,14	€ -	€ 4.603,88	€ 8.650,11	€ 11.347,60
Situatie 1d: Een straat van 500m lang zonder pompstation en 7 woningen										
500,0	0,0	7,0	7,0	0,0	0,0	€ 106.637,86	€ 2.537,36	€ 13.115,45		
0,0	500,0	7,0	0,0	0,0	7,1	€ 72.307,14	€ -	€ 4.540,69	€ 8.586,93	€ 11.284,42
Situatie 1e: Een straat van 500m lang zonder pompstation en 5 woningen										
500,0	0,0	5,0	5,0	0,0	0,0	€ 84.759,90	€ 1.812,40	€ 10.413,82		
0,0	500,0	5,0	0,0	0,0	7,1	€ 72.307,14	€ -	€ 4.498,57	€ 8.544,80	€ 11.242,29
Situatie 1f: Een straat van 500m lang zonder pompstation en 3 woningen										
500,0	0,0	3,0	3,0	0,0	0,0	€ 62.881,94	€ 1.087,44	€ 7.712,18		
0,0	500,0	3,0	0,0	0,0	7,1	€ 72.307,14	€ -	€ 4.456,44	€ 8.502,68	€ 11.200,17

Bij scenario 1 valt het op dat de kostprijs voor de drukriolering zonder de meerkosten overal het grootst is. Met de meerkosten van de wegeniswerken erbij zien we dat bij situatie e en f de wegeniswerken de doorslag geven. Ze maken de gravitaire situatie zodanig duur dat het de kostprijs van de drukriolering overschrijdt. Het stijgt er niet hoog bovenuit dus zou bij die situaties zeker gekeken moeten worden naar andere beïnvloedingsfactoren. Bij de andere situaties is de kostprijs van de drukriolering veel hoger waardoor een gravitaire riolering beter van toepassing is.

Scenario

Tabel 31: Scenario 2: 500m en 1pompstation

									Meerkosten wegeniswerken	
Lengte drukleiding (m)	Lengte grav. Leiding (m)	Perceelaansl.	Drukpompen	Pompstations	Putten	Kost aanleg	Kost onderhoud	Kost per jaar	Met 3m rijweg	Met 5m rijweg
Situatie 1a: Een straat van 500m lang, 1 pompstation en 25 woningen (dichtbebouwd)										
500,0	0,0	25,0	13,0	0,0	0,0	€ 172.271,74	€ 4.712,24	€ 21.473,10		
0,0	500,0	25,0	0,0	1,0	7,1	€ 115.121,77	€ 564,30	€ 8.840,12	€ 12.886,36	€ 15.583,85
Situatie 1b: Een straat van 500m lang, 1 pompstation en 25 woningen										
500,0	0,0	25,0	9,0	0,0	0,0	€ 128.515,82	€ 3.262,32	€ 16.154,08		
0,0	500,0	25,0	0,0	1,0	7,1	€ 115.121,77	€ 564,30	€ 8.840,12	€ 12.886,36	€ 15.583,85
Situatie 1c: Een straat van 500m lang, 1 pompstation en 10 woningen										
500,0	0,0	10,0	10,0	0,0	0,0	€ 139.454,80	€ 3.624,80	€ 17.167,91		
0,0	500,0	10,0	0,0	1,0	7,1	€ 115.121,77	€ 564,30	€ 8.524,19	€ 12.570,43	€ 15.267,92
Situatie 1d: Een straat van 500m lang, 1 pompstation en 7 woningen										
500,0	0,0	7,0	7,0	0,0	0,0	€ 106.637,86	€ 2.537,36	€ 13.115,45		
0,0	500,0	7,0	0,0	1,0	7,1	€ 115.121,77	€ 564,30	€ 8.461,01	€ 12.507,24	€ 15.204,73
Situatie 1e: Een straat van 500m lang, 1 pompstation en 5 woningen										
500,0	0,0	5,0	5,0	0,0	0,0	€ 84.759,90	€ 1.812,40	€ 10.413,82		
0,0	500,0	5,0	0,0	1,0	7,1	€ 115.121,77	€ 564,30	€ 8.418,88	€ 12.465,12	€ 15.162,61
Situatie 1f: Een straat van 500m lang, 1 pompstation en 3 woningen										
500,0	0,0	3,0	3,0	0,0	0,0	€ 62.881,94	€ 1.087,44	€ 7.712,18		
0,0	500,0	3,0	0,0	1,0	7,1	€ 115.121,77	€ 564,30	€ 8.376,76	€ 12.422,99	€ 15.120,48

Een pompstation extra zorg voor een grote meerprijs bij een gravitair stelsel. We zien bij situatie e en f dat de kost per jaar zonder wegeniswerken heel dicht bij elkaar ligt. Met de meerkosten is een gravitair stelsel vanaf een weg met 7 woningen al een stuk duurder. Voor situaties a, b en c blijft drukriolering veel duurder, dit komt door de vele woningen en pompunits.

Scenario 3

Tabel 32: Scenario 3: 1000m en 2 pompstations

									Meerkosten wegeniswerken	
Lengte drukleiding (m)	Lengte grav. Leiding (m)	Perceelaansl.	Drukpompen	Pompstations	Putten	Kost aanleg	Kost onderhoud	Kost per jaar	Met 3m rijweg	Met 5m rijweg
Situatie 1a: Een straat van 1000m lang, 2 pompstations en 50 woningen (dichtbebouwd)										
1000,0	0,0	50,0	26,0	0,0	0,0	€ 344.543,48	€ 9.424,48	€ 42.946,21		
0,0	1000,0	50,0	0,0	2,0	14,3	€ 230.243,55	€ 1.128,60	€ 17.680,25	€ 25.772,72	€ 31.167,70
Situatie 1b: Een straat van 1000m lang, 2 pompstations en 50 woningen										
1000,0	0,0	50,0	18,0	0,0	0,0	€ 257.031,64	€ 6.524,64	€ 32.308,16		
0,0	1000,0	50,0	0,0	2,0	14,3	€ 230.243,55	€ 1.128,60	€ 17.680,25	€ 25.772,72	€ 31.167,70
Situatie 1c: Een straat van 1000m lang, 2 pompstations en 20 woningen										
1000,0	0,0	20,0	20,0	0,0	0,0	€ 278.909,60	€ 7.249,60	€ 34.335,81		
0,0	1000,0	20,0	0,0	2,0	14,3	€ 230.243,55	€ 1.128,60	€ 17.048,38	€ 25.140,85	€ 30.535,83
Situatie 1d: Een straat van 1000m lang, 2 pompstations en 14 woningen										
1000,0	0,0	14,0	14,0	0,0	0,0	€ 213.275,72	€ 5.074,72	€ 26.230,91		
0,0	1000,0	14,0	0,0	2,0	14,3	€ 230.243,55	€ 1.128,60	€ 16.922,01	€ 25.014,48	€ 30.409,46
Situatie 1e: Een straat van 1000m lang, 2 pompstations en 10 woningen										
1000,0	0,0	10,0	10,0	0,0	0,0	€ 169.519,80	€ 3.624,80	€ 20.827,64		
0,0	1000,0	10,0	0,0	2,0	14,3	€ 230.243,55	€ 1.128,60	€ 16.837,76	€ 24.930,23	€ 30.325,21
Situatie 1f: Een straat van 1000m lang, 2 pompstations en 6 woningen										
1000,0	0,0	6,0	6,0	0,0	0,0	€ 125.763,88	€ 2.174,88	€ 15.424,37		
0,0	1000,0	6,0	0,0	2,0	14,3	€ 230.243,55	€ 1.128,60	€ 16.753,51	€ 24.845,98	€ 30.240,96

Bij scenario 3 zijn er al 2 pompstations aanwezig maar ook het dubbel aantal drukunits aangezien er dubbel zoveel woningen zijn. Net als in het vorige scenario zijn de laatste 3 situaties duurder bij een rijweg van 3m en 5m breed. De kostprijs van drukriolering blijft veel groter bij situatie a en b.

Scenario 4

Tabel 33: Scenario 4: 1500m en 3 pompstations

Lengte drukleiding (m)	Lengte grav. Leiding (m)	Perceelaansl.	Drukpompen	Pompstations	Putten	Kosten aanleg	Kosten onderhoud	Kosten per jaar	Meerkosten wegeniswerken	
									Met 3m rijweg	Met 5m rijweg
Situatie 1a: Een straat van 1500m lang, 3 pompstations en 75 woningen (dichtbebouwd)										
1500,0	0,0	75,0	39,0	0,0	0,0	€ 516.815,22	€ 14.136,72	€ 64.419,31		
0,0	1500,0	75,0	0,0	3,0	21,4	€ 345.365,32	€ 1.692,90	€ 26.520,37	€ 38.659,07	€ 46.751,54
Situatie 1b: Een straat van 1500m lang, 3 pompstations en 75 woningen										
1500,0	0,0	75,0	28,0	0,0	0,0	€ 396.486,44	€ 10.149,44	€ 49.792,00		
0,0	1500,0	75,0	0,0	3,0	21,4	€ 345.365,32	€ 1.692,90	€ 26.520,37	€ 38.659,07	€ 46.751,54
Situatie 1c: Een straat van 1500m lang, 3 pompstations en 30 woningen										
1500,0	0,0	30,0	30,0	0,0	0,0	€ 418.364,40	€ 10.874,40	€ 51.503,72		
0,0	1500,0	30,0	0,0	3,0	21,4	€ 345.365,32	€ 1.692,90	€ 25.572,57	€ 37.711,28	€ 45.803,75
Situatie 1d: Een straat van 1500m lang, 3 pompstations en 21 woningen										
1500,0	0,0	21,0	21,0	0,0	0,0	€ 319.913,58	€ 7.612,08	€ 39.346,36		
0,0	1500,0	21,0	0,0	3,0	21,4	€ 345.365,32	€ 1.692,90	€ 25.383,02	€ 37.521,72	€ 45.614,19
Situatie 1e: Een straat van 1500m lang, 3 pompstations en 15 woningen										
1500,0	0,0	15,0	15,0	0,0	0,0	€ 254.279,70	€ 5.437,20	€ 31.241,46		
0,0	1500,0	15,0	0,0	3,0	21,4	€ 345.365,32	€ 1.692,90	€ 25.256,64	€ 37.395,35	€ 45.487,82
Situatie 1f: Een straat van 1500m lang, 3 pompstations en 9 woningen										
1500,0	0,0	9,0	9,0	0,0	0,0	€ 188.645,82	€ 3.262,32	€ 23.136,55		
0,0	1500,0	9,0	0,0	3,0	21,4	€ 345.365,32	€ 1.692,90	€ 25.130,27	€ 37.268,98	€ 45.361,45

Scenario 4 lijkt weer sterk op de vorige scenario. Er valt op dat de kostprijs van gravitaire riolering bij e en f veel hoger ligt dan voordien. Het wordt duurder ten opzichte van drukriolering naarmate de lengte toeneemt. Dit is logisch en was te voorspellen, want de kostprijs/m is voor een gravitaire riolering veel duurder.

Het valt op dat zonder de wegeniswerken enkel bij situatie f de gravitaire riolering hoger ligt dan de drukriolering. Dit toont aan hoe belangrijk de meerkost van de wegeniswerken is. Zelfs bij situatie d is de gravitaire riolering duurder voor een aanleg met wegeniswerken.

Scenario 5

Tabel 34: Scenario 5: 2000m en 4 pompstations

Lengte drukleiding (m)	Lengte grav. Leiding (m)	Perceelaansl.	Drukpompen	Pompstations	Putten	Kost aanleg	Kost onderhoud	Kost per jaar	Meerkosten wegeniswerken	
									Met 3m rijweg	Met 5m rijweg
Situatie 1a: Een straat van 2000m lang, 4 pompstations en 100 woningen (dichtbebouwd)										
2000,0	0,0	100,0	52,0	0,0	0,0	€ 689.086,96	€ 18.848,96	€ 85.892,41		
0,0	2000,0	100,0	0,0	4,0	28,6	€ 460.487,09	€ 2.257,20	€ 35.360,49	€ 51.545,43	€ 62.335,39
Situatie 1b: Een straat van 2000m lang, 4 pompstations en 100 woningen										
2000,0	0,0	100,0	36,0	0,0	0,0	€ 514.063,28	€ 13.049,28	€ 64.616,33		
0,0	2000,0	100,0	0,0	4,0	28,6	€ 460.487,09	€ 2.257,20	€ 35.360,49	€ 51.545,43	€ 62.335,39
Situatie 1c: Een straat van 2000m lang, 4 pompstations en 40 woningen										
2000,0	0,0	40,0	40,0	0,0	0,0	€ 557.819,20	€ 14.499,20	€ 68.671,62		
0,0	2000,0	40,0	0,0	4,0	28,6	€ 460.487,09	€ 2.257,20	€ 34.096,77	€ 50.281,71	€ 61.071,67
Situatie 1d: Een straat van 2000m lang, 4 pompstations en 28 woningen										
2000,0	0,0	28,0	28,0	0,0	0,0	€ 426.551,44	€ 10.149,44	€ 52.461,81		
0,0	2000,0	28,0	0,0	4,0	28,6	€ 460.487,09	€ 2.257,20	€ 33.844,02	€ 50.028,96	€ 60.818,92
Situatie 1e: Een straat van 2000m lang, 4 pompstations en 20 woningen										
2000,0	0,0	20,0	20,0	0,0	0,0	€ 339.039,60	€ 7.249,60	€ 41.655,28		
0,0	2000,0	20,0	0,0	4,0	28,6	€ 460.487,09	€ 2.257,20	€ 33.675,52	€ 49.860,47	€ 60.650,43
Situatie 1f: Een straat van 2000m lang, 4 pompstations en 12 woningen										
2000,0	0,0	12,0	12,0	0,0	0,0	€ 251.527,76	€ 4.349,76	€ 30.848,74		
0,0	2000,0	12,0	0,0	4,0	28,6	€ 460.487,09	€ 2.257,20	€ 33.507,03	€ 49.691,97	€ 60.481,93

Dit scenario is juist hetzelfde dan scenario 4. Het enige verschil is een nog groter verschil tussen de rio-systemen bij f. We kunnen een observering maken door de spreiding te bekijken. Bij elk scenario is het duidelijk voor de situaties a en b dat spreiding belangrijk is en een grote invloed op de kostprijs heeft. Situatie a heeft een grote meerprijs voor drukriolering, zelfs met wegeniswerken met een rijweg van 5m breed. Bij situatie b, waar de woningen meer geclusterd zijn en dus minder pompunits, is de kostprijs ongeveer gelijk met die van de gravitaire situatie. Voor een wijk met veel woningen die ongeveer even ver van elkaar staan kunnen we zeggen dat drukriolering een slechtere oplossing is dan een gravitair stelsel. Voor situatie f kunnen we het omgekeerde zeggen. Gravitare riolering is duurder dan de drukriolering. Hier is het interessanter om drukriolering te gebruiken. In de volgende scenario's zal dit nog duidelijker worden.

Scenario 6

Tabel 35: Scenario 6: 2500m en 5 pompstations

									Meerkosten wegeniswerken	
Lengte drukleiding (m)	Lengte grav. Leiding (m)	Perceelaansl.	Drukpompen	Pompstations	Putten	Kost aanleg	Kost onderhoud	Kost per jaar	Met 3m rijweg	Met 5m rijweg
Situatie 1a: Een straat van 2500m lang, 5 pompstations en 125 woningen (dichtbebouwd)										
2500,0	0,0	125,0	65,0	0,0	0,0	€ 861.358,70	€ 23.561,20	€ 107.365,52		
0,0	2500,0	125,0	0,0	5,0	35,7	€ 575.608,86	€ 2.821,50	€ 44.200,61	€ 64.431,79	€ 77.919,24
Situatie 1b: Een straat van 2500m lang, 5 pompstations en 125 woningen										
2500,0	0,0	125,0	45,0	0,0	0,0	€ 642.579,10	€ 16.311,60	€ 80.770,41		
0,0	2500,0	125,0	0,0	5,0	35,7	€ 575.608,86	€ 2.821,50	€ 44.200,61	€ 64.431,79	€ 77.919,24
Situatie 1c: Een straat van 2500m lang, 5 pompstations en 50 woningen										
2500,0	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	€ 697.274,00	€ 18.124,00	€ 85.839,53		
0,0	2500,0	50,0	0,0	5,0	35,7	€ 575.608,86	€ 2.821,50	€ 42.620,96	€ 62.852,13	€ 76.339,58
Situatie 1d: Een straat van 2500m lang, 5 pompstations en 35 woningen										
2500,0	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	€ 533.189,30	€ 12.686,80	€ 65.577,27		
0,0	2500,0	35,0	0,0	5,0	35,7	€ 575.608,86	€ 2.821,50	€ 42.305,03	€ 62.536,20	€ 76.023,65
Situatie 1e: Een straat van 2500m lang, 5 pompstations en 25 woningen										
2500,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	€ 423.799,50	€ 9.062,00	€ 52.069,09		
0,0	2500,0	25,0	0,0	5,0	35,7	€ 575.608,86	€ 2.821,50	€ 42.094,41	€ 62.325,58	€ 75.813,03
Situatie 1f: Een straat van 2500m lang, 5 pompstations en 15 woningen										
2500,0	0,0	15,0	15,0	0,0	0,0	€ 314.409,70	€ 5.437,20	€ 38.560,92		
0,0	2500,0	15,0	0,0	5,0	35,7	€ 575.608,86	€ 2.821,50	€ 41.883,78	€ 62.114,96	€ 75.602,41

Zoals te verwachten zien we hier dezelfde situatie als in de vorige scenario's.

Scenario 7

Tabel 36: Scenario 7: 3000m en 6 pompstations

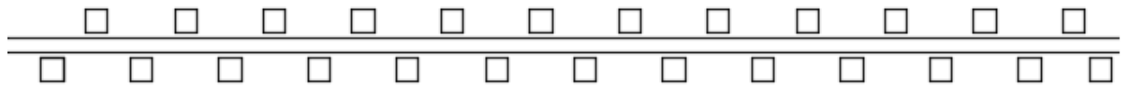
									Meerkosten wegeniswerken	
Lengte drukleiding (m)	Lengte grav. Leiding (m)	Perceelaansl.	Drukpompen	Pompstations	Putten	Kost aanleg	Kost onderhoud	Kost per jaar	Met 3m rijweg	Met 5m rijweg
Situatie 1a: Een straat van 3000m lang, 6 pompstations en 150 woningen (dichtbebouwd)										
3000,0	0,0	150,0	78,0	0,0	0,0	€ 1.033.630,44	€ 28.273,44	€ 128.838,62		
0,0	3000,0	150,0	0,0	6,0	42,9	€ 690.730,64	€ 3.385,80	€ 53.040,74	€ 77.318,15	€ 93.503,09
Situatie 1b: Een straat van 3000m lang, 6 pompstations en 150 woningen										
3000,0	0,0	150,0	54,0	0,0	0,0	€ 771.094,92	€ 19.573,92	€ 96.924,49		
0,0	3000,0	150,0	0,0	6,0	42,9	€ 690.730,64	€ 3.385,80	€ 53.040,74	€ 77.318,15	€ 93.503,09
Situatie 1c: Een straat van 3000m lang, 6 pompstations en 60 woningen										
3000,0	0,0	60,0	60,0	0,0	0,0	€ 836.728,80	€ 21.748,80	€ 103.007,44		
0,0	3000,0	60,0	0,0	6,0	42,9	€ 690.730,64	€ 3.385,80	€ 51.145,15	€ 75.422,56	€ 91.607,50
Situatie 1d: Een straat van 3000m lang, 6 pompstations en 42 woningen										
3000,0	0,0	42,0	42,0	0,0	0,0	€ 639.827,16	€ 15.224,16	€ 78.692,72		
0,0	3000,0	42,0	0,0	6,0	42,9	€ 690.730,64	€ 3.385,80	€ 50.766,03	€ 75.043,44	€ 91.228,38
Situatie 1e: Een straat van 3000m lang, 6 pompstations en 30 woningen										
3000,0	0,0	30,0	30,0	0,0	0,0	€ 508.559,40	€ 10.874,40	€ 62.482,91		
0,0	3000,0	30,0	0,0	6,0	42,9	€ 690.730,64	€ 3.385,80	€ 50.513,29	€ 74.790,70	€ 90.975,64
Situatie 1f: Een straat van 3000m lang, 6 pompstations en 18 woningen										
3000,0	0,0	18,0	18,0	0,0	0,0	€ 377.291,64	€ 6.524,64	€ 46.273,10		
0,0	3000,0	18,0	0,0	6,0	42,9	€ 690.730,64	€ 3.385,80	€ 50.260,54	€ 74.537,95	€ 90.722,89

Bij scenario 7 zien we weer hetzelfde terugkomen zoals voorspeld is. Bij situatie d zien we nu bij een brede rijweg een groot prijsverschil met drukriolering waardoor drukriolering interessanter wordt om aan te leggen.

Samenvatting

Situatie a:

1A

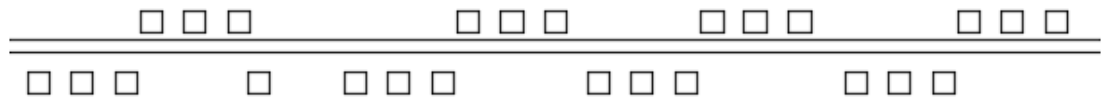


Figuur 20: Situatie a: 25 woningen per 500m (dichtbebouwd)

De drukriolering kost veel meer dan een gravitaire riolering. Dit kan gezegd worden als er veel woningen zijn die gelijk verspreid zijn. Hierdoor kunnen er maar enkele woningen op 1 pompput aangesloten worden en resulteert het in veel pompputten en een hoge kostprijs. Buiten de kostprijs is er ook meer kans op storingen door het hoog aantal pompunits. Als aanbeveling kunnen we zeggen dat in deze situatie er altijd gekozen moet worden voor de aanleg van een gravitair rioleringsstelsel.

Situatie b:

1B



Figuur 21: Situatie b: 25 woningen per 500m

Wanneer een situatie zich voordoet waar ongeveer 25 woningen op 500m gelegen zijn en er 3 woningen op één pompput aangesloten zijn, moet er gekeken worden naar de ruimtelijke omgeving en invloedfactoren. Eerst en vooral moet er gekeken worden naar de breedte van de weg. Als deze in een buitengebied maar enkele meters breed moet zijn, is het aangewezen om een gravitaire riolering aan te leggen, omdat de kostprijs een stuk lager ligt dan drukriolering. Bij een rijwegbreedte van meer dan 3m moet men letten op andere invloedfactoren:

- Bosrijke omgeving: Veel groen zorgt voor meerkosten bij een gravitair stelsel;
- Bochten: Bij grotere afstanden zullen er meer bochten in de weg aanwezig zijn. Hierdoor zullen er meer wegeniswerken zijn voor een gravitair stelsel. De verkeershinder stijgt door werken aan kruisingen.

We zien bij scenario 1, waar geen pompstation aanwezig is, dat het gravitair stelsel een stuk goedkoper is. Dus bij een korte afstand waar geen pompstations nodig zijn en veel woningen zijn kan men best een gravitair stelsel aanleggen. Deze situatie stemt ook niet overeen met een buitengebied maar eerder in een centraal gebied.

Situatie c:

1C



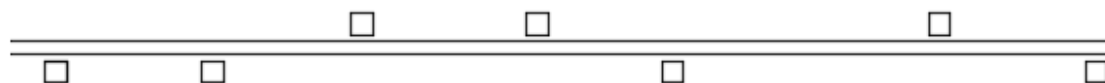
Figuur 22: Situatie c: 10 woningen per 500m

Bij situatie c stijgt het verschil in kostprijzen tussen drukriolering en gravitaire riolering naarmate de weg langer wordt. Bij 500m zien we een verschil van 6000 euro, en bij scenario 7 is het al 13000 euro verschil. Het verschil stijgt in elk scenario een beetje. Wanneer er 10 woningen per 500m zijn en elke woning heeft 1 pompunit, moet men kijken naar de lengte van het project. Bij een grote afstand is het voordeliger om een gravitair stelsel aan te leggen. Bij afstanden van 2km of minder moet er weer gekeken worden naar verschillende invloedfactoren. Dit is als het een rijweg is van 5m breed of meer.

Bij een rijweg van 3m breed of minder is een gravitaire riolering altijd het voordeligst.

Situatie d:

1D



Figuur 23: Situatie d: 7 woningen per 500m

In elk scenario bij een wegbreedte van 5m of meer is een drukriolering het voordeligst en wordt aangeraden om aan te leggen.

In de scenario's is bij een wegbreedte rond de 3m de kostprijs ongeveer gelijk. In dat geval moet er weer gekeken worden naar de ruimtelijke invloedfactoren zoals voordien vermeld.

Situatie e:

1E

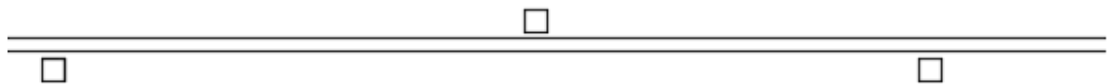


Figuur 24: Situatie e: 5 woningen per 500m

Bij deze situatie zijn er zodanig weinig woningen en zodus weinig pompunits dat de kostprijs voor drukriolering laag ligt. Zonder wegeniswerken ligt het nog hoger dan een gravitair stelsel, maar bij de minste wegenwerken wordt drukriolering weer voordeliger.

Situatie f:

1F



Figuur 25: Situatie f: 3 woningen per 500m

Bij elke weglengte blijkt drukriolering goedkoper te zijn dan een gravitair stelsel. Er zijn zodanig weinig kosten aan pompen en aanleg van de riolering dat het altijd de beste oplossing is bij een laag aantal woningen.

5. Besluit

De vergelijkende studie van de afvoer van afvalwater met drukriolering of een gravitair stelsel wordt grotendeels beslist door een vergelijking van de kostprijs. Wanneer er zich een scenario voordoet waar de kostprijs niet beslissend zal zijn, is het belangrijk om de ruimtelijke invloedfactoren in dat scenario te vergelijken.

De vergelijking in kostprijs zal in de volgende gevallen al doorslaggevend zijn:

- Situatie a
 - o Wanneer er 25 woningen of meer per 500m die even dicht van elkaar staan wordt er in elke situatie aanbevolen een gravitair stelsel aan te leggen.
- Situatie e en f
 - o Bij enkele woningen in de straat, met zo min mogelijk pompunits, is het in elke situatie aanbevolen om een drukriolering aan te leggen.

Wanneer de kostprijs niet beslissend is zoals in de situaties b, c en d moet men met de volgende beïnvloedingsfactoren rekening houden die doorslaggevend kunnen zijn:

- Het aantal bochten zorgt voor een meerprijs voor toezichtputten bij een gravitair stelsel;
- Wegeniswerken:
 - o Drukriolering:
 - bij aanleg van fietspaden of een andere verharding moet men opletten met de meerprijs;
 - doorboringen onder kruisingen zoals treinsporen, waterlopen e.d.
 - o Gravitair stelsel:
 - breedte van de weg;
 - golvend reliëf;
 - soort verharding;
 - verplaatsing nutsleidingen.
- Minder-hinder-maatregelen;
- Beplanting:
 - o bij drukriolering kunnen er doorboringen onder de planten en bomen doorgaan, zodat er geen schade is;
 - o bij een gravitair stelsel moet de beplanting geroid worden voor de aanleg van de leiding.

Wanneer men een beslissing moet maken om een rioleringsstelsel aan te leggen kan men deze aanbevelingen volgen om tot de meest economische oplossing te komen.

6. Literatuurlijst

[1] CIW, Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, "Code van goede praktijk voor rioleringsystemen", deel 4: DWA-systemen, 2012. [Online]. Beschikbaar: <http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/publicaties/code-goede-praktijk-rioleringsystemen>. [Geraadpleegd op 30 november 2014].

[2] CIW, Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, "Code van goede praktijk voor rioleringsystemen", deel 2: Afwateringssysteem, 2012. [Online]. Beschikbaar: <http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/publicaties/code-goede-praktijk-rioleringsystemen>. [Geraadpleegd op 30 november 2014].

[3] CIW, Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, "Code van goede praktijk voor rioleringsystemen", deel 9: onderhoud, 2012. [Online]. Beschikbaar: <http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/publicaties/code-goede-praktijk-rioleringsystemen>. [Geraadpleegd op 30 november 2014].

[4] VMM, "Toepasbaarheid van drukriolering in Vlaanderen", 2012.

[5] RIONED, "Niet in het riool". [Online]. Beschikbaar: <http://www.nietinhetriool.nl/>. [Geraadpleegd op 30 april 2015].

[6] Rioolbeheerder A, "Eindafrekeningsdossier project Crutzen", Hasselt, 2009.

[7] Rioolbeheerder A, "Eindafrekeningsdossier project Graevenveld", Bree, 2005.

[8] Rioolbeheerder A, "Eindafrekeningsdossier project Dreelveld", Bree, 2004.

[9] Rioolbeheerder B, "Eindafrekeningsdossier project Loveld", Aalter, 2012.

[10] Rioolbeheerder B, "Eindafrekeningsdossier project Eeklo", Eeklo, 2015

[11] Rioolbeheerder B, "Eindafrekeningsdossier project Villawijk Kapellenbos", Kapellen, 2008.

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Vergelijkende studie 2 DWA-riolering met drukriolering versus gravitaire riolering op basis van praktijkonderzoek

Richting: **master in de industriële wetenschappen: bouwkunde**

Jaar: **2015**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Vangenechten, Dries

Datum: **21/08/2015**