

Oslofjordkonferansen 16. Juni 2022



Sirkulære avløpsløsninger

om forurensning, løsninger og strategi

Petter D. Jenssen

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning (MINA)

Universitetet for miljø- og biovitenskap (NMBU)



Co-funded by the Horizon 2020 programme
of the European Union



Co-funded by the Chinese Ministry
of Science and Technology

SiEUGreen : Sino-European innovative green and smart cities (China – EU)

Vi fikk en stor torsk!

Deler av en 7-up boks & plastikk!



Full kloakk-krangel om Oslofjorden:- For dyrt

Regjeringen mener kommunene må betale. Kommunene mener regjeringen må ta regningen. Men tre kommuner skiller seg ut.



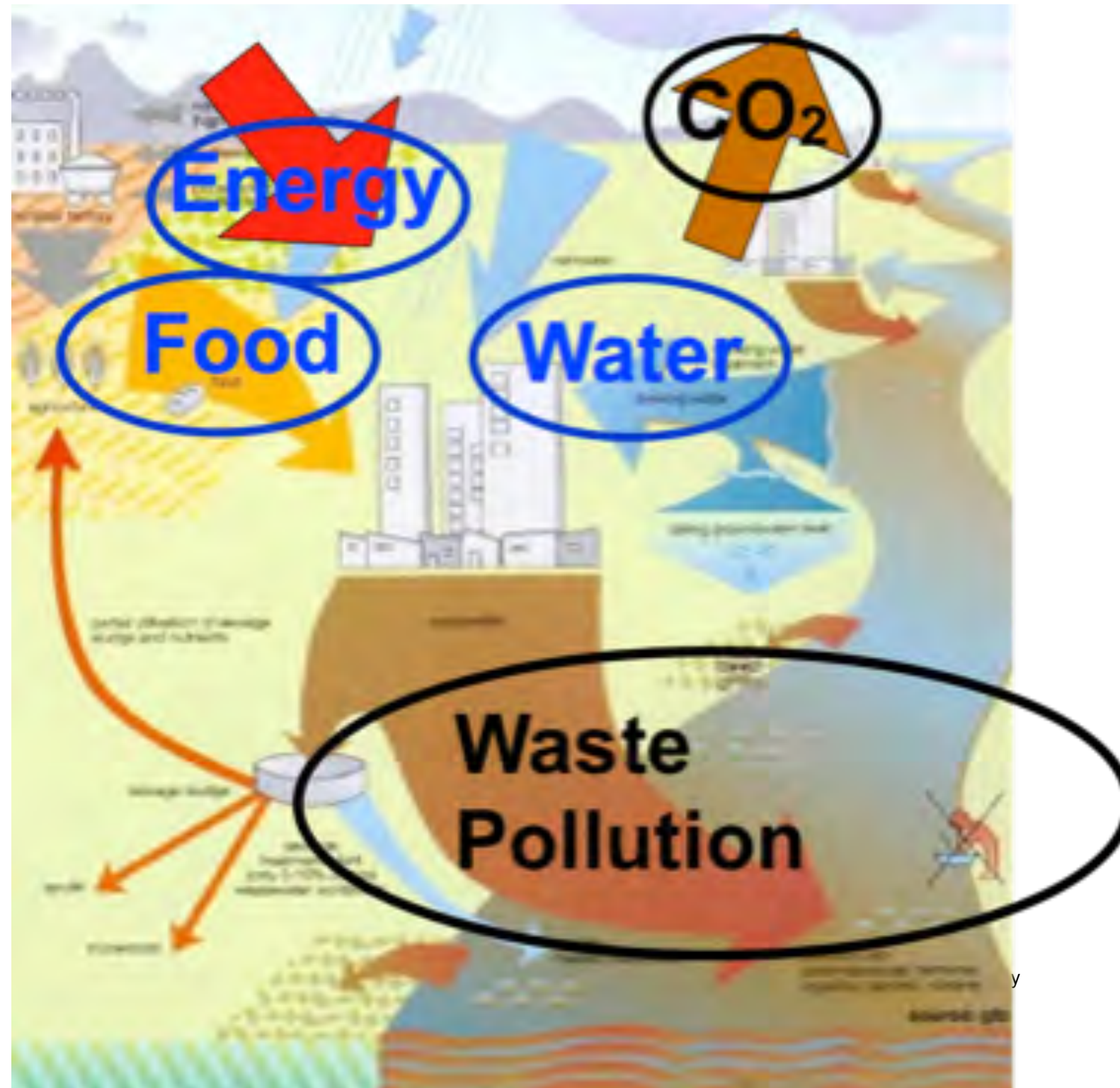
For mye Nitrogen

Tungmetaller

Organiske mikroforurensninger

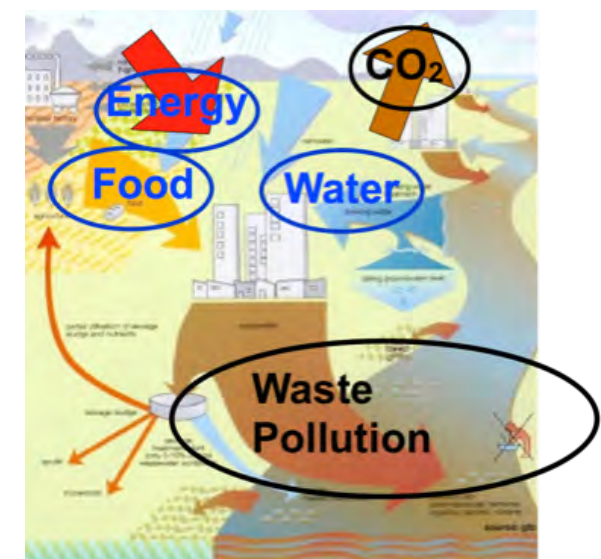
Dagbladet 24. Januar 2022

Lineær flyt av ressurser

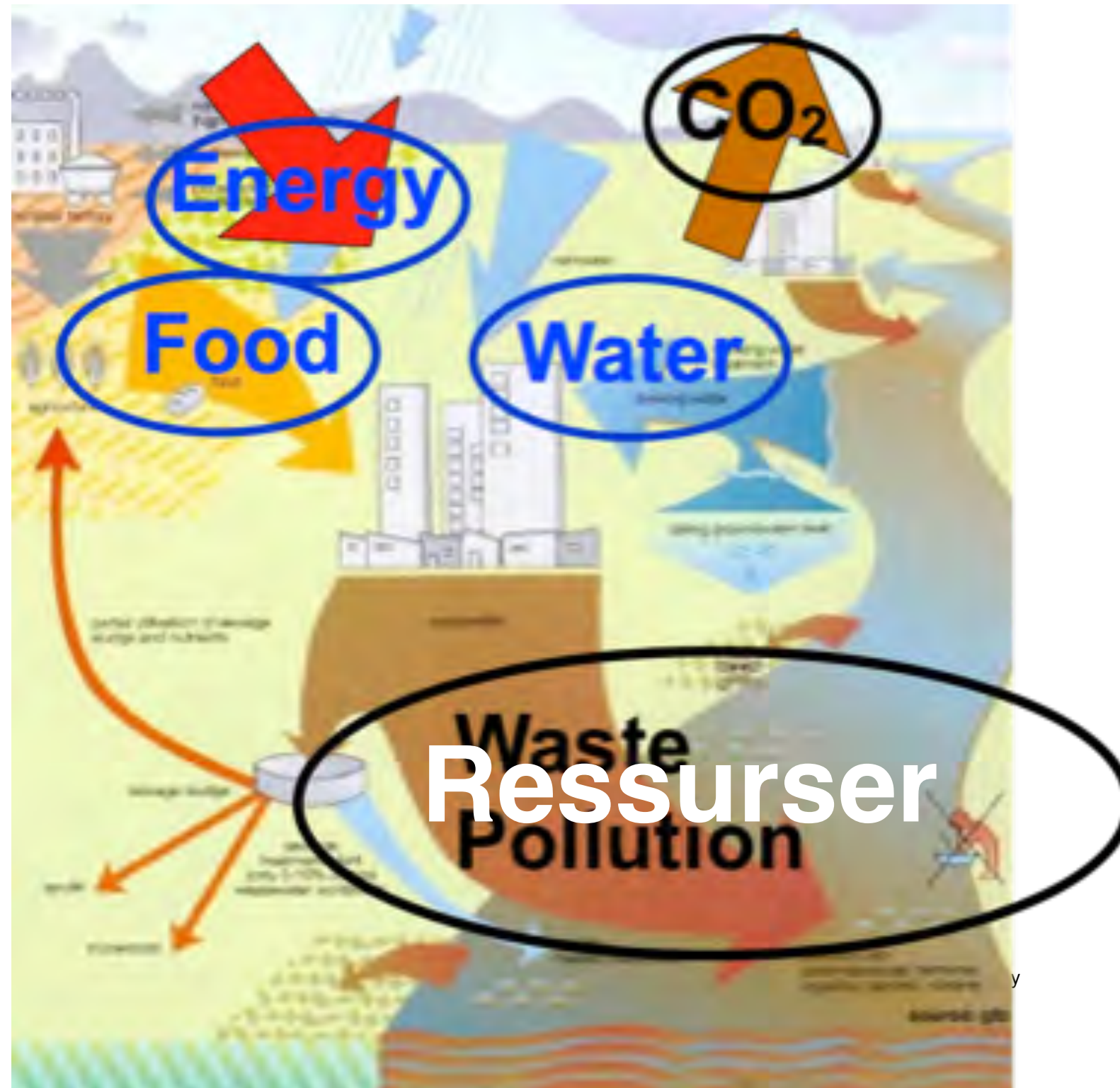


Utfordringer - tradisjonelle avløpssystemer

- Lineære systemer lite tilrettelagt for gjenbruk av næringsstoffer
- Slipper ut mye nitrogen og nitrogenrensing kan kreve mye energi
- Fosfor i slam felt med Al/Fe er lite plantetilgjengelig
- Dyre (sentraliserte) systemer med stort etterslep på vedlikehold
- Energibruk og klimautslipp
- Utslipp av organiske mikroforurensinger og mikroplast



Lineær flyt av ressurser



Avløpsvann som ressurs

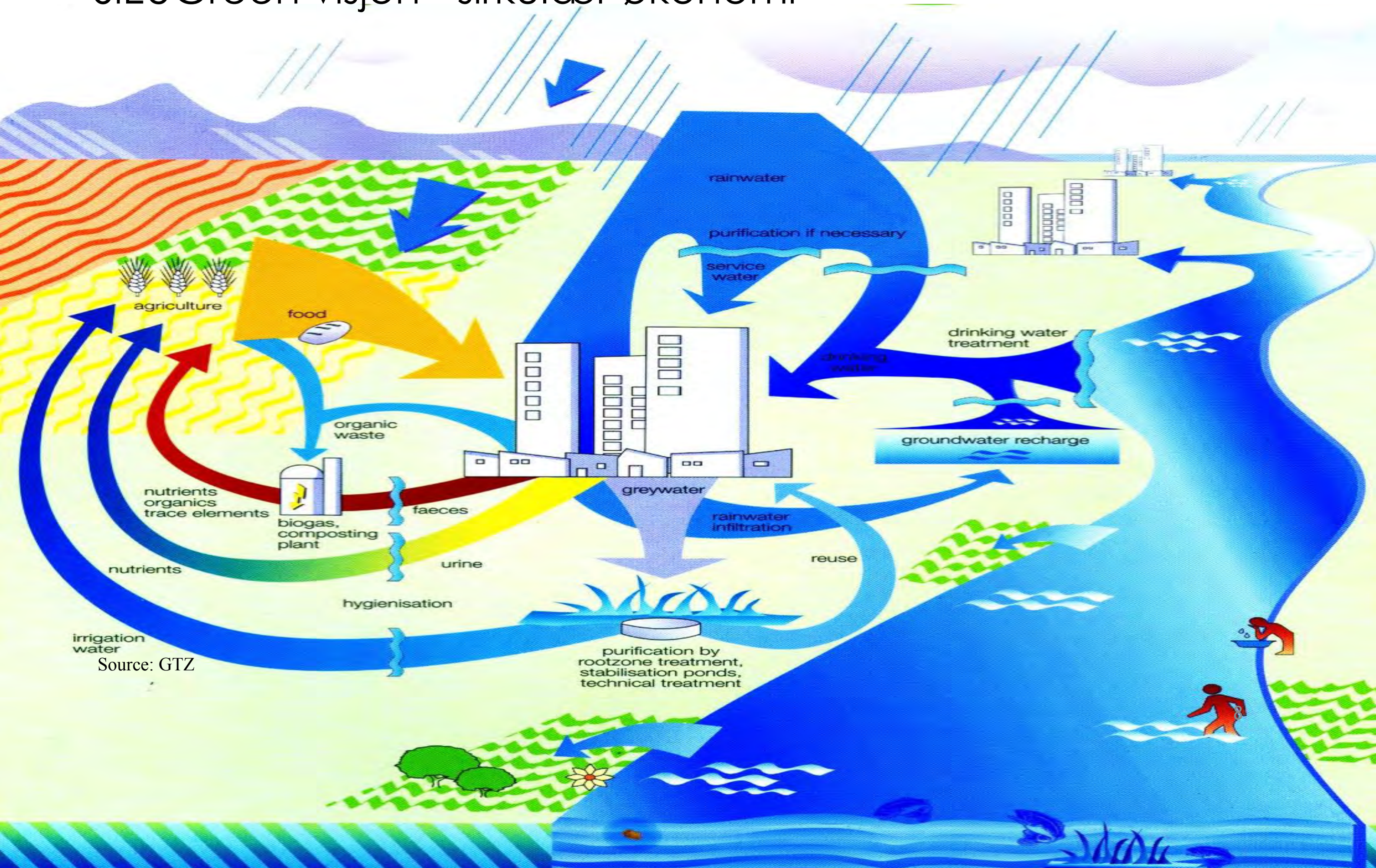


En person slipper ut/år

- * 4,5 kg nitrogen (N)
- * 0,6 kg fosfor (P)
- * 1,0 kg kalium (K)
- * 75 kg organisk materiale (KOF)

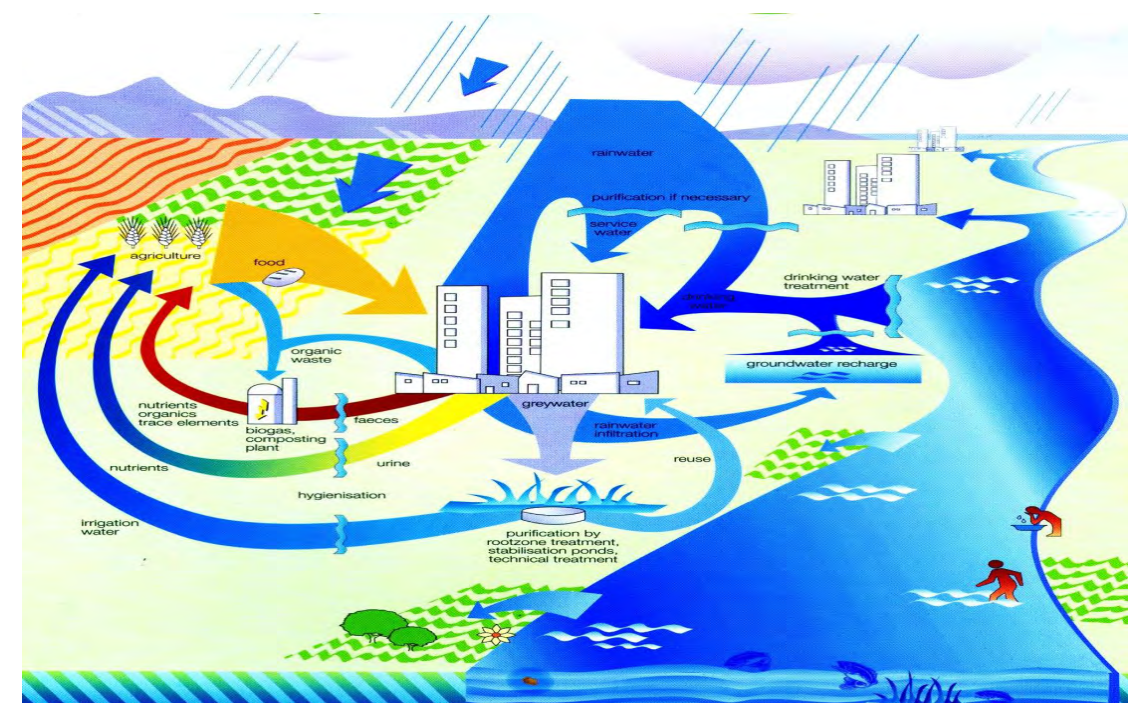
Jenssen og Skjelhaugen 1994

SiEUGreen visjon - sirkulær økonomi



Hvilke muligheter har vi

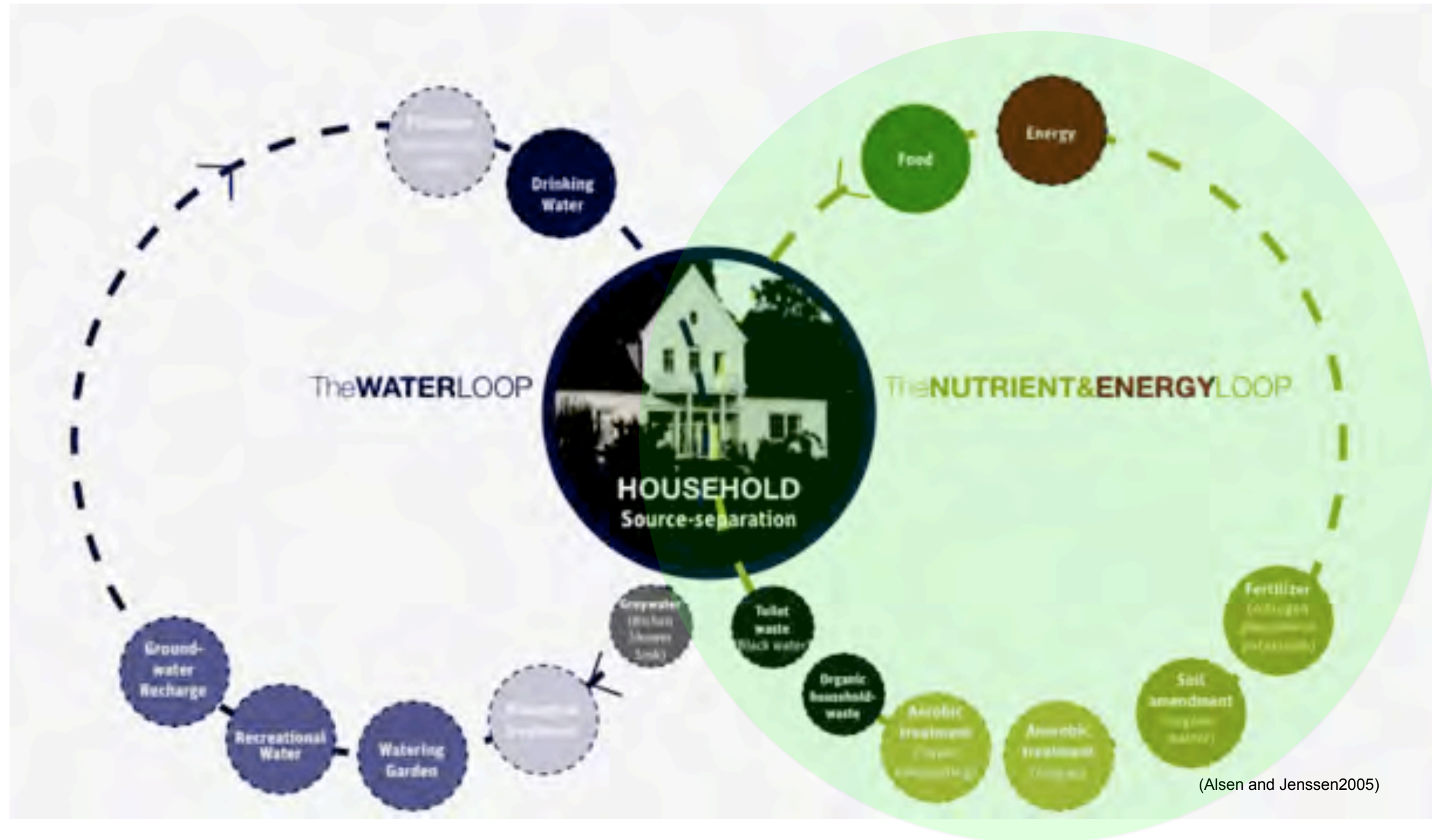
- **1. Løsninger med kildesortering**
 - Systemer med urinsortering
 - Systemer med oppsamling av svartvann
- **2. Utvikle og oppgradere eksisterende renseanlegg**
- **Kombinasjoner av 1 og 2**



Løsninger med kilde-separering



SiEU Green
Sino-European innovative
green and smart cities



Co-funded by the Horizon 2020 programme
of the European Union



Co-funded by the Chinese Ministry
of Science and Technology

Hvorfor kildeseparering?



Fra toalettet kommer

- * 90 % of N
- * 90 % of P
- * 80 % of K
- * > 50 % of org. Materiale
- * mesteparten av de sykdomsfremkallende organismene

Todt et al. 2015

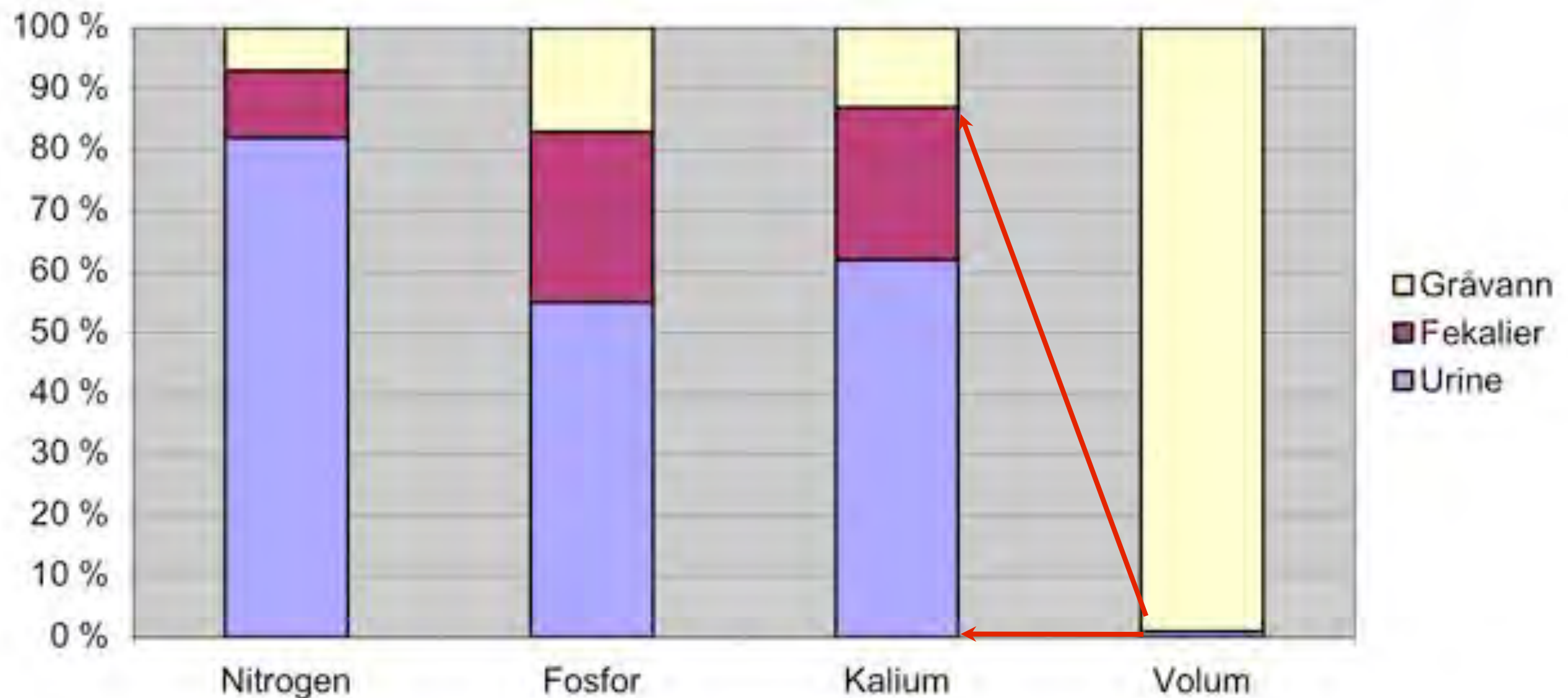


Co-funded by the Horizon 2020 programme of the European Union



Co-funded by the Chinese Ministry of Science and Technology

Næringsstoffer (NPK) og volum i avløpsfraksjoner

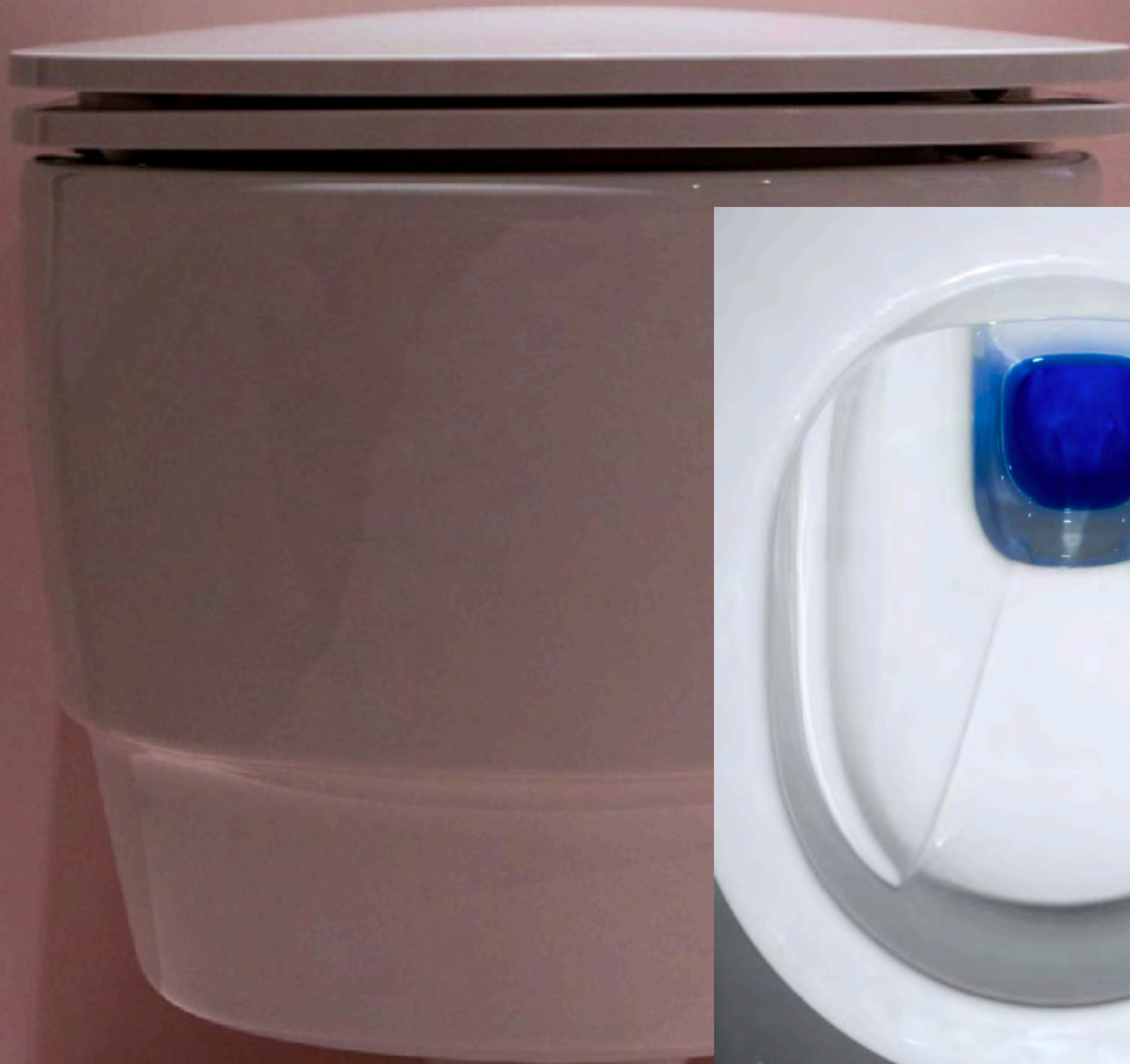


Source: Jönsson et al. 1999



1% of the volume contains 80 - 90% of the resources

Nytt urtinsorterende toalett fra LAUFEN



LAUFEN

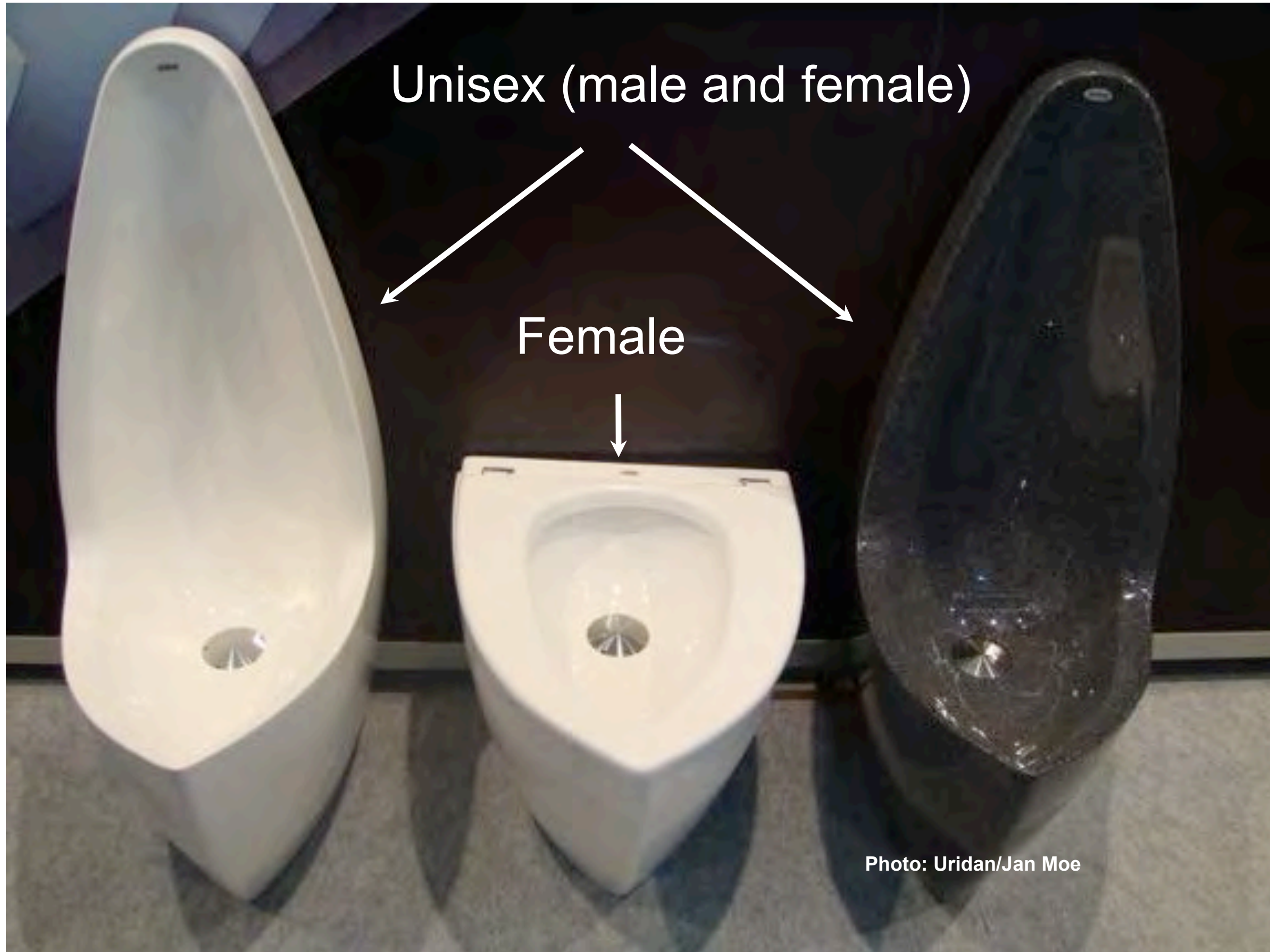
Vannfrie urinaler



Kastrup airport
Copenhagen

Photo: P.D. Jenssen

Waterless urinals - Female and male



Unisex (male and female)

Female

Photo: Uridan/Jan Moe

Laufen urinsorterende toalett med behandlingseenhet

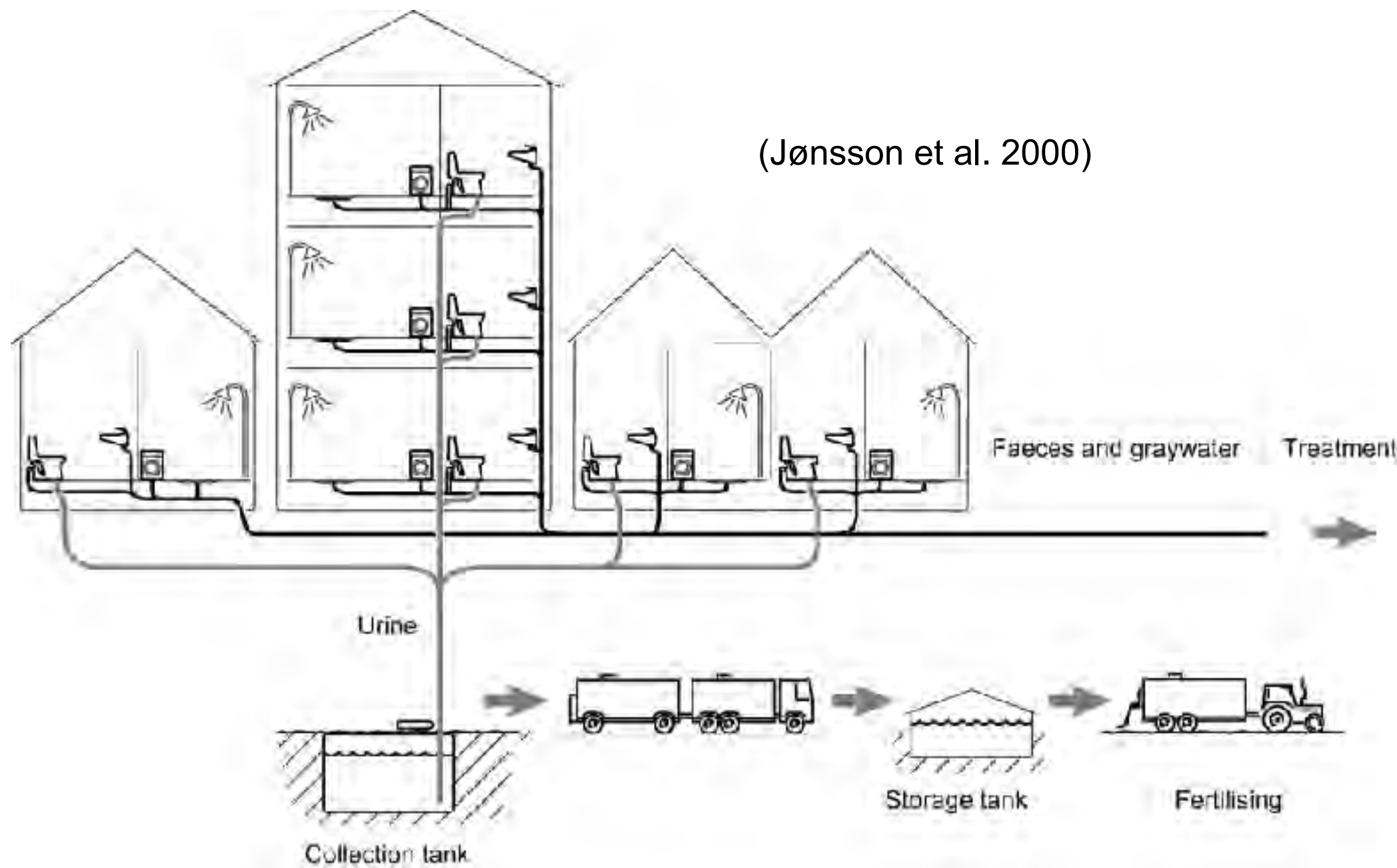
- Uttørring av urin i toalettrommet
- Utvikles av Sveriges landbruksuniversitet
- Testes ut av VA-syd i Malmö
- Forventet ferdig utviklet om 3-5 år



Vinnerås 2022

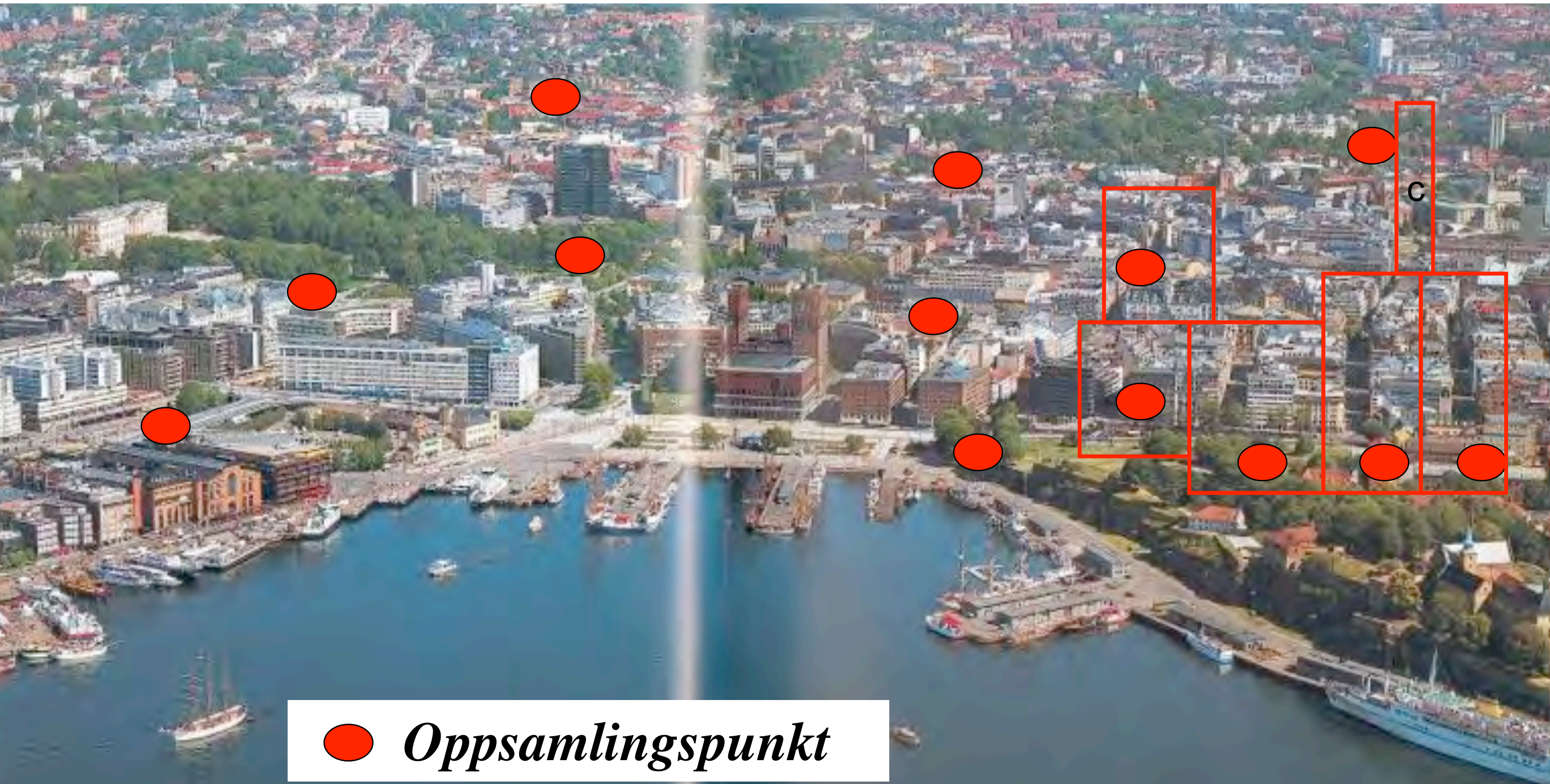


Urinsortering



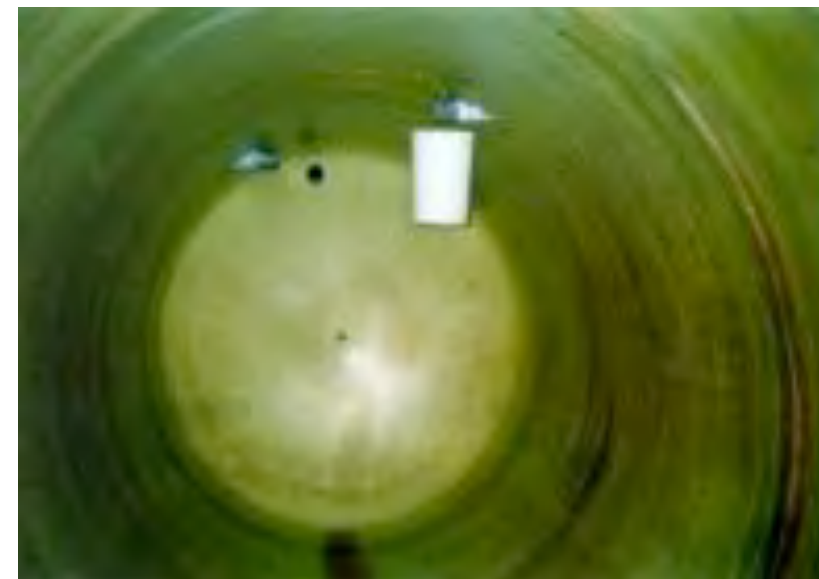
- Urine flushed with 0.1 – 1,6 liters
- Faeces - flushed with 2 - 4 liters

Rehabilitering/oppgradering av urbant avløp



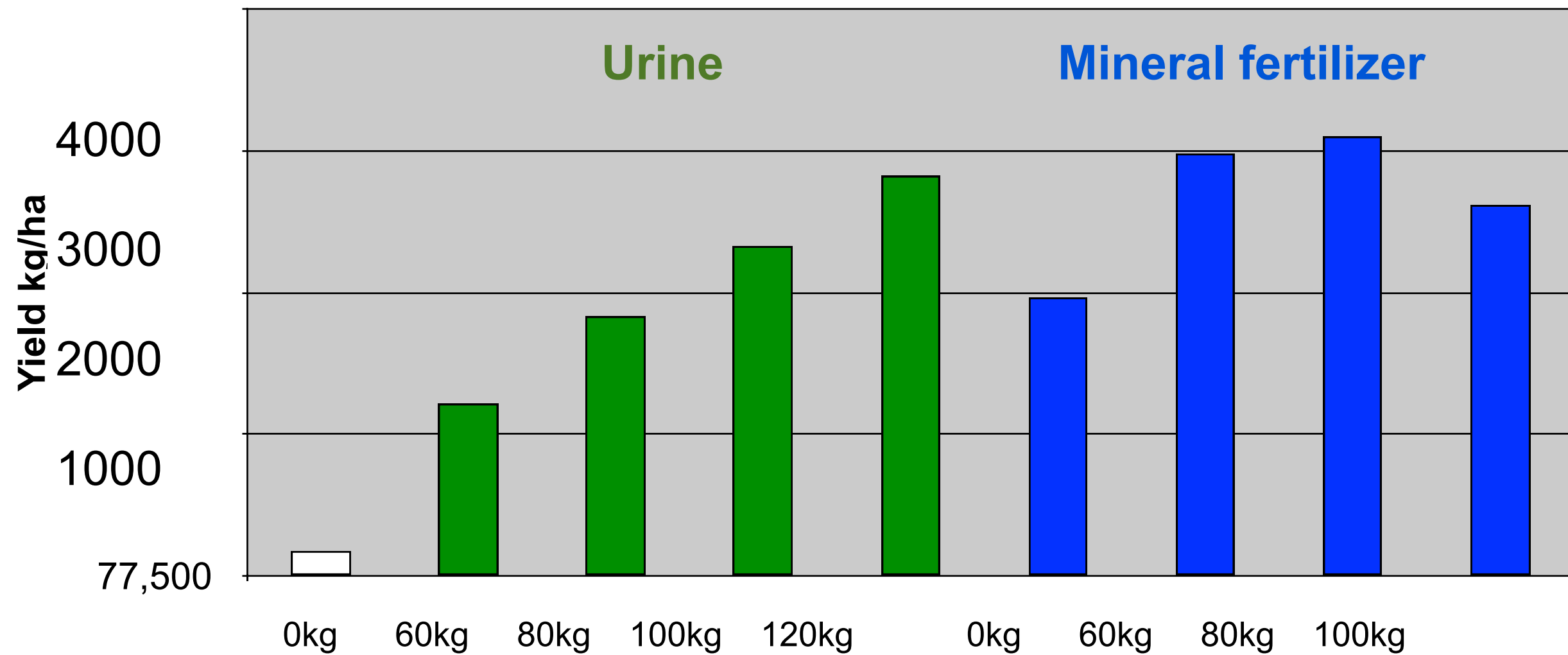
Bruk av urin som gjødsel

Må **lagres 6 måneder** før bruk på åkeren (WHO 2006)



es

Avling med urin og mineralgjødning



(Cottis 2000)

Urin - oppsummering



- Urin inneholder N, P og K samt mikronæringsstoffer
- Toaletter som sorterer ut urin er i handelen
- Sortering av urin er en rask og enkle måte å gjenvinne N til landbruk
- Urin kan samles og behandles på enkelthusnivå
- Urin kan samles i stor skala for bruk i landbruket som flytende gjødsel etter 6 måneder lagring
- Urin kan samles i stor skala for for stripping og p gjødsel



Kildeseparering - svartvann



SiEU Green
Sino-European innovative
green and smart cities



Fra toalettet kommer

- * 90 % of N
- * 90 % of P
- * 80 % of K
- * > 50 % of org. Materiale
- * mesteparten av de sykdomsfremkallende organismene

Todt et al. 2015



Co-funded by the Horizon 2020 programme
of the European Union



Co-funded by the Chinese Ministry
of Science and Technology



Contemporary Scandinavian bathroom design using vacuum toilets

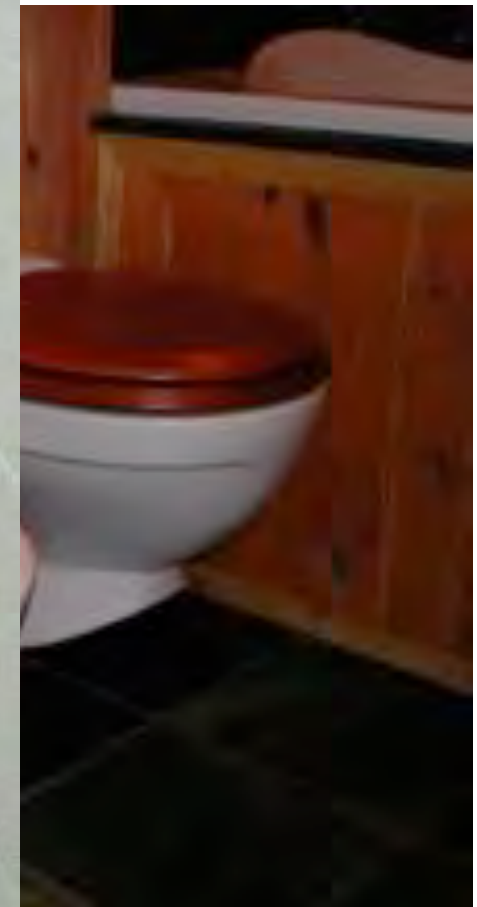
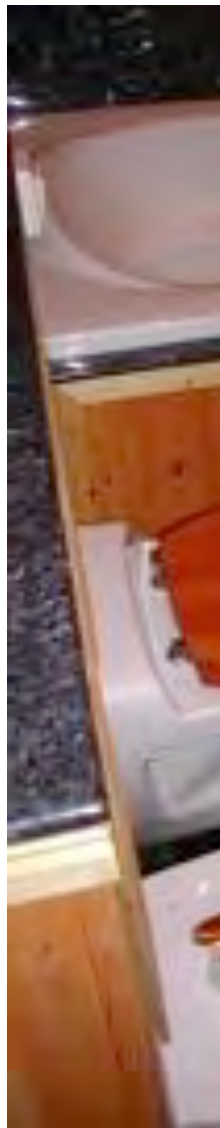


Comfort and design is not inferior using extremely low flush toilets

Photos: P.D. Jenssen

Conte
using

design



Comfo

sh toilets

Photos: P.D. Jenssen



INTRODUCING SOLARIS™ 10 OS

solaris

Solaris

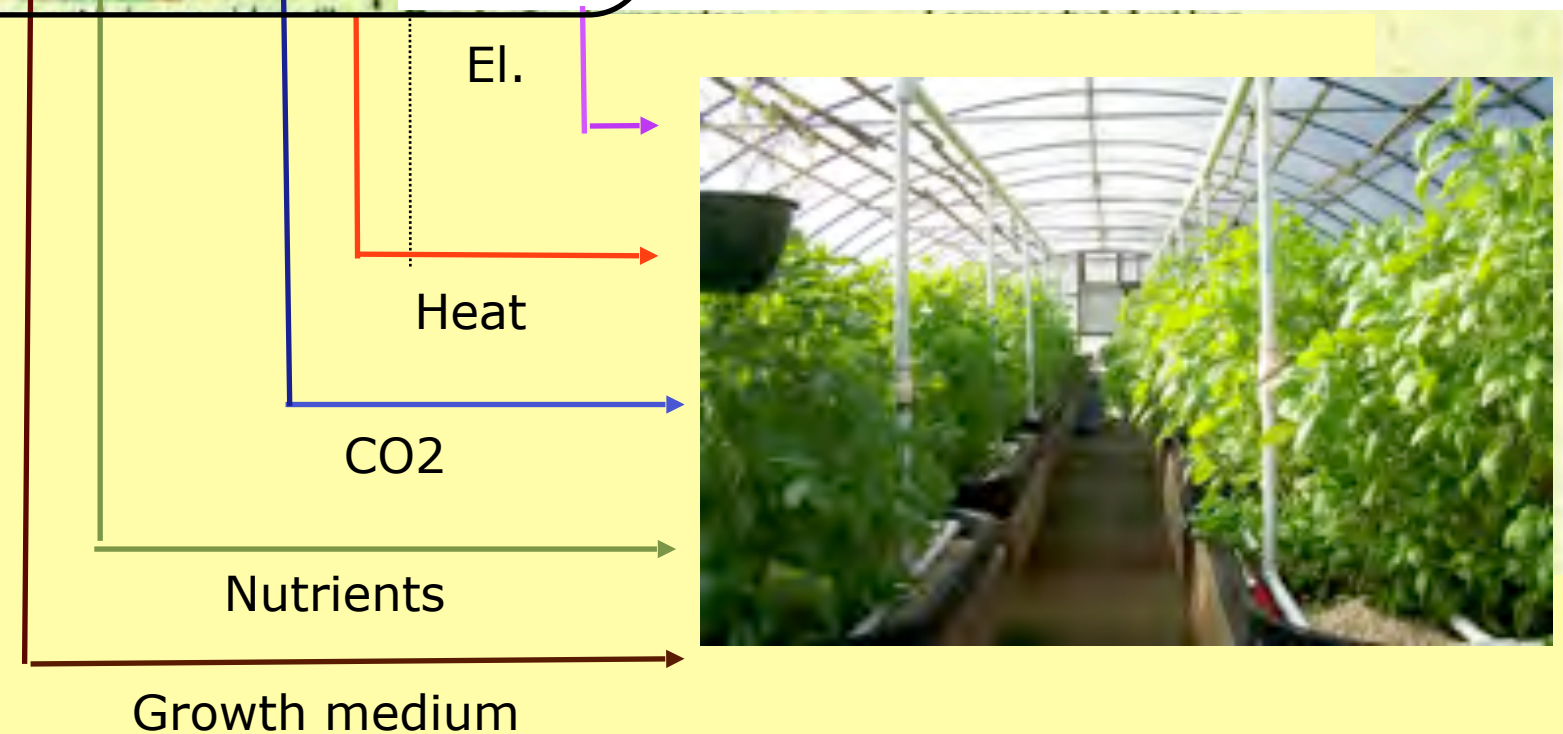
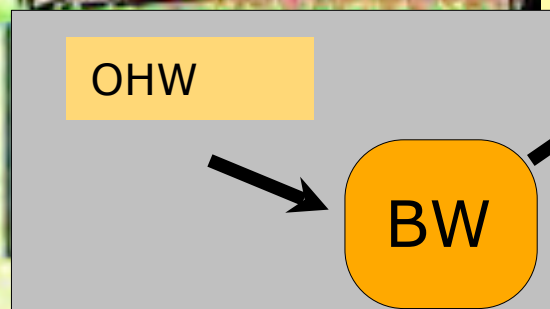
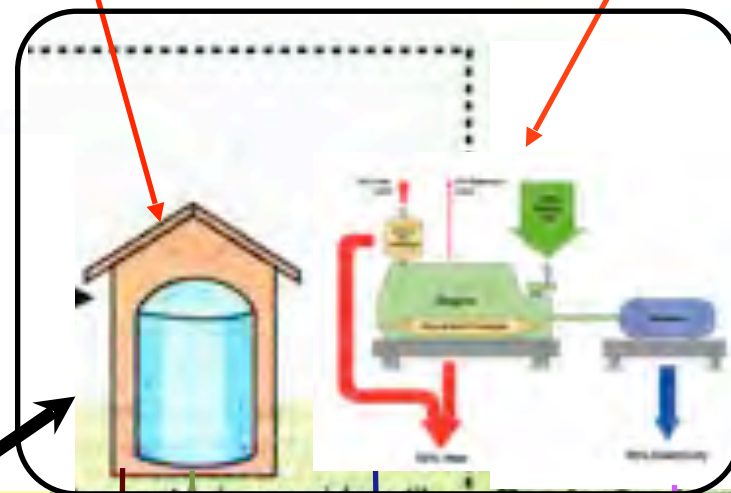
POSITION
YOUR
BUSINESS

SIEUGreen - kildeseparering

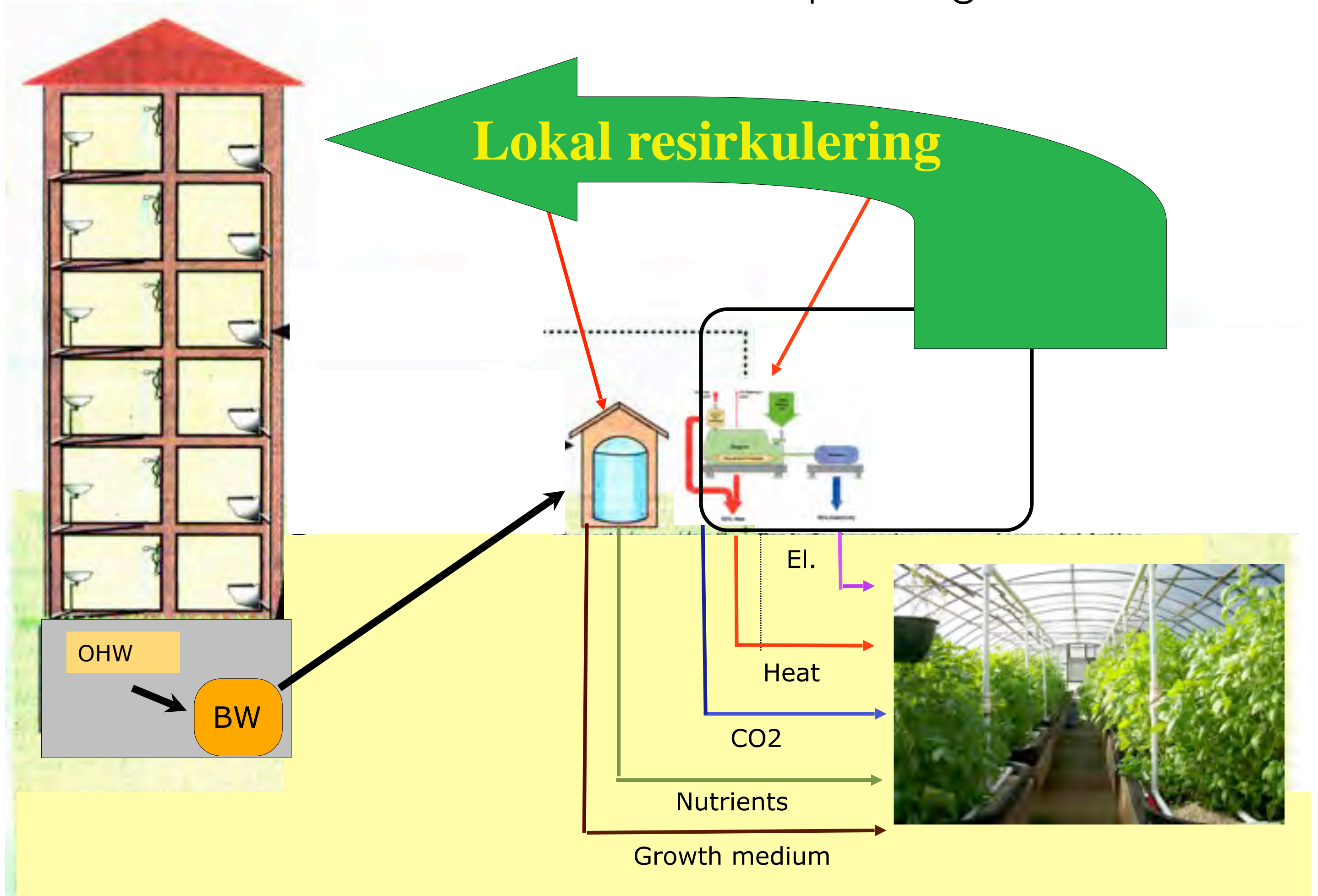


Thermophilic anaerobic treatment - BIOGAS

CHP - combined heat and power

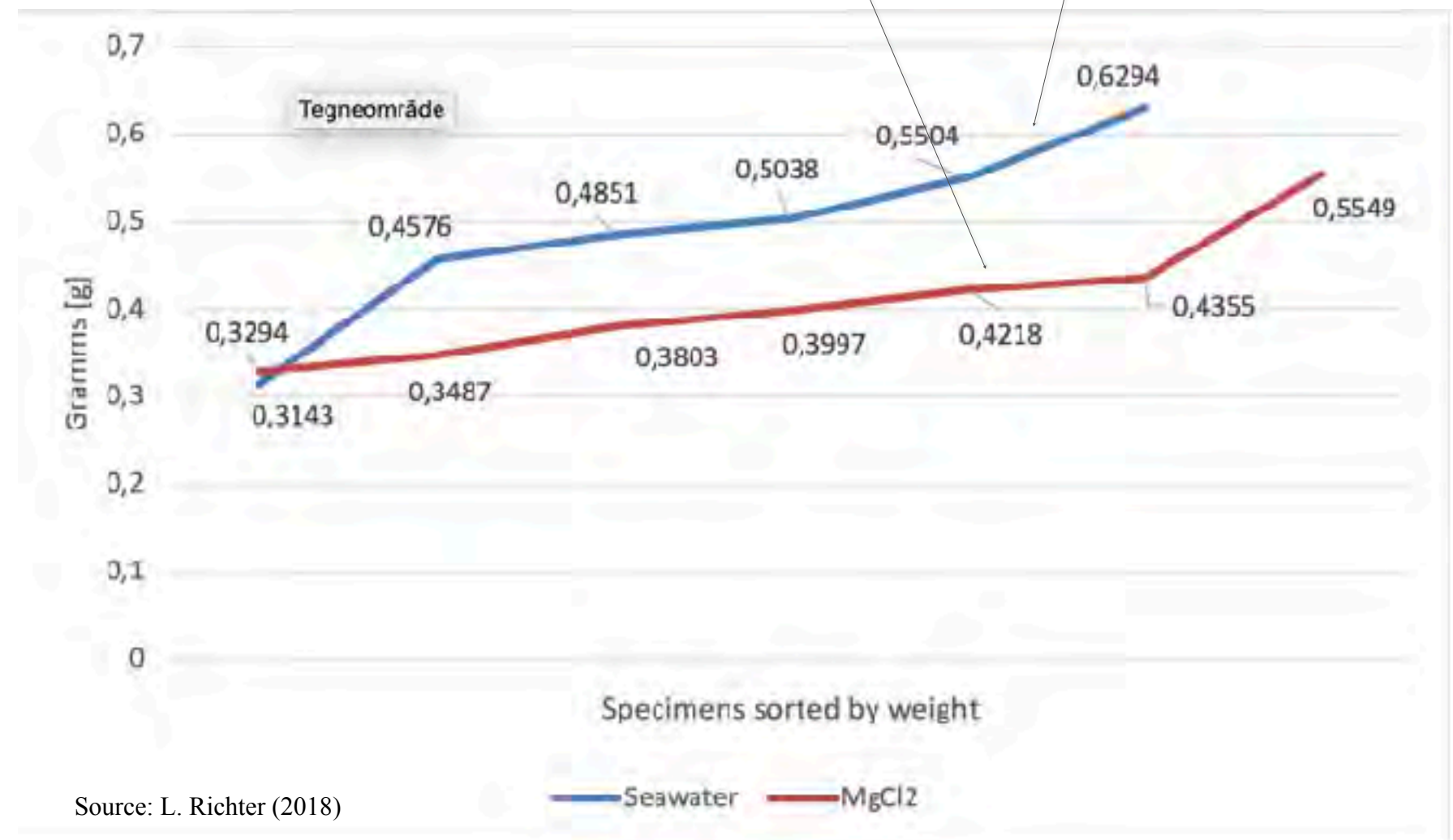
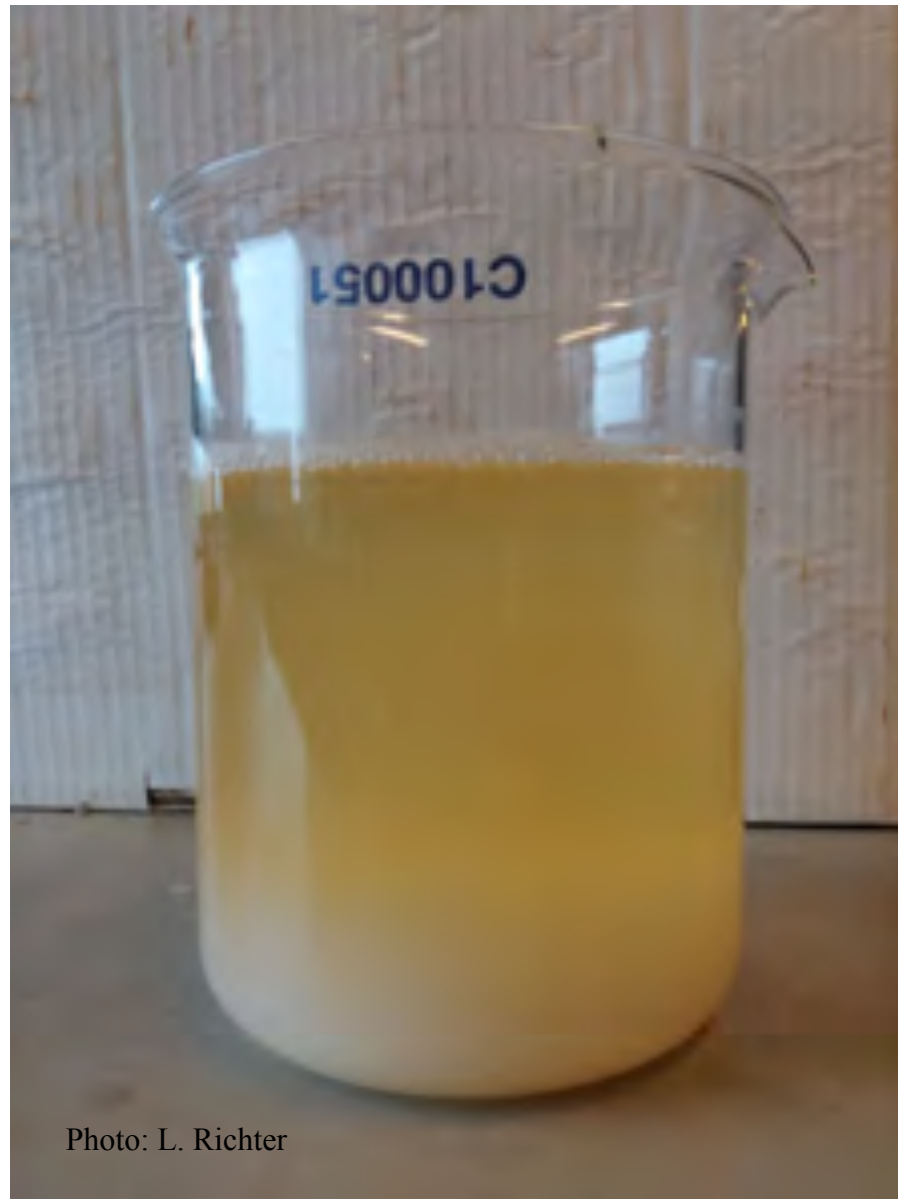


SIEUGreen - kildeseparering



Struvite production

Precipitation of STRUVITE with MgCl and seawater



28



Co-funded by the Horizon 2020 programme
of the European Union



Co-funded by the Chinese Ministry
of Science and Technology

Algae production



29

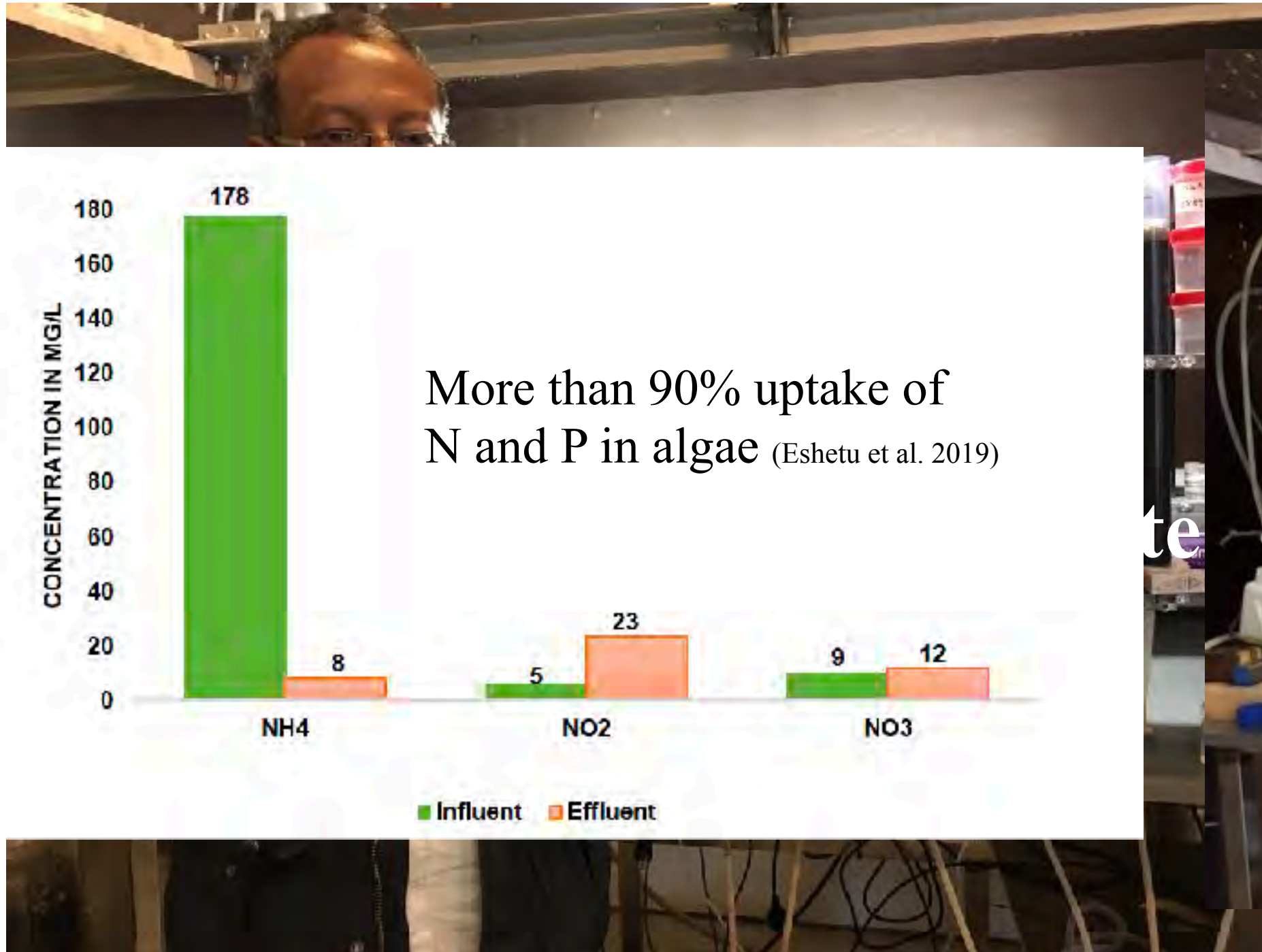


Co-funded by the Horizon 2020 programme
of the European Union



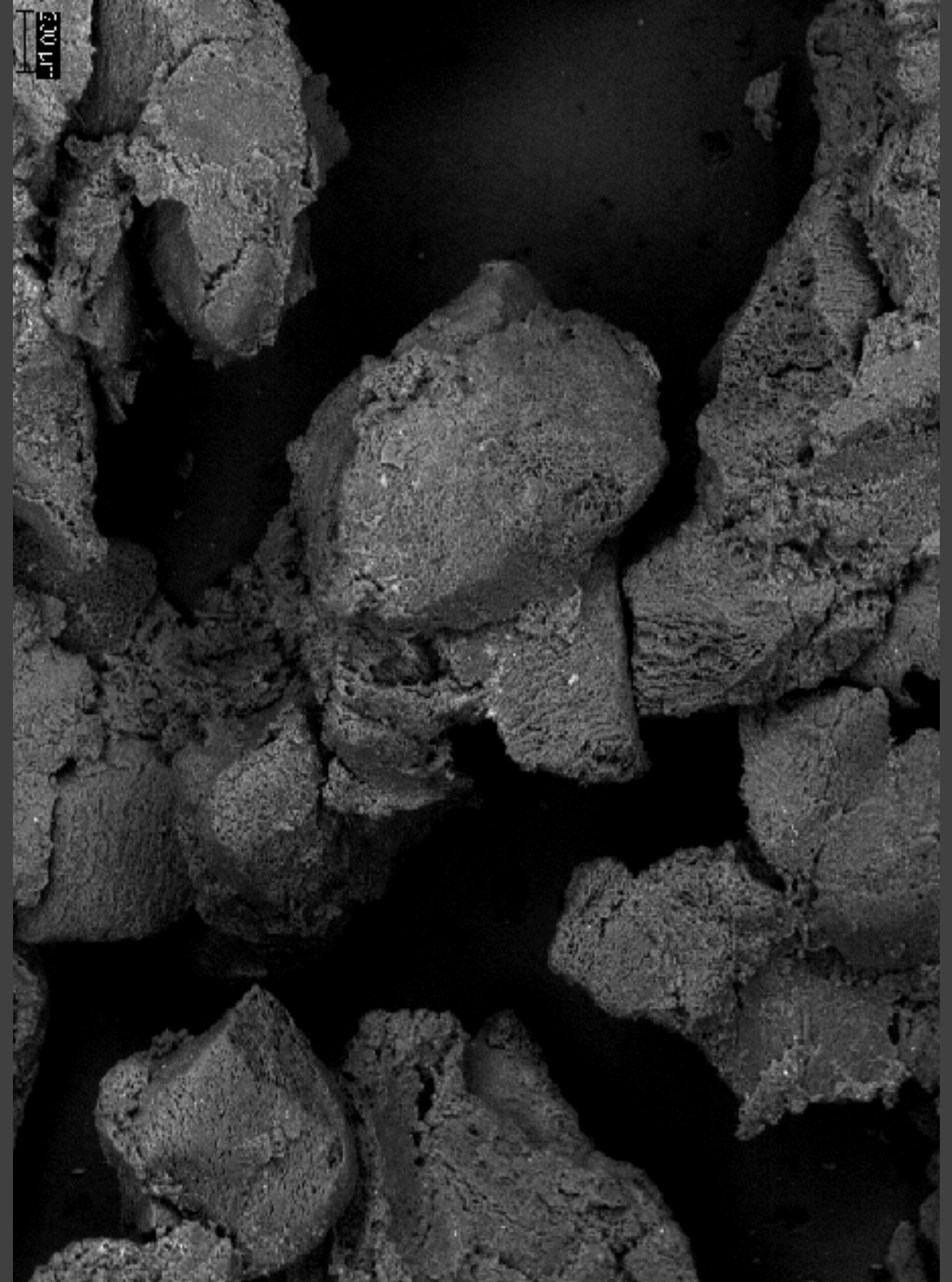
Co-funded by the Chinese Ministry
of Science and Technology

Algae production



Biochar

- Biomass stabilization
- Carbon negative
- Biogas and biocrude co-production
- Wastewater treatment
- Sorption capacity
- Soil amendment



Renseanlegget i prosjektet H+ i Helsingborg RecoLab innvies i dag

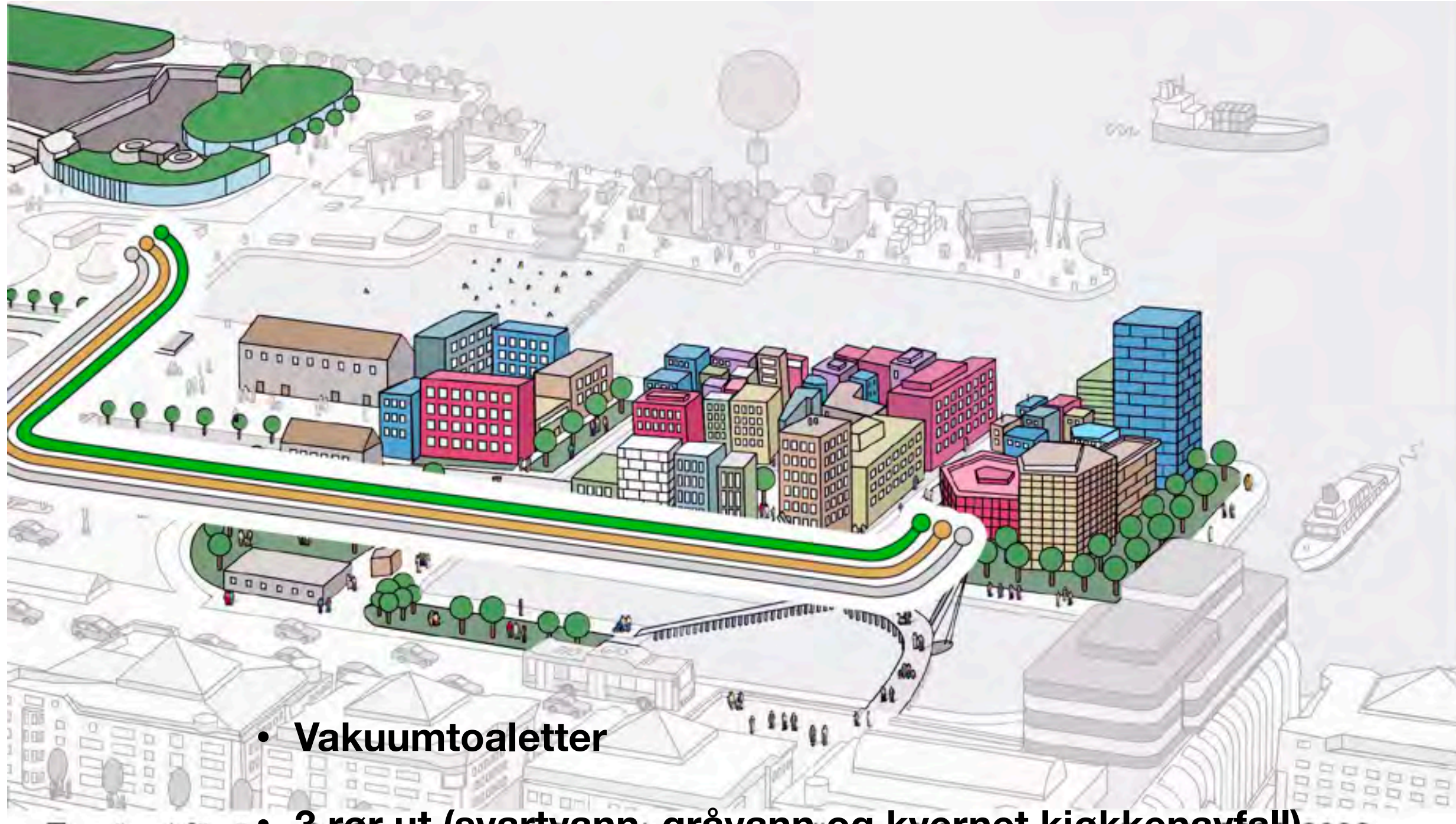


H+ är Helsingborgs största
stadsförnyelseprojekt i modern tid.

Kildeseparering för 10 000 pe

Kjerstadius 2022

Prosjektet H+ i Helsingborg



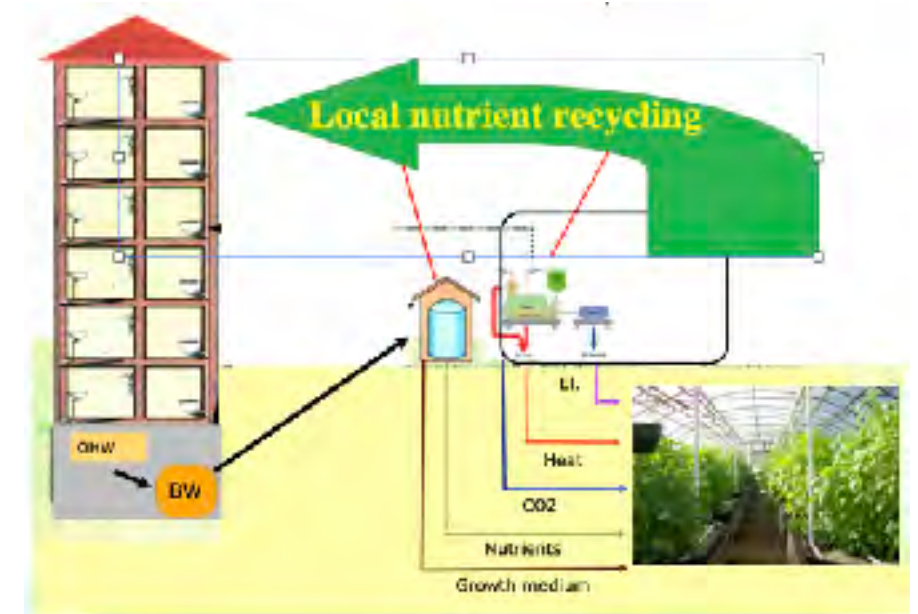
- **Vakuumtoaletter**
- **3 rør ut (svartvann; gråvann og kvernet kjøkkenavfall)**
- **P felles som struvit**
- **N stripes**

Kjerstadius 2022

Svartvann - oppsummering

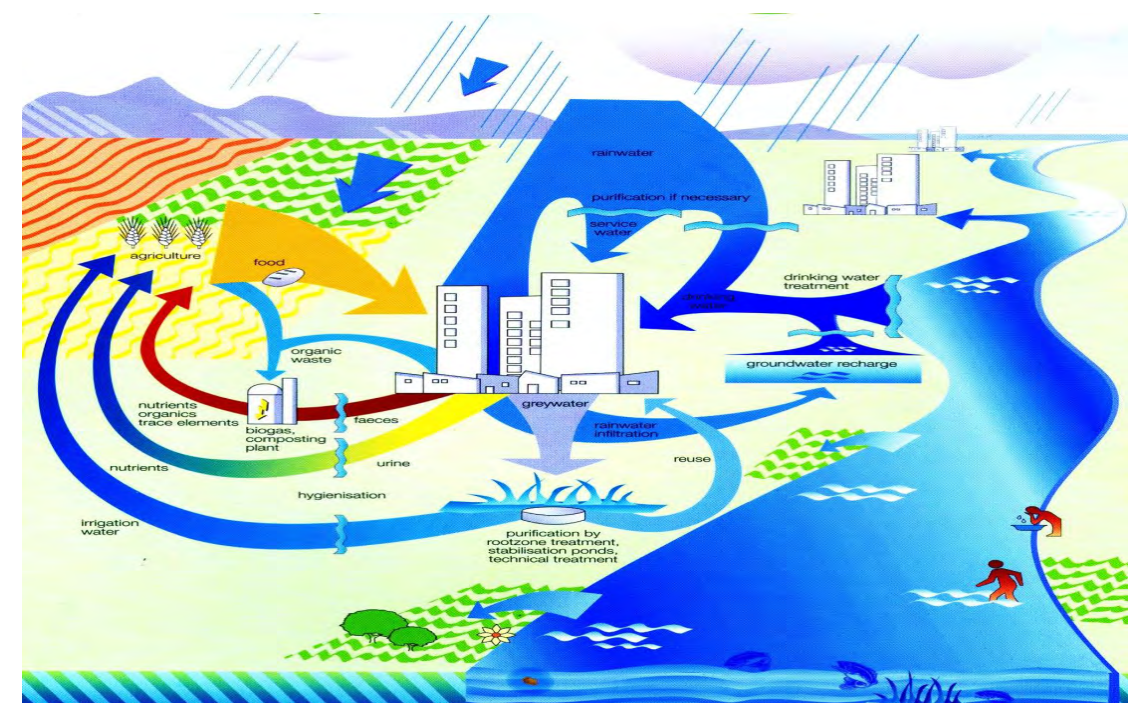


- Svartvann inneholder N, P og K samt mikronæringsstoffer
- Svartvann brukes som næringsløsning i landbruk/veksthus etter behandling
- Svartvann er konsentrert og kan inngå i prosesser på renseanlegg som produserer **struvit** og stripper **ammonium**
- Komplette desentrale sirkulære rensesystemer basert på svartvann finnes flere steder, Ås 50 pe, Sneek 750 pe, Ghent 1800 pe, Hamburg 2000 pe og Helsingborg 10 000 pe



Hvilke muligheter har vi

- **1. Løsninger med kildesortering**
 - Systemer med urinsortering
 - Systemer med oppsamling av svartvann
- **2. Utvikle og oppgradere eksisterende rensesanlegg**
- **Kombinasjoner av 1 og 2**



Store sentrale renseanlegg og sirkulære løsninger



Sentralrenseanlegget Nord-Jæren

PUBLISERT 24.09.2021



HIAS - Hammar

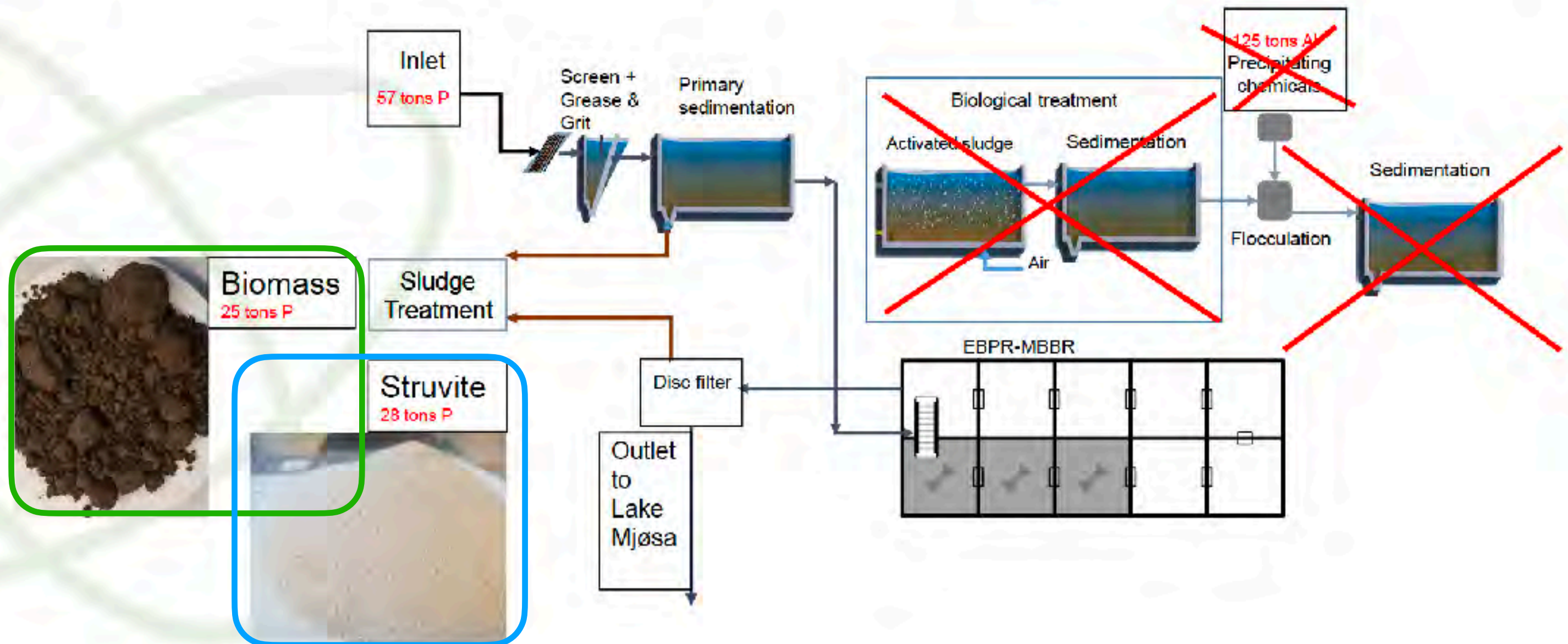


Feller fosfor som: * Struvit, Magnesium-ammonium-fosfat ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
* Organisk bundet fosfor

Fra: S. Eikås HIAS

Hias prosessen:

Biofilm BioP erstatter Aktivslam og kjemisk felling



STRUVITT



Hva krever HIAS - prosessen?



Sammen om et bedre miljø

2016:
Prototype
10.000 PE



[The Challenge](#)

[The Solution](#)

[The Technology](#)

[About us](#)

[Blog](#)

EN 

The Hias[®] Process

Probably the world's most compact
biological nutrient
removal technology



Full kloakk-krangel om Oslofjorden:- For dyrt

Regjeringen mener kommunene må betale. Kommunene mener regjeringen må ta regningen. Men tre kommuner skiller seg ut.



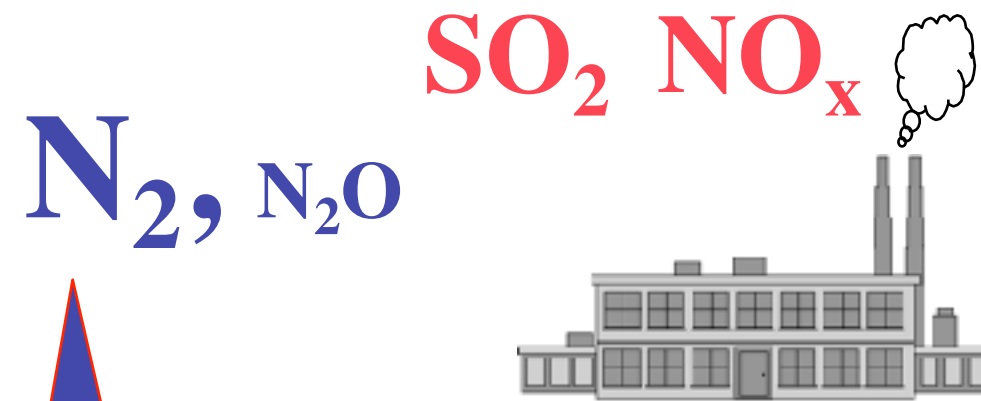
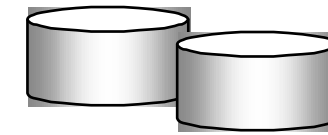
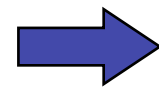
For mye Nitrogen

Tungmetaller

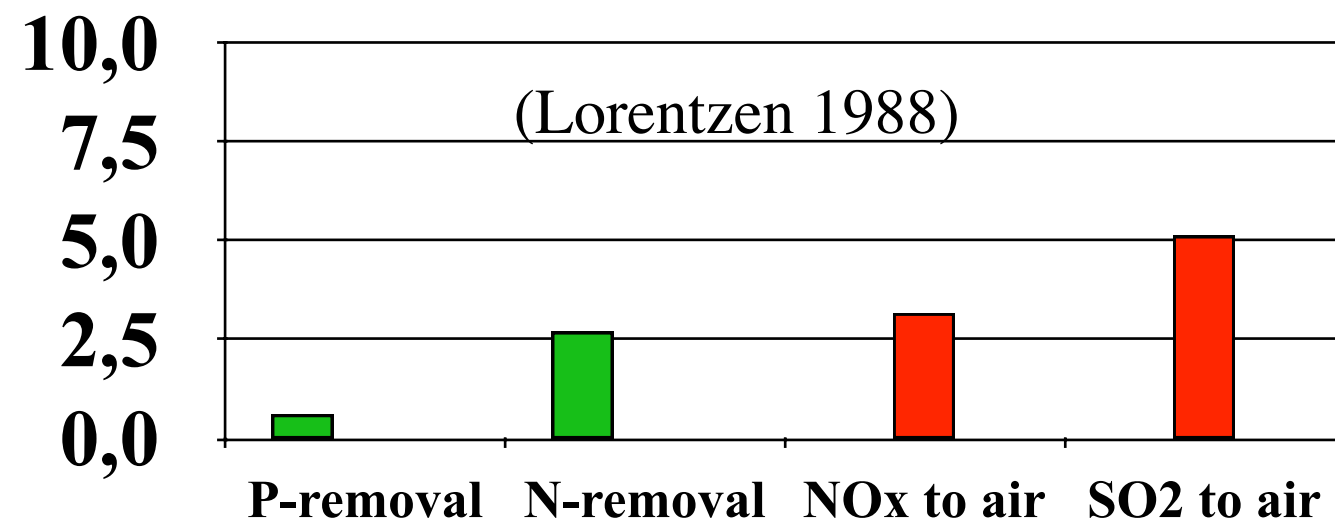
Organiske mikroforurensninger

Dagbladet 24. Januar 2022

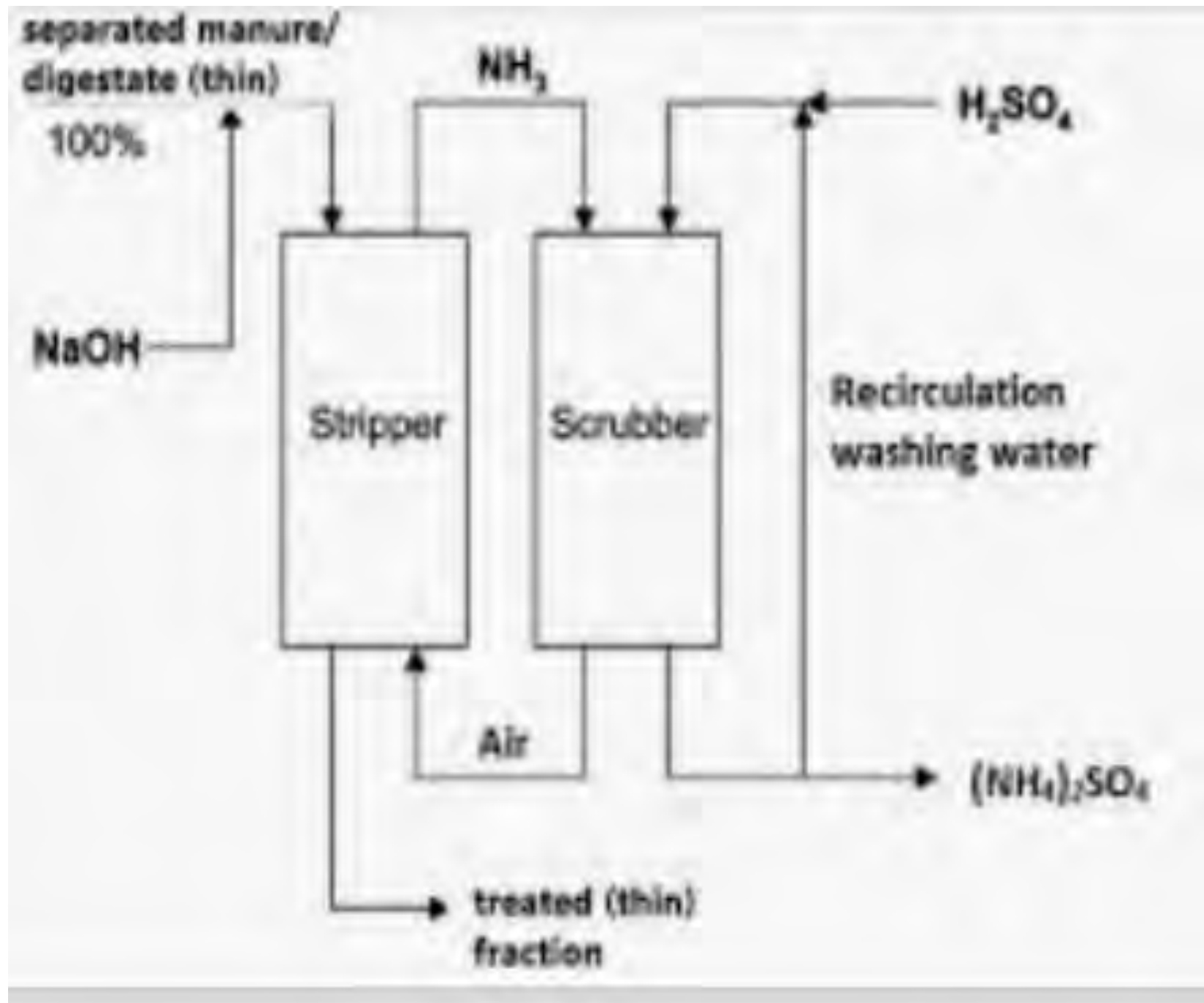
BIOLOGISK NITROGENFJERNING



Kg/ person /year

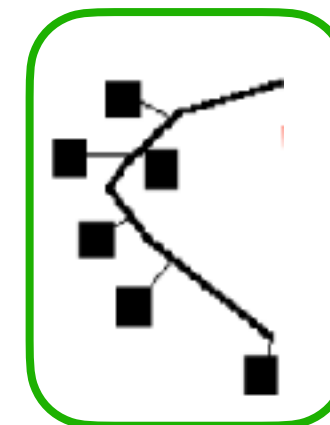
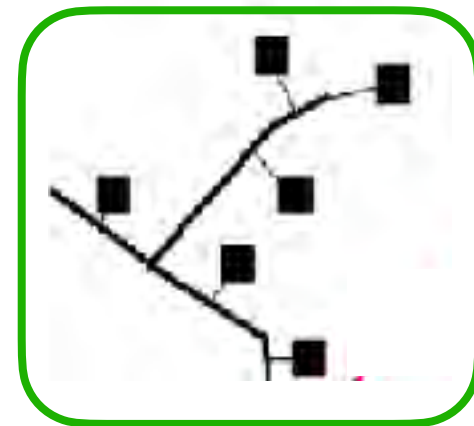
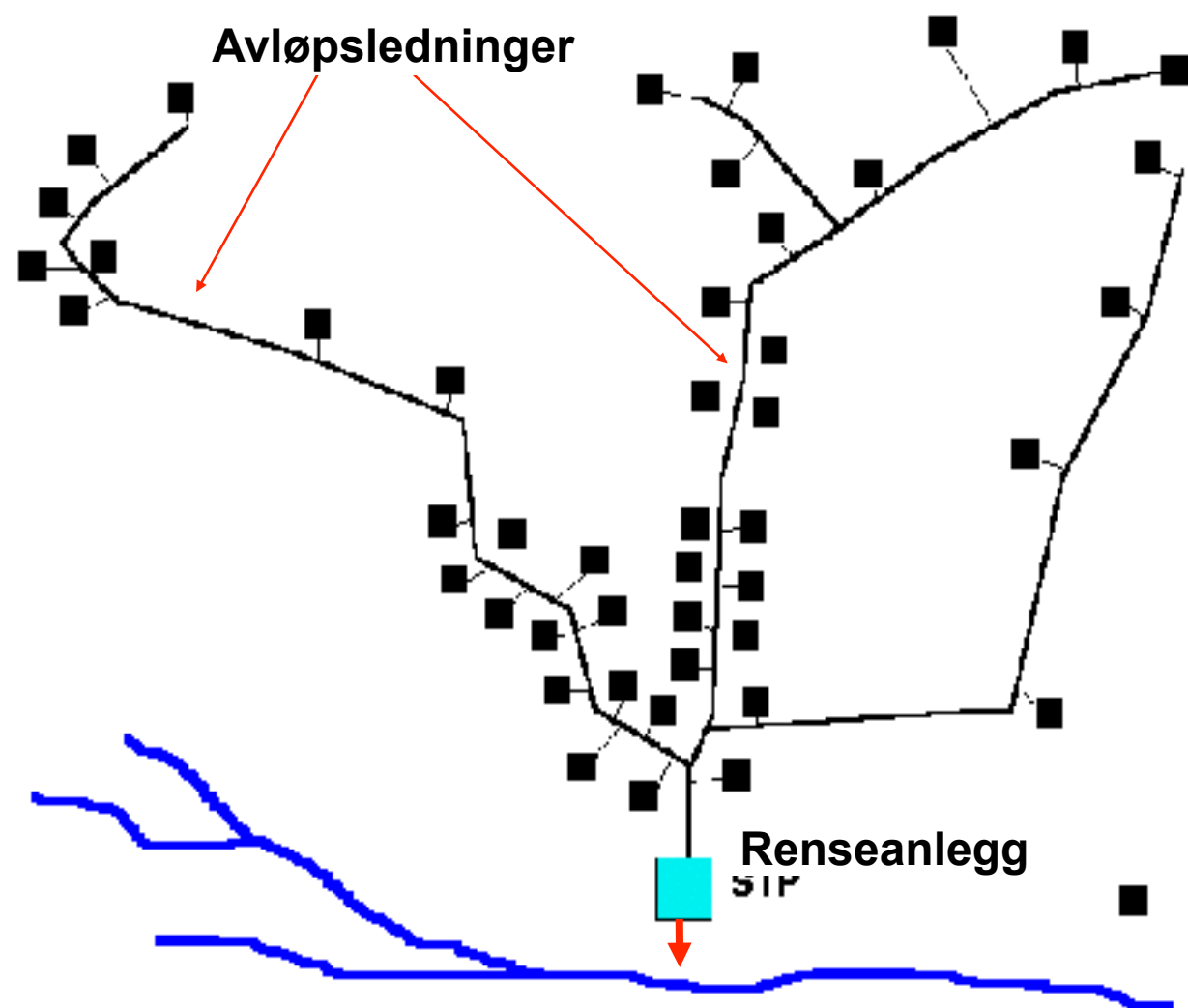


Stripping av ammoniak



1. Drive av N som ammoniakk ved å øke pH
2. Felle ut N som ammoniumsulfat ved å tilsette svovelsyre i en "scrubber"

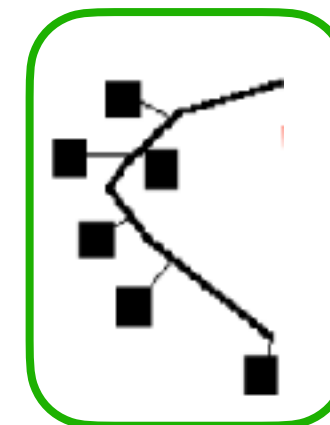
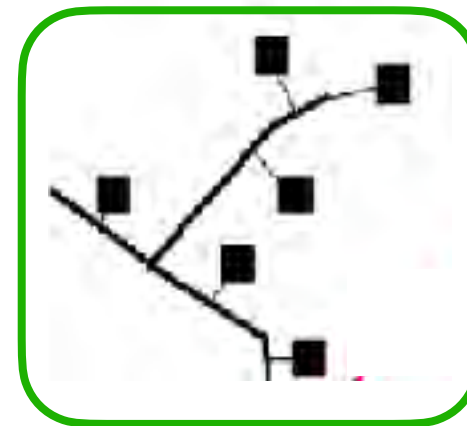
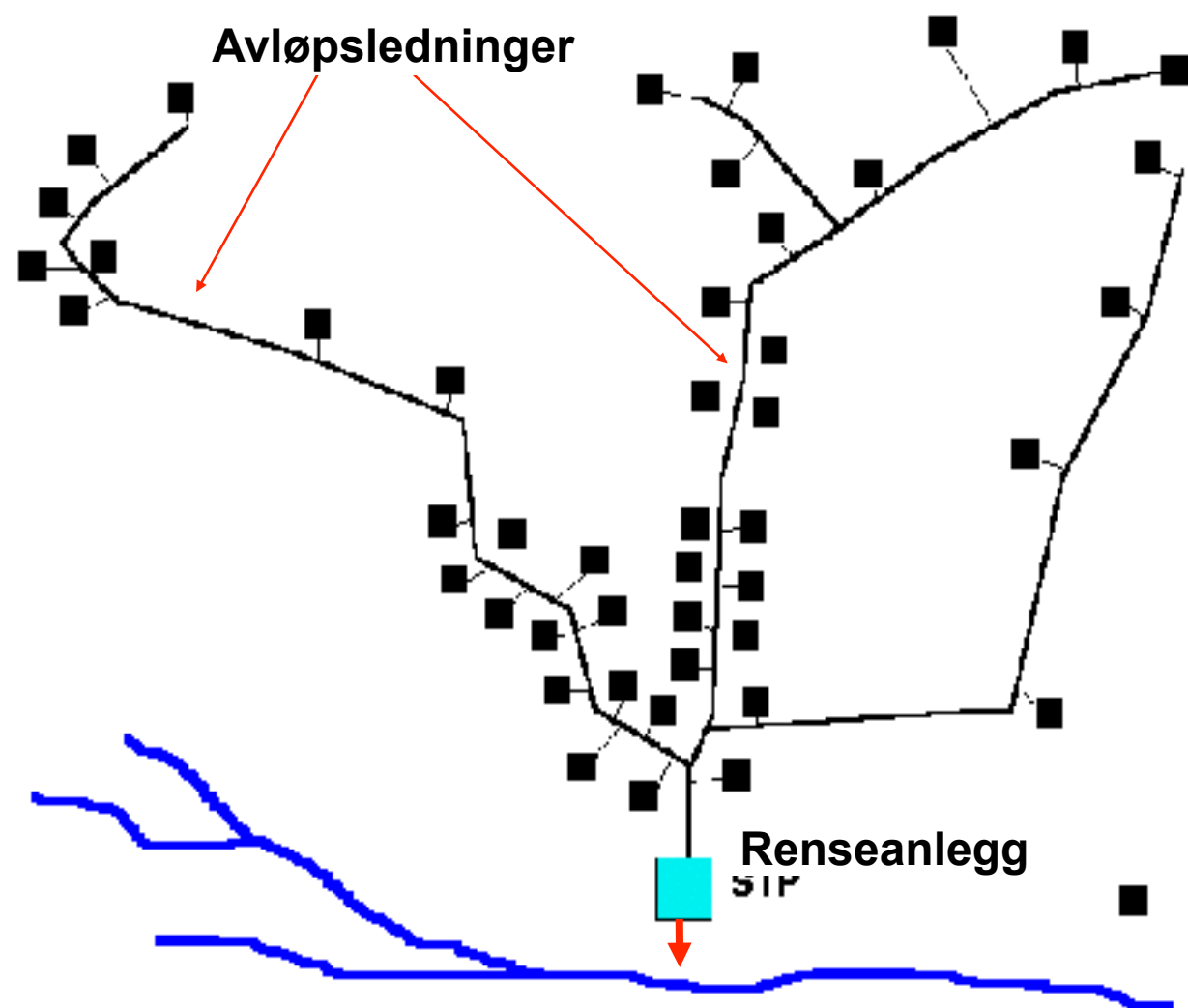
Sentraliserte system kombinert med desentrale



Svartvann og urin kan transporteres
30 - 40 km med bil

Jenssen og Refsgaard (1998)

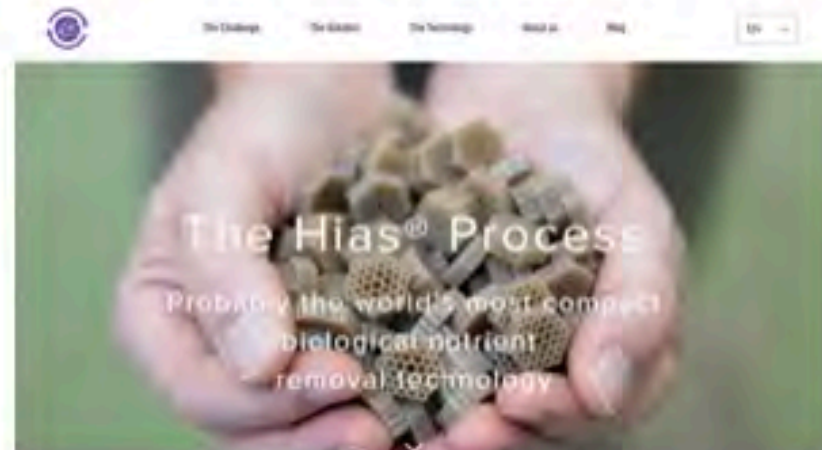
Sentraliserte system kombinert med desentrale



Ved bruk av desentrale systemer med eller uten kildesortering kan nye felt bygges ut uten å vente på at avløp skal føres fram

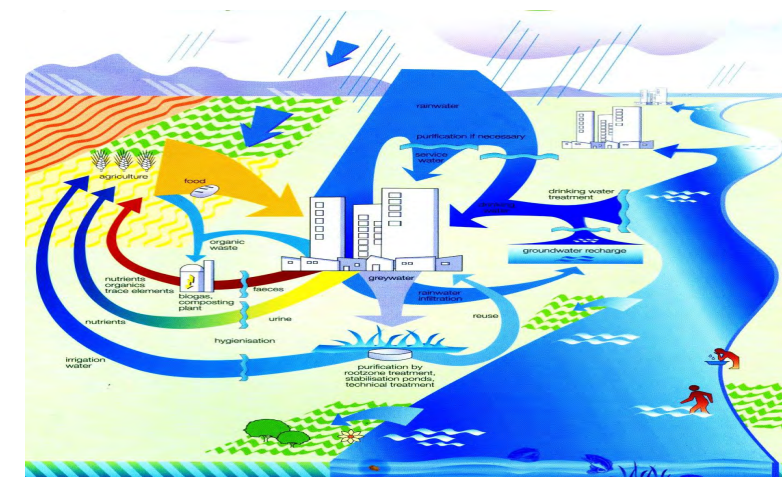
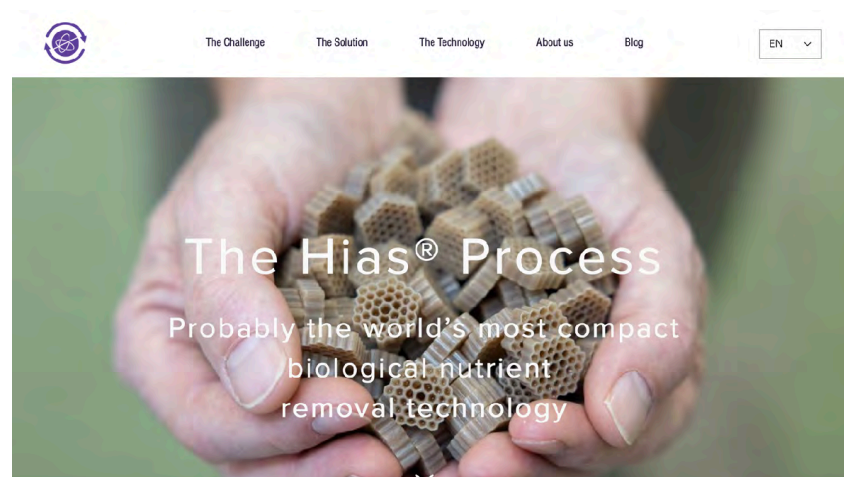
Oppsummering - anbefalinger

- Felling av fosfor som struvit og stripping av nitrogen krever konsentrerte næringsløsninger. Urin og svartvann er konsentrert og kan derfor behandles i renseanlegg som har disse prosessene
- Ved oppgradering eller nye renseanlegg sats på å felle P som struvit (HIAS-prosessen) og oppgrader slambehandlingen og legg til rette for nitrogenfangst ved stripping - GJØDSELFABRIKKER!
- Sats på kildesortering ved nybygging. Beregninger fra Multikonsult i forbindelse med Fjordbyen i Lier viser at en desentral utbygging med kildesorterende løsninger kan være økonomisk fordelaktig



Oppsummering - anbefalinger

- Vurder kildesortering også ved rehabilitering av eksisterende bebyggelse
- Myndighetene kan velge å støtte rehabiliteringoppgradering av avløpssystemer, men støtten bør sirkulære systemer
- Norge har mye spennede aktivitet på avløpssektoren og ligger langt fremme i å utvikle mer sirkulære systemer. Her må forskning industri og reiseaktører samarbeide for å styrke vår posisjon. Dette vil gi store muligheter for flere arbeidsplasser og eksport av norsk kompetanse og norsk kompetanse og produkter



We cannot solve our problems with the same thinking that created them.



Investeringsbehovet i kommunalt eide vann- og avløpsanlegg fortsetter å øke. For å sikre innbyggerne nok rent drikkevann og forsvarlig rensing av avløpsvann, må norske kommuner de neste 20 årene oppgradere og bygge ny infrastruktur for **332 milliarder kroner**



Takk for oppmerksomheten!

petter.jenssen@nmbu.no