

NP-balans

Växtbehovsanpassade gödselmedel från biogasanläggningar

Sammanfattning av slutresultat mars 2019

NP-BALANS

NP-balans projektet är ett samarbete mellan Yrkeshögskolan Novia och Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Projekttiden är 15.1.2016-31.3.2019.



De förväntade resultaten av projektarbetet kan delas upp i två delar, dels att hitta metoder för att optimera näringsbalansen i rötrest, dels att hitta metoder för säker användning av balanserad biogödsel inom jord och skogsbruk.

1) Metod för optimering av näringsbalansen i rötrest

Näringsinnehållet optimeras genom olika tekniker så som samrötning av olika substrat, genom att återvinna fosfor från rejektvatten och rötrest eller genom tillsats av kväve.

Fosfor utvinns ur rejektvattnet och rötrest främst genom utfällning av struvit. Struvit produceras genom en teknik som bygger på en s.k. fluidiserad bädd. Tekniken kräver tillsats av magnesium och pH justering för att fälla ut struvit.

Biogasproducenterna kan använda sig av blandningsrecept för samrötning av olika organiska substrat, utfällning av struvit och/eller tillsats av kväve för att optimera näringsbalans mellan fosfor och kväve i rötresten.

Resultatet är två nya produkter för biogasproducenterna: en rötrest med ett näringsinnehåll anpassat för jord- eller skogsbruk och återvunnen fosfor som kan säljas direkt som gödselmedel eller som råvara för handelsgödselindustrin.

2) Metod för säker användning av balanserad biogödsel inom jord och skogsbruk.

I fältförsök och växthusförsök studeras växternas utnyttjande av näringen från optimerad rötrest genom att analysera växternas biomassa och näringsinnehåll vid skörd och jämföra med växter från ogödslade och mineralgödslade ytor.

Risken för kväveläckage via dräneringsvattnet bedöms genom analys av oorganiskt kväve i marken. Även ytavrinning av vatten från gödslad jord studeras både under vegetationsperioden och under snösmältning. Resultaten ger underlag för rådgivning om hur biogödsel ska användas för att maximera nyttan och minimera risken.

Hela rapporten kommer att finnas tillgänglig under våren 2019 på Novias samt SLUs webbsida och på www.npbalans.eu

METODER FÖR ATT OPTIMERA NÄRINGSBALANSEN I RÖTRESTER

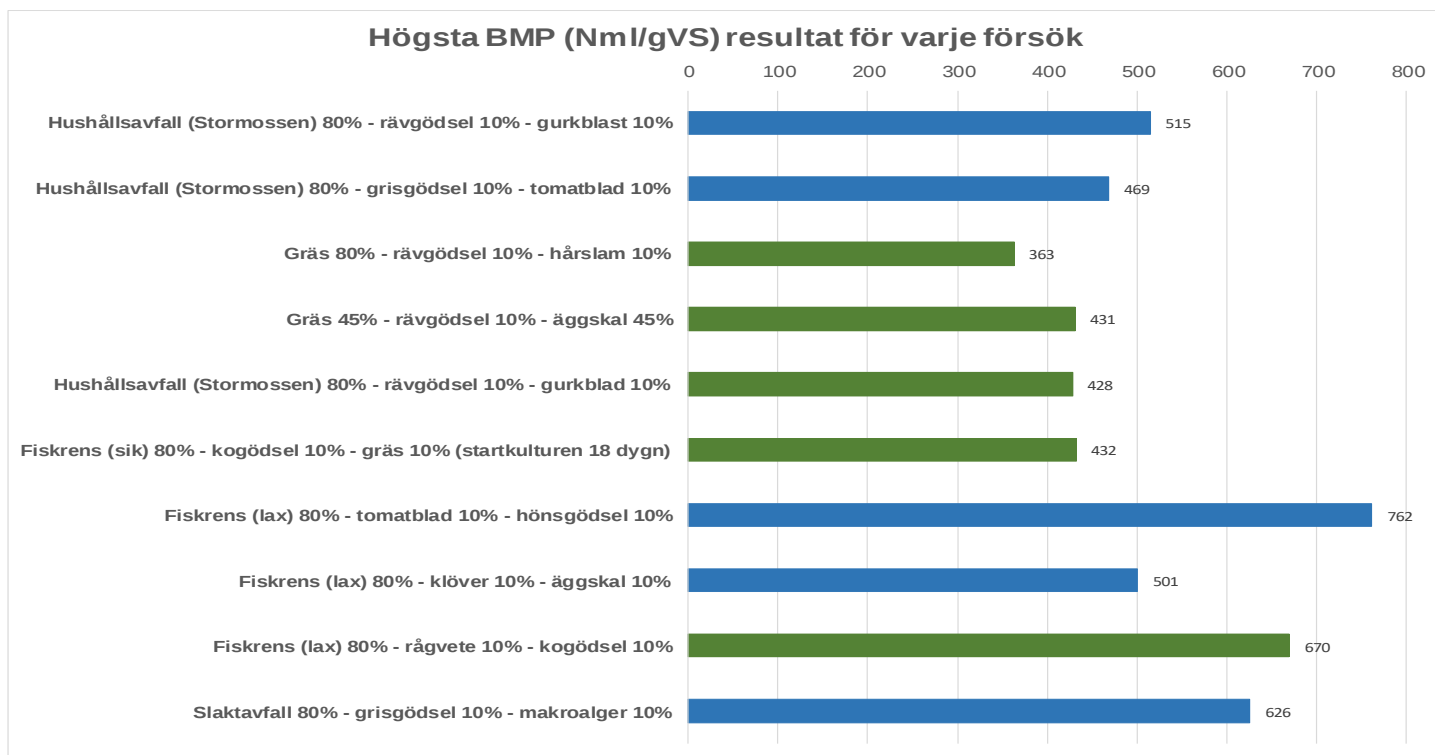
Vid rötning bryter mikroorganismer ned organiskt material genom en syrefri process till biogas och rötrest. Olika substrat (material) bryts ned olika fort och samrötning av olika substrat ger ofta mer metangas och en bättre sammansättning av näringsämnen i rötresten.

Biogas är en blandning av metan och koldioxid. Metan är en energirik gas som dels används för att täcka biogasanläggningens egna energibehov (värme och el). Ofta produceras så mycket biogas att den kan säljas vidare

till t.ex. allmänna gasnätet (stadsgas) eller efter förädling, s.k. uppgradering, som drivmedel till fordon (fordonsgas).

Tio olika röttningsförsök med 120 blandningar av 15 olika restprodukter från närregionen och makroalger odlade i Nordnorge (i samarbete med projektet TransAlgae) har samrötats under projektiden. Nedan finns listade de blandningar som gett högst metanproduktion per försök.

Resultat från samrötning med olika organiska restprodukter (substrat)



Figur 1. Biometanpotentialen (BMP) är ett mått på hur användbart ett organiskt substrat är i röttningsprocessen, dvs hur mycket metangas substratet/-blandningen producerar. BMP mäts i NmI/gVS och visar den totala ackumulerade metanproduktionen över tid i ml vid standardförhållanden relaterad till tillförd mängd organiskt material i form av VS. Volatile solids (VS) är skillnaden i massa mellan torkat material och återstoden efter glödning till 550 °C under två timmar.

Fiskrensens gav de bästa metangasproduktionerna i samrötningarna. Blandningen med 80% fiskrens av lax, 10% tomatblad och 10% hönsgödsel gav det högsta totala BMP resultatet (762 Nml/gVS) av alla försöken. Vidare fann vi att mycket slakteriavfall (80%) tillsammans med en liten mängd grisgödsel (10%) och makroalger (10%) producerade även bra med metangas, totala ackumulerade BMP uppgick till på 626 Nml/g VS. I de samrötningar hushållsavfallet uppgick till 80% producerades även större mängder metangas. Däremot uppmättes lägre värden för metanproduktion under samrötningen med hårslam, råvgödsel och gräs, där högst resultat (363 Nml /g VS) uppmättes för blandning med 10% hårslam, 10% råvgödsel och 80% gräs (Figur 1.).



Fyra olika typer av gödsel testades vid samrötningarna, grisgödsel, hönsgödsel, kogödsel och råvgödsel. T.ex. samrötningar med grisgödsel visade på en jämn gasutveckling i de blandningar som grisgödseln dominerade (57% eller 80%), metangasproduktionen var bland de högre jämfört med de andra blandningsförhållandena i samma försök (370 – 418 Nml/g VS).

Samrötningar med tomat- och gurkblad visade på lägre metanproduktion, troligen främst för att tomat- och gurkbladen var svårare nedbrytbara. Vid försöken med hushållsavfall-råvgödsel-gurkblad tog det 7 - 11 dygn innan metanproduktionen kom igång i de blandningar där gurkbladen fanns i högre koncentrationer (80%) och hushållsavfalls- och råvgödselmängden var mindre (10%). För tomatbladen observerades en snabbare start av metangasutvecklingen än hos gurkbladen, men metangasproduktion var låg jämfört med andra blandningar i samma försök. I försöket med hushållsavfall-grisgödsel-tomatblad producerade blandningen med högst mängd tomatblad (80%) och små mängder hushållsavfall och grisgödsel (10%) den minsta mängden metangas (248 Nml/g VS).

Näringsämnesbalansen, förekomst av kväve / fosfor i substraterna och rötresterna

Substraterna som användes vid försöken analyserades separat innan de blandades ihop med varandra. Koncentrationer av kol och kväve och kol/kväve-kvoten (C/N-kvot, mg/kg TS) beräknades. Kol/kväve-kvoten är förhållandet mellan kol och kväve i det organiska materialet. Optimal kol/kväve-kvot för rötning uppmättes för hushållsavfall från Ab Stormossen Oy (19,1 och 17,1 mg/kg TS) och för kogödsel (innehöll halm) (20,2 mg/kg TS) (Tabell 1.).



Tabell 1.. Kol/kväve-kvoten (C/N-kvot, mg/kg TS) för de substrat som används vid försöken. F står för försök och anger vilket försök som substratet ingick i. Bör observeras att kogödseln innehöll halm och hönsgödseln innehöll strö.

Substrat	C/N-kvot (mg/kg TS)
Gräs	85,3
Slakteriavfall	28,2
Rågvete	26,2
Kogödsel	20,2
Hushållsavfall F6	19,1
Hushållsavfall F2	17,1
Hönsgödsel	17,0
Makroalger	16,6
Klöverrik vall	16,6
Hushållsavfall F4	16,5
Hushållsavfall F1	16,5
Grisgödsel	13,1
Rävgödsel	10,3
Äggskal	10,2
Fiskrens lax	8,6
Tomatblad	8,2
Gurkblad	7,6
Fiskrens sik	5,5
Hårslam	4,0

Kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) undersöktes i rötresterna. Resultaten presenteras som medeltalet för de tolv blandningar som ingått i ett försök. Den högsta genomsnittliga kväve/fosfor-kvoten hade blandningarna med klöverrik vall, äggskal och fiskrens av lax (12,37 mg/kg TS). Hushållsavfall samrötat med rävgödsel och gurkblad hade den lägsta genomsnittliga kväve/fosfor-kvoten (1,99 mg/kg TS) jämfört med de andra försöken. Kalium fanns mest i samrötningförsöket med tomatblad, hönsgödsel och fiskrens av lax (medeltal för försöket, 55033 mg/kg TS) (Tabell 2.).

När vi sedan jämförde alla de olika rötresterna separat varierade kväve/fosfor-kvoten från 0,99 – 29,17 mg/kg TS. Även för rötresterna med endast startkultur varierade

Tabell 2. Kväve/fosfor-kvot (A) och kalium koncentrationen (B) för rötresterna. Resultat angivet som medeltal av de tolv blandningar som ingått per försök

A. Försök	N/P-kvot medeltal per försök (mg/kg TS)
Klöver - äggskal - fiskrens (lax)	12,37
Gräs - rävgödsel - hårslam	9,71
Slakteriavfall - grisködsel - makroalger	8,96
Tomatblad - hönsgödsel - fiskrens (lax)	8,47
Gräs - rävgödsel - äggskal	7,74
Rågvete - kogödsel - fiskrens (lax)	6,65
Gräs - kogödsel - fiskrens (sik)	5,75
Hushållsavfall - rävgödsel - gurkblad	5,35
Hushållsavfall - grisködsel - tomatblad	2,32
Hushållsavfall - rävgödsel - gurkblad	1,99

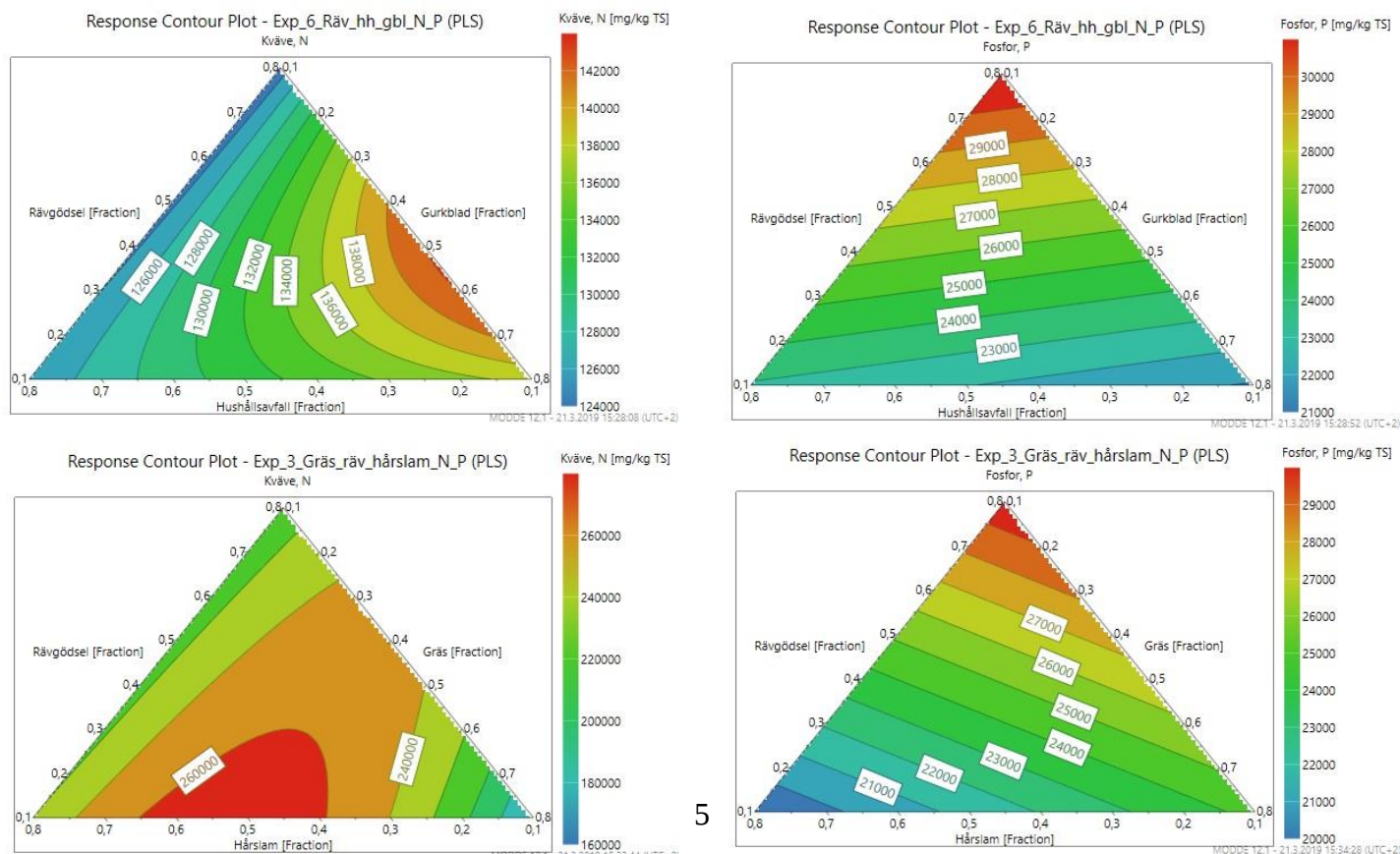
B. Försök	Kalium, K medeltal per försök (mg/kg TS)
Tomatblad - hönsgödsel - fiskrens (lax)	55033
Klöver - äggskal - fiskrens (lax)	52033
Slakteriavfall - grisködsel - makroalger	44150
Hushållsavfall - rävgödsel - gurkblad	41458
Gräs - kogödsel - fiskrens (sik)	38475
Gräs - rävgödsel - hårslam	36333
Rågvete - kogödsel - fiskrens (lax)	31733
Gräs - rävgödsel - äggskal	30150
Hushållsavfall - rävgödsel - gurkblad	11149
Hushållsavfall - grisködsel - tomatblad	10821

kväve/fosfor-kvoten mycket från 2,03 mg/kg TS till 19,64 mg/kg TS. Kaliumkoncentrationerna i rötresterna från de olika samrötningarna varierade från 7450 – 80000 mg/kg TS Rötrestes med kväve/fosfor-kvoter mellan 3 – 6, som skulle vara passande växtnäring för fosforfattiga jordar var främst från försök 5, 6 och 7. Försök 5 innehöll blandningar med gräs, rävgödsel och äggskal, försök 6 utfördes med hushållsavfall, rävgödsel och gurkblad och försök 7 bestod av blandningar med gräs, kogödsel och fiskrens av sik (Tabell 3A, Figur3.). Rötrestes med kväve/fosfor-kvoter mellan 10 – 20, som skulle vara passande växtnäring för fosforrika jordar var däremot främst från försök 3 och 9. Försök 3 gjordes med gräs, rävgödsel och hårslam och försök 9 med klöverrik vall, äggskal och fiskrens av lax (Tabell 3 B, Figur 3.).

Tabell 3. Rötrest med N/P-kvot mellan 3 – 6 (A) och 10 – 20 (B). Rötresten var från blandning med råvgödsel, hushållsavfall och gurkblad (försök 6) och blandning med råvgödsel, hårsлам och gräs (försök 3).

A. Substratblandning	N/P-kvot (mg/kg TS)
Råvgödsel 80% - hushållsavfall 10% - gurkblad 10%	3,58
Råvgödsel 33% - hushållsavfall 33% - gurkblad 33%	4,77
Råvgödsel 22% - hushållsavfall 57% - gurkblad 22%	4,94
Råvgödsel 45% - hushållsavfall 45% - gurkblad 10%	4,98
Råvgödsel 33% - hushållsavfall 33% - gurkblad 33%	5,20
Råvgödsel 45% - hushållsavfall 10% - gurkblad 45%	5,20
Råvgödsel 33% - hushållsavfall 33% - gurkblad 33%	5,24
Råvgödsel 10% - hushållsavfall 80% - gurkblad 10%	5,56
Råvgödsel 57% - hushållsavfall 22% - gurkblad 22%	5,59
Råvgödsel 22% - hushållsavfall 22% - gurkblad 57%	6,03
B. Substratblandning	N/P-kvot (mg/kg TS)
Råvgödsel 10% - hårsлам 80% - gräs 10%	10,10
Råvgödsel 10% - hårsлам 45% - gräs 45%	10,19
Råvgödsel 45% - hårsлам 45% - gräs 10%	12,69
Råvgödsel 33% - hårsлам 33% - gräs 33%	14,25
Råvgödsel 33% - hårsлам 33% - gräs 33%	19,50

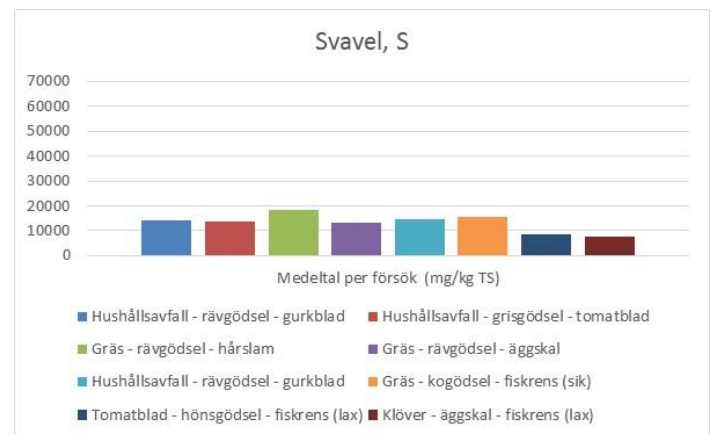
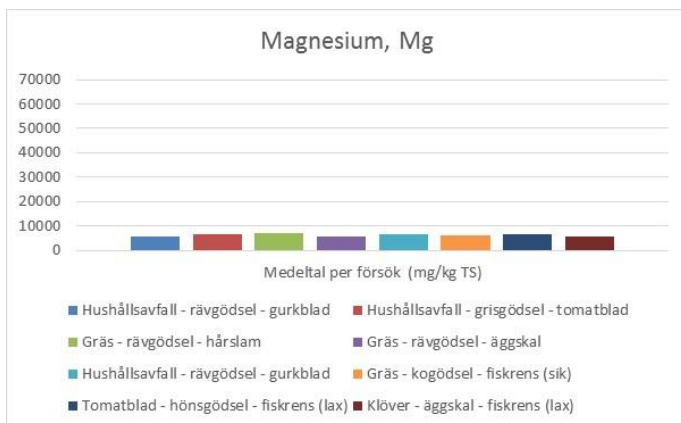
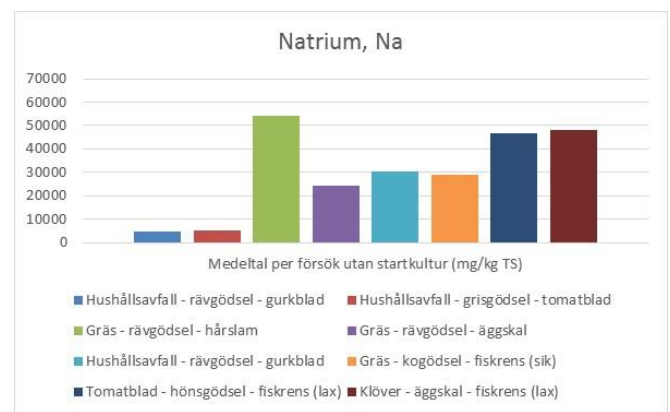
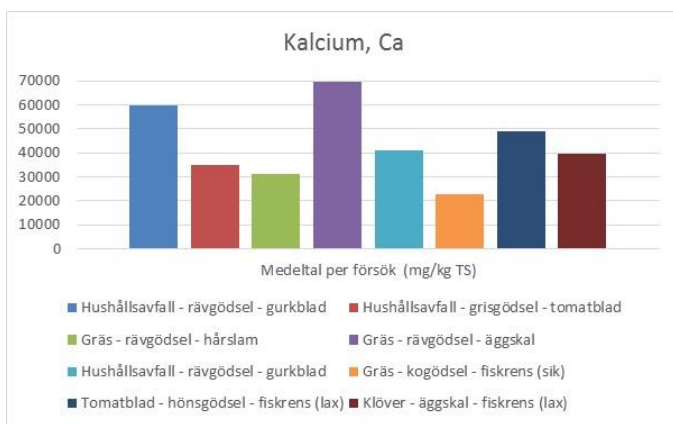
Figur 2. Överskådlig bild över kväve (övre vänstra) och fosfor (övre högra) halten (mg/kg TS) i rötresten från samrötning med råvgödsel, hushållsavfall (hh) och gurkblad (gbl) (försök 6). Kväve (nedre vänstra) och fosfor (nedre högra) halten (mg/kg TS) i rötresten från samrötning med råvgödsel, hårsлам och gräs (försök 3). Röd färg anger hög halt med kväve eller fosfor och blå färg anger låg halt med kväve eller fosfor.



Kalcium, magnesium, natrium och svavel i rötresterna

Kalcium, magnesium, natrium och svavel undersöktes även i rötresterna. Rötrestes med högsta genomsnittliga kalcium halter (69650 mg/kg TS) var från försöket med gräs, råvgödsel och äggskal. Gräs och råvgödsel blandat med hårsлам frambringade däremot rötrestes med högsta genomsnittliga koncentrationer av magnesium (7144 mg/kg TS), natrium (54175 mg/kg TS) och svavel (18158

mg/kg TS) medan kalcium halten var relativt låg i dessa rötrestes (31308 mg/kg TS). Rötrestes från försöket med klöverrik vall, äggskal och fiskrens av lax hade de lägsta genomsnittliga mängderna med magnesium (5488 mg/kg TS) och svavel (7778 mg/kg TS) jämfört med de andra försöken (Figur 3.).



Figur 3. Kalcium, magnesium, natrium och svavel undersöktes i rötrestes (samrötningar). Resultat angivet som medeltal av de tolv blandningar som ingått i varje försök.

Förekomst av metaller och bakterier i rötresterna*

Arsenik (As), bly (Pb), kadmium (Cd), koppar (Cu), krom (Cr), kvicksilver (Hg), nickel (Ni) och zink (Zn) undersöktes i rötresterna. Endast för nickel översteg de uppmätta halterna de rekommenderade gränsvärdena för biogödsel i Finland (Livsmedelsverket i Finland) och i Sverige (certifieringsregeln SPCR 120). Dessa metaller förekomst varierade beroende på vilka substrat som rötats och vilken startkultur som använts (Tabell 4.).

T.ex. i ett par rötresters från samrötning med hushållsavfall-rävgödsel-gurkblad uppmättes nickelhalter (45 – 56 mg/kg TS) nära det högsta tillåtna värdet för biogödsel. I två rötresters (blandning med 45% hushållsavfall, 10% rävgödsel, 45% gurkblad och blandning med 57 % hushållsavfall, 22% rävgödsel och 22% gurkblad) översteg de uppmätta nickelhalterna (56,0 och 51,0 mg/kg TS, respektive) den högsta tillåtna halten 50,0 mg/kg TS enligt SPCR 120 regelverk. I de övriga samrötningförsöken var nickelhalterna mycket lägre (medeltal per försök, 9,3 – 23,4 mg/kg TS).

Rötresterna från samrötningarna och rötresters med bara startkultur har även analyserats för förekomst av bakterier. Ingen *Salmonella* (<10 pmy/g) eller *Escherichia Coli* (/25 g) kunde detekteras i rötrestproverna.



Tabell 4. De högsta uppmätta halterna av arsenik, bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel och zink i rötresterna (mg/kg TS). I tabellen finns även uppgett de högsta tillåtna gränsvärdena för respektive grundämne enligt Livsmedelsverket i Finland och certifieringsregeln SPCR 120 i Sverige.

	Arsenik (mg/kg TS)	Bly (mg/kg TS)	Kadmium (mg/kg TS)	Koppar (mg/kg TS)	Krom (mg/kg TS)	Kvicksilver (mg/kg TS)	Nickel (mg/kg TS)	Zink (mg/kg TS)
Gränsvärden enligt Livsmedelsverket	25	100	1,5	600	300	1	100	1500
Gränsvärden enligt SPCR120		100	1	600	100	1	50	800
Högsta uppmätta halterna i rötrest	9,1	15	0,68	310	71	0,67	56	740

*förekomsten av As, Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, Zn samt Ni finns presenterade i den fullständiga slutrapporten

Sammanfattning:

- Totalt har vi gjort 10 olika samrötningsförsök med 120 olika substratblandningar
- Vi har testat 15 olika substrat som finns i närregionen + makroalger odlade i Nordnorge (i samarbete med TransAlgae projektet).
- Hög mängd med fiskrens av lax gav bra metanproduktion, speciellt samrötat med hönsgödsel och tomatblast.
- Blandningar innehållande hushållsavfall (vilket är en blandning i sig), gav också bra metanproduktion, likaså blandningar med hög mängd slaktavfall.
- Gurkblad var svårare nedbrytbart och tog en längre tid innan metangasutvecklingen kom igång. För tomatbladen observerades en snabbare start av metangasutvecklingen än hos gurkbladen, men metangasproduktion var låg.
- Substrat med optimal kol/kväve-kvot för rötning uppmättes för hushållsavfall från Ab Stormossen Oy och för kogödsel (innehöll halm).
- Kväve/fosfor-kvoten för rötresten varierade mellan de olika försöken, beroende på vilket substrat och startkultur som användes.
- Rötresten med kväve/fosfor-kvoter mellan 3 – 6 (lämpar sig för fosforfattiga jordar) var främst från samrötning med gräs-rävgödsel-äggskal eller med hushållsavfall-rävgödsel-gurkblad eller med gräs-kogödsel-fiskrens av sik.
- Rötresten med kväve/fosfor-kvoter mellan 10 – 20 (lämpar sig för fosforrika jordar) var främst från samrötningsförsök med gräs-rävgödsel-hårslam eller med klöverrik vall-äggskal-fiskrens av lax.
- Kalium fanns mest i rötrest från samrötning med tomatblad, hönsgödsel och fiskrens av lax.
- Samrötning med gräs-rävgödsel-äggskal gav rötresten med hög genomsnittlig kalciumhalt.
- Magnesium, natrium och svavel förekom mest i samrötningar med gräs-rävgödsel-hårslam.
- Inga överskridande halter av As, Pb, Cd, Cr, Cu, Hg och Zn uppmättes i rötresterna, förutom för Ni (56 och 51 mg/kg TS; SPCR120 50 mg/kg TS).
- Ingen *Salmonella* eller *Escherichia Coli* kunde detekteras i rötrestproverna.

Fosforåtervinning

Fosfor utgör ett för allt liv nödvändigt grundämne. I jordbruket tillförs därför fosfor som växtnäringsämne. Råfosfat, som utgör den viktigaste råvaran i produktionen av fosforgödselmedel, bryts i gruvdrift på några få ställen i världen och har av EU klassats som ett kritiskt råmaterial 2014 och 2017. Den fosfor som finns i stallgödsel, avloppsslam, hushållsavfall, m.m. kan däremot återvinnas.

Råfosfat består av två huvudgrupper, sedimentär och magmatisk. Sedimentär råfosfat har högre fosforhalt: 12-16 %, medan magmatisk råfosfat har mindre än 5 % fosfor och generellt har lägre halter tungmetaller. Om man inför strängare krav på kadmiuminnehåll så kommer sedimentär råfosfat att bli problematisk. Av den globala fosfatproduktionen går 95 % till gödselmedel och foder.

Slutstation för fosfor

- En stor del av den fosfor som bryts i gruvor används endast en gång
- Uppskattningar visar att ca en tredjedel av den mineralgödsel som används i världen förloras genom ytavrinning och erosion
- Avloppsvatten renas inte i delar av världen, och där det renas minskar användningen av slam som gödsel p.g.a. halter av metaller, medicinrester, patogener, etc.
- Fosfor som hamnar på havsbotten beräknas bli tillgänglig först efter 10 – 100 miljoner år genom tektonisk aktivitet

För närvarande ligger fokus på att förhindra att fosfor läcker ut i vattendrag och hav – myndighetskrav har fokuserat och optimerat dagens teknik med avseende på detta mål

För att kunna återvinna fosfor på ett ekonomiskt hållbart sätt krävs nya regler och ny teknik – fokus på att både förhindra läckage och att återvinna

Återvinning av fosfor från rejektvatten och rötrest

Även om rötresten används i jordbruket som sådan finns det ofta för mycket fosfor i förhållande till kväve. Fosforåtervinning skulle ge en bättre näringsbalans i rötresten och återvunnen fosfor skulle kunna vara en separat produkt.

Målet i projektet var en färdigt utvecklad och testad anläggning i laboratorieskala för fosforåtervinning genom utfällning av struvit, $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, ur rejektvatten och rötrest. Struvit produceras i en så kallad fluidiserad bädd som skapas genom en kontinuerlig vätskeströmning uppåt i reaktorn. Magnesium tillsätts kontinuerligt och pH-värdet i reaktorn kontrolleras med hjälp av tillsatser av natriumhydroxid.

Den bildade fällningen studeras med elektromikroskopi, och halterna P,N och Mg bestämdes i rejektvatten /rötresten före och efter experimenten.



Fosforpiloten

Fosforpiloten

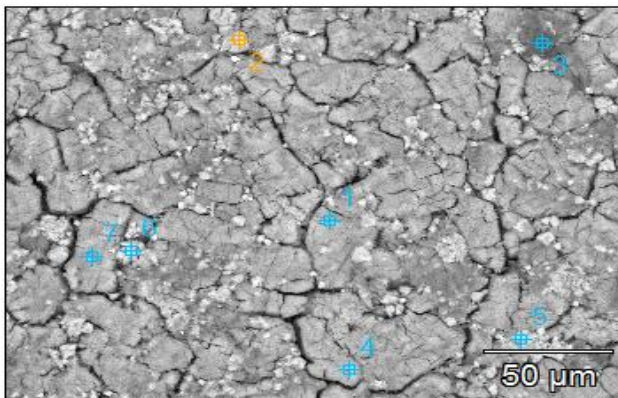
Fosforpiloten är drygt 4 m hög och rymmer 110 liter. Vi har genomfört försök med syntetisk lösning, rejektivatten och rötrest. Totalt pumpades ca 400 liter lösning genom piloten under ett experiment. En riklig struvitfällning ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) erhöles, men partikelstorleken var liten. Försök har genomförts med rejektivatten från rötrest av bioavfall från Stormossen och rötrest från Jeppo biogas. På grund av mycket onedbrutet organiskt material, fick rötresten stå ca en vecka för att det fasta materialet skulle separera. Endast den separerade lösningen användes i experimentet.

Varför struvit?

- + Innehåller både kväve och fosfor (kvävet förloras vid förbränning)
- + Rötrestens organiskt material kvarstår (förstörs vid förbränning)
- + Fullskaleanläggningar finns på många håll => struvit känd som produkt
- + Eliminera problem med struvitfällning i anläggningen
- Måttligt utbyte: endast fosfat-P fälls
- Fosfor i reningsverksslam kan vara för hårt bundet till Fe/Al för struvitfällning

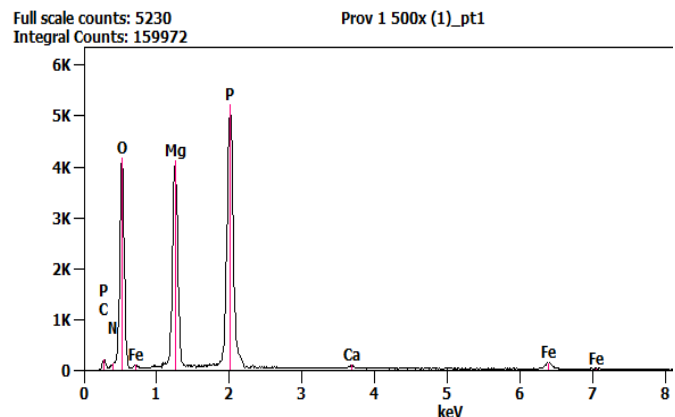
SEM analys

Prov 1 500x (1)



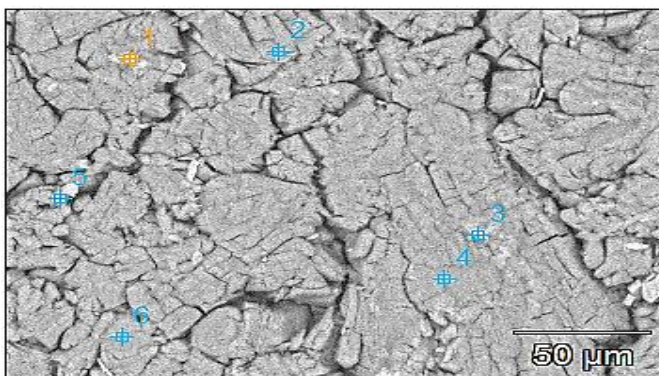
Exempel på SEM- (svepelektronmikroskop) och EDX- (energidispersiv röntgenspektroskopi) analys på fällning från fosforpilot, försök med rejektivatten från bioavfall (Stormossen).

DNX analys



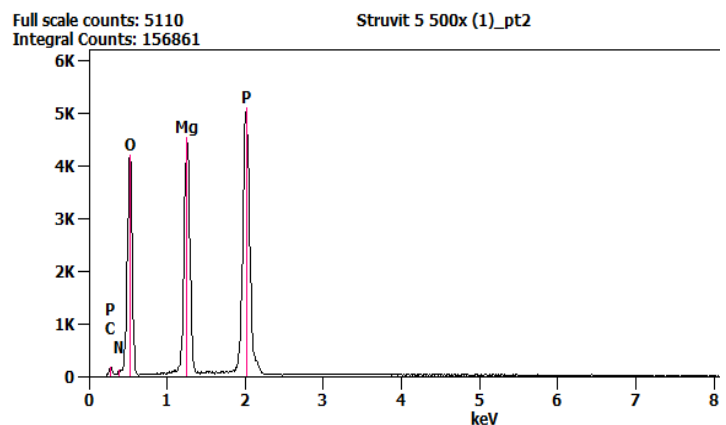
SEM analys

Struvit 5 500x (1)



Exempel på SEM-EDX-analys på kommersiell struvit $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

DNX analys



METODER FÖR SÄKER ANVÄNDNING AV BALANSERAD BIOGÖDSEL INOM JORD OCH SKOGSBRUK

Gödslingsförsök till korn

Rötrester från biogasjäsning innehåller viktiga växtnäringsämnen och används därför som biogödsel. Utnyttjandet av kvävet i biogödseln i den gröda som gödslas är oftast bättre än vid gödning med stallgödsel.

I NP-balans projektet har två typer av experiment gjorts med jordbruksgrödor. I växthus har vi odlat korn i krukor med sand/vermikulit för att få ett mått på tillgängligheten av kväve och fosfor i flera olika biogödsel i ett odlingssubstrat som varken tillför eller binder något av ämnena. I fältförsök har vi odlat korn med vallinsådd på två olika platser inom samma försöksstation och i det ena försöket har vi också gödlat vallarna med biogödsel följande år.

År 2016, när kornet gödslades med biogödsel från Skellefteå och Minorga granuler av avloppsslam och urea, var det väldigt lite signifikanta skillnader i halter av näringsämnen och tungmetaller i korn mellan de olika gödslingsbehandlingarna. År 2017, när biogödsel från Norrmejerier och Minorga användes, var det förhöjda halter av många ämnen i både korn och gräs som var gödslade jämfört med de ogödslade kontrollerna.



Kornskörd 2017

Gödsling till korn med vallinsådd

	Vår 2016	Vår 2017
ogödslad	0 N	0 N
Halv giva	25 N (+PK)	25 N (+PK)
Full giva	50 N (+PK)	50 N (+PK)
Flytande biogödsel	Skellefteå hushållsavfall	Norrmejerier
Granuler	Minorga (med urea)	Minorga (med urea)

Den flytande biogödseln till försöken levererades 2016 från Skellefteå kommuns biogasanläggning med rötning av hushållsavfall och 2017 och 2018 från Norrmejerier med rötning av vassle och annat mejeriavfall.

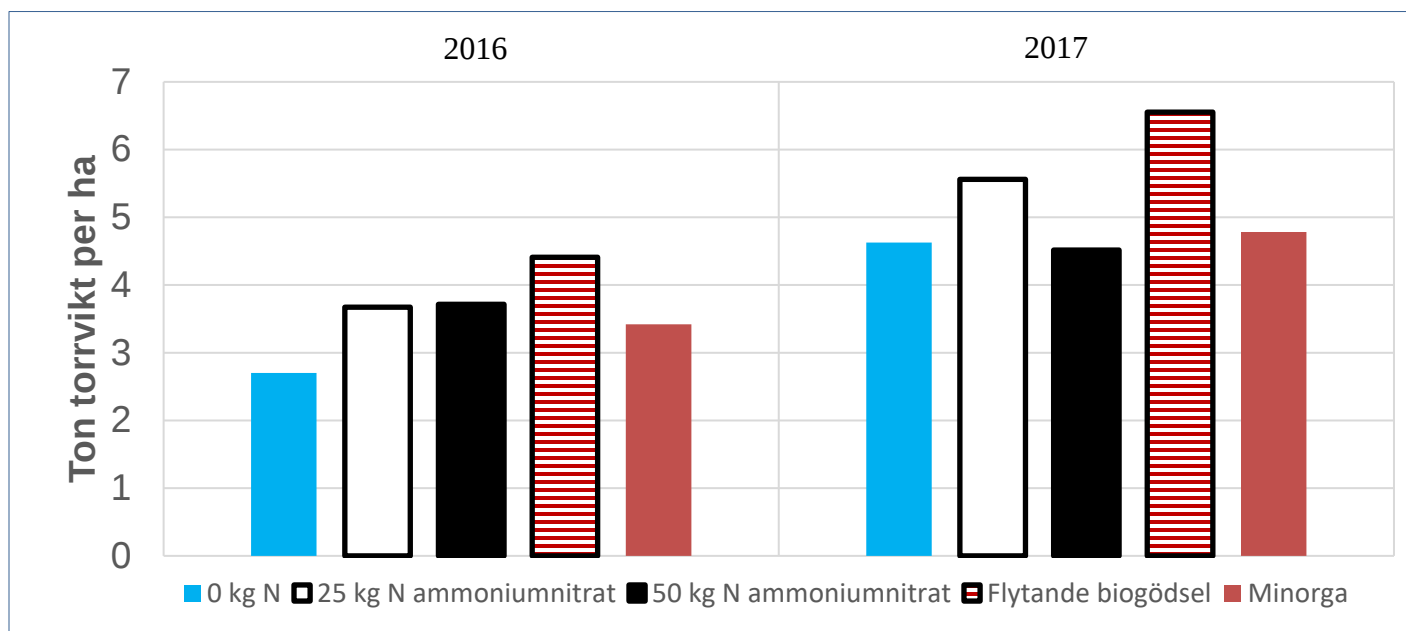
Risker med biogödsel

- Tungmetaller i marken, i grödan, i avrinningsvatten
- Näringsläckage med avrinningsvatten
- Organiska föroreningar (ftalater, dioxiner mm)
- Synlig plast
- Mikroplaster
- Läkemedel
- Sjukdomar och Ogräs
- Antibiotikaresistens



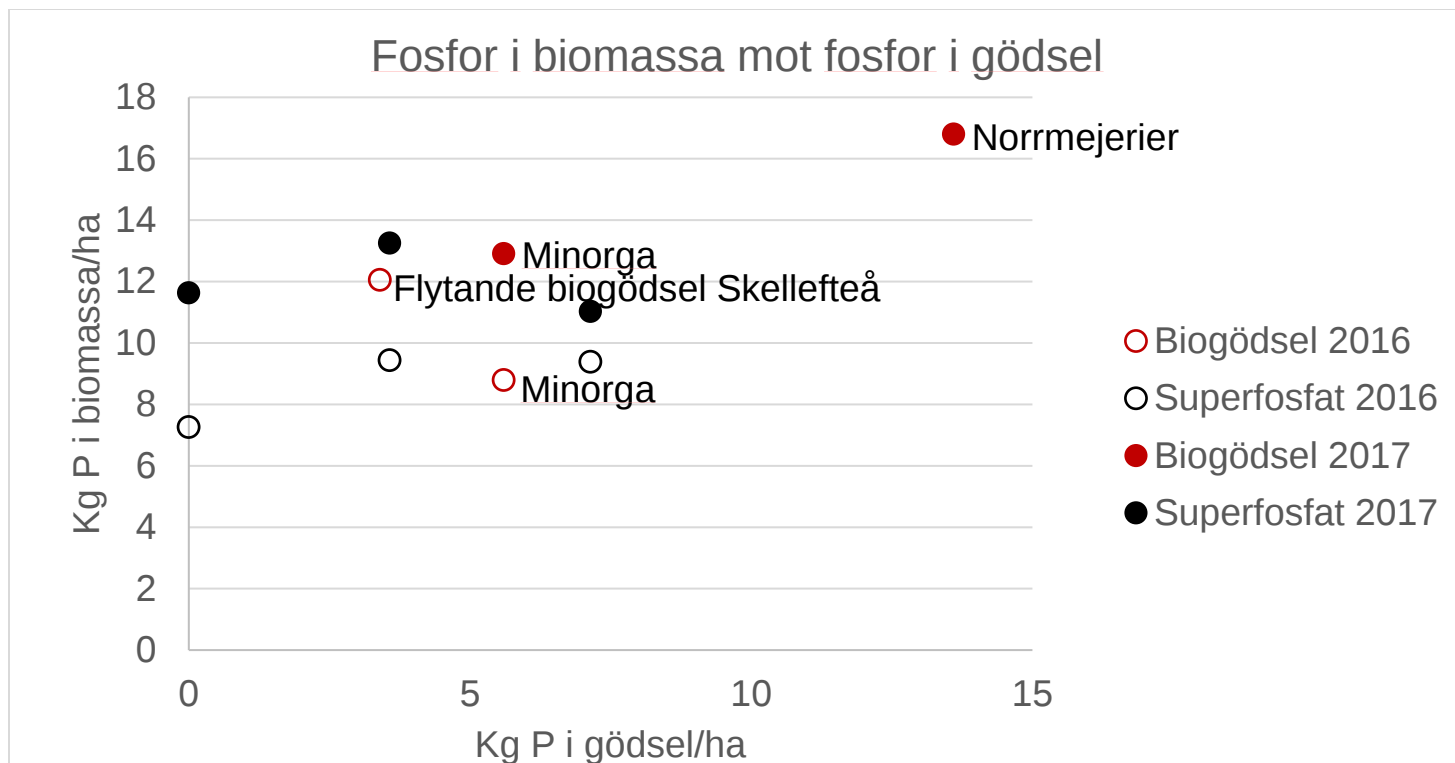
Gödselspridning

Skörd av korn med vallinsådd



Flytande biogödsel och 25 kg ammoniumnitrat-N/ha gav signifikant högre skörd av grönfoder än den ogödslade kontrollen. Den fullgödslade kontrollen som fått 50 kg N/ha som ammoniumnitrat gav 2017 lägre skörd än behandlingen med 25 kg N/ha, men skillnaden var inte statistiskt säkerställd. Det granulerade gödselmedlet Minorga gav inte högre skörd än ogödslade kontroller men inte heller lägre skörd än de gödslade kontrollerna.

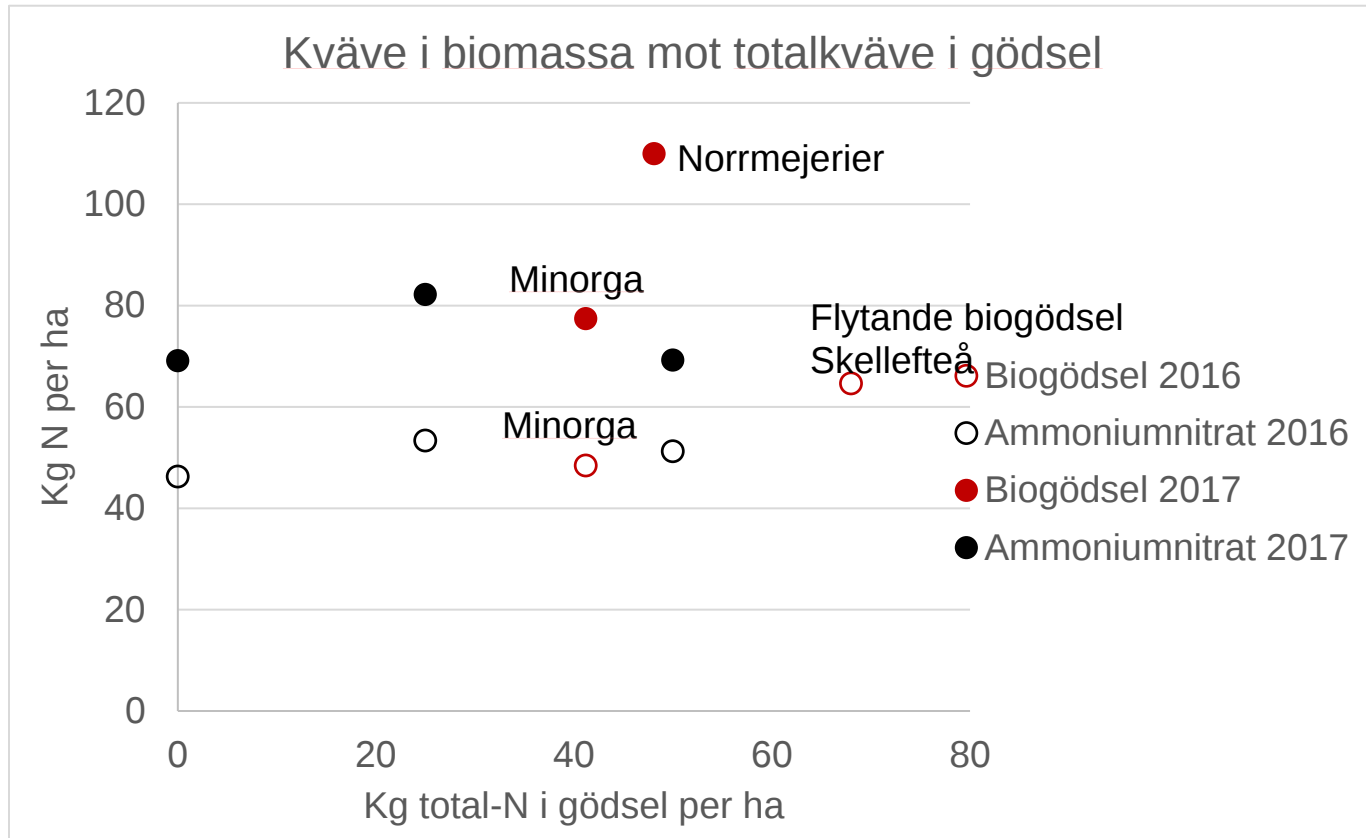
Fosforutnyttjande korn



Mängden fosfor i korn jämfört med mängden som tillsatts i varje gödslingsbehandling visade att efter gödsling med Minorga var fosforupptaget nästan lika högt som vid motsvarande gödsling med superfosfat. De flytande biogödseln däremot gav högre fosforupptag än efter gödsling med superfosfat. Detta berodde på en högre skörd både 2016 och 2017.



Kväveutnyttjande korn



Mängden kväve i korn jämfört med mängden som tillsatts i varje gödslingsbehandling visade att efter gödsling med Minorga var fosforupptaget ungefär lika högt som vid motsvarande gödsling med ammoniumnitrat. De flytande biogödseln däremot gav högre kväveupptag än efter gödsling med superfosfat. Detta berodde på en högre skörd 2016 och både högre skörd och högre proteinhalter 2017

Vattenprovtagning

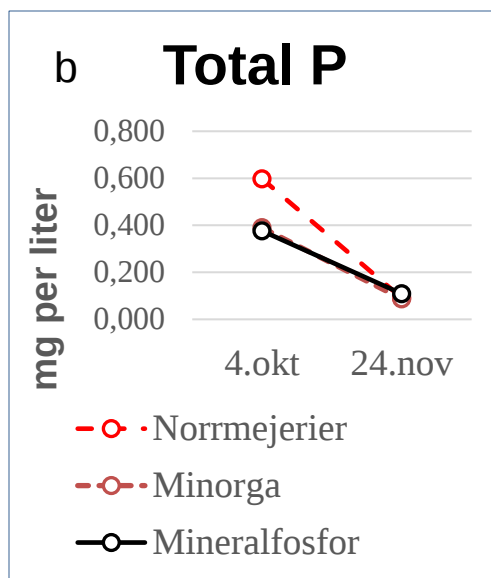
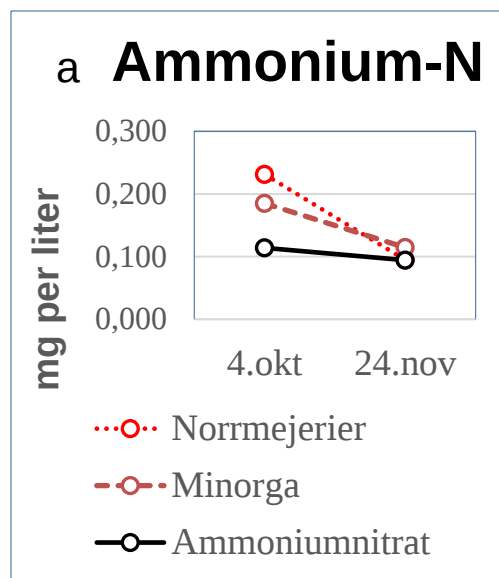
Vi har tagit vattenprover i försöken för att undersöka risken att näringsämnen och tungmetaller förorenar vattendragen. Prover av markvatten togs med sugceller på ca 40 cm djup i vallförsöket vid tre tillfällen hösten 2017. Prover av ytvatten från kornförsöket togs i särskilda uppsamlingstråg i nederkanten av rutorna vid två tillfällen under 2017. Ett tråg sattes där det fanns spår från skördaren och ett sattes mellan spårerna.

Efter skörden 2017 installerades så kallade Gerlachtråg av rostfri plåt som samlar upp ytvatten i kanten av försöksrutor från behandlingarna med biogödsel och full mineralgödsling. När tillräckligt med nederbörd väntades tömdes och rengjordes trågen dagen före och trågen provtogs vid två tillfällen; den 4/10 och den 24/11 2017. Vid provtagningen den 24/11 togs också två prover av snö vid sidan om försöket.



Cecilia tar vattenprover

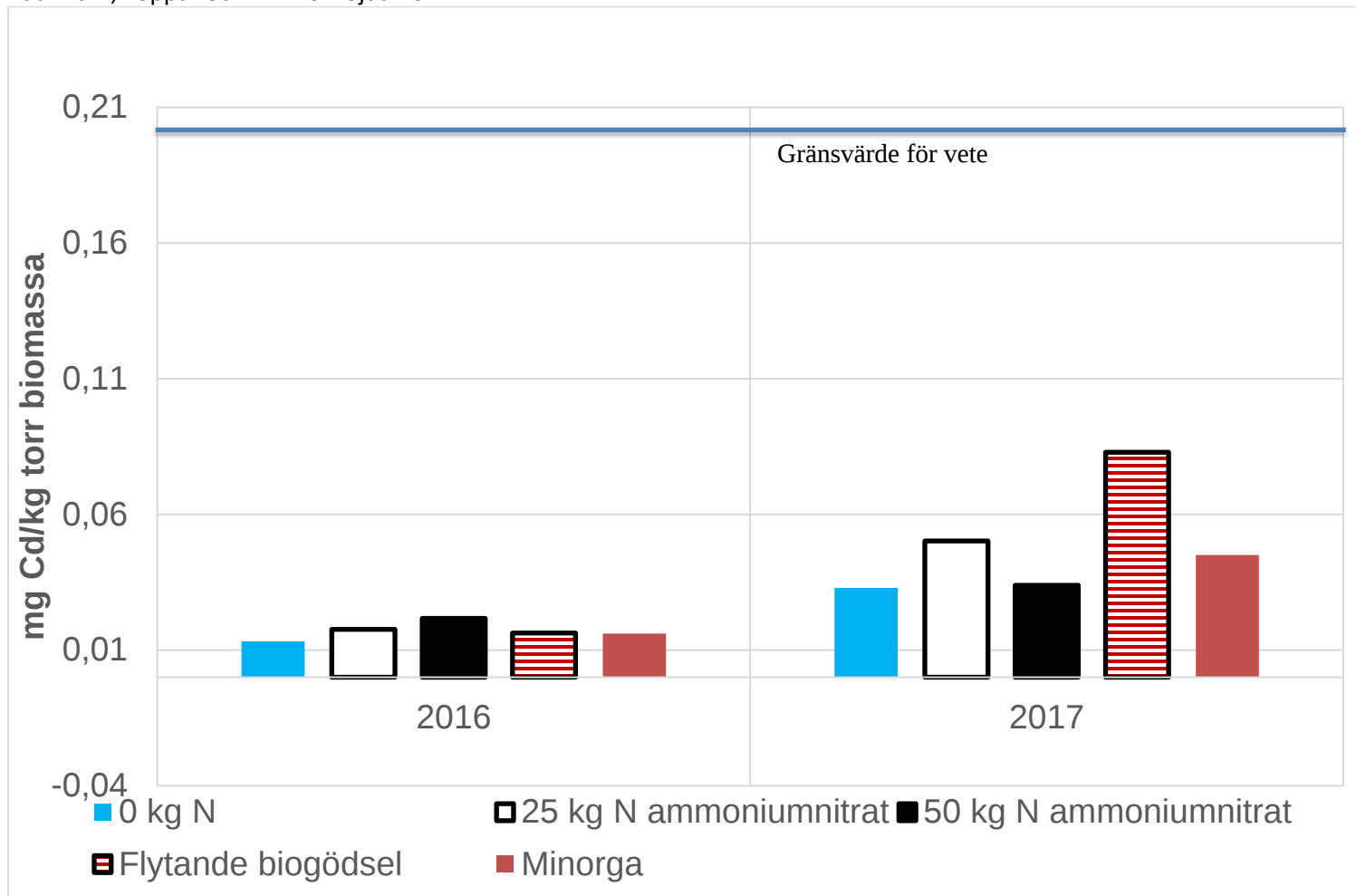
Växtnäring i ytvatten från rutorna



Markvattenproverna hade inga signifikanta skillnader i näringsämnen och tungmetaller mellan mineralgödslade och Minorga, biogödslade ytor. I ytvattenproverna var halten av ammoniumkväve förhöjd i vatten från rutor som fått flytande biogödsel 4/10. Den 24/11 var å andra sidan halterna av nitratkväve, totalkväve, kadmium, krom, koppar och nickel lägre i vatten från ytor som fått flytande biogödsel. Det var därför inga entydigt förhöjda risker för vattendragen med användning av biogödsel jämfört med ammoniumnitrat.

Tungmetaller i helsäd av korn

Kadmium, koppar och zink förhöjda 2017



Innehållet av näringsämnen och tungmetaller i helsäd av korn visade inga signifikanta skillnader år 2016. Båda biogödseln gav förhöjda halter av kadmium, koppar, zink, kalcium, magnesium, svavel och kväve 2017 och halten av fosfor (P) var förhöjd efter gödsling med Minorga. Både Norrmejeriers flytande biogödsel och Minorga stimulerade således upptaget av en rad ämnen den regniga sommaren 2017.

Slutsatser

- De två flytande biogödsel vi testat ger bättre skörd än mineralgödsel
- Mineralgödsel gav ökad skörd bara det ena året
- Granulerad biogödsel med urea fungerar som mineralgödsel
- Flytande biogödsel är effektivast när man myllar ned den
- Ytavrinning av ammonium-N och fosfor ökade efter spridning med flytande biogödsel vid ett av två tillfällen
- Något förhöjda kadmiumhalter i korn det ena året, men under det svenska gränsvärdet för vete
- Vi uppmätte inga förhöjda halter av kväve, fosfor eller tungmetaller i markvattnet

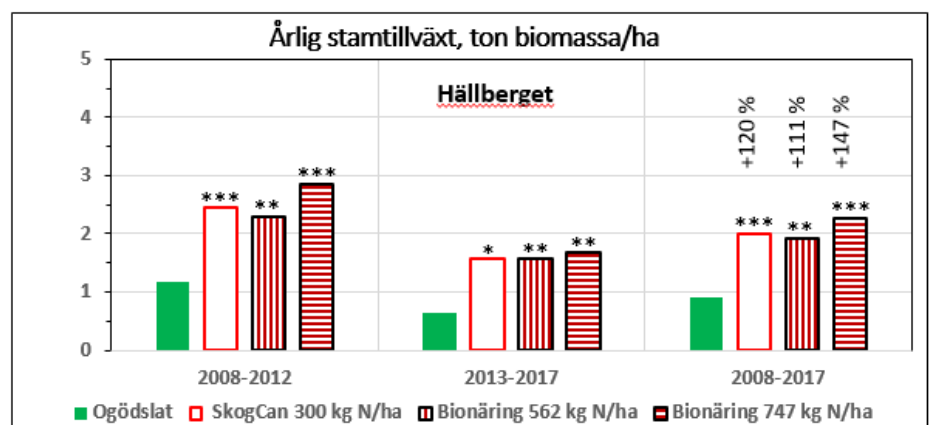
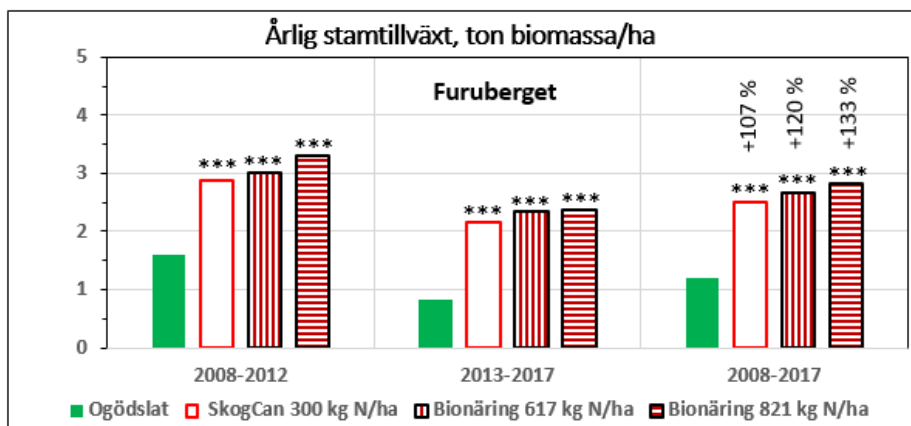
Biogödsling inom skogsbruk

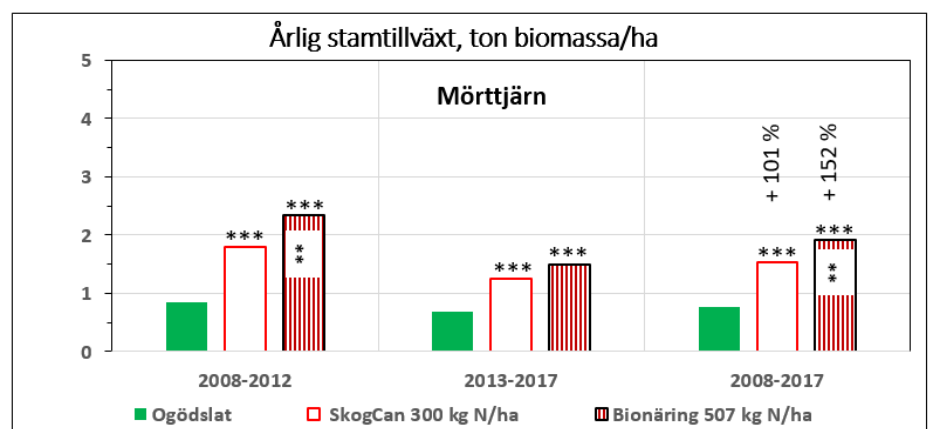
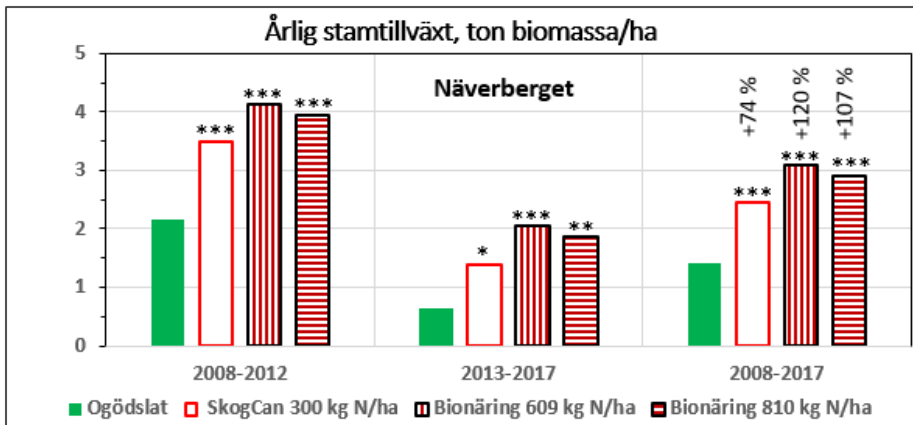
Under 2006-2008 utfördes skogsgödsling med Bionäring och mineralgödsel (SkogCan) i sammanlagt 22 skogsbestånd i Norrbotten. Bionäring definieras som torkad, hygieniserad och pelletterad eller granulerad rest efter rötning av organiskt material. I skogsgödslingsförsöken användes två typer av Bionäring, tillverkad av rötrest efter rötning av avloppsslam, dels granulerad och torkad rötrest från SYVAB, Himmersfjärdsverket och dels torkad och pelletterad rötrest från UMEVA. Kvävehalten var drygt 4 och 3%, respektive, i Bionäring från SYVAB och UMEVA. Av kvävet i Bionäringen var 10-15% lättlösligt ammoniumkväve. Förutom kvävet, innehåller Bionäring även alla andra nödvändiga näringsämnen för växter. Volymvikten var 715 kg ts/m³ och ca 500 kg ts/m³, respektive för Bionäring från SYVAB och UMEVA.

SkogCan består av ammoniumnitrat med tillsats av magnesium, kalcium och bor och används för skogsgödsling i stor skala i Sverige. Kvävehalten är 27%. Den allmänt tillämpade doseringen på 150 kg N/ha för SkogCan var målet vid mineralgödslingen vid varje spridning. Två spridningar utfördes med tre års mellanrum. För Bionäring användes två måldoseringar vid spridning, 550 och 730 kg N/ha.

Resultaten från undersökningarna av långtidseffekterna av gödsling med granulat av Bionäring från SYVAB visar att tillväxtökningar på över 100% under en tioårsperiod kan erhållas i tallskog i ålder mellan ca 20 och 80 år i Norrbotten, med en kvävedos på i medeltal 570 kg/ha, där innehållet av ammoniumkväve var ca 60 kg/ha vid gödslingstillfället på hösten 2006. Tillväxtökningen var i medeltal 13 ton (10-17) stambiomassa/ha för de fyra försöken i Norrbotten.

Om den fortsatta tillväxten följer samma mönster som i det äldsta gödslingsförsöket i Lycksele under år 11-17, skulle tillväxtökningen gentemot ogödslat under nästa tioårsperiod kunna uppskattas till 9 ton/ha och således till totalt 22 ton stambiomassa/ha under 20 år. Eftersom stambiomassan utgör 58% av hela trädets biomassa enligt Peterson (1999), blir mängden ökad biomassa i hela träden inklusive grenar och rotsystem 38 ton/ha. Det motsvarar en ökad upptagning och bindning av koldioxid på 70 ton per ha och sammanlagt 5340 ton koldioxid under en tjugoförårsperiod för den areal på 76 ha som gödslats med Bionäring i de fyra försöken i Norrbotten. Det är förmodligen den viktigaste miljöeffekten av gödslingen.





Årlig tillväxt för den första och andra femårsperioden och för hela försökstiden på 10 år i försöken i Norrbotten. Procentsatserna över staplarna till höger anger tillväxten i % av tillväxten för ogödslat. Signifikanta skillnader i tillväxt mellan ogödslat och gödslat är markerade med asterisker över respektive tillväxtstapel. Signifikanta skillnader mellan gödsling med SkogCan och Bionäring är markerade med asterisker inuti tillväxtstapeln för Bionäring. * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$

Tillväxtökningen efter gödsling med Bionäring i Bäcksjön var procentuellt avsevärt lägre än i Norrbottensförsöken, men den absoluta tillväxtökningen per år för de två högsta doserna av Bionäring, var i samma storleksordning (ca 1 ton stambiomassa/ha) som i försöken i Hällberget och Mörttjärn. Den svaga gödslingsreaktionen i Jädraås kan bero på att kväve inte var tillväxtbegränsande på den ståndorten. Den årliga tillväxten var hög, 4 ton stambiomassa/ha (motsvarande ca 10 m³sk) även utan gödsling. Dessutom var kvävehalten i barren relativt hög, och C/N-kvoten i humustäcket lägre än på alla andra lokaler. Än går det inte att besvara frågan om hur lång tid som gödslingseffekten kvarstår.

I försöket i Lycksele är det fortfarande efter 18 år högre tillväxt där det är gödslat än där det inte är gödslat. Fortsatta uppföljningar kan så småningom ge svar på den frågan.

För att en praktisk tillämpning av skogsgödsling med Bionäring skall bli så ekonomisk lönsam som möjligt, går det förmodligen att utnyttja parametrar som mängd trädbiomassa, tillväxt, kvävehalt i barren och C/N-kvot i humustäcket, för att välja ut de bestånd som ger den bästa tillväxteffekten.

Effekter på trädens tillväxt

- Skogsgödsling med Bionäring i dos på 500-600 kg N/ha kan, ge en mer än fördubblad tillväxt under en tioårsperiod för tall i ålder 20-80 år i norra Norrland.
- Högst relativ tillväxtökning efter gödsling erhålls i bestånd med hög (>30) C/N-kvot i humustäcket, låg (< 1,2%) kvävehalt i barren och låg (< 1,5 ton ts/ha eller <3 m3sk/ha) årlig tillväxt.
- I tallbestånd med C/N kvot på 25-30 kan tillväxten under 15 år efter gödsling öka med drygt 30%.
- Tillväxteffekten efter gödsling blir marginell i bestånd med lägre (<25) C/N-kvot, hög (>1,4%) kvävehalt i barren och hög (> 3 ton ts/ha = > ca 7 m3sk) årlig tillväxt.



Effekter på trädens näringsstatus

- Halten i barren av kväve och fosfor är förhöjd under minst 10-15 år efter gödsling med Bionäring i bestånd med låg (< 1,2%) kvävehalt. Detta resulterar även i en signifikant förbättrad näringsbalans mellan P och N.
- Även för magnesium och bor ger gödsling med Bionäring i många fall höjda halter.

Effekter på kemiskt innehåll i markvatten

- Det går inte att påvisa att gödsling med Bionäring orsakar signifikant förhöjda halter av undersökta metaller och näringsämnen i markvattnet 1-15 år efter gödsling
- Det kan inte heller påvisas att halterna av dessa ämnen ökar i markvattnet efter slutavverkning av skog, som gödslats 10 år tidigare med Bionäring i dos på 500 kg N/ha.
- Halterna i markvattnet av de undersökta ämnen 10-15 år efter gödsling, ligger långt under de övre gränsvärdena för dricksvatten

Effekter på kemiskt innehåll i humustäcket

- Gödsling med Bionäring resulterar i ökad halt av tillförda ämnen i humustäcket, minskad C/N-kvot (ökad "bördighet") och ökat pH-värde så länge som 18 år efter gödsling.
- pH-värdet i humustäcket ökar till över 4 efter gödsling med Bionäring, vilket minskar risken för utlakning av bl a tungmetaller.

Effekter på klimatet

- Gödsling av 100 ha tallskog i norra Sverige med Bionäring, 500-600 kg N/ha, kan resultera i en ökad upptagning och bindning av 7000 ton koldioxid från atmosfären under en 20-årsperiod



NP-balans

Växtbehovsanspassade gödselmedel
från biogasanläggningar



EUROPEISKA UNIONEN

Interreg
Botnia-Atlantica

Europeiska regionala utvecklingsfonden

 **region
västerbotten**



Österbottens förbund
Pohjanmaan liitto

YRKESHÖGSKOLAN
NOVIA


SLU