

Tekniska processer för fosforåtervinning ur avloppsslam

Summering av rapport utarbetad inom utredning
M 2018:08, direktiv 2018:67

Erik Kärrman och Bo von Bahr

Fosfornätverket 2019-12-17

RISE Research Institutes of Sweden

**Samhällsbyggnad
Urban Water Management**



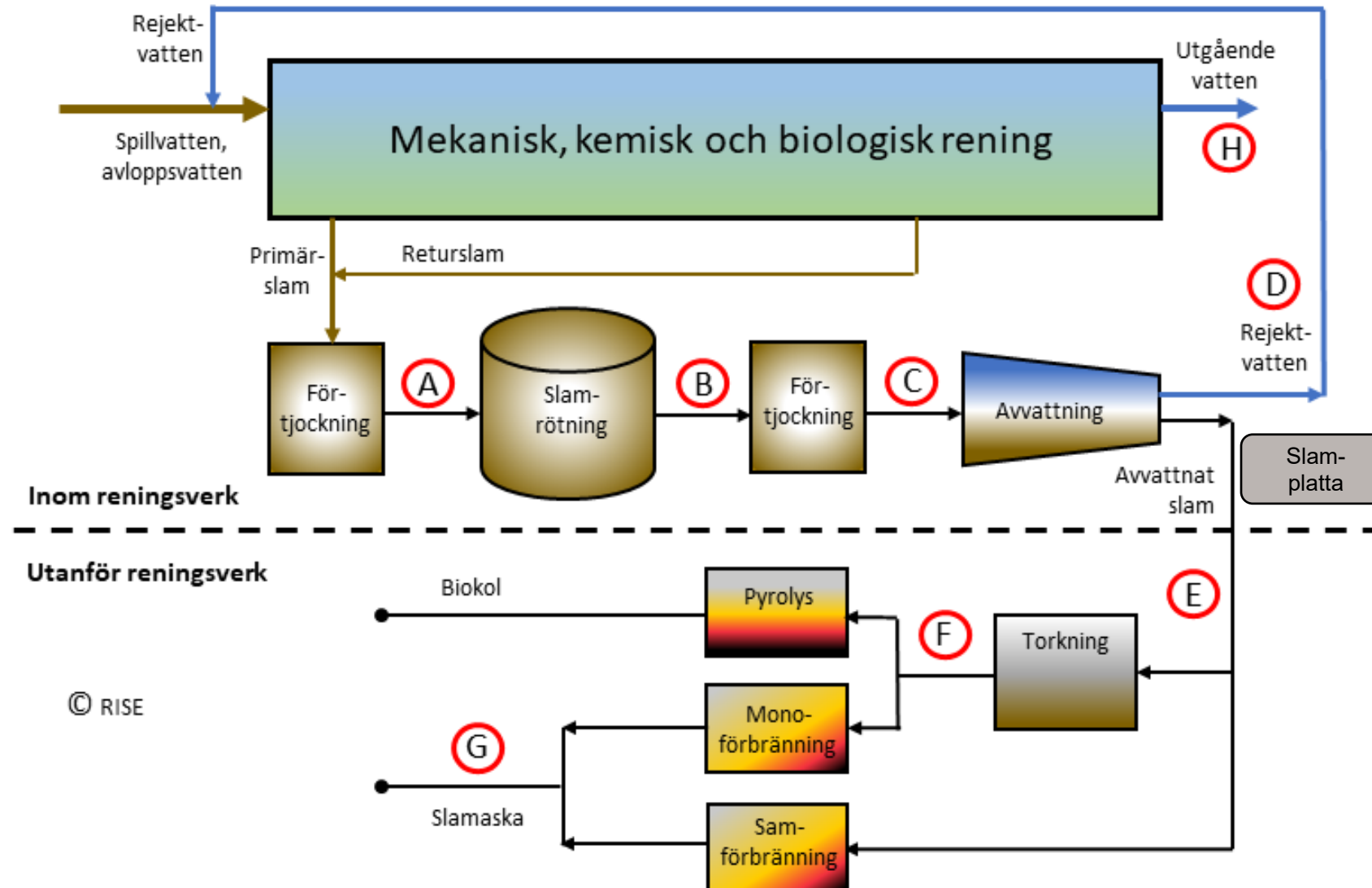
Summering

1. Ingen process uppfyller alla krav. Hög återvinning (> 90 %) av fosfor kräver pyrolys/förbränning, eller att man hanterar fler än ett flöde från ARV
2. Fosfor kommer ut i olika form, nästan inga andra makronäringsämnen följer med
3. LCA ger inga tydliga besked
4. Pyrolys är den enda process som återför kol till åkermarken
5. Giftfrihet uppnås för de flesta processer i fosforprodukt

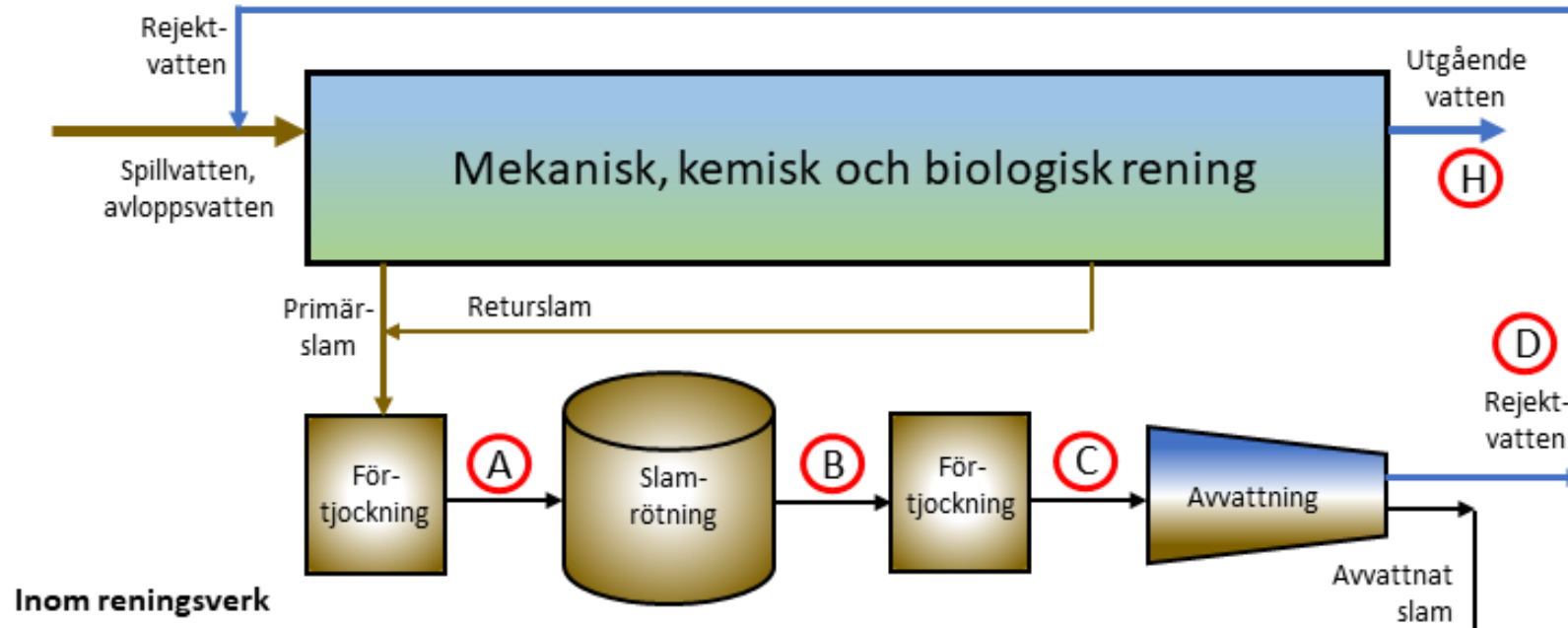
Begrepp

- Fosforåtervinningspotential - Andel av total fosfor som kommer in till ARV (avloppsreningsverket) som återvinns
- Kemisk/biologisk fosforrening - Det sätt som vilket fosfor avskiljs i avloppsreningsverket (ARV). Kemisk rening med fällningskemikalier är vanligast i Sverige.
- TRL, Technology Readiness Level - En skala utvecklad av NASA för att bedöma hur teknisk moget en produkt är, 1-9, 1=grundläggande principer observerade, 9=beprövat system, kommersiellt gångbart

Startpunkter för fosforåtervinning



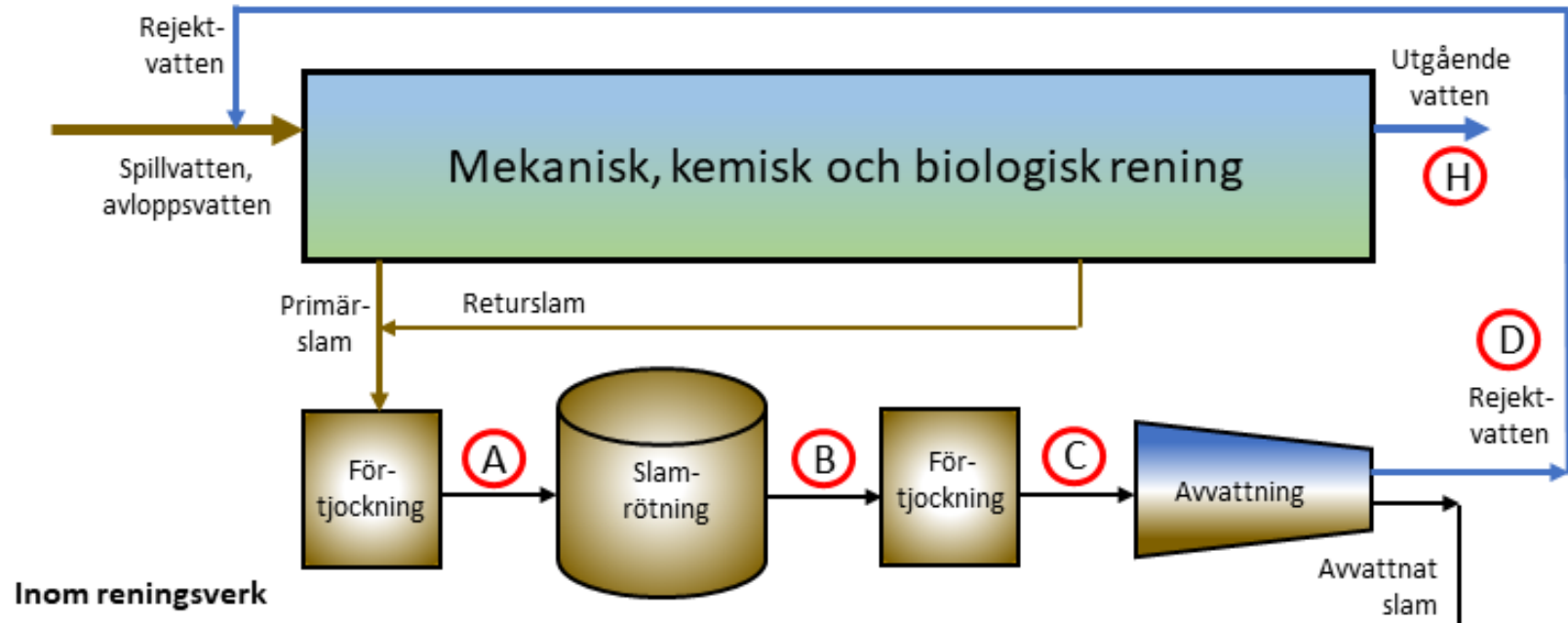
Startpunkt: inom avloppsreningsverk (A-H)



Inom reningsverk

- Begränsad fosforåtervinningspotential – max 25 % (struvit)
- Högre återvinning kräver utvinning ur återstående slamflöde
- Passar bara på ARV med biologisk P-fällning (vanligt utomlands)
- TRL=9, införs pga driftfördelar, ekonomiskt lönsam (lägre driftskostnader)

Startpunkt: inom avloppsreningsverk (A-H)



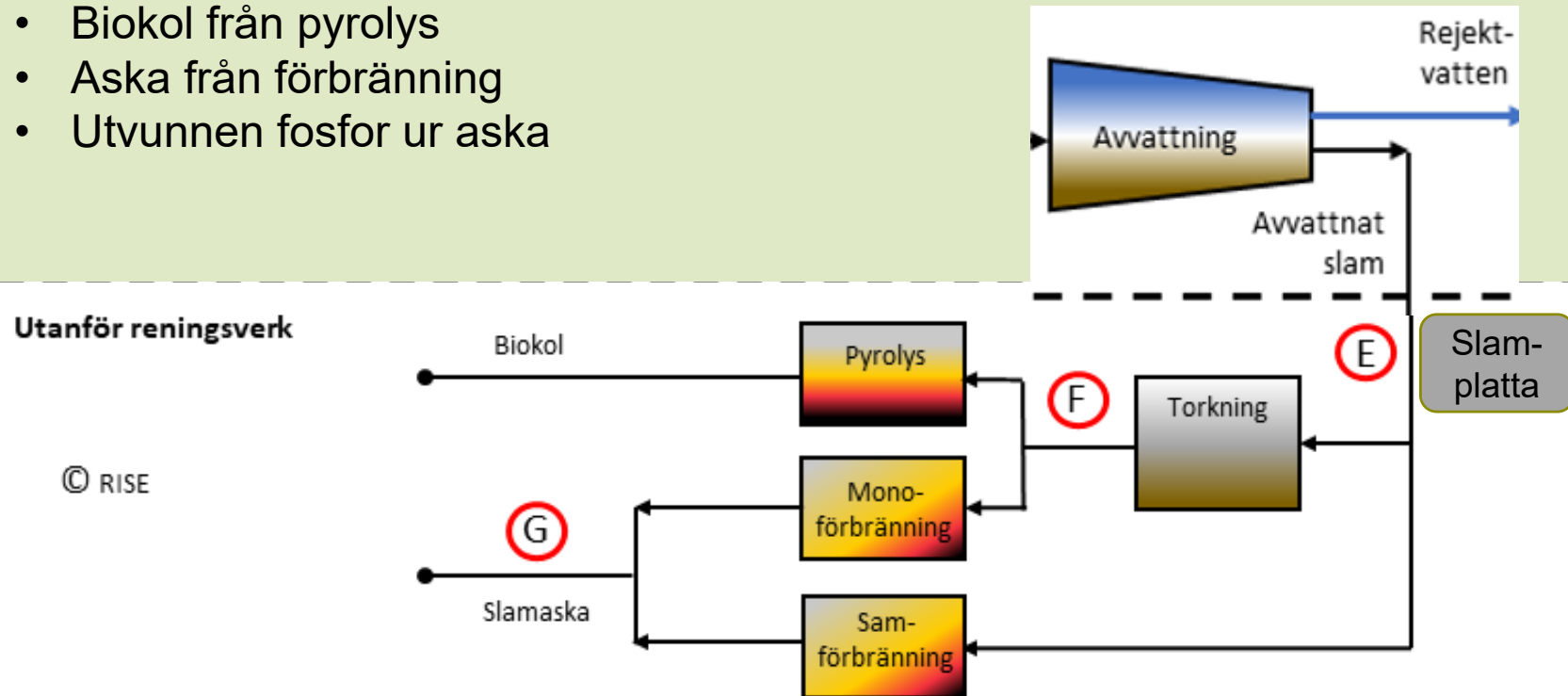
Inom reningsverk

- Begränsad fosforåtervinningspotential – max 25 % (struvit)
- Högre återvinning kräver utvinning ur återstående slamflöde
- Passar bara på ARV med biologisk P-fällning (vanligt utomlands)
- TRL=9, införs pga driftfördelar, ekonomiskt lönsam (lägre driftskostn)

Undantag:
RAVITA,
ExtraPhos

Startpunkt: utanför avloppsreningsverk (E-G)

- Hög fosforåtervinningspotential – över 90 %
- Oberoende av typ av fosforering (kemisk/biologisk)
- 3 huvudgrupper:
 - Biokol från pyrolys
 - Aska från förbränning
 - Utvunnen fosfor ur aska

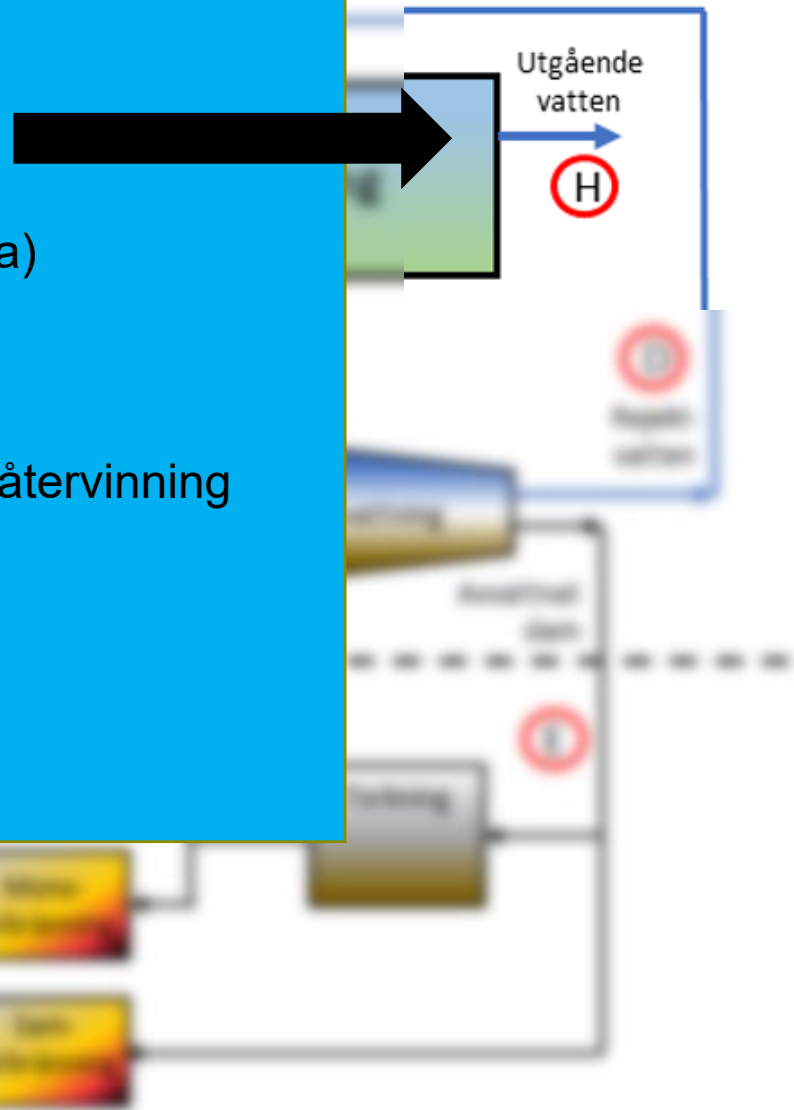


Startpunkter...undantag 1 av 3: RAVITA

RAVITA:

- Stökar om i ARV – tar fosforfällning sist
- Återvinningspotential: ca 60 % av P (fosforsyra)
- Passar bäst på ARV med kemisk fällning
- Finskt HSY - flaggskeppsprojekt inom näringsåtervinning
(KEMIRA har liknande projekt)
- Bioslam uppstår (med återstående P)

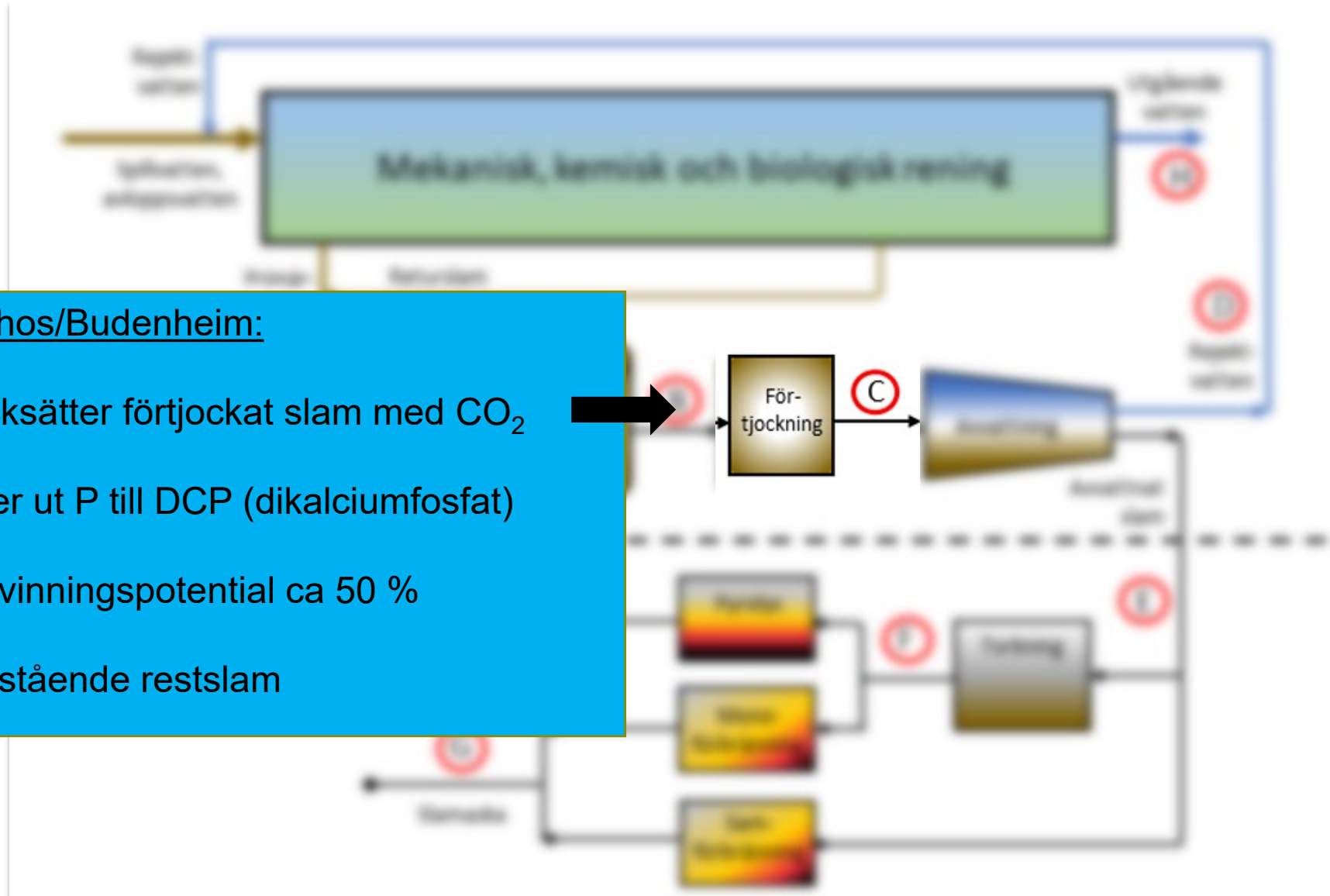
HSY = Helsinki Region Environmental Services Authority,
ett kommunförbund för VA-tjänster jämförbart med t ex NSVA



Startpunkter...undantag 2 av 3: ExtraPhos/Budenheim

ExtraPhos/Budenheim:

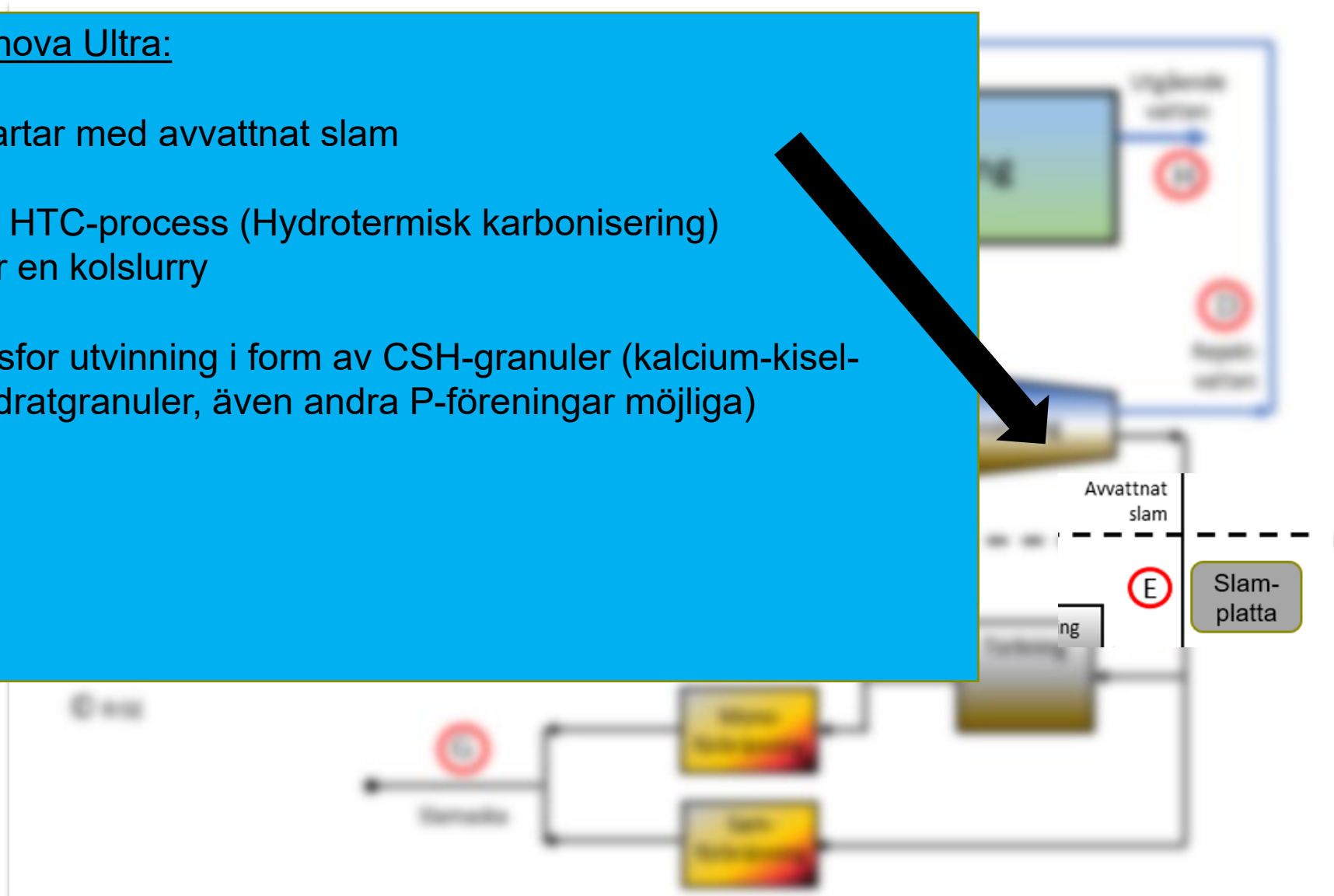
- Trycksätter förtjockat slam med CO_2
- Fäller ut P till DCP (dikalciumfosfat)
- Återvinningspotential ca 50 %
- Återstående restslam



Startpunkter...undantag 3 av 3: Terranova Ultra

Terranova Ultra:

- Startar med avvattnat slam
- En HTC-process (Hydrotermisk karbonisering) ger en kolslurry
- Fosfor utvinning i form av CSH-granuler (kalcium-kiselhydratgranuler, även andra P-föreningar möjliga)



Översikt över dessa sju kategorier/processer

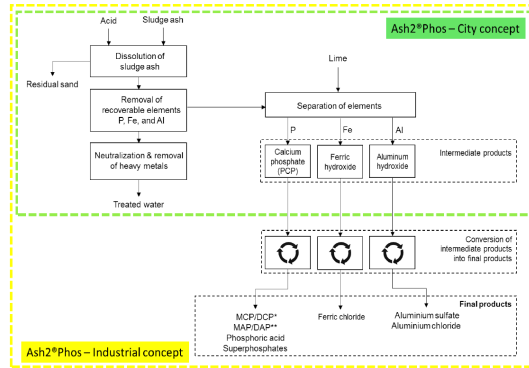
Beskrivning	Internt i ARV	Pyrolys/ biokol	Förbränning till aska	Fosforprodukt ur aska	RAVITA	ExtraPhos	Terranova Ultra
Startpunkt	A, B, C, D, H	F	F	G	H	C	E
Typ av fosfor som kommer ut	Struvit	Biokol	Fosforrik aska	Fosforsyra, Kalciumfosfat Ammoniumfosfat	Fosforsyra	Kalciumfosfat	CSH-granuler (andra P-former utvecklas)
Fosforåtervinningspotential	25 %	95 %	95 %	95 %	60 %	50 %	75 %
Förväntat intresse från lantbruk och/eller mineralgödselind.	Samma färgkodning som för trafikljus						
Teknikmognad							
Övriga kommentarer	Orealistiskt i Sverige pga så få verk med biologiskt fosforfällning, samtidigt som det mesta av slammet finns kvar	Kan tillämpas på många typer av organiskt avfall Återför även kol, ökar mullhalten*	Löser mest VA-sektorns kvittblivningsproblem, inte jordbrukets behov	Verkar vara den lösning som just nu har mest drivkraft (Tysk, Sv, Schw) där tre stora initiativ konkurrerar	Bra systemlösning, men fortfarande på utvecklingsstadiet	Intressant tysk lösning men verkar ha tappat fart i utvecklingsarbetet	Intressant tysk lösning som letar tillämpningar i Tyskland/Sverige

* **Mullhalt** = Mull är organisk substans i marken och organisk substans innehåller alltid kol. Ungefär 60% av mullen är kol. En vanlig mullhaltsbestämningsmetod är att man analyserar halten kol och multiplicerar med 1,7 för att få mullhalten.

Färg	TRL-nivå
	1-3
	4-6
	7-9

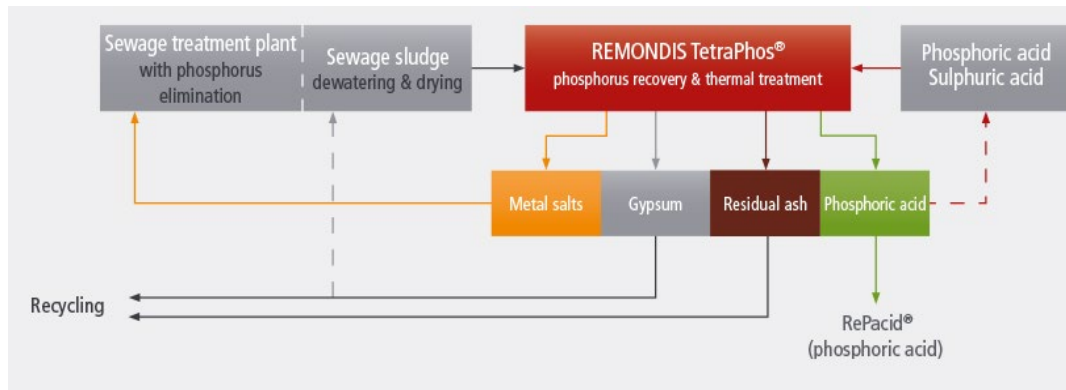
Tre konkurrerande askutvinningsprocesser

Ash2Phos



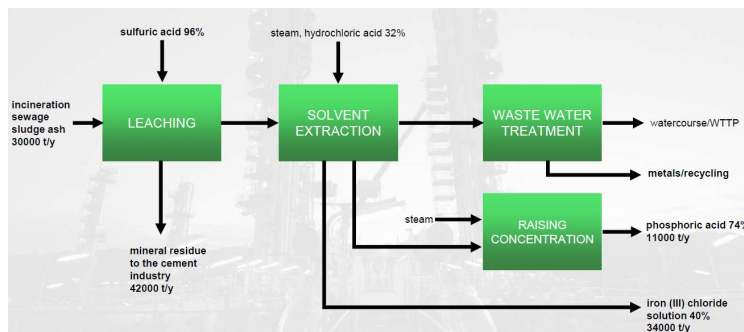
- Ragn-Sells/Easymining
- Svensk process
- Bygger anläggning i Helsingborg
- Tysk filial, projekt i Ty och Nederländerna
- **Saltsyra**

TetraPhos



- Remondis, stort tyskt bolag
- Bygger fullskala utanför Hamburg, 20 kton aska/år
- **Fosforsyra/svavelsyra**

Phos4Life¹



- ZAR, Schweiz-Spanskt konsortium
- Projekterar anläggning i Schweiz
- **Svavelsyra**

Ekonomiska aspekter

- Jämför med dagens kostnader!
200 – 700 kr/ton avvattnat slam (källa: Ragn-Sells)
- Kan utflöde av P från avloppsreningsverken ge ett inflöde av SEK?
 - RAVITA (fosforsyra)
 - Budenheim/ExtraPhos (kalciumfosfat)
 - Terranova Ultra (CSH-granuler mm)

Grad av avgiftning/giftfrihet, samt andra näringsämnen

- Avgiftningsgraden är hög för nästan alla processer!
 - Direktanvändning av askor innehåller mer metaller än P från övriga processer (dock ej Cd,Hg)
 - En del av processerna ger också ett restsлам (med koncentrerade föroreningar) som också måste hanteras på lämpligt sätt (pyrolys/förbränning?)
- Inget annat makronäringämne ”på köpet”

Summering

1. Ingen process uppfyller alla krav. Hög återvinning (> 90 %) av fosfor kräver pyrolys/förbränning, eller att man hanterar fler än ett flöde från ARV
2. Fosfor kommer ut i olika form, nästan inga andra makronäringsämnen följer med
3. LCA ger inga tydliga besked
4. Pyrolys är den enda process som återför kol till åkermarken
5. Giftfrihet uppnås för de flesta processer i fosforprodukt



KONTAKTINFORMATION:

Erik Kärrman

erik.karrman@ri.se

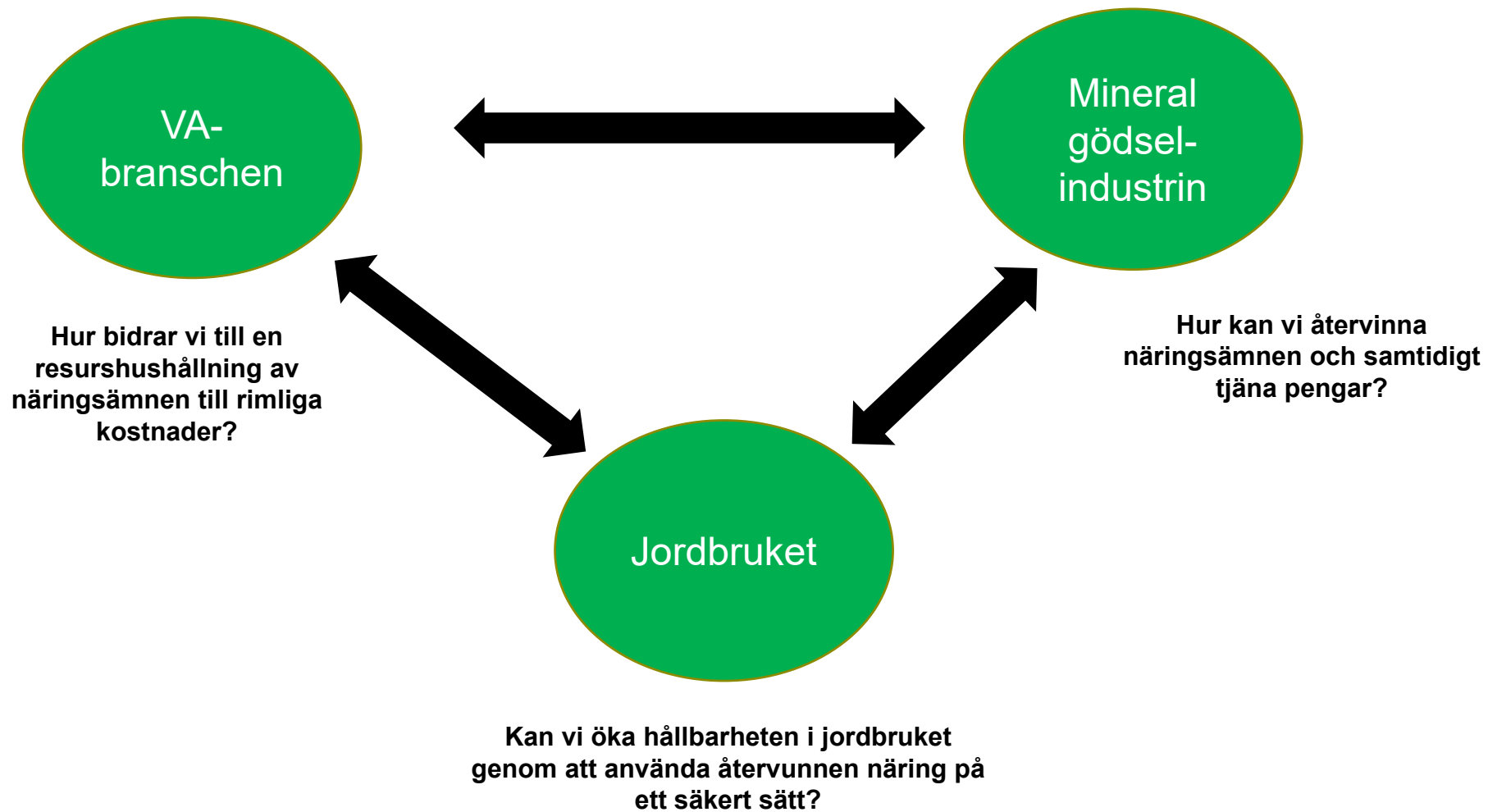
010-5166332

RISE Research Institutes of Sweden

**Samhällsbyggnad
Urban Water Management**



Systemperspektiv



Översikt över dessa sju kategorier/processer

Beskrivning	Internt i ARV	Pyrolys/ biokol	Förbränning till aska	Fosforprodukt ur aska	RAVITA	ExtraPhos	Terranova Ultra
Startpunkt	A, B, C, D, H	F	F	G	H	C	E
Typ av fosfor som kommer ut	Struvit	Biokol	Fosforrik aska	Fosforsyra, Kalciumfosfat Ammoniumfosfat	Fosforsyra	Kalciumfosfat	CSH-granuler (andra P-former utvecklas)
Fosforåtervinningspotential	25 %	95 %	95 %	95 %	60 %	50 %	75 %
Förväntat intresse från lantbruk och/eller mineralgödselind.	Samma färgkodning som för trafikljus						
Teknikmognad							
Fördelar	<ul style="list-style-type: none"> * Ekonmiskt lönsam (7-10år), * Minskar driftproblem 	<ul style="list-style-type: none"> * Den enda processen som ökar mullhalten i marken * Långsiktig P-källa * Klimatpositiv - binder in kol i marken 	<ul style="list-style-type: none"> * Hög P-återvinningspotential, över 95 %, * Återför spårämnen 	<ul style="list-style-type: none"> * Mkt väldefinerad produkt till lantbruk eller industri * Ger andra användbara utflöden 	<ul style="list-style-type: none"> * Intern metod, kräver inga andra aktörer * Funkar bra till verk med kemisk fosforfällning, * Kan ge direkt intäkt till ARV 	<ul style="list-style-type: none"> * Oberoende av biologisk/kemisk fosforering, * Inga kemikalier för att lösa ut fosfor 	<ul style="list-style-type: none"> * Avgiftning utan förbränning * Kan byggas i anslutning till ARV
Nackdelar	<ul style="list-style-type: none"> * Kräver biologisk fosforfällning, * Låg fosforåtervinnings-potential, * Återstående slam med låg fosforhalt 	<ul style="list-style-type: none"> * Oklar nytta som fosforgödselmedel 	<ul style="list-style-type: none"> * Oklar nytta som fosforgödselmedel (inget mull/C, bunden fosfor) 	<ul style="list-style-type: none"> * Kräver föregående torkning/ förbränning, * Kräver stor central anläggning, * Återför inget annat mull/kol mm 	<ul style="list-style-type: none"> * Kräver ombyggnad av ARV * Restslam uppstår som måste hanteras (pyrolys/förbrän?) * Återför ingen mull/kol 	<ul style="list-style-type: none"> * Måttlig fosforåtervinnings-potential * Återstående slam med låg fosforhalt 	<ul style="list-style-type: none"> * Återstående restkol med alla metaller (pyrolys/förbränning) * HTC-delen mer utvecklad än utvinning av P
Övriga kommentarer	Orealistiskt i Sverige pga så få verk med biologiskt fosforfällning, samtidigt som det mesta av slammet finns kvar	Kan tillämpas på många typer av organiskt avfall Återför även kol, ökar mullhalten*	Löser mest VA-sektorns kvittblivningsproblem, inte jordbrukets behov	Verkar vara den lösning som just nu har mest drivkraft (Tysk, Sv, Schw) där tre stora initiativ konkurrerar	Bra systemlösning, men fortfarande på utvecklingsstadiet	Intressant tysk lösning men verkar ha tappat fart i utvecklingsarbetet	Intressant tysk lösning som letar tillämpningar i Sverige