

CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Geretourneerd fosforzuur afvalstof of niet?

Rapport

Delft, april 2004

Opgesteld door: H.J. (Harry) Croezen
J.T.W. (Jan) Vroonhof



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

H.J. (Harry) Croezen, J.T.W. (Jan) Vroonhof
Geretourneerd fosforzuur afvalstof of niet?
Delft, CE, 2004

Fosforzuren / Fosforzuur / Grondstoffen / Materiaalhergebruik / Afval / Milieu /
Prijstelling

Publicatienummer: 04.6676.06

Alle CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Opdrachtgever Thermphos
Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider J.T.W. (Jan)
Vroonhof

© copyright, CE, Delft

CE

Oplossingen voor milieu, economie en technologie

CE is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

CE-Transform

Visies voor duurzame verandering

CE-Transform, een business unit van CE, adviseert en begeleidt bedrijven en overheden bij veranderingen gericht op duurzame ontwikkeling.

De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: www.ce.nl

Dit rapport is gedrukt op 100% kringlooppapier

Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding tot het onderzoek	5
1.2 Probleemstelling, is retourzuur afval of niet	6
1.3 Doel en opzet van deze studie	7
1.4 Leeswijzer	9
2 Alternatief 1; retourzuur is grondstof en wordt herverwerkt	11
2.1 Principe van de herverwerking c.q. natzuur reiniging	11
2.2 In de milieuanalyse beschouwde systeem	12
2.3 Milieubelasting bij herverwerking van retourzuur	14
3 Alternatief 2: retourzuur is afval en wordt gestort	17
3.1 In de milieuanalyse beschouwde systeem	17
3.2 Milieubelasting	18
4 Vergelijking van routes	21
Literatuurlijst	23
A Samenstellingen	27
B Productie van ruwzuur	29
C Natzuurreiniging van ruw zuur bij Thermphos	34
D Verwerking van filterkoek bij Thermphos	39
E Milieubelasting door transporten en neutralisatie van retourzuur	45
F Classificatiefactoren en schaduw prijzen en bijdragen per eenheid hulpstof	47

Samenvatting

Thermphos Vlissingen – een producent van fosfor en afgeleide verbindingen – nam tot voor kort van een metaalbewerkend bedrijf een mengsel terug van H_3PO_4 en H_2SO_4 afkomstig van de oppervlaktebehandeling van aluminium. De H_3PO_4 component wordt door Thermphos aan het bedrijf geleverd. Het zuurmengsel is verzadigd met aluminium en daardoor voor het metaalverwerkende bedrijf niet meer bruikbaar. Maar het zuurmengsel is voor Thermphos echter een interessante grondstof, zowel vanwege de in het mengsel aanwezige H_3PO_4 als vanwege de aanwezige H_2SO_4 – een bij Thermphos verbruikte chemicalie.

Inmiddels is rond de teruglevering echter een discussie ontstaan over de aard van het terug geleverde zuur (retourzuur), betreft het afval of een grondstof. Tot 1 juli 2002 werd het zuur met een zogenaamde niet van toepassingsverklaring als grondstof naar Thermphos in Vlissingen geretourneerd. Na die datum gaf het ministerie deze verklaringen niet meer uit.

De huidige Europese regelgeving staat dit volgens het Ministerie van VROM niet meer toe omdat het zuur als afvalstof dient te worden beschouwd. Het zuur kan overigens nog wel binnen de afvalregelgeving aan Thermphos worden teruggeleverd.

Thermphos wil het zuur wel terugnemen als grondstof maar niet binnen de afvalregelgeving op grond van een aantal argumenten. De belangrijkste daarvan zijn:

- Thermphos producten worden onder andere ingezet in voedingsmiddelen en in de farmaceutische industrie. Wegens de toegenomen belangstelling met betrekking tot voedselveiligheid wil Thermphos geen afval verwerken;
- materialen binnen de afval regelgeving vereisen een extra administratieve en financiële last;
- milieuhygiënisch gezien is het beter om het materiaal als grondstof in te zetten dan het materiaal als afval te verwerken (sluiten kringloop).

Wanneer Thermphos het retourzuur niet meer inneemt, zal het geneutraliseerd moeten worden met kalk en zal het geneutraliseerde materiaal moeten worden gestort.

Thermphos is ervan overtuigd dat het materiaal beter ingezet kan worden in de fosforproductie dan als afval te worden verwerkt en heeft daarom door CE een zogenaamde schaduwprijsberekening laten uitvoeren op de twee alternatieve trajecten:

- materiaal als grondstof inzetten in Vlissingen bij de bereiding van fosforproducten;
- materiaal als afval verwerken en het residu storten (huidige praktijk).

Daarbij is – conform de schaduwrijzen methodiek – de bijdrage door beide routes aan de milieuthema's:

- klimaatverandering;
- verzuring;
- vermesting;
- verspreiding;
- afbraak van de ozonlaag;
- zomersmog;
- finaal afval.

Deze gesommeerde emissies worden met behulp van schaduwrijzen gesommeerd tot één schaduwrijz. Voor de schaduwrijzen wordt gebruik gemaakt van de meest recente update van de schaduwrijzen van 2002 (zie [M.D. Davidson, 2002]).

Deze analyse is in onderhavig rapport weergegeven.

De conclusie van de analyse is dat hergebruik eenduidig en overduidelijk beter is voor het milieu, zie ook Tabel 1 en Tabel 2.

Tabel 1 Opbouw van de bijdragen aan de beschouwde milieuthema's bij herverwerking van retourzuur en bij storten van retourzuur vergeleken (alle bijdragen per jaar)

	GWP (kg CO ₂ -eq)	Ozonlaagaantasting (kg CFK11-eq)	Zomersmog (kg C ₂ H ₄ -eq)	Verzuring (kg SO ₂ -eq)	Vermesting (kg PO ₄ -eq)	Verspreiding (kg PM ₁₀ -eq)	Finaal afval (kg)
Retourzuur herverwerken	60.324	1,5E-04	15	359	33	55	279
Retourzuur storten, productie van ruw zuur met stort van fosforzuurgips op land	195.315	4,5E-04	52	1.798	257	431	505.368

Tabel 2 Vergelijking van de schaduwrijzen voor hergebruik en eindverwijdering van retourzuur (alle bijdragen in €/jaar)

	GWP €/jaar	Ozonlaagaantasting €/jaar	Zomersmog €/jaar	Verzuring €/jaar	Vermesting €/jaar	Verspreiding €/jaar	Finaal afval €/jaar	Totale schaduwrijz €/jaar
Retourzuur herverwerken	3.016	0	32	1.722	293	127	52	5.243
Retourzuur storten, productie van ruw zuur met stort van fosforzuurgips op land	9.766	0	111	8.631	2.312	991	93.493	115.304



Hergebruik geeft een lagere tot veel lagere bijdrage aan de zes relevante milieuthema's dat zich vertaalt in een bijna 22 maal lagere schaduwprijs voor de veroorzaakte milieubelasting. Deze veel lagere milieubelasting bij hergebruik is op zich gemakkelijk te verklaren doordat bij hergebruik:

- de componenten in het zuurmengsel nuttig worden toegepast;
- er bij stort extra chemicaliën in aanzienlijke hoeveelheden moeten worden ingezet voor neutralisatie van het zuur, wat bij hergebruik achterwege kan blijven;
- bij stort van het zuurmengsel extra primaire H_3PO_4 uit fosfaaterts moet worden geproduceerd, met alle milieubelasting en voornamelijk afvalproductie (fosforzuurgips) van dien.



1 Inleiding

1.1 Aanleiding tot het onderzoek

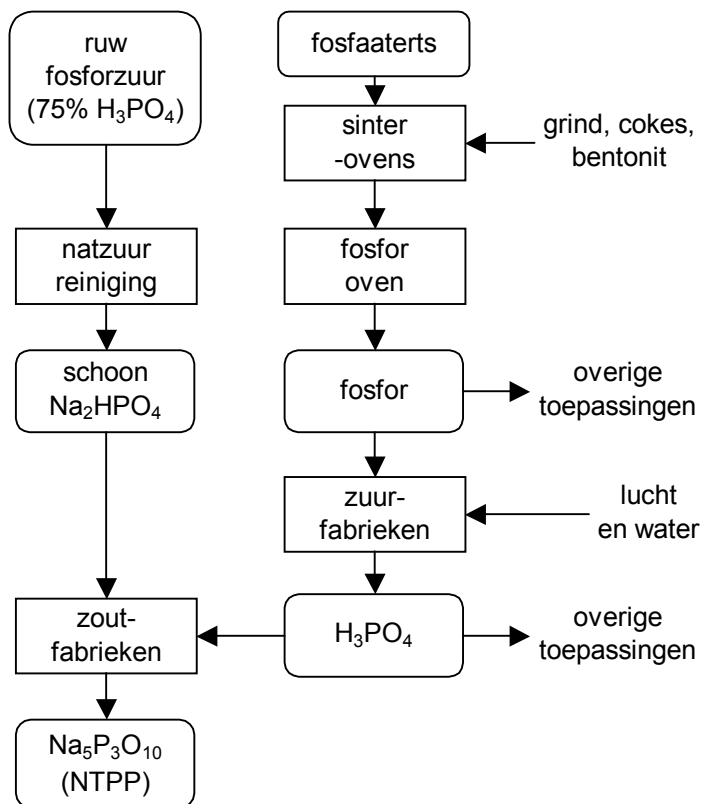
Thermphos Vlissingen produceert fosforhoudende producten middels twee processen:

- thermische productie van elementaire fosfor uit erts voor productie van (thermisch) fosforzuur (H_3PO_4) en rode fosfor (strijkvlak luciferdoosjes). Het zeer zuivere fosforzuur wordt onder meer gebruikt in de levensmiddelenindustrie, als reinigingsmiddel en voor de oppervlaktebehandeling van metalen;
- productie van fosforhoudende verbindingen uit ingekocht ruw fosforzuur voor de productie van fosforverbindingen die worden toegepast in levensmiddelenindustrie, papierindustrie, leerindustrie en textielindustrie.

Ruw fosforzuur is geproduceerd door fosfaaterts op te lossen in geconcentreerd zwavelzuur en is 'ruw' omdat nog niet alle voor de beoogde toepassing ongewenste verontreinigingen zijn verwijderd.

In Figuur 1 is één en ander geïllustreerd

Figuur 1 Globaal processchema van Thermphos



Door Thermphos verkocht thermisch fosforzuur wordt onder meer gebruikt voor de oppervlaktebehandeling van aluminium. Daarbij c.q. daartoe wordt ook zwavelzuur toegepast. Een deel van het aluminium lost op en blijft in beide zuren achter, waardoor de zuren te verzadigd raken om nog te kunnen worden toegepast voor oppervlaktebehandeling.

Een bepaalde – in verband met vertrouwelijkheid in deze studie niet nader genoemde – afnemer van het fosforzuur heeft beide verzadigde zuren in het verleden steeds aan Thermphos terug geleverd. Thermphos wil dat zuur mengsel, dat ongeveer evenveel H_3PO_4 als H_2SO_4 bevat, graag terugnemen omdat het voor het bedrijf een waardevolle secundaire grondstof is:

- het in het mengsel aanwezige fosforzuur kan als grondstof worden gebruikt in het natzuur reinigingsproces. Daarbij wordt ingekocht ruw zuur vervangen;
- daarnaast kan Thermphos het aan het fosforzuur toegevoegde zwavelzuur gebruiken in het eigen productieproces als reagens.

Inmiddels is rond de teruglevering echter een discussie ontstaan over de aard van het terug geleverde zuur (retourzuur), betreft het afval of een grondstof. Een discussie, die sterk doet denken aan de discussie rond ICOPOWER pellets of rond de aard van oud papier en schroot.

1.2 Probleemstelling, is retourzuur afval of niet

Tot 1 juli 2002 werd het zuur met een zogenaamde niet van toepassingsverklaring als grondstof naar Thermphos in Vlissingen geretourneerd. Na die datum gaf het ministerie deze verklaringen niet meer uit.

De huidige Europese regelgeving staat dit volgens het Ministerie van VROM niet meer toe omdat het zuur als afvalstof dient te worden beschouwd. Het zuur kan overigens nog wel binnen de afvalregelgeving aan Thermphos worden teruggeleverd.

Thermphos wil het zuur wel terugnemen als grondstof maar niet binnen de afvalregelgeving op grond van een aantal argumenten. De belangrijkste daarvan zijn:

- Thermphos producten worden onder andere ingezet in voedingsmiddelen en in de farmaceutische industrie. Wegens de toegenomen belangstelling met betrekking tot voedselveiligheid wil Thermphos geen afval verwerken;
- materialen binnen de afval regelgeving vereisen een extra administratieve en financiële last;
- milieuhygiënisch gezien is het beter om het materiaal als grondstof in te zetten dan het materiaal als afval te verwerken (sluiten kringloop).

Wanneer Thermphos het retourzuur niet meer inneemt zal het geneutraliseerd moeten worden met kalk en zal het geneutraliseerde materiaal moeten worden gestort.

Naar aanleiding van bovenstaande heeft Thermphos op 15 januari 2003 een brief gestuurd aan het Ministerie van VROM waarin alle argumenten nog eens uiteen zijn gezet om het materiaal als retourstroom in te mogen zetten. Een en ander

gerelateerd aan de zogenaamde 10-puntenbeoordeling van het Ministerie van VROM. Het antwoord luidde – samengevat – dat de overheid de stof niet als product beschouwt. Het zuur bleef daarom de afvalstatus behouden.

Thermphos is ervan overtuigd dat het materiaal beter ingezet kan worden in de fosforproductie dan als afval te worden verwerkt en heeft daarom door CE een zogenaamde schaduwprijsberekening laten uitvoeren op de twee alternatieve trajecten:

- materiaal als grondstof inzetten in Vlissingen bij de bereiding van fosforproducten;
- materiaal als afval verwerken en het residu storten (huidige praktijk).

Deze schaduwprijsberekening laat zien welk traject voor het milieu het beste is.

1.3 Doel en opzet van deze studie

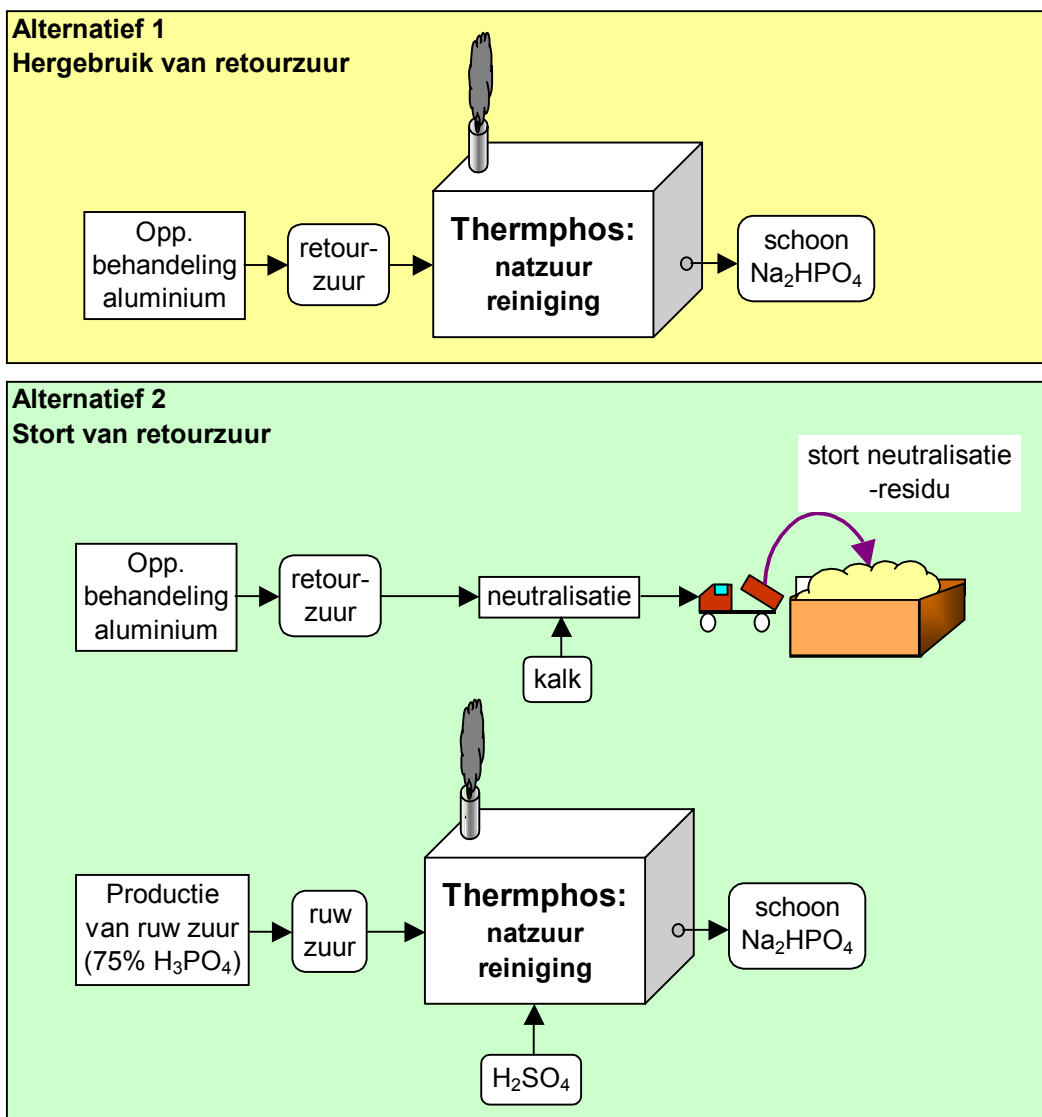
Het doel van het project is om inzichtelijk te maken of het definiëren van het gebruikte fosforzuur als afvalstroom een negatief milieueffect heeft – wanneer het als afval ervan karakteriseren betekent dat Thermphos het materiaal niet meer zal verwerken.

Daartoe zijn de twee genoemde verwerkingswijzen van fosforzuur met behulp van een schaduwprijsberekening van de milieueffecten met elkaar vergeleken, zie ook Figuur 2.

Alternatief 1 is het transport van het gebruikte fosforzuur naar Thermphos, waar het wordt ingezet in het productieproces. Met de uit het fosforzuur teruggewonnen fosfaat wordt de winning en productie van een even grote hoeveelheid primair fosfaat voorkomen. Het aluminium dat in het zuur is opgelost heeft voor Thermphos nog een nuttige functie in het thermische productieproces van fosfor uit fosfaaterts. Het zwavelzuur in het retourzuur wordt nuttig toegepast bij de productie van fosfaatproducten uit ingekocht ruw zuur. Hierbij wordt inkoop bij externen van zwavelzuur uitgespaard.

Alternatief 2 is neutralisatie van het gebruikte zuur met kalk ter plaatse in Duitsland en stort op een nabij gelegen stortplaats die dit materiaal accepteert. Thermphos koopt ruw zuur en zwavelzuur in.

Figuur 2 Globale opzet van de in deze studie uitgevoerde vergelijking



De milieuanalyse wordt op verzoek van Thermphos uitgevoerd voor 150 ton geretourneerd fosforzuur. Er is uitgegaan van de in Tabel 3 gegeven samenstelling. De aangehouden samenstellingen is afgeleid aan de hand van door Thermphos verstrekte informatie. Voor ruw zuur is uitgegaan van een equivalente hoeveelheid; een hoeveelheid, die eenzelfde hoeveelheid fosfor c.q. PO_4^{3-} bevat als het jaarlijks teruggevoerde retourzuur.

Tabel 3 Aangehouden samenstelling van ruw zuur en retourzuur

	Retourzuur		Ruw zuur			
	Samenstelling	Aanbod (ton/jaar)	Aangehouden gemiddelde samenstelling	Minimale concentratie	Maximale concentratie	Aangehouden aanbod (ton/jaar)
PO ₄ ³⁻	39,7%	59,6	75,0%	69,6%	80,3%	59,6
SO ₄ ²⁻	39,2%	58,8	1,8%	3,5%		1,4
F ⁻			0,0%	0,1%		0,0
Ca ²⁺						
Al ³⁺	2,4%	3,6	0,1%			0,0
Fe ³⁺	0,00%	0,60%	0,25%	0,50%		0,2
Mg ²⁺	0,01%	2,10%	0,75%			0,6
Na ⁺						
Mn ²⁺			0,02%			0,0
V ⁵⁺			0,02%	0,00%	0,04%	0,0
Cd ²⁺			0,00%	0,00%	0,01%	0,0
Zn ²⁺			0,03%	0,00%	0,05%	0,0
Totaal	81,3%	122,0	77,9%			79,5

Per alternatief worden de emissies per milieuthema opgeteld. Beschouwde milieuthema's zijn – zoals gebruikelijk bij een schaduwrijzen analyse:

- klimaatverandering;
- verzuring;
- vermisting;
- verspreiding;
- afbraak van de ozonlaag;
- zomersmog;
- finaal afval.

Deze gesommeerde emissies worden met behulp van schaduwrijzen gesommeerd tot één schaduwrijz. Voor de schaduwrijzen wordt gebruik gemaakt van de meest recente update van de schaduwrijzen van 2002 (zie [M.D. Davidson, 2002]).

1.4 Leeswijzer

De beide alternatieven zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 2 en 3. In beide hoofdstukken wordt een beschrijving, een globale massabalans en de milieubelasting voor de alternatieve routes gegeven. De milieubelasting wordt in hoofdstuk 4 vergeleken en omgerekend naar één schaduwrijz per jaar. Achterliggende data en uitvoeriger beschouwingen van processen en emissiecijfers zijn te vinden in de Bijlage A t/m F.

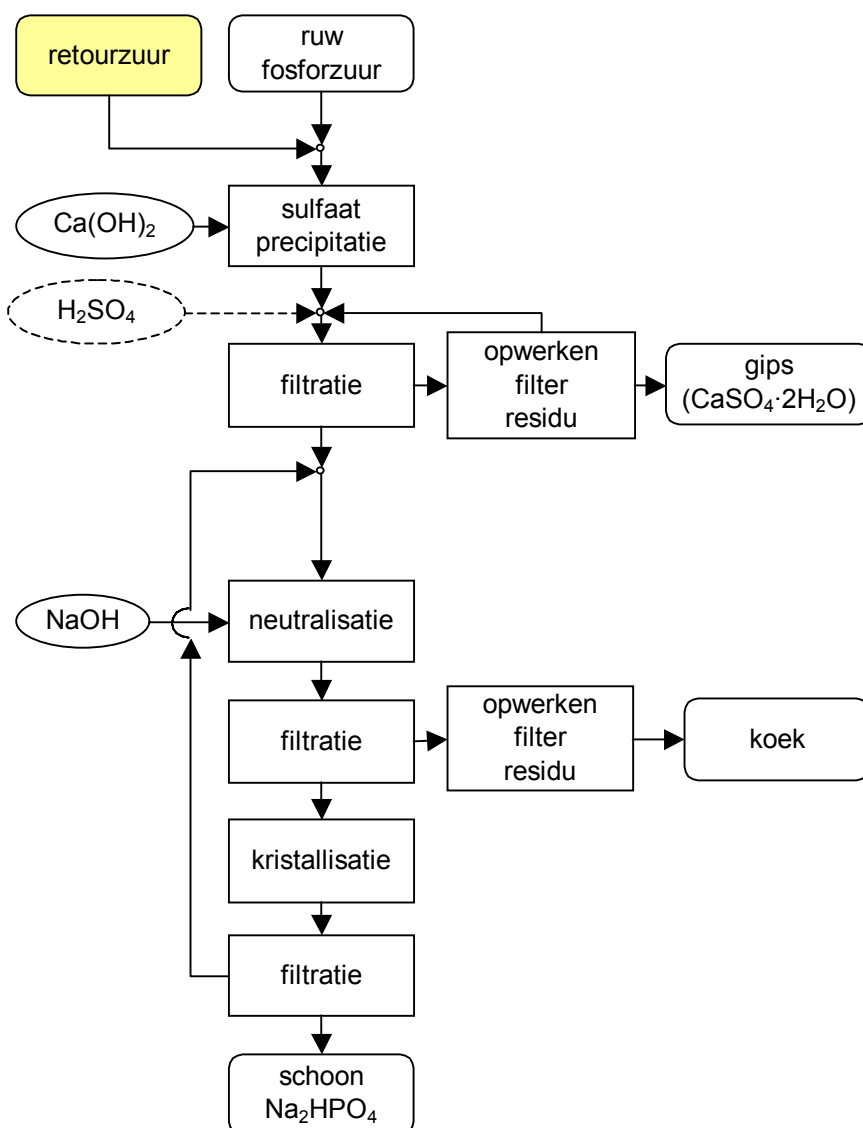


2 Alternatief 1; retourzuur is grondstof en wordt herverwerkt

2.1 Principe van de herverwerking c.q. natzuur reiniging

Het retourzuur wordt bij teruglevering aan Thermphos als aangegeven in hoofdstuk 1 gezuiverd in het natzuur zuiveringsproces. In Figuur 2 is een vereenvoudigd schema van dit proces gegeven.

Figuur 2 Processchema natzuur reinigingsproces



In geval van verwerking bij Thermphos wordt het retourzuur in vrachtwagens over een afstand van 310 kilometer aangevoerd en vanuit een aparte tussenopslag toegevoerd aan de 'natzuur reiniging'. De per jaar terug leverbare hoeveelheid retourzuur is zeer bescheiden in vergelijking met de hoeveelheid ruw zuur, die wordt ingekocht (40.000 – 75.000 ton/jaar). Toevoegen van retourzuur heeft dan ook geen significante invloed op het proces en de componenten in retourzuur gedragen zich vergelijkbaar met de overeenkomstige componenten in ruw zuur.

In de natzuur reiniging worden alle andere componenten dan fosfaat verwijderd.

Ruw zuur en retourzuur worden eerst gedesulfateerd door toevoeging van geblaste kalk ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), waarna het gipsneerslag wordt afgefilterd en wordt nabehandeld om verlies van H_3PO_4 te minimaliseren en met het oog op de afzet van het gips zelf (grondstof voor champignon substraat). Daarbij wordt een kleine H_2SO_4 ingezet ten behoeve van reekristallisatie. Door retourzuur in te zetten kan de inkoop van H_2SO_4 vrijwel volledig worden vermeden.

In het gips worden ook fluoride (als CaF_2 neerslag) en een deel van het in het ruw zuur en retourzuur aanwezige aluminium en magnesium afgevoerd. Aangenomen is dat het gips wordt gebruikt als kalkhoudende meststof en in die hoedanigheid kalksteen vervangt.

Vervolgens wordt H_3PO_4 door toevoeging van NaOH omgezet in Na_2HPO_4 . Daarbij neemt de pH van de oplossing toe tot 9. De oplossing is op dit punt dusdanig basisch dat metalen en overgebleven calcium neerslaan. De neerslag wordt in een tweede filtratiestap afgescheiden, waarna de filterkoek weer wordt behandeld (gespoeld) om verlies van fosfor te minimaliseren. De koek wordt aan de sinterinstallatie van het thermische productieproces (zie Figuur 1) geleverd.

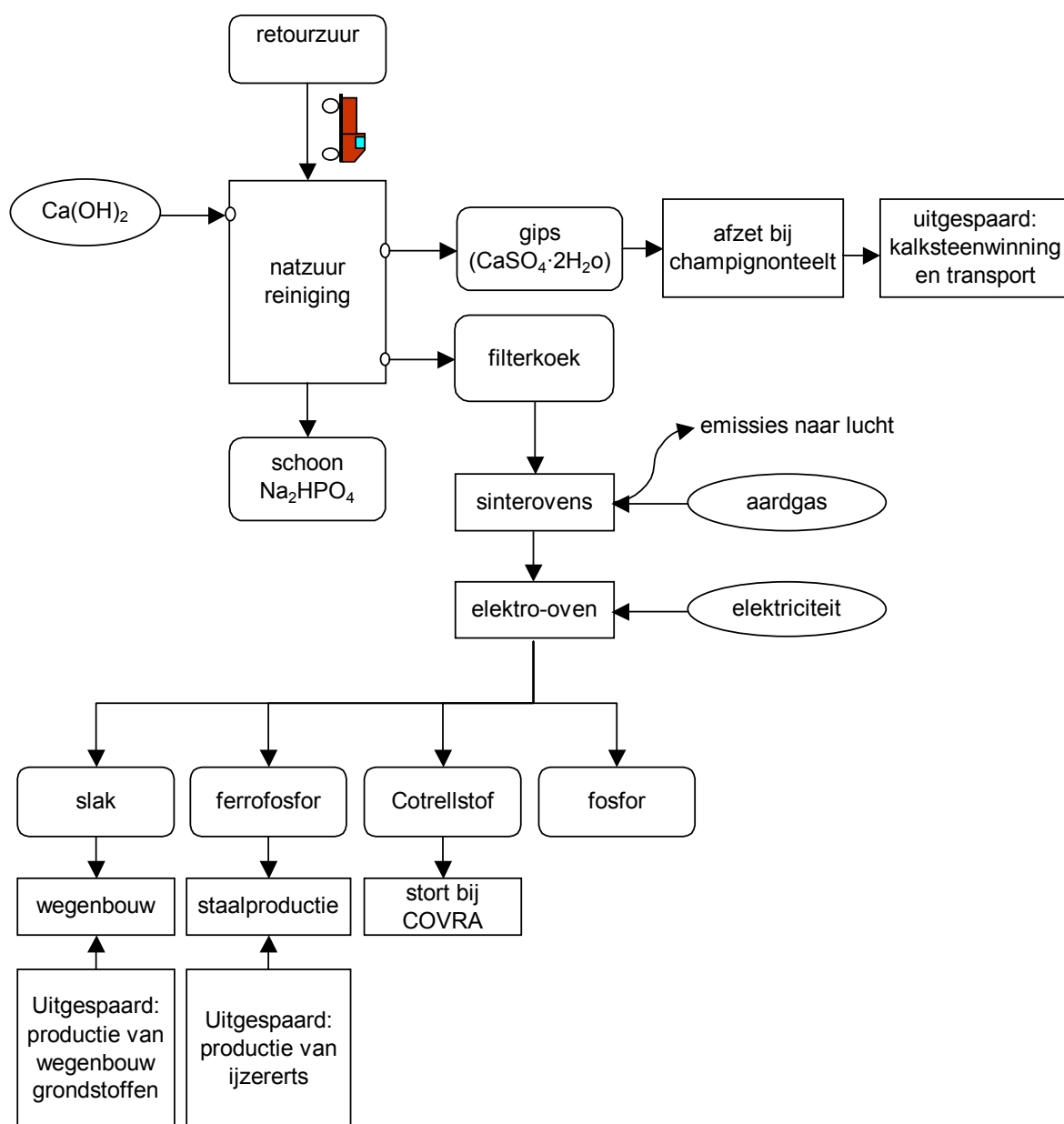
De koek wordt gesinterd en in de elektro-oven omgezet in fosfor, slak en ferrofosfor. Bij de sinterovens ontstaan emissies naar lucht. In de afgassen van de elektro-oven aanwezig vliegstof (bij Thermphos Cotrellstof genoemd) wordt afgevangen en als licht radioactief afval opgeslagen bij COVRA.

De slak wordt afgezet in de wegenbouw en vervangt daarbij funderingsmateriaal. Inzet van fosforovenslak leidt tot uitsparing van grind en bitumen. Het ferrofosfor kan worden afgezet bij staalproducenten.

2.2 In de milieuanalyse beschouwde systeem

Bij het bepalen van de aan de herverwerking van retourzuur gerelateerde milieubelasting zijn als gebruikelijk bij dit soort studies zowel de directe emissies als de emissies gerelateerd aan transporten en aan het verbruik van hulpstoffen en energiedragers verdisconteerd. Conform de in voorgaande paragraaf gegeven beschrijving van het natzuur reinigingsproces met nageschakelde processen en toepassingen is in deze studie uitgegaan van het in Figuur 3 gegeven systeem.

Figuur 3 Bij milieuanalyse van herverwerking van retourzuur beschouwde systeem



Er is rekening gehouden met:

- directe milieubelasting; emissies bij verwerking filterkoek natzuur reiniging, opslag van Cotrellstof (voor zover relevant);
- indirecte milieubelasting; productie van Ca(OH)_2 , transport retourzuur, productie van elektriciteit en aardgas;
- uitgespaarde milieubelasting; productie van kalksteen, wegenbouw grondstoffen en ijzererts.

De consumptie van NaOH is buiten beschouwing gelaten. In deze studie wordt (zie Figuur 2) een vergelijking uitgevoerd tussen onder meer reiniging van ruw zuur en reiniging van retourzuur. Zoals aangegeven in paragraaf 1.3 is uitgegaan van een equivalente hoeveelheid ruw zuur. Dat wil zeggen een hoeveelheid ruw

zuurde verwerking van ruw zuur die dezelfde hoeveelheid Na_2HPO_4 oplevert als de beschouwde hoeveelheid retourzuur. Aangezien:

- NaOH wordt geconsumeerd voor de omzetting van H_3PO_4 ;
- de uit retourzuur en ruw zuur gevormde hoeveelheden H_3PO_4 even groot zijn (immers, equivalente hoeveelheid ruw zuur).

Is ook de consumptie van NaOH bij zuivering van ruw zuur en retourzuur even groot en daarmee geen onderscheidend criterium tussen beide beschouwde alternatieven. De consumptie van NaOH is daarom verder buiten beschouwing gelaten in deze milieuanalyse.

In deze studie is net als in [Bello, 2003] aangenomen dat met de inzet van ferrofosfor bij staalproductie leidt tot uitsparing van de winning van ijzererts. Opgemerkt moet worden dat ferrofosfor vooral voor de hoogwaardige staalkwaliteiten – zoals gereedschapsstaal – juist een hoogwaardige grondstof is, omdat fosfor de voor deze toepassingen nodige sterkte aan het staal geeft. Met andere woorden, eigenlijk wordt de door afzet van ferrofosfor uitgespaarde milieubelasting ondergewaardeerd.

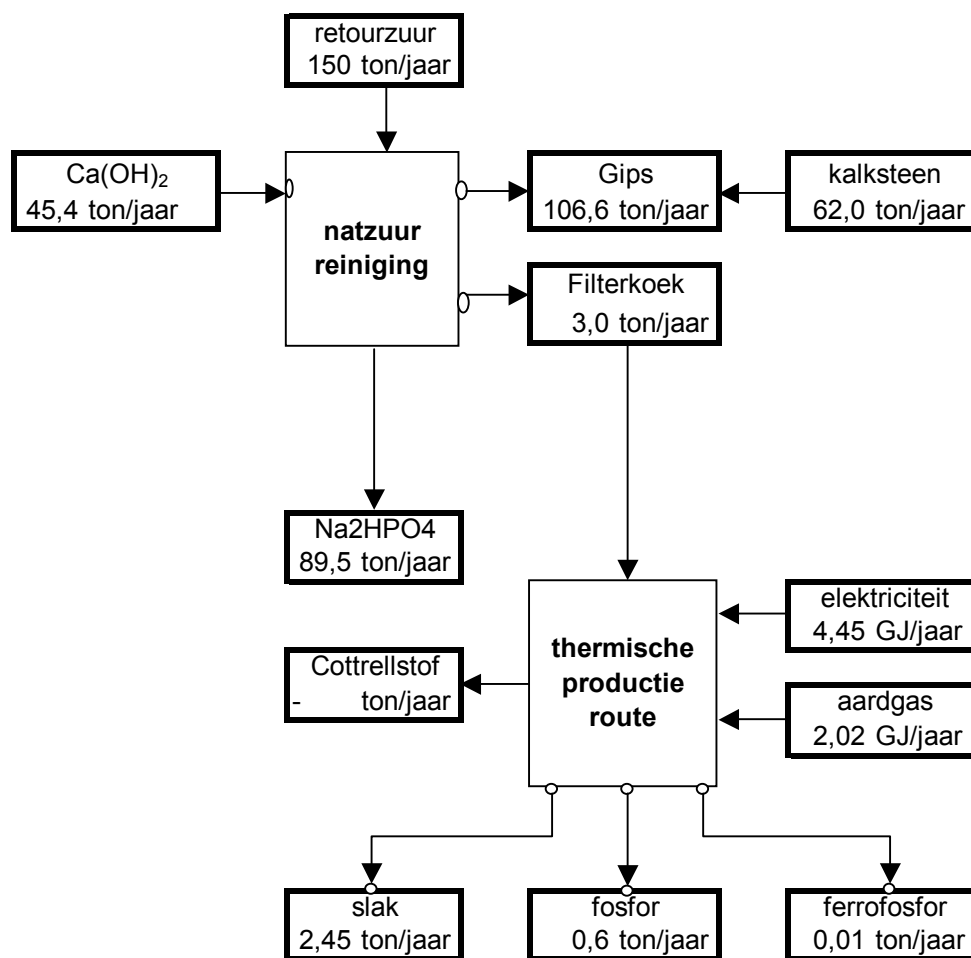
2.3 Milieubelasting bij herverwerking van retourzuur

Figuur 4 geeft een overzicht van de aan de verwerking van retourzuur bij Thermphos gerelateerde verbruiken van hulpstoffen en energiedragers. Ook is aangegeven wat de omvang is van het verbruik aan grondstoffen en welke hoeveelheden producten en bijproducten worden gevormd.

Er is geen sprake van een sluitende en volledige massabalans omdat niet relevante producten, zoals het bij de reactie van retourzuur met $\text{Ca}(\text{OH})_2$ gevormd water niet zijn opgenomen.

Het elektriciteitsverbruik bij verwerking van de filterkoek in de fosfor elektro-oven is geschat op basis van de hoeveelheid koek en de temperatuur in de oven. Wat in deze waarde echter niet is verdisconteerd is het gegeven dat het aluminium uit het retourzuur (zie Tabel 3) – dat grotendeels in de filterkoek terecht komt – in de oven als een fluxmiddel functioneert en de viscositeit van de slak reduceert. Hierdoor is in principe minder elektriciteit nodig omdat in principe een lagere oventemperatuur kan worden aangehouden. Het in deze studie geschatte en aangehouden elektriciteitsverbruik moet daarom ook als een maximum worden gezien.

Figuur 4 Overzicht verbruiken aan hulpstoffen en energiedragers en gevormde (bij)producten bij herverwerking van retourzuur bij Thermphos



Combinatie van de verbruiken aan hulpstoffen en energiedragers, transporten en directe emissies naar lucht en water geeft de in Tabel 4 gegeven bijdragen aan de beschouwde milieuthema's.

Uit de tabel blijkt dat de milieubelasting gerelateerd aan de verwerking van retourzuur bij Thermphos feitelijk wordt bepaald door het gebruik van CaO bij de natuur zuivering. CaO is de grondstof voor Ca(OH)₂. De laatste stof wordt uit CaO geproduceerd door er 'simpelweg' water aan toe te voegen (blussen), een stap die verder geen milieubelasting met zich meebrengt. De bijdragen van de andere processtappen, zoals transporten en opwerken van filterkoek geven een vrijwel verwaarloosbare bijdrage. De door afzet van bijproducten uitgespaarde milieubelasting is gering. Er zijn bij Thermphos zelf geen emissies naar lucht of water of deze zijn verwaarloosbaar klein. Er zijn bijvoorbeeld in de filterkoek – zoals geproduceerd uit retourzuur – geen metalen die in de elektro-oven of sintrovens naar de buitenlucht ontsnappen.

Tabel 4 Opbouw van de bijdragen aan de beschouwde milieuthema's bij verwerking van retourzuur bij Thermphos (alle bijdragen per jaar)

	GWP (kg CO ₂ -eq)	ozonlaag aantasting (kg CFK11-eq)	zomersmog (kg C ₂ H ₄ -eq)	verzuring (kg SO ₂ -eq)	vermesting (kg PO ₄ -eq)	verspreiding (kg PM10-eq)	finaal afval (kg)
Directe emissies							
- ruw zuur productie (met geïntegreerde H ₂ SO ₄ productie)							
- filterkoek verwerking							
- neutralisatie en stort retourzuur							
Additieven							
- fosfaaterts voor ruw zuur productie							
- H ₂ SO ₄ voor natzuur reiniging							
- CaO voor natzuurreiniging	57.388	1,5E-04	13,85	345,5	29,4	28,9	2,9
- CaO voor retourzuur neutralisatie							
- elektriciteit voor verwerken filterkoek	1.101		0,04	1,5	0,2	1,6	
- aardgas voor sinteren filterkoek	113		0,02	0,3	0,1	0,7	
	58.603	1,5E-04	13,92	347,3	29,7	31,2	2,9
Transporten							
- ruw zuur naar Thermphos							
- retourzuur naar Thermphos	2.887		1,62	18,5	4,6	37,8	
- retourzuur naar stortplaats							
	2.887		1,62	18,5	4,6	37,8	
Uitgespaard							
- kalksteen voor champignonteelt	-962		-0,54	-6,2	-1,52	-12,6	
- wegebouwmaterialen	-203		-0,03	-0,8	-0,1	-1,1	276,0
- ijzererts	-3,0E-01		-3,2E-05	-1,5E-03	-1,5E-04	-3,7E-02	-1,5E-02
	-1.166		-0,57	-7,0	-1,7	-13,8	275,9
Totaal	60.324	1,5E-04	15,0	359	33	55	279

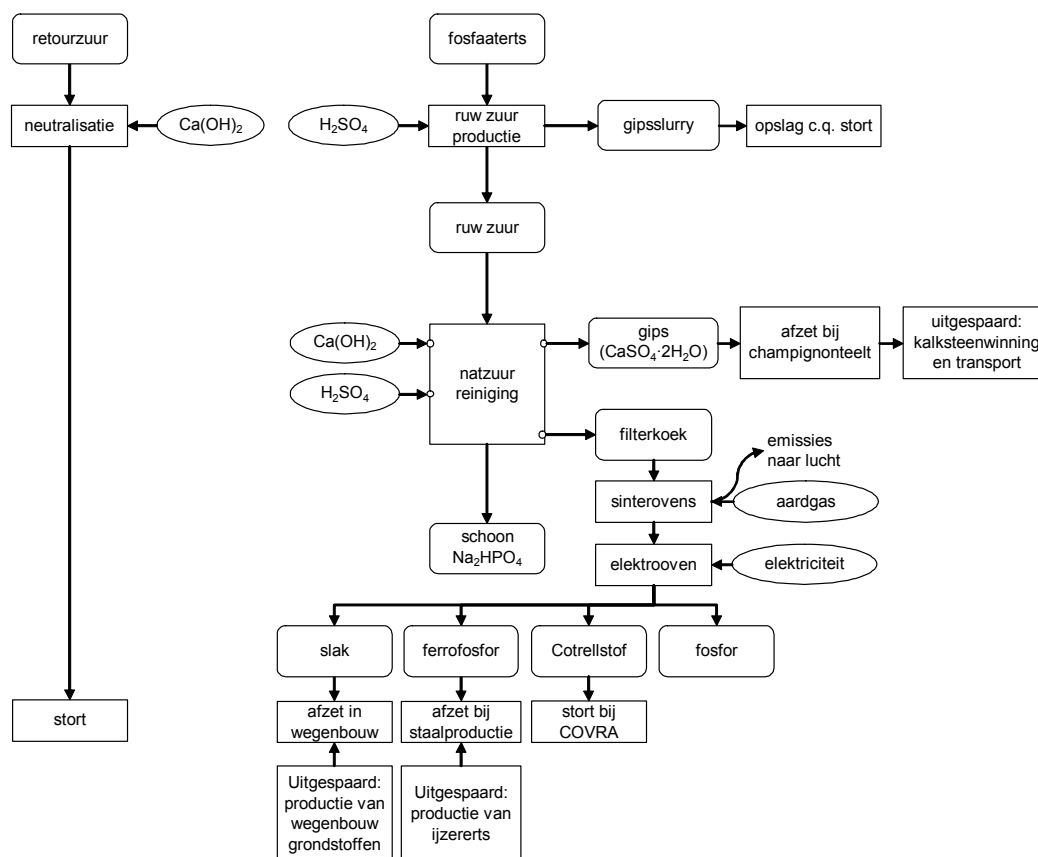
De berekening van de in Tabel 4 gegeven bijdragen per proces is gegeven in de Bijlagen C t/m E.

3 Alternatief 2: retourzuur is afval en wordt gestort

3.1 In de milieuanalyse beschouwde systeem

Wanneer het retourzuur wordt gestort is sprake van de in Figuur 5 weergegeven situatie.

Figuur 5 Processchema voor verwerking van retourzuur middels stort



Het retourzuur zelf wordt geneutraliseerd met gebluste kalk, waardoor een neerslag ontstaat. De neerslag wordt gestort. Neutralisatie vindt plaats bij een externe verwerker. Transport vindt plaats over de weg over een afstand van 50 kilometer.

Het verwijderen van retourzuur middels stort betekent dat bij Thermphos meer ruw zuur moet worden ingezet. Dit ruw zuur doorloopt weer het productieproces zoals weergegeven in Figuur 2 en Figuur 3.

Het ruw zuur wordt ingekocht in België, Finland en Zuid-Afrika. Het ruw zuur wordt per schip aangevoerd over een gemiddelde transportafstand van 6.000 kilometer.

Ruw zuur wordt geproduceerd door fosfaaterts (chemische formule: bij benadering $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$) op te lossen in geconcentreerd zwavelzuur (H_2SO_4). Daarbij wordt het in het erts aanwezige calcium door de reactie met SO_4^{2-} uit het zwavelzuur omgezet in gips (CaSO_4). Dit gips wordt volgens Thermphos bij de producenten waarvan Thermphos betreft op land opgeslagen in speciale depots.

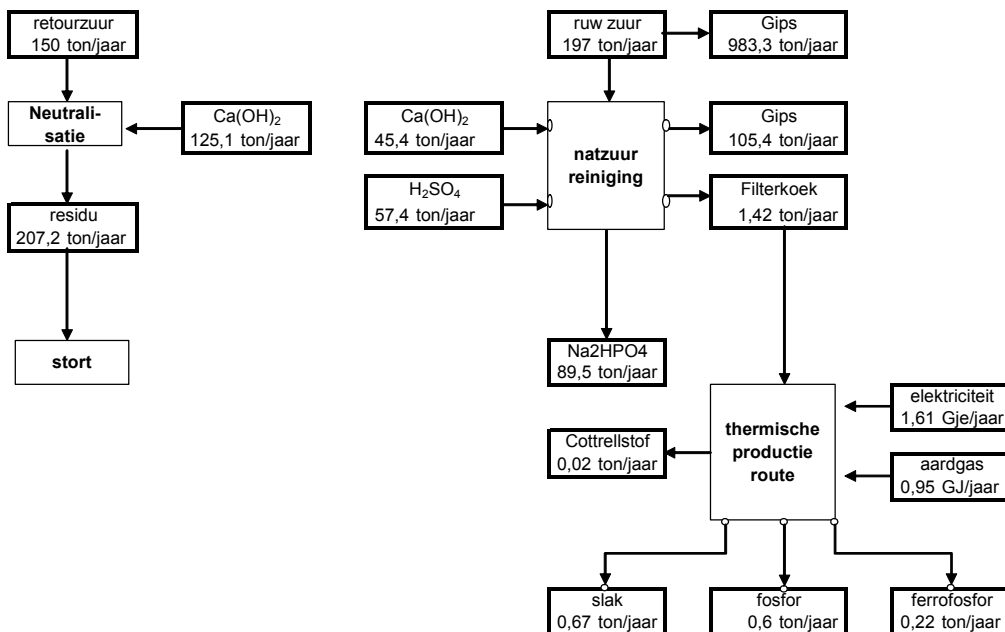
Naast productie van vast afval treden er bij ruw zuur productie ook emissies van onder meer fluoriden, fijn stof en SO_2 (uit zwavelzuur productie) naar lucht op.

3.2 Milieubelasting

Ook bij het bepalen van de milieubelasting gerelateerd aan de neutralisatie en stort van retourzuur en de parallel daaraan noodzakelijke productie en verwerking van ruw zuur zijn zowel de directe emissies als de emissies gerelateerd aan transporten en aan het verbruik van hulpstoffen en energiedragers verdisconteerd.

Figuur 7 geeft een overzicht van de aan het systeem 'storten van retourzuur' gerelateerde verbruiken van hulpstoffen en energiedragers. Ook is aangegeven wat de omvang is van het verbruik aan grondstoffen en welke hoeveelheden producten en bijproducten worden gevormd.

Figuur 6 Overzicht verbruiken aan hulpstoffen en energiedragers en gevormde (bij)producten bij storten van retourzuur



Combinatie van de verbruiken aan hulpstoffen en energiedragers, transporten en directe emissies naar lucht en water geeft de in Tabel 5 gegeven bijdragen aan de beschouwde milieuthema's.

Uit de tabel blijkt dat de milieubelasting gerelateerd aan storten van retourzuur en productie van Na_2HPO_4 uit ruw zuur – net als bij herverwerking van retourzuur – voornamelijk wordt bepaald door de consumptie van CaO en NaOH. Voornamelijk het gebruik van CaO voor het neutraliseren van retourzuur geeft een grote belasting. Daarnaast draagt ook de productie van ruw zuur en de winning van het voor ruw zuur productie benodigde erts aanzienlijk bij. Directe bijdragen, transporten en uitgespaarde milieubelasting zijn weer verwaarloosbaar, behalve dan de bijdrage aan finaal afval door het storten van het residu van retourzuur neutralisatie.

De in Tabel 5 gegeven bijdragen betreffen wat betreft ruw zuur productie een situatie waarin gips slurry of fosfogips wordt gestort.

Tabel 5 Opbouw van de bijdragen aan de beschouwde milieuthema's bij storten van retourzuur bij opslag van fosforzuurgips op land (alle bijdragen per jaar)

	GWP (kg CO ₂ -eq)	ozonlaag aantasting (kg CFK11-eq)	zomersmog (kg C ₂ H ₄ -eq)	verzuring (kg SO ₂ -eq)	vermesting (kg PO ₄ -eq)	verspreiding (kg PM10-eq)	finaal afval (kg)
Directe emissies							
- ruw zuur productie (met geïntegreerde H ₂ SO ₄ productie)				140,7	121,6	30,5	298.087
- filterkoek verwerking						3,7	17,3
- neutralisatie en stort retourzuur							207.183,0
				140,7	121,6	34,2	505.287
Additieven							
- fosfaaterts voor ruw zuur productie	27.117		10,0	560	46,5	357	
- H ₂ SO ₄ voor natzuur reiniging	-8.796		-0,5	34	-1,2	-41	-3
- CaO voor natzuurreiniging	57.460	1,5E-04	13,9	345,9	29,5	29,0	2,9
- CaO voor retourzuur neutralisatie	119.780	3,1E-04	28,9	721	61,4	60	6,1
- elektriciteit voor verwerken filterkoek	399		0,02	0,5	0,1	0,6	
- aardgas voor sinteren filterkoek	53		0,01	0,2	0,0	0,3	
	196.012	4,5E-04	52,4	1.661	136	406	6
Transporten							
- ruw zuur naar Thermphos	27		0,03	0,7	0,1	0,6	
- retourzuur naar Thermphos							
- retourzuur naar stortplaats	294		0,2	1,88	0,46	3,85	
	321		0,2	2,6	0,5	4,5	
Uitgespaard							
- kalksteen voor champignonteelt	-952		-0,53	-6,1	-1,50	-12,5	
- wegebouwmaterialen	-56		-0,01	-0,2	-0,04	-0,3	75,9
- ijzererts	-11		0,00	-5,5E-02	-5,3E-03	-1,3E+00	-5,3E-01
	-1.018		-0,54	-6,4	-1,5	-14,1	75,4
Totaal	195.315	4,5E-04	52,0	1.798	257	431	505.368

Tabel 5 geeft een resulterend overzicht van de bijdragen voor het hele systeem als functie van de bij ruw zuur productie optredende milieubelasting.

De berekening van de in de Tabel 5 gegeven bijdragen per proces is gegeven in de Bijlagen C t/m F.



4 Vergelijking van routes

Tabel 6 geeft een samenvattend overzicht van de bijdragen aan de beschouwde milieuthema's.

Tabel 6 Opbouw van de bijdragen aan de beschouwde milieuthema's bij herverwerking van retourzuur en bij storten van retourzuur vergeleken (alle bijdragen per jaar)

	GWP (kg CO ₂ -eq)	Ozonlaagaantasting (kg CFK11-eq)	Zomersmog (kg C ₂ H ₄ -eq)	Verzuring (kg SO ₂ -eq)	Vermesting (kg PO ₄ -eq)	Verspreiding (kg PM ₁₀ -eq)	Finaal afval (kg)
Retourzuur herverwerken	60.324	1,5E-04	15	359	33	55	279
Retourzuur storten, productie van ruw zuur met stort van fosforzuurgips op land	195.315	4,5E-04	52	1.798	257	431	505.368

Uit Tabel 6 blijkt dat hergebruik op alle milieuthema's beter tot veel beter scoort dan storten van het retourzuur in combinatie met productie van ruw zuur uit primaire grondstoffen. Dit hangt als gezegd samen met het verbruik van CaO en NaOH in beide situaties en in mindere mate ook met de milieubelasting bij ruw zuur productie. Voor de volledigheid is hieronder een overzicht van de verbruiken van CaO gegeven.

Tabel 7 Overzicht jaarlijkse verbruiken van CaO bij hergebruik en stort van retourzuur (alle bijdragen in ton/jaar)

Verbruik (ton/jaar)	Hergebruik retourzuur	Stort retourzuur
CaO	45,4	170,5

De betere score van herverwerking is ook makkelijk logisch te verklaren wanneer de situatie wordt beschouwd gezien vanuit het aantal mol H₂SO₄ en H₃PO₄.

- in het retourzuur is 0,63·10⁶ mol H₃PO₄ en 0,61·10⁶ mol H₂SO₄ aanwezig;
- bij hergebruik van het retourzuur wordt de 0,61·10⁶ mol H₂SO₄ geneutraliseerd en wordt de 0,63·10⁶ mol H₃PO₄ nuttig hergebruikt. De H₂SO₄ wordt daarbij omgezet in een nuttig bijproduct;
- bij storten wordt zowel de 0,63·10⁶ mol H₃PO₄ als de 0,61·10⁶ mol H₂SO₄ geneutraliseerd en gestort, terwijl elders circa 0,63·10⁶ mol H₃PO₄ moet worden geproduceerd om de grondstofbehoefte van Thermphos te kunnen dekken.

In feite is er bij stort van retourzuur sprake van een situatie waarin een extra hoeveelheid zuur moet worden geproduceerd, omdat elders een hoeveelheid

zuur wordt geneutraliseerd en verwijderd. Dit leidt én tot een grotere hoeveelheid te storten afval én tot een hoger gebruik aan CaO voor neutralisatie doeleinden. Omrekenen van de bijdragen met schaduwpreizen geeft het volgende beeld.

Tabel 8 Vergelijking van de schaduwpreizen voor hergebruik en eindverwijdering van retourzuur (alle bijdragen in €/jaar)

	GWP €/jaar	Ozonlaagaantasting €/jaar	Zomersmog €/jaar	Verzuring €/jaar	Vermesting €/jaar	Verspreiding €/jaar	Finaal afval €/jaar	Totale schaduwpreijs €/jaar
Retourzuur herverwerken	3.016	0	32	1.722	293	127	52	5.243
Retourzuur storten, productie van ruw zuur met stort van fosforzuurgips op land	9.766	0	111	8.631	2.312	991	93.493	115.304

De schaduwpreijs voor het systeem storten en productie van ruw zuur uit primaire fosfaaterts is duidelijk hoger dan de schaduwpreijs voor herverwerking van het retourzuur. De schaduwpreijs wordt in geval van storten min of meer beheerst door de bijdrage van het thema finaal afval. Daarnaast zijn vooral de bijdragen door klimaatverandering, verzuring en – ingeval van omvangrijke emissie naar water – ook van de thema's vermesting en verspreiding aanzienlijk.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat storten van retourzuur en productie van ruw zuur uit primair fosfaaterts een duidelijk grotere milieubelasting geeft dan hergebruik van retourzuur. Dit heeft als gezegd te maken met het bij storten van retourzuur inefficiënt omgaan met CaO, H₂SO₄ en H₃PO₄.

Literatuurlijst

Anonymus

BAT for pollution prevention and control in the European Fertilizer Industry; production of phosphoric acid, EFMA, Brussels, 2000

Anonymus

Bedrijfsmilieuplan KEMIRA Pernis B.V., KEMIRA Pernis, januari 1995

M.P. van de Bank, H.M. Venderbosch

Needis sectorstudie Bouwmaterialen, Adromi, Hendrik Ido Ambacht, april 1997

O. Bello, H.J. Croezen, J.T.W. Vroonhof

De beste weg voor slakkenwol, CE, Delft, februari 2003

Informatie verkregen van dhr. J. van der Bremen van Thermphos, d.d. 14 februari 2004

BUWAL

H.J. Croezen, G. Bergsma

Subcoal milieukundig beoordeeld, CE, Delft, 2000

M.D. Davidson

Update schaduwrijzen, CE, Delft, 2002

Essen, Huib van, Olivier Bello, Jos Dings (allen CE), Robert van den Brink (RIVM)

To shift or not to shift, that's the question; The environmental performance of the principal modes of freight and passenger transport in the policy-making context, Delft, 2003

A.W.H.M. Hoogenkamp

Productie van fosfaatmeststoffen (SPIN publicatie), RIVM, Bilthoven, januari 1992

K. Huizinga, A.W.H.M. Hoogenkamp

Hoechst (SPIN publicatie), RIVM Bilthoven, september 1993

MARINA II, Update of the MARINA Project on the radiological exposure of the European Community from radioactivity in North European marine waters

Directorate-General Environment Radiation protection, 2003

http://europa.eu.int/comm/energy/nuclear/radioprotection/doc/studies/rp132/2003-06-05_marina_executive_summary_en.pdf

B. Potjer et al

Fosforkringloop voor Thermphos, CE, Delft, september 2000

J.T.W. Vroonhof, H.J. Croezen, G.J. de Weerd

Scheiding van bouwafval, CE, Delft, juni 1997

BAT H₂SO₄, 1999 Anonymus

Best Available Techniques Reference Document on the Production of Sulphuric Acid

CEFIC, Brussels, 1999



CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Bijlagen





A Samenstellingen

Tabel 9 en Tabel 10 geven de aangehouden samenstellingen van retourzuur en ruw zuur. De samenstelling van retourzuur is door Thermphos gegeven. De aangehouden samenstelling van ruw zuur is bepaald aan de hand van het bereik waarbinnen de samenstelling van door Thermphos op de markt ingekochte batches ruw zuur in de praktijk varieert.

Tabel 9 Samenstelling van retourzuur

	Samenstelling
PO ₄ ³⁻	39,7%
SO ₄ ²⁻	39,2%
F ⁻	
Ca ²⁺	
Al ³⁺	2,4%
Fe ³⁺	0,0%
Mg ²⁺	0,0%
Na ⁺	
Mn ²⁺	
V ⁵⁺	
Cd ²⁺	
Zn ²⁺	

Tabel 10 Samenstelling van ruw zuur

	Gehanteerd	Gemiddeld	Minimaal	Maximaal
PO ₄ ³⁻	75,0%	75,0%	69,6%	80,3%
SO ₄ ²⁻	1,8%	1,8%	3,5%	
F ⁻	0,04%	0,04%	0,1%	
Ca ²⁺				
Al ³⁺	0,06%			
Fe ³⁺	0,25%	0,3%	0,5%	
Mg ²⁺	0,75%			
Na ⁺				
Mn ²⁺	0,02%			
V ⁵⁺	0,02%	0,02%	0,001%	0,04%
Cd ²⁺	0,00%	0,003%	0,001%	0,01%
Zn ²⁺	0,03%	0,03%	0,001%	0,05%



B Productie van ruwzuur

B.1 Procesbeschrijving

Ruw fosforzuur wordt geproduceerd middels zogenaamde zure ontsluiting van fosfaaterts waarbij het fosfaat wordt opgelost in geconcentreerd zwavelzuur (96%).

Natte ontsluiting omvat bij een moderne fabriek de volgende processtappen:

- malen van het erts;
- reactie van gemalen erts met zwavelzuur bij 95°C; fosfaat lost op en vormt H_3PO_4 . Het calcium uit het erts vormt samen met sulfaat uit het zwavelzuur gips;
- affiltreren van gips;
- uitwassen van fosforzuur uit gips met water, onder andere door het gips en waswater intensief te roeren ('repulpen');
- reduceren sulfaatgehalte ruwe fosforzuur door toevoegen van een kleine hoeveelheid fosfaaterts;
- indampen van het ruwe fosforzuur (30% P_2O_5) tot marktsterkte (50% - 60% P_2O_5).

Een bijproduct van de ruw zuur productie is kiezelzuur (H_2SiF_6), dat wordt geproduceerd door afvangen van de bij indampen van het ruwe zuur vrijkomende fluorverbindingen.

Voor het andere bijproduct – fosforzuurgips – zijn er voor zover bekend in Europa geen opslagfaciliteiten voor zoals wel bestaan in de V.S. Het gips wordt voor zover bekend geloosd op oppervlaktewater of soms als vervanger van natuurgips of gipssteen secundaire grondstof gebruikt in de gipsindustrie. De per ton ruw fosforzuur geproduceerde hoeveelheid fosforzuurgips bedraagt circa 3,1 - 3,7 ton per ton H_3PO_4 .

Milieubelasting wordt veroorzaakt door:

- emissies naar lucht van fijn stof (malen van fosfaaterts) en fluorverbindingen (indampen ruwe zuur en oplossing erts);
- emissies naar water door lozen van gips en de daarin aanwezige verontreinigingen (fosfaat, fluor, zware metalen) of door het lozen van proceswater en waswater van afgas wassers.

B.2 Milieucijfers

Van het bij Thermphos verwerkte ruw zuur is bekend dat het wordt geleverd door drie producenten gevestigd in Denemarken, België en Zuid-Afrika. Er is verder bekend dat het bij de ruw zuur productie geproduceerde fosforgips nabij alle producenten op land wordt opgeslagen. Over resterende emissies naar water, over emissies naar lucht en over energieverbruiken zijn verder geen gegevens bekend.

Bij gebrek aan gegevens is in deze studie een inschatting gemaakt van het bereik waarbinnen de emissies per eenheid ruw fosforzuur zouden kunnen variëren. Daarvoor is gebruik gemaakt van gegevens met betrekking tot twee specifieke fabrieken, waarvan er inmiddels één gesloten is:

- de – inmiddels gesloten – KEMIRA vestiging in Pernis;
- de Prayon Engin fabriek (bij Luik).

De keuze voor deze fabrieken is deels pragmatisch en deels ook een ‘worst case’ benadering vanuit het gezichtspunt van de voordelen van retourzuur herverwerking.

De keuze is pragmatisch omdat het de enige fabrieken zijn waarvoor bij CE gegevens met betrekking tot milieubelasting beschikbaar zijn. Beide fabrieken produceerde c.q. produceren ruwzuur met een P_2O_5 sterkte, zoals door Thermphos wordt ingekocht¹. Beide in deze studie beschouwde fabrieken zijn relatief schoon en efficiënt. Door deze gegevens voor deze fabrieken te gebruiken wordt de door uitsparing van ruw fosforzuur productie vermeden milieubelasting laag ingeschat en is het voordeel van retourzuur inzetten klein.

Tabel 11 Emissiecijfers voor KEMIRA Pernis en Prayon Engin (alle cijfers in kg per ton PO_4^{3-})

	Maximale milieubelasting (gebaseerd op KEMIRA 1995 – 2000)	Minimale milieubelasting (deels gebaseerd op Prayon Engin)	Gemiddelde
Emissies naar lucht			
SO ₂	3,93		1,97
Stof	0,003	0,003	0,003
F	0,004	0,004	0,004
Emissies naar water			
N	0,05		0,03
P	1,12	0,20	0,66
F	9,87	0,48	5,17
Finaal afval			5000

Voor de milieubelasting is voor de directe milieubelasting uitgegaan van bovenstaande gegevens (zie Tabel 11).

De maximale emissies betreffen de daadwerkelijke emissies bij KEMIRA in 1992. De emissie van SO₂ naar lucht heeft betrekking op de emissie bij de zwavel-fabriek.

¹ Thermphos koopt ruwzuur met een sterkte van 52% - 60% P_2O_5 in. Bij KEMIRA Pernis werd ruw zuur met een sterkte van 54% geproduceerd (zie [Hoogenkamp, 1992] en [KEMIRA Pernis, 1995]), Prayon Engin levert zuur met een sterkte van 60% P_2O_5 .

Voor de minimale emissies naar water zijn cijfers gebruikt voor Prayon Engin (zie website van Prayon: <http://www.prayon.com/>). Bij de minimale emissies naar lucht is aangenomen dat de optie bestaat waarin de fosforzuur fabriek H₂SO₄ extern inkoop en er daarom geen SO₂-emissie naar lucht bij de fabriek optreedt.

Omrekenen met de classificatiefactoren uit Bijlage F geeft de in Tabel 12 getoonde bijdragen aan de beschouwde milieuthema's.

Tabel 12 Bijdragen aan milieuthema's bij maximale en minimale milieubelasting bij ruw fosforzuur productie (alle cijfers in kg per ton PO₄³⁻)

	GWP (kg CO ₂ -eq)	Ozonlaagaantasting (kg CFK11-eq)	Zomersmog (kg C ₂ H ₄ -eq)	Verzuring (kg SO ₂ -eq)	Vermesting (kg PO ₄ -eq)	Verspreiding (kg PM ₁₀ -eq)	Finale afval (kg)
Maximale milieubelasting				4,72	17,46	29,17	
Minimale milieubelasting					0,63	0,08	
Gemiddelde				2,36	2,04	0,51	5.000

B.3 Indirecte milieubelasting

Productie van ruw fosforzuur vergt de inzet van 2,0 ton - 2,5 ton erts per ton H₃PO₄. Op basis van gegevens voor de winning van Kovdor-erts (zie [Bello, Croezen, Vroonhof, 2003] en [Potjer, 2000]) is onderstaande schatting van emissies naar lucht gemaakt.

Tabel 13 Emissies door fosfaatertswinning (alle cijfers in kg/ton P)

	Fosfaatertswinning
Emissies naar lucht	
CO ₂	1,4E+03
SO ₂	1,6 ^E +01
NO _x	1,8 ^E +01

Omrekenen naar milieuthema's geeft de in Tabel 14 gegeven bijdragen.

Tabel 14 Bijdragen aan milieuthema's door fosfaaterts winning en transport (alle cijfers in kg per ton PO₄³⁻)

	GWP (kg CO ₂ -eq)	Ozonlaagaantasting (kg CFK11-eq)	Zomersmog (kg C ₂ H ₄ -eq)	Verzuring (kg SO ₂ -eq)	Vermesting (kg PO ₄ -eq)	Verspreiding (kg PM ₁₀ -eq)	Finaal afval (kg)
Fosfaatertswinning	455		0,2	9	0,8	6	

Bij productie van ruw fosforzuur worden verder geen extern geproduceerde hulpstoffen ingezet. Aangezien de zwavel geproduceerd is uit een reststof van de raffinaderijen en warmte en elektriciteit is hiervoor geen extra milieubelasting in rekening gebracht.

B.4 Uitgespaarde milieubelasting

De door de productie van kiezelzuur uitgespaarde milieubelasting kon door gebrek aan gegevens helaas niet worden gekwantificeerd.

Er is naast de afzet van kiezelzuur nog een mogelijkheid dat milieubelasting wordt uitgespaard, namelijk wanneer het geproduceerde fosforgips kan worden afgezet als vervanger van natuurlijk gips. Prayon Engin bijvoorbeeld kan 60% van het geproduceerde gips in de vorm van hemihydraat afzetten bij de bouwmaterialen industrie.

Uitsparen van natuurgips is in deze studie echter niet relevant gezien het feit dat de drie leveranciers van ruw zuur het gips volledig opslaan op land.

B.5 Totale milieubelasting

Samenvoegen van de gegevens uit Tabel 12 en Tabel 14 geeft de in Tabel 15 geaggregeerde bijdragen aan de beschouwde milieuthema's.

Tabel 15 Geschatte maximale totale bijdragen aan beschouwde milieuthema's per eenheid ruw fosforzuur (alle cijfers in kg per ton PO₄³⁻), omvangrijke emissies naar water bij ruw zuur productie

	GWP (kg CO ₂ -eq)	Ozonlaagaantasting (kg CFK11-eq)	Zomersmog (kg C ₂ H ₄ -eq)	Verzuring (kg SO ₂ -eq)	Vermesting (kg PO ₄ -eq)	Verspreiding (kg PM ₁₀ -eq)	Finaal afval (kg)
Erts winning	455		0,2	9	0,8	6	
Directe bijdragen				2,36	2,04	0,51	5.000
Totaal	455		0,17	11,7	2,8	6,5	5.000

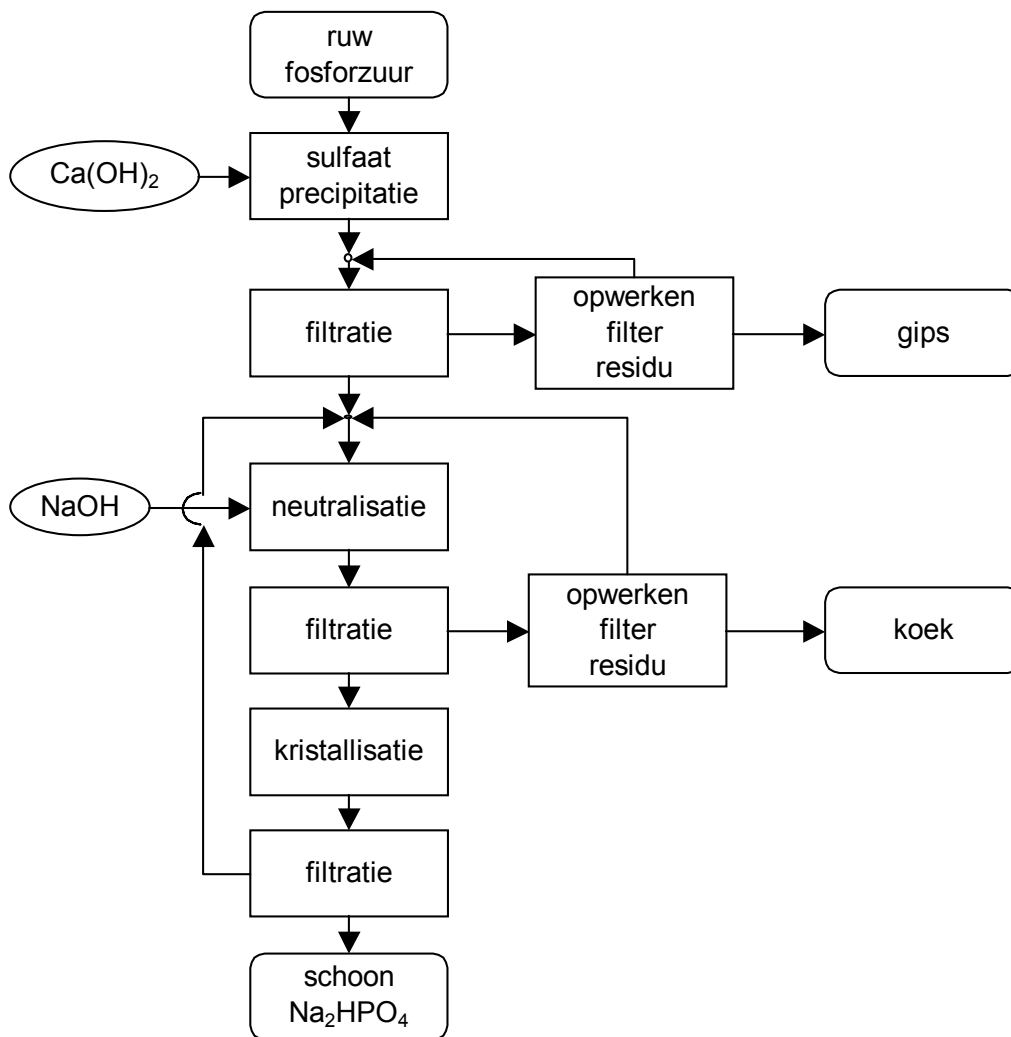


C Natzuurreiniging van ruw zuur bij Thermphos

C.1 Proces opbouw

De reiniging van ingekocht ruw fosforzuur bij Thermphos is gegeven in Figuur 6.

Figuur 7 Ruw zuur zuivering bij Thermphos



Het aangekochte ruw zuur wordt gedesulfateerd door toevoeging van gebluste kalk, waarna de gips neerslag wordt afgefilterd en wordt nabehandeld om verlies van H_3PO_4 te minimaliseren en met het oog op de afzet van het gips zelf (grondstof voor champignon substraat). In het gips worden ook fluoride (als CaF_2 neerslag) en een deel van het in het ruw zuur aanwezige aluminium en magnesium afgevoerd.

Vervolgens wordt de H_3PO_4 door toevoeging van NaOH omgezet in Na_2HPO_4 . Daarbij neemt de pH van de oplossing toe tot 9. De oplossing is op dit punt dusdanig basisch dat metalen en overgebleven calcium neerslaan. De neerslag wordt in een tweede filtratiestap afgescheiden, waarna de filterkoek weer wordt behandeld (gespoeld) om verlies van fosfor te minimaliseren. De koek wordt aan de sinterinstallatie van het thermische productieproces geleverd.

C.2 Beschouwing in deze studie, de beschouwde relevante parameters

In deze studie is enkel de massabalans over het proces beschouwd. De aangehouden massabalans is in Tabel 16 gegeven en is opgesteld aan de hand van de principes van het reinigingsproces en aan de hand van de samenstellingen van de restproducten van het zuiveringsproces.

Tabel 16 Massabalans over het reinigingsproces

	Gips	Filterkoek	Product
PO_4^{3-}		1%	99%
SO_4^{2-}	100%		
F^-	100%		
Ca^{2+}			
Al^{3+}	1/3	2/3	
Fe^{3+}		100%	
Mg^{2+}		100%	
Na^+			
Mn^{2+}		100%	
V^{5+}		100%	
Cd^{2+}		100%	
Zn^{2+}		100%	

Aangenomen is dat de massabalans voor ruwzuur en voor retourzuur gelijk is, ondanks de sterk afwijkende samenstelling van beide tussenproducten. De aanname is dat retourzuur niet batchgewijs wordt verwerkt, maar wordt verwerkt in combinatie met een veel grotere hoeveelheid ruw zuur. Volgens [Huisinga, Hoogenkamp, september] wordt per jaar 40.000 tot 75.000 zuur verwerkt. Aangenomen is dat de hoeveelheid retourzuur zo klein is dat het geen invloed heeft op het gedrag van de verschillende zuur componenten in het reinigingsproces en dat daarom voor retourzuur dezelfde verdeling over productstromen mag worden aangehouden als voor ruw zuur.

Combinatie met de samenstelling van ruw zuur en retourzuur geeft de volgende grondstof specifieke balansen.

Tabel 17 Massabalans over het reinigingsproces voor ruw fosforzuur

	Input	Gips	Filterkoek	Product
PO ₄ ³⁻	59,6		0,6	59,0
SO ₄ ²⁻	58,8	58,8		
F ⁻	0,0	0,0		
Ca ²⁺		24,6		
Al ³⁺	0,0	0,0	0,0	
Fe ³⁺	0,2		0,2	
Mg ²⁺	0,6		0,6	
Na ⁺				
Mn ²⁺	0,0		0,0	
V ⁵⁺	0,0		0,0	
Cd ²⁺	0,0		0,0	
Zn ²⁺	0,0		0,0	
	153,2	105,4	1,4	59,0

Tabel 18 Massabalans over het reinigingsproces voor retourzuur

	Input	Gips	Filterkoek	Product
PO ₄ ³⁻	59,6		0,6	59,0
SO ₄ ²⁻	58,8	58,8		
F ⁻				
Ca ²⁺		24,6		
Al ³⁺	3,6	1,2	2,4	
Fe ³⁺	0,0		0,0	
Mg ²⁺	0,0		0,0	
Na ⁺				
Mn ²⁺				
V ⁵⁺				
Cd ²⁺				
Zn ²⁺				
	122,0	106,6	3,0	59,0

De massabalans voor ruw zuur is afgestemd op de massabalans voor retourzuur. Er is uitgegaan van de inzet van dusdanige hoeveelheid ruw zuur die dezelfde hoeveelheid Na₂HPO₄ oplevert als het aanbod retourzuur.



C.3 Verbruiken en resulterende indirecte milieubelasting

C.3.1 Omvang van verbruiken aan hulpstoffen

Voor de behandeling van ruw zuur en retourzuur wordt CaO verbruikt. Aangezien de samenstelling van beide grondstoffen verschilt zal ook het verbruik van CaO verschillen.

De consumptie van CaO wordt bepaald door de concentratie van SO_4^{2-} en in mindere mate van F^- in de grondstof. CaO reageert met SO_4^{2-} onder de vorming van gips. De specifieke consumptie bedraagt 570 kg CaO per ton SO_4^{2-} en 1.463 kg CaO per ton F^- .

In deze studie is aangenomen dat geen overmaat aan CaO wordt gebruikt en dat de verbruikte CaO volledig reageert met SO_4^{2-} . Bij deze benadering bedraagt de jaarlijkse CaO consumptie bij verwerking van het retourzuur $58,8 \times 0,57 \approx 34,3$ ton per jaar (zie voor hoeveelheid SO_4^{2-} Tabel 18). Bij verwerking van de overeenkomstige hoeveelheid ruw zuur wordt $(58,8 \times 0,57 + 0,029 \times 1,463) = 34,4$ ton CaO geconsumeerd.

Aangezien de behandeling van retourzuur en ingekocht ruw zuur ongeveer dezelfde verbruiken aan elektriciteit en warmte vergt [Bremen, 2004], is dit aspect verder buiten beschouwing gelaten.

Wel is transport van ruw zuur en van retourzuur meegenomen. Voor ruw zuur is uitgegaan van transport over een afstand van 6.000 kilometer per schip [Bremen, 2004]. Voor transport van retourzuur is conform de praktijk uitgegaan van wegvervoer over een afstand van 310 kilometer.

Daarnaast dient bij verwerking van ruw zuur rekening te worden gehouden met inkoop van extern geproduceerd H_2SO_4 . Volgens opgave door Thermphos wordt het aangekochte H_2SO_4 geproduceerd bij een fabrikant in Duitsland. De producent is een dedicated producer en niet een bedrijf – zoals een kopersmelter – waar de H_2SO_4 als een bijproduct vrijkomt. Voor zover bij CE bekend is de enige 'sulfur burner' in Duitsland de zwavelzuurfabriek van BASF in Ludwigshaven (zie [BAT H_2SO_4 , 1999]). Deze fabriek emitteert slechts 0,65 kg SO_2 /ton H_2SO_4 naar de lucht. Er zal daarnaast elektriciteit worden geproduceerd uit de bij de verbranding van de zwavel vrijkomende warmte. Op basis van het soort installatie bij BASF Ludwigshaven en de enthalpiebalans over dit soort installaties wordt door ingeschat dat er circa 0,8 GJ_e /ton H_2SO_4 wordt geproduceerd. Met levering van deze geproduceerde elektriciteit aan het openbare net zal elektriciteitproductie door elektriciteitcentrales worden uitgespaard. Daardoor is de inkoop van H_2SO_4 eigenlijk een manier om de milieubelasting (enigszins) te reduceren.

C.3.2 Aan verbruiken gerelateerde indirecte milieubelasting

Combinatie met de in Bijlage F gegeven specifieke bijdragen per eenheid hulpstof geeft de in onderstaande tabellen gegeven jaarlijkse bijdragen aan de beschouwde milieuthema's bij inzet van retourzuur of een equivalente hoeveelheid ruw zuur.

Tabel 19 Opbouw indirecte milieubelasting bij verwerking van retourzuur (alle bijdragen in kg equivalent per jaar)

	GWP (kg CO ₂ -eq)	Ozonlaagaantasting (kg CFK11-eq)	Zomersmog (kg C ₂ H ₄ -eq)	Verzuring (kg SO ₂ -eq)	Vermesting (kg PO ₄ -eq)	Verspreiding (kg PM ₁₀ -eq)	Finaal afval (kg)
CaO consumptie	57.388	1,5E-04	13,9	346	29	29	3
H ₂ SO ₄ consumptie							
Transport van ruw zuur	2.887		1,62	18,47	4,56	37,83	
Netto bijdrage kalksteenwinning voor champignon teelt*	-962		-1	-6	-2	-13	
	60.275	0	15	364	34	67	3

Tabel 20 Opbouw indirecte milieubelasting bij verwerking van een equivalente hoeveelheid ruw zuur (alle bijdragen in kg/jaar)

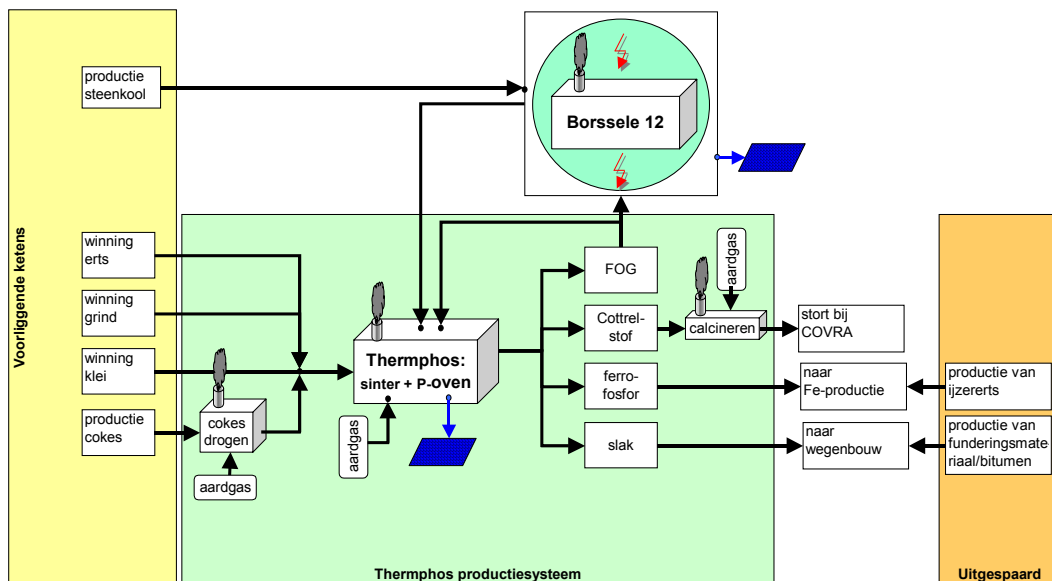
	GWP (kg CO ₂ -eq)	Ozonlaagaantasting (kg CFK11-eq)	Zomersmog (kg C ₂ H ₄ -eq)	Verzuring (kg SO ₂ -eq)	Vermesting (kg PO ₄ -eq)	Verspreiding (kg PM ₁₀ -eq)	Finaal afval (kg)
CaO consumptie	57.460	1,5E-04	13,87	345,93	29,46	28,97	2,9E+00
H ₂ SO ₄ consumptie	-8.796		-0,45	33,61	-1,17	-41,2	-3,1
Transport van ruw zuur	27		0,03	0,69	0,08	0,6	
Netto bijdrage kalksteenwinning voor champignon teelt*	-952		-1	-6	-2	-12	
	47.739	0	13	374	27	-24	-0,2

D Verwerking van filterkoek bij Thermphos

D.1 Procesbeschrijving

De filterkoek van de natzuur reiniging wordt – met het oog op terugwinning van fosfor – toegevoegd aan de grondstoffen van het thermische fosfor productie proces bij Thermphos. In Figuur 8 is de globale opbouw daarvan weergegeven.

Figuur 8 Globaal processchema voor thermische productieroute van fosfor bij Thermphos



De grondstoffen worden eerst tot een soort knikkers gesinterd in overns, die worden ondervuurd met aardgas en fosforovengas. De fosfor in de knikkers wordt vervolgens in een elektro-oven onder toevoeging van cokes gereduceerd van fosfaat tot elementaire fosfor. Daarnaast worden een slak en een ijzerrijke fractie (ferrofosfor) gevormd. De cokes wordt geoxideerd tot CO, dat als fosforovengas (FOG) ontwijkt. Een groot deel wordt als gezegd gebruikt voor het sinterproces. Een ander deel wordt afgezet bij de kolencentrale Borssele 12. Uit het FOG afgevangen vliegias (bij Thermphos Cottrelstof genoemd) wordt gecalcineerd en vervolgens als licht radioactief materiaal bij COVRA opgeslagen.

Tabel 26 geeft de massabalans over het proces (zie [Bello, Croezen, Vroonhof, 2003]).

Tabel 21 Verdeling van componenten over thermische productieproces bij Thermphos

	Slak	Ferfosfor	Cotrell calcinaat	Lucht	Fosfor
PO ₄ ³⁻	5%				95%
Al ³⁺	100%				
Fe ³⁺		100%			
Mg ²⁺	100%				
Mn ²⁺	90%	10%			
V ⁵⁺		100%			
Cd ²⁺	21%		77%	2%	
Zn ²⁺	21%		77%	2%	

Combinatie van de verdeling met de samenstelling van de bij reiniging van retourzuur en ruw zuur geproduceerde filterkoeken geeft de in Tabel 22 en Tabel 23 gegeven massabalansen. Voor de samenstelling van de filterkoek wordt verwezen naar Tabel 17 en Tabel 18 uit Bijlage C.2.

Tabel 22 Massabalans voor filterkoek geproduceerd bij zuivering van retourzuur (alle getallen in ton/jaar)

	Slak	Ferfosfor	Cotrell calcinaat	Lucht	Fosfor
PO ₄ ³⁻	0,03				0,57
Al ³⁺	2,40				
Fe ³⁺		0,01			
Mg ²⁺	0,02				
Mn ²⁺					
V ⁵⁺					
Cd ²⁺					
Zn ²⁺					
Totaal	2,45	0,01			

Tabel 23 Massabalans voor filterkoek geproduceerd bij zuivering van ruw zuur (alle getallen in ton/jaar)

	Slak	Ferfosfor	Cotrell calcinaat	Lucht	Fosfor
PO ₄ ³⁻	0,03				0,57
Al ³⁺	0,03				
Fe ³⁺		0,20			
Mg ²⁺	0,60				
Mn ²⁺	0,01	0,00			
V ⁵⁺		0,02			
Cd ²⁺	0,00		0,00	0,00	
Zn ²⁺	0,00		0,02	0,00	
Totaal	0,67	0,22	0,02		



D.2 Milieubelasting, direct en indirect

In paragraaf D.3 wordt eerst uitgelegd waarom enkel inzet van aardgas bij sinteren, verbruik van elektriciteit in de fosforoven en de aan afzet van slak en ferfosfor gerelateerde milieubelasting zijn beschouwd. In paragraaf D.4 wordt een schatting gegeven van het elektriciteitsverbruik. In paragraaf D.5 worden de bijdragen aan de beschouwde milieuthema's bepaald.

D.2.1 Verdisconteerde processen

Conform Figuur 7 en de massabalansen in Tabel 22 en Tabel 23 dient milieubelasting te worden verdisconteerd, die is gerelateerd aan:

- het verbruik van aardgas bij het sinteren van de filterkoek;
- het verbruik van elektriciteit voor het insmelten van de andere elementen uit de filterkoek dan fosfor in slak of ferfosfor;
- de afzet van ferfosfor en slak;
- de emissies naar lucht van diverse zware metalen uit de filterkoek.

De reductie van fosfaat naar fosfor door de reactie met de aan het proces toegevoegde cokes is buiten beschouwing gelaten. Zoals uit de massabalansen in Tabel 22 en Tabel 23 blijkt wordt in geval van filterkoek van ruw zuur of van retourzuur – vanwege de gemaakte aannames – een zelfde hoeveelheid fosfor aan het thermische proces aangeboden en wordt een zelfde hoeveelheid elementair fosfor gebruikt. Op dit punt is er dus geen onderscheid tussen beide routes. De gemaakte aannames voeren tot dit resultaat omdat:

- wordt aangenomen dat voor ruw zuur en retourzuur dezelfde massabalans over het zuiveringsproces kan worden aangehouden;
- wordt aangenomen dat voor de bij reiniging van retourzuur en ruw zuur gevormde filterkoek dezelfde massabalans kan worden aangehouden;
- de vergelijking is uitgevoerd voor een bepaalde hoeveelheid retourzuur en voor een hoeveelheid ruw zuur, die dezelfde hoeveelheid Na_2HPO_4 oplevert en (zie voorgaande twee aannames) ook dezelfde hoeveelheid P uit het thermische proces oplevert.

Omdat dit aspect buiten beschouwing kan worden gelaten, kan ook worden gesteld dat er ook geen rekening hoeft te worden gehouden met de inzet van FOG bij sinterovens of kolencentrale.

D.2.2 Verbruiken van elektriciteit en aardgas

Aardgas

Het aardgasverbruik bedraagt circa 670 MJ per ton gesinterde droge stof. Er is geen rekening gehouden met eventuele verschillen in het vochtgehalte van de filterkoeken en de 'reguliere' grondstoffen van het sinterproces (erts, grind, cokes, klei) en daaruit voortvloeiende verschillen in energieverbruik. Eventuele verschillen zijn door gebrek aan informatie over het percentage droge stof van de 'reguliere' grondstoffen niet te kwantificeren.

Het resulterende jaarverbruik bij verwerking van retourzuur bedraagt $0,67 \times 1,4 = 0,95$ GJ/jaar. Voor de sintering van de bij verwerking van een equivalente hoeveelheid ruw zuur geproduceerde hoeveelheid filterkoek is $3,0 \times 0,67 = 2,02$ GJ nodig.

Elektriciteit

De omvang van het elektriciteitsverbruik voor het verwerken van de filterkoek in de fosforoven is geschat aan de hand van de geproduceerde hoeveelheden slak en ferrofosfor. Het elektriciteitsverbruik gerelateerd aan de reductie van fosfaat tot fosfor is buiten beschouwing gelaten, omdat de omvang van dit verbruik voor retourzuur en ruw zuur gelijk is.

De bepaling van het elektriciteitsverbruik is gegeven in Tabel 24 en Tabel 25.

Tabel 24 Bepaling elektriciteitsverbruik bij verwerking van de bij reiniging van retourzuur gevormde filterkoek

	Hoeveelheid (ton/jaar)	Temperatuur (in °C)	Cp (kJ/kg·°C)	Energieverlies elektro-oven (% van input)	Energieverbruik (GJ _e /jaar)
Slak	2,45	1350	1,1	18%	4,44
Ferrofosfor	0,01	1350	1,1	18%	0,01
					4,45

Tabel 25 Bepaling elektriciteitsverbruik bij verwerking van de bij reiniging van ruw zuur gevormde filterkoek

	Hoeveelheid (ton/jaar)	Temperatuur (in °C)	Cp (kJ/kg·°C)	Energieverlies elektro-oven (% van input)	Energieverbruik (GJ _e /jaar)
Slak	2,45	1350	1,1	18%	4,44
Ferrofosfor	0,01	1350	1,1	18%	0,01
					4,45

D.2.3 Bijdragen aan milieuthema's

Combinatie van de geconsumeerde hoeveelheden aardgas en elektriciteit en de afgezette hoeveelheden ferrofosfor en slak (zie Bijlage F) met de bijdragen per eenheid energiedrager en secundaire grondstof – zoals gegeven in Bijlage F – geven de in Tabel 26 en Tabel 27 gegeven bijdragen aan de beschouwde milieuthema's.

Tabel 26 Bijdragen gerelateerd aan de verwerking van de bij reiniging van retourzuur geproduceerde filterkoek (alle kentallen in kg equivalent/jaar)

	GWP (kg CO ₂ -eq)	Ozonlaagaantasting (kg CFK11-eq)	Zomersmog (kg C ₂ H ₄ -eq)	Verzuring (kg SO ₂ -eq)	Vermesting (kg PO ₄ -eq)	Verspreiding (kg PM ₁₀ -eq)	Finaal afval (kg)
Directe emissies							
Elektriciteitconsumptie	1.101		0,04	1,5	0,20	1,6	
Aardgasinzet voor sinteren	113		0,02	0,3	0,09	0,7	
Afzet slak	-56		-0,009	-0,23	-0,040	-0,31	76
Afzet ferfosfor	-11		-0,001	-0,06	-0,005	-1,34	-1
	1.159		0,05	1,6	0,25	1,9	76

Tabel 27 Bijdragen gerelateerd aan de verwerking van de bij reiniging van ruw zuur geproduceerde filterkoek (alle kentallen in kg equivalent/jaar)

	GWP (kg CO ₂ -eq)	Ozonlaagaantasting (kg CFK11-eq)	Zomersmog (kg C ₂ H ₄ -eq)	Verzuring (kg SO ₂ -eq)	Vermesting (kg PO ₄ -eq)	Verspreiding (kg PM ₁₀ -eq)	Finaal afval (kg)
Directe emissies						3,7	
Elektriciteitconsumptie	399		0,016	0,54	0,073	0,56	
Aardgasinzet voor sinteren	53		0,009	0,16	0,042	0,32	
Afzet slak	-203		-0,032	-0,85	-0,147	-1,13	276
Afzet ferfosfor	-0,3		-3,2E-05	-1,5E-03	-1,5E-04	-3,7E-02	-1,5E-02
						3,7	



E Milieubelasting door transporten en neutralisatie van retourzuur

Volgens Thermphos dient retourzuur, wanneer het niet kan worden afgezet bij Thermphos, te worden geneutraliseerd met Ca(OH)_2 , waarna de daarbij ontstane neerslag wordt gestort. Ca(OH)_2 wordt geproduceerd door CaO met water te laten reageren (blussen van kalk). Transport vindt plaats over de weg over een afstand van 50 kilometer.

Neutralisatie betreft de reactie van Ca(OH)_2 met H_2SO_4 en H_3PO_4 in het retourzuur. Daarnaast vormen de metalen in het retourzuur naar verwachting hydroxiden. Gegeven de samenstelling van het retourzuur bedraagt de jaarlijkse consumptie van CaO circa 95 ton. De bepaling van de omvang van de consumptie is in Tabel 28 gegeven.

Tabel 28 Bepaling CaO consumptie voor neutralisatie van retourzuur

	Specifieke CaO consumptie (ton/ton)	Aanwezig in retourzuur (ton/jaar)	Consumptie bij retourzuur (ton/jaar)
PO_4^{3-}	0,89	59,6	52,8
SO_4^{2-}	0,58	58,8	34,3
Al^{3+}	3,12	2,4	7,5
Fe^{3+}	1,00	0,01	0,0
Mg^{2+}	2,31	0,02	0,0
Totaal			94,7

Neutralisatie geeft circa 207 ton/jaar aan te storten afval, zie Tabel 29.

Tabel 29 Bepaling te storten hoeveelheid neutralisatie product

	Aanwezig in retourzuur (ton/jaar)	Neutralisatieproduct	Verhouding massa ion: neutralisatieproduct	Hoeveelheid product (ton/jaar)
PO_4^{3-}	59,6	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	1,6	97,3
SO_4^{2-}	58,8	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1,8	105,4
Al^{3+}	2,4	Al(OH)_3	1,4	3,5
Fe^{3+}	0,01	Fe(OH)_3	160,9	1,0
Mg^{2+}	0,02	Mg(OH)_2	2,4	0,1
Totaal				207,2

Combinatie van transportafstand en consumptie van CaO met de bijdragen per eenheid aan de beschouwde milieuthema's (zie Bijlage F) geeft de in Tabel 35 gegeven totale jaarlijkse bijdragen.

Tabel 30 Opbouw jaarlijkse bijdragen bij neutralisatie en stort van retourzuur (alle kentallen in ton per jaar)

	GWP (kg CO ₂ -eq)	Ozonlaagaantasting (kg CFK11-eq)	Zomersmog (kg C ₂ H ₄ -eq)	Verzuring (kg SO ₂ -eq)	Vermesting (kg PO ₄ -eq)	Verspreiding (kg PM ₁₀ -eq)	Finaal afval (kg)
CaO consumptie	119.780	3,1E-04	29	721	61	60	6,1
Transport van retourzuur	3						
Bijdragen door storten							207.183
	119.783	3,1E-04	29	721	61	60	207.189

F Classificatiefactoren en schaduw prijzen en bijdragen per eenheid hulpstof

F.1 Classificatiefactoren

Tabel 31 geeft de aangehouden classificatiefactoren (zie [Bello, Croezen, Vroonhof, 2003], [Croezen, Bergsma, 2000]).

Tabel 31 Classificatiefactoren

	GWP (kg CO ₂ -eq)	Ozonlaagaantasting (kg CFC11-eq)	Zomersmog (kg C ₂ H ₄ -eq)	Verzuring (kg SO ₂ -eq)	Vermesting (kg PO ₄ -eq)	Verspreiding (kg PM ₁₀ -eq)	Finaal afval (kg)
Emissies naar lucht							
CO ₂	1,0						
CO			0,03			0,01	
SO ₂				1,2			
NO _x			0,03	0,5	0,1	1,0	
VOS	11		0,4				
Stof						1,0	
F						10	
Cd						80	
Zn						0,4	
Emissies naar water							
Cd						1.923	
Hg						12.808	
As						38	
Pb						18	
Zn						98	
Cu						1.033	
Ni						623	
Cr						47	
N					0,4		
P					3		
F						0,1	
Finaal afval							1

F.2 Schaduwprijzen

De schaduwrijzen per milieuthema zijn in Tabel 32 gegeven (zie [Davidson, 2002]).

Tabel 32 Schaduwprijzen

	GWP (kg CO ₂ -eq)	Ozonlaagaantasting (kg CFK11-eq)	Zomersmog (kg C ₂ H ₄ -eq)	Verzuring (kg SO ₂ -eq)	Vermesting (kg PO ₄ -eq)	Verspreiding (kg PM ₁₀ -eq)	Finaal afval (kg)
Schaduwrijzen	0,05	30	2,14	4,8	9	2,3	0,185

F.3 Bijdragen van hulpstoffen, energiedragers en transporten

De laatste tabel van deze bijlage geeft de specifieke bijdragen aan de beschouwde milieuthema's per eenheid hulpstof of energiedrager.

Tabel 33 Specifieke bijdragen per eenheid hulpstof of energiedrager

	GWP (kg CO ₂ -eq)	Ozonlaagaantasting (kg CFK11-eq)	Zomersmog (kg C ₂ H ₄ -eq)	Verzuring (kg SO ₂ -eq)	Vermesting (kg PO ₄ -eq)	Verspreiding (kg PM ₁₀ -eq)	Finaal afval (kg)
Processen bij of t.b.v. Thermphos							
Winning en transport van fosfaaterts (Kovdor erts)	1.366		0,5	28	2,3	18	
Productie van fosfor							
Slak afzet	-83,00		-0,01	-0,35	-0,06	-0,46	112,60
Ferrofosfor	-49,50		-0,01	-0,26	-0,02	-6,19	-2,47
Sinteren van grondstoffen	37,44		0,01	0,11	0,03	0,23	
Elektriciteit van Borssele 12	247,54		0,01	0,34	0,05	0,35	
Overige processen							
NaOH (50%)	1.499,41	0,00	0,27	7,29	0,37	6,81	98,13
CaO	1.264,97	0,00	0,31	7,62	0,65	0,64	0,06
Zee-transport	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	
wegvervoer	0,06		0,00	0,00	0,00	0,00	
Gips branden	2,80		0,00	0,00	0,00	0,01	

Gegevens voor processen met betrekking tot Thermphos komen uit [Bello, Croezen, Vroonhof, 2003] en [Davidson, 2002].

Gegevens voor transporten zijn ontleend aan [CE, RIVM, 2003]. Gegevens voor de productie van CaO en NaOH zijn gebaseerd op BUWAL 250 [BUWAL]. Voor gips branden wordt als gezegd verwezen naar [Bank, Venderbosch, 1997].

De bijdragen van enkele processen worden hieronder in aparte subparagrafen nader toegelicht.

F.3.1 Aardgasverbruik voor sinteren

De bijdragen gerelateerd aan de verbruiken van aardgas voor sinteren van de filterkoeken geproduceerd bij zuivering van retourzuur en ruw zuur en zijn bepaald aan de hand van bij CE en vergunningverlener bekende gegevens met betrekking tot de omvang van het energieverbruik bij de sinterovens en met betrekking tot de omvang van de emissies naar lucht bij de sinterovens.

Uit deze gegevens blijkt dat sinteren gemiddeld circa 670 MJ stookgas per ton droge stof kost. Als aangegeven in paragraaf 2.2 is aangenomen dat deze energiebehoefte in het geval van de filterkoek van de natzuur zuivering wordt gedekt door aardgas, aangezien voor de verwerking van de andere componenten dan fosfor uit de koek geen cokes nodig is. Aardgas heeft een specifieke CO₂-emissie van 56 kg/GJ.

Uit de beschikbare gegevens blijkt verder dat de specifieke emissie van NO_x circa 0,34 kg/GJ bedraagt.

Emissies van andere luchtverontreinigende stoffen zijn buiten beschouwing gelaten omdat niet kan worden ingeschat in welke mate de samenstelling van de brandstof van invloed is. Dit geldt vooral voor de emissies van CO₂ en koolwaterstoffen. Emissies van stof en zware metalen zijn verder buiten beschouwing gelaten omdat deze niet in aardgas aanwezig zijn en omdat de emissies vanuit de filterkoek zelf al zijn verdisconteerd in de massabalans over het proces (zie Bijlage B).

F.3.2 Wining van erts

Hier wordt uitgegaan van de gegevens uit [Vroonhof, Croezen, Weerd, 1997]. Dit betekent dat voor de winning van fosforerts voor TIBV wordt uitgegaan van Kovdorerts. Er zijn immers nog geen gegevens beschikbaar over de winning en transport van ertsen uit Algerije of Jordanië. De winning van erts uit Florida wordt buiten beschouwing gelaten omdat het nu maar 5% is van de totale ertsenmix.

Tabel 34 Milieukentallen winning fosforerts

CO ₂	1,366 kg/kg P
SO ₂	0,016 kg/kg P
NO _x	0,018 kg/kg P

De P₂O₅-gehalte van Kovdor erts komt overeen met 39%.

F.3.3 Wining van ijzererts

De milieukentallen voor de winning van ijzererts worden uit de SimaPro database gehaald na analyse van alle winnings- en transportprocessen.

Tabel 35 Milieukentallen winning ijzererts

CO ₂	49,5 gram/kg
SO ₂	0,135 gram/kg
NO _x	0,118 gram/kg
Dust	6 gram/kg
Finaal afval	2,47 gram/kg

F.3.4 Afzet fosforslak

De milieukentallen voor de afzet van fosforslak als funderingsmateriaal voor de fundering van wegen worden overgenomen van [Croezen, Bergsma, 2000].

Tabel 36 Milieukentallen afzet fosforslak voor wegenbouw

CO ₂	- 83 gram/kg
SO ₂	- 0,097 gram/kg
NO _x	- 0,46 gram/kg
Finaal afval	112,6 gram/kg

De inzet van fosforslak voorkomt het gebruik van andere funderingsmaterialen (vooral betongranulaat) en levert daardoor negatieve kentallen, als vermeden energieverbruik. Het levert echter extra finaal afval. Betongranulaat dat niet in de wegenbouw wordt gebruikt, wordt namelijk gebruikt in de betonindustrie als grindvervanger en moet daardoor eerst gewassen worden (wat niet nodig is als het als funderingsmateriaal wordt ingezet). Het slib van het wasproces moet vervolgens worden gestort. Het vermeden van dat grind is verdisconteerd in de milieueffecten en aan de inzet van fosforslak in de wegenbouw toegerekend [Croezen, Bergsma, 2000].

F.3.5 Borssele 12

De milieukentallen voor de productie van elektriciteit uit Borssele 12 worden in Tabel 37 weergegeven.

Voor CO₂ is uitgegaan van een specifieke emissie van 95 kg/GJ.

Tabel 37 Milieukentallen elektriciteitsproductie per centrale (ton/jaar)

Centrale	SO ₂ - emissie (ton/jaar)	NO _x (ton/jaar)	Brandstof inzet (TJ/jaar)	Elektrici- teits- productie (TJ/jaar)	SO ₂ - emissie kg/GJ	NO _x kg/GJ
G13	2.188	1.027	30.006	11.491	0,190	0,089
Hemweg 8	2.712	2.817	32.947	13.777	0,197	0,204
Maasvlakte 1	1.532	4.526	31.305	12.276	0,125	0,369
Maasvlakte 2	1.511	4.433	30.900	12.262	0,123	0,362
Borssele 12	1.263	3.247	24.239	9.302	0,136	0,349
Amer 81	1.771	5.299	25.141	9.212	0,192	0,575
Amer 91	2.648	4.754	38.254	14.994	0,177	0,317