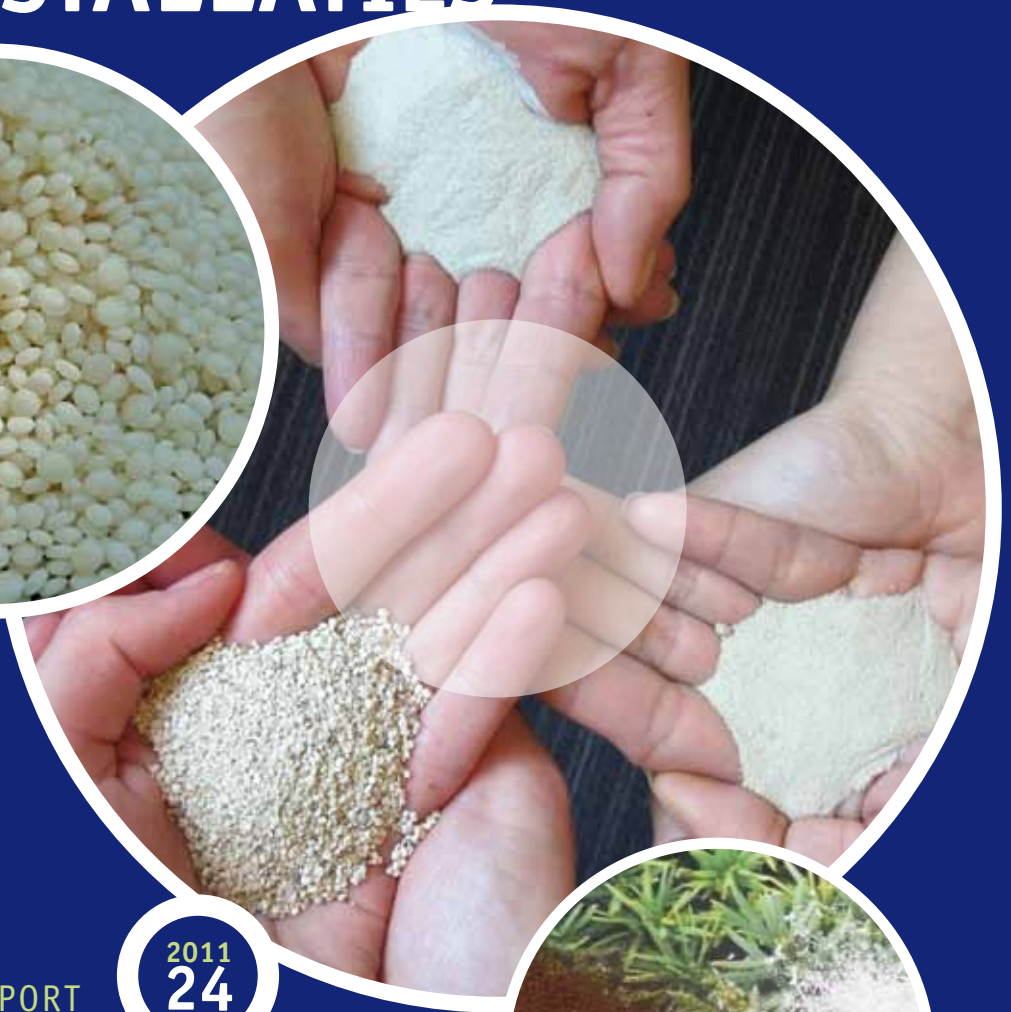


FOSFAATERUGWINNING IN COMMUNALE AFVALWATERZUIVERINGS- INSTALLATIES



RAPPORT

2011
24

FOSFAATTERUGWINNING IN COMMUNALE
AFVALWATERZUIVERINGSINSTALLATIES

RAPPORT

2011
24

ISBN 978.90.5773.539.4



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Alex Veltman, Waternet
Henry van Veldhuizen, Waterschap Vallei en Eem
Hans Mollen, Waterschap Brabantse Delta
Marc Augustijn, Waterschap Scheldestromen
Otto Kluiving, Waterschap Hunze en Aa's
Victor Claessen, Waterschap de Dommel
Leon Korving, SNB
Cora Uijterlinde, STOWA

PROJECTUITVOERING

Rob Lodder, Grontmij Nederland B.V.
Ruben Meulenkamp, Grontmij Nederland B.V.
Geert Notenboom, Grontmij Nederland B.V.

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA STOWA 2011-24

ISBN 978.90.5773.539.4

COPYRIGHT De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

DISCLAIMER Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

SAMENVATTING

In Nederland wordt jaarlijks 11.000 tot 12.000 ton fosfor uit huishoudelijk afvalwater verwijderd en in zuiveringsslib vastgelegd. Ten opzichte van de jaarlijkse hoeveelheid fosfor geïmporteerd en gebruikt via kunstmest (21.000 ton P/jaar) is dit significant (52 – 57%).

De chemische verwijdering van fosfaat in rwzi's neemt de laatste jaren af en wordt momenteel voor circa 28% van de zuiveringscapaciteit toegepast. Ongeveer een kwart van de zuiveringscapaciteit maakt gebruik van alleen biologische fosfaatverwijdering. Bij circa 40% van de zuiveringscapaciteit vindt fosfaatverwijdering plaats door een gecombineerde bio-P / chemische route.

Biologische fosfaatverwijdering in Nederland vindt voornamelijk plaats in de hoofdstroom. De procesconfiguratie met anaerobe tank en benutting van vetzuren uit het influent is daarbij veel toegepast. Fosfaat wordt uiteindelijk afgevoerd met het surplusslib.

Er worden momenteel veel processen ontwikkeld voor de winning van fosfor uit communaal afvalwater. Veel ontwikkelingen op dit vlak vinden plaats in Europa. Daarbij zijn in hoofdlijnen twee routes te onderkennen. (1) Productie van fosforhoudende (grond)stoffen op de rwzi zelf, voornamelijk uit rejectiewater en fosfaatrijke deelstromen. (2) Het terugwinnen van fosfor uit verbrandingsassen van slib. Veel processen bevinden zich in een ontwikkelstadium of zijn voor communale stromen nog niet toegepast of zijn nog niet op praktijkschaal beschikbaar. Na een inventarisatie van processen zijn op basis van de criteria: (1) toegepast op communaal afvalwater (2) full scale bewezen en (3) status en zekerheid afzet eindproduct, vier processen, in deze studie nader beschouwd: *Pearl*, *Airprex*, *Ashdec* en *SNB-Thermphos* daarnaast is een praktijksituatie waarbij het *Anphos* proces is toegepast kort toegelicht.

Een essentiële randvoorwaarde voor het effectief terugwinnen van fosfaat uit afvalwater is dat een eindproduct in grote hoeveelheden met constante kwaliteit, voldoende zuiverheid, vrij van pathogenen en met de juiste fysische eigenschappen wordt geproduceerd. Zo kunnen er met de minerale meststoffenindustrie en kunstmestafnemers langjarige contracten worden gesloten zodat een verzekerde en stabiele afzet mogelijk is.

TERUGWINNING OP DE RWZI

Terugwinning van fosfor op de rwzi is alleen zinvol indien fosfor in voldoende mate en in voldoende hoge concentraties in fosfaatvorm aanwezig is. Het rejectiewater uit de slibontwatering op rwzi's waar slib wordt vergist en waar gedeeltelijk sprake is van biologische fosforverwijdering komt hiervoor in aanmerking. De potentie om P terug te winnen van slib afkomstig van meerdere rwzi's neemt toe bij de toepassing van vergisting en/of ontwatering op een centrale rwzi-locatie. Slib van rwzi's met chemische P-verwijdering komen niet voor P-terugwinning op de locatie van de rwzi in aanmerking.

Bij zowel het *Pearl* als het *Airprex* proces wordt struviet geproduceerd op de rwzi. Bij *Pearl* kan er tevens extra fosfor worden teruggewonnen door biologisch gebonden fosfaat te strippen middels *WASSTRIP* (IP rechten Ostara) alvorens het slib wordt vergist. Het struviet uit het *Pearl*-systeem is een gecertificeerde minerale meststof, waarbij de afzet contractueel langjarig (10-15 jaar) wordt gegarandeerd door de leverancier van het *Pearl*-proces. De opbrengst van

Crystal Green zoals door Ostara worden vergoed dekken minimaal de operationele kosten maar kunnen, afhankelijk van de situatie, ook hoger liggen dan de jaarlijkse operationele kosten.

Het struviet uit de Airprex-reactor is een onder de Nederlandse regelgeving nu nog geclassificeerde afvalstof, die in Duitsland als grondstof dient voor kunstmestproductie, in Nederland is deze afzetroute nog in onderzoek. Van Airprex is in de praktijk en door pilotonderzoek een verbetering van de slibontwatering aangetoond. Met het Pearl-systeem kan in combinatie met de toepassing van WASSTRIP maximaal 40-50% van het fosfor uit het influent worden teruggewonnen, bij Airprex bedraagt dit 10 tot 20%.

Anphos maar ook andere systemen gebaseerd op precipitatie van struviet uit bijvoorbeeld rejectiewater zijn relatief eenvoudige processen. Deze systemen leveren een product dat momenteel (nog) niet als meststof mag worden toegepast in Nederland. De investeringskosten van dit soort processen zijn relatief laag. De bedrijfsvoeringkosten liggen in orde van grootte van overige struvietwinningsystemen. De structureel economisch aantrekkelijke afzet van struvietprecipitaat in Nederland met het heersende fosfaatoverschot als gegeven, is echter onzeker.

Een case voor een rwzi van 300.000 IE laat zien dat een terugverdientijd binnen 2 tot 6 jaar mogelijk is. De investeringen voor Pearl liggen hoger dan voor Airprex. De operationele kosten zijn voor Pearl echter minimaal nul, deze worden in ieder geval gedekt en gegarandeerd door de opbrengst van het geproduceerde product. Na het bereiken van de terugverdientijd zijn de besparingen voor Pearl in combinatie met WASSTRIP dan ook hoger dan voor Airprex.

Zowel Pearl als Airprex zal, naast het terugwinnen van fosfaat, leiden tot besparingen op de rwzi. De belangrijkste besparingen voor Airprex komen voor het grootste deel door een verbeterde ontwatering van spuislib, fosfaat terugwinnen in de vorm van een nuttig product, is een bijeffect. De hogere investeringen in Pearl+WASSTRIP vertalen zich direct naar een hoger terugwinrendement.

TERUGWINNING UIT ASSEN

Voor fosforterugwinning via verbrandingsassen van slib uit monoverbranding is een voldoende hoog fosforgehalte en voldoende laag ijzergehalte een voorwaarde om de as in te zetten voor P-terugwinning bij Thermphos. Biologische fosforverwijdering en/of de vervanging van ijzerzouten door aluminiumzouten kunnen aan deze voorwaarde invulling geven. Dit is echter geen garantie voor een voldoende laag ijzergehalte in het slib, aangezien ook de achtergrondconcentratie aan ijzer in influent van rwzi's voldoende laag moet zijn. De marktpotentie aan ijzerarm slib bij HVC en SNB worden gekwantificeerd op circa 34.000 ton ds./jr. [27]. Bij een fosforgehalte van van 8% in het verbrandingsas resulteert dit in een fosforvrucht van circa 2.700 ton P/jaar.

Nieuwe technologieën zijn gericht op het benutten van de volledige hoeveelheid as als grondstof voor fosfor. De verwachting is dat hiermee het totale winningsrendement tot ongeveer 70 tot 80% op basis van de influentvrucht kan oplopen. Nieuwe technologieën zoals Ashdec en Ecophos gebruiken de verbrandingsassen als grondstof voor de productie van fosforhoudende meststoffen met een aantrekkelijke commerciële waarde. Het Ashdec is gereed voor grootschalige toepassing. Het Ecophos-proces is nog deels in ontwikkeling.

Een capaciteit van 30.000 ton/jaar (2.500 ton P) is een reële capaciteit voor een installatie bij SNB. Bij deze capaciteit kan ook nog een deel van de as van SNB en HVC via een andere route (Thermphos) verwerkt worden zodat extra zekerheid in de afzet wordt gerealiseerd.

De geraamde investering voor een dergelijke installatie bedraagt 17 Meuro. De jaarlijkse netto opbrengsten (inclusief rentelasten 4,5% en afschrijving over 7 jaar) bedragen 0,7 Meuro. De simpele terugverdientijd bedraagt 4,7 jaar.

Een belangrijk element in de exploitatieraming zijn de geschatte opbrengsten van het kunstmestproduct. Hiervoor is nu een prijs gehanteerd van 220 euro/ton product. Deze prijs is gebaseerd op de prijsontwikkelingen van Hyperkorn 26 in de afgelopen 10 jaar.

Hyperkorn 26 is een kunstmestproduct (dicalciumfosfaat) dat chemisch en qua agrarische werking vergelijkbaar is met de opgewerkte as en waarvan in Oostenrijk de prijzen openbaar zijn. Ten opzichte van deze prijs wordt nog een opslag gehanteerd voor het magnesium gehalte in de as dat extra waarde toevoegt aan het eindproduct.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstututen en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 033 - 460 32 00.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

FOSFAATTERUGWINNING IN COMMUNALE AFVALWATER- ZUIVERINGSINSTALLATIES

INHOUD

	SAMENVATTING	
	STOWA IN BRIEF	
1	INLEIDING	1
2	FOSFAATVERWIJDERING IN NEDERLAND	5
	2.1 Fosfaat in afvalwater	5
	2.2 Fosfaat verwijdering op rwzi's	7
	2.2.1 Chemische fosfaatverwijdering	8
	2.2.2 Biologische fosfaatverwijdering	8
	2.2.3 Combinatie van chemische en biologische P-verwijdering	10
	2.2.4 Kansen bij centrale slibverwerking	10
	2.2.5 Ontwikkelingen	11
	2.3 Afzet van zuiverings-slib	11
3	KANSEN VOOR FOSFAATTERUGWINNING	13
	3.1 Terugwinnen fosfaathoudende producten	13
	3.2 Mogelijkheden tot terugwinning van fosfaat	13
	3.2.1 Fosfaat op de rwzi	14
	3.2.2 Terugwinnen op de rwzi	15
	3.2.3 Slibeindverwerking	16
	3.3 Conclusies	17
4	INVENTARISATIE VAN TECHNOLOGIEËN	18
	4.1 Inleiding	18
	4.2 Beschikbare technologieën – op de rwzi	18
	4.2.1 Opstroomreactoren	18
	4.2.2 Continue gemengde reactoren	20
	4.3 Beschikbare technologieën – terugwinning uit verbrandingsassen	22
	4.3.1 Chemisch	22
	4.3.2 Thermisch	23
	4.4 Overige technologieën	25

5	SELECTIE VAN TECHNOLOGIEËN	26
5.1	Toepassing op praktijk schaal	26
5.2	Regelgeving, product certificering en afzet	27
5.3	Selectie	27
6	SCENARIO'S	29
6.1	Inleiding	29
6.2	Uitgangspunten	29
	6.2.1 Definitie standaard zuivering	29
6.3	Karakterisering scenario's	30
	6.3.1 Randvoorwaarden fosfaatterugwinning	30
	6.3.2 Rendement P-terugwinning	31
6.4	Anphos op RWZI Land van Cuijk	32
7	RESULTAAT SCENARIOBEREKENINGEN	33
7.1	Eerste beschouwing	33
7.2	Resultaten Airprex en Pearl voor grote installaties met voorbezinking en gisting	34
	7.2.1 Procesomstandigheden	34
	7.2.2 Struviet productie	35
	7.2.3 Magnesiumchloride verbruik	35
	7.2.4 Effecten op de rwzi	35
	7.2.5 Dosering van metaalzouten en productie van chemisch slib	35
	7.2.6 Struvietvorming in de vergister en slibontwatering	35
	7.2.7 Stikstofbelasting op de AT	36
	7.2.8 Slibontwatering	36
	7.2.9 Bio-P-proces	36
	7.2.10 Biogasproductie	37
	7.2.11 Slibhydrolyse en deelstroombehandeling	37
7.3	Resultaten SNB – Thermphos en Ashdec	37
	7.3.1 SNB - Thermphos	37
	7.3.2 Ashdec	38
7.4	Economische beoordeling	38
	7.4.1 Pearl® en WASSTRIP	38
	7.4.2 Airprex	39
	7.4.3 Investeringen, operationele kosten en besparingen Airprex en Pearl	39
	7.4.4 SNB-Thermphos route	41
	7.4.5 Ash Dec	42
8	BESCHOUWING	44
	REFERENTIELIJST	48
	BIJLAGE	
1	Afzet van slib en de P-balansen van de verschillende waterschappen over 2008	49
2	Factsheet van de verschillende fosfaatterugwinningstechnologieën	51
3	Scenario's voor RWZI's	97

1

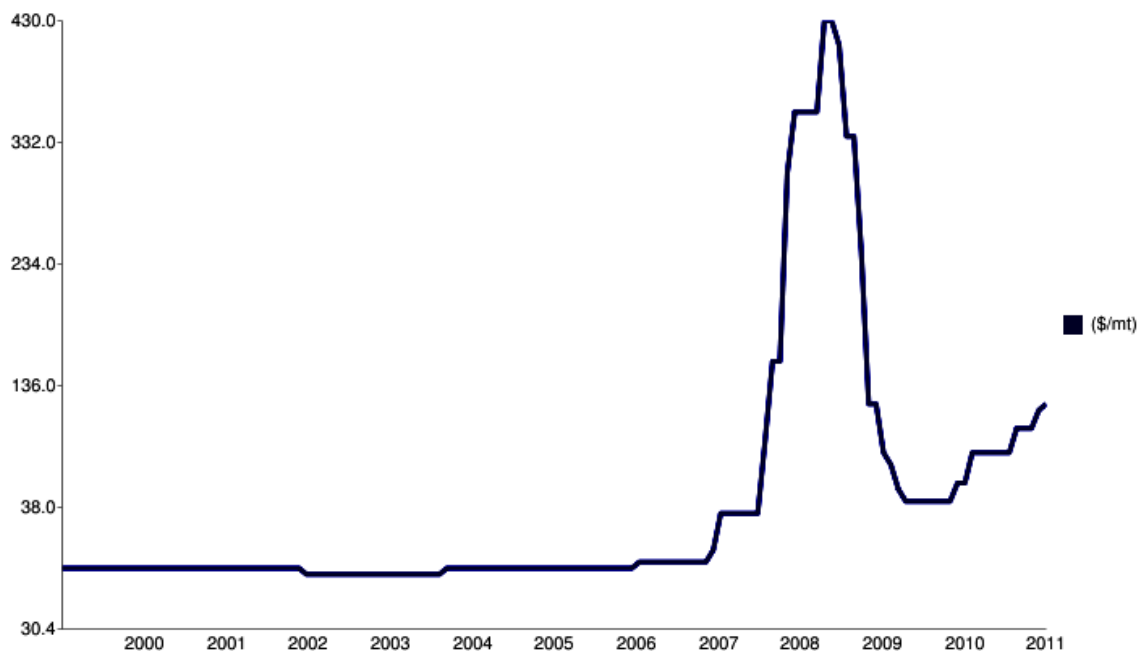
INLEIDING

Het element fosfor is essentieel voor al het leven op aarde. Fosfor is een essentiële bouwsteen van onder andere erfelijk materiaal (DNA). Ook in de energiehuishouding van alle levende wezens speelt fosfor een essentiële rol. De groeisnelheid van biomassa wordt in veel gevallen bepaald door de mate van beschikbaarheid van fosfor. In biologische context bestaat fosfor altijd in zijn geoxideerde toestand, fosfaat (PO_4^{3-}). Dit fosfaat kan zowel vrij als gebonden voorkomen.

Sinds het midden van de 19^e eeuw wordt fosfaat uit fosfaathoudende ertsen gewonnen, als kunstmest. Hierdoor kon de landbouwproductie zeer sterk toenemen.

Kunstmest wordt op grote schaal toegepast om te voldoen aan de voedselvraag in de wereld. Door welvaartsontwikkeling (hogere vleesconsumptie) en de groei van de wereldbevolking tot naar verwachting 9 miljard mensen in 2050 wordt een verdere stijging van de kunstmestvraag verwacht. Een duurzaam gebruik van fosfor is uit oogpunt van het efficiënt omgaan met basisgrondstoffen dan ook noodzakelijk. Nu al staat de prijs van fosfaatkunstmest onder invloed van mondiale ontwikkelingen onder druk. In de periode 2008 – 2009 was de prijs voor fosfaatkunstmest tijdelijk 5 tot 10 maal hoger dan ooit daarvoor, inmiddels is dit weer afgenomen. Desondanks wordt een geleidelijke stijging van de fosfaatkunstmestprijs verwacht. Figuur 1-1 geeft de ontwikkeling van de fosfaaterts prijs van de afgelopen 10 jaar.

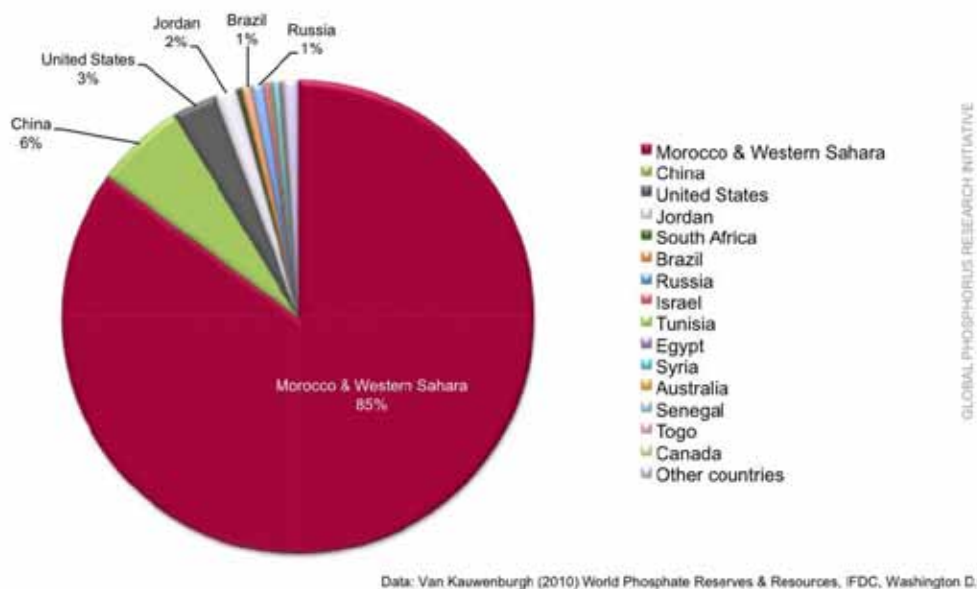
FIGUUR 1-1 PRIJS VAN FOSFAATERTS IN DE AFGELOPEN 10 JAAR [10]



De USGS (United States Geological Survey) is de belangrijkste bron van cijfers over de hoeveelheid rotsfosfaat op wereld schaal. Hierbij werd voorheen onderscheid gemaakt in “reserve” (economisch winbaar) en “reserve base” (niet direct economisch winbaar). Deze cijfers zijn recentelijk getoetst door de IFDC (International Fertilizer Development Centre) [17]. De discussie met betrekking tot de daadwerkelijke wereld voorraden spits zich toe op de definitie van het aandeel rotsfosfaat dat daadwerkelijk economisch winbaar is. Bij het bepalen van de economisch winbare voorraden rotsfosfaat is, in analogie met de fossiele energie voorraden, de economisch winbare hoeveelheid afhankelijk van de daadwerkelijke marktprijs. Bij een hogere marktprijs zullen bijvoorbeeld ook kwalitatief mindere of moeilijk bereikbare rotsfosfaat voorraden gewonnen kunnen gaan worden.

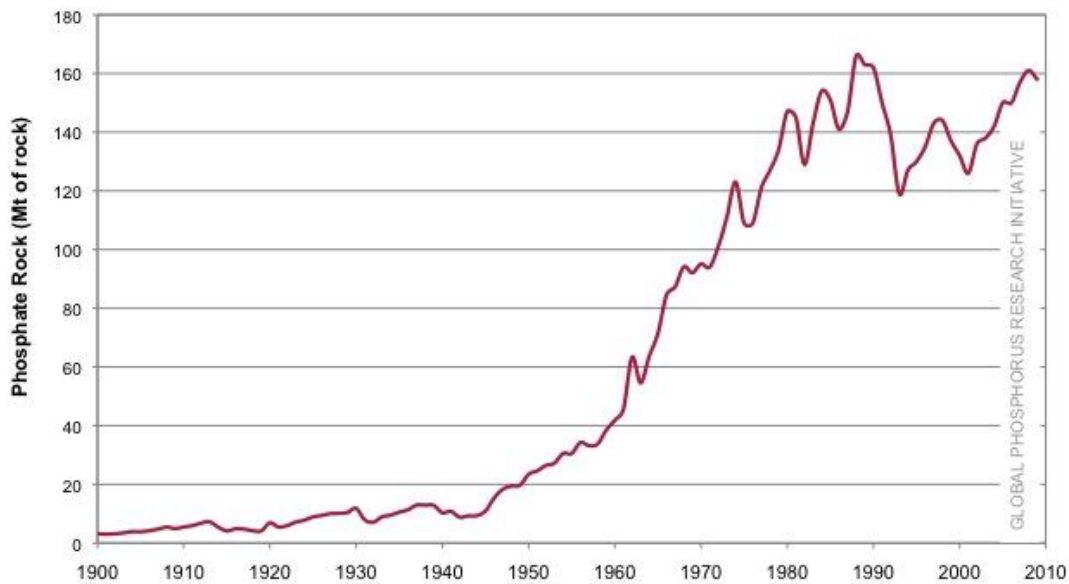
Na de IFDC inventarisatie past USGS de voorraden aan. Ongeacht het economisch deel daarvan is de totaal beschikbare hoeveelheid rotsfosfaat in de wereld nu door USGS geraamd op circa 60 miljard ton. De grootste fosfaatvoorraden in de wereld zijn in handen van een paar landen, waaronder veruit het grootste deel in Marokko / West Sahara en China, zie Figuur 1-2.

FIGUUR 1-2 WERELD VOORRADEN ROTSFOSFAAT GESPECIFICEERD NAAR LAND



In de periode 1950-2000 is ongeveer 1 miljard ton P gemijnd (20 miljoen ton P/jaar). Hiervan is \pm 800 miljoen ton P als kunstmest gebruikt. De huidige productie bedraagt circa 160 miljoen ton rotsfosfaat per jaar (circa 21 miljoen ton P/a) zie Figuur 1-3.

FIGUUR 1-3 VERLOOP GEWONNEN HOEVEELHEID ROTSFOSFAAT PERIODE 1900 - 2009



Een effectiever gebruik en hergebruik van fosfaat staat sterk in de belangstelling vanwege duurzaamheidsaspecten (EU resource efficiency). Ook uit geopolitiek oogpunt is het gewenst om minder afhankelijk te zijn van landen met fosfaatertsvoorraden buiten Europa [17].

De humane afvalwaterketen heeft potentieel voor fosfaatterugwinning. Afvalwater, zowel huishoudelijk als industrieel, wordt, al dan niet vermengd met regenwater, gezuiverd op de rwzi voordat het geloosd kan worden op oppervlaktewater. Zo blijft de belasting van nutriënten (stikstof en fosfaat) uit de afvalwaterketen naar het oppervlaktewater binnen de daarvoor gestelde normen. Immers een nutriëntenoverschot veroorzaakt eutrofiering, wat leidt tot algenbloei, zuurstof afname, afname van biodiversiteit en vissterfte. Aan een kant is er grote vraag naar (hoogwaardige) fosfaat terwijl aan de andere kant op een rwzi fosfaat uit het afvalwater verwijderd wordt. Het sluiten van deze kringloop lijkt voor de hand liggend en kan op diverse manieren bereikt worden.

Fosfaat (PO_4^{3-}), een anorganische stof, is een zout van fosforzuur. In de afvalwaterwereld wordt de concentratie uitgedrukt in de concentratie fosfor, alleen de P component wordt geteld. Hiermee kan eenvoudig gerekend worden in totale vrachten en hoeft er geen rekening gehouden te worden met de vorm waarin de stof voorkomt. In het landbouwjargon waarin fosfor als essentieel nutriënt wordt toegepast wordt gesproken over en gerekend met P_2O_5 .

KADER VAN DEZE STUDIE

In deze studie worden de verschillende mogelijkheden en technologieën verkend die toegepast kunnen worden om zowel op de rwzi zelf als in de slibeindverwerking tot fosfaatterugwinning te komen. Conform de randvoorwaarden voor deze studie hebben concepten en technieken die ingepast kunnen worden in de bestaande infrastructuur daarbij de voorkeur.

Met de sterk toegenomen focus op energie en duurzaamheid en daarmee de behoefte tot het sluiten van kringlopen, is fosfaatwinning uit communaal afvalwater de laatste tijd een belangrijk thema geworden, en biedt het kansen voor de Waterschappen. De Unie van Waterschappen heeft in haar klimaatakkoord de thema's energie-efficiency en grondstoffenwinning centraal gesteld.

De in de recente jaren sterk opgetreden prijsfluctuaties van fosfaaterts zijn uit economisch oogpunt een belangrijke stimulans tot onderzoek naar hergebruik. Op basis van de in de toekomst te verwachten uitputting van fosfaaterts, zal fosfaatwinning uit huishoudelijk afvalwater naar verwachting de komende decennia economisch meer aantrekkelijk gaan worden.

LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 van deze studie wordt ingegaan op de huidige wijze van fosfaatverwijdering in de afvalwaterketen in Nederland. In hoofdstuk 3 worden de kansen, mogelijkheden en het potentieel voor fosfaatterugwinning in Nederland beschreven. Beschikbare technologieën die zowel op rwzi schaal als in de slibeindverwerking kunnen worden toegepast, worden in hoofdstuk 4 beschreven. De diverse technologieën zijn in factsheets in de bijlage nader uitgewerkt. Vervolgens zijn in hoofdstuk 5 een aantal technologieën geselecteerd die in hoofdstuk 6 in een aantal scenario's verder zijn uitgewerkt voor twee schaalgrootten. In hoofdstuk 7 zijn de scenarioberekeningen gepresenteerd en is de economie voor deze scenario's aangegeven. Een beschouwing wordt gegeven in hoofdstuk 8 en de samenvatting is verwoord in hoofdstuk 9.

2

FOSFAATVERWIJDERING IN NEDERLAND

2.1 FOSFAAT IN AFVALWATER

Op de rwzi's in Nederland komt met het afvalwater jaarlijks ongeveer 14.000 ton P binnen. De fosfaatconcentratie van deze stroom is gemiddeld 8 mg per liter, maar dit kan lokaal variëren als gevolg van specifieke lozingen. In afvalwater afkomstig van huishoudens is ongeveer 80% afkomstig van humane urine en feces [28]. In de loop der tijd zijn de effluenteisen voor stikstof en fosfaat aangescherpt (Richtlijn stedelijk afvalwater), waardoor rwzi's steeds meer maatregelen zijn gaan treffen om deze nutriënten te verwijderen. In tegenstelling tot stikstof kan fosfaat niet ontwijken naar de gasfase. De verwijdering van fosfor uit de waterfase vindt nu vrijwel volledig plaats via het zuiveringsslib.

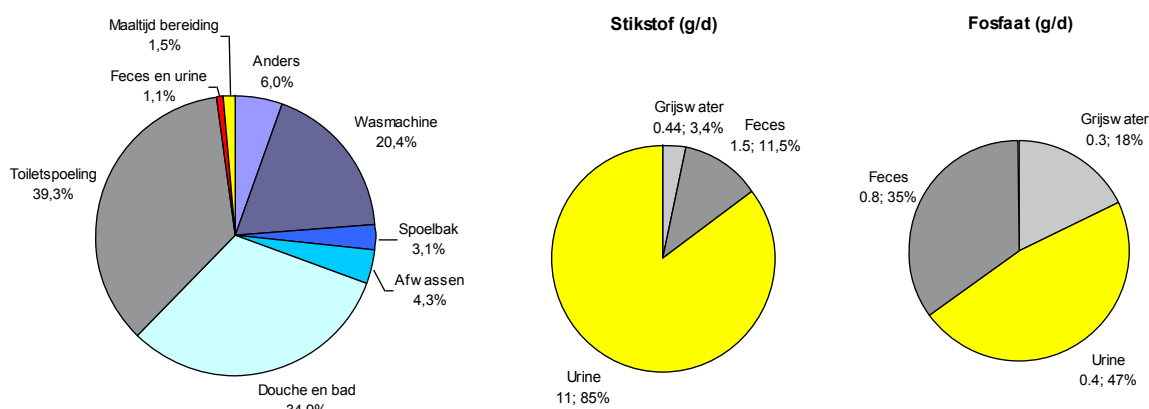
Op basis van gegevens van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) is een overzicht gegeven waarin een toenemende trend zichtbaar is met betrekking tot fosfaat verwijdering op Nederlandse zuiveringen. Dit overzicht is weergegeven in Tabel 2.1.

TABEL 2.1 DE TOEVOER EN AFVOER VAN FOSFAAT NAAR NEDERLANDSE RWZI'S PER JAAR [3],[27]

Jaar	P influent (ton)	P effluent (ton)	P potentieel in slib (ton)	Verwijderingsrendement op de rwzi (%)
1981	17.365	10.064	7.301	42
1985	18.706	10.810	7.896	42
1990	14.357	6.239	8.118	57
1995	13.756	3.529	10.227	74
2000	13.300	2.845	10.455	79
2001	13.850	2.994	10.856	78
2002	14.266	3.001	11.225	79
2003	14.102	2.811	11.291	80
2004	14.328	2.748	11.580	81
2005	14.425	2.651	11.774	82
2006	14.341	2.596	11.745	82
2007	14.968	2.643	12.325	82
2008	14.951	2.551	12.400	83

Uit Tabel 2.1 kan worden afgeleid dat het P verwijderingsrendement de laatste 30 jaar praktisch is verdubbeld en dat een aanzienlijke hoeveelheid van het fosfaat nu met het zuiveringsslib de rwzi verlaat. Over 2008 zijn deze getallen verder gespecificeerd per waterschap in bijlage 1.

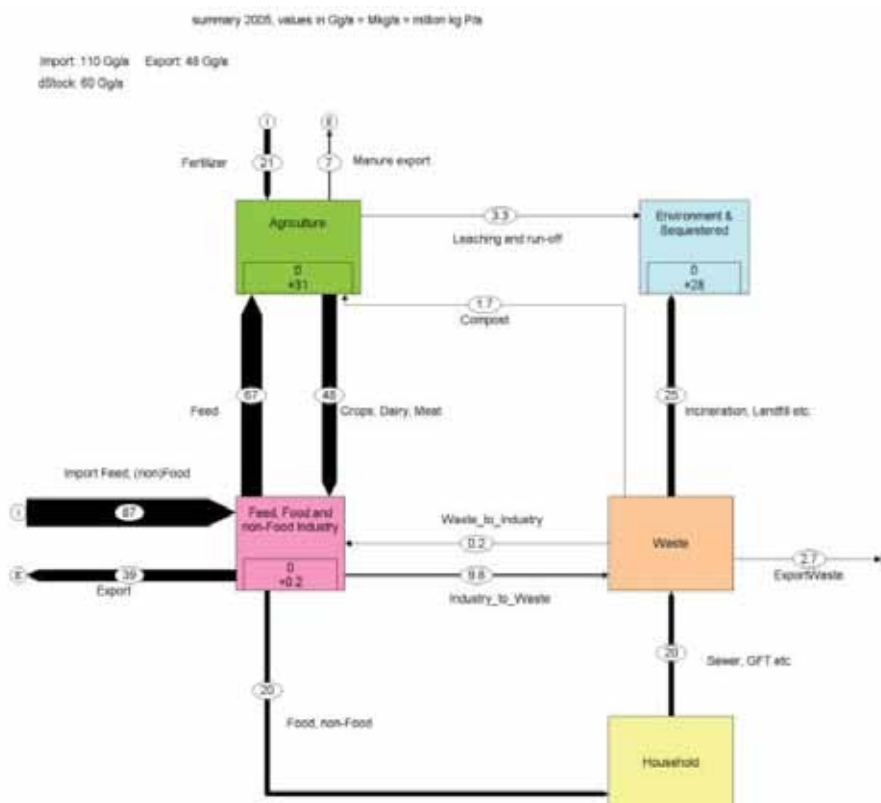
FIGUUR 2-1 VOLUME HUISHOUDELIJK AFVALWATER EN HERKOMST NUTRIËNTEN IN HUISHOUDELIJK AFVALWATER [BEWERKT NAAR 28]



Communaal afvalwater omvat maar een deel van het fosfaat dat binnen Nederland omgaat. In figuur 2.1 zijn de belangrijkste bronnen van nutriënten in huishoudelijk afvalwater weer-gegeven.

De fosfaatbalans van Nederland voor het jaar 2005 is in kaart gebracht in een studie van Plant Research International, Wageningen 2010 [25]. In de landbouw is in 2005 ongeveer 21.000 ton P in de vorm van fosfaatkunstmest ingevoerd, daarnaast is nog eens 87.000 ton P ingevoerd, het meeste hiervan in de vorm van krachtvoer. In totaal werd ongeveer 110.000 ton P ingevoerd, en werd er ongeveer 48.000 ton P ook weer uitgevoerd, in de vorm van land en tuinbouwproducten, mest en afval [21]. De vracht fosfaat in slib (zie ook Tabel 2.1), 11.774 ton P in 2005, heeft dus een significante bijdrage in de nationale fosfaatbalans. De nationale fosfaatbalans over 2005 is gegeven in Figuur 2-2.

FIGUUR 2-2 FOSFORBALANS VAN NEDERLAND, SITUATIE 2005 (UITGEDRUKT IN MILJOEN KG P PER JAAR) [21]



2.2 FOSFAAT VERWIJDERING OP RWZI'S

Door de steeds verdergaande aanscherping van de kwaliteitseisen voor het effluent in de jaren negentig (Richtlijn stedelijk afvalwater) is het aantal zuiveringen met P verwijdering fors toegenomen. Tegelijkertijd is het aantal van ongeveer 500 zuiveringen in 1981 afgenomen tot rond de 350 in 2008. Met het aanpassen, uitbreiden en vernieuwen van bestaande zuiveringen en het aanleggen van nieuwe zuiveringen is fosfaatverwijdering meer toegepast. Daarnaast worden er, hoewel het nog een minimale vracht betreft, meer initiatieven ontwikkeld om geconcentreerde afvalwaterstromen met een hoge fosfaatconcentratie, zoals urine, feces, apart te gaan behandelen. Een overzicht van fosfaat verwijdering op rwzi's vanaf 1981 in Nederland is weergegeven in Tabel 2.2.

TABEL 2.2: CAPACITEIT COMMUNALE RWZI'S ZONDER EN MET EEN FOSFAATVERWIJDERING [3]

Jaar	Capaciteit zonder Fosfaatverwijdering (1.000 i.e.)	Capaciteit met Fosfaatverwijdering (1.000 i.e.)
1981	19.222	812
1985	21.761	916
1990	21.989	1.740
1995	12.082	12.327
2000	4.740	20.501
2005	2.735	22.804
2006	2.462	22.992
2007	2.116	22.345
2008	1.836	22.572
2009	1.581	22.625

In het jaar 2009 is ongeveer 28% van het fosfaat chemisch verwijderd, 23% biologisch en circa 42% gecombineerd chemisch/biologisch. Voor circa 7% van de zuiveringscapaciteit vindt geen actieve fosfaatverwijdering plaats [3], hier vindt natuurlijk wel enige opname van fosfaat door zuiveringsslib plaats.

Fosfaat kan op verschillende manieren op een zuivering uit afvalwater worden verwijderd:

- 1 *Chemisch* waarbij chemicaliën worden gedoseerd. De chemicaliën vormen een neerslag met de opgeloste fosfaationen en worden afgevoerd via het spuislib.
- 2 *Biologisch (Bio-P)* waarbij fosfaat accumulerende organismen (PAO's) het fosfaat opnemen in de waterlijn. Afvoer van P vindt plaats via het zuiveringsslib.
- 3 *Combinatie van biologisch en chemisch* waarbij beide processen simultaan worden toegepast. Hierbij zijn diverse varianten en voor het vastleggen van P mogelijk.

Het fosfaat wordt bij zowel de biologische als de chemische fosfaatverwijdering uiteindelijk afgevoerd met het zuiveringsslib. In Tabel 2.3 is een overzicht gegeven van de Nederlandse zuiveringscapaciteit met chemische en biologische fosfaatverwijdering.

TABEL 2.3 OVERZICHT VAN DE WIJZE VAN FOSFAATVERWIJDERING IN NEDERLAND [3], CAPACITEITEN IN 1.000 I.E.

	Geen	Chemisch	Biologisch	Biologisch en Chemisch	Totaal
1990	21.989	1.665	75	0	23.729
1995	12.082	11.042	1.036	249	24.409
2000	4.740	17.919	4.625	2.117	25.241
2005	2.735	10.822	6.702	5.280	25.539
2009	1.581	6.825	5.683	10.117	24.206

2.2.1 CHEMISCHE FOSFAATVERWIJDERING

De verwijdering van fosfaat door het toevoegen van chemicaliën wordt al lang toegepast. De slechte oplosbaarheid van vele fosfaat-zouten maakt het verwijderen van fosfaat via een chemische route mogelijk. De oplosbaarheid van een zout wordt bepaald door het zogeheten oplosbaarheidsproduct. Als we als voorbeeld het zout X_aY_b nemen, wat opgebouwd is uit de ionen X^{b+} en Y^{a-} , dan wordt het oplosbaarheidsproduct als volgt gedefinieerd:

$$K_s = [X^{b+}]^a \cdot [Y^{a-}]^b$$

Waarin K_s , het oplosbaarheidsproduct, grofweg een constante waarde is bij constante temperatuur. Indien de concentraties van de verschillende ionen samen dit oplosbaarheidsproduct overschrijden (oververzadiging) zal een neerslag ontstaan. De mate van oververzadiging is de drijvende kracht achter precipitatie of kristallisatie.

Metaalzouten kunnen op meerdere plaatsen in de zuivering gedoseerd worden, elk met zijn eigen voor en nadelen. Naast ijzer en aluminium in de waterlijn worden ook magnesium en calcium in de sliblijn ingezet om fosfaat te binden. Tabel 2.4 geeft een overzicht van de mogelijke toevoegingen voor het vastleggen van fosfaat.

TABEL 2.4 FOSFAATPRECIPITATIE, TOEGEPASTE TOEVOEGINGEN EN PRECIPITATEN

Toevoeging	Precipitaat
IJzer ($FeCl_3$, $FeSO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$, $FeClSO_4$)	IJzerfosfaat ($FePO_4$)
Aluminium ($AlCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$, $Na_2Al_2O_4$)	Aluminiumfosfaat ($AlPO_4$)
Calcium (CaO , $Ca(OH)_2$)	Calcium fosfaat ($Ca_3(PO_4)_2$), Hydroxyapatiet ($Ca_5(PO_4)_3OH$), Brushiet ($CaHPO_4 \cdot 2 H_2O$)
Magnesium ($MgCl_2$, $Mg(OH)_2$, MgO)	Struviet ($(NH_4)MgPO_4 \cdot 6 H_2O$ of $KMgPO_4 \cdot 6 H_2O$)

De benodigde dosering, de gevormde producten, en daar waar relevant ook bijproducten, en de aard en eigenschappen van deze producten worden volledig bepaald door de procesomstandigheden en de beoogde doelen. Belangrijke invloeden zijn bijvoorbeeld de pH, de concentraties van verschillende stoffen maar ook de hele afvalwater matrix. Zeker bij processen waar gestuurd wordt op een bepaald product met een bepaalde kwaliteit en zuiverheid is het essentieel de juiste omstandigheden te creëren.

De selectie van de wijze van chemische fosfaatverwijdering is een kostenafweging. Bij chemische defosfatering worden op dit moment meestal ijzer- en/of aluminiumzouten toegepast. IJzer is goedkoop in aanschaf maar levert relatief veel chemisch slib (incl. ijzerhydroxide slib) op. Aluminiumzouten zijn aanzienlijk duurder, maar het geeft mogelijkheden tot bepaalde vormen van hergebruik van fosfaat hoewel dit met ijzerzouten ook mogelijk is. Ook worden aluminiumzouten ingezet om de slibkwaliteit (SVI) te verbeteren, zo kan het een tweeledige werking hebben. In bepaalde situaties wordt drinkwaterslib in slibgistingsystemen toegepast voor sulfide binding. Overdosering heeft tot gevolg dat fosfaat chemisch gebonden zal worden.

2.2.2 BIOLOGISCHE FOSFAATVERWIJDERING

Als gevolg van de verscherpte effluentkwaliteit eisen in de jaren negentig zijn in Nederland een tweetal uitgebreide onderzoeksprogramma's uitgevoerd: rwzi 2000 en PN-1992. In beide programma's zijn diverse projecten op het gebied van het Bio-P proces uitgevoerd. Via het verzamelen van bestaande informatie uit onderzoek en praktijk, aangevuld door studies en proefnemingen over een zeer breed front (lab-, pilot- en praktijkschaal) is het inzicht in de mogelijkheden van het Bio-P proces in Nederland sterk verbeterd. De eigenschappen van de

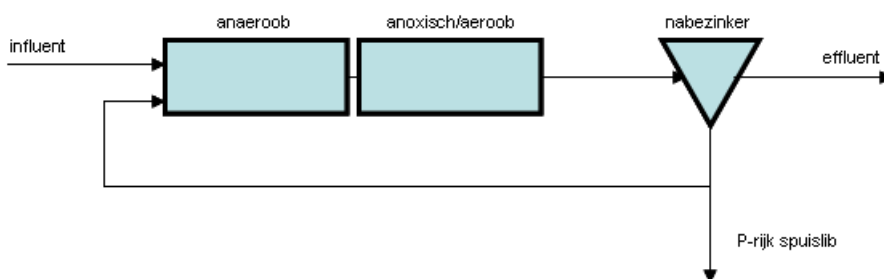
fosfaat accumulerende organismen (PAO's) kunnen worden benut voor de verwijdering van fosfaat uit afvalwater als de aërobe en anaërobe fasen op de juiste wijze in het actief-slibproces worden ingebouwd. Biologische fosfaatverwijdering wordt tegenwoordig bij zuiveringen in verschillende procesconfiguraties toegepast. Zo kunnen in hoofdlijnen systemen gericht op P-verwijdering in de hoofdstroom dan wel in de deelstroom worden onderscheiden.

Begin jaren negentig stond biologische defosfatering in de hoofdstroom nog in de kinderschoenen. In het buitenland waren al enkele hoofdstroomsystemen operationeel, voornamelijk in Zuid-Afrika en Denemarken. Tegenwoordig is het hoofdstroomprincipe goed te combineren met diverse uitvoeringen van systemen gericht op N-totaal verwijdering. Om de kans op verstoring van de anaërobe processen door nitraat te beperken wordt op Nederlandse rwzi's vaker een gemodificeerd UCT-systeem (m-UCT) toegepast. Daarnaast worden vergelijkbare systemen gericht op de gecombineerde verwijdering van N en P toegepast zoals bijvoorbeeld BCFS-systemen. Bio-P-verwijdering volgens het hoofdstroomprincipe moet de volgende procesonderdelen bevatten.

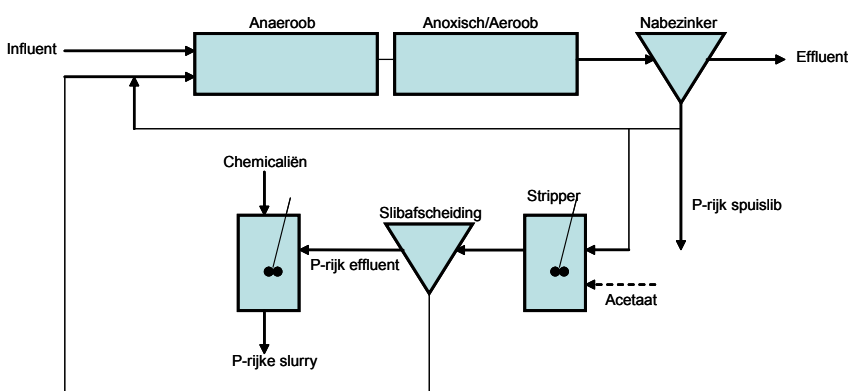
- Anaërobe tank: in de hoofdstroom, aan het begin van het actief-slibstelsysteem.
- Substraat in de anaërobe tank: Vetzuren die worden aangevoerd dan wel gevormd vanuit het influent.
- P wordt afgevoerd met het surplusslib.

Een schematisch overzicht van voorbeelden van verschillende systemen waar het Bio-P proces is toegepast, zijn weergegeven in Figuur 2-3 en Figuur 2-4.

FIGUUR 2-3 TOEPASSING BIO-P IN EEN RWZI VOLGENS HET HOOFDSTROOMPRINCIPE



FIGUUR 2-4 BIO-P-VERWIJDERING IN EEN RWZI VOLGENS HET DEELSTROOMPRINCIPE (VOORBEELD PHOSTRIP)



Begin jaren negentig is het deelstroomprincipe als eerst toegepast [3]. In die tijd hadden veel rwzi's nog niet de ideale cascade voor Bio-P verwijdering in de hoofdstroomlijn. Een voorbeeld van een deelstroomprincipe, in dit geval gebaseerd op het Phostrip proces, is weergegeven in Figuur 2-4 en bestaat uit de volgende stappen:

- Gegeven Bio-P proces in de waterlijn;
- Anaerobe fase (strippertank) in een deelstroom van het retourslib;
- Indien noodzakelijk, een dosering van externe BZV-bron (acetaat) in de strippertank;
- Slib/waterscheiding van P-rijke afloop (anaërobe) stripper,
- chemische precipitatie en vorming van apart fosfaatslib.

Het deelstroomproces kenmerkt zich door het concentreren van fosfaat in een geringe volumestroom. Het concentreren van het fosfaat in een deelstroom vindt plaats door een deel van het retourslib tijdens een anaërobe fase in een stripper, al dan niet geforceerd door toevoeging van een substraat in de vorm van acetaat of lagere vetzuren, vrij te maken (strippen) van fosfaat. Kenmerkend daarbij is ook dat het "gestripte" slib weer opnieuw fosfaat kan opnemen in de aerobe of anoxische fase van de hoofdstroom. Uiteindelijk dient het fosfaat via een chemische route uit de geconcentreerde volumestroom te worden verwijderd.

Op deze basis is destijds als eerste de RWZI Haarlem Waarderpolder aangepast tot deelstroomstelsel met kalkprecipitatie. Vervolgens is op RWZI Geestmerambacht een demonstratieprojecten gerealiseerd waarbij de geconcentreerde fosfaatstroom uit het deelstroomproces wordt geprecipiteerd in een korrelreactor. De deelstroomprocessen en zeker in combinatie met het precipiteren van fosfaat in een korrelreactor blijken in praktijk arbeidsintensief en het chemicaliënverbruik is hoog. Vandaag de dag wordt dit principe nog toegepast op de rwzi's Haarlem Waarderpolder en Dinther. Op de RWZI Geestmerambacht is de terugwinning van fosfaat via kalkprecipitatie uit economisch gronden niet rendabel en is zodoende recentelijk uit bedrijf genomen.

2.2.3 COMBINATIE VAN CHEMISCHE EN BIOLOGISCHE P-VERWIJDERING

In Nederland wordt in veel gevallen P-verwijdering bereikt door gecombineerd bio-P én chemische precipitatie toe te passen. Een procesconfiguratie met bio-P-activiteit (anaerobe tank) is hierbij het uitgangspunt. Afhankelijk van de omstandigheden vindt aanvullend chemische P-fixatie plaats. Het doseren van chemicaliën is flexibel inzetbaar en kan eenvoudig gestuurd worden waardoor het uit operationeel oogpunt een bedrijfsvriendelijke en relatief eenvoudige in te zetten P-verwijderingsmethode betreft. Zoals hiervoor ook al aangegeven zijn allerlei procesconfiguraties hierbij te onderscheiden. Chemicaliëndosering als aanvulling op biologische P-fixatie kan plaatsvinden in de waterlijn, de sliblijn, het rejectiewater afzonderlijk of in een combinatie van plaatsen op de rwzi.

2.2.4 KANSEN BIJ CENTRALE SLIBVERWERKING

Een belangrijke trend in de slibvergisting en ontwatering is de centralisatie van deze processen. Steeds vaker wordt voor verschillende (kleine) rwzi's op één locatie van een grotere rwzi vergist en ontwaterd. Belangrijke voordelen hierin zijn een centrale bedrijfsvoering en de schaalgrootte. Het effect van het centraal bijeenbrengen van dit slib is dat er ook een grote vracht nutriënten bijeengebracht wordt. De vrijgekomen hoeveelheid stikstof en fosfaat staat nu in geen verhouding meer met de influentvrucht, de extra belasting als gevolg van gisting kan meestal niet meer in de zuivering verwerkt worden. Stikstof wordt meestal verwijderd in de waterlijn, fosfaat moet vaak chemisch verwijderd worden omdat bio-P-capaciteit tekort schiet.

Deze extra vracht fosfaat, die lokaal vrijkomt en meestal chemisch verwijderd wordt, is een uitgelezen kans om fosfaat terug te winnen. Er is een relatief grote vracht beschikbaar die niet biologisch vastgelegd kan worden. Zo kan het zijn dat voor een aantal kleine rwzi's waar bio-P wordt toegepast en de vrachten erg klein zijn, het toch interessant kan zijn om op het centrale verwerkingspunt fosfaat terug te winnen.

2.2.5 ONTWIKKELINGEN

Verduurzaming van de afvalwaterketen staat de laatste jaren sterk in de belangstelling. Verminderen van het energieverbruik, nieuwe sanitatieconcepten en brongerichte maatregelen spelen hierbij een belangrijke rol. Projecten waarin deze elementen van belang zijn, zijn bijvoorbeeld de projecten 'De energiefabriek', diverse gescheiden sanitatieprojecten en de toekomstvisie zoals omschreven in de 'NEWater'-studie [29]. Ook het beschouwen van 'afvalwater als grondstof' vindt steeds meer aandacht in binnen en buitenland. Fosfaatterugwinning en -hergebruik passen hier helemaal in.

In de filosofie van NEWater: "De rwzi blijft een centrale plek waar afvalwater binnenkomt, maar is nadrukkelijker een integraal onderdeel van de omgeving. De rwzi van de toekomst is de NEWater-fabriek, waar afval een grondstof is geworden."

Deze ontwikkelingen hebben tot gevolg dat op onderdelen de inrichting van de afvalwaterketen aan verandering onderhevig is. De centrale grootschalige vergisting van zuiveringsslib wordt vaker toegepast. Daarbij speelt de binnenkort te verwachte toepassing van thermisch drukhydrolyse systemen op slib waardoor meer fosfor kan worden vrijgemaakt (verdergaande afbraak van slib) en de kansen voor terugwinning kunnen toenemen. Combinaties van slibgisting met externe organische reststromen worden uit oogpunt van energieopwekking vaker onderzocht en toegepast. De uiteindelijke effecten van deze ontwikkelingen zijn divers maar worden over het algemeen als een stimulans voor fosforterugwinning gezien.

In de praktijk wordt een tendens opgemerkt dat de ontwaterbaarheid van surplusslib afneemt. Langzaam maar zeker stijgen de jaarlijkse PE verbruiken om dezelfde drogestofgehalten te behalen [zie Bedrijfsvergelijking zuiveringsbeheer; periode 1999 – 2009 stijging van 7,8 tot 11,3 kg PE/ton ds]. Er zijn aanwijzingen, dat dit is toe te schrijven aan een toename van het aantal Bio-P-systemen.

Daarnaast is er de laatste jaren een ontwikkeling te zien waarin de landbouwwereld en de humane afvalwaterketen op meerdere vlakken tot samenwerking komen. Deels vanwege een gezamenlijke problematiek (nutriëntenbeheer) en deels vanuit een gezamenlijk belang voor een gezond oppervlaktewater (diffuse emissie en microverontreinigingen). Een voorbeeld hiervan is het momenteel lopende pilotproject "SOURCE" (Waterschap Aa & Maas, ZLTO, STOWA, Provincie Noord-Brabant) waarin onderzoek wordt verricht naar de gecombineerde behandeling van dunne mestfracties met brongescheiden humane urine in combinatie met een rwzi.

2.3 AFZET VAN ZUIVERINGSSLIB

Zowel bij biologische fosfaatverwijdering als chemische fosfaatverwijdering in de hoofdstroom wordt het fosfaat afgevoerd met het zuiveringsslib. Op de meeste zuiveringen wordt het zuiveringsslib ingedikt en/of mechanisch ontwaterd en vervolgens afgevoerd. Sinds 2000 is de slibproductie op rwzi's min of meer constant gebleven op ongeveer 1.500.000 ton (nat) zuiveringsslib, met een fosfaatgehalte van 30-40 gram per kilo droge stof. De slibproductie met de bijbehorende fosfaatgehaltenes vanaf 1981 zijn weergegeven in Tabel 2.5.

TABEL 2.5: PRODUCTIE VAN ZUIVERINGSSLIB OP NEDERLANDSE RWZI'S [3]

Jaar	Afzet van zuiveringsslib (ton)				
	Nat	Droog	Asrest	P potentieel in slib (tabel 2.1.)	% P in de asrest
1981	3.662.102	179.616	74.866	7.301	9,8
1985	3.749.735	227.127	96.020	7.896	8,2
1990	4.859.804	315.266	127.156	8.118	6,4
1995	2.135.432	359.843	160.446	10.227	6,4
2000	1.426.447	336.361	128.336	10.455	8,1
2005	1.494.028	347.557	126.997	11.774	9,3
2006	1.610.518	359.431	123.697	11.745	9,5
2007	1.538.697	339.102	121.245	12.325	10,2
2008	1.320.580	336.064	110.457	12.400	11,2

In 2008 werd ongeveer 50% van al het Nederlandse zuiveringsslib verbrand bij twee monoverbranders in Nederland: Slibverwerking Noord-Brabant (SNB) in Moerdijk en HVC (het voormalige DRSH) in Dordrecht. Tijdens de verbranding wordt het fosfor geconcentreerd en komt in de as terecht in een concentratie van ongeveer 100 tot 120 gram fosfor per kg as.

In 2008 is ongeveer 62.000 ton as geproduceerd door beide slibverwerkers [28], hiervan is 39.000 ton as afkomstig van de verbrandingsoven van SNB. Hiervan is potentieel 60% geschikt voor verwerking bij Thermphos doordat dit as betreft afkomstig van 100% bio-P-slib of omdat dit as betreft van slib met een gemiddelde Fe/P molverhouding van <0,20. De marktpotentie aan bio-P en ijzerarm slib bij HVC en SNB worden gekwantificeerd op circa 34.000 ton ds./jr. [27]. Bij een fosforgehalte van 10% resulteert dit in een fosforvrucht van circa 3.400 ton P/jaar. Een deel van het ijzerarme as van SNB is in de periode 2009/2010 als experiment afgezet naar Thermphos, waar het fosfor uit de assen is teruggewonnen. Vanaf medio 2010 is de afzet van ijzerarm as naar Thermphos vanwege emissieproblemen stopgezet, hoewel een eerdere test aangetoond heeft dat deze emissies niet het gevolg zijn van de verwerking van deze assen. De stop is van tijdelijke aard, in afwachting van maatregelen bij Thermphos. Verwacht wordt dat vanaf medio 2011 wederom gestart gaat worden met de afzet van geschikt as aan Thermphos. De as die niet wordt afgezet naar Thermphos wordt via andere routes afgezet, bijvoorbeeld als vulmiddel in de asfalt- en cementindustrie. Ondanks het feit dat de assen nuttig ingezet worden gaat het fosfaat hierbij verloren.

3

KANSEN VOOR FOSFAATTERUGWINNING

3.1 TERUGWINNEN FOSFAATHOUDENDE PRODUCTEN

Een essentiële randvoorwaarde voor het effectief terugwinnen van fosfaat uit afvalwater is dat een eindproduct in grote hoeveelheden met constante kwaliteit, voldoende zuiverheid, vrij van pathogenen en met de juiste fysische eigenschappen wordt geproduceerd. Zo kunnen er met de minerale meststoffenindustrie en kunstmestafnemers langjarige contracten worden gesloten zodat een verzekerde en stabiele afzet mogelijk is.

Een integrale ketenbenadering is belangrijk voor succesvolle toepassing. De eisen en wensen vanuit het gebruik in de voedselproductie als minerale meststof moeten worden vertaald naar een geschikte technologie voor de productie van een minerale meststof met voldoende economische waarde. Deze ketenbenadering kan invloed hebben op andere aspecten van een afvalwaterzuivering zoals de energiehuishouding, procesttechnologie en processtabiliteit. Ook in een breder verband dient de fosforketen beschouwd te worden door de effecten van vervolprocessen te beschouwen.

Deze studie is specifiek gericht op de kansen van fosforwinning op de rwzi inclusief de slibeindverwerking. Hierbij is als uitgangspunt gekozen dat de inzet van processen zoveel als mogelijk aansluiting dienen te hebben bij de bestaande infrastructuur.

3.2 MOGELIJKHEDEN TOT TERUGWINNING VAN FOSFAAT

Op de volgende punten binnen de rwzi en de slibeindverwerking is fosforterugwinning mogelijk:

- Waterlijn (lokaal op rwzi)
- Slibbehandeling en rejectiewater (lokaal op rwzi)
- Slibeindverwerking (lokaal op rwzi)
- Slibeindverwerking (grootschalig, centraal)

De slibeindverwerking is in Nederland veelal centraal geregeld. Het is wettelijk verplicht uiteindelijk het zuiveringsslib te verbranden (monoverbranding, cementoven, energiecentrale). De route voorafgaand aan de uiteindelijke verbranding van het gedroogde slib kan verschillend zijn (ontwateren gevolgd door (de-)centraal thermisch of biologisch drogen)

Door het terugdringen van fosfaatbestanddelen in wasmiddelen in de jaren 80 van de vorige eeuw zijn de fosfaatconcentraties in communaal afvalwater sterk gedaald. Vanwege de lage concentratie is het rechtstreeks terugwinnen van fosfaat uit communaal afvalwater vanwege het hoge chemicaliënverbruik, niet rendabel. De waterlijn biedt daarom geen goede kansen tot het terugwinnen van fosfaat in situ.

Voor het efficiënt hergebruiken van fosfaat is het van belang een zo geconcentreerd mogelijke stroom te vinden of te creëren om het terugwinnen te vergemakkelijken en ook economisch aantrekkelijk te laten zijn. In dit hoofdstuk worden de diverse aspecten van de positionering van terugwinningsystemen in de keten besproken. Naast de concentratie is ook de vorm waarin fosfaat voorkomt van belang. De vormen waarin fosfaat voorkomt gedurende het zuiveringsproces en de slibverwerking worden apart toegelicht.

3.2.1 FOSFAAT OP DE RWZI

Primair bepaalt het gedrag van het element fosfor de kansen en mogelijkheden voor het economisch aantrekkelijk kunnen terugwinnen van fosfor uit communaal afvalwater. Fosfor komt in afvalwater in een aantal vormen voor. Onderscheid kan worden gemaakt in gebonden fosfaat en opgelost fosfaat.

Opgelost fosfaat bestaat (vrijwel) volledig uit ortho-fosfaat, of vrije en beschikbare fosfaat ionen in oplossing. Ortho-fosfaat is de meest vrije, en dus gemakkelijk beschikbare vorm van fosfaat. Zowel biologisch als chemisch kan deze vorm gemakkelijk gebonden worden. In het influent van een rwzi is ongeveer twee derde van het fosfaat aanwezig in de vorm van ortho-fosfaat. De rest van het fosfaat is gebonden aan organisch materiaal of in de vorm van onoplosbare zouten aanwezig.

Verder zijn er verschillende vormen gebonden fosfor/fosfaat aanwezig. Dit kan biologisch of chemisch gebonden zijn. Biologisch gebonden fosfor is beschikbaar doordat het (deels) zal vrijkomen bij de afbraak van organische stof. Chemisch gebonden fosfaat (bijvoorbeeld ijzerfosfaat, aluminiumfosfaat of calciumfosfaat) is biologisch zeer beperkt beschikbaar en zal ook in geval van bijvoorbeeld gisting niet meer in oplossing gaan. Dit chemisch gebonden fosfaat vormt onderdeel van het zogeheten chemisch slib op een rwzi en zal na ontwatering met het ontwaterde slib afgevoerd worden. Chemisch gebonden fosfaat kan zeer stabiel zijn, uit ijzerfosfaat kan de fosfor alleen met grote inspanning vrijgemaakt worden (bijvoorbeeld met sterk zuur of hoge temperatuur).

Biologisch gebonden fosfaat kan nog wel in opgeloste vorm vrijkomen. Biologisch gebonden fosfaat kan in twee vormen voorkomen:

- Biologisch gebonden Poly-fosfaat;
- Organisch fosfaat.

Poly-fosfaat is een vorm van fosfaat zoals Bio-P-organismen dit vastleggen in de cel. Deze vorm van fosfaat kan gemakkelijk weer vrijkomen, zowel in een gisting maar ook onder anaerobe omstandigheden in de aanwezigheid van lagere organische zuren. Dit kan gewenst of noodzakelijk zijn om processen goed te kunnen sturen zoals bijvoorbeeld de werking van een anaërobe tank in het Bio-P-proces, fosfaat stripping van surplus-, of retour-slib en de toepassing waarbij actief slib wordt vrijgemaakt van fosfaat zodat winning mogelijk wordt. Het vrijkomen van fosfaat uit bio-P-slib kan ook ongewenst zijn zoals dat bijvoorbeeld kan voor komen in slibindikers. Actief slib zonder bio-P activiteit bevat circa 1,5 tot 2 massa-% fosfor. Bio-P-slib kan fosfor ophopen tot ongeveer 3 á 5 massa-%. Op zuiveringen waar de slibproductie relatief laag is en veel fosfaat gebonden moet worden kan het voorkomen dat de biologische capaciteit ontoereikend is en er dus extra chemicaliën gedoseerd moeten worden om het surplus fosfaat chemisch te binden.

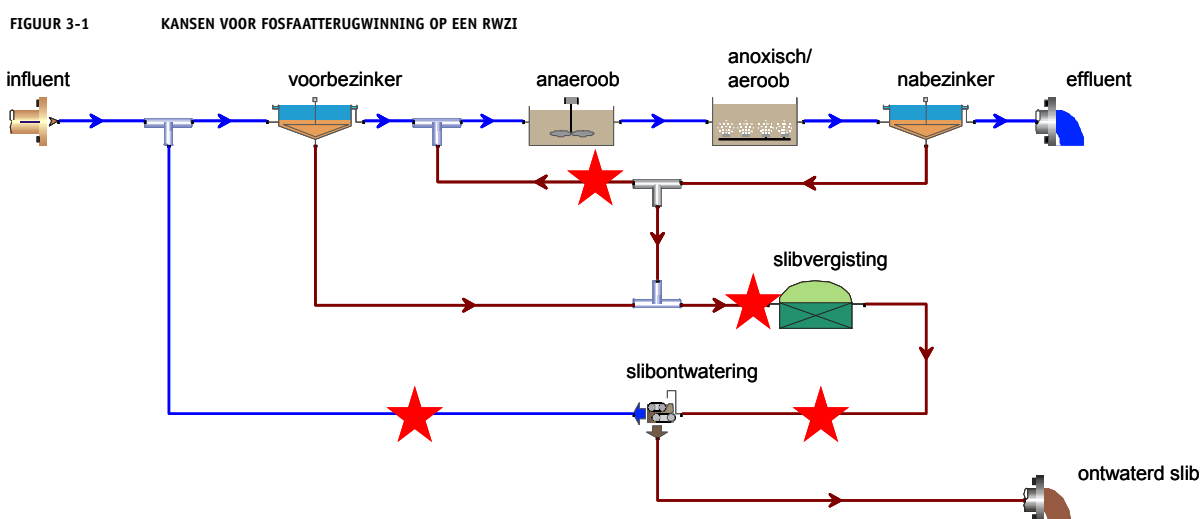
Op een rwzi waar biologische fosfaat verwijdering toegepast wordt, zal het fosfaat in de twee hiervoor genoemde biologisch gebonden vormen met het ontwaterde slib worden afgevoerd.

Indien er geen slibgisting op een zuivering wordt toegepast is de hoeveelheid fosfaat die weer vrijkomt en met de retourstroom teruggevoerd wordt naar de zuivering, beperkt. Het overgrote deel van het fosfaat blijft gebonden in het slib (en wordt dus meteen afgevoerd). In het geval van slibgisting, kan er een bepaalde hoeveelheid fosfaat weer vrij komen. De daadwerkelijke hoeveelheid fosfaat die zal vrijkomen, varieert sterk van geval tot geval. Dit is afhankelijk van locatie specifieke omstandigheden zoals de aanwezigheid van vrije metalen in het influent, eventueel de gisting en het toegepaste type zuiveringsysteem.

Als gevolg van de hoge fosfaatgehalten in de vergister, en overige zouten die vrijkomen (denk vooral aan calcium en magnesium) bij de afbraak van slib zal ook een deel van het fosfaat meteen chemisch gebonden worden, zeker als ook ijzer gedoseerd wordt in de gisting om sulfide vorming tegen te gaan. In een vergister zijn ook hoge ammonium gehalten aanwezig, hierdoor kan in een vergister ook gemakkelijk struviet (magnesiumammoniumfosfaat hexahydraat of $MgNH_4PO_4 \cdot 6 H_2O$) neerslaan.

3.2.2 TERUGWINNEN OP DE RWZI

In Figuur 3-1 staat schematisch weergegeven waar kansen voor fosfaatwinning op een rwzi bestaan.



3.2.2.1 WATERLIJN

Het totaal-P-gehalte in communaal afvalwater bedraagt circa 5 tot 15 mg/l, met het gemiddelde rond de 8 mg/l. Fosfaatterugwinning in de waterlijn is in theorie mogelijk in de voorbezinktank, het actief slibproces en in de afloop van de nabezinker. Het belangrijkste nadeel van het terugwinnen in de waterlijn is de lage concentratie fosfor in de waterfase, dit maakt het chemicaliëngebruik hoog, zijn grote procesvolumina nodig en is, voornamelijk in het geval van terugwinning in de voorbezinktank en het actief slib proces, de belasting met verontreinigingen groot (colloïdale BZV/CZV, sulfides, carbonaten, etc). Dit resulteert in een hoge chemicaliëndosering en een slechte productkwaliteit. Fosfaatterugwinning in de afloop van de nabezinker heeft minder last van deze hindernissen en is in het verleden ook toegepast (RWZI Westerbork) maar fosfor concentraties zijn in de huidige situatie erg laag (<2 mg/l). Deze lage concentraties vragen dus ook weer een hoog chemicaliënverbruik.

Fosfaatterugwinning in deelstromen (BCFS), retour- dan wel spuislib op een rwzi (Phostrip), volgens het deelstroomprincipe biedt betere kansen. Hier komt een stroom met een hogere concentratie fosfaat beschikbaar. Het fosfaat kan vervolgens neergeslagen worden. Omdat er

in dit stripperwater geen ammonium zit zijn de mogelijkheden enigszins beperkt maar producten als calcium en aluminiumfosfaat bieden wel kansen voor terugwinning. Dit principe wordt in Nederland toegepast op de RWZI Haarlem-Waarderpolder waar het product overigens niet wordt afgezet als grondstof. In het verleden is dit eveneens toegepast op de RWZI Geestmerambacht maar weer uit bedrijf genomen vanwege het hoge chemicaliën verbruik van de toegepaste korrelreactor. Op RWZI Dinther, waar een specifieke situatie bestaat vanwege de lozing van een grote fosfaatvracht op deze rwzi, wordt nog wel fosfaat gestript, maar alleen om de capaciteit van de zuivering te vergroten.

Door surplusslib vóór de gisting specifiek te strippen van fosfaat kan de te winnen hoeveelheid fosfaat worden verhoogd. Het WASSTRIP-proces (IP rechten Ostara) is hierop gebaseerd. Hierbij wordt de extra vrijgemaakte hoeveelheid fosfaat in combinatie met rejectiewater uiteindelijk vastgelegd in struviet. Dit heeft als voordeel dat de struvietproductie groter is en dat struvietprecipitatie in de gisting en de ontwateringsapparatuur voorkomen wordt [8].

3.2.2.2 SLIBGISTING EN REJECTIEWATER

Tijdens de vergisting van surplusslib wordt organische stof afgebroken en omgezet in methaan. Als gevolg van de afbraak van biomassa komt ammonium en fosfaat vrij, als resultaat kunnen in een gisting de concentraties fosfaat en ammonium hoog oplopen (50 – 600 mg P/l, 500 – 1.800 mg N/l) in het geval van een Bio-P-zuivering. Na slibontwatering blijft een waterige deelstroom over die rijk is aan deze nutriënten, het zogeheten rejectiewater. Het rejectiewater wordt over het algemeen teruggevoerd naar de ontvangtzijde van de zuivering. Het rejectiewater kan een grote extra belasting op de hoofdzuivering vormen.

Zowel uitgelist slib als het rejectiewater bieden als gevolg van de hoge fosfaat concentraties goede kansen voor fosfaatterugwinning. Het precipiteren van struviet in uitgelist slib wordt op rwzi's in Nederland (nog) niet toegepast, wel zijn er referenties in Duitsland. Ook zijn er recent experimenten uitgevoerd op RWZI Amsterdam-West [7].

3.2.2.3 WINNINGSRENDEMENTEN EN POTENTIEEL

Op de zuivering zelf is het rendement van terugwinning per locatie afhankelijk van de vorm waarin fosfaat voorkomt, de effluenteisen en van de fosfaatbalans van een systeem. Uitgaande van een fosforgehalte in bio-P slib van 4 tot 4,5 massa-% zal 50% - 55% in de vorm van poly-P aanwezig zijn (2 massa-% in normaal actiefslib). Grofweg is de helft van het biologisch gebonden fosfaat eenvoudig vrij te maken. Uitgaande van ~85% P verwijdering op een rwzi (effluentgehalte circa 1 mg/l) is 40 tot 50% van de hoeveelheid P van de influent vracht eenvoudig winbaar. Dit potentieel wordt in praktijk beperkt door het niet volledig vrijkomen van de hoeveelheid poly-P in de gisting waardoor ~20% van de influentvracht fosfaat teruggevonden wordt in het rejectiewater. Indien het strippen van P vóór de gisting kan worden toegepast is een totaal winningsrendement tot 40% à 50% van de influent vracht mogelijk.

3.2.3 SLIBEINDVERWERKING

Fosfaatterugwinning in de slibeindverwerking is een mogelijkheid voor alle rwzi's met fosfaatverwijdering. Fosfaatterugwinning in de slibeindverwerking bestaat uit de benutting van fosfaat uit verbrandingsassen van een monoverbranding van zuiveringsslib (in NL SNB Moerdijk en HVC Dordrecht). Deze as wordt benut als bron van fosfaat door de fosfaatindustrie (bijvoorbeeld Thermphos) op een zelfde wijze als fosfaaterts. Het fosfaat kan ook via thermische en fysisch-chemische processen worden teruggewonnen uit de asrest. De aard en economische aspecten van dit soort processen vragen over het algemeen om toepassing op grote schaal.

In de huidige situatie kunnen de daarvoor geschikte assen (Fe/P <0,2 mol/mol) die vrijkomen

tijdens de slibverbranding bij SNB al afgezet worden naar Thermphos. Voor het effectief terugwinnen van fosfaat dienen deze assen overigens een voldoende hoog fosfaatgehalte te hebben. Het potentieel aan winbare hoeveelheid fosfaat in de slibeindverwerking ligt hoger dan ingeval van fosfaatterugwinning op de rwzi. Hierbij is in principe alle fosfor aanwezig in het slib geschikt voor terugwinning. Het rendement op basis van de influent vracht wordt in principe alleen gelimiteerd door de verliezen aan fosfaat via het effluent van de zuivering en het rendement van de desbetreffende fosforwinningstechniek. Het maximaal haalbare rendement van deze groep van technologieën bedraagt daarmee 70 – 80% van de influent vracht, waarbij is uitgegaan van een relatief hoog individueel rendement van 90% bij elke toegepaste technologie of combinatie van technologieën.

3.3 CONCLUSIES

Het lokaal terugwinnen van fosfaat op een rwzi biedt de beste kansen indien de installatie een Bio-P zuivering (al dan niet simultaan met chemische verwijdering) is voorzien van slibgisting. In uitgestit slib en het rejectiewater van dit soort typen installaties zijn hoge concentraties fosfaat beschikbaar zodat binnen een rwzi hier de beste kansen voor terugwinning liggen. Het maximaal te behalen rendement bedraagt ongeveer 40 – 50% van de influent vracht. Op lang niet alle zuiveringen wordt biologisch fosfaat verwijderd, en dus is het terugwin potentieel op basis van de totale fosfaatvracht in Nederland gelimiteerd. In totaal is ongeveer 65% van de zuiveringscapaciteit in Nederland gebaseerd op biologische fosfaatverwijdering, al dan niet aangevuld met chemische fosfaatverwijdering. Een kwart van de zuiveringscapaciteit past alleen biologische fosfaatverwijdering toe [3].

Het terugwinnen van fosfor in de slibeindverwerking kan in de huidige situatie uit de verbrandingsassen van slib indien het gehalte ijzer voldoende laag is en het P gehalte voldoende hoog is. Dit is uit bedrijfseconomische gronden alleen mogelijk ingeval van grote centrale slibverwerking. Het potentieel van terugwinnen vanuit de as op basis van de totale fosfaatvracht in Nederland is momenteel nog begrensd door het aandeel ijzerarm slib dat in de mono verbranding verwerkt wordt omdat daarvoor de Thermphos-route gevolgd wordt. Indien nieuwe technologieën toegepast worden is mogelijk de gehele as productie beschikbaar voor terugwinning. De verwachting is dat het rendement dan tot maximaal 70 tot 80% op basis van de influentvracht, kan oplopen.

4

INVENTARISATIE VAN TECHNOLOGIEËN

4.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden de verschillende technologieën voor fosfaatterugwinning op verschillende plaatsen in de keten besproken. Hierbij zullen alle processen in verschillende staat van ontwikkeling, van labschaal tot complete installatie, worden besproken. Alle processen die in dit hoofdstuk worden genoemd zijn in meer detail beschreven in de factsheets in bijlage 2.

4.2 BESCHIKBARE TECHNOLOGIEËN – OP DE RWZI

Voor het terugwinnen van fosfaat op de rwzi zelf zijn een aantal technologieën beschikbaar, deze worden hierna genoemd. De producten van deze technologieën verschillen in kwaliteit en karakteristiek. De overeenkomst is dat de producten direct als minerale meststof of als grondstof hiervoor worden toegepast. De belangrijkste producten zijn struviet (magnesiumammoniumfosfaat) en calciumfosfaat.

Grofweg kunnen deze technieken opgedeeld worden in 2 reactor configuraties. Een deel van de technologieën past volledig gemengde tanks toe (menging door lucht of een roerwerk), het andere deel zijn fluidebed korrel-reactoren. In deze reactoren wordt door middel van een opgaande stroom en fluidiserend bed van deeltjes gecreëerd.

Het rendement van al deze technologieën is gebaseerd op de hoeveelheid chemicaliën die gedoseerd worden. Uit economische afwegingen zijn deze doseringen dusdanig dat het rendement van deze technologieën maximaal rond de 90 – 95% verwijdering liggen. De afscheidingsrendementen van het product zijn voor de meeste technologieën hoog (> 95%), daar waar deze sterk afwijken wordt dit bij de technologie genoemd.

4.2.1 OPSTROOMREACTOREN

In een opstroomreactor, ook wel fluïde bed-, pellet-, of korrelreactor genoemd, worden productdeeltjes in suspensie gehouden met behulp van een opwaartse stroom. Ditzelfde principe wordt al langer toegepast bij onthardingsreactoren voor drinkwater. Langzaam groeien de korrels in het bed waardoor ze op een gegeven moment te zwaar worden om in suspensie gehouden te worden. Deze korrels worden vervolgens afgescheiden. De kleine korrels worden in de reactor gehouden met behulp van een bezinkzone bovenin de reactor.

De volgende technologieën maken gebruik van de opstroomreactor configuratie:

- Pearl: De Pearl technologie is ontwikkeld door het Canadese bedrijf Ostara en is op praktijk schaal op 4 locaties in de Verenigde Staten en Canada toegepast op rwzi's. Het Pearl® proces gebruikt rejectiewater van een bio-P installatie als bron van fosfaat. In een speciaal ontworpen korrelreactor wordt onder toevoeging van magnesiumchloride struviet gevormd. De IP rechten van deze technologie liggen bij Ostara. Afhankelijk van de situatie

FIGUUR 4-1 PEARL 500 OPSTROOMREACTOR



FIGUUR 4-2 CRYSTALLACTOR OPSTROOM



wordt soms loog gedoseerd. Er is geen entmateriaal nodig. In de korrelreactor wordt gericht gestuurd op korrelgrootte. De struvietkorrels worden batchgewijs geogst, gedroogd en naar korrelgrootte geclassificeerd [7]. Er zijn twee reactor types beschikbaar met een capaciteit van 65 kgP/dag en 260 kgP/dag. De diverse korrelfracties worden verpakt en onder de merknaam Crystal Green[®] (N-P-K: 5-28-0 + 10% Mg) afgezet in de kunstmesthandel. Vaak wordt het product toegepast in zogenaamde blends waarbij in combinatie met andere kunstmeststoffen tot een specifiek kunstmestmengsel wordt gekomen. Crystal Green[®] is in het Verenigd Koninkrijk erkend als een “EG-meststof” en valt onder de categorie NP-meststoffen type B.2.1 [4], daarmee is afzet in de EG geborgd. Een preregistratie in verband met REACH (Europese registratie van chemische producten) is verkregen. Ingeval van grootschalige productie vindt de definitieve registratie van Crystal Green[®] plaats. Pearl kan ook toegepast worden in combinatie met het WASSTRIP proces (IP rechten Ostara) waarbij het surplusslib vóór de gisting wordt gestript van fosfaat. Dit heeft als voordeel dat de struvietproductie groter is en dat struvietprecipitatie in de gisting en de ontwateringsapparatuur voorkomen wordt [8]. Er zijn aanwijzingen dat hiermee de slibontwatering in positieve zin wordt beïnvloed, dit vraagt echter nader onderzoek omdat de verbeterde slibontwatering in de VS op dit momenteel geen thema is waarop nu onderzoek is verricht.

- *Crystallactor*: De Crystallactor technologie is ontwikkeld door DHV Water BV. De cilindervormige reactor is gedeeltelijk gevuld met entmateriaal (zoals kwartszand). Het fosfaatrijke water wordt onderin de reactor gebracht, een opwaartse stroom zorgt voor een fluïde bed in de reactor. Door het doseren van kalkmelk en door te sturen op specifieke procesomstandigheden worden er uiteindelijk calciumfosfaat pellets gevormd met een grootte van 0,8 - 1 mm. De IP rechten liggen bij DHV Water bv. Het eindproduct wordt afgezet als fosfaatbron bij Thermphos. Deze technologie wordt eveneens ingezet om andere typen precipitaten zoals specifieke metaalzouten uit industrieel afvalwater terug te winnen (b.v. fluoridezouten in de electronica industrie, toegepast in Japan). In het verleden is dit systeem toegepast bij AVEBE waarbij struviet is geproduceerd. Voor zover bekend is deze technologie niet voor de behandeling van rejectiewater toegepast. In de Verenigde Staten is het proces voor de winning van calciumfosfaat toegepast op zuivelafvalwater. Het toepassen van entmateriaal heeft tot gevolg dat het product altijd een restgehalte van dit materiaal bevat.
- *Phosnix*: De Phosnix is ontwikkeld door het Japanse bedrijf Unitika en is op praktijk schaal op 2 locaties in Japan toegepast. De reactor wordt aan de onderzijde met rejectiewater gevoed. Om de juiste omstandigheden voor struvietkristallisatie te creëren wordt mag-

FIGUUR 4-3

PHOSNIX OPSTROOM REACTOR



nesiumhydroxide en natronloog toegevoegd. Struvietkristallen worden gevormd in de “kristallisatiezone” en groeien, zonder entmateriaal, tot pellets van 0,5 - 1 mm bij een verblijftijd van ongeveer 10 dagen. Afhankelijk van de opstroomsnelheid, de reactor is van het type airlift, zakken de kristallen naar de bodem van de reactor indien een bepaalde grootte is bereikt. Het eindproduct wordt in Japan toegepast als (kunst)meststof in de rijsteelt.

- Bij deze genoemde technologieën is er een grote mate van sturing mogelijk (opstroomsnelheid, pH, dosering van chemicaliën) die ervoor zorgt dat dergelijke processen een relatief grote deeltjesgrootte en zuiverheid van product kunnen bereiken. De toepassing van eventueel entmateriaal kan de zuiverheid en dus het fosfaatgehalte in het product verlagen.

4.2.2 CONTINUE GEMENGDE REACTOREN

Andere fosfaatterugwinningstechnieken in deelstroom zijn gebaseerd op continue gemengde reactoren al dan niet gemengd door beluchting of een roerwerk.

- *Phospaq*: De Phospaq reactor is ontwikkeld door Paques BV. Rejectiewater, of ander fosfaatrijk water, dient als influent voor de Phospaq reactor. Door de reactor te beluchten stijgt de pH in de tank als gevolg van CO₂ stripping, daarnaast zorgt de beluchting voor menging. Om de struviet kristallisatie plaats te laten vinden wordt magnesiumoxide aan de tank gedoseerd. Dit proces wordt onder andere toegepast bij Waterstromen in Olburgen en Lomm. Het product wordt afgezet in Duitsland als grondstof voor de kunstmestproductie (ref. Waterstromen). Het product wordt in Nederland (nog) als afvalstof geïnclassificeerd en mag onder de EVOA regelgeving (export afvalstoffen) worden getransporteerd naar Duitsland waar het gebruikt wordt als basisgrondstof voor de minerale meststofproductie.

FIGUUR 4-4

STRUVIET (LINKS) UIT HET PHOSPAQ PROCES BIJ WATERSTROMEN OLBURGEN (RECHTS)



- *NuReSys*: De NuReSys technologie is ontwikkeld door het Belgische bedrijf Akwadok. In een klassieke compleet gemengde kristallisatie reactor worden struvietkorrels gevormd. Essentieel hierin is de processturing die berust op het sturen van de pH, de dosering van magnesiumchloride en natronloog en een specifiek ontwikkeld mengalgoritme. Het proces is op praktisch schaal toegepast op aardappelafvalwater op enkele locaties in België. Het korrelvormige eindproduct wordt in België afgezet als meststof. Momenteel (2010/2011) wordt deze technologie op pilotschaal toegepast in het zogenaamde SOURCE project (o.a. Waterschap Aa & Maas). Het betreft de behandeling van een mengsel van dunne mest fractie en humane urine. Op stromen uit de communale afvalwaterzuivering is deze technologie niet toegepast.
- *Airprex*: Airprex is ontwikkeld door Berliner Wasserbetriebe met als hoofddoel om struvietvorming tijdens en na de ontwatering van uitgestist slib tegen te gaan. Het proces wordt op de markt gebracht door de firma PCS te Hamburg. Daarnaast wordt er na het toepassen van dit proces een belangrijke verbetering van het ontwateringsresultaat geconstateerd. Uitgestist slib wordt naar een reeks in serie geschakelde beluchte tanks gepompt. Door het strippen van het kooldioxide tijdens het beluchten stijgt de pH. Uiteindelijk wordt er magnesiumchloride gedoseerd en ontstaat er een neerslag van struviet kristallen. Door het reactorontwerp met een conische bodem wordt het struviet deels afgescheiden van de rest van het slib. In Duitsland zijn recent twee installaties in bedrijf genomen. Op de RWZI Amsterdam-West is recentelijk een praktijkproef met dit proces uitgevoerd. Hier is een uiteindelijke verbetering van de ontwatering met 3% geconstateerd (bijvoorbeeld verbetering van 23 naar 26% droge stof). Het afgescheiden struvietslib zou in potentie gebruikt kunnen worden als fosfaatkunstmest [7]. Hieraan is (nog) geen verdere invulling gegeven. Het rendement van struviet afscheiding is laag, tot ongeveer 50% van de gevormde struviet wordt ook daadwerkelijk afgescheiden. Hierna dient het struviet ook nog gewassen te worden om het te ontdoen van slibresten.

FIGUUR 4-5 AIRPEX INSTALLATIE TE RWZI MÖNCHENGLADBACH NEUWERK



FIGUUR 4-6 ANPHOS INSTALLATIE KRUIJNINGEN



- *Anphos*: Het Anphos principe is ontwikkeld door de firma Colsen en wordt voornamelijk toegepast op aardappelafvalwater. Op de RWZI Land van Cuijk functioneert momenteel een tijdelijke Anphos installatie op rejectiewater. Hiermee wordt in samenwerking met een industriële lozer van fosfaat gestreefd naar een zo effectief mogelijke wijze van P-verwijdering in de keten. Het Anphos proces bestaat uit twee processen, die plaatsvinden in twee afzonderlijke tanks. Eerst wordt het afvalwater belucht, zodat er een pH stijging optreedt als gevolg van strippen van kooldioxide. Vervolgens wordt, in de tweede tank, fosfaat onder toevoeging van magnesium(hydr)oxide, neergeslagen als struviet. Het gevormde struviet wordt afgescheiden en ontwaterd. De mogelijkheden voor de nuttige afzet van dit soort struvietslib is momenteel onderwerp van onderzoek.

- *CAFR en Nutritec*: Het CAFR proces, ontwikkeld door NALVA Duitsland, is alleen op pilotschaal toegepast op rejectiewater. In het CAFR proces worden ammonium en fosfaat onder toevoeging van magnesiumoxide bij pH 9.0 gekristalliseerd tot struviet. Vervolgens wordt het struviet gescheiden van de waterstroom in een bezinker. In de stripper valt het struviet bij verhoogde temperaturen uiteen in $MgHPO_4$ en ammoniak. Het $MgHPO_4$ wordt gerecycled in het proces om een zo hoog mogelijk ammonium verwijdering te realiseren. Het ammoniak uit de stripper wordt teruggewonnen door toevoeging van zwavelzuur onder vorming van ammoniumsulfaat. De producten uit dit proces bestaan zodoende uit $MgHPO_4$ en ammoniumsulfaat. Beide zijn in principe te gebruiken als grondstof voor kunstmestproductie. De Nederlandse firma Sustec heeft een vergelijkbaar proces onder de naam Nutritec ontwikkeld.
- *Duurzame nutriënten reductie en opwekking energie*: Onlangs is door WS Hunze en Aa's en DHV een proces ontwikkeld volgens hetzelfde principe als CAFR. Echter bij dit nieuwe zuiveringsprincipe wordt een brandstofcel gebruikt om ammoniak om te zetten in duurzame elektriciteit en warmte. Het proces past een kristallisatiestap toe om ammonium van het afvalwater af te scheiden, te concentreren, te zuiveren en om te zetten in zuiver ammoniakgas als brandstof voor de brandstofcel. De techniek is niet alleen toepasbaar voor afvalwater en apart ingezamelde urine, maar bijvoorbeeld ook voor rejectiewater en bij mestverwerking en stalluchtbehandeling. Het proces is nog in ontwikkeling.
- *PRISA*: Het PRISA proces is ontwikkeld door de Universiteit van Aachen en alleen op laboratoriumschaal toegepast. In het PRISA proces wordt naast rejectiewater ook bio-P-stripperwater uit het retourslib behandeld. Beide stromen worden bij elkaar gevoegd en fysisch/chemisch behandeld in een precipitatie reactor. De wijze van afzet van het struvietslib is onbekend.
- *P-Roc*: Het P-Roc proces is ontwikkeld door het Forschungszentrum Karlsruhe in Duitsland en momenteel alleen op pilotschaal toegepast. In een korrelreactor worden tobermoriet (calciumsilicaat) kernen (reststof uit de cementindustrie) toegevoegd, op deze kernen groeien vervolgens calciumfosfaat kristallen. De gevormde calciumfosfaatkristallen kunnen worden afgevangen in een nabezinker om het product terug te winnen. Op labschaal zijn in de kristallen fosfor concentraties gemeten tot 13% P-totaal [12].

4.3 BESCHIKBARE TECHNOLOGIEËN – TERUGWINNING UIT VERBRANDINGSASSEN

Naast het terugwinnen van fosfor uit waterige stromen kan het ook teruggewonnen worden uit slibverbrandingsassen. Een voordeel hiervan is dat het fosfaat sterk geconcentreerd aanwezig is. Daardoor is in principe een hoog terugwinrendement mogelijk. Een nadeel is dat het fosfaat niet meer in een vrije vorm beschikbaar is zoals ortho-fosfaat in oplossing en dus beschikbaar gemaakt moet worden.

4.3.1 CHEMISCH

Fosfaat wordt vrijgemaakt uit de slib en/of as matrix door behandeling met sterke zuren als zoutzuur of zwavelzuur. De volgende processen passen een zure extractie toe:

- *Seaborne*: Het Seaborne proces is ontwikkeld door de universiteit van Braunschweig en wordt getest op demonstratieschaal op de rwzi van Gifhorn in Duitsland. De fosforterugwinning is vergaand geïntegreerd met slibontwatering, slibeindverwerking en biogasbehandeling. Na vergisting worden nutriënten (N,P) en zware metalen uit het slib vrijgemaakt door toevoeging van zwavelzuur. Het aangezuurde slib mengsel wordt vervolgens ontwaterd en verbrand. Het rejectiewater, met daarin de zware metalen en nutriënten, wordt vervolgens met biogas uit de vergister ontdaan van zijn zware

metalen met de in het gas aanwezige sulfiden. Na het afscheiden van de metaalsulfides wordt onder toevoeging van magnesiumhydroxide en natronloog struviet gevormd wat afgescheiden wordt met een centrifuge en filter. Als laatste wordt ammonium teruggewonnen in een zure water waarbij ammoniumsulfaat geproduceerd wordt. Momenteel wordt een andere indeling van het procesontwikkeld omdat bewezen is dat het proces niet naar verwachting werkt.

- *BioCon*: Het Biocon proces is ontwikkeld door PM Energi A/S uit Denemarken en tot nu toe alleen op laboratoriumschaal toegepast. As van de slibverbranding wordt vermalen en gemengd met zwavelzuur en water. Nadat het merendeel van de as is opgelost wordt het mengsel over een serie ionwisselaars geleid waarin verschillende zouten worden teruggewonnen. Het is nog onbekend of de verschillende zouten effectief teruggewonnen kunnen worden of dat een recirculatiestroom nodig is. Ook is nog onduidelijk of fosforzuur teruggewonnen kan worden.
- *PASCH*: Het PASCH principe is op labschaal ontwikkeld door de RWTH Aachen en nog niet toegepast op pilot- en praktijk schaal. Bij het PASCH proces wordt de as opgelost in een 7% HCl oplossing. Na een filtratie stap waar de resterende asdeeltjes worden verwijderd wordt een extractie stap toegepast. In de extractie stap worden de zware metalen onttrokken naar een organisch oplosmiddel. De resterende waterige stroom bevat hoofdzakelijk nog aard- en alkalimetalen en fosfaat. Fosfaat wordt neergeslagen in een precipitatietank, dit kan met verschillende chemicaliën. Indien aluminium gebruikt wordt kan dit eventueel nog verwijderd worden door een extra uitloogstap
- *CleanMAP*: CleanMAP is ontwikkeld in Zweden en is op labschaal getest op verbrandingsassen. De assen worden opgelost in zoutzuur en volgens enkele fysisch-chemische processen wordt fosfaat en stikstof teruggewonnen
- *EcoPhos*: EcoPhos is een nat chemisch proces dat is ontwikkeld in België. Het is op labschaal succesvol getest op verbrandingsassen. De assen worden opgelost in zoutzuur waarna via specifiek ontwikkelde fysisch-chemische processen fosforzuur, fosforzouten en andere nuttige zouten zoals bijvoorbeeld ijzerchloride worden teruggewonnen. Dit proces is oorspronkelijk ontwikkeld voor het winnen van fosforzuur uit laagwaardige fosfaatertsen. N.V. Slibverwerking Noord Brabant samen met HVC Dordrecht onderzoekt momenteel de kansen voor deze technologie voor het terugwinnen van fosfor uit verbrandingsassen in Nederland. Men heeft de ambitie deze technologie de komende jaren verder te ontwikkelen en in 2015 tot een productie-installatie te komen.

4.3.2 THERMISCH

Hierbij wordt thermische energie gebruikt om fosfor vrij te maken. De producten van deze processen kunnen toegepast worden als grondstof voor fosfor-, of kunstmestproductie. Dit soort energie intensieve processen lenen zich over het algemeen voor grootschalige toepassing doordat hiermee belangrijke energetische voordelen zijn te behalen.

- *SNB-Thermphos route*: Deze afzetroute voor verbrandingsassen van slib is in Nederland ontwikkeld door SNB en Thermphos te Vlissingen. Een belangrijke randvoorwaarde voor het kunnen toepassen van deze verwerkingsroute is het ijzer- en fosforgehalte in de as. Om deze reden kan het vervangen van ijzerhoudende chemicaliën door aluminiumhoudende chemicaliën voor de precipitatie van fosfaat in een rwzi noodzakelijk zijn om hergebruik van fosfor via deze route mogelijk te maken. Na monoverbranding van het ijzerarme slib bij SNB kan bij Thermphos het fosfaat uit de verbrandingsas worden gewonnen. Daarbij kan het as beschouwd worden als een alternatieve bron van fosfaat naast fosfaaterts. SNB heeft met een aantal waterschappen afspraken gemaakt voor de levering van ijzerarm slib. Dit slib wordt in een aparte verbrandingslijn verwerkt. Vanaf september 2010 is de

levering van ijzerarm as aan Thermphos tijdelijk stilgelegd vanwege emissieproblemen bij Thermphos. Naar verwachting wordt de levering van dit type as aan Thermphos medio 2011 weer gestart.

- *Mephrec*: Het proces is ontwikkeld door Ingitec in Duitsland en momenteel toegepast op pilotschaal. In het proces wordt ontwaterd slib gebriketteerd onder toevoeging van cement. In een "shaft furnace" wordt het slib verbrand bij een temperatuur rond de 1.400 graden Celsius. Gesmolten metaal wordt afgescheiden en een calciumfosfaat rijke slak blijft over, vergelijkbaar met Thomas slakkenmeel.
- *Ash Dec*: Het idee voor het deze techniek is rond 2002 ontstaan bij het Duitse onderzoeksinstituut Bundesanstalt Fur Materialforschung (BAM) in Berlijn. Min of meer gelijktijdig is het idee ook opgestart bij het bedrijf Ash Dec uit Oostenrijk dat zich in eerste instantie richtte op het ontgiften van vlieggas van afvalverbrandingsinstallaties. In het kader van een groot Europees onderzoeksproject (SUSAN) is dit idee in de periode van 2004 tot en met 2008 verder uitgewerkt. In het onderzoeksconsortium heeft SNB deelgenomen, maar bijvoorbeeld ook kunstmestfabrikant Kemira en BAMAG die van Thyssen de rechten voor de bouw van slibverbrandingsinstallaties als die van SNB heeft overgenomen. Ash Dec is verantwoordelijk voor de verdere ontwikkeling van de techniek en werkt daarbij nauw samen met het BAM uit Berlijn. Na de slibverbranding blijft een asrest over met daarin onder andere fosfaat en zware metalen. In het AshDec proces wordt deze as onder toevoeging van magnesiumchloride verhit tot 900 tot 1.000 graden Celsius in een draaitrommeloven [30]. Zware metalen gaan onder deze omstandigheden over in de gasfase, waarna ze in een rookgasreiniging worden afgevangen. In de toekomst biedt dit residu potentie voor hergebruik van koper en zink uit de as. Vooral nog wordt echter uitgegaan van een afzet die vergelijkbaar is met de afzet van het indampzout van SNB. Fosfaat vormt een met magnesium verrijkt calciumfosfaat waarin het fosfaat biobeschikbaar blijft. Dit product wordt verrijkt met kaliumzouten en super tripelfosfaat om een PK kunstmest te verkrijgen. De enige eis die gesteld wordt aan het slib is dat er voldoende fosfaat in het slib aanwezig is. De IP rechten van het Ashdec proces zijn sinds januari 2011 overgenomen door het Finse bedrijf Outotec.

FIGUUR 4-7

NPK-MESTSTOF GEBASEERD OP ASSEN UIT SLIBVERBRANDING GEPRODUCEERD DOOR ASHDEC



In Juni 2008 heeft de firma Ash Dec een proefinstallatie in Leoben, Oostenrijk in bedrijf genomen met een capaciteit van 2000 ton as/jaar. In deze installatie is tot en met maart 2010 de werking van het proces op praktijkschaal aangetoond. Zowel in het SUSAN-project als met de proefinstallatie in Leoben is aangetoond dat de verwijdering van zware metalen robuust en betrouwbaar is.

In pottesten en veldtesten in Duitsland, Oostenrijk en Zwitserland is ook de landbouwkundige waarde van de geproduceerde kunstmest aangetoond. De geproduceerde kunstmest is in Oostenrijk en Duitsland erkend als kunstmest. In Nederland dient de erkenning nog aangevraagd te worden. Onderzoek door het Louis Bolk Instituut in opdracht van SNB heeft echter laten zien dat hiervoor geen belangrijke drempels aanwezig zijn.

4.4 OVERIGE TECHNOLOGIEËN

Een aantal processen voor het terugwinnen van fosfaat gaan uit van volledig andere stromen, welke minder relevant zijn voor toepassing op een rwzi of in/na de slibverwerking. Struviet precipitatie uit menselijke urine is een belangrijke stap in het SaniPhos concept van GMB. Ook wordt in de mestverwerking (kalium)struviet precipitatie toegepast door Stichting Mestverwerking Gelderland op een van hun verwerkingsinstallaties voor kalvergier. Deze toepassingen vallen buiten het kader van deze studie.

5

SELECTIE VAN TECHNOLOGIEËN

5.1 TOEPASSING OP PRAKTIJK SCHAAL

Veel van de genoemde technologieën in hoofdstuk 4 zijn nog niet op grote schaal bewezen en/of bevinden zich in een dusdanig vroeg stadium dat over de haalbaarheid nog weinig gezegd kan worden. Tabel 5.1 geeft een overzicht van de bovengenoemde technologieën en de gerealiseerde schaalgrootte.

TABEL 5.1 OVERZICHT VAN TECHNOLOGIEËN

Technologie	Realisatie					
	Land van Herkomst	Proceskarakterisering	Labschaal	Pilotschaal	Full-scale industrie	Full-scale communaal
Slibgisting en rejectiewater						
Anphos	NL	Struvietprecipitatie	x	x	x	
Crystallactor	NL	Kristallisatie van calciumfosfaat	x	x	x	x in NL
NuReSys	B	Kristallisatie van struviet	x	x	x	
Pearl (+WAS)	CA	Kristallisatie van struviet + strippen	x	x		x
Phosnix	JP	Kristallisatie van struviet	x	x	x	x
Phospaq	NL	Struvietprecipitatie	x	x	x	x in NL ²
P-RoC	D	Calciumfosfaat precipitatie	x	x		
PRISA	D	Struvietprecipitatie met fosfaatstripping	x			
CAFR/Nutritec	D/NL	Vorming van struviet uit MgHPO ₄	x	x		
N + P + Energie	NL	Struviet → NH ₃ →, brandstofcel	x	x		
Airprex	D	Struvietprecipitatie in uitgesteid slib	x	x		x
Slibeindverwerking						
AshDec	D	Thermische behandeling slib-as	x	x ¹		
BioCon	D	Ionenwisseling opgelost slib-as	x			
CleanMAP	S	Terugwinning fosfor en stikstof uit slib-as	x	x		
Ecophos	B	Fosforwinning uit low-grade bronnen	x	x	x	
Mephrec	D	Thermische behandeling ontwaterd slib	x	x		
PASCH	D	Terugwinning fosfor en stikstof uit slib-as	x			
SeaBorne	D	Terugwinning fosfor en stikstof uit slib-as	x	x		x ¹
SNB-Thermphos	NL	IJzerarme as als fosfor grondstof				x in NL

¹ op demonstratieschaal² in combinatie met aardappelfalwater

FIGUUR 5-1 CRYSTAL GREEN®, STRUVIET GEPRODUCEERD MET HET PEARL PROCES



5.2 REGELGEVING, PRODUCT CERTIFICERING EN AFZET

De afzetmogelijkheden voor fosforhoudend eindproducten is een belangrijke randvoorwaarde voor het van de grond krijgen van fosforterugwinning op grote schaal. Van de genoemde technologieën zijn alleen de producten van Pearl en NuReSys (respectievelijk Crystal Green® en BioSTRU) gecertificeerd als kunstmest in respectievelijk US/UK en België. Het product uit het Phosnix proces wordt in Japan afgezet als minerale meststof in de rijstteelt.

De afzet van ijzerarme slib-as staat, zoals eerder genoemd, nu (begin 2011) ter discussie vanwege de emissie eisen waaraan Thermphos moet voldoen. Er is geen verband gevonden tussen de toepassing van deze assen en de emissieproblematiek bij Thermphos zodat verwachting wordt dat in de (nabije) toekomst het ijzerarme slib weer afgezet kan gaan worden.

De afzet van (minder zuivere) struviet is niet altijd gegarandeerd maar kan als grondstof weggezet worden voor verdere verwerking. Hiervoor zijn in Duitsland mogelijkheden beschikbaar zoals Waterstromen toepast. Voor de Nederlandse situatie wordt momenteel zowel vanuit de industriële markt als vanuit de communale markt procedures en onderzoek uitgevoerd om te kunnen komen tot nuttig gebruik van producten. Een veel genoemde afzetroute voor fosfaathoudende (rest)producten is de toepassing als (kunst)meststof. De Nederlandse meststoffen regelgeving is, in tegenstelling tot de omliggende landen, zeer strikt ten aanzien van de toepassing van reststromen als meststof.

5.3 SELECTIE

In overleg met de begeleidingscommissie zijn 4 technologieën geselecteerd die in scenario's zijn uitgewerkt. Bij de selectie is onderscheid gemaakt in twee groepen van systemen gericht op:

- 1 toepassing op de rwzi en
- 2 systemen in de slibeindverwerking.

De volgende selectiecriteria zijn toegepast:

- 1 Allereerst is van belang of een proces is toegepast op communaal afvalwater/slib;
- 2 Vervolgens is geselecteerd op full scale toepassing. De systemen die in tabel 4.1 scoren in de kolom "full scale communaal" komen in aanmerking;
- 3 Status, zekerheid afzet product.

Bij systemen gericht op P-hergebruik op de rwzi produceren zowel Crystallactor, Pearl, Phosnix, Phospaq, NuReSys en Anphos een fosfaathoudend product uit rejectiewater. Pearl is de enige technologie waarbij het product gegarandeerd afgezet wordt, vanwege de status van

het product en de gegarandeerde afname door een commerciële partner. Pearl wordt hierbij gezien als een goede vertegenwoordiging van systemen gericht op winning van struviet-houdende producten.

Airprex is in deze groep een uniek systeem omdat het uitgaat van struvietwinning direct uit uitgestist slib. Daarbij is dit proces full scale toegepast in Duitsland en getest in de Nederlandse situatie. Hiermee is het een interessant proces om verder te beschouwen.

De gekozen technologieën voor toepassing op de rwzi zijn:

- Pearl
- Airprex

Als alternatief is nog meegenomen:

- Anphos, op verzoek van de begeleidingscommissie is als specifieke case de pilot-installatie van het Anphos proces nader beschouwd, gestoeld op de gegevens van de tijdelijke installatie zoals die op RWZI Land van Cuijk in 2011 in bedrijf is. Deze case wordt beschouwd als een voorbeeld van een alternatief systeem zoals dat bij de behandeling van aardappelafvalwater wordt toegepast.

Processen gericht op de benutting van slibverbrandingsas zijn in Nederland gelieerd aan de twee mono verbrandingsinstallaties SNB en HVC. Beide organisaties werken hierin samen. De SNB-Thermphos route is specifiek voor Nederland reeds beschikbaar en wordt daarmee gekozen. Daarnaast zijn er twee systemen in ontwikkeling voor de Nederlandse markt (Ashdec / Ecophos). Het Ashdec proces is hierin het meest ver ontwikkeld voor slibverbrandingsas en wordt daarom gekozen.

Gekozen technologieën voor toepassing in de slibeindverwerking:

- Ashdec
- SNB - Thermphos

6

SCENARIO'S

6.1 INLEIDING

Conform de uitgangspunten van deze studie zijn de vier geselecteerde terugwinningsconcepten uit hoofdstuk 5 voor twee rwzi's met 'standaard' capaciteiten beschouwd: 50.000 i.e. en 300.000 i.e. (1 i.e. á 150 g TZV). Voor de systemen die lokaal fosfaat terugwinnen is het essentieel dat dit zuiveringen zijn waar biologisch fosfaat verwijderd wordt.

6.2 UITGANGSPUNTEN

6.2.1 DEFINITIE STANDAARD ZUIVERING

Voor de vergelijking van de geselecteerde systemen zijn 3 typen zuiveringen beschouwd, allen in een m-UCT uitvoering met Bio-P en indien nodig aanvullende chemicaliën dosering.

Type zuivering:

- 1 rwzi zonder voorbezinking en zonder gisting
- 2 rwzi met voorbezinking en zonder gisting
- 3 rwzi met voorbezinking en met gisting

Met de huidige tendens tot het steeds meer toepassen van centrale slibverwerkingslocaties dient opgemerkt te worden dat de toepassing van een slibgisting en slibontwatering op een 50.000 i.e. zuivering steeds minder voorkomt. Ook het lokaal ontwateren van slib wordt meer en meer vervangen door centrale slibverwerking op de grotere rwzi's binnen een bepaald gebied. Vooralsnog is in deze studie ervan uitgegaan dat op alle zuiveringen lokaal slib wordt ontwaterd.

Als influent is het gemiddelde Nederlandse afvalwater gebruikt (bijlage 3). Deze gegevens identiek aan de uitgangspunten zoals gehanteerd in de STOWA slibketenstudie I [25].

In bijlage 3 is het ontwerp van de "standaard rwzi" voor 50.000 i.e. en 300.000 i.e. opgenomen. In het geval van slibgisting is de vracht fosfaat in de retourstroom groter in vergelijking tot een systeem waarbij geen gisting plaatsvindt, er wordt in de slibgisting immers fosfaat vrijgemaakt. De P-vracht aanwezig in het rejectiewater wordt uitgedrukt in procenten van de influent vracht:

- Slibgisting 20 - 25 % van de influentvracht totaal fosfor
- Geen slibgisting verwaarloosbaar

Deze waarden zijn gebaseerd op balans- en modelberekeningen en gestaafd met ervaringscijfers uit de praktijk. In de praktijk kunnen deze waarden grote verschillen laten zien, afhankelijk van de influentkarakteristiek, type actief slibstelsel, slibeigenschappen, bedrijfsvoering van de gisting e.d.

6.3 KARAKTERISERING SCENARIO'S

De 3 typen zuiveringen laten zich karakteriseren door een aantal parameters, welke van belang zijn voor deze studie. In tabel 6.1 en 6.2 staan de karakteristieke kenmerken genoemd voor de situatie zonder dat P terugwinning wordt toegepast.

TABEL 6.1 KENMERKEN STANDAARD ZUIVERING 50.000 I.E.

Capaciteit		50.000 i.e.		
Type		1	2	3
VBT		Nee	Ja	Ja
Gisting		Nee	Nee	Ja
Primair slib	kg DS / dag	0	1.181	1.250
Secundair slib	kg DS / dag	2.014	1.233	1.370
Afvoer na ontwatering	kg DS / dag	2.014	2.414	1.824
Chemicaliëndosering	kg FeCl ₃ / dag	19	168	287
<u>P-vrachten</u>				
Influent	kg P / dag	81	81	81
Effluent	kg P / dag	10	10	10
primair slib	kg P / dag	0	7	8
secundair slib (biologisch)	kg P / dag	69	43	43 [#]
secundair (chemisch)	kg P / dag	2	21	37 [#]

TABEL 6.2 KENMERKEN STANDAARD ZUIVERING 300.000 I.E.

Capaciteit		300.000 i.e.		
Type		1	2	3
VBT		Nee	Ja	Ja
Gisting		Nee	Nee	Ja
Primair slib	kg DS / dag	0	7.086	7.503
Secundair slib	kg DS / dag	12.086	7.401	8.222
Afvoer na ontwatering	kg DS / dag	12.086	14.486	10.945
Chemicaliëndosering	kg FeCl ₃ / dag	115	1.008	1.722
<u>P-vrachten</u>				
Influent	kg P / dag	486	486	486
Effluent	kg P / dag	62	62	63
primair slib	kg P / dag	0	40	47
secundair slib (biologisch)	kg P / dag	410	259	258 [#]
secundair slib (chemisch)	kg P / dag	14	125	219 [#]

[#] inclusief interne belasting via de centraalstroom

6.3.1 RANDVOORWAARDEN FOSFAATTERUGWINNING

Voor de mogelijkheden tot fosfaatterugwinning op een zuivering zijn per technologie de randvoorwaarden verschillend. Voor zowel Airprex, als voor Pearl (met of zonder WASSTRIP), geldt dat er een gisting op de zuivering aanwezig moet zijn, waar het rejectiewater niet alleen een bron van fosfaat is maar ook van ammonium. Voor zowel Airprex, als voor Pearl, vallen de rwzi basistypen 1 en 2, waarbij geen sprake is van gisting en rejectiewater, daardoor af.

De schaalgrootte en daarmee kansen van P-terugwinning voor een 50.000 i.e installatie is klein. Maximaal zou circa 40 kg P/d gewonnen kunnen worden. Daarbij komt dat de slibontwatering en -verwerking van dergelijke installaties over het algemeen centraal plaatsvindt. Om deze reden is het terugwinnen van fosfor op centrale slibverwerkingseenheden veel aantrekkelijker omdat daarmee de gewenste schaalgrootte kan worden bereikt en bedrijfseconomisch naar een optimale grootte kan worden gestreefd. Om deze redenen wordt het lokaal terugwinnen van fosfaat op deze kleine zuiveringen niet nader beschouwd. Mogelijk zijn de relatief eenvoudige processen, gebaseerd op precipitatie van struviet op deze relatief kleine schaal een goed alternatief voor andere processen mits structurele afzet van het product gegarandeerd kan worden.

Voor de route SNB-Thermphos en voor Ashdec zijn de configuraties op de zuivering voor de technologieën niet van belang, zolang de slibverwerking via SNB of andere monoverbrander plaatsvindt. Wat voor het geval SNB-Thermphos echter wel van belang is voor de bedrijfsvoering van de zuivering is de limiet die wordt gesteld aan het gehalte ijzer en fosfaat in het slib. Vanwege deze eis zijn aluminiumzouten voor precipitatie van fosfaat noodzakelijk indien naast bio-P aanvullend chemische behandeling noodzakelijk is.

6.3.2 RENDEMENT P-TERUGWINNING

Pearl en Airprex worden lokaal toegepast op de grotere zuiveringen met (vaak) een centrale slibverwerking. Beide processen zijn afhankelijk van het (ortho-) fosfaat beschikbaar na gisting in het uitgegiste slib of in het rejectiewater.

Het eindproduct van de twee processen is verschillend. Waar Airprex fijn verdeelde struvietkristallen in een slibmatrix maakt, vergelijkbaar met grof zand, produceert het Pearl proces struviet pellets met een korrelgrootte verdeling die gestuurd wordt tussen 1,5 en 4,5 mm. Het afscheiden van deze pellets uit rejectiewater is eenvoudiger in vergelijking tot het afscheiden van het fijne struviet uit de matrix van uitgegiste slib. Daarom is het afscheidingsrendement bij Pearl beduidend beter en het product minder verontreinigd dan bij Airprex.

Tabel 6.3 geeft een indicatie van de procesrendementen van Pearl en Airprex.

TABEL 6.3

RENDEMENTEN VAN PRECIPITATIE EN TERUGWINNING VAN AIRPREX EN PEARL

Technologie		Pearl	Airprex
Toepassing in		centraat	uitgegiste slibstroom
P verwijderingsrendement	%	85-95	95
Afscheidingsrendement struviet	%	95	35-50
Overall rendement t.o.v. rejectiewatervracht	%	85-90	30-45
Rendement t.o.v. totaal-P influentvracht rwzi	%	20 - 45 ^{*)}	10 - 15

^{*)} het hoogste rendement wordt gehaald bij toepassing van WASSTRIP

In een standaard bio-P zuivering met gisting, wordt 20% tot 25% van de totaal-P vracht in het influent van de rwzi teruggevoerd als fosfaat met het rejectiewater. Hiervan is meer dan 90% winbaar en komt het overall rendement neer op ongeveer 20% van totaal-P in het influent. Indien de Pearl technologie wordt toegepast in combinatie met het WASSTRIP proces wordt dit rendement verhoogd tot circa 45%. Doordat het WASSTRIP proces voorkomt dat een deel van het vrijgekomen fosfaat met calcium of magnesium neerslaat in de gisting, stijgt het rendement. De rest verlaat de rwzi via het effluent (circa 15%) of wordt afgevoerd met het uitgegiste slib (40%). Het rendement van Airprex is lager door het lage afscheidingsrendement

en doordat WASSTRIP niet toepasbaar is met deze techniek. Het rendement komt dan uit op maximaal 15% van de totaal-P vracht in het influent van de rwzi.

Bij fosfaatterugwinning in de slibeindverwerking is het rendement niet gelimiteerd door processen op de rwzi, maar vooral door het P-gehalte en de manier waarop P gebonden zit in het slib. Voor zowel AshDec en de SNB-Thermphos route wordt geschat dat een specifiek rendement van 90% haalbaar is [9], uitgaande van een voldoende hoog fosfaatgehalte in de as. Omgerekend naar influentvrachten is het rendement dan ~70%. Wel is het voor de SNB-Thermphos route van belang dat de ijzer/ fosfor ratio in het verbrandingsas lager is dan 0,2. Een te hoog aandeel ijzer veroorzaakt ongewenste slakvorming in het proces bij Thermphos. Het gebruik van aluminiumzouten in plaats van ijzerzouten voor fosfaatverwijdering op de rwzi kan bij een voldoende lage achtergrond concentratie ijzer wel resulteren in een as dat bruikbaar is [9]. Bij aluminiumdosering speelt wel een mogelijk negatief effect voorkomend uit een zeer sterke SVI verbetering/verlaging. De uitspoeling van pin points uit NBT's kan toenemen als gevolg van een verminderde vlokkingfiltratie door de extreem lage SVI. Hierdoor is aluminiumdosering niet altijd mogelijk dan wel gewenst.

6.4 ANPHOS OP RWZI LAND VAN CUIJK

Vanwege de tijdelijke toename van de fosfaatvracht van een industriële lozer in combinatie met een nog maar beperkte fosfaatverwijderingscapaciteit van de rwzi is gezocht naar alternatieve oplossingen. Door gezamenlijk relatief eenvoudige maatregelen te treffen op de rwzi waren geen ingewikkelde maatregelen ter plaatse van de industriële lozer nodig en kon toch een gewenste verwijdering van fosfaat bereikt. Dit heeft geresulteerd in het plaatsen van een Anphos pilot-installatie gericht op het behandelen van de volledige stroom (5 m³/h) rejectiewater van de rwzi. Het rejectiewater (centraat) bevat circa 650 mg PO₄-P/l en circa 2.000 mg NH₄-N/l. Het ortho-P verwijderingsrendement bedraagt circa 90%. Netto wordt er circa 70 kgP/dag in de vorm van struviet verwijderd waarmee de lozing van het bedrijf wordt gecompenseerd.

Met het wegvallen van de tijdelijk hogere P-lozing kan de Anphos installatie mogelijk een meerwaarde bieden bij de normale bedrijfsvoering. Door het fosfaat op deze wijze uit het rejectiewater te blijven verwijderen wordt de momenteel noodzakelijk aanvullende chemicaliëndosering komen te vervallen.

De (pilot)-installatie heeft een tijdelijke karakter, is samengesteld uit bestaande onderdelen en wordt min of meer handmatig bedreven. De installatie kan in deze vorm niet als volledig geïntegreerd procesonderdeel van de rwzi beschouwd worden. Het waterschap overweegt de (pilot) installatie vooralsnog te blijven bedrijven om daarmee chemicaliëndosering in de waterlijn te beperken en op een meer duurzame wijze een fosfaathoudende grondstof terug te kunnen winnen. De waarde van de struviet slurry wordt vooralsnog gelijk gesteld aan de afvoertransportkosten. Een waarde van € 20,- á 30,- tot wel € 100,-/ton ds wordt op termijn verwacht.

De kosten voor de pilot installatie bedragen ongeveer € 75.000,-. Per jaar komen daar huurkosten voor randvoorzieningen á € 25.000,- bij. De besparingen worden geraamd op circa € 18.000,- per jaar terwijl de kosten voor Mg(OH)₂ circa € 15.000,- bedragen. De bedrijfsvoeringskosten zijn daarmee vrijwel neutraal.

Het positieve effect van een verminderde chemicaliëndosering op de uiteindelijke slibproductie is hierin (nog) niet meegenomen. Het waterschap heeft dit effect nog niet aangetoond.

7

RESULTAAT SCENARIOBEREKENINGEN

7.1 EERSTE BESCHOUWING

Zoals in hoofdstuk 6 aangegeven is fosfaat terugwinning in het geval van 50.000 i.e. installaties niet aantrekkelijk. In dit hoofdstuk worden de resultaten van de scenario's voor de 300.000 i.e. beschreven.

Uit de basisgegevens genoemd in tabel 6.2 kunnen bij voorbaat enkele tendensen geconstateerd worden voor de verschillende typen rwzi. Voor alle typen geldt dat bio-P en slibontwatering wordt toegepast.

- Type 1: geen voorbezinking, geen gisting
- Type 2: voorbezinking, geen gisting
- Type 3: voorbezinking en gisting,

Een type 1 rwzi is uit een energetisch oogpunt de minst aantrekkelijke optie omdat de volledige vuilvracht bijdraagt aan de totale zuurstofvraag. Echter, uit het oogpunt van P-terugwinning is dit type wel aantrekkelijk. Het biologisch verwerken van de volledige vuilvracht resulteert in een hoge surplusslibproductie. Door deze hoge slibproductie kan veel fosfaat gebonden worden in het slib en hoeft er relatief weinig aanvullend gedoseerd te worden. Echter, doordat er geen gisting aanwezig is struvietvorming vanwege de afwezigheid van voldoende ammonium, niet mogelijk. Dit biedt echter wel kansen voor terugwinning in een centrale slibverwerking (centrale gisting met ontwatering en ammoniumrijk rejectewater). In de slibeindverwerking biedt het eveneens voordelen omdat het fosfaat niet met chemicaliën vastgelegd wordt, wat mogelijk een gunstige Fe:P verhouding geeft. Ook is hierdoor het fosfaatgehalte in de asrest hoger door de afwezigheid van grote hoeveelheden metaalzouten.

Een type 2 rwzi heeft, door de toepassing van voorbezinking, een veel lagere surplusslib productie. Daarnaast wordt er primair slib geproduceerd. Door de lagere surplusslibproductie is de ruimte voor het vastleggen van fosfaat met bio-P veel kleiner, daarom moet er meer metaalzout gedoseerd worden om deze lagere biologische P-binding op te vangen. Fosfaat dat gebonden is met metaalzouten is lokaal niet meer beschikbaar om terug te winnen op de zuivering wel is onder voorwaarden terugwinning in de slibeindverwerking mogelijk.

Bij zuiveringen van het type 3 resulteert de afbraak van slib in de gisting in een interne recirculatie van nutriënten. Indien de nutriënten niet in de deelstroom worden verwijderd moeten deze in de hoofdzuivering verwijderd worden. Bij dit type zuivering zijn de grootste voordelen te halen met lokale nutriënten terugwinning. Zowel de (interne)belasting van de zuivering als de chemicaliën dosering worden hiermee verminderd. Wel wordt door de voorbezinking, net als in type 2, de Bio-P capaciteit gelimiteerd en wordt de lokaal terug te winnen vracht fosfaat beperkt.

Systemen gericht op de benutting van uitgegist slib en rejectiewater als bron voor fosfaat zijn per definitie toe te passen op type 3 zuiveringen. Hierna zijn de resultaten voor beide processen voor dit soort installaties beschreven.

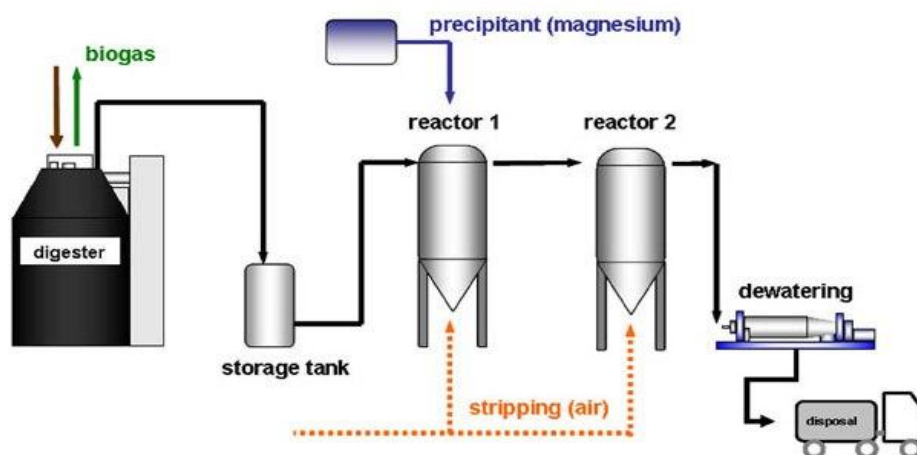
7.2 RESULTATEN AIRPREX EN PEARL VOOR GROTE INSTALLATIES MET VOORBEZINKING EN GISTING

7.2.1 PROCESOMSTANDIGHEDEN

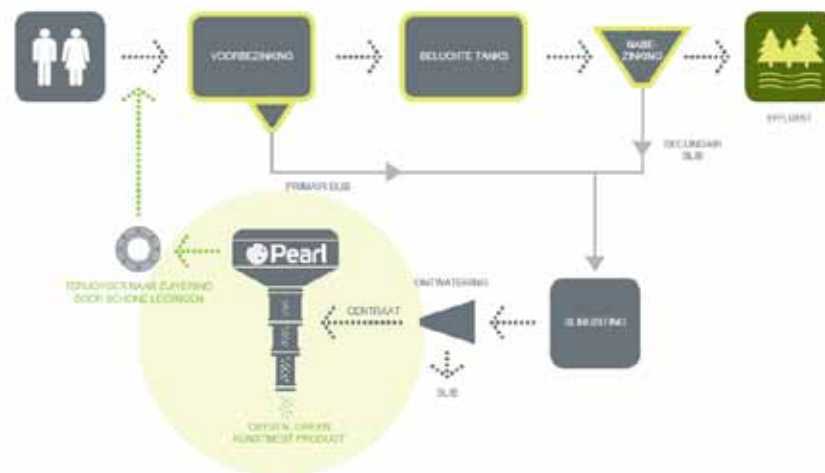
Het terugwinnen van fosfaat op de rwzi kan alleen effectief gebeuren op grote zuiveringen (in dit geval 300.000 i.e.) met een slibgisting (type 3). Het principeschema van Airprex en Pearl zijn respectievelijk opgenomen in figuur 7.1 en 7.2. Bij zowel Airprex als Pearl dient magnesium gedoseerd te worden.

De pH is een belangrijke factor bij struvietprecipitatie en dient te liggen tussen 7,0 en 8,0. Beneden deze range is de potentiaal voor struvietvorming erg laag, en daarboven slaat fosfaat ook neer als calciumpatiet (calciumfosfaat). In de Airprex reactor wordt een pH van rond de 8 bereikt door het strippen van CO₂ door middel van beluchten. Bij deze pH kan een erg lage fosfaat effluentconcentratie worden behaald (<10mg/L). Bij het Pearl proces ligt de pH lager, doorgaans tussen de 7,0 en 7,5 en zijn de fosfaatconcentraties in het effluent ook iets hoger (10-25 mg/L). Soms wordt loog gedoseerd om lagere effluentwaarden te bereiken, maar dit is ook afhankelijk van de eigenschappen van het rejectiewater en de gewenste rendementen.

FIGUUR 7-1 PROCESSHEMA AIRPREX



FIGUUR 7-2 PROCESSHEMA PEARL



7.2.2 STRUVIET PRODUCTIE

De struviet productie is bij Airprex lager dan bij Pearl vanwege het lagere winningsrendement. Er wordt met Airprex ~55 kg P per dag teruggewonnen en met Pearl ~105 kg P per dag (met WASSTRIP ~190 kg P per dag). Bij Airprex blijft er veel struviet achter in het slib, dat na ontwatering samen met het slib afgevoerd wordt. De mogelijke besparing op slibeindverwerking wordt zo niet optimaal benut. Hiertegenover staat dat het Airprex proces een positieve uitwerking heeft op het slibontwateringsresultaat. Hierdoor kan slib met een hoger drogestofpercentage afgevoerd worden, met de daarbij behorende besparingen, tot gevolg. Het effect op de bedrijfsvoering van een rwzi is sterk afhankelijk van de specifieke situatie.

7.2.3 MAGNESIUMCHLORIDE VERBRUIK

Bij zowel Airprex als bij Pearl dient magnesium gedoseerd te worden. Magnesium wordt gedoseerd op basis van de fosfaatvracht. Bij Pearl wordt een Me:P verhouding aangehouden van 1,05. Airprex past een Me:P verhouding van 1,1 tot 1,2 toe.

7.2.4 EFFECTEN OP DE RWZI

Naast fosfaatterugwinning hebben beide technologieën nog een aantal belangrijke gevolgen voor andere processen op de rwzi:

- dosering van metaalzouten en productie van chemisch slib;
- struvietvorming in vergisting en slibontwatering;
- stikstofbelasting op AT
- slibontwatering
- bio-P proces
- biogas productie
- slibhydrolyse en deelstroombehandeling

Deze effecten worden in de volgende paragrafen nader beschreven.

7.2.5 DOSERING VAN METAALZOUTEN EN PRODUCTIE VAN CHEMISCH SLIB

Door het hoge verwijderingsrendement van Pearl en Airprex voor fosfaat, neemt de behoefte aan metaalzouten ten behoeve van chemische P verwijdering in beide gevallen drastisch af. Uit de berekeningen blijkt dat een kleine chemicaliëndosering nodig zal blijven. Full scale referenties van Pearl en Airprex laten echter zien dat de dosering van metaalzouten alleen nog incidenteel nodig is bij piekbelasting van de zuivering. Dit is echter afhankelijk van de influentkarakteristiek of de bio-P-capaciteit limiterend is of niet. Een andere belangrijke factor is of er nog extern bio-P slib wordt meevergist of ontwaterd. In dit geval is de kans groot dat de bio-P-capaciteit van de zuivering ontoereikend om de extra P-belasting op te vangen en chemicaliëndosering nodig blijft.

De afname in metaalzoutenverbruik leidt direct tot minder chemisch slib en dus een kostenbesparing op slibafzet. De reductie van chemisch slib heeft ook een effect op het bio-P-proces en biogasproductie (zie volgende paragrafen)

7.2.6 STRUVIETVORMING IN DE VERGISTER EN SLIBONTWATERING

De Airprex en Pearl processen beïnvloeden op een verschillende manier de hoeveelheid en de plaats waar spontane en vaak ongewenste struvietvorming op de rwzi plaatsvindt.

Het Airprex-proces voorkomt ongewenste struvietvorming in ontwateringsapparatuur juist door struvietprecipitatie direct na de vergister te stimuleren door beluchting en pH verho-

ging. Daardoor wordt direct alle potentieel voor spontane struvietvorming ten gevolge van ontgassing of turbulente stroming verderop in de sliblijn weggenomen. Het Airprex-proces kan echter niet voorkomen dat in de vergister al spontaan struviet neerslaat, omdat dit proces stroomopwaarts van de reactor plaatsvindt. De hoeveelheid P die in de vergister al neerslaat als struviet kan oplopen tot 35% van de totale hoeveelheid P in uitgegist slib, afhankelijk van de concentratie P en metalen als Mg, K en Ca die vrijkomt tijdens vergisting [22]. Hoewel struviet dat al gevormd is in de vergister geen echt gevaar meer is voor de slibontwateringsapparatuur, verkleint dit wel het actieve volume van de vergister waardoor de biogasproductiecapaciteit en het P-benuttingspotentieel niet maximaal benut wordt.

Het Pearl-proces behandelt alleen het centraat en niet het uitgegiste slib, waardoor het risico van ongewenste struvietvorming in de vergister en ontwatering niet direct wordt weggenomen. Er wordt wel een indirect effect bereikt doordat de terugbelasting van fosfaat op de zuivering sterk vermindert en daardoor uiteindelijk ook de fosfaatconcentratie in de sliblijn daalt. Als het WASSTRIP-proces wordt toegepast, neemt het potentieel voor struvietvorming zowel in de vergister als in de ontwatering wel direct af. Dit komt doordat tijdens het fosfaatafgifte proces ook metalen als kalium en magnesium loskomen van het bio-P-slib, beide componenten die struvietvorming in de vergister bevorderen. De vloeistof rijk aan fosfaat, magnesium en kalium (maar zonder ammonium) wordt afgescheiden van het slib en direct naar de Pearl-reactor geleid waar het wordt samengevoegd met de ammoniumrijke centraatstroom uit het uitgegist slib. Dit zorgt ervoor dat de vergister aanzienlijk minder belast wordt met fosfaat en tot 90% minder met magnesium en kalium. Hierdoor neemt de struvietvorming in de vergister en ontwateringsapparatuur sterk af, en neemt de hoeveelheid fosfaat die wordt teruggewonnen toe.

7.2.7 STIKSTOFBELASTING OP DE AT

Zowel Pearl als Airprex zullen leiden tot een verminderde stikstofbelasting op de AT. Doordat struviet ook ammonium bevat, wordt per kilogram P ongeveer 0,5 kg N verwijderd. De extra stikstofverwijdering is alleen van toepassing op de hoeveelheid fosfor die anders via het centraat zou worden teruggevoerd naar de zuivering. De vermindering van de stikstofbelasting op de AT levert daar een energiebesparing op en een verbeterde effluentkwaliteit.

7.2.8 SLIBONTWATERING

Het Airprex-proces heeft een bewezen gunstig effect op de slibontwatering. Fosfaat bindt extra water aan het slib, en door dit al te verwijderen vóór de ontwatering treedt een aanzienlijke verbetering op tot wel enkele procentpunten méér droge stof in de slibkoek. Dit levert een belangrijke kostenbesparing op waardoor het Airprex-systeem zich snel kan terugverdienen.

7.2.9 BIO-P-PROCES

Airprex en Pearl hebben een gunstig effect op de stabiliteit en de capaciteit van het bio-P-proces. Dit komt ten eerste doordat het aandeel chemisch slib in de zuivering afneemt door verminderde metalendosering ten behoeve van chemische P-verwijdering. Dit betekent dat de zuivering tot 10% meer actief slib kan bevatten, en het systeem netto lager belast wordt en ook meer bio-P-capaciteit kan opbouwen. Daarnaast krijgen bio-P-organismen meer gelegenheid om fosfaat als poly-P geleidelijk op te nemen in afwezigheid van metaalzouten, die anders de biobeschikbaarheid van fosfaat beperken door een snelle chemische neerslagreactie. De full-scale Pearl-installatie van Clean Water Services (Portland, VS) heeft al bewezen dat het bio-P-proces steeds beter is gaan werken en zodanig is verbeterd, dat er geen ondersteunende dosering van metaalzouten meer nodig is.

7.2.10 BIOGASPRODUCTIE

Behalve een verbeterd bio-P-proces resulteert de reductie van het chemisch slibvolume ook in meer actief volume in de vergister. Dit geldt voor zowel het Pearl-proces als het Airprex-proces. Het extra volume kan benut worden door het gistingproces met een langere slibverblijftijd te laten verlopen of de ruimte kan worden opgevuld met slib van andere rwzi's. In beide gevallen kan meer biomassa worden omgezet, met als gevolg meer biogasopbrengst en er blijft minder slib over. Voor Pearl in combinatie met WASSTRIP kan het voordeel nog verder oplopen, omdat ook struvietvorming in de vergisting wordt voorkomen waardoor het actief volume nog verder toeneemt. Momenteel wordt het effect van WASSTRIP op de biogasopbrengst gemonitord op de full-scale installatie van Clean Water Services (Portland, Or, VS).

7.2.11 SLIBHYDROLYSE EN DEELSTROOMBEHANDELING

Slibhydrolyseprocessen (TDH), zoals Cambi of Lysotherm, ontsluiten het slib eerst onder invloed van verhoogde druk en temperatuur, waarbij een minder visceuze en meer homogene massa ontstaat. Dit leidt vervolgens tot een betere droge stofafbraak in de vergisting, waardoor meer biogas wordt verkregen en minder slib overblijft. De ontsluiting van slib bij hoge druk en temperatuur zou kunnen leiden tot een grotere mobilisatie van fosfaat, ammonium en metalen. Er zijn echter ook referenties waarin wordt gesteld dat fosfaat wordt vastgelegd en als gevolg van verontreiniging de werking van een TDH-systeem nadelig wordt beïnvloed. Het strippen van fosfaat voorafgaand aan een TDH is daarmee gunstig, enerzijds uit oogpunt van een verhoogd fosfaatwinningsrendement en anderzijds uit oogpunt van een verbeterde bedrijfsvoering van de TDH.

Fosfaatterugwinning kan gevolgd worden door een deelstroombehandeling voor ammonium, bijvoorbeeld door middel van SHARON, DEMON of Anammox. Hierbij moet worden opgemerkt dat het rendement van DEMON en Anammox bepaald wordt door de bicarbonaatbuffer van het influent. Hoewel Airprex of Pearl nog nooit in combinatie met DEMON of Anammox full-scale is toegepast, zal het rendement voor stikstofverwijdering in combinatie met Pearl hoger zijn omdat met Airprex een groot deel van de bicarbonaatbuffer verwijderd wordt. In het geval van de combinatie Airprex met een op deammonificatie gebaseerde stikstofverwijdering kan dit resulteren in een noodzakelijke loogdosering.

7.3 RESULTATEN SNB – THERMPHOS EN ASHDEC

Het toepassen van deze technologieën gebeurt centraal in de slibeindverwerking. Zowel bio-P-installaties, systemen gebaseerd op chemische fosfaatverwijdering als combinatiesystemen leveren hiervoor geschikt slib. De kansen tot terugwinning van fosfaat uit verbrandingsassen is gerelateerd aan de beide slib monoverbranders in Nederland (SNB en HVC). Een uitgebreide scenarioberekening op basis van de grootte van de rwzi is voor deze technologieën dan ook niet van toepassing. Er wordt in dit verband uitgegaan van de bestaande (grootschalige) infrastructuur voor de verwerking van zuiveringslib.

7.3.1 SNB - THERMPHOS

Voor de SNB-Thermphos route is het van belang dat de ijzer/ fosfor ratio in het verbrandingsas lager is dan 0,2. Dit wordt bereikt door bio-P-processen toe te passen en in geval van chemische verwijdering aluminium in plaats van ijzer op de rwzi toe te passen, dit heeft, naast de mogelijkheid tot het volgen van de terugwinroute, nog een voordeel. Aangezien aluminium een lager molecuulgewicht heeft is de slibproductie lager (1 kg aluminiumfosfaat bevat meer fosfaat dan 1 kg ijzerfosfaat) zodat er bespaard wordt op slibverwerkingskosten. Het voor-

deel dat behaald kan worden is sterk afhankelijk van de toegepaste chemicaliëndosering. Het effect op de slibproductie van een type 1 zuivering is vrijwel nihil, het effect is het sterkst op een type 3 zuivering.

7.3.2 ASHDEC

Toepassen van Ashdec is onafhankelijk van de processen op de rwzi, daarnaast hoeft het slib ook niet aan specifieke eisen te voldoen, behalve dan dat het fosfaat gehalte in de verbrandingsassen voldoende hoog dient te zijn (P in slibas >8%).

Voor de thermochemische omzetting zijn een aantal additieven nodig. Zo wordt magnesiumchloride toegevoegd aan de as voor het vrijmaken van de zware metalen. In het proces worden de chlorides zo veel mogelijk gerecycled om de inzet van magnesiumchloride te beperken. Daarnaast is kalkhydraat en adsorbens nodig voor de reiniging van de rookgassen uit de oven. Voor het verder opwerken van het halffabrikaat is triplesuperfosfaat nodig. De zware metalen komen terecht in een restproduct dat afgevoerd zal moeten worden als gevaarlijk afval.

Het AshDec proces is ontwikkeld in het kader van het zogenaamde SUSAN onderzoek [30]. Hierin is vastgesteld dat as van zuiveringsslib een goede grondstof voor de productie van P-meststof kan zijn. Een gehalte tot wel 25 % P₂O₅ is haalbaar en ruim vergelijkbaar met commercieel verkrijgbare kunstmeststoffen. De oplosbaarheid van het fosfaathoudend zout in citroenzuur, een indicator voor de bio-beschikbaarheid, neemt toe van 30 – 50% tot 100% als gevolg van het thermochemisch behandlingsproces.

Tuinbouwexperimenten en veldproeven tonen aan dat de prestaties van as gebaseerde meststoffen vergelijkbaar zijn met conventionele kunstmeststoffen. SNB is voornemens dit proces op grote schaal te gaan toepassen [14].

Om tot een commercieel toepasbaar product te komen wordt triplesuperfosfaat (TSP) toegevoegd aan de bewerkte assen. De toevoeging van TSP is nodig om het fosfaat in het halfproduct wateroplosbaar te maken en daardoor eenvoudiger te vermarkten. Er zijn ook alternatieven ontwikkeld waarbij er een PK kunstmest gemaakt wordt zonder toevoeging van TSP. Dit product heeft een lagere wateroplosbaarheid van het fosfaat en vanuit marketing oogpunt is dat moeilijk, ondanks dat landbouwproeven hebben laten zien dat de landbouwkundige werking niet slechter is.

7.4 ECONOMISCHE BEOORDELING

7.4.1 PEARL® EN WASSTRIP

De Pearl® technologie wordt geleverd door de firma Ostara uit Canada. Naast de levering van de specifieke korreltechnologie, begeleidt Ostara de bedrijfsvoering en garandeert een afnameprijs voor het eindproduct: Crystal Green®. Crystal Green® is in het Verenigd Koninkrijk erkend als een “EG-meststof” en valt onder de categorie NP-meststoffen type B.2.1 [4], daarmee is afzet in de EG geborgd. Een pre-registratie in verband met REACH (Europese registratie van chemische producten) is verkregen. Ingeval van grootschalige productie vindt de definitieve registratie van Crystal Green® plaats.

De operationele kosten en het onderhoud van de Pearl® installatie worden voor 100% gedekt door de opbrengsten uit Crystal Green®. Hierbij worden afspraken gemaakt over de prijs en de meerjarige afname van Crystal Green®, doorgaans voor de hele technische levensduur van de installatie (15 jaar). Daarnaast worden besparingen op chemicaliënverbruik en afzetkosten

van chemisch slib gerealiseerd. Door deze besparingen en de opbrengsten uit Crystal Green[®] kan de installatie binnen 3 tot 7 jaar worden terugverdiend (locatie afhankelijk). Het is ook mogelijk om de installatie te leasen voor een bepaalde periode. De installatie wordt dan door Ostara gefinancierd en de gebruiker betaalt een treatment fee voor een afgesproken zuiveringsprestatie. De treatment fee is altijd lager dan de huidige kosten voor fosfaatverwijdering.

De opbrengsten van het product (de meststof Crystal Green[®]) zijn gegarandeerd en dekken alle operationele kosten van de installatie, bestaande uit energie, chemicaliën, personeelskosten, magnesiumchloride. Het economisch voordeel voor de zuiveringsbeheerder komt uit de besparingen op: slibbehandeling en slibafzet, onderhoud a.g.v. verminderde verstopping van apparatuur en leidingwerk met struviet, het chemicaliënverbruik en de slibhuishouding op de hoofdzuivering.

Er is (nog) geen direct effect van het Pearl proces op de ontwaterbaarheid van het uitgegiste slib aangetoond. Echter door het toepassen van het WASSTRIP[®] proces als aanvulling op het Pearl proces wordt zowel de struvietproductie (Crystal Green[®] product) verhoogd als de ontwaterbaarheid van uitgegiste slib verbeterd. De combinatie Pearl – WASSTRIP[®] wordt momenteel (januari 2011) op een rwzi in de Verenigde Staten gerealiseerd [bron Ostara].

7.4.2 AIRPREX

Het Airprex systeem wordt ontworpen door PCS, Hamburg (D). De afzet van het struviet is de verantwoordelijkheid voor de beheerder van de rwzi. Daarom wordt vaak uitgegaan van een product met een neutrale economische waarde tot een waarde gelijk aan de afvoertransportkosten.

De operationele kosten bestaan uit bediening, chemicaliën, energie en onderhoud. De besparingen, waarmee de installatie zichzelf terug moet verdienen, zitten in een lagere slibproductie van de rwzi, een lagere chemicaliëndosering op de hoofdzuivering en een verbeterd ontwateringsresultaat van uitgegiste slib. De terugverdientijd van Airprex ligt in de range van 2 tot 4 jaar afhankelijk van de specifieke omstandigheden op een rwzi.

7.4.3 INVESTERINGEN, OPERATIONELE KOSTEN EN BESPARINGEN AIRPREX EN PEARL

De investeringen, operationele kosten en besparingen (ex. BTW) voor Airprex en Pearl zijn weergegeven in Tabel 7.2.

Het uitgangspunt is een rwzi van 300.000 i.e. met bio-P, slibgisting en ontwatering, gebaseerd op de karakteristiek genoemd in tabel 6.2. Hieruit zijn de beschikbare ortho-P-vrachten vastgesteld zoals aangegeven in Tabel 7.1. Deze waarden vormen het uitgangspunten voor de kostenberekeningen.

TABEL 7.1

KARAKTERISTIEKE P-VRACHTEN VOOR EEN 300.000 I.E. INSTALLATIE (ZIE OOK TABEL 6.2)

P-vracht (kg/d)	Airprex	Pearl	Pearl+WASSTRIP
aanvoer: influent	486	486	486
in rejectiewater	115	115	115
in stripperwater (WASSTRIP)	-	-	110
afvoer: effluent	62	62	63

Bij Pearl is een variant met en zonder WASSTRIP beschouwd. De investeringsbedragen zijn gebaseerd op budgetramingen van de leveranciers. Bij Tabel 7.2 zijn nog enkele opmerkingen te plaatsen:

- De investeringen bestaan uit leveringen, montage, inbedrijfname, engineering, bouw-begeleiding.
- De operationele kosten bestaan uit: magnesiumchloride, onderhoud, bediening, elektriciteit en slibafzetkosten die gemoeid zijn met niet afgescheiden product (struviet).
- Besparingen bestaan uit: metaalzoutengebruik, vermeden struvietafvoer via het slib, betere slibontwatering, en verminderde onderhoudskosten door struviet afzettingen en ophoping in de sliblijn. Voordelen als gevolg van de extra stikstofverwijdering, biogasproductie en een beter bio-P-proces zijn niet gekwantificeerd omdat die situatie afhankelijk zijn.
- Voor de Pearl + WASSTRIP combinatie is geen voordeel toegekend voor slibontwatering omdat dit nog niet op praktijkschaal is bewezen.

TABEL 7.2 INVESTERINGEN, OPERATIONELE KOSTEN EN BESPARINGEN (EX. BTW) VAN AIRPREX EN PEARL

Proces	Eenheid	Airprex	Pearl	Pearl+WASSTRIP
Investering (± 25%)	k€	650 – 800	1.000 – 1.300	1.200 – 1.500
<i>aandeel in investering:</i>				
reactor		100%	50%	35%
productverwerkingsfaciliteit *		n.v.t.	20%	15%
gebouw		n.v.t.	30%	20%
strippertank plus leidingwerk		n.v.t.	n.v.t.	30%
Bedrijfsvoeringskosten	k€/j	175	70	105
<i>bestaande uit:</i>				
magnesiumchloride				
elektriciteit				
personeel				
onderhoud				
afvoer niet afgescheiden struviet				
Struvietopbrengsten	k€/j	0	-80	-140
Operationele kosten totaal	k€/j	175	-10	-35
Besparingen (totaal)	k€/j	-565	-270	-385
<i>bestaande uit:</i>				
chemisch slib en metaalzouten				
vermeden struvietafvoer via slib				
slibontwatering				
vermeden onderhoud (a.g.v. ongewenst struviet precipitatie)				
Netto besparing	k€/j	-390	-280	-420**
Kengetallen				
Terugverdientijd	jaar	~1,9	~4,1	~3,2
Terug te winnen hoeveelheid P				
per dag	kg P/d	55	105	190
per jaar	ton P/j	20	38	69
over 15 jaar	ton P	301	575	1.040
als percentage van influent P	%	~12	~22	~40
Kosten (investering en operationeel) per kg P gewonnen (15 jaar levenscyclus, ex. rente-effecten)	€/kg P	~11,-	~1,75	~0,80

- *) De productverwerkingsfaciliteit bij Pearl omvat drogen, zeven en verpakken van Crystal Green®.
- **) Met de conservatieve aanname dat er geen voordeel op ontwatering bereikt wordt met het WASSTRIP proces

Uit Tabel 7.2 is het volgende te concluderen:

- De investeringskosten voor Airprex en Pearl zijn niet te vergelijken omdat in het geval van Pearl een gebouw en een productverwerkingsfaciliteit om te komen tot een direct op de kunstmestmarkt afzetbaar eindproduct, is opgenomen in de investering.
- Desondanks zijn de operationele kosten voor Airprex hoger dan voor Pearl.
- In het geval van Pearl zijn de opbrengsten van het geproduceerde struvietproduct (Crystal Green[®]) zoals door Ostara wordt betaald, hoger dan de operationele kosten. De totale operationele kosten zijn daarmee negatief (=positieve opbrengst).
- De belangrijkste besparingen voor Airprex zijn op chemicaliën, chemisch slib en ontwatering.
- De belangrijkste besparingen voor Pearl zijn op chemicaliën, chemisch slib en het vermijden van struvietafvoer met het slib wanneer WASSTRIP wordt toegepast.
- De totale besparingen zijn in oplopende volgorde Pearl, Airprex en Pearl + WASSTRIP.
- De totale hoeveelheid P teruggewonnen met Pearl is altijd groter dan met Airprex (tot 3,5 maal groter). Dit komt door het betere afscheidingsrendement van struviet in combinatie met het WASSTRIP proces bij Pearl.
- De kosten per kg P over 15 jaar levenscyclus zijn voor Pearl meer dan 5 keer zo laag dan voor Airprex. Dit komt door de hoge opbrengst van het product uit Pearl gecombineerd met een hoog afscheidingsrendement.

Pearl en Airprex zullen, naast het terugwinnen van fosfaat, beiden tot vergelijkbare besparingen leiden op de rwzi. Alleen de combinatie van Pearl en WASSTRIP levert meer besparingen op doordat struvietafvoer via slib bijna helemaal vermeden wordt. Het grote verschil in de kosten per teruggewonnen kg P berekend over de hele levenscyclus van de installaties maakt duidelijk dat het Airprex-proces niet in de eerste plaats is bedoeld voor P-terugwinning. Dit blijkt uit het lage afscheidingsrendement voor struviet en de neutrale waarde van het product.

7.4.4 SNB-THERMPHOS ROUTE

De SNB-Thermphos route is niet gebonden aan schaalgrootte, in principe kan op elke zuivering in plaats van ijzer, aluminium ingezet worden om zo ijzerarm slib te produceren mits de achtergrondwaarde ijzer niet te hoog is. Of deze route ook op rwzi niveau financieel aantrekkelijk is, is volledig afhankelijk van de kosten van het gebruikte ijzer en aluminium. Over het algemeen is aluminium per kilogram duurder dan ijzer. Deze meerkosten worden deels opgeheven door het lagere moleculegewicht van aluminium, daarnaast is de lagere slibproductie een bijkomend voordeel. Als laatste is er een voordeel in de slibafzetkosten, SNB hanteert een korting op de slibverwerking van 50,- per ton as bij het aanleveren van ijzerarm slib. Dit resulteert uiteindelijk voor elk type slib in een specifieke korting op de slibverwerking volgens de relatie:

$$\text{Korting per jaar} = (X \cdot (100 - \text{ODS}) / 100 + Y_{\text{Al}} - Y_{\text{Fe}}) \cdot 50 / 1000 \cdot 365$$

waarin:

X	hoeveelheid drogestof per dag (kg/d)
ODS	organisch droge stof gehalte (%)
Y_{Al}	kg Al verbruik per dag in geval van Al gebruik
Y_{Fe}	kg Fe verbruik per dag oorspronkelijk

Veronderstelling: Me/P verhouding voor Fe en Al is gelijk.

Op basis van bovenstaande relatie is voor twee willekeurige cases (standaard systemen zoals ook opgenomen in bijlage 3) in onderstaande Tabel 7.3 de te behalen korting voor slibverwerking bij SNB berekend.

TABEL 7.3 REKENVOORBEELD: KORTING BIJ HET AANLEVEREN VAN IJZERARM SLIB BIJ SNB (SPECIFICATIE RWZI'S ZIE BIJLAGE 3)

Case	50.000 i.e. type 2, geen gisting	300.000 i.e. type 3, wel gisting
Uitgangspunten		
Droge stof aanvoer (kg/d)	2.414	10.741
Fe-dosering (kg Fe/d)	50	320
Organische droge stof onvergist slib	70%	
Organische droge stof vergist slib		55%
mol Fe (g/mol)	56	56
mol Al (g/mol)	27	27
berekende Al-dosering (kg Al/d)	24	154
Korting per jaar	€12.400,-	€85.200,-

Door de spreiding in de kosten van ijzer en aluminium is het moeilijk te zeggen wat de kosten zijn die verbonden zijn aan het overschakelen op een aluminiumdosering. Wel staat vast dat een zuivering waar weinig chemicaliën gedoseerd worden (type 1: geen voorbezinking, geen gisting) zeer aantrekkelijk is om over te stappen op aluminium.

Voor zuiveringen van type 2 en type 3 is het prijsniveau van de gedoseerde chemicaliën van belang voor de financiële aantrekkelijkheid. Grofweg kan worden gesteld dat overstappen op aluminium, zolang de prijs niet meer dan een factor 2 tot 3 hoger is dan van het beschikbare ijzer, financieel aantrekkelijk of kosten neutraal is. Dit betekent dat overstappen op aluminiumdosering (minimaal ~1 euro per kg Al tegen ~0,50 euro per kg ijzer) afhankelijk van de lokale situatie geld kost of oplevert.

Hierbij moet worden opgemerkt dat door het overschakelen van ijzer op aluminium niet in alle gevallen het slib geschikt is voor verwerking via de Thermphos-route. Door het achtergrond gehalte aan ijzer in influent, grondwater dan wel specifiek andere bronnen kan het gehalte ijzer in het slib alsnog te hoog blijven. Een hoge achtergrond ijzer concentratie heeft daarnaast ook effect op het al dan niet effectief kunnen toepassen van bio-P processen.

7.4.5 ASH DEC

Het eindproduct van Ash Dec is een kunstmestproduct dat chemisch en qua agrarische werking vergelijkbaar is met commercieel verkrijgbare kunstmestproducten (een dicalciumfosfaat, Hyperkorn 26). Om te komen tot dit eindproduct zijn de volgende additieven nodig:

Magnesiumchloride, kalkhydraat, adsorbens	circa	200	kg/ton as
Energie (voornamelijk aardgas)	circa	500	kWh/ton as
Triple superfosfaat	circa	500	kg/ton as

Het geproduceerde halffabricaat wordt verrijkt met kalium of fosfaat om te komen tot een product vergelijkbaar met commercieel verkrijgbare kunstmest. Dit zorgt voor betere afzet mogelijkheden. Indien het halffabricaat wordt verrijkt met fosfaat is in het eindproduct het grootste deel van de fosfaat afkomstig uit de additieven (triple superfosfaat).

De financiële gegevens zijn gebaseerd op informatie die SNB juni 2010 van Ash Dec heeft gekregen over de business case voor de installatie in Berlijn. Deze cijfers zijn aangepast voor de situatie bij SNB. Zo is uitgegaan van een installatie met een capaciteit van 30.000 ton as/jaar in plaats van 20.000 ton as/jaar. Daarbij zijn geen schaalvoordelen meegenomen voor de grotere capaciteit. Een capaciteit van 30.000 ton/jaar (2500 ton P) is een reële capaciteit voor een installatie bij SNB. Bij deze capaciteit kan ook nog een deel van de as van SNB en HVC via een andere route (Thermphos) verwerkt worden zodat extra zekerheid in de afzet wordt gerealiseerd. Verder zijn de getallen aangepast op situatie van SNB door uit te gaan van een afschrijving over een periode van 7 jaar vanaf 2015. Hiermee valt de afschrijving van de installatie samen met de volledige afschrijving van de installatie van SNB. De geraamde investering voor een dergelijke installatie bedraagt 17 Meuro. De jaarlijkse netto opbrengsten (inclusief rentelasten 4,5% en afschrijving over 7 jaar) bedragen 0,7 Meuro. De simpele terugverdientijd bedraagt 4,7 jaar. De besparing per ton P komt daarmee uit op 290 euro/ton P. Indien de afschrijvingsduur verlengd wordt naar 10 jaar komt de besparing uit op 580 euro/ton P.

Een belangrijk element in de exploitatieraming zijn de geschatte opbrengsten van het kunstmestproduct. Hiervoor is nu een prijs gehanteerd van 220 euro/ton product. Deze prijs is gebaseerd op de prijsontwikkelingen van Hyperkorn 26 in de afgelopen 10 jaar. Bij deze prijs inschatting is geen rekening gehouden met de prijsspiek in 2008 en 2009. Hyperkorn 26 is een kunstmestproduct (dicalciumfosfaat) dat chemisch en qua agrarische werking vergelijkbaar is met de opgewerkte as en waarvan in Oostenrijk de prijzen openbaar zijn. Ten opzichte van deze prijs wordt nog een opslag gehanteerd voor het magnesium gehalte in de as dat extra waarde toevoegt aan het eindproduct.

8

BESCHOUWING

FOSFORHOUDENDE STROMEN EN HERGEBRUIK

Het terugwinnen van nutriënten en fosfor in het bijzonder, wordt aangemerkt als een belangrijke kans tot verduurzaming van de afvalwaterketen. De laatste jaren is, met de stijging van de grondstofprijzen en de aandacht voor duurzaamheid, kringloopsluiting en de bewustwording van toekomstige grondstoffenschaarste en geopolitieke verhoudingen, hergebruik meer en meer in de belangstelling gekomen. Al enige jaren zijn er volop ontwikkelingen op dit gebied en worden er nieuwe technologieën geïntroduceerd om dit te bereiken. Een aantal processen is inmiddels in de praktijk toegepast of zijn marktrijp en staan op het punt grootschalig in de praktijk toegepast te gaan worden.

De toepassing van fosforhoudende (tussen)producten in de landbouw als meststof afkomstig uit de afvalwaterketen is aan regels gebonden. Hierbij is geconstateerd dat de Nederlandse regelgeving in dit verband complex en gefragmenteerd is. Deze wetgeving is vooral ontstaan vanuit het milieuhygiënisch oogpunt (zware metalen, pathogenen). Dit is dan ook een belangrijk aandachtspunt in de kwaliteitsanalyse van producten. Voorkomen dient te worden dat een product als afvalstof wordt aangemerkt. Het benutten van de potentiële waarde van fosforhoudende tussenproducten is daarmee aan regels gebonden. Gebruikers van fosfaaterts zoals de fosforindustrie (bijvoorbeeld Thermphos) en kunstmestfabrikanten maar ook kunstmesthandelsbedrijven kunnen met het benutten van fosforhoudende tussenproducten invulling geven aan een efficiënter gebruik van grondstoffen en in dit geval fosfaat in Nederland.

De meeste kansen voor hergebruik van fosforhoudende (tussen)producten liggen in de landbouw, deze sector is immers veruit de grootste gebruiker van fosforhoudende grondstoffen. Ook aanpalende marktgebieden komen hiervoor in aanmerking zoals de hovenierssector en 'professioneel groen' zoals golfterreinen. De situatie met betrekking tot de afzet van fosforhoudende producten in Nederland is bijzonder vanwege het mestoverschot. De landbouwsector is gehouden het overschot aan fosfor buiten de Nederlandse landbouw af te zetten of een fosforhoudend product uit dierlijke mest tot een dusdanig kwaliteitniveau op te werken dat het kan worden toegepast als kunstmest dan wel kunstmestvervanger. Daarmee zal op termijn de import van fosforhoudende grondstoffen verminderen. Op de lange termijn zal het fosforoverschot in Nederland, voornamelijk in de vorm van dierlijke mest, in absolute zin niet toenemen en bij voorkeur moeten afnemen. Met dit nationaal fosforoverschot als gegeven kan gesteld worden dat de beste kansen voor hergebruik van fosforhoudende producten gezien worden buiten de Nederlandse landbouw (export) dan wel in andere marktsectoren.

ROUTES VOOR TERUGWINNING

De fysisch-chemische eigenschappen van het element fosfor en afgeleide verbindingen bepalen in de praktijk de procestechnologische mogelijkheden om tot hergebruik in de afvalwaterketen te komen. De specifieke eigenschappen van fosforverbindingen hebben als voordeel dat vervluchtiging of omzetting naar de gasfase onder normale omstandigheden niet moge-

lijk is dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld stikstof. Daarmee zijn fosfor en fosforverbindingen in relatie tot de afvalwaterketen, altijd gecorreleerd aan de waterfase en de vaste fase.

Het element fosfor is in communaal afvalwater in verschillende vormen aanwezig. De opgeloste vorm van fosfor (ortho-P) en biologisch gebonden fosfor (poly-P) is relatief eenvoudig om te zetten in een terug te winnen vorm mits de concentratie voldoende hoog is. Het terugwinnen van gebonden fosfor bijvoorbeeld uit organische stof of complexe zouten is lastiger en vraagt over het algemeen een hogere energie-input en een hoger gebruik van hulpstoffen.

Voor fosforterugwinning uit communaal afvalwater zijn er twee hoofdroutes te onderscheiden. Ten eerste op de locatie van de rwzi zelf, ten tweede gekoppeld aan de slibeindverwerking. Voor beide routes zijn meerdere technologieën in diverse stadia van ontwikkeling beschikbaar. Schaalgrootte ten behoeve van kostenefficiëntie speelt bij beide routes een belangrijke rol. Voor fosforterugwinning gekoppeld aan de eindverwerking is een grotere schaal noodzakelijk dan voor fosforterugwinning op de rwzi. In de Nederlandse situatie is deze schaalgrootte beschikbaar vanwege de aanwezigheid van 2 relatief grote (mono-)slibverbrandingsinstallaties.

TERUGWINNING OP DE RWZI

Vastgesteld is dat op rwzi's waar het bio-P-proces, al dan niet in combinatie met aanvullend chemische behandeling, in de waterlijn wordt toegepast de kansen voor fosforterugwinning het gunstigst zijn. Immers fosforverbindingen blijven in een vorm aanwezig waardoor terugwinning op de rwzi mogelijk blijft. Indien daarbij tevens slibgisting wordt toegepast wordt vaak een sterk geconcentreerde stroom geproduceerd waaruit efficiënt fosforhoudende producten kunnen worden gewonnen mits de schaal voldoende groot is. Meestal is terugwinning dan mogelijk in de vorm van een product gebaseerd op struviet.

In dit verband speelt de schaalgrootte van een slibverwerkingseenheid op een rwzi een belangrijke rol bij het bepalen van de economische haalbaarheid. De grotere centrale slibverwerkingsinstallaties, met vaak een regionale functie bieden in dit verband de beste kansen om te komen tot effectieve fosfaatterugwinning. Naar inschatting is het slib van minimaal 250.000 tot 300.000 i.e nodig om te komen tot een effectieve terugwinning van fosfor op rwzi-schaal. In specifieke situaties waarbij de lozing van fosfaat relatief hoog is (industriële lozers) kan dit anders liggen.

De procesconfiguratie heeft invloed op de kansen voor fosforterugwinning op de rwzi. In systemen met volledige chemische fosfaatverwijdering wordt het fosfaat vastgelegd in chemisch slib en bestaan er geen mogelijkheden om op de rwzi tot fosfaatterugwinning te komen. In dit soort situaties ligt fosforterugwinning in de slibeindverwerking meer voor de hand. Daarbij kan het toepassen van voorbezinking ongunstig zijn omdat daarmee in theorie minder fosfaat op biologische wijze gebonden kan worden en daarmee beschikbaar blijft voor P-winning op de rwzi. Uit energie oogpunt is dit gunstig vanwege de lagere zuurstofvraag die hiervan het gevolg is. In geval van combinatie systemen, chemisch/bio-P, die in de praktijk veel voorkomen, zijn de kansen verschillend en afhankelijk van schaalgrootte en specifieke omstandigheden. De combinatie van bio-P-slibstromen van verschillende herkomst in een centrale slibverwerkingsinstallatie biedt goede kansen.

Systemen gebaseerd op de vorming van struviet zijn in diverse uitvoeringsvormen beschikbaar. De fysieke verschijningsvorm van het eindproduct en daarmee de waarde en de wijze van toepassing van het eindproduct is verschillend. Voor dit soort eind- dan wel tussenpro-

ducten kan de Nederlandse wet- en regelgeving, afhankelijk van de uiteindelijke verschijningsvorm, belemmerend zijn bij de toepassing als meststof. De mogelijkheden voor afzet in België en Duitsland lijken gunstiger. In Nederland lijkt toepassing als grondstof voor de kunstmestindustrie mogelijk.

Klassieke precipitatie-systemen (bijvoorbeeld *Phospag*, *Anphos*) leveren een slurry-achtig product dat voornamelijk bestaat uit struviet maar vaak verontreinigd is met organische stof en niet altijd homogeen van karakter is. De ontwaterbaarheid van dit type voornamelijk anorganisch slib is goed. Dit soort struvietwinningprocessen zijn vaak afkomstig uit de (food) industrie.

Struvietwinningsystemen gebaseerd op gecontroleerde kristallisatie (bijvoorbeeld *Pearl*, *Phosnix*, *NuReSys*), zoals dat bijvoorbeeld in korrelreactoren wordt verkregen, resulteren in een zuiverder product dat eenvoudig is te drogen en goede producteigenschappen bezit om bijvoorbeeld direct te worden toegepast in kunstmestmengsels zoals die door kunstmesthandelsbedrijven (blenders) worden samengesteld.

Een enigszins afwijkend systeem (*Airprex*) is gebaseerd op de vorming van struviet in de uitgegiste slibmassa. Dit systeem is primair ontwikkeld om struvietprecipitatie in procesapparatuur na de ontwatering van uitgegist (bio-)slib te voorkomen en het ontwateringsresultaat van uitgegist slib te verbeteren. Hierbij wordt struviet uit de uitgegiste slibmassa gewonnen. Als gevolg van de herkomst van het product is dit struviet verontreinigd met organische stof. Het struvietwinningsrendement van *Airprex* is relatief laag waardoor (waardevol) struviet uiteindelijk met het slib als afvalstof wordt afgevoerd.

TERUGWINNING IN DE SLIBEINDVERWERKING

Terugwinning van fosfor in de slibeindverwerking bestaat uit het benutten van fosfor uit de verbrandingsas van slibverbrandingsinstallaties. Hierbij is monoverbranding (SNB en HVC) van slib een belangrijke voorwaarde. Voor P-terugwinning in de slibeindverwerking is de toepassing van Bio-P gunstig maar niet per se een voorwaarde. In dat geval zal een hoger fosfaatgehalte in het resulterende as bereikt kunnen worden.

In Nederland is SNB intensief bezig met het ontwikkelen van concepten en processen voor het terugwinnen van fosfor uit slibverbrandingsassen. De *SNB-Thermphos* route is enkele jaren geleden ontwikkeld en op praktijkschaal toegepast. Het gehalte ijzer in de assen vormt een belangrijke randvoorwaarde waardoor in de praktijk slechts een deel van de assen via deze route kan worden benut als grondstof bij *Thermphos*. Daarnaast is SNB initiatiefnemer van het grootschalige toepassen van het zogenaamde *Ash Dec proces*. In het *Ash Dec proces* wordt de as onder toevoeging van magnesiumchloride verhit tot 900 tot 1.000 graden Celsius in een draaitrommeloven. Zware metalen gaan onder deze omstandigheden over in de gasfase, waarna ze in een rookgasreiniging worden afgevangen. Fosfaat vormt een met magnesium verrijkt calciumfosfaat waarin het fosfaat biobeschikbaar blijft. Dit product wordt verrijkt met kaliumzouten en super tripelfosfaat om een PK kunstmest te verkrijgen.

SNB wenst meerdere hergebruik routes beschikbaar te hebben en ontwikkelt momenteel gezamenlijk met HVC ook andere verwerkingsroutes gericht op fosfaatterugwinning. Het *Ecophos proces* is daar een voorbeeld van. Dit nat chemisch proces is eveneens gericht op het terugwinnen van fosfor maar mogelijk ook andere componenten. Naast de afzet van een fosforhoudend product is ook aandacht nodig voor eventuele bijproducten of afval producten. Is hier ook een afzetroute voor beschikbaar? Sterker nog, kunnen eventuele chemicaliën die gebruikt zijn om fosfaat te binden herwonnen worden om zo een kringloop te creëren? SNB en HVC hebben de ambitie om vanaf het jaar 2015 dit soort processen op praktijkschaal operationeel te hebben

NEWATER 2030

In de toekomstvisie NEWater 2030 [29] wordt een ontwikkeling geschetst waarin de rwzi gezien wordt als Nutriënten- Energie en Waterfabriek. Vastgesteld is dat dit zal vragen tot het maken van concrete keuzes. Optimalisatie van een rwzi als energiefabriek resulteert mogelijk in suboptimaal functioneren als nutriëntenfabriek of omgekeerd, afhankelijk van de situatie. Het terugwinnen van grondstoffen vergt input, ook van energie. Niet alleen het op rwzi niveau terugwinnen van fosfaat kost energie, ook in de slibeindverwerking kost dit energie. Voor een goede afweging is tevens van belang wat het energieverbruik van de huidige processen (referentie) voor de productie van fosfaathoudende producten is (LCA). Wat zijn mogelijke efficiëntieslagen te behalen? Veel hiervan is nog onduidelijk omdat full-scale-ervaring met nieuwere technieken en technologieën nog niet beschikbaar is. Het is belangrijk de totale keten te blijven beschouwen en alternatieve verwerkingsmethoden met de huidige wijze van verwerken te blijven vergelijken.

REFERENTIELIJST

1. BAFU (2009); Rückgewinnung von Phosphor aus der Abwasserreinigung, vol 29
2. Berg, U. (2005); Recovery from phosphorous from sewage sludge and sludge ashes – Applications in Germany and Northern Europe
3. CBS Statline (2010)
4. EG-verordening nr. 2003/2003 van 13 oktober 2003 (2003). Inzake meststoffen.
5. Fraunhofer ISI (2010); Technologievorausschau für Phosphorrecyclingtechnologien,
6. Global Water Research Coalition. 2008; State of Science Report: Energy and Recourse Recovery from Sludge;
7. H₂O (2010); Terugwinnen van fosfaatkunstmest uit zuiveringslib verlaagt kosten van slibverwerking. vol 11, pg. 4
8. H₂O (2010); Fosforterugwinning: feit en fictie; vol 14/15, pg.14
9. Huber, I (2008); Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten beim Phosphor-Recycling; Wasser+Abfall vol 1-2, pg. 11-13
10. Internetsite: http://www.mongabay.com/images/commodities/charts/phosphate_rock.html
11. Internetsite: www.fosfaat.nl, (2010), 18 november
12. Internetsite: http://www.pap.co.at/uploads/media/Paper_Sapporo_2005_03.pdf
13. Jaffer, Y et al.; Assessing the potential of full-scale phosphorous recovery by struvite formation;
14. Korving L. (2011), SNB, Persoonlijke mededeling.
15. Lommen J. (2010); Msc Scriptie; Kringen rondom Fosfaat;, Wageningen Universiteit, Environmental Policy Group
16. Montag, D. (2009); The PASH Process for P-recycling and overview of the German Funding Programme "Recycling management of plant nutrients, especially phosphorous"; Presentatie RWTH Aachen,
17. Plant Research International Wageningen en Stockholm Environment Institute (SEI), Sustainable Use of Phosphorus (2010); EU Tender ENV.B.1/ETU/2009/0025, Oktober 2010.
18. Prasad, R. et al.; Nutrient recovery by struvite crystallization process: Virginia Experience;
19. RWTH Aachen (2007); Stand der Phosphorelimination bei der Abwasserreinigung in NRW sowie Verfahren zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm und aus Prozesswässern der Schlammbehandlung,
20. Sartorius et al., Phosphorous Recovery from Wastewater – State-of-the-Art and Future Potential, , International Conference – Nutrient Recovery and Management.
21. Smit A.L. et al. (2010); A quantification of phosphorous flows in the Netherlands through agricultural production, industrial processing and households. Plant Research International, WUR, 2010.
22. STOWA, Slibverwerking bij biologische defosfateren, STOWA 1995-18
23. STOWA, Handboek biologische fosfaatverwijdering, STOWA 2001-15
24. STOWA, Onderzoek fosfaatterugwinning uit stripperwater BCFS RWZI Deventer, STOWA 2005-01
25. STOWA, Slibketenstudie I, STOWA 2005-26
26. STOWA, Terugwinning van fosfaat uit rwzi's, STOWA 2006-31
27. STOWA, Fosfaatterugwinning uit ijzerarm slib van rioolwaterzuiveringsinrichtingen, STOWA 2007-31
28. STOWA, Fosfaat van leegloop naar kringloop, STOWA 2009-40
29. STOWA, Op weg naar de rwzi 2030, STOWA 2010-11
30. SUSAN newsletter (2008), februari 2008. www.susan.bam.de

BIJLAGE 1

**AFZET VAN SLIB EN DE P-BALANSEN
VAN DE VERSCHILLENDE WATERSCHAPPEN
OVER 2008**

Getallen afkomstig van CBS Statline. De hoeveelheid P in het zuiveringsslib is berekend uit het verschil in influent en effluentvracht. De meetgegevens sluiten niet goed op elkaar aan, de analyse van fosfaat in het influent en effluent wordt hier gezien als de meest betrouwbare meting, daarom is uit deze twee de hoeveelheid fosfaat in het slib berekend.

AFZET VAN SLIB EN P BALANSEN VAN DE VERSCHILLENDE WATERSCHAPPEN OVER 2008

	P influent (ton)	P effluent (ton)	Afzet van zuiveringsslib (ton)			P in slib
			Nat	Droog	Asrest	
WS Fryslân	581	90	60.641	15.251	5.168	491
WS Groot Salland	320	88	23.007	6.181	2.435	232
WS Regge en Dinkel	586	124	49.155	10.694	3.897	462
WS Rijn en IJssel	646	115	56.402	12.866	4.306	531
WS Veluwe	592	100	39.010	8.617	2.832	492
WS Rivierenland	795	195	95.993	20.042	6.466	600
WS Vallei en Eem	541	87	49.427	11.120	4.225	454
Waternet*	1.009	91	94.947	20.345	7.247	918
HHS Holl. Noorderkwartier	876	147	21.208	19.339	3.868	729
HHS De Stichtse R'landen	963	110	107.073	23.022	6.782	853
HHS Rijnland	713	115	52.804	12.294	4.454	598
HHS Delfland	876	149	87.310	18.438	6.522	727
WS Zeeuwse Eilanden	256	48	23.326	5.602	2.762	208
WS Zeeuws Vlaanderen	118	20	8.000	2.024	773	98
WS Brabantse Delta	715	162	66.070	16.270	6.642	553
WS De Dommel	849	88	93.157	22.984	5.810	761
WB Limburg**	1.045	245	31.291	27.904	9.208	800
WS Hunze en Aa's***	244	38	<i>n.v.t.</i>	<i>n.v.t.</i>	<i>n.v.t.</i>	<i>n.v.t.</i>
WS Noorderzijlvest	329	58	57.398	12.996	5.327	206
WS Reest en Wieden	346	55	24.785	6.459	2.107	291
WS Velt en Vecht	213	44	20.783	4.586	1.613	169
WS Zuiderzeeland	308	19	37.066	7.904	2.143	289
WS Aa en Maas	904	150	95.287	21.909	6.376	754
HHS Schieland en K'waard	328	79	38.883	8.719	2.925	249
WS Hollandse Delta	799	145	87.557	20.500	6.569	654
Nederland totaal	14.951	2.551	1.320.580	336.064	110.457	12.400

* Waternet is de gemeenschappelijke uitvoeringsorganisatie van het waterschap Amstel, Gooi en Vecht en de Gemeente Amsterdam.

** Het Waterschapsbedrijf Limburg is de gemeenschappelijke uitvoeringsorganisatie van de waterschappen Peel en Maasvallei en Roer en Overmaas.

*** De afzet van zuiveringsslib van waterschap Hunze en Aa's verloopt via waterschap Noorderzijlvest

BIJLAGE 2

FACTSHEET VAN DE VERSCHILLENDE FOSFAATTERUGWINNINGSTECHNOLOGIEËN

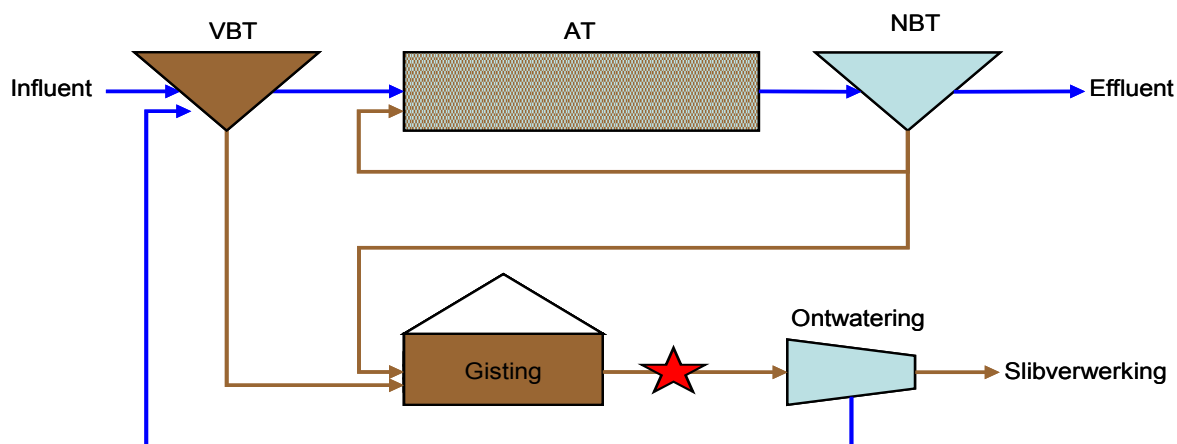
AIRPREX
ANPHOS
ASH DEC
BIOCON
CHEMISCHE AMMONIUM FÄLLUNG UND REZYKLIERUNG
CLEANMAP
CRYSTALLACTOR
HET VERNUFTELING 2010 PROCES
ECOPHOS
MEPHREC
NURESYS
NUTRITEC
REM NUT
PEARL (+WASSTRIP)
PHOSNIX
PHOSPAQ
PHOSTRIP
PRISA
P-ROC
SANIPHOS
SEABORNE
SNB-THERMPHOS

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	Airprex
Ontwikkelaar:	Berliner Wasser Betriebe
Land van Herkomst:	Duitsland
Realisatie:	<input type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input checked="" type="checkbox"/> Demonstratie <input checked="" type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input checked="" type="checkbox"/> RWZI (klein) <input type="checkbox"/> RWZI (groot) <input type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input checked="" type="checkbox"/> Sliblijn <input type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input checked="" type="checkbox"/> Ingedikt slib <input checked="" type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input checked="" type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input checked="" type="checkbox"/> Precipitatie <input type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Struviet
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Magnesiumchloride, anti-scaling
Procesomschrijving:	<p>Airprex is ontworpen om de problemen als gevolg van struviet precipitatie in de sliblijn te voorkomen. Na de slibvergisting wordt het slib naar een reeks beluchte tanken gepompt die in serie met elkaar verbonden zijn. Door het strippen van kooldioxide tijdens het beluchten stijgt de pH. Uiteindelijk wordt er magnesiumchloride gedoseerd en ontstaat er een neerslag van struviet. Hierna wordt het slib ontwaterd en afgevoerd. Voor de precipitatiereactoren wordt antiscaling gedoseerd om ongewenste afzettingen te voorkomen.</p>
Procesdiagram:	<p>The diagram illustrates the Airprex process flow. It starts with a digester that produces biogas (indicated by a green arrow). The digester's output goes to a storage tank. From the storage tank, the slurry is pumped into reactor 1. In reactor 1, a precipitant (magnesium) is added. The slurry then moves to reactor 2, where air is stripped (indicated by a red dashed arrow). The final product is then dewatered and sent to a disposal unit.</p>

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

Airprex kan direct worden toegepast op een Bio-P zuivering na de gisting, zie ook onderstaande diagram.

**Opmerkingen:**

Het is mogelijk na de vorming van het struviet dit uit het slib te wassen om zo het struviet te kunnen hergebruiken als meststof. Daarnaast heeft het Airprex proces een positieve invloed op de slibontwatering.

Economische Aspecten:

Het verbeterde slibontwateringsresultaat levert besparingen op waarmee Airprex zichzelf terugverdiend.

Full-scale Referenties:

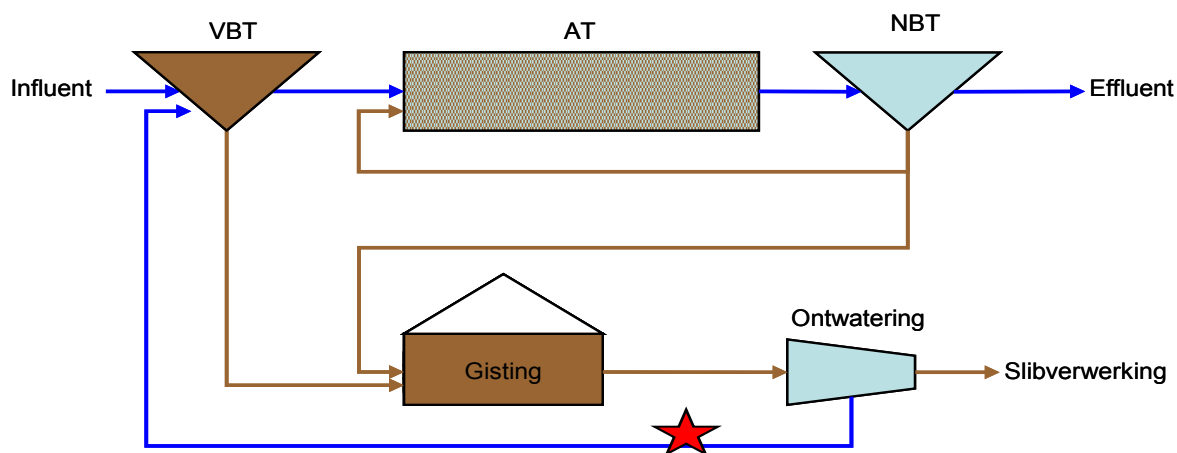
Airprex wordt full-scale toegepast op RWZI Monchengladbach-Neuwerk.

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	Anphos
Ontwikkelaar:	Colsen
Land van Herkomst:	Nederland
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input checked="" type="checkbox"/> Demonstratie <input checked="" type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input checked="" type="checkbox"/> RWZI (klein) <input type="checkbox"/> RWZI (groot) <input type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input type="checkbox"/> Sliblijn <input checked="" type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input checked="" type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input checked="" type="checkbox"/> Precipitatie <input type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Struviet
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	MgO
Procesomschrijving:	<p>Het Anphos proces bestaat uit twee fasen, die plaatsvinden in twee verschillende tanks. Eerst wordt het afvalwater belucht, zodat er een pH stijging optreedt als gevolg van strippen van kooldioxide. Vervolgens wordt, in de tweede tank, fosfaat onder toevoeging van magnesium(hydr)oxide, neergeslagen als struviet. Dit struviet wordt afgescheiden en ontwaterd.</p>
Procesdiagram:	

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

De installatie kan zonder enige verdere aanpassingen ingepast worden op een RWZI. Het rejectiewater kan direct bij vrijkomst behandeld worden. Zie de rode ster in het onderstaande diagram.

**Opmerkingen:**

Gedurende dit proces wordt naast fosfaat, en een deel ammonium, ook CZV verwijderd. Of dit als gevolg van biologische oxidatie in de strippertank plaat vindt of dat het mee precipiteert met het struviet is onduidelijk.

Economische Aspecten:**Full-scale Referenties:**

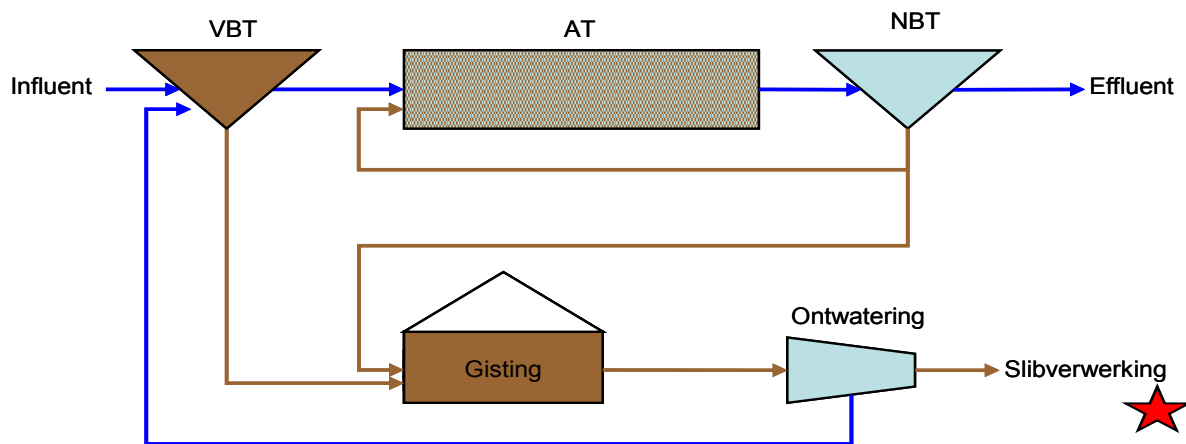
Anphos wordt op 2 plaatsen op full-scale toegepast. De eerste installatie is gerealiseerd bij Lamb Weston/Meijer te Kruijningen, een andere staat in Odiliapeel bij Peka Kroef.

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	Ash Dec
Ontwikkelaar:	Bundesanstalt für Materialforschung
Land van Herkomst:	Duitsland
Realisatie:	<input type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input checked="" type="checkbox"/> Demonstratie <input type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input type="checkbox"/> RWZI (klein) <input type="checkbox"/> RWZI (groot) <input checked="" type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input checked="" type="checkbox"/> Sliblijn <input type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input checked="" type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input type="checkbox"/> Precipitatie <input type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input checked="" type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Magnesiumchloride
Procesomschrijving:	<p>Na de slibverbranding blijft een asrest over met daarin onder andere fosfaat en zware metalen. In het Ash Dec proces wordt deze as onder toevoeging van magnesiumchloride verhit tot 900 tot 1000 graden celcius in een draaitrommeloven. Zware metalen gaan onder deze omstandigheden over in de gasfase, waarna ze in een rookgasreiniging worden afgevangen. Fosfaat vormt een met magnesium verrijkt dicalciumfosfaat waarin het fosfaat biobeschikbaar blijft.</p>
Procesdiagram:	<p>The diagram illustrates the Ash Dec process. On the left, 'Ash' is shown as a mixture of heavy metals (HM), phosphorus (P), iron (Fe), aluminum (Al), calcium (Ca), and silicon (Si). The process involves heating at 850-1000°C, where heavy metals (HM) and chlorine (Cl₂) are separated. The resulting 'Fertiliser' contains phosphorus (P), magnesium (Mg), iron (Fe), aluminum (Al), calcium (Ca), and silicon (Si).</p>

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

Ash Dec is van toepassing op de verbrandingsassen van een centrale slibverbranding, derhalve zijn er op de RWZI geen aanpassingen nodig.

**Opmerkingen:**

De schaalgrootte van een dergelijk proces is aanzienlijk. Zo wordt voor een eventuele toepassing bij SNB uitgegaan van een installatie met een capaciteit van 30.000 ton as per jaar (goed voor 2500 ton P).

Economische Aspecten:**Full-scale Referenties:**

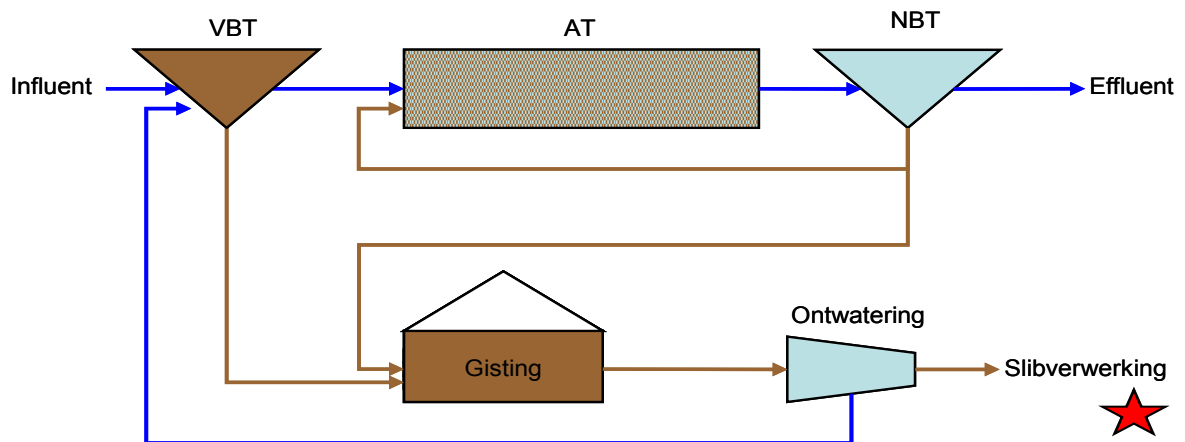
In Leoben, Oostenrijk, draait sinds 2008 een demonstratie fabriek welke 7 ton as per dag verwerkt.

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	BioCon
Ontwikkelaar:	PM Energi A/S
Land van Herkomst:	Denemarken
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input type="checkbox"/> Pilot <input type="checkbox"/> Demonstratie <input type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input type="checkbox"/> RWZI (klein) <input type="checkbox"/> RWZI (groot) <input checked="" type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input checked="" type="checkbox"/> Sliblijn <input type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input checked="" type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input type="checkbox"/> Precipitatie <input type="checkbox"/> Kristallisatie <input checked="" type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	IJzerchloride, kaliumfosfaat en fosforzuur
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Zwavelzuur
Procesomschrijving:	<p>Verbrandingsas van de slibverwerking wordt vermalen en gemengd met zwavelzuur en water. Nadat het merendeel het as is opgelost wordt het mengsel over een serie ionwisselaars gehaald waarin verschillende zouten worden teruggewonnen. Het is nog onbekend of de verschillende zouten effectief teruggewonnen kunnen worden of dat een recirculatiestroom nodig is. Ook is nog onduidelijk of fosforzuur teruggewonnen kan worden.</p>
Procesdiagram:	<p>The diagram illustrates the process flow for phosphate recovery. It starts with 'sewage sludge' entering a 'sludge drying' unit, which receives 'energy' input. The output of the drying unit goes to 'sludge incineration', which produces 'ash silo'. The 'ash silo' feeds into a reactor where H_2SO_4 is added. The resulting mixture goes to a sand separator, which outputs 'sand'. The liquid from the sand separator goes to an 'ion exchanger', which produces four streams: $FeCl_3$, $KHSO_4$, H_3PO_4, and 'residue'.</p>

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

Het BioCon proces vindt centraal bij de slibverwerking plaats en derhalve is inpassing op de RWZI niet van toepassing.

**Opmerkingen:**

Het BioCon proces staat nog in de kinderschoenen en een aantal zaken dienen nog onderzocht te worden, derhalve is een snelle toepassing van het systeem op grote schaal niet te verwachten.

Economische Aspecten:

Ionenwisselaars zijn duur in aanschaf, vereisen veel onderhoud en verbruiken aanzienlijke hoeveelheden chemicaliën (regeneratie). De economische haalbaarheid van een dergelijk proces is dus de vraag. Wel kan verwacht worden dat de kwaliteit van de producten behoorlijk goed zal zijn.

Full-scale Referenties:

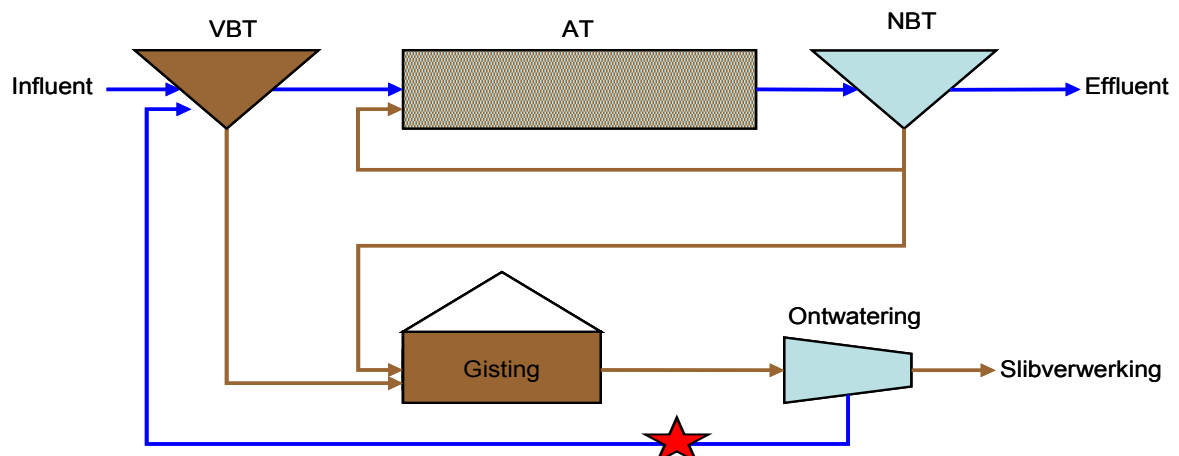
Het BioCon proces is nog alleen op labschaal toegepast.

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	Chemische Ammonium Fällung und Rezyklierung
Ontwikkelaar:	NALVA
Land van Herkomst:	Duitsland
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input type="checkbox"/> Demonstratie <input type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input type="checkbox"/> RWZI (klein) <input checked="" type="checkbox"/> RWZI (groot) <input type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input type="checkbox"/> Sliblijn <input checked="" type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input checked="" type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input checked="" type="checkbox"/> Precipitatie <input type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	MgHPO ₄ en een ammoniumzout.
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Magnesiumoxide, natronloog
Procesomschrijving:	<p>In het CAFR proces worden ammonium en fosfaat onder toevoeging van magnesiumoxide bij pH 9.0 gekristalliseerd tot struviet. Vervolgens wordt het struviet gescheiden van de waterstroom in een bezinker. In de stripper valt het struviet bij verhoogde temperaturen uiteen in MgHPO₄ en ammoniak. Het MgHPO₄ wordt gerecycled in het proces om een zo hoog mogelijke ammonium verwijdering te realiseren. Het ammoniak uit de stripper wordt teruggewonnen door toevoeging van zwavelzuur onder vorming van ammoniumsulfaat. De overmaat MgHPO₄ wordt gebruikt als grondstof in de kunstmest industrie.</p>
Procesdiagram:	<pre> graph TD Input[Water uit deelstroomlijn] --> Reactor[Struviet reactor] MgO[MgO] --> Reactor NaOH[NaOH] --> Reactor Reactor -- "Deelstroomlijn + struviet" --> Bezinker[Bezinker] Bezinker -- "Struviet" --> Stripper[Ammoniak stripper] Stripper -- "MgHPO4" --> Output[MgHPO4] Stripper -- "Ammoniakrijke stroom" --> Wastoren[Wastoren] Wastoren -- "(NH4)2SO4" --> Output2[(NH4)2SO4] H2SO4[H2SO4] --> Wastoren Stripper -.-> Reactor </pre>

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

Deze technologie kan zonder veel aanpassingen direct ingepast worden op een RWZI waar rejectiewater met hoge fosfaatgehalten aanwezig is. Het rejectiewater kan direct na de sli-bontwatering verwerkt worden. De rode ster in onderstaand schema geeft aan waar de techniek toegepast wordt.

**Opmerkingen:****Economische Aspecten:****Full-scale Referenties:**

Er zijn geen full scale referenties.

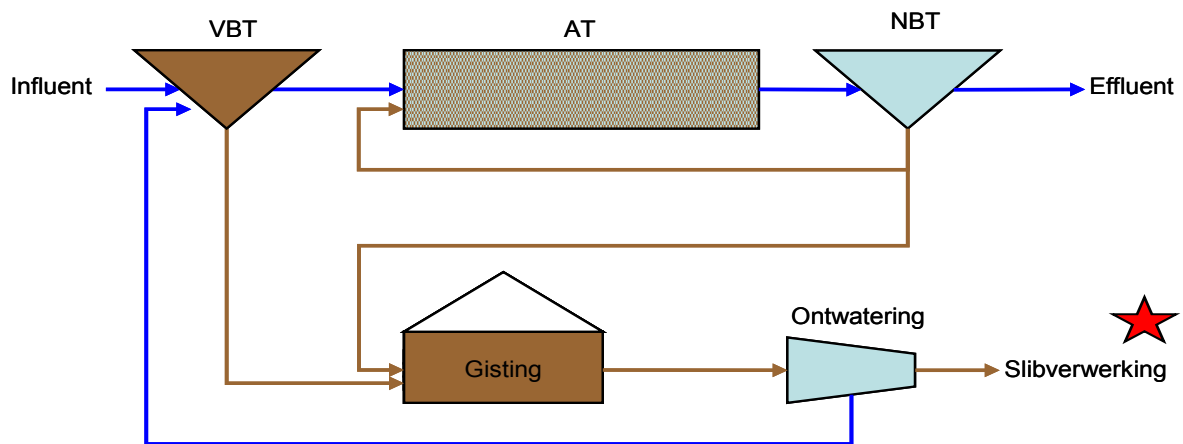
Op het gebied van huishoudelijk-afvalwaterzuivering is met het CAFR principe ervaring opgedaan met een pilot installatie van 5 m³/uur. Het gaat om het filtraat van thermisch geconditioneerd, ontwaterd slib afkomstig van een huishoudelijk-afvalwaterzuiveringsinrichting. Hierbij werd een ammoniumverwijdering van ruim 95% gerealiseerd, bij een influentconcentratie van meer dan 1000 mg NH₄-N/L. (Dit is echter een referentie uit 1997)

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	CleanMAP
Ontwikkelaar:	Easymining
Land van Herkomst:	Zweden
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input type="checkbox"/> Pilot <input type="checkbox"/> Demonstratie <input type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input type="checkbox"/> RWZI (klein) <input type="checkbox"/> RWZI (groot) <input checked="" type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input checked="" type="checkbox"/> Sliblijn <input type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input checked="" type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input type="checkbox"/> Precipitatie <input type="checkbox"/> Kristallisatie <input checked="" type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Ammoniumfosfaat
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Zwavelzuur, Ammonia, Zoutzuur, Natriumsulfide
Procesomschrijving:	<p>CleanMAP is ontwikkeld in Zweden en op labschaal succesvol getest op slibverbrandingsassen. Slibverbrandingsas wordt opgelost in zwavelzuur en vervolgens wordt met verschillende fysisch-chemische stappen (liquid-liquid extraction) ammoniumfosfaat terug gewonnen.</p>
Procesdiagram:	<pre> graph TD A[Ash from sewage sludge] --> B[Dissolution] C[Sulfuric acid] --> B B --> D[Filter] D --> E[Separation] D --> F[Gypsum/sand] E --> G[Separation] E --> H[Ammonium phosphate] G --> I[Separation] G --> J[Iron chloride] G --> K[Aluminum chloride] I --> L[Heavy metals] I --> M[Out-going water] M --> B N[Ammonia] --> E O[Hydrochloric acid] --> G P[Sodium sulfide] --> I </pre>

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

CleanMAP wordt toegepast op slibverbrandingsas, inpassing op de RWZI is daarom niet van toepassing.

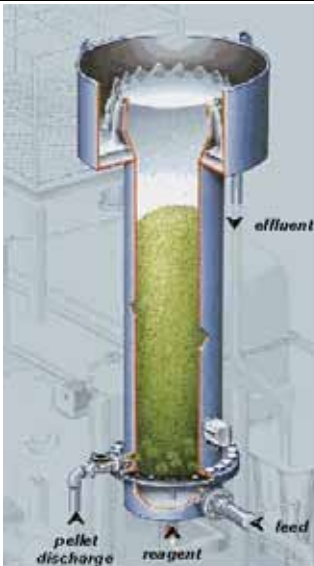


Opmerkingen:

Economische Aspecten:

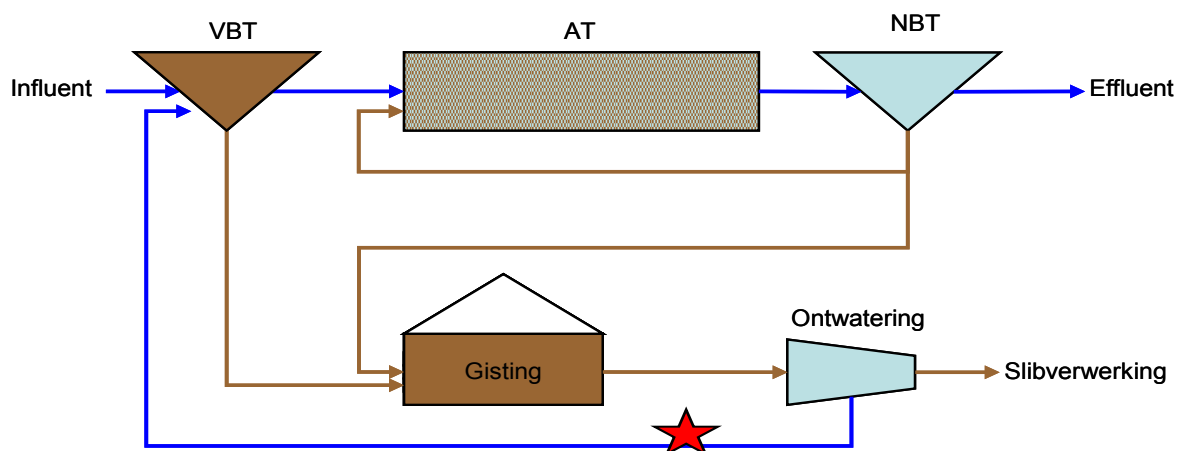
Full-scale Referenties:

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	Crystallactor
Ontwikkelaar:	DHV
Land van Herkomst:	Nederland
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input checked="" type="checkbox"/> Demonstratie <input checked="" type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input checked="" type="checkbox"/> RWZI (klein) <input type="checkbox"/> RWZI (groot) <input type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input checked="" type="checkbox"/> Waterlijn <input checked="" type="checkbox"/> Sliblijn <input checked="" type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input checked="" type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input checked="" type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input type="checkbox"/> Precipitatie <input checked="" type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Struviet, Calciumfosfaat
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Afhankelijk van het gewenste product; magnesium of calcium zouten.
Procesomschrijving:	<p>De Crystalactor is een cilindervormige reactor die gedeeltelijk gevuld is met afzetmateriaal (zoals zand). Het fosfaathoudende influent wordt onderin de reactor gepompt, een opwaartse stroom zorgt ervoor dat er een fluïde bed in de reactor ontstaat. Om er voor te zorgen dat het fosfaat onder gecontroleerde omstandigheden uitkristalliseert op het afzetmateriaal wordt in veel gevallen de pH aangepast en wordt er een calcium- of magnesiumzout gedoseerd. Door te sturen op de juiste procesomstandigheden en opstroomsnelheid worden er uiteindelijk pellets gevormd met een grootte van 0.8-1 mm. Op verscheidene momenten wordt product afgelaten en nieuw afzetmateriaal in de reactor geïnjecteerd om het proces gaande te houden.</p>
Procesdiagram:	

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

De installatie behandelt rejectiewater en kan zonder enige verdere aanpassingen ingepast worden op een RWZI. Het rejectiewater kan direct bij vrijkomst behandeld worden. Zie de rode ster in het onderstaande diagram.

**Opmerkingen:**

In het verleden heeft op RWZI Westerbork een Crystallactor gedraaid in de waterlijn. Deze is uit bedrijf genomen toen de fosfaatconcentraties in afvalwater sterk daalden als gevolg van het niet meer toevoegen van fosfaten aan wasmiddelen.

Economische Aspecten:**Full-scale Referenties:**

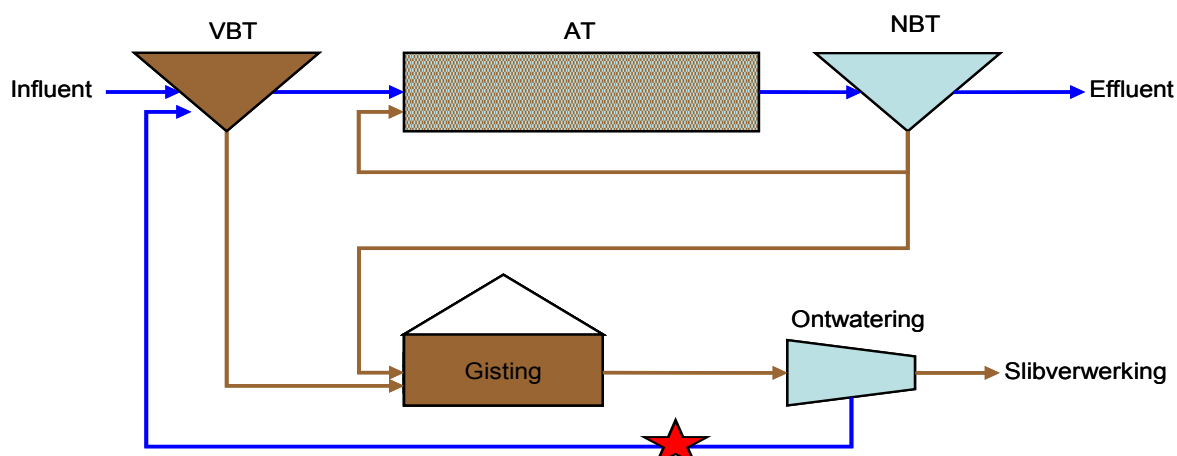
De Crystallactor is een bewezen technologie welke toegepast wordt voor uiteenlopende toepassingen waaronder fosfaatverwijdering uit afvalwater. Naast calciumfosfaat is struviet een mogelijk product. In Nederland wordt de Crystallactor momenteel alleen nog toegepast op RWZI Geestmerambacht waar calciumfosfaat geproduceerd wordt. Dit wordt afgezet naar Thermphos als grondstof voor de fosforproductie. In het verleden is de crystallactor meer toegepast, zelfs in de waterlijn (RWZI Westerbork). Deze installaties zijn uit bedrijf genomen omdat ze niet economisch niet meer rendabel waren.

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	Het Vernufteling 2010 proces
Ontwikkelaar:	DHV ism WS Hunze en Aa
Land van Herkomst:	Nederland
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input type="checkbox"/> Demonstratie <input type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input checked="" type="checkbox"/> RWZI (klein) <input checked="" type="checkbox"/> RWZI (groot) <input type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input type="checkbox"/> Sliblijn <input checked="" type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input type="checkbox"/> Slibverbrandingsgas
Vereisten RWZI:	<input type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input checked="" type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input checked="" type="checkbox"/> Precipitatie <input type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Magnesiummonowaterstoffosfaat en Electriciteit
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Magnesium zout
Procesomschrijving:	<p>Aan het rejectiewater wordt een magnesiumzout toegevoegd. Door de hoge concentraties ammonium en fosfaat in de deelstroomlijn wordt struviet gevormd. Het struviet wordt vervolgens thermisch ontleed. In deze ontledingsreactie wordt struviet omgezet naar MgHPO₄ en ammoniak gas. Het ammoniakgas wordt ingezet als electrondonor in een brandstofcel. Door het ammoniak te laten reageren met zuurstof wordt de chemische energie in het ammoniakmolecuul omgezet naar elektrische energie. Tijdens deze reactie ontstaan verder nog water en stikstofgas, dat naar de atmosfeer ontsnapt. Een deel van het MgHPO₄ kan opnieuw worden gebruikt om ammonium neer te laten slaan als struviet in de deelstroomlijn. Het surplus aan MgHPO₄ kan worden ingezet als meststof of worden afgezet naar Thermphos.</p>
Procesdiagram:	

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

Deze technologie kan zonder veel aanpassingen direct ingepast worden op een RWZI waar rejectiewater met hoge fosfaatgehalten aanwezig is. Het rejectiewater kan direct na de sli-bontwatering verwerkt worden. De rode ster in onderstaand schema geeft aan waar de techniek toegepast wordt.

**Opmerkingen:****Economische Aspecten:****Full-scale Referenties:**

Er zijn geen full-scale referenties. Momenteel is er een pilot studie bezig op de RWZI Gieten in het beheersgebied van Hunze en Aa. In eerste instantie is uitgegaan van een container met brandstofcel op de pilot locatie. Dit leidt echter tot te hoge kosten (ca. 300.000 euro) en was moeilijk uit te voeren door ECN. Er is daarom gekozen om het geproduceerde gas in cilinders naar het ECN lab te transporteren. De uitvoering van de pilot bestaat uit 2 stappen:

1. Een studie naar de toe te passen brandstofcel en de technische specificaties van de pilot.
2. Bij positieve uitkomst, de realisatie van de pilot apparatuur en uitvoering van de pilot.

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

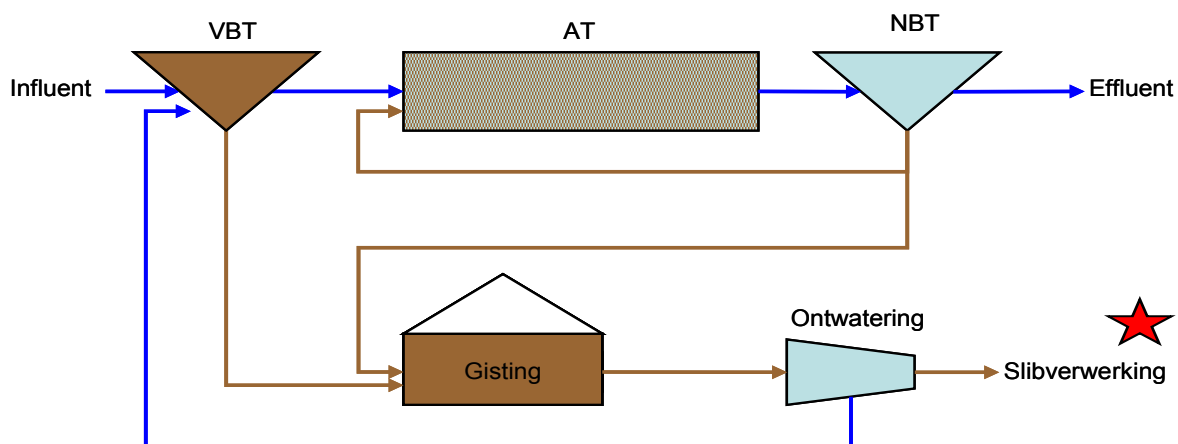
Naam:	Ecophos
Ontwikkelaar:	Ecophos
Land van Herkomst:	België
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input checked="" type="checkbox"/> Demonstratie <input checked="" type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input type="checkbox"/> RWZI (klein) <input type="checkbox"/> RWZI (groot) <input checked="" type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input checked="" type="checkbox"/> Sliblijn <input type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input checked="" type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input type="checkbox"/> Precipitatie <input type="checkbox"/> Kristallisatie <input checked="" type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	TripleSuperFosfaat, Fosforzuur, Dicalciumfosfaat
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Zoutzuur, eventueel andere stoffen

Procesomschrijving: Ecophos is ontwikkeld om fosfaat te kunnen winnen uit laagwaardige fosfaatertsen. Het proces is gebaseerd op een verwerkingsstap met zoutzuur, in tegenstelling tot andere nat-chemische processen waar zwavelzuur wordt toegepast. Hierna volgen verschillende stappen om fosfaat terug te winnen, naast andere bijproducten. Het proces is bewezen op laagwaardige ertsen en tests met slibverbrandingsas zijn veelbelovend.



Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

Ecophos wordt toegepast op slibverbrandingsas, inpassing op de RWZI is daarom niet van toepassing.

**Opmerkingen:****Economische Aspecten:****Full-scale Referenties:**

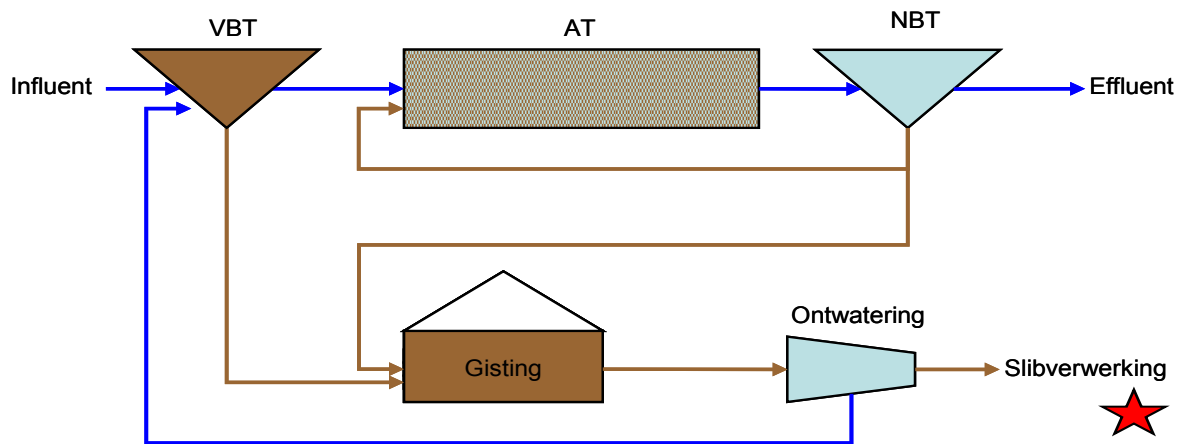
Ecophos wordt niet full scale toegepast op slibverbrandingsas, wel zijn er tests gedaan met slibverbrandingsas welke veelbelovend zijn. Fullscale installaties zijn wel gerealiseerd voor laagwaardige fosfaatertsen.

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	Mephrec
Ontwikkelaar:	Ingitec
Land van Herkomst:	Duitsland
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input type="checkbox"/> Demonstratie <input type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input type="checkbox"/> RWZI (klein) <input type="checkbox"/> RWZI (groot) <input checked="" type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input checked="" type="checkbox"/> Sliblijn <input type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input checked="" type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input type="checkbox"/> Precipitatie <input type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input checked="" type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Calciumfosfaat
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Cement (agglomeratie van slib)
Procesomschrijving:	Ontwaterd slib wordt gebriketteerd onder toevoeging van cement. In een "shaft furnace" wordt het slib verbrand bij temperaturen rond de 1400 graden celcius. Gesmolten metaal wordt afgescheiden en een calciumfosfaat rijke slak blijft over.
Procesdiagram:	

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

Het Mephrec proces vindt centraal bij de slibverwerking plaats en derhalve is inpassing op de RWZI niet van toepassing.

**Opmerkingen:**

Bij de slibverbranding/vergassing komt Syngas vrij wat weer ingezet kan worden om energie op te wekken. Zo wordt de energie inhoud van het slib optimaal benut.

Economische Aspecten:**Full-scale Referenties:**

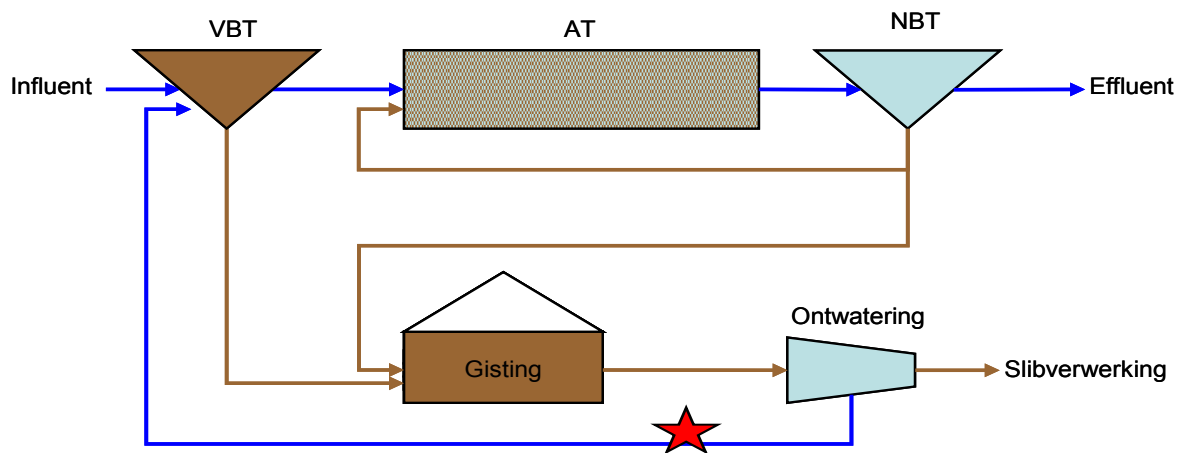
Het Mephrec proces is nog alleen op pilotschaal toegepast.

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	NuReSys
Ontwikkelaar:	Akwadok Groep
Land van Herkomst:	België
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input checked="" type="checkbox"/> Demonstratie <input checked="" type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input checked="" type="checkbox"/> RWZI (klein) <input type="checkbox"/> RWZI (groot) <input type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input checked="" type="checkbox"/> Sliblijn <input checked="" type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input checked="" type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input type="checkbox"/> Precipitatie <input checked="" type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input checked="" type="checkbox"/> Eindproduct <input type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	BioStru (Struviet)
Productcertificering:	<input type="checkbox"/> Geen <input checked="" type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	België
Toevoeging Chemicaliën:	Magnesiumchloride en natronloog
Procesomschrijving:	In een klassieke compleet gemengde kristallisatie reactor wordt struviet gevormd. Essentieel hierin is de processturing die berust op het sturen van de pH, de dosering van magnesiumchloride en natronloog en een specifiek ontwikkeld mengalgoritme. Als bron van fosfaat wordt op een RWZI het rejectiewater gebruikt.
Procesdiagram:	

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

De NuReSys technologie kan zonder veel aanpassingen direct ingepast worden op een RWZI waar rejectiewater met hoge fosfaatgehalten aanwezig is. Het rejectiewater kan direct nadat het vrij komt verwerkt worden. De rode ster in onderstaand schema geeft aan waar de techniek toe-gepast wordt.

**Opmerkingen:****Economische Aspecten:****Full-scale Referenties:**

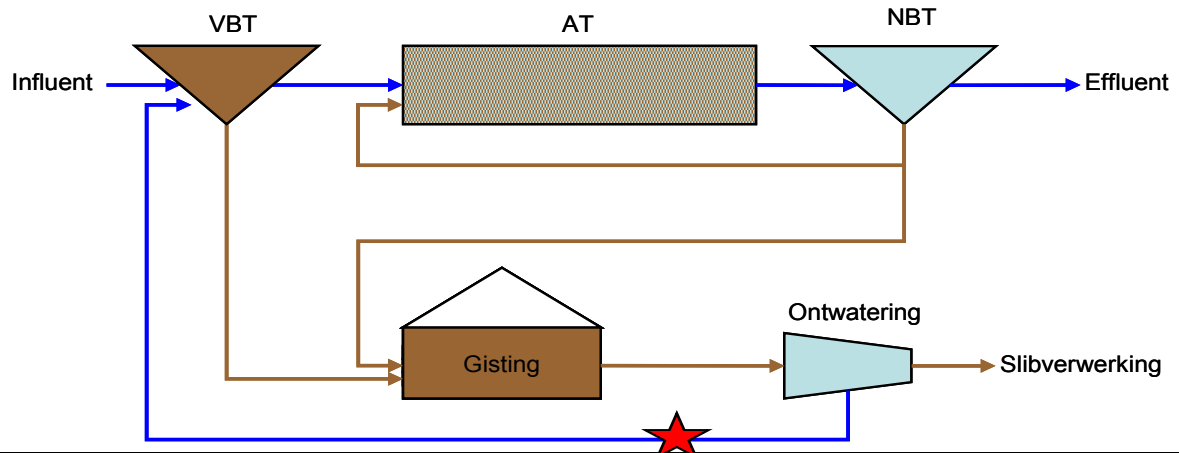
Er zijn twee full scale NuReSys-installaties in gebruik. De eerste installatie is gerealiseerd voor de zuivelverwerkende industrie. De tweede installatie draait bij Agristo in Harelbeke in de aardappelverwerkende industrie.

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	NutriTec
Ontwikkelaar:	Sustec
Land van Herkomst:	Nederland
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input type="checkbox"/> Demonstratie <input type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input type="checkbox"/> RWZI (klein) <input checked="" type="checkbox"/> RWZI (groot) <input type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input type="checkbox"/> Sliblijn <input checked="" type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input checked="" type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input checked="" type="checkbox"/> Precipitatie <input type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Struviet en een ammoniumzout.
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Magnesiumoxide
Procesomschrijving:	<p>In het NutriTec proces worden ammonium en fosfaat onder toevoeging van magnesiumoxide gekristalliseerd tot struviet. Vervolgens wordt het struviet gescheiden van de waterstroom in een bezinker. Een deel van het struviet wordt gespuid en kan dienen als grondstof voor de kunstmestindustrie. Het andere deel van het struviet wordt in een stripper ontleed tot $MgHPO_4$ en ammoniak. Het $MgHPO_4$ wordt gerecycled in het proces om de chemicalien dosering te reduceren. Het ammoniak uit de stripper kan worden teruggewonnen door toevoeging van zwavelzuur onder vorming van ammoniumsulfaat.</p>
Procesdiagram:	<p>The diagram illustrates the NutriTec process flow. It starts with 'Digestaatvloeistof' entering a green 'crist' (crystallization) unit. 'MgO' is added to this unit. The output is 'Magnesium Fosfaat'. This stream then goes to a green 'separator' (triangular). From the separator, one stream is 'MagneesiumAmmoniumFosfaat (MAP) -spui' and another is 'Ammoniakwater / ammoniumsulfaat'. The 'Ammoniakwater / ammoniumsulfaat' stream is then processed with 'Water/H₂SO₄' to produce 'NH₃'.</p>

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

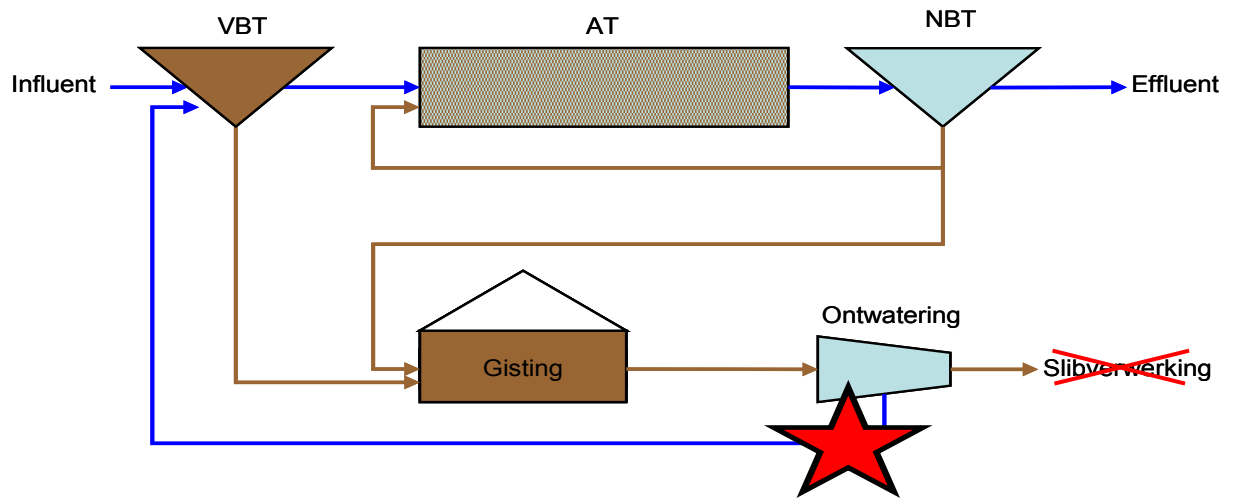
Deze technologie kan zonder veel aanpassingen direct ingepast worden op een RWZI waar rejectiewater met hoge fosfaatgehalten aanwezig is. Het rejectiewater kan direct na de sli-bontwatering verwerkt worden. De rode ster in onderstaand schema geeft aan waar de techniek toegepast wordt.

**Opmerkingen:****Economische Aspecten:****Full-scale Referenties:**

Er zijn geen full scale referenties bekend

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	REM Nut
Ontwikkelaar:	RWTH Aachen
Land van Herkomst:	Duitsland
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input type="checkbox"/> Pilot <input type="checkbox"/> Demonstratie <input type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input type="checkbox"/> RWZI (klein) <input checked="" type="checkbox"/> RWZI (groot) <input checked="" type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input type="checkbox"/> Sliblijn <input type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input checked="" type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input checked="" type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input type="checkbox"/> Precipitatie <input type="checkbox"/> Kristallisatie <input checked="" type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Al, Mg en Ca zouten van fosfaat.
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	
Procesomschrijving:	<p>Bij het PASCH proces wordt de het as omgelost in een 7% HCl oplossing. Na een filtratie stap waar de resterende asdeeltjes worden verwijderd wordt een extractie stap toegepast. In de extractie stap worden de zware metalen onttrokken naar een organisch oplosmiddel. De resterende waterige stroom bevat hoofdzakelijk nog aard- en alkalimetalen en fosfaat. Deze ionen worden neergeslagen door MgO/MgCl₂ toe te voegen onder verhoogde pH omstandigheden in een precipitatietank. Het aluminium kan eventueel nog verwijderd worden door een extra uitloogstap.</p>
Procesdiagram:	<p>Layout of the dephosphation pilot plant</p>

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):**Opmerkingen:****Economische Aspecten:**

Met het PASCH proces claimt men dat P kan worden teruggewonnen met een een prijs van 3 euro per kg P. Dit is in de range van de kostprijs voor fertilisers.

Full-scale Referenties:

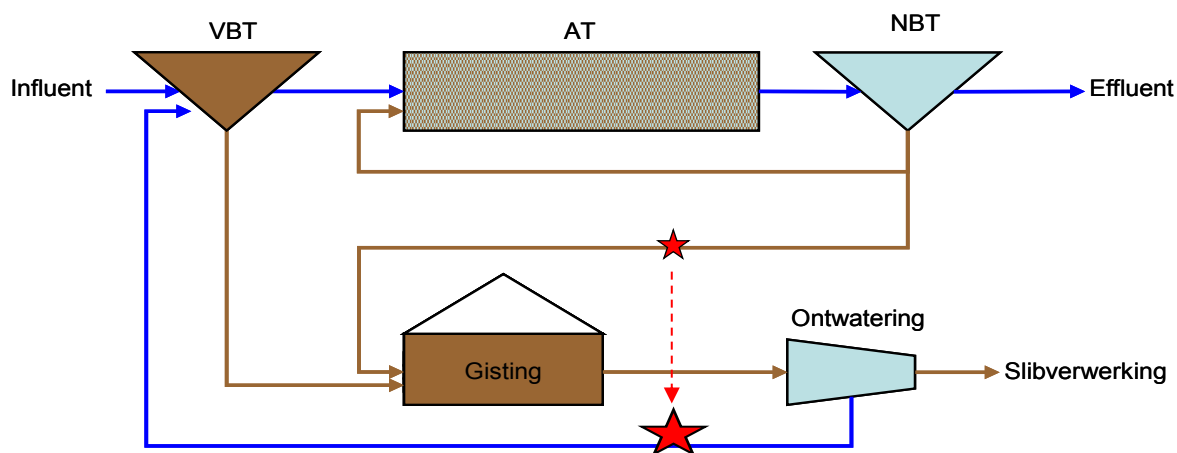
Er zijn geen full scale referenties. Op labschaal is dit proces voldoende getest, zodoende wil men het proces nu gaan opschalen.

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	Pearl (+ WASSTRIP)
Ontwikkelaar:	Ostara Nutrient Recovery Technologies Inc.
Land van Herkomst:	Canada
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input checked="" type="checkbox"/> Demonstratie <input checked="" type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input type="checkbox"/> RWZI (klein) <input checked="" type="checkbox"/> RWZI (groot) <input type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input checked="" type="checkbox"/> Sliblijn <input checked="" type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input checked="" type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input checked="" type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input type="checkbox"/> Precipitatie <input checked="" type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input checked="" type="checkbox"/> Eindproduct <input type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Crystal Green (Struviet)
Productcertificering:	<input type="checkbox"/> Geen <input checked="" type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	Canada, VS, UK, Europa
Toevoeging Chemicaliën:	Magnesiumchloride, indien nodig natronloog
Procesomschrijving:	<p>Het Pearl® proces gebruikt rejectiewater als bron van fosfaat. In een speciaal ontworpen korrelreactor wordt, onder toevoeging van magnesiumchloride en loog, struviet gevormd. In de korrelreactor wordt gericht gestuurd op korrelgrootte, deze kan naar wens van de klant ingesteld worden. De opstroomsnelheid onderin de reactor garandeert dat geogste korrels altijd voldoen aan een bepaalde minimumafmeting. In de hoogte varieert de reactor in doorsnede, onderin is de reactor smal en zijn de opstroomsnelheden hoog, echter naar boven toe wordt de reactor trapsgewijs breder, waardoor de opstroomsnelheid afneemt. Zo spoelen kleine korrels niet uit en krijgen ze de gelegenheid te groeien tot de gewenste korrelgrootte. De benodigde op-stroomsnelheid en oververzadiging kan worden bereikt door middel van een retourstroom over de reactor.</p>
Procesdiagram:	

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

Het Pearl® proces kan zonder extra aanpassingen direct ingepast worden op een RWZI waar rejectiewater met hoge fosfaatgehalten aanwezig is. Het rejectiewater kan direct nadat het vrij komt verwerkt worden. Onderstaande diagram geeft met de grote rode ster de locatie van de techniek weer, eventuele extra aanvullingen zijn met een kleine rode ster en rode stippellijnen aangegeven (zie toevoegingen).

**Opmerkingen:**

Om de hoeveelheid terug te winnen fosfaat te maximaliseren en om struviet problemen in de ontwatering te voorkomen kan het systeem ook worden toegepast met het zogenaamde WAS-STRIP-principe. Hierbij wordt het slib voor indikking gestript van fosfaat, dit voorkomt hoge fosfaat concentraties in en na de gisting terwijl er veel meer struviet geproduceerd wordt. Voor het toepassen van WASSTRIP zijn wat ingrijpendere aanpassingen nodig vanwege de extra stromen en volumes die benodigd zijn.

Economische Aspecten:**Full-scale Referenties:**

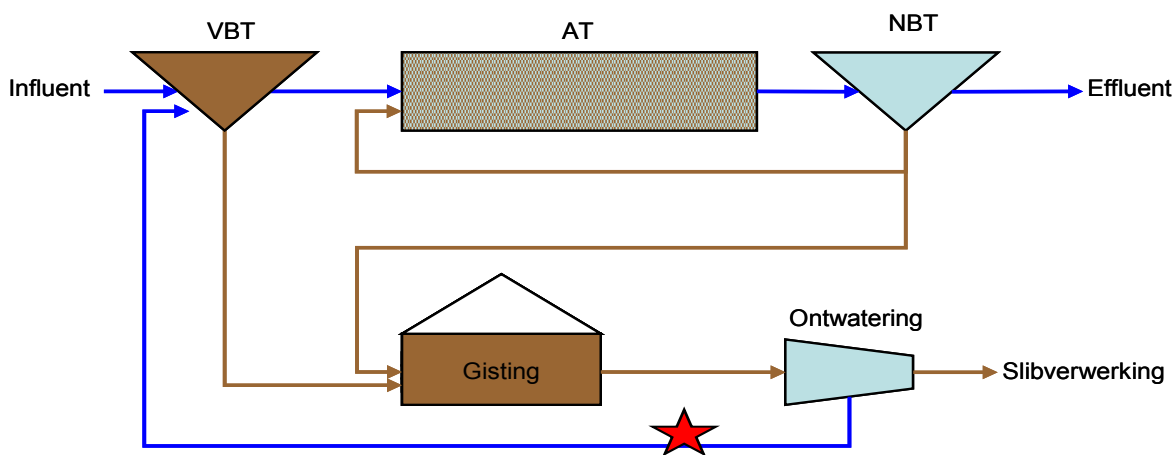
Edmonton, Alberta, Canada
 Portland, Oregon, Verenigde Staten
 Suffolk, Virginia, Verenigde Staten
 York, Pennsylvania, Verenigde Staten

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	PhosNix
Ontwikkelaar:	Unitika
Land van Herkomst:	Japan
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input checked="" type="checkbox"/> Demonstratie <input checked="" type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input type="checkbox"/> RWZI (klein) <input type="checkbox"/> RWZI (groot) <input checked="" type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input checked="" type="checkbox"/> Sliblijn <input checked="" type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input checked="" type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input type="checkbox"/> Precipitatie <input checked="" type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Struviet
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Magnesiumhydroxide en natronloog
Procesomschrijving:	<p>De PhosNix reactor wordt aan de onderzijde met rejectiewater gevoed. Om de juiste omstanigheden voor struvietkristallisatie te creëren wordt magnesiumhydroxide en natronloog toegevoegd, waardoor de pH van het afvalwater stijgt tot 8.8. Struvietkristallen worden gevormd in de "kristallisatiezone" en groeien tot een pellet van 0.5-1.0 mm bij een verblijftijd van ongeveer 10 dagen. Afhankelijk van de opstroomsnelheid, de reactor is van het type "airlift", zakken de kristallen naar de bodem van de reactor indien een bepaalde grootte is bereikt. Onderin de reactor worden de kristallen geoogst en na oogsten worden ze gezeefd. Te kleine pellets gaan terug naar de kristallisatiereactor als kristallisatiekernen. De kristallen met voldoende grootte worden gedroogd zodat de uiteindelijke waterinhoud lager is dan 10%.</p>
Procesdiagram:	<p>The diagram, titled "MAP Process Flow Outline", illustrates the following steps: <ul style="list-style-type: none"> Raw Water is pumped into a reactor. Mg(OH)₂ Storage Tank and NaOH Storage Tank supply chemicals to the reactor. The reactor has a pH control point and a Gravels Formation Zone. MAP Granules are formed and settle at the bottom. A Blower (B) is used for air lift. The granules pass through a MAP Separation Device. Recovered MAP is sent to a MAP Hopper, which is Sold as Raw Material for Fertilizer. Returned to Gravels Formation Column granules are recycled. Treated Water is sent to a Separation Zone. Digested Sludge goes to a Digestion Tank. Dehydrator processes the sludge. Dehydrated Water Storage Tank stores the final product. A Feed Pump (P) is used for the final storage tank. </p>

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

De PhosNix technologie kan zonder veel aanpassingen direct ingepast worden op een RWZI waar rejectiewater met hoge fosfaatgehalten aanwezig is. Het rejectiewater kan direct nadat het vrij komt verwerkt worden. De rode ster in onderstaand schema geeft aan waar de techniek toe-gepast wordt.



Opmerkingen:

Economische Aspecten:

Full-scale Referenties:

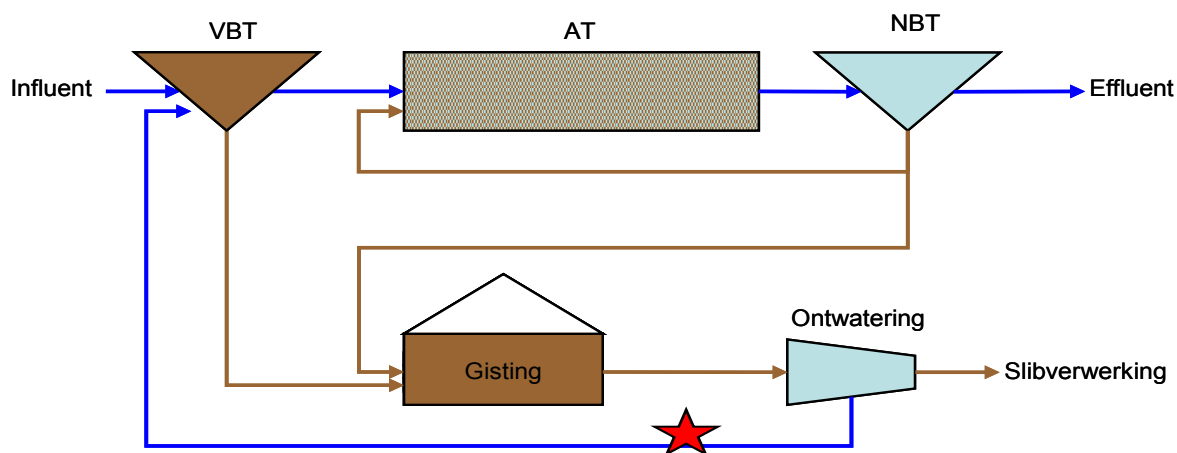
Twee full-scale PhosNix installaties zijn in gebruik in Japan.

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	PhosPaq
Ontwikkelaar:	Paques
Land van Herkomst:	Nederland
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input type="checkbox"/> Demonstratie <input checked="" type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input checked="" type="checkbox"/> RWZI (klein) <input type="checkbox"/> RWZI (groot) <input type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input checked="" type="checkbox"/> Sliblijn <input checked="" type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input checked="" type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input checked="" type="checkbox"/> Precipitatie <input type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Struviet
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Magnesiumoxyde
Procesomschrijving:	<p>Rejectiewater, of ander fosfaatrijk water, dient als influent voor de Phospaq reactor. Door de reactor te beluchten stijgt de pH in de tank als gevolg van CO₂ stripping, daarnaast zorgt de beluchting voor menging. Om de struviet kristallisatie plaats te laten vinden wordt magnesiumoxide aan de tank gedoseerd. Naast de struviet productie wordt ook CZV verwijderd door biologische activiteit. Struviet wordt op de bodem van de reactor geoogst en vervolgens gewassen met behulp van een cycloon.</p>
Procesdiagram:	

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

De PhosPaq technologie kan zonder veel aanpassingen direct ingepast worden op een RWZI waar rejectiewater met hoge fosfaatgehalten aanwezig is. Het rejectiewater kan direct na de sli-bontwatering verwerkt worden. De rode ster in onderstaand schema geeft aan waar de techniek toegepast wordt.

**Opmerkingen:****Economische Aspecten:****Full-scale Referenties:**

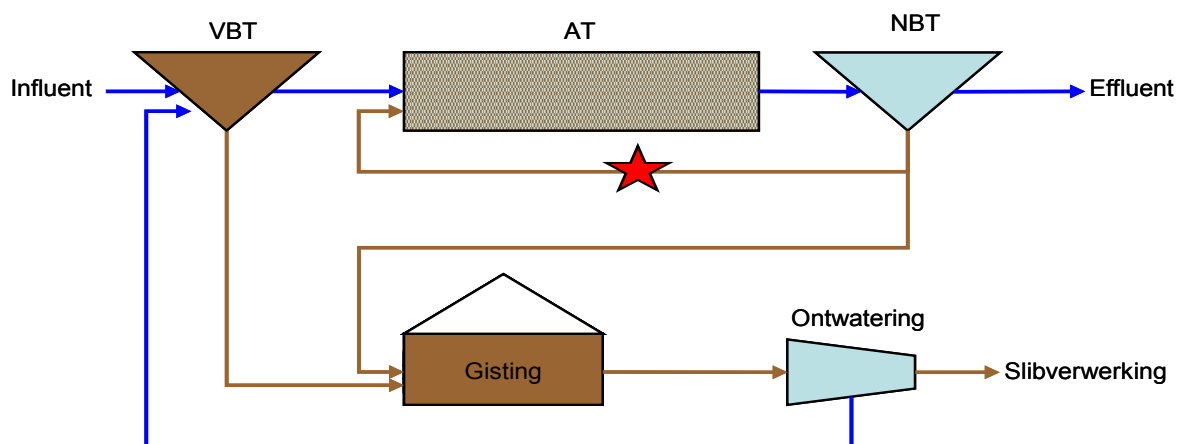
Waterstromen, een bedrijf dat afvalwaterzuiveringsinstallaties exploiteert, heeft enkele PhosPaq reactoren in gebruik welke het effluent van een UASB voor de aardappelverwerkende industrie verwerken al dan niet gecombineerd met rejectiewater. De PhosPaq technologie wordt toegepast op de locaties Olburgen en Lomm.

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	PhoStrip
Ontwikkelaar:	Biospherics Inc.
Land van Herkomst:	Verenigde Staten
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input checked="" type="checkbox"/> Demonstratie <input checked="" type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input checked="" type="checkbox"/> RWZI (klein) <input type="checkbox"/> RWZI (groot) <input type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input checked="" type="checkbox"/> Sliblijn <input type="checkbox"/> Deelstroom <input checked="" type="checkbox"/> Retourslib <input checked="" type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input type="checkbox"/> Geen <input checked="" type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input checked="" type="checkbox"/> Precipitatie <input type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Afhankelijk van toegepaste chemicaliën/technologie
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Vrije keuze
Procesomschrijving:	<p>Het retourslib (specifiek de hierin aanwezige fosfaat accumulerende bacteriën) wordt gestripped van zijn fosfaat onder toevoeging van azijnzuur. Dit wordt gedaan in een strippertank welke ontworpen is als een indikker. Het fosfaatarme slib, de onderloop, wordt teruggevoerd richting de zuivering. De overloop van de stripper, het fosfaatrijke water, wordt vervolgens ontdaan van zijn opgeloste fosfaat. Dit kan door een eenvoudige precipitatie met ijzer of aluminium in een aparte precipitatietank, maar ook andere technologieën zijn niet uitgesloten. Zo is PhoStrip al succesvol toegepast bijvoorbeeld in combinatie met een Crystallactor.</p>
Procesdiagram:	

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

Het inpassen van PhoStrip op een Bio-P zuivering vereist aanpassingen in de sliblijn maar deze zijn relatief eenvoudig te realiseren.

**Opmerkingen:**

Opgemerkt moet worden dat PhoStrip primair een technologie is die ingezet kan worden om de capaciteit ten aanzien van fosfaatverwijdering op een Bio-P zuivering (aanzienlijk) te vergroten. Dit neemt echter niet weg dat deze technologie ook ingezet kan worden om het vrijgemaakte fosfaat terug te winnen.

Economische Aspecten:

De dosering van azijnzuur en chemicaliën is een blijvende en grote kostenpost.

Full-scale Referenties:

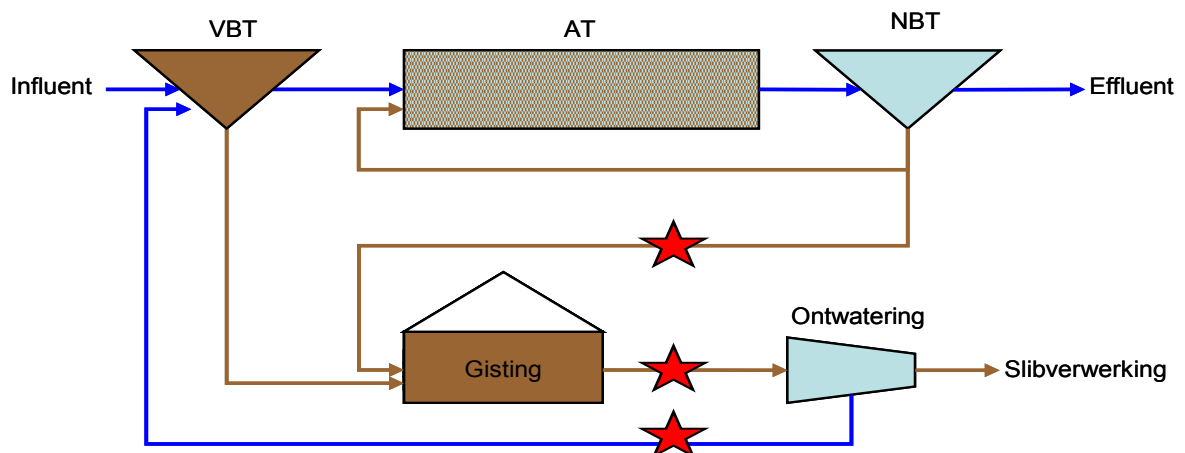
PhoStrip is een bewezen technologie en wordt internationaal op vele locaties toegepast.

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	PRISA
Ontwikkelaar:	Aachen University
Land van Herkomst:	Duitsland
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input type="checkbox"/> Demonstratie <input type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input checked="" type="checkbox"/> RWZI (klein) <input type="checkbox"/> RWZI (groot) <input type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input checked="" type="checkbox"/> Sliblijn <input checked="" type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input checked="" type="checkbox"/> Ingedikt slib <input checked="" type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input type="checkbox"/> Precipitatie <input checked="" type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Struviet
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Magnesiumoxide, natronloog
Procesomschrijving:	<p>Voor de gisting wordt een indikker geplaatst, deze indikker is zo ontworpen dat, met periodiek voorzichtig mengen, de fosfaataccumulerende bacteriën hun fosfaat afgeven. De onderloop van deze indikker, het van fosfaatarme slib, wordt vergist. In de vergisting komt ammonium en een hoeveelheid (organisch) gebonden fosfaat vrij. Het uitgegiste slib wordt ingedikt en ontwaterd, het water wat hierbij vrij komt wordt gemengd in een egalisatietank met de fosfaatrijke overloop van de voorindikker. De concentratie zwevende stof wordt gereduceerd met behulp van een doekenfilter. Vervolgens wordt in een gemengde tank magnesium oxide en natronloog gedoseerd. In een kristallisatiereactor wordt vervolgens struviet gevormd wat bezinkt en afgescheiden wordt.</p>
Procesdiagram:	<p>The diagram illustrates the phosphate recovery process. It starts with 'Bio-P excess sludge' entering a 'Pre-thickener'. The underflow goes to an 'Anaerobic Digester', which produces 'supernatant liquor'. The overflow from the digester goes to a 'Post-thickener'. From the post-thickener, 'supernatant liquor' goes to a 'Filter Press', which produces 'dewatered sludge' and 'process water filter press'. The 'process water filter press' goes to an 'Equalising Tank'. From the equalising tank, the liquor goes to a 'Cloth Filter'. The filtrate from the cloth filter goes to a 'Mixing Vessel', where 'MgO' and 'NaOH' are added. The mixture then goes to a 'Crystallisation Reactor', which produces 'MAP' and sends 'back to wwtp'. The 'supernatant liquor' from the digester also goes to the 'Mixing Vessel'.</p>

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

PRISA kan op elke zuivering ingezet worden waar gebruik gemaakt wordt van biologische fosfaatverwijdering. Er zijn echter aanpassingen nodig in de retourslibstroom voor de slibvergisting en na de slibvergisting en in de deelstroomlijn uit de slibontwatering.

**Opmerkingen:**

PRISA is succesvol gestest op een model RWZI met een doorzet van 350 L/h.

Economische Aspecten:**Full-scale Referenties:**

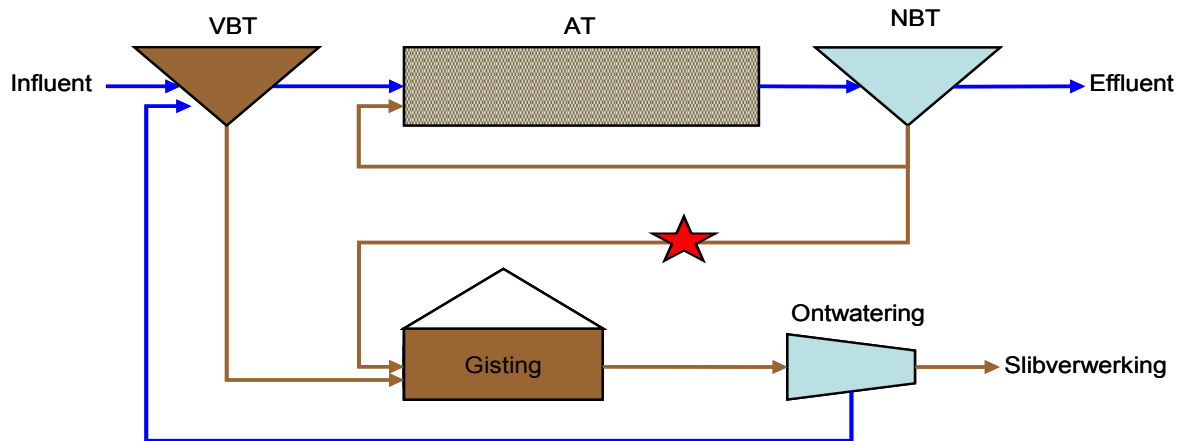
PRISA wordt nog niet full-scale toegepast.

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	P-Roc
Ontwikkelaar:	Forschungszentrum Karlsruhe
Land van Herkomst:	Duitsland
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input type="checkbox"/> Demonstratie <input type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input checked="" type="checkbox"/> RWZI (klein) <input type="checkbox"/> RWZI (groot) <input type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input checked="" type="checkbox"/> Sliblijn <input checked="" type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input checked="" type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input type="checkbox"/> Precipitatie <input checked="" type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Calciumfosfaat
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Tobermoriet (een calciumsilicaat, afvalstof uit de bouw)
Procesomschrijving:	<p>In een kristallisatie reactor worden tobermoriet kernen toegevoegd, op deze kernen groeien vervolgens calciumfosfaat kristallen. De gevormde calciumfosfaat kristallen kunnen worden afgevangen in een nabezinker om het product terug te winnen. Op labschaal zijn in de kristallen fosfor concentraties gemeten tot 13% totaal-P. Het gevormde product kan na droging worden toegepast als een grondstof voor de kunstmestindustrie.</p>
Procesdiagram:	<p>The diagram illustrates the P-Roc process flow. It starts with a 'stripper' that receives 'supernatant of EBPR side-stream (Phostrip) / process water'. The output goes to an 'optional flotation' tank where 'air' is added. The resulting slurry then enters a 'crystallisation reactor' where a 'CSH seed' is added. The output of the reactor goes to an 'optional settling tank' where 'cleaned water' is removed. The remaining 'calcium phosphate' is then processed for 'agriculture', 'solar drying', or the 'phosphate industry'. 'excess sludge' is also shown as a byproduct from the flotation stage.</p>

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

Het P-RoC proces kan zonder veel aanpassingen ingepast worden op een RWZI waar een stroom met hoge fosfaatconcentraties beschikbaar is. Afhankelijk van de eigenschappen van het te behandelen water kunnen extra processtappen nodig zijn (bijvoorbeeld flotatie).

**Opmerkingen:****Economische Aspecten:****Full-scale Referenties:**

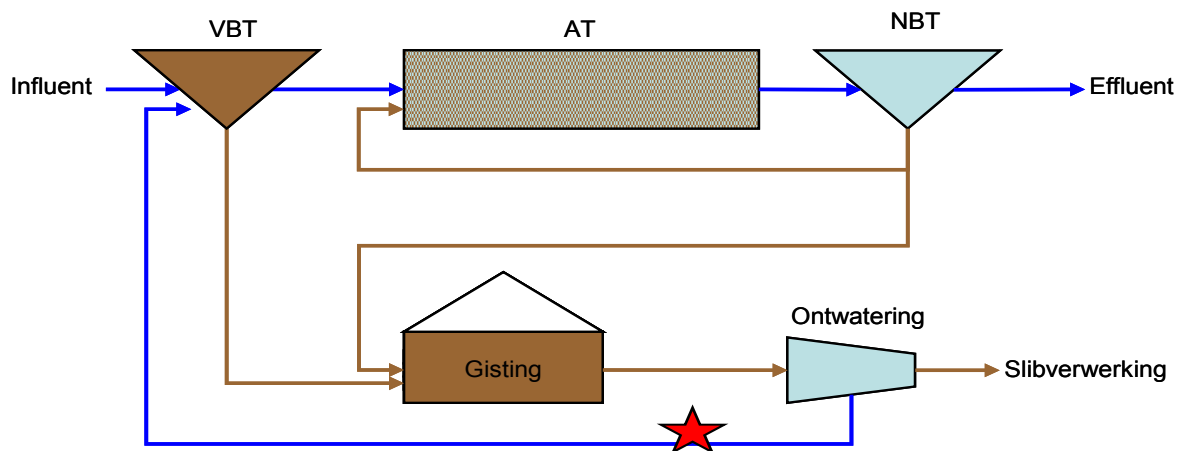
Het P-Roc proces is nog alleen op lab en pilotschaal toegepast.

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	Saniphos
Ontwikkelaar:	GMB
Land van Herkomst:	Nederland
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input checked="" type="checkbox"/> Demonstratie <input checked="" type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input type="checkbox"/> RWZI (klein) <input type="checkbox"/> RWZI (groot) <input checked="" type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input type="checkbox"/> Sliblijn <input checked="" type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input type="checkbox"/> Precipitatie <input checked="" type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Struviet en Ammoniumsulfaat
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Zwavelzuur, Magnesiumchloride, Natronloog
Procesomschrijving:	<p>Saniphos wordt toegepast op humane urine. Urine wordt verzameld in een opslagtank en verpompt naar een hydrolysetank. Onder toevoeging van zwavelzuur (pH 4.0) hydrolyseert ureum tot ammonium en kooldioxide. Door de lage pH wordt kooldioxide gestript wat ten gunste komt van de uiteindelijke struvietkwaliteit. Struviet wordt gevormd door de toevoeging van magnesiumchloride en natronloog. Struviet met een voldoende deeltjesgrootte wordt met een zeef afgevangen. Daarna wordt de overmaat ammonium in de waterstroom gestript door de pH en de temperatuur te verhogen. Het effluent kan worden geloosd op de RWZI. De luchtstroom uit de strippers wordt gewassen met zwavelzuur onder vorming van ammoniumsulfaat.</p>
Procesdiagram:	<pre> graph LR U[Urine] --> H[Hydrolyse] H --> SP[Struviet Precipitatie] M[MgCl2] --> SP SP --> AS[Ammoniak Stripper] S[H2SO4] --> AS SP --> S1[Struviet] AS --> S2[Ammonium sulfaat] AS --> E[] </pre>

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

Saniphos wordt op urine stromen toegepast, inpassing op de RWZI is daarom niet van toepassing. In principe zou het proces ook toegepast kunnen worden op rejectiewater, echter wordt de hydrolysestap daar overbodig. Stripping van kooldioxide kan daar door middel van beluchting bereikt worden.

**Opmerkingen:**

Momenteel wordt bekeken of de producten van het proces ingezet kunnen worden als (grondstof voor) kunstmest.

Economische Aspecten:**Full-scale Referenties:**

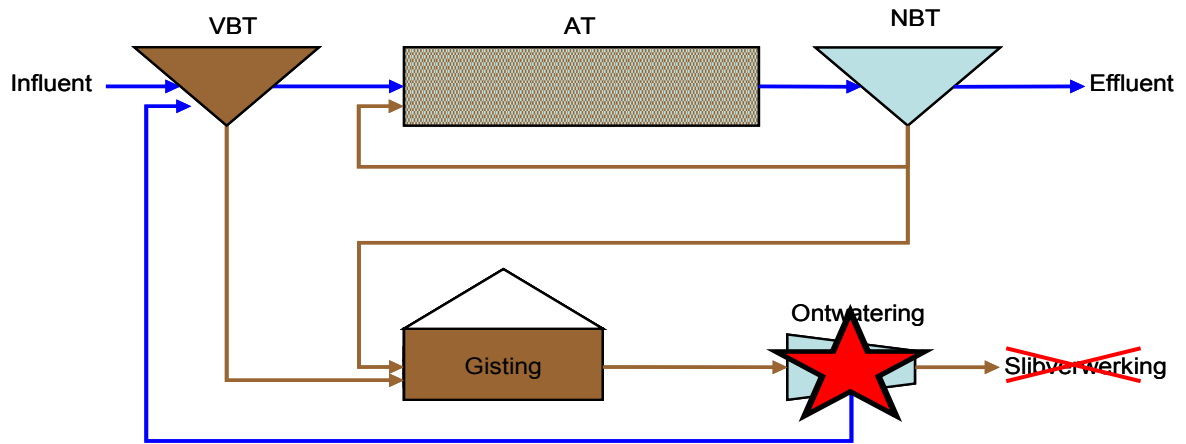
De eerste full-scale installatie is gerealiseerd bij GMB Zutphen. Deze installatie draait momenteel op een capaciteit van 1500 kubieke meter per jaar, de totale capaciteit bedraagt 5000 kubieke meter per jaar.

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning

Naam:	SeaBorne
Ontwikkelaar:	Universiteit van Braunschweig
Land van Herkomst:	Duitsland
Realisatie:	<input checked="" type="checkbox"/> Lab <input checked="" type="checkbox"/> Pilot <input checked="" type="checkbox"/> Demonstratie <input type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input type="checkbox"/> RWZI (klein) <input checked="" type="checkbox"/> RWZI (groot) <input type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input checked="" type="checkbox"/> Sliblijn <input type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input checked="" type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input type="checkbox"/> Slibverbrandingsgas
Vereisten RWZI:	<input type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input checked="" type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input type="checkbox"/> Precipitatie <input type="checkbox"/> Kristallisatie <input checked="" type="checkbox"/> Nat chemisch <input type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Struviet en Ammoniumsulfaat
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	Zwavelzuur, Magnesiumhydroxide, Natronloog
Procesomschrijving:	<p>Na vergisting van het slib worden voedingstoffen en zware metalen uit het slib vrijgemaakt door toevoeging van zwavelzuur. Het aangezuurde slib wordt vervolgens ontwaterd en verbrand. Het rejectiewater, met daarin de zware metalen en nutriënten, wordt vervolgens met vergistergas ontdaan van zijn zware metalen met de in het gas aanwezige sulfide. Na het af filteren van de metaalsulfides wordt onder toevoeging van magnesiumhydroxide en natronloog struviet gevormd wat afgescheiden wordt met een centrifuge en filter. Als laatste wordt ammonium teruggewonnen in een zure water waarbij ammoniumsulfaat geproduceerd wordt.</p>
Procesdiagram:	

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

SeaBorne wordt op RWZI schaal toegepast en vervangt feitelijk de slibontwatering met een on-site slibverwerking.



Opmerkingen:

Economische Aspecten:

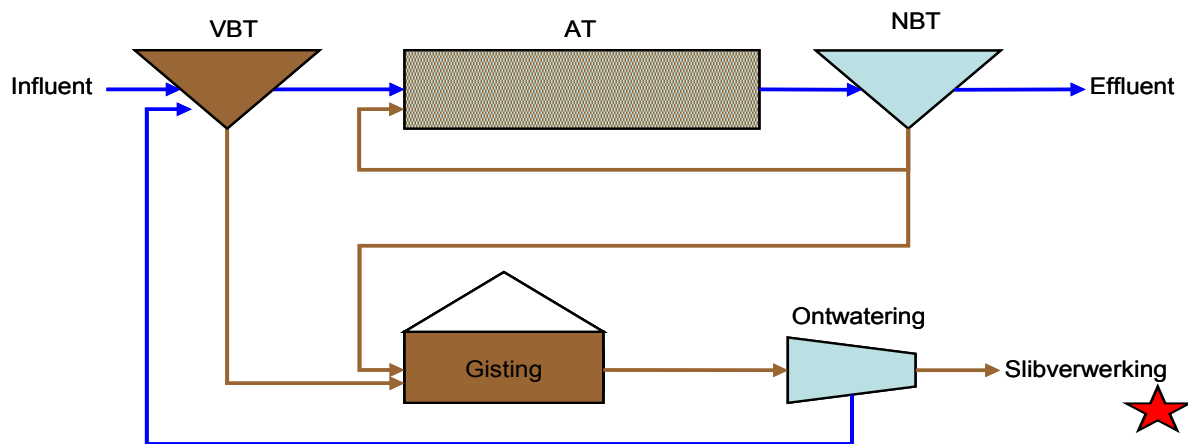
Full-scale Referenties:

Het SeaBorne proces is als proef en demonstratie gerealiseerd op RWZI Gifhorn (Duitsland, 50.000 ie.)

Factsheet Technologie - Fosfaat Herwinning	
Naam:	SNB - Thermphos
Ontwikkelaar:	SNB en Thermphos
Land van Herkomst:	Nederland
Realisatie:	<input type="checkbox"/> Lab <input type="checkbox"/> Pilot <input type="checkbox"/> Demonstratie <input checked="" type="checkbox"/> Full Scale
Minimale schaalgrootte:	<input type="checkbox"/> RWZI (klein) <input type="checkbox"/> RWZI (groot) <input checked="" type="checkbox"/> Centraal (zeer grote schaal)
Toepassingsgebied:	<input type="checkbox"/> Waterlijn <input checked="" type="checkbox"/> Sliblijn <input type="checkbox"/> Deelstroom <input type="checkbox"/> Retourslib <input type="checkbox"/> Ingedikt slib <input type="checkbox"/> Uitgegist slib <input type="checkbox"/> Ontwaterd slib <input checked="" type="checkbox"/> Slibverbrandingsas
Vereisten RWZI:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering <input type="checkbox"/> Bio-P zuivering + Gisting
Principe:	<input type="checkbox"/> Precipitatie <input type="checkbox"/> Kristallisatie <input type="checkbox"/> Nat chemisch <input checked="" type="checkbox"/> Thermisch
Product:	<input type="checkbox"/> Eindproduct <input checked="" type="checkbox"/> Tussenproduct of Grondstof
Product(en):	Fosforzuur
Productcertificering:	<input checked="" type="checkbox"/> Geen <input type="checkbox"/> Kunstmest
Geldigheid Certificering:	
Toevoeging Chemicaliën:	
Procesomschrijving:	<p>Door op zuiveringsn bij precipitatie van fosfaat geen ijzer maar aluminium te gebruiken ontstaat bij verbranding van dit slib een ijzer arme as. Deze as kan gebruikt worden, als het aan de eisen van Thermphos voldoet, als vervanging of aanvulling op fosfaaterts voor de productie van fosfor. Om aan Thermphos ijzerarm slib te kunnen leveren heeft SNB met een aantal waterschappen afspraken gemaakt dat ze ijzerarm slib aanleveren. Dit slib wordt in een aparte straat verwerkt.</p>
Procesdiagram:	

Inpassing op RWZI (indien van toepassing):

Op de RWZI hoeven geen aanpassingen gedaan worden buiten het vervangen van ijzerdoseringen door aluminiumdosering. Vervolgens wordt het slib op de slibverwerking apart verwerkt.

**Opmerkingen:**

De schaalgrootte van een dergelijk proces is aanzienlijk. Indien aan de orde zet SNB 1 verwerkingslijn in voor het verwerken van ijzerarm slib, dit komt overeen met ongeveer 10.000 ton as per jaar met daarin ~850 ton P.

Economische Aspecten:**Full-scale Referenties:**

Niet alle zuiveringen zijn geschikt om ijzerarm slib te produceren. Het is mogelijk dat achtergrond concentraties in het water zelf (hard water, oer, etc.) ervoor zorgen dat de concentratie ijzer in het slib per defenitie te hoog ligt, ook al wordt er aluminium gedoseerd.

BIJLAGE 3

SCENARIO'S VOOR RWZI'S

UITGANGSPUNTEN

Influent

Voor de samenstelling (concentraties) van het influent is uitgegaan van de influentsamenstelling die gebruikt is in eerdere Stowa-studies (Slib op drager systemen, evaluatie; Het effect van afkoppelen van hemelwater op de rwzi). De vrachten per i.e. zijn omgerekend van 136 g TZV naar 150 g TZV per i.e., zie onderstaande tabel.

TABEL 0.1 OMREKENING VAN I.E. Á 136 G TZV NAAR I.E. Á 150 G TZV

	CZV	BZV	NKj	Ptotaal	Onopgeloste stoffen
g/i.e. 136 g TZV	95,8	35,0	8,8	1,5	42,0
g/i.e. 150 g TZV	105,7	38,6	9,7	1,6	46,3
mg/l	523	191	48	8	229

Op basis hiervan kunnen de influentvrachten voor de 50.000 i.e. en 300.000 i.e. worden vastgesteld, zie onderstaande tabel.

TABEL 0.2 INFLUENTSAMENSTELLING

Parameter	Eenheid	50.000 i.e.	300.000 i.e.
RWA	m ³ /d	1.448	8.686
Q24	m ³ /d	10.103	60.618
DWA	m ³ /d	6.618	39.706
	m ³ /h	414	2.482
CZV	kg/d	5.285	31.708
BZV	kg/d	1.930	11.578
NKj	kg/d	485	2.908
Ptotaal	kg/d	81	486
Onopgeloste stoffen	kg/d	2.316	13.894

Effluent

Het te lozen effluent dient te voldoen aan de effluenteisen zoals in Tabel 0.3 aangegeven.

TABEL 0.3 EFFLUENT EISEN

Parameter	Eenheid	Waarde	Opmerking
CZV	mg/l	125	Maximale overschrijding 100% in max. aantal monsters
BZV	mg/l	20	Maximale overschrijding 100% in max. aantal monsters
NKj	mg/l	10	Jaargemiddelde over een kalenderjaar
Ptotaal	mg/l	1	Voortschrijdend gemiddelde over 10 waarnemingen
Onopgeloste stoffen	mg/l	30	Maximale overschrijding 150% in max. aantal monsters

Temperatuurprofiel

Voor het ontwerp is uitgegaan van het temperatuurprofiel zoals weergegeven in Tabel 0.4.

TABEL 0.4

TEMPERATUURPROFIEL

Maand	Temperatuur (°C)
Januari	8
Februari	9
Maart	11
April	12
Mei	15
Juni	17
Juli	19
Augustus	21
September	17
Oktober	15
November	12
December	10

De minimale temperatuur waarbij de nitrificatie moet blijven gehandhaafd is 8°C.

Rendementen voorbezinktank

De bij het ontwerp gehanteerde rendementen voor de voorbezinktank zijn weergegeven in Tabel 0.5.

TABEL 0.5

RENDEMENTEN VOORBEZINKTANK T.O.V. TOTALE AANVOER (=INCLUSIEF REJECTIEWATER)

Parameter	Eenheid	Waarde
CZV	%	30
BZV	%	30
NKj	%	10
Ptotaal	%	7,5
Onopgeloste stoffen	%	50

Beluchting

De uitgangspunten voor de beluchtingsberekening zijn in Tabel 0.6 samengevat.

TABEL 0.6

UITGANGSPUNTEN VOOR DE BELUCHTINGSBEREKENING

Parameter	Eenheid
Type beluchting	fijne bellenbeluchting
Temperatuur	
maximaal	21
gemiddeld	13,8
minimaal	7
Piekfactor (t.a.v. BZV en NKj)	1,5
alfa-factor	0,7
actuele zuurstofconcentratie	2,0

UITWERKING RWZI-SCENARIO'S

Er zijn drie verschillende typen rwzi's uitgewerkt:

- zonder voorbezinking, zonder slibgisting;
- met voorbezinking, zonder slibgisting;
- met voorbezinking, met slibgisting.

Alle typen rwzi's hebben een biologische fosfaatverwijdering met, indien noodzakelijk, een aanvullende chemicaliëndosering een vergaande stikstofverwijdering uitgaande van simultane nitrificatie/denitrificatie. Alle typen rwzi's worden uitgewerkt voor een belasting van 50.000 i.e.(150 g TZV) en 300.000 i.e.(150 g TZV).

Dimensies rwzi's met een belasting van 50.000 i.e.

In Tabel 0.7: Dimensies verschillende typen rwzi's voor een belasting van 50.000 i.e. zijn de dimensies van de verschillende type rwzi's gegeven voor een belasting van 50.000 i.e.

TABEL 0.7 DIMENSIES VERSCHILLENDE TYPEN RWZI'S VOOR EEN BELASTING VAN 50.000 I.E.

Onderdeel	Eenheid	Type 1	Type 2	Type 3
Roostergoedverwijdering				
capaciteit	m ³ /h	1.448	1.448	1.448
Zandvang				
capaciteit	m ³ /h	1.448	1.448	1.448
Voorbezinking				
oppervlaktebelasting	m ³ /m ² .h	-	3,0	3,0
aantal tanks	-	-	1	1
diameter per tank	m	-	24,8	24,8
kanddiepte per tank	m	-	2,0	2,0
Anaërobe tank				
verblijftijd	minuten	60	60	60
volume	m ³	861	861	895
Selector				
verblijftijd	minuten	20	20	20
volume	m ³	383	383	398
Beluchtingstank				
slibgehalte totaal	g ds/l	4,0	4,0	4,0
slibgehalte biologisch	g ds/l	4,0	3,5	3,5
slibbelasting	kg BZV/kg ds.d	0,051	0,053	0,048
surplusslibproductie	kg ds/d	2.014	1.233	1.291
volume	m ³	9.726	7.337	8.364
zuurstoftoevoervermogen	kg O ₂ /h	423	348	367
FeCl ₃ -dosering, 40%-ige oplossing	m ³ /d	0,03	0,30	0,34
Nabezinking				
slibvolume index	ml/g	120	120	120
aantal tanks	-	1	1	1
diameter per tank	m	46,1	45,2	45,7
kanddiepte	m	2,0	2,0	2,0
Primair slibindikking				
primair slibproductie	kg ds/d	-	1.181	1.250
oppervlaktebelasting gravitaire indikker	kg ds/m ² .d	-	40	40
aantal indikkers	-	-	1	1
diameter per indikker	m	-	6,1	6,3
kanddiepte	m	-	3,0	3,0
Surplusslibindikking				
secundair slibproductie	kg ds/d	2.014	1.233	1.291
capaciteit mechanische bandindikker	m ³ /d	201	123	129
Slibgisting				
verblijftijd	d	-	-	20,0
volume	m ³	-	-	931
droge stofafbraak	kg ds/d	-	-	796
biogasproductie	Nm ³ /d	-	-	716
Slibontwatering				
Droge stofaanvoer	kg ds/d	2.014	2.414	1.745
Capaciteit	m ³ /d	34	44	47

Dimensies rwzi's met een belasting van 300.000 i.e. In Tabel 0.8 zijn de dimensies van de verschillende typen rwzi's gegeven voor een belasting van 300.000 i.e.

TABEL 0.8 DIMENSIES VERSCHILLENDE TYPEN RWZI'S VOOR EEN BELASTING VAN 300.000 I.E.

Onderdeel	Eenheid	Type 1	Type 2	Type 3
Roostergoedverwijdering				
capaciteit	m ³ /h	8.686	8.686	8.686
Zandvang				
capaciteit	m ³ /h	8.686	8.686	8.686
Voorbezinking				
oppervlaktebelasting	m ³ /m ² .h	-	3,0	3,0
aantal tanks	-	-	2	2
diameter per tank	m	-	42,9	42,9
kantdiepte per tank	m	-		
Anaërobe tank				
verblijftijd	minuten	60	60	60
volume	m ³	5.165	5.165	5.367
Selector				
verblijftijd	minuten	20	20	20
volume	m ³	2.296	2.296	2..385
Beluchtingstank				
slibgehalte totaal	g ds/l	4,0	4,0	4,0
slibgehalte biologisch	g ds/l	4,0	3,5	3,5
slibbelasting	kg BZV/kg ds.d	0,051	0,053	0,048
surplusslibproductie	kg ds/d	12.086	7.401	7.747
Volume	m ³	58.355	44.020	50.185
FeCl ₃ -dosering, 40%-ige oplossing	m ³ /d	0,2	1,8	2,0
zuurstoftoevoer vermogen	kg O ₂ /h	2.536	2.089	2.205
Nabezinking				
slibvolume index	ml/g	120	120	120
aantal tanks	-	5	5	5
diameter per tank	m	50,4	49,3	49,9
Kantdiepte	m	2,0	2,0	
Primair slibindikking				
primair slibproductie	kg ds/d	-	7.086	7.503
oppervlaktebelasting gravitaire indikker	kg ds/m ² .d	-	40	40
aantal indikkers	-	-	1	1
diameter per indikker	m	-	15,0	15,5
Kantdiepte	m	-	3,0	3,0
Surplusslibindikking				
secundair slibproductie	kg ds/d	12.086	7.401	7.747
capaciteit mechanische bandindikker	m ³ /d	1.209	740	775
Slibgisting				
Verblijftijd	d	-	-	20,0
Volume	m ³	-	-	5.584
droge stofafbraak	kg ds/d	-	-	4.779
biogasproductie	Nm ³ /d	-	-	4.294
Slibontwatering				
Droge stofaanvoer	kg ds/d	12.086	14.486	10.471
Capaciteit	m ³ /d	201	265	279