

# Resursoptimering

Helhetslösning för hållbar hantering av alla typer av avfall och avloppsvatten

## Oceanhamnen

### Basfakta från material som ingick i informationen till innovationstävling och finns tillgängliga på Internet

*I området som nu planeras finns 320 lägenheter och lika stor yta kommer att användas för kontor.*

*... inom det första detaljplaneområdet ska det finnas lokaler i bottenvåningarna i strategiska lägen, kring torg och i kvartershörn. I lokalerna kan det rymmas centrumverksamhet som butiker och restauranger. Ett större torg planeras centralt i området och mindre platser kommer att finnas längs kajpromenaden. En kanal kommer att gå genom piren och en park anläggs i den gamla torrdockan.*

**Anläggningens placering:** *Vi tror att man ska tänka fritt, men inom befintlig tomt på Öresundsverket. Eventuellt kan anläggningen byggas in i en ny byggnad med slambehandling, men detta är inte beslutat.*

#### **Det handlar om toalett- och matavfall**

*Varje dag uppstår stora mängder toalett- och matavfall i våra bostäder. Hantering och transport av avfallet leder till stora kostnader för samhället. Innovationstävlingen syftar till att på ett bättre sätt återvinna avfallet och omvandla dagens kostnad till morgondagens resurs för att skapa en hållbar stadsutveckling.*

**Västhagensverket** – den viktigaste av Öresundskrafts anläggningar i Helsingborgs hamn för produktion av el, fjärrvärme och fjärrkyla. förbrukar cirka 200 000 ton biobränsle per år.

**Öresundsverket** – Helsingborgs stads kommunala avloppsreningsverk renar 70 000 m<sup>3</sup> vatten varje dygn. Reningsverket påverkar sin omgivning framför allt genom luktstörningar, men utgör även en risk genom smittspridning samt biogasproduktion och gasolhantering.

---

### Övriga fakta från litteraturen, föredrag och RS<sup>1</sup> egen forskning

#### **Toalettavfall**

I genomsnitt lämnar varje person ca 1,2 kg (liter) urin och avföring per dag. Per år blir det totalt 438 kg innehållande ca 5 kg kväve (N), 0,7 kg fosfor (P) och 1 kg kalium (K).

I Sverige transporteras 1,2 kg toalettavfall med 200 – 550 liter vatten (blandning av svart- och gråvatten, ytvatten, mm) via föråldrad kloaksystem till avloppsreningsverk. Ingen kontroll av avloppsvattnets innehåll av kemikalier inklusive läkemedel.

I avloppsreningsverk blir utgående vatten aldrig 100 % rent d.v.s. att dagligen tillförs vattendrag, sjöar och hav en del av NPK samt alla övriga ämnen. Avloppsvatten renas i flera steg med mycket energi och konstgjorda kemikalier.

I det mekaniska steget samlas grovt material innehållande en del fekalier och lämnas på deponi utan behandling.

Biologiska steget utförs av mikroorganismer som stöds med luftning omväxlande med omröring av avloppsvatten utan luftning. Resultatet är att **kväve skickas till luften (N<sub>2</sub>) till**

---

<sup>1</sup> Ruzena Svedelius, agronomie doktor från Sveriges lantbruksuniversitet, forskning inom växtnäring och bioenergi

# Resursoptimering

Helhetslösning för hållbar hantering av alla typer av avfall och avloppsvatten

en kostnad av **50-300 SEK per kg kväve** (enligt information lämnat under föredrag på Alnarp).

Ca 1 % av kväve som drivs ut med kostsamma metoder antas blir till lustgas (N<sub>2</sub>O) enligt information i materialet som fanns på avloppsreningsverket där RS "Inledande miljöredovisning" (bilaga 1). Ett kg lustgas bidrar till växthuseffekten som motsvarar 289 kg koldioxid ([sv.wikipedia.org/wiki/Lustgas](http://sv.wikipedia.org/wiki/Lustgas)).

Tredje steget är fällning av fosfor med hjälp av kemikalier. I Helsingborg pågår fosforfällning i det biologiska steget. Ytterligare kemikalier används för att flocka det flytande materialet och samla det till avloppsslam. Slammet avvattnas med olika metoder.

Slam från avloppsreningsverk innehåller en del rester av kemiska ämnen som används i hushållen och i andra verksamheter regelbundet eller av misstag. Därför är det för det mesta olämpligt att använda slam i odlingar särskilt olämpligt för matproduktion.

Kostnaden för inköp syntetiskt kvävegödselmedel för att ersätta förlorat kväve som hade kunnat användas i odlingar är ca 25 000 SEK. Kvävegödsel som framställs från luftens kväve (vilket kan komma från avloppsreningsverk!) påstås vara billigt.

Det kostar **ca 10 SEK/kg kväve i konstgödsel**. Räkna vi med alla samhällsekonomiska problem med reaktivt kväve inser vi att återvinning av kväve är lönsam. Mer om reaktivt kväve: <http://www.biotransform.eu/wordpress/wp-content/uploads/2010/07/References-Reactive-Nitrogen-2010-RS.pdf>.

Vår avsikt är att följa vad som står nedan:

## Miljöbalken och Miljömålen

1 kap. *Miljöbalkens* mål och tillämpningsområde

**1 §** Bestämmelserna i denna balk syftar till att främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö. En sådan utveckling bygger på insikten att naturen har ett skyddsvärde och att människans rätt att förändra och bruka naturen är förenad med ett ansvar för att förvalta naturen väl.

*Miljöbalken* skall tillämpas så att

1. **människors hälsa och miljön skyddas** mot skador och olägenheter oavsett om dessa orsakas av föroreningar eller annan påverkan,
2. värdefulla natur- och kulturmiljöer skyddas och vårdas,
3. den biologiska mångfalden bevaras,
4. mark, vatten och fysisk miljö i övrigt används så att en från ekologisk, social, kulturell och samhällsekonomisk synpunkt långsiktigt god hushållning tryggas, och
5. **återanvändning och återvinning** liksom annan hushållning med material, råvaror och energi **främjas så att ett kretslopp uppnås**.

## Hänsynsregler

**2 § Alla** som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd **skall skaffa sig den kunskap** som behövs med hänsyn till verksamhetens eller åtgärdens art och omfattning **för att skydda människors hälsa och miljön mot skada eller olägenhet**.

# Resursoptimering

Helhetslösning för hållbar hantering av alla typer av avfall och avloppsvatten

## Innovationsförslaget grundas på följande uppskattningar

Vi utgår från basfakta och räknar med att

1. det uppstår toalett- och matavfall samt grävatten från 500 invånare
2. likaså 500 invånare utnyttjar kontor, butiker, restauranger, torg och park där det uppstår både toalett- och matavfall.

Därför kan vi räkna med att när 500 boende vistas utanför sina bostäder en del av dagen finns de antingen på de övriga nämnda platser eller motsvarande antal andra personer vistas inom området.

### Mängder av toalett- och matavfall samt grävatten som motsvarar 500 personer

- a) **Toalettavfall** 1,2 kg (liter) per person och dag blir 600 kg per dag och **219 ton totalt per år**.
- b) **Matavfall** är svårare att uppskatta. Det finns i litteraturen varierande uppgifter och därför räknar vi med två alternativ: 40 kg respektive 80 kg per person och år och det både matavfall från hushållen och från övriga platser blir **20 ton respektive 40 ton totalt per år**.
- c) **Grävatten** uppskattas enligt följande: Mängden avloppsvatten från hushållen som renas dagligen uppskattas till 200 liter. Svartvatten 50 liter räknar vi bort. Kvar blir 150 liter grävatten per person och dag. Totalt antar vi att det blir **75 m<sup>3</sup> grävatten per dag**.

### Uppskattningar

Nedan presenteras mängder toalett- och matavfall per 500 personer och år. Tabeller 1 och 2 tydliggör skillnader vilka uppstår när man räknar med 40 respektive 80 kg matavfall per person och år. Det är klart att C/N kvoten 4 är för låg eftersom det anses vara viktigt för omvandlingsprocesser i bioreaktor att C/N kvoten ligger på omkring 20.

Vi räknar med att tillsätta torra väl malda material för att balansera höga halter av kväve. Det presenteras i tabeller 3 och 4. Vattenhalten däremot är fortfarande hög.

Tabell 1:

Blandning av matavfall (40 kg per person och år) och mänskligt avfall för framställning av biogas och biogödsel. Innehåll av kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) samt C/N kvot och % av torrs substans i blandningen.

500 invånare per år	basråvara ton	kg N	kg P	kg K	C/N kvot	% ts
Matavfall (40 kg/pers. och år)	20	146	99	360	19	0,30
Mänskligt avfall	219	2 500	35	50	3	0,07
<b>Totat i blandningen</b>	<b>239</b>	<b>2 646</b>	<b>134</b>	<b>410</b>	<b>4</b>	<b>11,20</b>

Tabell 2:

Blandning av matavfall (80 kg per person och år) och mänskligt avfall för framställning av biogas och biogödsel. Innehåll av kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) samt C/N kvot och % av torrs substans i blandningen.

500 invånare per år	basråvara ton	kg N	kg P	kg K	C/N kvot	% ts
Matavfall (80 kg/pers. och år)	40	292	197	719	19	0,30
Mänskligt avfall	219	2 500	35	50	3	0,07
<b>Totat i blandningen</b>	<b>259</b>	<b>2 792</b>	<b>232</b>	<b>769</b>	<b>4</b>	<b>9,48</b>

# Resursoptimering

## Helhetslösning för hållbar hantering av alla typer av avfall och avloppsvatten

Tabell 3:

Matavfall (40 kg per person och år) och mänskligt avfall blandat med två torra kolrika material för framställning av biogas och biogödsel. Innehåll av kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) samt C/N kvot och % av torrsubstans i blandningen.

500 personer per år	ton	kg N	kg P	kg K	C/N kvot	% ts
Tort material VF	65	119	2	30	263	0,96
Tort material HK	50	322	33	691	68	0,96
Matavfall 40 kg/pers. och år	20	146	98	360	19	0,30
Mänskligt avfall	219	2 500	35	50	3	0,07
<b>Totalt i blandningen</b>	<b>354</b>	<b>3 086</b>	<b>133</b>	<b>410</b>	<b>20</b>	<b>16,60</b>

Tabell 4:

Matavfall (80 kg per person och år) och mänskligt avfall blandat med två torra kolrika material för framställning av biogas och biogödsel. Innehåll av kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) samt C/N kvot och % av torrsubstans i blandningen.

500 personer per år	ton	kg N	kg P	kg K	C/N kvot	% ts
Tort material VF	66	120	2	31	263	0,96
Tort material HK	51	328	33	705	68	0,96
Matavfall 80 kg/pers. och år	40	292	197	719	19	0,30
Mänskligt avfall	219	2 500	35	50	3	0,07
<b>Total i blandningen</b>	<b>376</b>	<b>3 240</b>	<b>232</b>	<b>769</b>	<b>20</b>	<b>13,76</b>

### Värde av växtnäring

Tabell 5:

Matavfall (40 kg per person och år) och mänskligt avfall blandat med två torra kolrika material för framställning av biogas och biogödsel. Värde i SEK av kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) i blandningen.

500 personer per år	N	P	K	N	P	K
Tort material VF	1 186	40	240			
Tort material HK	3 216	660	5 528			
Matavfall 40 kg/år	1 458	196	2 880	1 458	196	2 880
Mänskligt avfall	25 000	700	400	25 000	700	400
<b>Värde i blandningen i SEK</b>	<b>30 860</b>	<b>1 596</b>	<b>9 048</b>	<b>26 458</b>	<b>896,00</b>	<b>3 280,00</b>

Tabell 6:

Matavfall (80 kg per person och år) och mänskligt avfall blandat med två torra kolrika material för framställning av biogas och biogödsel. Värde i SEK av kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) i blandningen.

500 personer per år	N	P	K	N	P	K
Tort material VF	2 400	40	248			
Tort material HK	3 280	660	5 640			
Matavfall 80 kg/år	2 920	3 940	5 752	2 920	3 940	5 752
Mänskligt avfall	25 000	700	400	25 000	700	400
<b>Värde i blandningen i SEK</b>	<b>33 600</b>	<b>5 340</b>	<b>12 040</b>	<b>27 920</b>	<b>4 640</b>	<b>6 152</b>

# Resursoptimering

## Helhetslösning för hållbar hantering av alla typer av avfall och avloppsvatten

Av tabellerna 5 och 6 framgår värden av bara de tre växtnäringsämnen NPK.

1. Vid 40 kg matavfall per person och år blir det totala värdet av NPK 30 634 SEK/år och med inblandning av två torra fraktioner 41 504 SEK/år.
2. Vid 80 kg matavfall per person och år blir det totala värdet av NPK 38 712 SEK/år och med inblandning av två torra fraktioner 50 980 SEK/år.

**OBS! Värdet av övriga 18 essentiella växtnäringsämnena och värdet av mikroorganismer som hjälper växtrötterna att ta upp växtnäring och som samtidigt motverkar att växtsjukdomar får fotfäste är mycket svårt att uppskatta.**

Skulle man rena avloppsvatten från 500 personer enligt nuvarande system skulle enbart kostnad för 80 %-tig kvävereduktion uppgå till mellan 100 000 och 600 000 SEK/år.

## Hur skapar vi optimala förhållanden för mikroorganismer som sköter omvandlingen i bioreaktor?

Detta är huvuduppgift för att **maximera utbyte av metan** i biogasen och **framställa biogödsel lämpade för användning i odling**. Då menar vi biogödsel som kan anpassas även till enskilda grödornas behov samt kunna gödslas med sådan precision att man gödslar till grödornas rotsystem och undviker förluster och att gödsla för ogräs mellan raderna.

Tekniken för precisionsgödslning finns men det saknas biogödsel från biogasanläggningar som kan användas med denna teknik. I Oceanhamnen kan man skapa förutsättningar för vidareutveckling av trender mot ökad precision vid omvandling av flera typer förnybart organiskt material till biogas och biogödsel.

### Kompostering är oacceptabel!

(Påstår Ruzena Svedelius som har forskat på kompostering och anser att det är dags att bygga lokala kompakta biogasanläggningar.)

Det är bara ett kostsamt sätt att bli av med energi och en betydande del av växtnäring.

Företagen som tillverkar utrustning för kompostering argumenterar på följande sätt:

”Köper kommunen vår anläggning kan vi garantera att av 1 000 kg material blir det 300 kg kompost.”

Det innebär att 70 % av råvara bara försvinner. Inte riktigt. Det bildas koldioxid och vatten som är egentligen förlust av bioenergi som fanns i råvaran. Det avgår till luften en del kväve och svavel i illaluktande föreningar och en del växtnäring lakas ut om kompostering sker på strängar utan tak. Liknade resultat får man vid kompostering i stora trummor och övriga komposteringsbehållare.

### Därför ska byggas lokala kompakta biogasanläggningar

Det brukar anges att 1 000 kg förnybart organiskt material innehåller i medeltal 3 000 kWh bioenergi. I biogasanläggningen kan man få minst 1 000 kWh i biogasens metan, ca 1 000 förbrukas i processen och ca 1 000 kWh bioenergi är kvar i biogödsel.

Det är den bioenergi som markens organismer behöver. Den finns i icke omvandlat material som bildar humus (i folkmun kallad mylla) som har positiva effekter på markens långsiktiga bördighet/produktionsförmåga med följande fysikaliska, biologiska och kemiska effekter:

## Resursoptimering

Helhetslösning för hållbar hantering av alla typer av avfall och avloppsvatten

- hjälper marken att hålla bättre vatten - minskad behov av bevattning
- ökar markens genomtränglighet – det går lättare att bearbeta marken och växternas rötter har lättare att tränga genom marken
- bidrar till att marken värms lättare vid solens instrålning och det påverkar positivt markens organismer vilka motverkar förekomst av växternas sjukdomsalstrare och som hjälper rötterna att ta upp växtnäring
- leverera växtnäringsämnen både snabbt och långsamt; en del ämnen binds och levereras långsamt – långsiktiga effekter för t ex. fosfor

Bioenergin som finns i biogasens metan är lätt att värdera i SEK. Det är besvärligare att värdera biogödsel och alla dess effekter på produktion av växternas biomassa som människa använder som mat, foder, fibrer och bränsle (på engelska fyra F – Food, Feed, Fibre and Fuel).

Vi har redan nämnt att maten är för människa den viktigaste källa för bioenergi dvs. mater är vårt biobränsle. Likaså är förnybart organiskt material biobränsle för mikroorganismer – även vid omvandling (metanjäsning) i bioreaktor. Alla levande organismer kräver tillgång till rätt sammansatt kost för att växa och utvecklas. Därför är det viktigt att testa fram bra ”recept” av tillgängliga förnybara organiska material som ska vara råvara för biogasanläggning i Oceanhamnen.

Alla våra recept för matlagning har kommit fram genom oändliga försök. Likaså är det omöjligt att skriva ner rekommendationer för Oceanhamnens biogasanläggning.

**Vi kan endast ange några riktlinjer och föreslå att Helsingborg kommun utför snarast tester i mindre bioreaktorer för material med hög halt av torrs substans (vattenhalten omkring 70 %) för att erhålla bra underlag för beslut angående detaljerad utformning. Vi kan bistå med att skaffa allt som behövs via våra leverantörer.**

-----

## Rening av gråvatten i ”BioH<sub>2</sub>O”

Vi uppskattar mängden gråvatten till 75 m<sup>3</sup> per dag och föreslår en anläggning som består av ett rum om ca 32 m<sup>2</sup> där det placeras tre ”bassänger”. Varje bassäng ska innehålla ca 3 m<sup>3</sup> speciella stenar placerade i flera olika fack. Facken är utformade så att inkommande vatten tvingas rinna genom varje bassäng i ett vågrörelse.

På stenarna utvecklas en hinna av mikroorganismer vilka tar hand om föroreningar. Systemet kräver minimalt med underhåll samtidigt som utgående vatten är rent utan att behöva tillsättas några som helst kemikalier.

Systemet har använts i växthusföretag, vid fisk- och kräftodlingar men eftersom den är enkel och billig har den fått för lite uppmärksamhet.

**Vi föreslår att Helsingborg kommun låter bygga en mindre bassäng (ca 1 m<sup>3</sup>) och utföra tester där man analyserar ingående och utgående vatten. Vi kan bistå med att skaffa allt som behövs via våra leverantörer.**

# Resursoptimering

Helhetslösning för hållbar hantering av alla typer av avfall och avloppsvatten

## I Oceanhamnen ska biogasanläggning ”BTF” stå för resursoptimering

Det blir ingen lätt uppgift. Det är utmaning för många - utan rangordning:

- Tekniker som ska konstruera utrustning väl anpassad för mikroorganismer som utför omvandling. Samtidigt ska det vara hygieniskt miljö för personalen som sköter avfallshantering i alla led från insamling till el och värme från biogas och biogödsel för precisionsgödsling.
- Personal som ska sköta anläggningar. De kommer att behöva ha möjlighet att balansera inkommande materialflöden.
  - Basråvara för att blanda substrat blir toalett- och matavfall men det är viktigt att ta vara på andra avfallströmmar som innehåller förnybart organiskt material. Dessa material måste ha en vis ”renhet” vilket innebär att för mikroorganismer störande ämnen ska undvikas. Naturligtvis gäller alltid att uppskatta mängden av störande ämnen i proportion till materialets vikt.
  - I tabellerna har visats exempel på torra material som ska blandas in för att få C/N kvoten 20. Det går med fördel använda andra material till exempel växtmaterial från parker, trädgårdar eller från närliggande jord-, skog- eller trädgårdsbruk eller från livsmedelsindustri och dylikt som passar att blanda in i basråvaran för att optimera omvandlingen.
- Beslutsfattare som ska ha tillräckligt med kunskap för att överblicka helheten och skapa rätta ramar för att både optimera processer i Oceanhamnen men också stödja vidareutveckling i hela kommunen.
  - Deras uppgift är också att föra ut till medborgare tydliga beslut och även ta mot nya förslag från medborgare.
  - Till hjälp har beslutsfattare alla inom universiteter och högskolor från professorer till studenter.
- Invånare som får tillräckligt med information för att förstå hur viktig det är att förändra en del vanor för att säkra välstånd för kommande generationer genom att bättre hushålla med begränsade naturresurser.

## Vad får vi ut ur basråvaran som består av toalett- och matavfall utan eller med inblandning?

Alla uppskattningar nedan vad beträffar energi ska verifieras med småskaliga tester. Tillgängliga data som finns i olika rapporter kan vara någorlunda vägledande men det krävs att göra energianalyser av ingående material för att förstå hur effektiv omvandlingen är.

Alla nuvarande biogassystem saknar önskvärt precision och därför vågar vi påstå att energiinnehåll i både biogas och biogödsel kan bli högre i en innovativ biogasanläggning och energiförluster betydligt mindre. Nu uppgår förluster till ca en tredjedel av energin i råvaran.

### ENERGI

I tabell 1 där blandning av toalett- och matavfall (basråvara) presenteras är det 239 ton/år från 500 invånare när matavfallet utgör 40 kg per person och år och enligt tabell 2 är det 259 ton/år

## Resursoptimering

Helhetslösning för hållbar hantering av alla typer av avfall och avloppsvatten

när matavfallet utgör 80 kg per person och år. Innehåll av bioenergi kan uppskattas vara mellan 400 000 och 700 000 kWh (0,4-0,7 GWh) per år. Biogasen kommer att innehålla ca en tredjedel energi och ungefär lika mycket blir kvar i biogödsel.

Vid inblandning av torra material till basvaran för att balansera C/N kvoten till 20, när matavfallet utgör 40 kg per person (tabell 3), är det 354 ton substrat som ska bli biogas och biogödsel och när matavfallet utgör 80 kg per person och år (tabell 4) är substratmängden 376 ton/år. Innehåll av bioenergi uppskattas till mellan ca 900 000 kWh (0,9 GWh) och 1 100 000 kWh (1,1 GWh). Utfallet blir som ovan ca en tredjedel energi och ungefär lika mycket blir kvar i biogödsel.

Av biogasens energiinnehåll kommer från sterlingmotor ut ca 30 % som el och 65 % som värme/kyla. Värdet av energi vilken utnyttjas som el och värme/kyla får experter räkna fram. Samtidigt ska experterna begrunda både fördelar och nackdelar med det innovativa biogasanläggningen BTF som använder G&G-system.

**Det tål att upprepa att alla dessa innovativa förslag kräver verifiering med tester utförda med högsta möjliga precision innan man planerar anläggningar i Oceanhamnen.**

## Värdet av VÄXTNÄRING

Av tabellerna 5 och 6 framgår värden av bara de tre växtnäringsämnen NPK:

1. Vid 40 kg matavfall per person och år blir det totala värdet av NPK 30 634 SEK/år och med inblandning av två torra fraktioner 41 504 SEK/år.
2. Vid 80 kg matavfall per person och år blir det totala värdet av NPK 38 712 SEK/år och med inblandning av två torra fraktioner 50 980 SEK/år.

### OBS!

**Det är mycket svårt att uppskatta i biogödsel värde av**

- **övriga 18 essentiella växtnäringsämnena utan vilka är hållbar odlingsystem omöjlig**
- **mikroorganismer som hjälper växtrötterna att ta upp växtnäring och som samtidigt motverkar att växtsjukdomar får fotfäste**
- **humus (mullämnen) som gör marken bördig**
- **bioenergi som är biokemiskt bunden i mikroorganismer och humus (mullen).**

Eftersom ca 50 % av mat importeras till Sverige importerar vi ca 50 % av all växtnäring som vi finner i toalett- och matavfallet. I stället för att låta dessa ämnen gå förlorade ur kretsloppet ska vi se till att de binds i biogödsel och används vid behov.

Skulle man rena avloppsvatten från 500 personer enligt nuvarande system skulle **enbart kostnad för 80 %-tig kvävereduktion** uppgå till mellan **100 000 och 600 000 SEK/år.**