

Het vacuum rioleringsysteem

Wanneer u op stap gaat om grootmoeder koekjes te brengen in het bos, kunt u bijvoorbeeld uw olifant meenemen om de zak met koekjes te dragen. U kunt dan wel een paar ton koekjes meenemen. Komt u bij het dichtbegroeide bos aan, dan zal de olifant zich een weg moeten banen, door struiken plat te trappen en bomen opzij te zetten. Hij zal een spoor van vernielingen achterlaten.

Gaat u echter met uw aap op stap, dan is de situatie anders. De aap kan maar een paar kilo of een paar ons koekjes meenemen; dat is vast wel genoeg, want grootmoeder heeft toch niet meer nodig. Bij het bos aangekomen zal de aap zijn eigen weg gaan bepalen. Hij zal om bomen en struiken heenlopen en als het op de grond moeilijk wordt, klimt hij een boom in en gaat verder slingerend van tak naar tak. Hij zal wel eerder bij grootmoeder zijn dan u. Zijn transportkwaliteit is meer aangepast aan grootmoeders behoefte dan die van de olifant, en er is nauwelijks sprake van een spoor van vernielingen onderweg.

Deze vergelijking kwam in mij op bij bestudering van het vacuum rioleringsysteem. Leidingen kunnen meer aangepast worden aan kleine afvalwateraanvoeren, waardoor omvang en kosten beperkt kunnen worden. Tevens

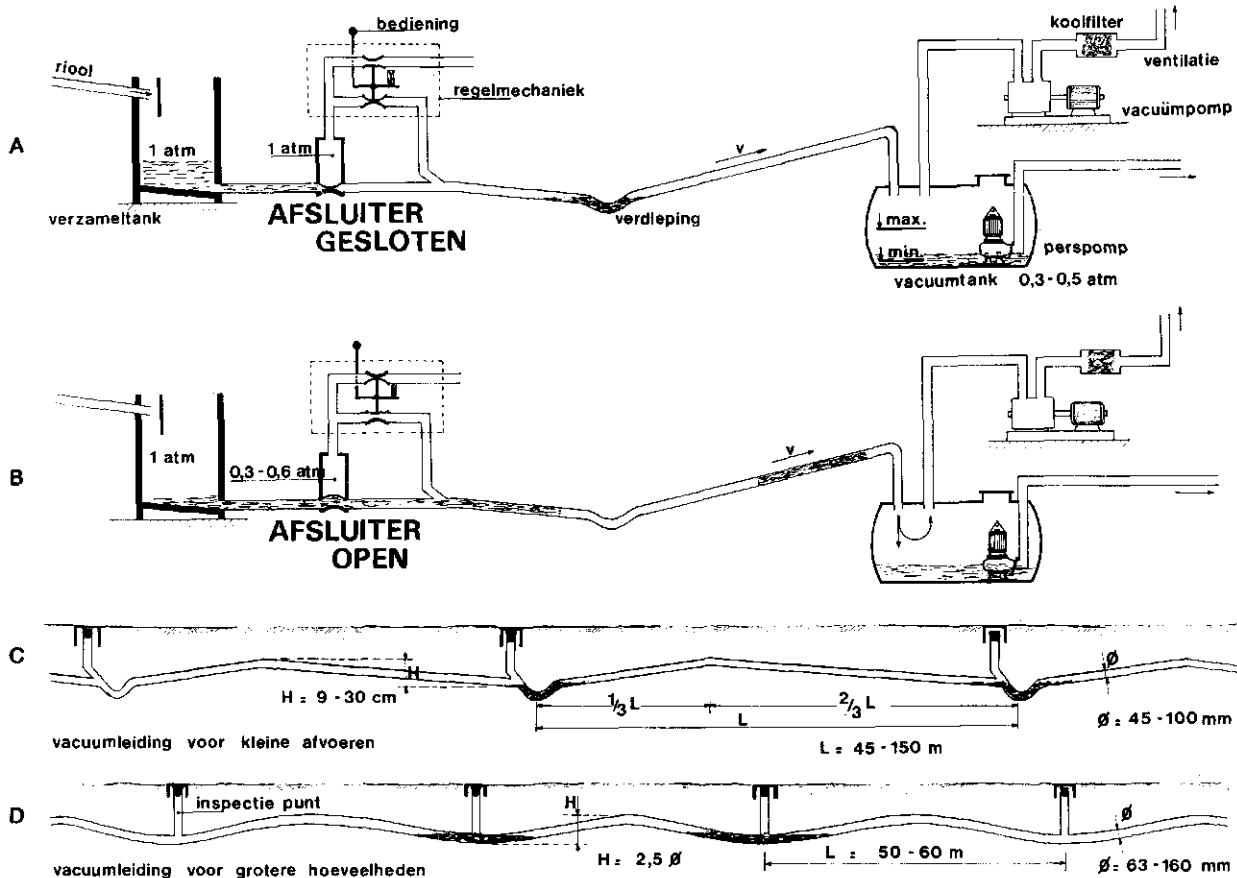
kan men in zekere mate met de leidingen de loop van het terrein volgen en de leidingen om obstakels heenleggen, waarmee t.o.v. de starre en grove vrij-verval riolering een speelse wijze van riolering mogelijk is. Deze wijze, te vergelijken met het speelse gemak, waarmee de aap zijn weg vindt, was voor mij een reden om het systeem verder te gaan bestuderen, als een potentiële oplossing voor die gebieden, waar conventioneel rioleren grote problemen oproept.

Het vacuumsysteem is in 1959 voor het eerst toegepast. Toen ging het enkel nog om vacuumtoiletten. Nu de goede werking daarvan bewezen is, wordt het systeem verder ontwikkeld tot de complete rioleringstechniek, zoals deze sinds kort ook aan de uitvoeringsmogelijkheden — na uitvoerige laboratoriumproeven — is toegevoegd.

Dit laatste systeem is vooral geschikt voor gebieden met extensieve bebouwing, gebieden met een slappe bodem of met hoge grondwaterstand, smalle bochtige wegen, dijken en sloten.

Het leent zich daarom vooral voor vele Nederlandse dorpen en voor bepaalde typen recreatieve projecten en misschien in enkele gevallen ook voor stedelijke gebieden.

Afb. 1 - Principeschets van de werking van het vacuumrioleringsysteem. 1a. De afsluiter is gesloten; er is geen transport. 1b. De afsluiter is open; er is transport. 1c. Lengteprofiel van de zwartwaterleiding. 1d. Lengteprofiel van de grijswaterleiding en van de vacuflowleiding.



Vacuüm rioleringsysteem

Of er nu wordt gesproken van het vacuümtoiletsysteem dan wel van het vacuüm grijswaterafvoersysteem of Vacuflow rioleringsysteem, in feite komt de werking steeds op hetzelfde principe neer.

Eerst zal op dit principe worden ingegaan, waarna de drie vormen verder worden behandeld.

Werking vacuümsysteem: algemeen principe (afb. 1)

In een verzameltank wordt het afvalwater verzameld. Is de tank zodanig gevuld, dat men tot afvoer wil overgaan, dan kan men met de hand, met een vlotter of elektrisch een signaal geven aan het schakelmechanisme. Dit mechaniek werkt mechanisch en hydraulisch met lucht. Het mechaniek blijft daarbij droog. Voor het mechaniek zelf is geen elektriciteit nodig (afb. 1A en 1B). Bij de tank wordt een afsluiter in de vacuümleiding geplaatst. De leiding komt uit in de vacuümtank. Door middel van een vacuümpomp wordt in deze tank een onderdruk gehandhaafd van 5 - 7 m.w.k., evenals in de vacuümleiding, die in open verbinding met de tank staat. Wordt het regelmechaniek bediend, dan wordt eerst in dit mechanisme een afsluiter geopend, waardoor de afsluiter in de leiding door de onderdruk opengezogen wordt.

Het vuile water uit de verzameltank wordt nu de leiding ingezogen, samen met of gevolgd door een zekere hoeveelheid lucht.

Afhankelijk van de lengte en het type van de leiding brengt men om de 50 - 100 meter verdiepingen aan (afb. 1c en 1d).

De stroomsnelheid in de leiding is gemiddeld ca. 2 - 3 m/s en bij een vacuümtoilet loopt de snelheid op tot 20 - 30 m/s gedurende de drie seconden, dat de afsluiter is geopend.

Als de tank leeg is, wordt de afsluiter automatisch gesloten. De stroming stopt en het zich nog in de leiding bevindende afvalwater verzamelt zich op de diepste punten van de leiding.

In het geheel heeft de vacuümtank 2 functies, n.l.:

1. een bufferfunctie voor het verkrijgen en behouden van een voldoende vacuüm, zodat drukschommelingen worden opgevangen en voorkomen wordt, dat de vacuümpomp bij elke spoeling moet aanslaan;
2. een opslagfunctie voor het verzamelde water, waarbij de inhoud is aangepast aan de wijze van afvoer, de capaciteit van de afvoerpomp en het aantal malen per uur, dat deze mag aanslaan.

Voor beide functies is aldus een zeker volume nodig, waarvan de grootte per situatie berekend moet worden. De onderdruk wordt in stand gehouden door een vacuümpomp van het wattering type.

De lucht wordt via een koolfilter afgevoerd naar een punt boven het dak van het betreffende gebouw.

Met het koolfilter wordt de tank weggenomen.

De vacuümtank kan men periodiek laten ledigen met een kolkenzuiger (afb. 2a). Ook kan men het afvalwater afvoeren met een perspomp direkt naar het gemeentelijk riool (afb. 2b) of een zuiveringsinstallatie (afb. 2c), dan wel met een lange persleiding (afb. 2d) naar een gemeentelijk rioolstelsel, een rioolwaterzuiveringsinstallatie of een andere persleiding op grotere afstand.

De perspomp wordt hierbij veelal in de vacuümtank geplaatst (onderwaterpomp). Dit heeft het voordeel, dat

er geen diepe betonnen ontvangkelder gebouwd hoeft te worden, zoals bij het vrij-vervalsysteem noodzakelijk is. De opvoerhoogte van de perspomp wordt bepaald door achtereenvolgens de onderdruk in de tank (ca. 7 m.w.k.) de hoogte van de pomp t.o.v. het maaiveld (ca. 2,50 m), de leidingweerstand en de eventuele statische opvoerhoogten in de persleiding zelf.

Er kunnen twee perspompen in de tank geplaatst worden, waarbij de één de reserve is voor de ander en omgekeerd.

Transport

1. Meestal wordt een mengsel van water en lucht getransporteerd. Tijdens het ontwerp bepaalt men de verhouding water : lucht = 1 : γ in de leiding. Wordt bijv. één volumedeel water op één volumedeel lucht onder atmosferische druk ingelaten, dan zal de lucht in de leiding expanderen tot bijv. 2 volumedelen bij 5 m.w.k. onderdruk. Wat er werkelijk in de leiding gebeurt, laat zich moeilijk beschrijven. Men kan het gebeuren schematiseren. Men kan aannemen, dat „proppen” water worden getransporteerd, afgewisseld met „proppen” lucht. Het water ondervindt tijdens het transport een wrijvingsweerstand; de weerstand van de „proppen” lucht is te verwaarlozen.

Afb. 3 geeft een voorbeeld.

Heeft men een leiding van 2 km met een inwendige diameter van 50 mm, dan kan men het water door de leiding persen, door de druk aan het begin van de leiding te verhogen, of door de druk aan het eind te verlagen. Wil men een stroomsnelheid van 1 m/s handhaven, dan moet in dit geval in de persleiding het drukverschil ca. 30 m.w.k. bedragen (afb. 3b en 3c). Bij de vacuümafvoer, met bijv. $\gamma = 6$ en $v = 1$ m/s bedraagt het benodigde drukverschil slechts ca. 5 m.w.k. (afb. 3c en 3d). Praktisch kan men max. ca. 7 m.w.k. drukverschil bereiken.

Bij de persleiding wordt in dit voorbeeld 7,2 m³/uur getransporteerd en bij het vacuümsysteem ca. 1 m³/uur, overeenkomend met aansluiting van resp. 700 en 100 i.e. De capaciteit van het vacuümsysteem is in dit voorbeeld weliswaar veel kleiner, echter in vele gevallen is deze kleinere capaciteit meer aangepast aan de omstandigheden, terwijl het energieverbruik per getransporteerde liter water lager is dan bij verpompen van het afvalwater.

2. In het ideale geval beweegt het water zich als een prop door de buis, voortgedreven tussen proppen lucht met elk een verschillende druk, P1 en P2 (afb. 3a); de kracht F is gelijk aan het oppervlak maal het drukverschil. $F = \text{Opp.} \times (P1 - P2)$.

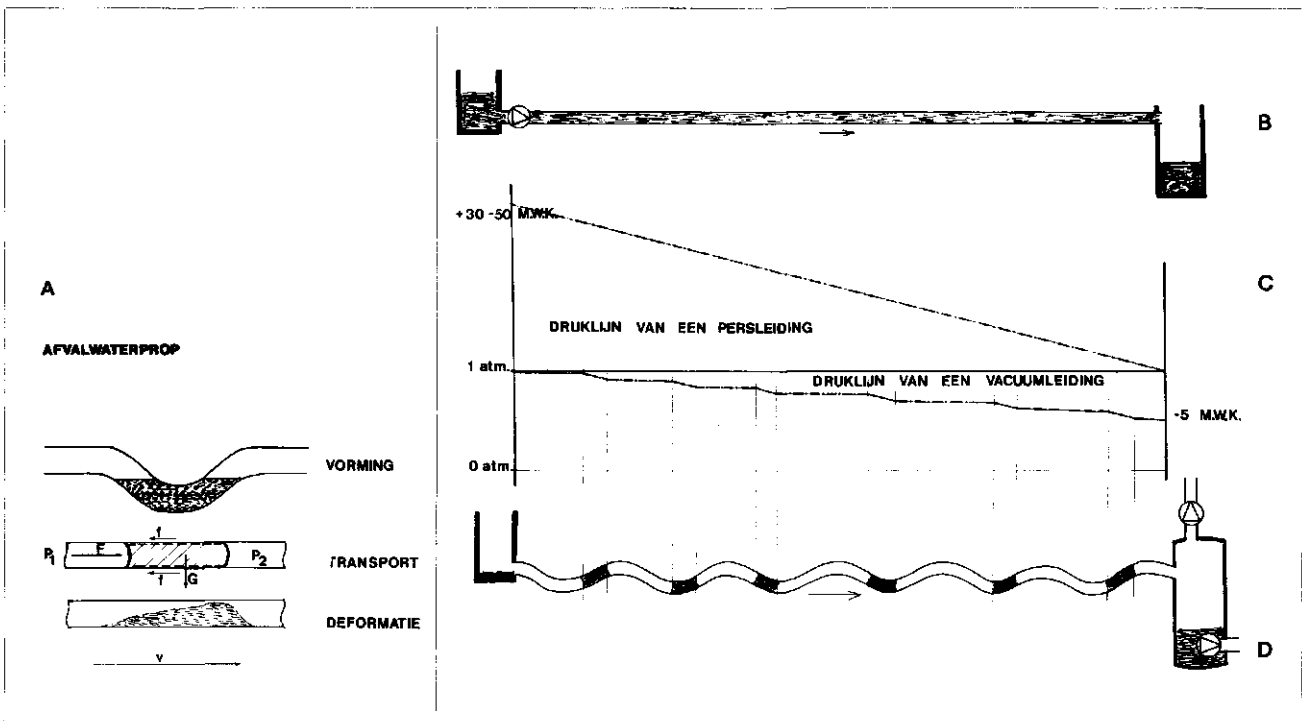
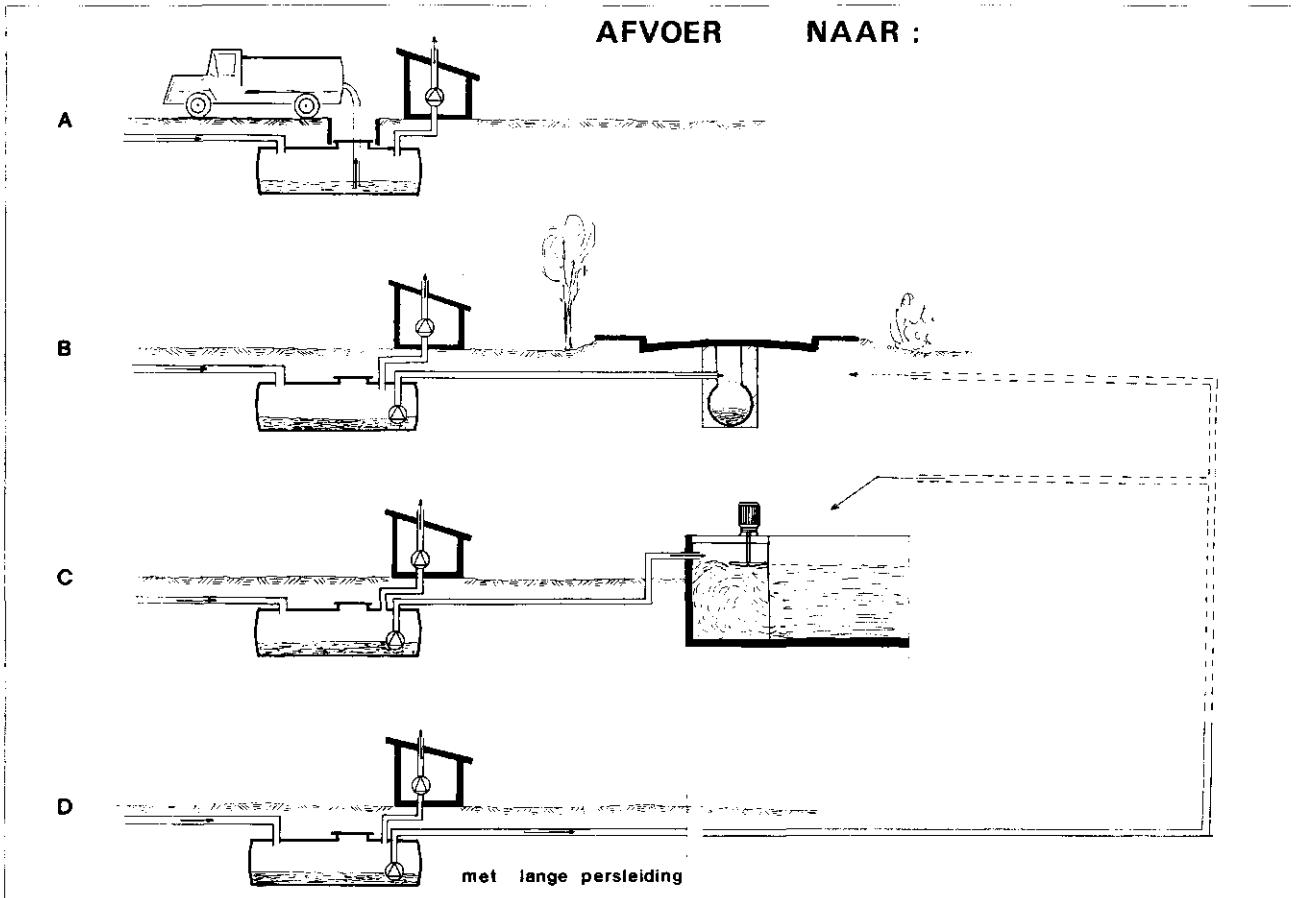
Doordat het wrijvingsbeeld niet symmetrisch is, deformeert de prop na enige tientallen meters.

De lucht stroomt dan over de prop heen en het water wordt niet meer door de lucht voortgestuwd. Het zakt nu naar een verdiepte gedeelte, waar de prop zich weer herstelt, zodat het transport verder gaat.

3. Evenals bij de persleiding kan het water opgevoerd worden. In totaal kan in één leiding bij normale toepassing op deze wijze een hoogteverschil van 5 meter overwonnen worden, hetzij in één stap, hetzij in meerdere stappen (afb. 4). In bijzondere uitvoeringen is het mogelijk om grotere opvoerhoogten te bereiken.

4. Heeft men bijv. 100 woningen aangesloten op één systeem, dan kan men volstaan met 1 pompstation met 2 perspompen en 3 vacuümpompen, terwijl bij

Afb. 2 - Wijze van afvoer van het afvalwater uit de vacuumopslagtank. 2a. Bij aanvoer van een beperkte hoeveelheid afvalwater: afvoer met een kolkenzuiger. 2b. Afvoer met een zuigperspomp naar een nabijgelegen gemeentelijk vrij-vervalriool. 2c. Afvoer met een zuigperspomp naar een nabijgelegen rioolwaterzuiveringsinstallatie. 2d. Afvoer met een zuigpersomp via een lange persleiding naar een gemeentelijk riool, een r.z.i. of een andere persleiding.



Afb. 3 - Principe van het transport van een mengsel van water en lucht door een golvend gelegde leiding. 3a. Vorming, transport en deformatie van de „waterprop”. 3b. Schema van watertransport in een lange horizontale persleiding. 3c. Druklijn van de persleiding en de vacuümleiding (t.o.v. de atmosferische druk). 3d. Schema van watertransport in een lange vacuümleiding.

bijv. een persleidingsysteem met een pomp bij elk huis tenminste 100 perspompen nodig zijn.

5. Men kan de leidingen dagelijks leegzuigen door bijv.

's nachts gedurende enige minuten aan het begin van de leidingen slechts lucht in te laten. Hierdoor is men verzekerd van de ontvangst van „vers” afvalwater op de rioolwaterzuiveringsinstallatie. Heeft men persleidingen vanaf recreatieterreinen, waar in de winter maar enkele bewoners zijn, dan heeft men in dat geval een verblijftijd in de leiding van verschillende dagen. Wil men in dat geval toch „vers” afvalwater aanvoeren, dan zal men deze persleiding met relatief veel schoon water moeten doorspoelen, hetgeen men dan ook zal moeten zuiveren.

6. Sluit men de vacuumtoiletten aan op het vacuumafvoersysteem, dan heeft men in het toilet slechts 1,2 liter water per spoeling nodig. Het transport vindt plaats met lucht i.p.v. met water. Dit betekent een vermindering van het watergebruik met 6-8 liter per spoeling t.o.v. het gebruik van de gewone toiletten.

Samenstelling huishoudelijk afvalwater

Voordat verder wordt ingegaan op het vacuumafvoersysteem, moet eerst iets gezegd worden over het afvalwater zelf.

Bij dit systeem wordt door de firma Electrolux onderscheid gemaakt tussen toiletwater, zwart water genoemd, en het overige deel van het huishoudelijke afvalwater, grijs water genoemd.

Afb. 5 geeft een beeld van de samenstelling van huishoudelijk afvalwater. De percentages slaan op het gewichtsdeel van de betreffende verontreiniging, aanwezig in het zwarte, resp. grijze water.

In afb. 5 zijn 3 belangrijke componenten opgenomen, n.l. de organische verontreiniging (i.c. BOD en COD), de eutrofiërende verontreiniging (i.c. fosfor en stikstof) en de bacteriële verontreiniging (i.c. E.coli bacteriën).

Als voorbeeld volgt een berekening van de BOD-gehalten van zwart en grijs water, uitgaande van een totaal BOD₅²⁰ produktie van 54 gram O₂ per persoon per dag.

$$\text{Het BOD}_5^{20} \text{ van het zwarte water is } \frac{0,65 \times 54000}{8 \text{ liter}} = 4750 \text{ mg O}_2/\text{liter.}$$

$$\text{Het BOD}_5^{20} \text{ van het grijze water is } \frac{0,35 \times 54000}{80 \text{ liter}} = 190 \text{ mg O}_2/\text{liter.}$$

Een duidelijk verschil in concentratie, vandaar de termen zwart water en grijs water.

Een dergelijke berekening kan men ook voor de andere vervuilingcomponenten uitvoeren.

Het maken van onderscheid in de 2 soorten afvalwater heeft de volgende redenen:

1. Transport van toiletwater, zwart water, vindt plaats in een aparte leiding met een verhouding atmosferische lucht : water 100 : 1,5, terwijl grijs water of gemengd huishoudelijk afvalwater wordt afgevoerd met een verhouding atmosferische lucht : water (1 à 4) : 1 met max. snelheden van resp. ca. 20-30 m/s en 2-3 m/s.

2. Soms is het toegestaan of mogelijk om het grijze water te lozen of te infiltreren, mits het meeste vuil in de vorm van het zwarte water wordt afgevoerd. Zo zou men het toiletwater van toiletgebouwen op recreatieterreinen kunnen verzamelen in de vacuumtank en per

tankauto kunnen afvoeren, terwijl men het was- en douchewater door middel van een zinkput infiltreert in de bodem.

3. Het voorgaande is vooral mogelijk, indien het grijze water geen bijzondere stoffen als eutrofiërende componenten bevat. Dit is meestal het geval als men bovengenoemde toiletgebouwen aansluit en verder ook in belangrijke mate, wanneer men tot gebruik van fosfaatvrije wasmiddelen kan overgaan (afb. 5b).

4. In het geval van punt 3 kan men overgaan tot een speciale vorm van afvalwaterzuivering. Het zwarte water brengt men in een tank, waarin ook kalk wordt gedoseerd, zodat de pH na een goede menging oploopt tot 11 à 12. Ten gevolge van de hoge pH worden alle bacteriën en dus ook de ziektekiemen gedood.

Door het beluchten wordt ook een deel van de ammoniak omgezet. Wanneer men het mengsel tot rust laat komen, bezinken de zware componenten, waarbij de kalk als hulpmiddel dienst doet. Het bezonken slib bevat 95% van de aanwezige fosfaten. Men kan het water erboven aftappen en na neutralisatie samen met het grijze water aan een oxydatief biologische zuiveringsbehandeling onderwerpen. Het resultaat is een effluent dat arm is aan eutrofiërende stoffen, bacteriën en BOD, verkregen met een minimum aan chemicaliën.

5. Men kan overwegen het slib uit de eerste behandeling, dan wel al het zwarte water, waaraan kalk is toegevoegd, als meststof te gaan gebruiken. Hierin zijn de drie belangrijkste componenten van kunstmest aanwezig, n.l.: fosfaat, ammoniak en kalk, terwijl ziektekiemen afwezig zijn. De grondstof, het toiletwater, is een tamelijk gecontroleerd produkt; men „kent” er over het algemeen de samenstelling van.

6. Uitgaande van de gedachte die in de punten 2 t/m 5 is ontwikkeld kan men de scheiding in grijs en zwart water in verband zien met het behandelen van het afvalwater in het algemeen.

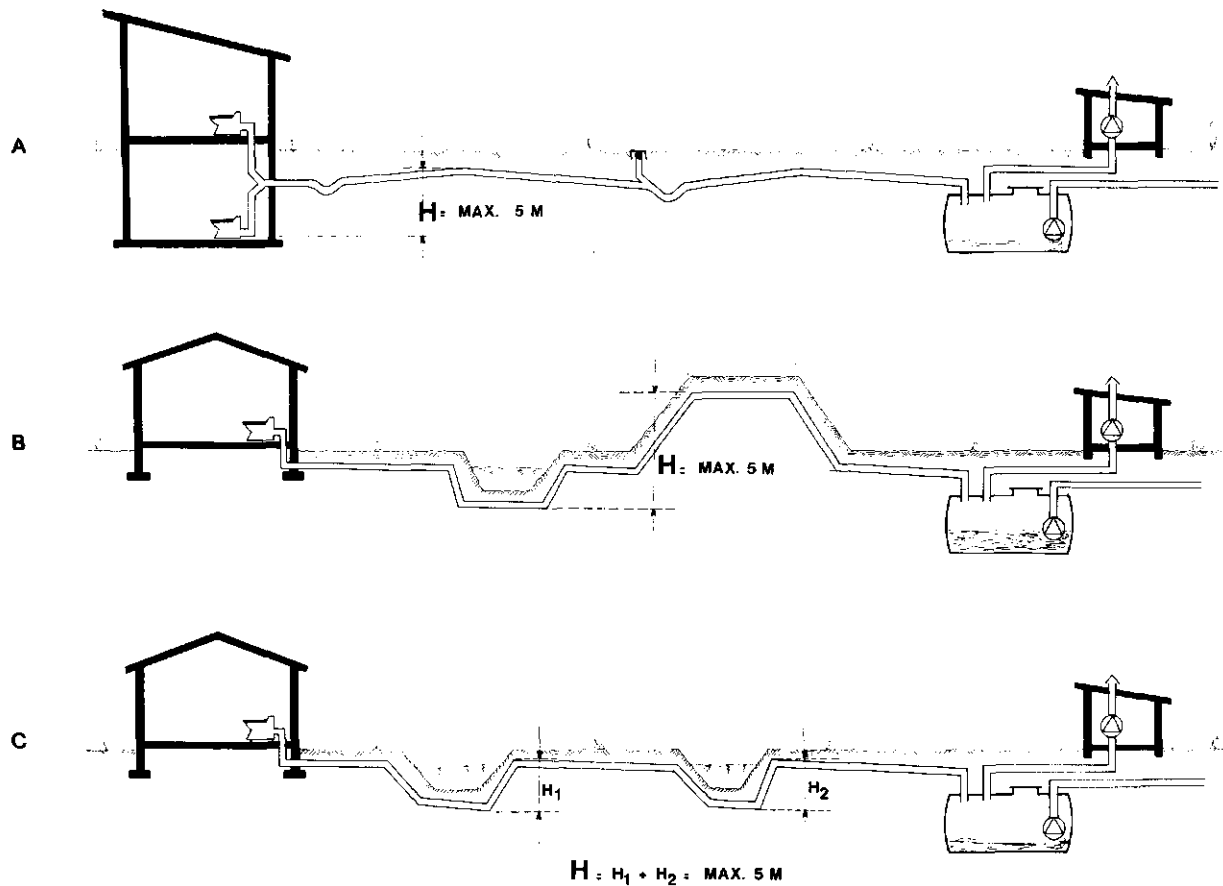
Vóór de centrale drinkwaterdistributie werden urine en fecaliën verzameld in bijv. beerputten. Dit was mogelijk doordat het volume beperkt bleef. Het zo verzamelde vuile water, de „beer”, kon als mest periodiek over het land worden verspreid, waarmee de natuurlijke kringloop vrijwel gesloten werd.

Doordat men steeds meer spoelwater ging gebruiken werden de te bergen hoeveelheden zo groot, dat men moest overgaan op het lozen op open water. Daarmee werd het zuiveringsproces noodzakelijk, omdat het oppervlakte water juist arm moet zijn aan meststoffen. Met behulp van vacuumtoiletten kan men in principe het oude, op de natuurlijke processen afgestemde systeem weer benaderen, doordat op een hygiënische verantwoordelijke toiletwater in zeer geconcentreerde vorm over grote afstanden kan worden ingezameld. Gaat men het ingezamelde produkt inderdaad als mest gebruiken, dan valt een belangrijk deel van de zuiveringsinstallatie, omdat meer dan de helft van de huishoudelijke „vervuiling” op een andere, meer in de natuurlijke kringloopprocessen passende, manier verwerkt wordt.

Uitvoeringsvormen vacuumsysteem

1. *Vacuumtoiletsysteem* (afb. 6a)

Het vacuumtoilet is een speciaal gevormde trechterclosetpot. Boven in de pot bevindt zich een ringvormig gebogen

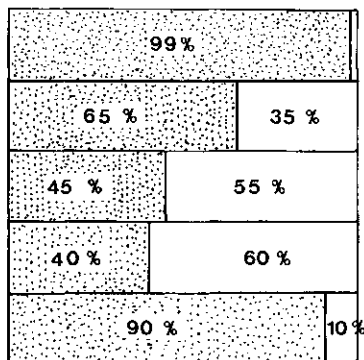


Afb. 4 - In een vacuümleidsysteem mag een maximale gesommeerde opvoerhoogte, $h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n = H$, van 5 meter ingebouwd worden. Bij bepaalde binnenleidsystemen mag de opvoerhoogte groter zijn.

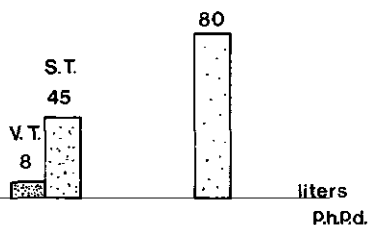
Afb. 5 - Samenstelling van huishoudelijk afvalwater. Verdeling van verschillende verontreinigingen, in gewichtprocenten, over het toiletwater, resp. overig huishoudelijk afvalwater. V.T. = vacuümtoilet. S.T. = spoeltoilet.

SAMENSTELLING HUISHOUDELIJK AFVALWATER

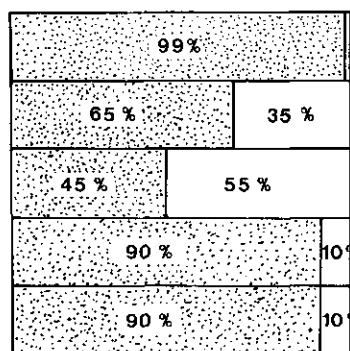
FOSFAATHOUDENDE WASMIDDELEN



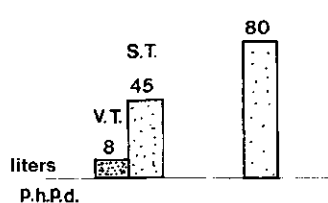
zwart water (toilet) grijs water (rest)



FOSFAATVRIJE WASMIDDELEN



zwart water (toilet) grijs water (rest)



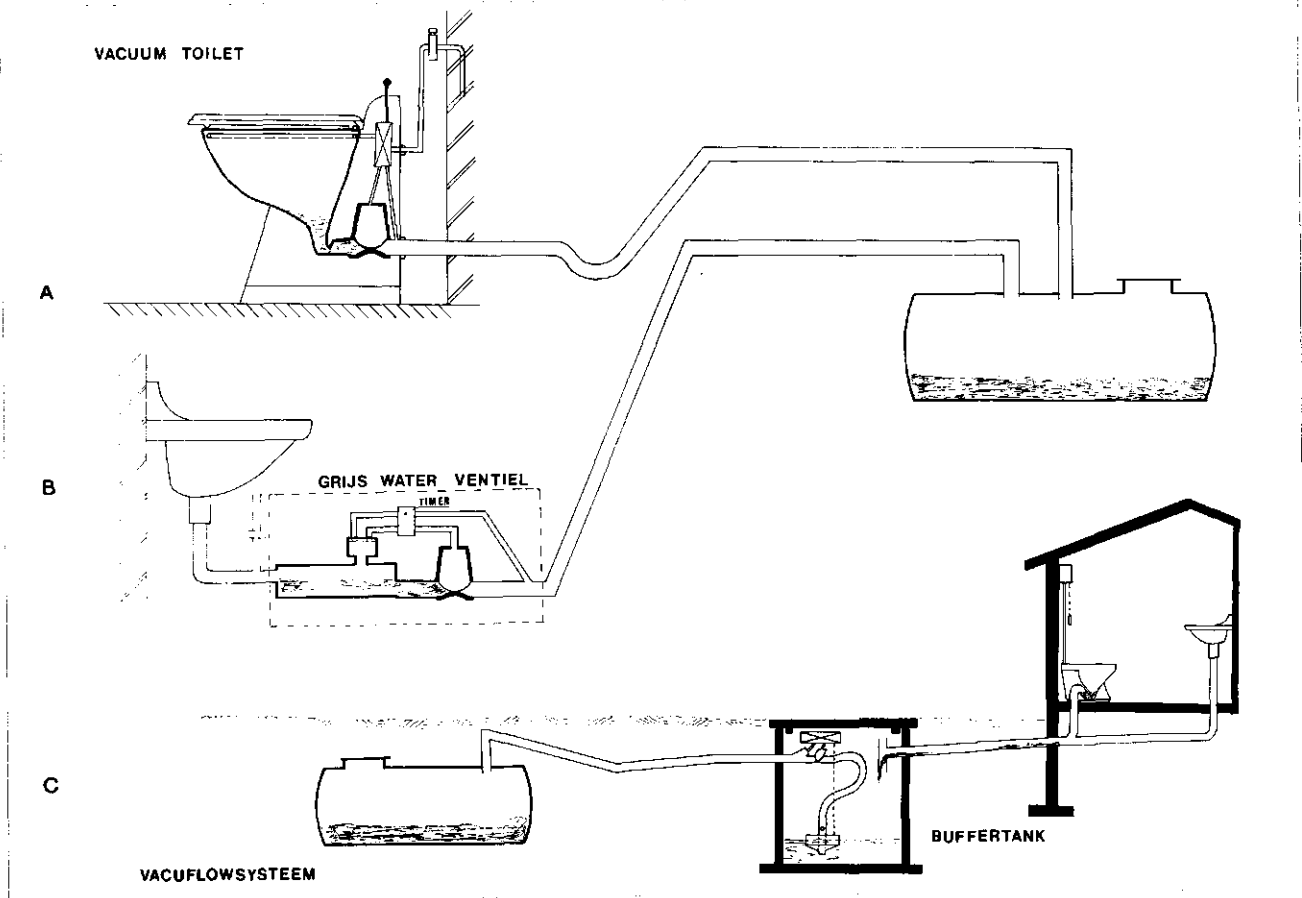
E. coli Bacteriën

B.O.D.

C.O.D.

P

N



Afb. 6 - Drie uitvoeringsvormen van het vacuumrioleringsstelsel. 6a. Vacuumtoilet (en urinoirs) met zwartwaterleiding. 6b. Grijswater-ventiel (voor wasbakken, wasmachines, douches etc.) met grijswaterleiding. 6c. Vacuflowsysteem met buffertank en vacuumleiding voor gemengde afvoer van zwart en grijs water. Binnen de woning is een conventioneel leidingstelsel met conventioneel sanitair aanwezig.

buis, voorzien van gaatjes. Deze buis is op de drinkwaterleiding aangesloten via het schakelmechaniek. Er moeten een keerklep en een beluchter in de waterleiding worden aangebracht.

Wanneer men op de knop drukt, gaat de afsluiter 3 sec. open en het vuile water wordt afgezogen met een snelheid oplopend tot 30 m/s. Tegelijkertijd begint via de sproeiing het schoonspelen van de pot. Na het sluiten van de afsluiter wordt de pot gedurende 4 sec. nagevuld met in totaal ca. 0,7 l water.

Bij deze procedure wordt bij elke spoeling eerst 1,5 l water afgezogen en daarna ca. 100 liter lucht van atmosferische druk.

2. Het grijswater afvoersysteem (afb. 6b)

Het water uit een bad, wasbak, urinoir enz. komt in een tankje terecht. Is dit tankje vol, dan wordt automatisch de afsluiter gedurende enige seconden geopend, zodat eerst het water uit dit tankje wordt weggezogen, gevolgd door een zekere hoeveelheid lucht, afhankelijk van de instelling van een tijdschakelaar. Dit geheel wordt het grijswaterventiel genoemd.

3. Het Vacuflowsysteem (afb. 6c)

Bij dit systeem wordt een buffertank van ca. 1-3 m³ (1,5 x de dagafvoer) buiten de woning in de grond geplaatst. Het huishoudelijk afvalwater stroomt onder vrijval naar deze tank, inclusief het water van de gewone toiletten.

Wanneer het water in de tank een bepaald niveau heeft bereikt, gaat de afsluiter open en wordt een mengsel van water en lucht aangezogen (bijv. 1 : 4). Dit gaat met een hoeveelheid van minimaal ca. 100 liter water/min. Na een bepaalde tijd is de tank leeg en sluit de afsluiter zich weer.

Bij het vacuumtoiletsysteem worden leidingmeters gebruikt van (Ø 50/45,2), Ø 63/57, Ø 75/67,8 en Ø 90/81,4. Voor het tweede en derde systeem zijn de diameters in het algemeen: Ø 75/67,8, Ø 90/81,4, Ø 110/99,9, Ø 125/113, (Ø 140/126,6) en Ø 160/144,6.

Hierbij zijn de stroomsnelheden van het water- en lucht-mengsel gemiddeld 1 m/s, zodat u de globale capaciteit kunt berekenen. Als de leiding van Ø 160 te klein zou zijn, kan ook een dubbele leiding worden gelegd.

Toepassingen en combinaties

Afhankelijk van de wensen en mogelijkheden ter plaatse kan men de 3 systemen op verschillende manieren combineren.

1. Vacuumtoiletsysteem (1-pijps)

Om bijv. water te besparen of om de ernstige vervuiling te stoppen, kan men een woning enkel van een vacuumtoiletsysteem voorzien, terwijl men het waswater op de gebruikelijke wijze blijft afvoeren (afb. 7a).

2. Vacuumtoiletsysteem + grijswaterafvoer (2-pijps)

Al het huishoudelijke afvalwater wordt naar het vacuum-

station afgevoerd, door 2 pijpen, een grijswaterleiding en een zwartwaterleiding. Bij elke wasbak, douche etc. moet een grijswaterventiel ingebouwd worden (afb. 7b).

3. Vacuflowsysteem (1-pijps)

Al het huishoudelijke afvalwater wordt binnen de woning op de gebruikelijke manier afgevoerd naar buiten. Daar wordt het opgevangen in de buffertank, van waaruit het periodiek wordt afgezogen, bijv. 1 x per uur, 1 x per 12 uur of 1 x per dag (afb. 7c).

4. Vacuflowsysteem + vacuümtoiletsysteem (2-pijps)

Met alleen het Vacuflowsysteem kunnen geen waterbesparende vacuümtoiletten worden aangesloten.

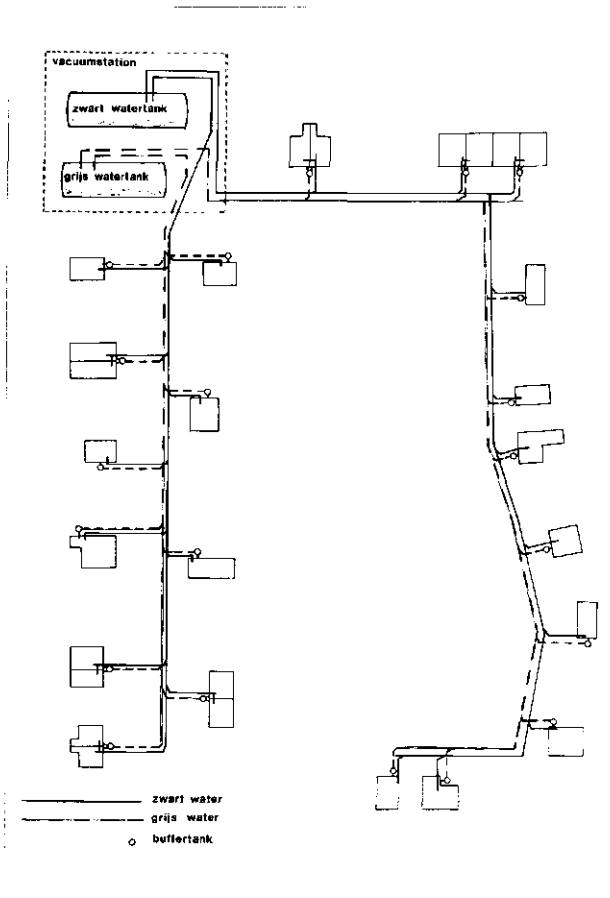
Wil men deze vacuümtoiletten wel aansluiten, dan moet een aparte zwartwaterleiding naar de tank worden gelegd. Dit is nodig omdat bij het leegzuigen van de buffertank — dat enkele minuten kan duren — de onderdruk ter plaatse zodanig vermindert, dat het vacuümtoilet niet kan werken. Dit is onaanvaardbaar. Het leggen van de extra zwartwaterleiding is in verhouding slechts een kleine kostenverhogende faktor.

Met dit viertal mogelijkheden kan men gaan variëren bij het ontwerpen. De keuze is zeer afhankelijk van de omstandigheden zoals:

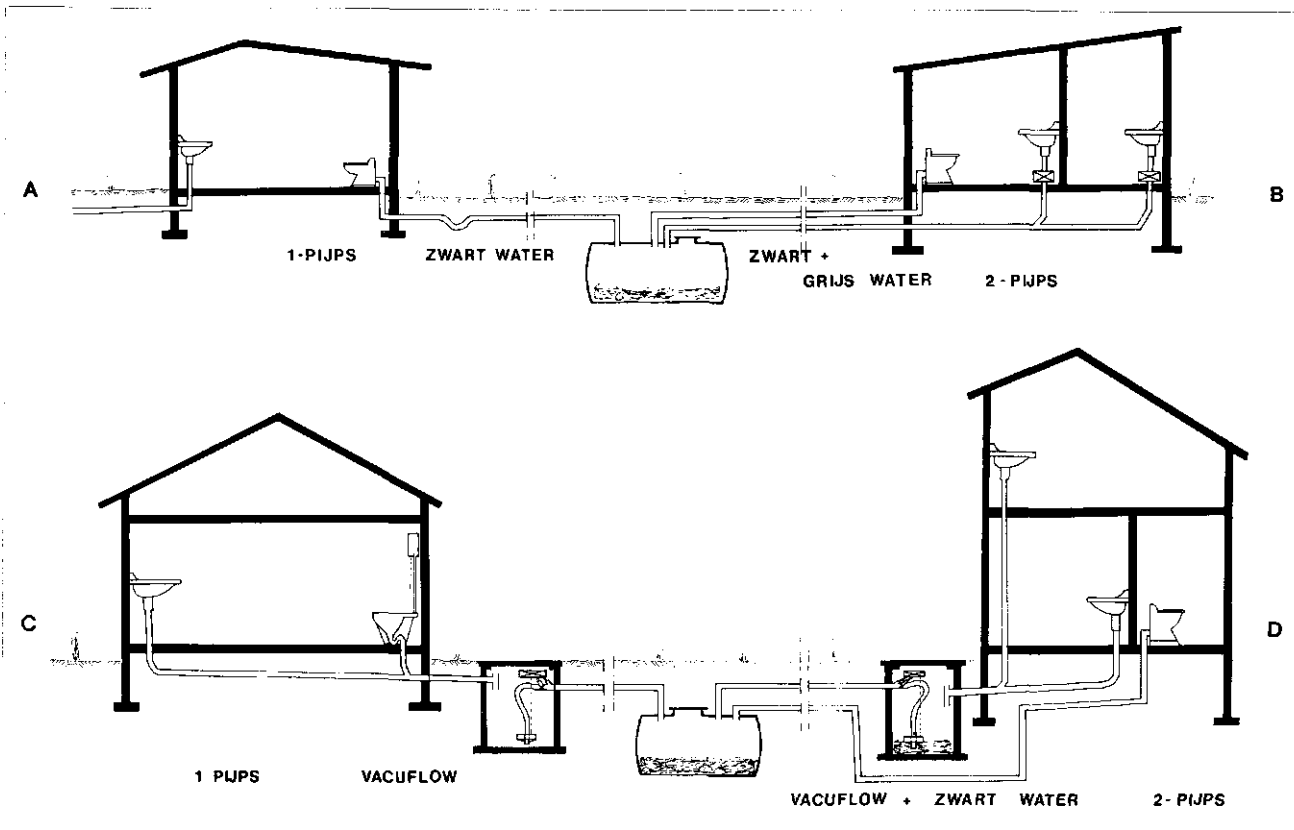
- grootte van het te behandelen gebied;
- aard van het gebied — dorp, lintbebouwing, camping, stacaravans met aansluiting, strandbad complex etc.;
- dichtheid van de bebouwing;
- totale afvalwaterproduktie;
- doel: waterbesparing bij toiletten?

In afb. 8 wordt een beeld gegeven van de aansluiting

Afb. 8 - Voorbeeld van de wijze van aansluiting van woningen in verschillende straten in een dorp op het vacuümrioleringsstelsel. In dit geval een 2-pijpsstelsel.



Afb. 7 - Toepassing van het vacuümsysteem met 1- en 2-pijpsystemen.



van een groep huizen op een vacuumstation met een 2-pijps-stelsel, een vacuumtoiletleiding (zwart water) en een leiding voor aansluiting van de buffertanks (grijs-water).

Zo is het zelfs mogelijk om meer dan 200 huizen op één vacuumstation aan te sluiten.

Regenwater

Bij het vacuumsysteem wordt met kleine leidingdiameters gewerkt. Voor de normale afvalwaterproductie wordt ruim genoeg gedimensioneerd. De diameters zijn echter veel kleiner dan gebruikelijk bij huisaansluitingen en straatriolen, waarvan de diameters resp. minimaal 12 cm en 20 cm bedragen.

Tengevolge van de kleine diameters van de vacuumleidingen is het niet mogelijk regenwater met dit systeem af te voeren (tijdens de bui, in evenredige hoeveelheden). Over het algemeen is dit niet nodig ook, want

1. Op recreatieterreinen is het zeer onverstandig om vuilwater en regenwater af te voeren. Men ontvangt dan n.l. gedurende het gehele jaar regelmatig veel water op de zuiveringsinstallaties, hoewel er vaak slechts enkele kleine vuilwaterproducenten aanwezig zijn. Ten gevolge van de stootbelastingen door regenval geeft dit in de winter technisch zeer grote problemen op de zuiveringsinstallatie. Het is dus noodzakelijk om op een camping het regenwater gescheiden af te voeren, bijv. naar sloten, greppels of zinkputten.

2. Over het algemeen is het in Nederland bij woonbebouwingen in dorpen mogelijk het regenwater zonder problemen af te voeren naar sloten, greppels of eventueel zinkputten direct rond het huis. Ook hier hoeft men dus alleen maar het vuile water af te voeren.

3. In steden is het meestal noodzakelijk een regenwaterriolering aan te leggen eventueel gekombineerd met de vuilwaterafvoer. Wanneer aan een vacuumafvoer gedacht wordt in een stad, zal men altijd een gescheiden stelsel moeten toepassen, waarbij de regen via regenwaterriolen moet worden afgevoerd.

Er is een discussie gaande over de kwaliteit van regenwater en het daardoor opgenomen straatvuil, vuil van daken, etc.

Deze discussie is nog niet afdoende uitgediept, mede doordat de kosten van een ideaal afvoersysteem bijzonder hoog zijn.

Indien men het regenwater met het vacuumsysteem wil afvoeren, dient men ervoor te zorgen, dat bij de betreffende opvangpunten voldoende berging aanwezig is om het regenwater één dag te bergen.

Daarbij moet de inhoud van de buffer tenminste gelijk zijn aan een regenbui van 20 - 30 mm vermenigvuldigd met het verharde oppervlak, rekening houdende met de mogelijkheid van overstorten.

Dergelijke voorzieningen kunnen van belang zijn bij bijv. parkeerterreinen, markten, en (kleine) bedrijven als garages.

Waar men bij het vrijerval-systeem de regenwaterberging vindt in de grote rioolbuizen over de hele lengte van de riolering, moet men bij het vacuumriolering-systeem de berging zoeken in het creëren van een buffer-ruimte ter plaatse van de regenval.

Aantrekkelijke kanten van het vacuumtransport

Uit het voorgaande is gebleken, dat t.o.v. het vrijerval-

systeem nogal extra hoge kosten moeten worden gemaakt aan het begin van de leiding.

Waar zit nu het grote voordeel? Wel, dat zit tussen kop en staart. Voordelen t.o.v. het vrijerval-systeem zijn:

1. Men kan de leiding juist onder de vorstgrens leggen, dus ondiep. (Leidingnetten tot 2000 meter zijn goed mogelijk. Langerc leidingen vragen om nauwkeurige dimensionering.)
2. Er wordt gewerkt met goedkope dunne leidingen.
3. Hierdoor kunnen de werksleuven ondiep en smal zijn. Men kan sleuven-trekkers gebruiken.
4. Daardoor heeft men meestal weinig last van het grondwater in de sleuf.
5. Men is zeer vrij in het kiezen van het tracé van de leiding. Men kan gemakkelijk obstakels ontwijken.
6. Bij het leggen hoeft men slechts weinig ongemak te veroorzaken aan de omgeving (bijv. stremmingen van wegen).
7. De leidingen hoeven, ook in slappe grond, niet gefundeerd te worden.
8. Men hoeft met de rioleringssleuf niet te beginnen op de diepte van het laagste lozingsniveau bijv. op kelderdiepte aan het eind van de leiding.
9. Men kan eenvoudig tegen hoogten op en onder sloten door met de leiding.
10. Men kan nu ook gemakkelijk in kelderruimten toiletten, wasbakken, douches etc. installeren.
11. Men kan een waterbesparing verkrijgen van ca. 30 % op het huishoudelijke verbruik indien vacuumtoiletten worden toegepast.
12. Deze waterbesparing kan belangrijk zijn voor de waterleverantie. Wil men bijv. aan het eind van een oud, reeds vrijwel maximaal belast drinkwaterleiding-net een camping bouwen, of een wegrestaurant, waar relatief veel toiletwater wordt verbruikt, dan kan het zijn dat men daar juist toekan met het bestaande leidingnet, gelet op de waterbesparing.
13. Op veel plaatsen, waar normaal geen riool gelegd kan worden, is het nu wel mogelijk te rioleren, bijv. bij:
 - a. grote afstanden tussen de woningen;
 - b. lintbebouwingen langs dijken;
 - c. lintbebouwingen in slootrijke omgevingen;
 - d. vanaf eilandjes naar de wal.
14. Een niet direct in geld uit te drukken voordeel is het feit, dat nauwelijks lekkage naar buiten kan optreden, zodat grondwatervervuiling uitgesloten is. Hierdoor mag men soms de waterleiding en de riolering in één sleuf leggen.
15. Ook de ruimtebesparing in het ondergrondse leiding-systeem is een belangrijke, maar niet in geld uit te drukken, faktor.

Een globale vergelijking van de leidingkosten geeft het volgende beeld:

De vacuumleiding kan gelegd worden voor f 12,50 tot f 25,— per meter (excl. vacuumpomp, vacuumstation, etc).

Een normale huisaansluiting kost bij het vrijerval-systeem reeds ca. f 25,— per meter, een riool in de straat aan het begin f 50,— tot f 60,— per meter en na enkele

honderden meters reeds meer dan f 100,— per meter (excl. pompstations, etc.).

Moet men dit riool nog onderheien en moet men het talud van de sleuf steunen met damwand, dan lopen de kosten al snel op tot f 300,— à f 600,— per meter.

Konklusie

Het belangrijkste technische en financiële voordeel van het vacuumsysteem t.o.v. het vrijerval-systeem wordt dus gevormd door het eenvoudige goedkope leiding-systeem, waarmee men zeer vrij is in het kiezen van de vorm en plaats van het tracé en waarmede men ook kan rioleren op plaatsen waar het vrijerval-systeem moeilijk of niet toepasbaar is.

Naarmate het konventionele systeem duurder wordt, wordt het vacuumsysteem relatief goedkoper, omdat daarvan de prijs per meter min of meer konstant blijft, vrijwel onafhankelijk van de omstandigheden.

Een aantal toepassingsmogelijkheden + concrete voorbeelden

Nu wij het principe en de mogelijkheden van het systeem zelf kennen, kunnen wij eens kijken waar en hoe het systeem gebruikt kan worden in Nederlandse situaties. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden in de volgende toepassingsdoeleinden:

1. het overwinnen van een *technische moeilijkheid* betreffende het konventionele systeem;
2. het verkrijgen van een *goedkoper rioleringsstelsel*;
3. en uiteraard een *kombinatie* van beide.

In de groep 1 werden in Nederland de eerste toepassingen gevonden, waarbij het om kleine projecten ging.

Nu is men ook bezig met realisering van toepassingen in de tweede groep.

1. Overwinnen hoogteverschil (afb. 9)

Strandposten in Zeeuws-Vlaanderen moesten worden uitgerust met toiletten. De strandposten mochten niet in het duin geplaatst worden, maar moeten aan de zeezijde staan, waar men met een tankauto niet kon komen.

Men heeft nu vacuumtoiletten in de strandpost geplaatst,

de leiding over duinen gelegd en de vacuumtank aan de landzijde van het duin naast een straat ingegraven. Deze tank wordt enkele malen per jaar door een kolkenzuiger leeggepompt.

De vacuumpomp staat in het strandpostgebouw.

Het waswater wordt hier middels een zinkput gefiltreerd in de bodem. De geschetste situatie is die van de eerste toepassing van het vacuumsysteem bij openbare voorzieningen in Nederland, n.l. in Nieuwvliet, Zeeuws-Vlaanderen, mei 1971.

Vanwege het feit, dat men gedurende een gehele zomer hier geen enkel probleem ondervond, is besloten om in 1972 en later ook in 1973 een aantal toiletgebouwen met dit systeem in te richten.

Er zijn nu vanwege die betrouwbaarheid 8 installaties in Zeeland ingericht en in bedrijf, en zeer waarschijnlijk zal dit aantal binnenkort worden vergroot.

Ook in situaties, waar men de opvoermogelijkheid niet behoefde te benutten, wilde men toch dit systeem toepassen, omdat men de gebruikelijke regelmatige verstoppingen etc., welke bij de gewone toiletten voorkwam, niet meer ondervond.

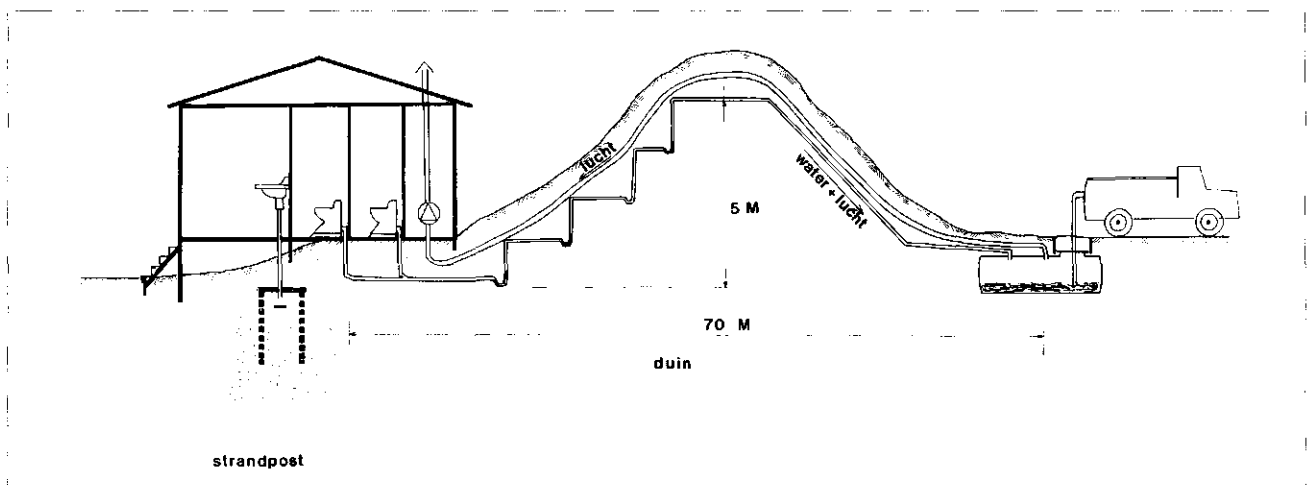
2. Bleiswijk - Rottemeren (afb. 10)

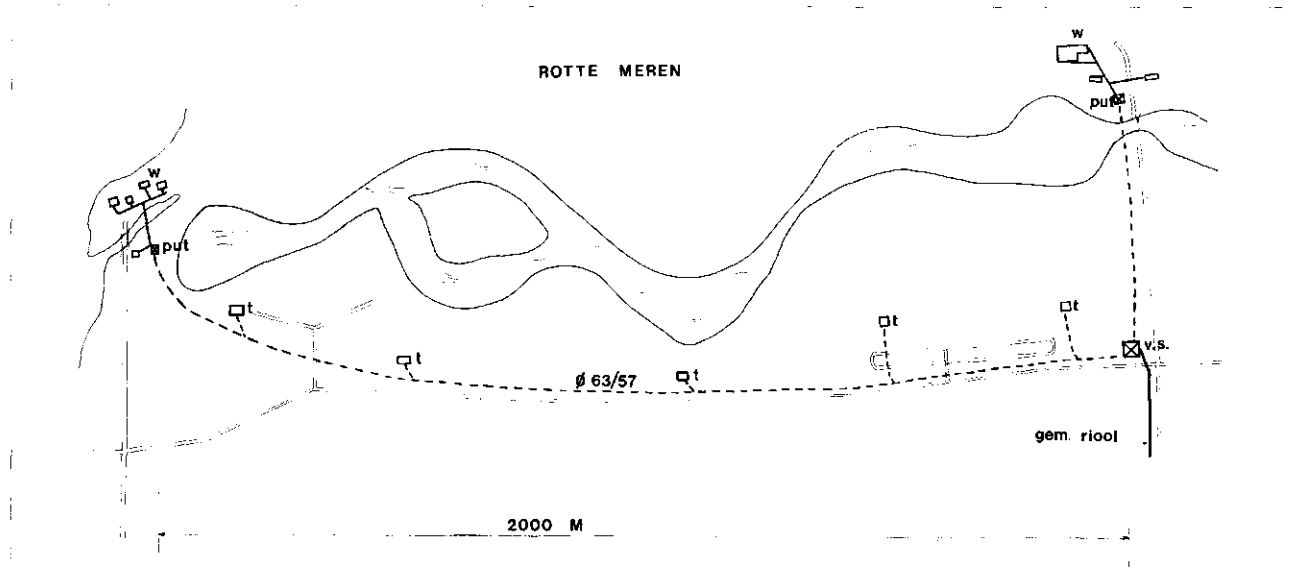
Hier moesten over een afstand van 2 km 5 toiletgebouwen geplaatst worden. Men was eerst van plan om elk toiletgebouw van een perspomp te voorzien. Het vacuumsysteem bleek een goedkopere oplossing te bieden. Daarmee kon men tevens het watergebruik sterk beperken. Tevens bleek het mogelijk om het afvalwater van 2 groepjes woningen via deze leiding af te voeren. Dit water wordt overdag opgevangen in een tank en 's nachts door de leiding, diameter 63/57, afgevoerd naar het vacuumstation. Van hieruit wordt het water naar het nabijgelegen gemeentelijk rioolstelsel geperst.

3. Vervoer

Het vacuumsysteem is ingebouwd in 70 zeeschepen, waaronder grote internationale veerboten, voor 2000 passagiers, met meer dan 150 vacuumtoiletten per schip. Ook zijn er als proef 50 wagons van de Zweedse Spoorwegen met dit systeem ingericht. Gezien de ervaringen

Afb. 9 - Toepassing van het vacuumtoiletstelsel bij een strandpost in Zeeuws-Vlaanderen. De vacuumpomp staat in een ruimte in de strandpost.





Afb. 10 - Recreatieproject Rottemeren in Bleiswijk.

wil men dit systeem bij de Zweedse Spoorwegen op grotere schaal gaan toepassen.

4. Permanent gebruikte toiletgroepen

Heeft men een toiletgroep met meer dan 50 spoelingen per toilet per dag gedurende het gehele jaar, dan wordt het aantrekkelijk om de extra kosten van het vacuumsysteem af te wegen tegen de financiële besparingen, welke alleen al worden verkregen door een beperking van het waterverbruik (bijv. voor restaurants en kantoorgebouwen).

5. Fabriekshallen

Voor fabriekshallen is een speciale uitvoering ontwikkeld. Heeft men een hal, waarin men de opstelling van materiaal, machines etc. regelmatig moet (kunnen) veranderen, dan is het moeilijk om bij elke opstelling wasbakken, fonteintjes en toiletten op de meest geschikte plaats op te stellen, omdat bij het vrijval-systeem men steeds weer een afvoerleiding door de vloer moet aanbrengen.

Veelal onttrekt men in fabriekshallen het water en de elektriciteit uit het plafond. Door speciale, transportabele sanitaire eenheden te gebruiken, en een vacuümleidingnet in het plafond aan te brengen, kan men steeds op elk gewenst punt een toiletgroep aansluiten, waarbij men een hoogte van meer dan 10 meter tot het plafond kan overwinnen.

De eerste toepassingen van het vacuumsysteem lagen vooral in de recreatiesektor.

Sinds de introductie van het Vacuflowsysteem is het ook mogelijk dorpen en grote recreatieterreinen te rioleren.

Een voorbeeld in Nederland is het recreatieproject de Kurenpolder, bij Hank (gem. Dussen). Op dit dagrecreatieterrein zijn 2 toiletgebouwen en een kiosk geplaatst, welke zijn aangesloten op het vacuumsysteem. Er is een 2-pijps-systeem aangelegd, met totaal 21 aangesloten vacuümtoiletten + 6 urinoirs op de zwartwaterleiding en bij elk toiletgebouw een buffertank voor het waswater op de grijswaterleiding. Totaal is er 1400 m vacuümleiding aangelegd.

Uit de vacuümtank wordt het verzamelde afvalwater over 500 m naar een bestaande persleiding geperst. Dit project is juni 1973 opgeleverd.

Het is uitgevoerd vanwege de kostenbesparing alsmede waterbesparing t.o.v. een konventioneel systeem.

De waterbesparing maakte een voordeliger afvoermethode vanaf het recreatieterrein mogelijk.

Onderhoud, betrouwbaarheid en beheer

Gezien de ervaringen in en buiten Nederland (zie ook voorbeeld strandposten Zeeland) hoeft men nauwelijks op storingen te rekenen. Indien er echter toch een ernstige storing optreedt, zal men deze snel moeten kunnen verhelpen en daartoe een monteur uit het eigen bedrijf resp. gemeente permanent bereikbaar hebben, dan wel een afspraak daarover moeten maken met de onderhoudsdienst van Electrolux.

Hierbij wordt vooral gedacht aan bijv. leidingbreuk bij graafwerk en ernstige storingen in het vacuümstation.

Zou een afsluiter beschadigd zijn en gedeeltelijk open blijven staan, dan blijft het systeem meestal normaal werken, maar zal men ter plaatse, door aanhoudend aanzuiggeruis, snel maatregelen willen nemen. Dit kan men doen door bijv. de leiding provisorisch dicht te stoppen, waarmee tevens de overige leiding weer normaal in werking treedt.

Wat betreft aanleg, onderhoud en financiering zullen er in recreatieprojecten (één beheerder) en in nieuw te bouwen stadswijken geen problemen zijn. In reeds bebouwde gebieden wel. In Nederland heerst de gewoonte, dat men in een nieuwbouwwijk, met bouwrijpgemaakte grond, de kosten voor de totale riolering door de toekomstige bewoners laat betalen. Staan er in een gebied reeds een aantal huizen dan betalen de bewoners hiervan, bij aanleg van het riool, niets voor het hoofdriool. Zij betalen, enkel voor de leiding in de tuin en de aansluiting op een put van het riool. Ook als hier net nieuwe huizen staan of deze er later nog komen. In dit geval moeten de aanlegkosten voor het hoofdriool volledig uit het gemeentelijk krediet komen.

Bij aanleg van het vacuumsysteem moet in de tuinen een buffertank geplaatst worden. Deze zal de prijs van een huisaansluiting in vele gevallen doen verdubbelen t.o.v.

een konventionele aansluiting. Moeten de bewoners dit betalen, dan betalen zij meer dan dorpsgenoten die konventioneel worden aangesloten.

De gemeente betaalt echter veel minder voor het hoofdriool.

Er zal in Nederland voor dit probleem van de financiering een eigen oplossing gezocht moeten worden, daar in landen als Zweden de aanlegkosten van het gehele stelsel over de aangeslotenen wordt omgeslagen.

In ons land is nog geen gemeentelijke installatie opgezet, hoewel er wel veel intensieve belangstelling is van diverse gemeenten.

Men zal het probleem misschien kunnen benaderen op een wijze als bij de drinkwater-, elektriciteits-, gas- en telefoonaansluitingen. Daarbij is het gebruikelijk, dat er een toestel, een meter of een kraan, in de woning geplaatst wordt, welke in beheer en eigendom blijft van het betreffende nutsbedrijf.

Als zodanig zou de gemeente de buffertank in eigendom en beheer kunnen behouden, wat t.a.v. het onderhoud ook het meest gunstig is.

Als konklusie mag gelden, dat het vacuumsysteem zeker niet meer aan onderhoud vraagt en problemen oplevert dan het konventionele systeem. De vragen die er zijn betreffen vooral de wijze van beheer en financiering, welke een iets andere vorm zal krijgen dan gebruikelijk en derhalve een iets andere benadering van de riolerders en bestuursorganen vraagt.

Centralisatie

Het thema van deze cursus is *centralisatie*.

In hoeverre kan het vacuumsysteem hierin een rol spelen? Ik dacht, dat de rol voorlopig gezocht moet worden in de minder dicht bebouwde gebieden, bijv. dorpen en dan vooral op plaatsen waar men moeilijk tot rioleren met het vrijverval-systeem kan overgaan door bijv. grote onderlinge afstanden, slappe grond, hoogteverschillen, sloten, hoge grondwaterstand en hoge kosten.

Wanneer wij een Nederlands dorp bekijken dan zien wij vaak de volgende situatie:

Een lintbebouwing langs een dijk of weg. Het midden is het centrum van het dorp. Enkele dwarswegen met lintbebouwing.

Nabij het centrum ontwikkelt zich een nieuwbouwwijkje van enkele tientallen tot een paar honderd huizen. Rechte straten, tuintjes en laagbouwhuizen. Dit gedeelte wordt konventioneel gerioleerd, omdat bij de huizen niet voldoende sloten aanwezig zijn, waarin de septictanks kunnen lozen en waarbij de grond niet geschikt is om het afvalwater te infiltreren.

Men krijgt nu ineens een afvalwaterprobleem, omdat het afvalwater van die paar honderd mensen in de nieuwbouwwijk op één punt geloosd wordt.

Daarom zal men gaan denken aan een kompakte oxydatief-biologische zuiveringsinstallatie, welke het afvalwater gaat zuiveren. Dit is een kleine installatie, en de investeringskosten bedragen f 200,— à f 300,— zonder fosfaateliminatie etc. (afb. 11).

Wegpersen zou nog duurder zijn door het kleine aantal inwoners, dat op de riolering is aangesloten of kan worden aangesloten.

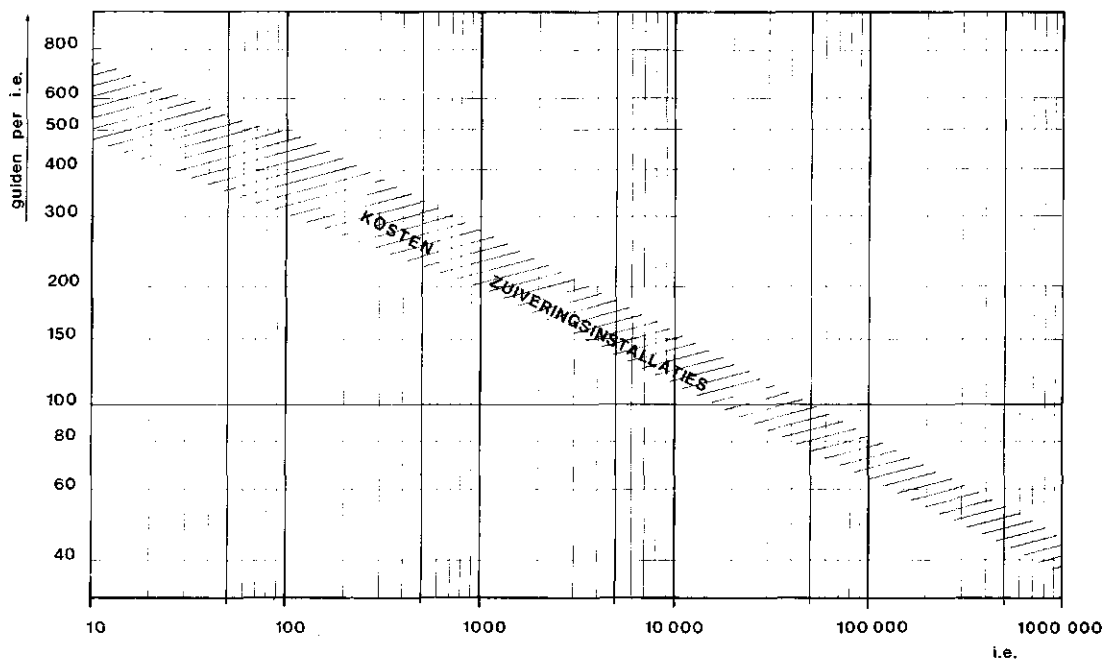
Zou men in dit dorp een vacuumstation plaatsen en de linten daarmee gaan rioleren, hetgeen tegen aanvaardbare kosten mogelijk is, dan zal men al het vuile water van het gebied met een straal van 2 km naar deze dorpskern kunnen toehalen. Nu heeft men een veel grotere hoeveelheid afvalwater in het dorp.

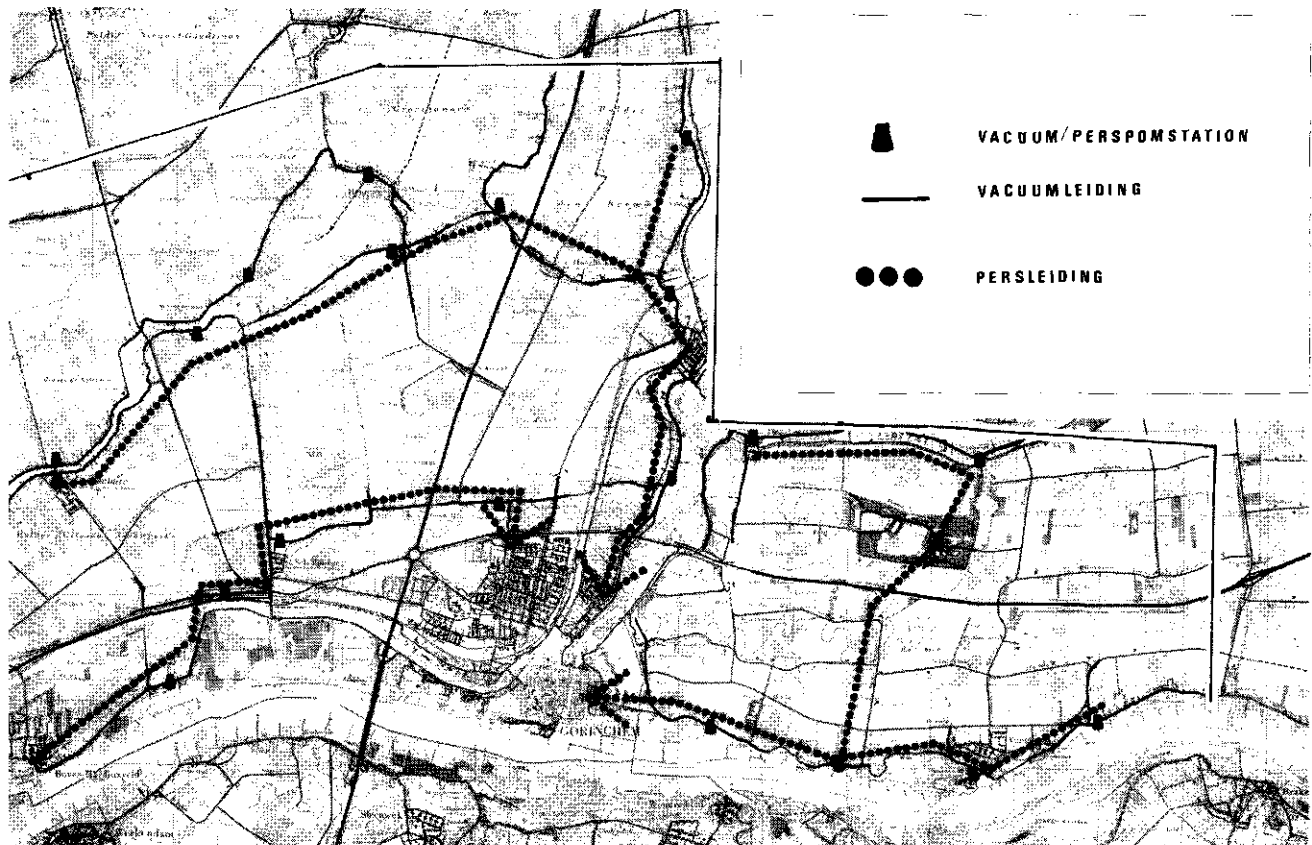
Zuiveren blijft ca. f 200,—/i.e. kosten, maar het persen wordt relatief goedkoper, omdat de kosten van de persleiding, bij deze hoeveelheden, vrijwel onafhankelijk van de aangeboden afvalwaterhoeveelheid zijn.

Voorbeeld: riolering in een dorp

Dorpskern, met 100 gerioleerde woningen en 200 woningen in een lintbebouwing. Dit zijn ca. 400 i.e. (gerioleerd) + 800 i.e. (niet gerioleerd).

Afb. 11 - Grafiek, welke een indruk geeft van de investeringskosten voor een oxydatief-biologische zuiveringsinstallatie.





Afb. 12 - Schets van een vacuumriolerings- en persleidingensysteem in een streek t.b.v. het centraliseren van de behandeling en zuivering van het afvalwater. Dit is een schetsmatig ontwerp van de schrijver. (Het is dus niet uitgevoerd, en niet bij de betreffende instanties in studie.)

Een compacte zuiveringsinstallatie kost ca. f 300,— per i.e., bij aansluiting van deze 400 i.e.

Zou men het water wegpersen naar een stad met 50.000 i.e., dan kost de r.w.z.i. daar ca. f 100,— per i.e.

De besparing is f 200,— per i.e., of totaal $400 \times f 200,— = f 80.000,—$.

Wanneer de kosten voor een persleiding gesteld worden op f 40,— à f 50,— per m, dan kan men dus 1,5 à 2 km persen.

Indien men m.b.v. het vacuumsysteem alle woningen kan rioleren, heeft men het water van 1200 inwoners bijeen. Hiervoor zou het zuiveren ca. f 250,— per i.e. kosten, en bij wegpersen is de besparing dus f 150,— per i.e. of f 180.000,— voor het dorp. Hiervoor kan men het water $3\frac{1}{2}$ à $4\frac{1}{2}$ km wegpersen, uitgaande van de hiervoor- genoemde bedragen.

Voorbeeld: centralisatie in een streek

Bovenstaande theorie is aan de hand van kaarten uitgewerkt voor een willekeurig gebied in Nederland. Gekozen is Gorinchem en omstreken (ca. 80 km²) omdat ik daar woon en over de kaarten daarvan beschikte (afb. 12).

In dit gebied zouden 21 vacuumstations gebouwd moeten worden (ruwe schatting). Door deze stations etappewijz te verbinden met persleidingen, zodanig dat het water uiteindelijk in (de riolering van) Gorinchem terecht komt, kan men het gebied vrijwel vrij van afvalwater maken. Het water van ca. 15.000 i.e. wordt dan met totaal 35 km persleiding naar één centrale, grote zuiveringsinstallatie gebracht.

Stel dat de zuiveringskosten dalen met f 200,— per i.e. ten opzichte van zuiveren in het eigen dorp. Dan is deze besparing totaal $f 15.000,— \times f 200,— = f 3.000.000,—$.

Zelfs indien de persleiding f 90,— per meter kost (voor een groot deel kunnen de vacuumhoofdleiding en de persleiding in dezelfde sleuf gelegd worden), is het wat betreft de investeringen nog goedkoper om het water naar Gorinchem te brengen. Dit is mogelijk, omdat men het afvalwater van het gehele gebied, dankzij het vacuumsysteem eerst op 21 punten kan centraliseren. Deze vorm van centralisatie is in dit gebied nog niet besproken en toegepast. Het is ook een open vraag of het zal gebeuren in bovengenoemde vorm. De eenvoudige opgezette berekening zal bijv. al verstoord worden door de reeds gebouwde kleine zuiveringsinstallaties waarop gedeelten van enige dorpen zijn aangesloten.

Konklusie

1. Met behulp van het vacuumsysteem kan men in bepaalde gebieden meer afvalwater op een centraal punt bijeenbrengen dan met het vrijerval-systeem mogelijk is, waardoor de zuiveringskosten per i.e. lager worden.
2. Doordat men veel meer water bijeenbrengt, kan men gemakkelijker over gaan tot het persen van het afvalwater naar een nabijgelegen gemeente.
3. Hierbij komen natuurlijk wel de extra kosten van de vacuumriolering. Grofweg kunnen de kosten daarvan gelijk gesteld worden aan de kosten van een goed gebouwde en goed beheerde septictankinstallatie.