



## **Studie över Gaspipeline i Gävleborg och Dalarna**

### **Sammanfattning**

Syftet med studien har varit att baserat på ett uppskattat behov av metangas inom industri och transport samt en uppskattad produktionsmängd av biogas i Gävleborgs- och Dalarnas län planera dragningen av en metangas-pipeline genom länen dels för att försörja fordon med biogas samt att ersätta oljaförbrukningen inom industrin.

Beräkningarna bygger på offentlig statistik, litteraturuppgifter samt muntliga kommunikationer med nyckelaktörer. De rötbara substraten som analyserats är matavfall, restprodukter från jordbruket, gödsel, avloppsslam och industriavfall.

Den totala potentialen uppgår till ca 870 GWh/år och 62 % av den totala potentialen kommer från eventuell rötning av restprodukter och gödsel från länets jordbruk. 8 % av den totala potentialen kommer från matavfall, 26 % från organiskt industriavfall och 4 % från länets avloppsreningsverk.

Om all gas, som kan produceras, uppgraderas till fordonsgas kan ungefär 87 000 personbilar årligen försörjas med lokalproducerad gas.

Gästrikland och sydöstra Dalarna har fördel av en relativt stor befolkningstäthet, förekomst av jordbruk samt att flera industrier ligger i området. Detta underlättar avsättningen för både biogas, som fordonsgas, och biogödsel vid eventuell produktion.

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning .....</b>	<b>3</b>
1.1 Syfte .....	3
1.2 Avgränsningar .....	4
<b>2. Metod.....</b>	<b>5</b>
2.1 Matavfall .....	5
2.2 Restprodukter vid jordbruk .....	5
2.3 Industriavfall .....	5
2.4 Avloppsslam.....	5
<b>3. Fakta Biogas.....</b>	<b>6</b>
3.1 Biogasens historia .....	6
3.2 Fakta.....	6
3.2.1 Processen .....	6
3.2.2 Sammansättning och användningsområden .....	7
<b>4. Matavfall från hushåll, restauranger och butiker.....</b>	<b>8</b>
4.1 Nulägessituation.....	8
4.2 Metanutbyte och energi potential.....	8
<b>Dalarna 34,9 GWh.....</b>	<b>8</b>
<b>Gävleborg 33,4 GWh.....</b>	<b>8</b>
<b>5. Jordbruksavfall .....</b>	<b>9</b>
5.1 Nulägessituation.....	9
5.2 Metanutbyte och energi potential.....	9
<b>6. Industriavfall .....</b>	<b>10</b>
6.1 Nulägesbeskrivning.....	10
6.2 Metanutbyte och biogaspotential .....	10
<b>7. Avloppsslam.....</b>	<b>11</b>
7.1 Nulägesbeskrivning.....	11
7.2 Metanutbyte och biogaspotential .....	11
<b>8. Biogaspotentialen i länen och dess kommuner .....</b>	<b>12</b>
8.1 Biogaspotentialen i länet.....	12
8.2 Biogaspotentialen i länens ”regioner” .....	13

	2
<b>9. Miljöeffekter .....</b>	<b>16</b>
9.1 Direkta miljöeffekter .....	16
9.2 Indirekta miljöeffekter .....	17
<b>10. Naturgastillgångar .....</b>	<b>18</b>
10.1 Nuläge .....	19
<b>11. Gaskonsumenter .....</b>	<b>23</b>
11.1 Nuläge .....	23
11.2 Potential .....	24
<b>12. Ekonomiska kalkyler .....</b>	<b>27</b>
<b>13. Slutsats och diskussion.....</b>	<b>28</b>
<b>12. Referenser .....</b>	<b>30</b>

# 1. Inledning

Klimatet på vår jord håller på att förändras, polarisarna smälter och medeltemperaturen stiger. Det största bidraget till den ökande växthuseffekten kommer från förbränningen av fossila bränslen, en energikälla som hämtas under marken och ger ett onaturligt tillskott av koldioxid till atmosfären vid förbränning. Detta bränsle är dessutom en ändlig resurs som förr eller senare kommer att ta slut. Klimatförändringarna är en av de största utmaningarna i modern tid och något måste ske om vi vill förändra dagens negativa utveckling. Genom att använda alternativa bränslen kan vi minska samhällets beroende av fossila bränslen och samtidigt bidra till en mer hållbar samhällsutveckling då vi förbränner kolföreningar som redan ingår i det naturliga kretsloppet.

En alternativ energikälla är biogas som bildas genom syrefri nedbrytning av organiskt material. Gasen har en hög energipotential och kan användas som ersättare till bensin och diesel i form av fordonsbränsle eller till el och värmeproduktion. Eftersom biogas framställs ur organiskt material, som redan ingår i kolets naturliga kretslopp, sker inget nettotillskott av koldioxid till atmosfären vid förbränning. Vid framställningen av gasen erhålls ett näringsrikt slam som kan användas vid jordbruket istället för konst- eller stallgödsel.

Idag komposteras eller förbränns det organiska hushållsavfallet i Gävleborg och Dalarna. Genom att utvinna biogas ur detta avfall tas ytterligare ett steg mot ett mer hållbart samhälle eftersom vi tar till vara på den energi som annars skulle ha avgått till atmosfären i form av metangas. Andra källor till rötbart material är t.ex. jordbruket, livsmedelsindustrin och avloppsreningsverken.

## 1.1 Syfte

Syftet med denna rapport är att skissa på en pipeline-dragning med den tillgängliga biogaspotentialen i Gävleborg och Dalarna samt med stöd av naturgas som gemensamt transporteras i pipeline till tänkta förbrukare både inom industri- och transportnäringarna. För att syftet skall uppnås skall följande frågor besvaras:

- Vad finns det för material att röta och i vilka mängder?
- Hur ser den geografiska fördelningen av materialet ut i länet?
- Vad kan biogasen användas till?
- Vilka miljöeffekter skulle en biogasproduktion medföra jämfört med dagens hantering av dessa organiska material?
- Hur kan gasen distribueras?

## **1.2 Avgränsningar**

Studien kommer endast att omfatta de substrat som genom anaerob rötning kan generera biogas, vilket medför att organiskt avfall från skogsbruk ej kommer att behandlas i denna rapport.

## **2. Metod**

Rapporten innehåller en inventering av de mängder organiskt material som lämpar sig för biogasproduktion i Dalarna och Gävleborg. Beräkningarna baseras på litteraturstudier, tidigare rapporter samt sammanställningar av offentlig statistik. Då litterär information inte varit tillräcklig har personlig kontakt via mail och telefon tagits med nyckelaktörer.

De olika substraten som lämpar sig för rötning har indelats i fyra kategorier beroende på vart i samhället och i vilka verksamheter de uppkommer.

### **2.1 Matavfall**

Mängderna organiskt avfall från mindre butiker, restauranger och hushåll har inhämtats från Avfall Sveriges statistiksystem - avfallweb.

### **2.2 Restprodukter vid jordbruk**

Vid beräkningar av de mängder rötningsbart material som kan tänkas uppkomma från jordbruket i länets kommuner har statistik från statistiska centralbyrå (SCB) och jordbruksverket använts.

### **2.3 Industriavfall**

För att ta reda på vilka industrier och branscher som kan tänkas ge upphov till organiskt material har tidigare biogasstudier studerats och telefonkontakt har tagits med vissa miljökontor i länet för att reda ut vilka livsmedelsföretag som kan tänkas finnas i respektive kommun. Avfallsmängder för pappers- och massaindustrin har inhämtats från miljörapporter. Resterande uppgifter från övriga livsmedelsindustrier har hämtats via telefonintervjuer.

### **2.4 Avloppsslam**

Slammängder från länens avloppsreningsverk har inhämtats från tidigare rapporter.

## 3. Fakta Biogas

### 3.1 Biogasens historia

Människan har under lång tid använt sig av bakteriers förmåga att bryta ner organiskt material för att framställa biogas. Först att utnyttja tekniken var Kina och Indien som använde gasen till matlagning och belysning.

I Sverige har biogasprocessen använts sedan 50-talet i våra reningsverk. Först användes tekniken för att stabilisera och minska slammängderna men i och med energikrisen på 70-talet ökade intresset för att utvinna energi ur det organiska materialet. Gasen utnyttjas främst till uppvärmning av lokaler men en del gas måste facklas bort.

Under 80-talet började biogas att utvinnas ur deponier där vi tidigare deponerat organiskt avfall. Idag är det förbjudet att deponera organiskt avfall men fortfarande utvinns biogas ur gårdagens deponier. Gasen som produceras blir dock förorenad av kväve och håller låg kvalitet.

Idag utvinns biogas ur en mängd organiskt material, t.ex. ur organiskt hushållsavfall, industriavfall och restprodukter vid jordbruk. Storleken på anläggningarna varierar allt ifrån mindre gårdsbaserade anläggningar till större samrötningsanläggningar. Den senaste tiden har framställningen av biogas som fordonsgas ökat. På vissa håll i landet är efterfrågan till och med större än tillgången.

### 3.2 Fakta

#### 3.2.1 Processen

Biogas bildas genom att mikroorganismer bryter ner organiskt material i anaerob (syrefri) miljö. Denna process sker naturligt i våra myrmarker, på havsbottnar och i idisslars magar. Processen sker i olika steg och materialet bryts successivt ner till en näringsrik slutprodukt som kallas för rötrest eller biogödsel. Optimering av processen sker genom att gynna tillvaron för de bakterier som deltar i nedbrytningen. Vatten, näringsämnen, temperatur, pH och storleken på det rötbara materialet är några av de parametrar som styr bakteriernas trivsel och därmed processen.

De två vanligaste processerna för anaerob nedbrytning kallas mesofil- eller termofil rötning<sup>2</sup>. Vid mesofil rötning sker nedbrytningen inom ett temperaturintervall på ca 35 - 40 grader, medan temperaturspannet för termofil ligger mellan ca 55 - 60 grader. Generellt gäller att högre temperaturer ger en snabbare nedbrytning. Aktiviteten är mellan 25 – 50 % högre i termofila reaktorer än för mesofila vilket leder till att system för termofil rötning ger kortare uppehållstider och klarar av högre belastning. Dock är den termofila bakteriekulturen mer känslig för temperaturförändringar än de metanbildande bakterierna vid mesofil rötning. Temperaturskillnaderna för termofila processer skall vara mindre än 1 °C och samma siffra för mesofila processer är 2-3 °C.

### 3.2.2 Sammansättning och användningsområden

Biogasen består mestadels av metan och koldioxid men innehåller även spår av föroreningar som svavelväte och ammoniak. Hur koncentrationsförhållandet ser ut beror mycket på vilken sammansättning det rötningsbara substratet har. Allmänt kan sägas att metanhalt ligger mellan 45 – 85 % och koldioxidhalten mellan 15 – 45 %. Metan är mycket energirikt på grund av dess höga vätehalt i förhållande till kol. 1 Nm<sup>3</sup> biogas (Normalkubikmeter, volym vid atmosfärstryck, 97 % metan) motsvarar 9,67 kWh och har samma energiinnehåll som 1,1 liter bensin.

Vid förbränning av biogas bildas huvudsakligen koldioxid och vatten. Eftersom metanmolekylen är den enklaste av alla kolväten är utsläppen av kolmonoxid, kolväten, svavelföreningar, kväveoxider och stoft försumbara vid förbränning. Den bildade koldioxiden räknas inte som något nettotillskott till växthuseffekten, då detta kol bundits genom fotosyntesen och redan ingår i det naturliga kretsloppet. Biogasen kan bland annat användas till:

- Värmeproduktion
- Kraftvärmeproduktion
- Fordonsbränsle

Vid produktion av värme behöver endast vattenånga avskiljas från gasen innan förbränning. Verkningsgraden för gaseldade pannor är vanligen högre än för oljeeldade då rökgastemperaturen är lägre, sotbildningen mindre och eftersom olja behöver förångas innan förbränning. Vid elproduktion kan 30 – 40 % av energin erhållas som el och den resterande mängden som värme. Innan gasen kan användas för kraftvärme måste den torkas samt renas från stoft och korrosiva ämnen som kan förekomma. Vid nyttjandet av biogas som fordonsbränsle krävs att gasen uppgraderas. Detta innebär att metanhalt måste höjas, vilket genomförs genom att koldioxid avskiljs. Efter uppgraderingen har biogasen en metanhalt på 97 % med en felmarginal på plus minus 2 %. Gasen behöver även för detta ändamål renas från stoft och andra föroreningar innan användning. För lönsamheten vid uppgradering av biogas till fordonsbränsle finns ett starkt samband till olje- och dieselpriiserna.

## 4. Matavfall från hushåll, restauranger och butiker

### 4.1 Nulägesituation

I dagsläget sker en utsortering av det organiska hushållsavfallet i Gästrikland, hos merparten av Dalarnas kommuner och inga av Hälsinglands kommuner, Troligtvis kommer även dessa kommuner att införa källsortering av organiskt avfall då en utökning av källsortering av organiskt hushållsavfall finns med i delmålen till vårt nationella miljömål om en ”God bebyggd miljö”. Senast år 2010 skall 35 % av det organiska avfallet från hushåll, restauranger och butiker behandlas biologiskt.

Sammansättningen på det utsorterade matavfallet kan skilja mycket mellan kommunerna. Dels beroende på den information som allmänheten har fått ta del av och dels att individernas egna engagemang sätter sin prägel på hur välsorterat materialet är. Vanligt förekommande föroreningar är plast, papper, trä och metall med mera. Restaurang- och hushållsavfall kräver därför ofta olika förbehandlingsmetoder innan rötning. Organiskt avfall från butiker är oftast renare men kan innehålla förpackningar, i form av plast och papper, som behöver avlägsnas innan rötning.

Trots att de flesta kommunerna har infört källsortering av matavfall går fortfarande stora mängder organisktavfall till förbränning, vilket bevisas av en plockanalys gjord i Borlänge 2008. Genom bättre sortering kan mer material bli tillgängligt för rötning och mer biogas kan produceras. I det här avsnittet redovisas biogaspotentialen med de mängder som skulle kunna samlas in med dagens utsortering samt en total biogaspotential om allt organiskt avfall samlas in.

### 4.2 Metanutbyte och energipotential

Det är svårt att uppge ett bestämt biogasutbyte för olika rötbara råvaror då det kan skilja mycket på substratens sammansättning med mera. Exempelvis ger fett högre metanhalter vid nedbrytning jämfört med proteiner och kolhydrater. Dessutom kan högre biogasutbyte ske vid samrötning av olika substrat än om rötning sker var substrat för sig. Andra faktorer som påverkar biogasutbytet är rötningsteknik, temperatur, belastning, uppehållstid och eventuell förbehandling. Olika studier uppger olika gasutbyten och för matavfall har använts de data som uppges i basdata om biogas.

Vid beräkningarna antas att 1 Nm<sup>3</sup> metan motsvarar 10 kWh .

<b>Dalarna 34,9 GWh</b>	<b>Gävleborg 33,4 GWh</b>
-------------------------	---------------------------

## 5. Jordbruksavfall

### 5.1 Nulägesituation

Jordbruksmarken används främst till mjölk- och köttproduktion och relativt stora arealer betas av fritidshästar. Trenden i länet är att mjölkgårdarna blir färre men större.

Biogaspotentialen inom jordbruket kommer dels från skörderester från odling av olika grödor och dels från de gödselmängder som produceras vid djurhållning. I djurhållningen har vi nötkreatur, får, svin och höns. Dessa djur ger ifrån sig olika mängder gödsel med olika kvalitet vad gäller röttningsförmåga. Fast- och flytgödsel från nöt och svin lämpar sig väl för biogasutvinning med dagens teknik, till skillnad från hästgödsel som lämpar sig sämst, då den ofta innehåller höga halter av spån och halm. Ett problem som kan uppstå vid biogasproduktion ur gödsel är de ibland långa transporter från gård till anläggning. Hur stora gödselmängder som kan tänkas falla bort på grund av för långa transporter är svårt att säga och kommer inte att beaktas i beräkningarna. En av fördelarna med rötning av gödsel är att de annars spontana utsläppen av metan som sker vid konventionell hantering av gödsel kan reduceras.

Biogas kan även utvinnas ur restprodukter vid dagens jordbruk. I den här rapporten anges hur mycket biogas som kan produceras av restprodukter inom jordbruket samt hur mycket vall som skulle kunna odlas på mark som idag ligger i träda. Restprodukter som är intressant för dalarna är; halm från spannmåls- och oljeväxter, bortsorterad potatis och potatisblast. I rapporten kommer således inte beräkningar att utföras på hur stor biogaspotentialen är om hela jordbruksproduktionen ändrade inriktning mot ett mer energiproducerat jordbruk, eftersom det skulle medföra stora förändringar i dagens jordbruk.

Troligtvis kommer odlingen av grödor för energianvändning att öka inom jordbruket vartefter ersättningsnivåerna stiger, kunskapen ökar och det kommer nya politiska styrsystem.

### 5.2 Metanutbyte och energipotential

<b>Dalarna</b>	<b>Gävleborg</b>
<b>Vall, halm 93,6 GWh</b>	<b>Vall, halm 255 GWh</b>
<b>Gödsel 88,6 GWh</b>	<b>Gödsel 100GWh</b>

## 6. Industriavfall

### 6.1 Nulägesbeskrivning

En fördel med rötning av industriavfall är att avfallet ofta är homogent och innehåller få inslag av föroreningar. Dock kan stora variationer i sammansättning förekomma mellan olika industriers avfall, då olika verksamheter ger upphov till olikartade processpill och TS-halten kan skilja mellan olika substrat.

I det här avsnittet studeras pappers- och massaindustrier i länet samt livsmedelsindustrier som kan tänkas ge upphov till organiskt avfall som ej går med det kommunala avfallet. I den här studien undersöks mejerier, slakterier, styckningsanläggningar, bagerier, kvarnar och bryggerier.

Industrier vars organiska avfall är så ringa att deras avfallsmängder inte ger upphov till biogas motsvarande 0,1 GWh/år, med beräknat metanutbyte, kommer inte att redovisas i rapporten då dessa inte har någon stor inverkan på den totala biogaspotentialen.

### 6.2 Metanutbyte och biogaspotential

<b>Dalarna</b>	<b>Gävleborg</b>
<b>Industriavfall 29,4 GWh</b>	<b>Industriavfall 30 GWh</b>
<b>Anerob rening 80 GWh</b>	<b>Anerob rening 90 GWh</b>

## 7. Avloppsslam

### 7.1 Nulägesbeskrivning

Slam som rötas vid avloppsreningsverk är en blandning av olika sorters slam som uppkommer i olika delar av reningsprocessen. Slammet är blött, homogent med liten partikelstorlek och normalt krävs ingen förbehandling av substratet innan rötning.

Rötning av avloppsslam sker redan idag vid en del av länets reningsverk men fortfarande rötas inte allt slam som produceras utan behandlas på annat sätt.

Renheten på rötslammet från reningsverk beror på renheten i det material som kommer in till reningsverket. Ett avloppsvatten som t.ex. innehåller höga tungmetallhalter ger ett rötslam som innehåller höga halter av tungmetaller och begränsar rötslammets användning på jordbruksmark.

Idag används inget av avloppsslammet på produktiv åker- eller skogsmark utan istället som täckningsmaterial för nedlagda gruvor, anläggningsjord eller används för andra ändamål. Detta trots att mycket av avloppsslammet klarar kvalitetskraven i svensk lagstiftning och de krav som fastställdes i en överenskommelse mellan Lantbrukarnas Riksförbund, Svenskt Vatten och Naturvårdsverket. De reningsverk som inte klarar kraven har antingen för höga halter av någon eller några metaller eller så tar de emot lakvatten från befintliga eller gamla avfallsanläggningar vilket inte är godtagbart i och med överenskommelsen.

### 7.2 Metanutbyte och biogaspotential

<b>Dalarna 17,5 GWh</b>	<b>Gävleborg 18 GWh</b>
-------------------------	-------------------------

## 8. Biogaspotentialen i länen och dess kommuner

Nedan sammanställs länets och kommunernas totala biogaspotential från de olika substraten. Den totala biogaspotentialen baseras på att allt material är tillgängligt för rötning, d.v.s. att allt matavfall och gödsel kan samlas in.

### 8.1 Biogaspotentialen i länet

Biogaspotentialen i länet ligger runt 344 GWh/år i Dalarna och 527 GWh i Gävleborg. Den stora potentialen finns i restprodukter från jordbruket och gödsel från djurhållning. För att få en inblick i hur mycket 344 GWh/år resp 527 GWh/år motsvarar valdes att räkna på hur mycket diesel som skulle kunna ersättas om all gas uppgraderades till fordonsgas. 1 Nm<sup>3</sup> motsvarar ca 10 kWh och bränsleförbrukningen för en gasdriven buss är ca 0,95 Nm<sup>3</sup>/km. Dalatrafik använde ungefär 5,7 miljoner liter diesel som bidrog med 16 187 ton CO<sub>2</sub> till atmosfären under en körsträcka på 15 778 000 km. X-trafik använde ungefär 2,6 miljoner liter diesel som bidrog med 91 555 ton CO<sub>2</sub> till atmosfären under en körsträcka på 7 201 500 km.

Om all gas som kan produceras i länen uppgraderas och används inom busstrafiken kan körsträckan för busstrafiken uppgå till ca 36 200 000 km respektive 55 470 000 km. Detta medför att dagens busstrafik kan ersättas med ett lokalt producerat bränsle som inte bidrar med något nettotillskott av CO<sub>2</sub>. Att ersätta bussar försvåras dock genom att bussarna är lokaliserade till flera olika ställen och det skulle därmed behövas ett flertal olika tankställen.

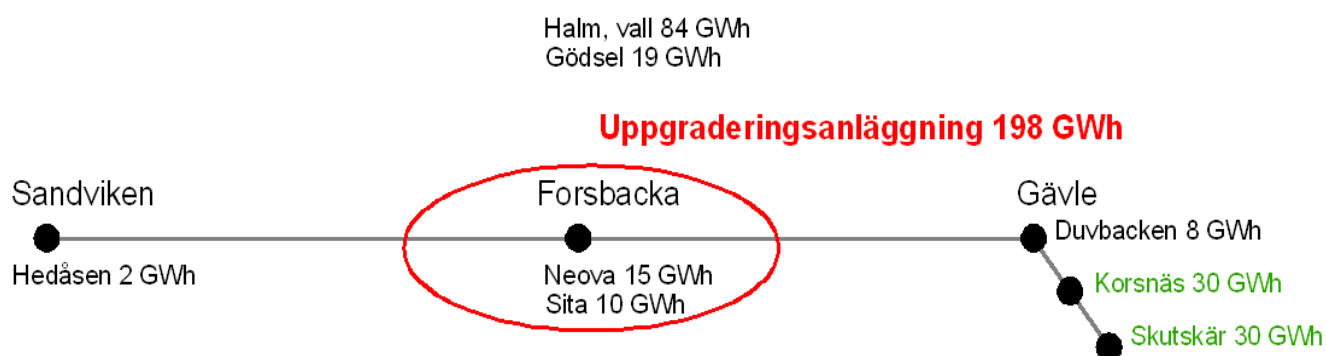
Om all fordonsgas istället användes för att driva personbilar så skulle ca 34 400 fordon resp. 52 700 fordon kunna försörjas. Samma källa gör bedömningen att i kommuner med över 20 000 invånare finns underlag för avsättning av fordonsgas. I första hand gäller avsättningen linjetrafik, taxibilar och distribution men även i ett framtida led personbilar. Rapporten visar dessutom att Dalarnas och Gävleborgs potential är relativt låg om jämförelse görs med de län som har störst potential. Störst potential finner vi i Skåne, Östergötland och Skaraborgslän där stora delar av Sveriges jordbruk återfinns.

Totalt alltså om samtliga bussar i Dalarna och Gävleborg drevs med biogas så räcker överskottet till 62 900 personbilar (ca 20 % av totala antalet).

## 8.2 Biogaspotentialen i länens ”regioner”

Den främsta biogaspotentialen hos länets kommuner finner vi i rester från jordbruket samt gödselmängder vid djurhållning, dessutom kan industrin i vissa kommuner bidra med stora mängder organiskt avfall. Eftersom den stora potentialen finns i restprodukter vid jordbruket och gödselmängder finner vi stora potentialer i länets södra kommuner medan de norra kommunerna generellt sett har något lägre potential. Värt att tillägga är att i de kommuner som har högst biogaspotential finner vi även större delen av länens totala befolkning.

Falun-Borlänge	Avesta-Hedemora	Forsbacka	Söderhamn	Hudiksvall
155 GWh	92 GWh	198 GWh	167 GWh	164 GWh

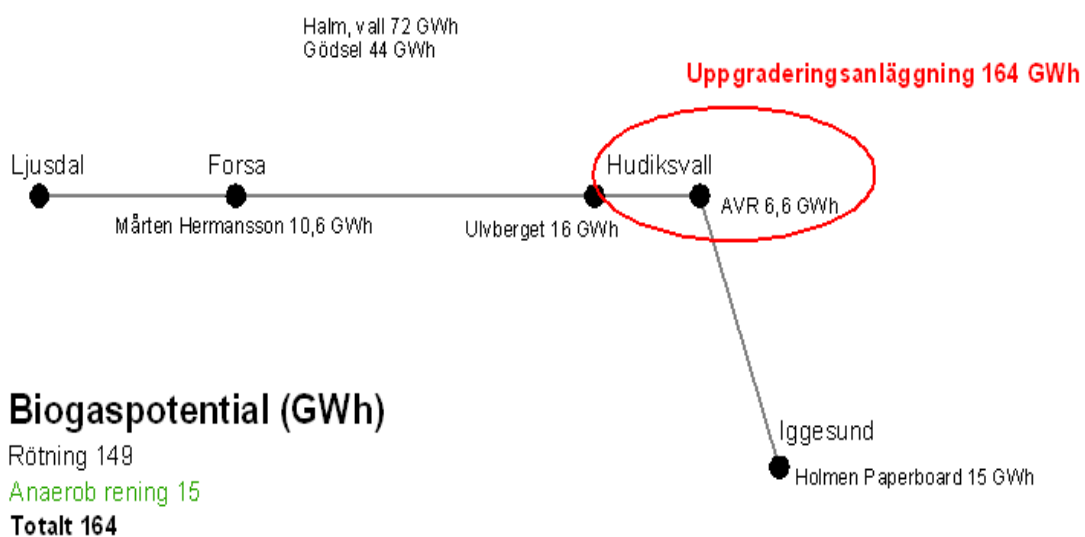
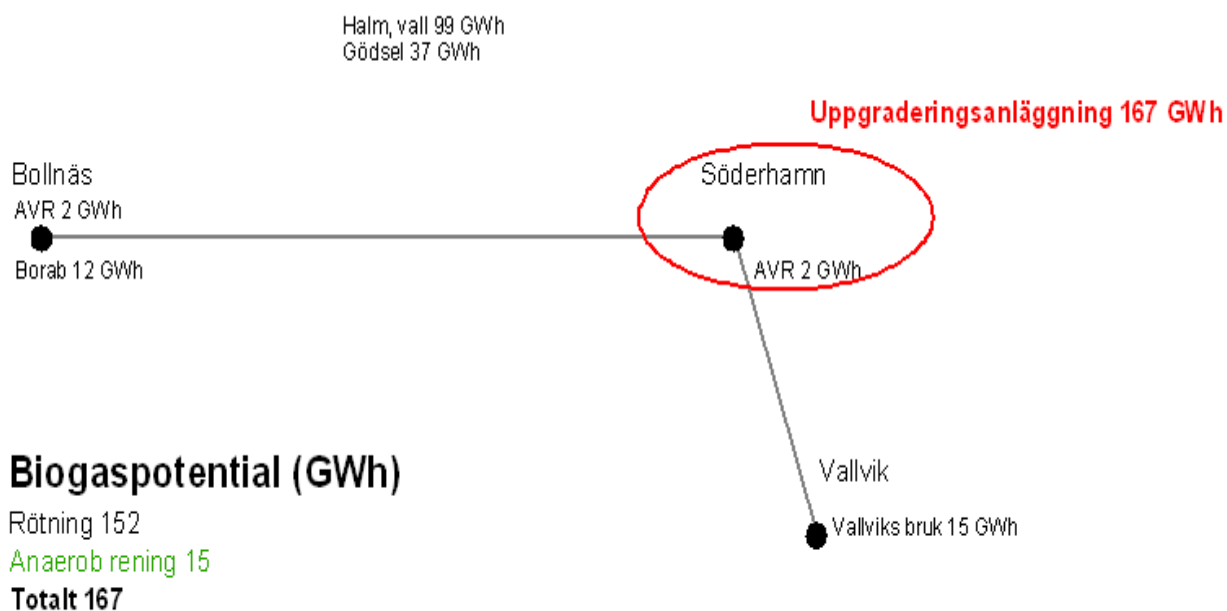


### Biogaspotential (GWh)

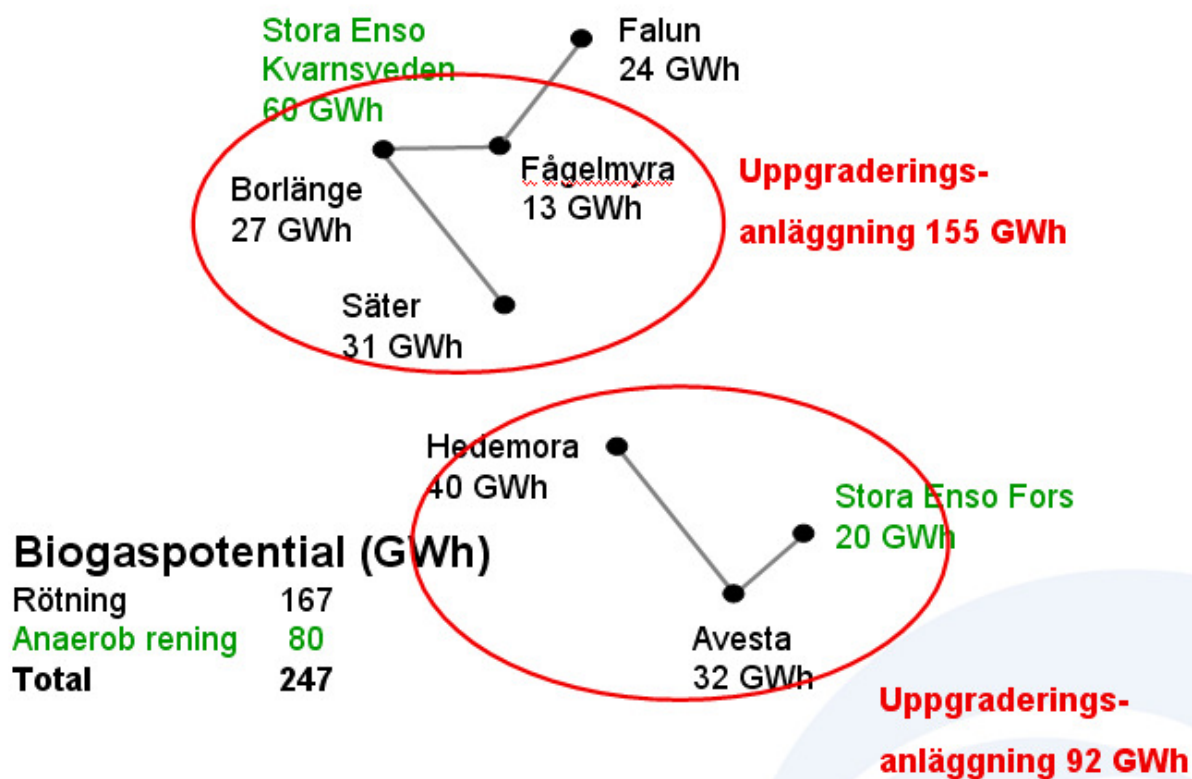
Rötning 138

Anaerob rening 60

**Totalt 198**



## Gasnät i Gävleborg och Dalarna - Biogas producenter



## 9. Miljöeffekter

Vid biogasproduktion erhålls en rad positiva miljöeffekter, både direkta och indirekta effekter. Till direkta effekter hör produktionen av ett biobränsle som kan ersätta fossila bränslen med förutsättning att gasen uppgraderas till fordonsbränsle. De direkta effekternas miljönytta beror till stor del på vilket energisystem som ersätts av producerad biogas. Att ersätta fossila bränslen ger således större miljönytta än om biogas ersätter t.ex. andra alternativa energikällor såsom metanol. De indirekta miljöeffekterna är andra positiva effekter som t.ex. uppstår vid odling av energigrödor. Markstrukturen förbättras, kväveläckage från åkermark minskar och dessutom erhålls ett energirikt biogödsel som kan ersätta konstgödsel i dagens jordbruk.

### 9.1 Direkta miljöeffekter

Som redan nämnts så kan biogas vid uppgradering till fordonsgas ersätta fossila bränslen i transportsektorn. Detta leder till att stora mängder fossilt CO<sub>2</sub> som idag släpps ut i atmosfären från dagens transportsektor kan försvinna då förbränning av biogas bara bidrar med CO<sub>2</sub> som bundits genom fotosyntesen och inte ger något nettotillskott av CO<sub>2</sub> till atmosfären. Men även andra emissioner minskar vid valet av biogas som bränsle. Exempelvis, kväveoxider, partiklar, kolväten och kolmonoxid, vilket kan leda till att lokala miljöer med hög trafik kan få bättre luftkvalitet om biogas används som drivmedel i större utsträckning. Biogas är det alternativa drivmedel som generellt ger lägst utsläppshalter av de vanligaste emissionerna om man bortser från eldrivna bilar.

En negativ miljöeffekt med biogasproduktionen är det metanläckage som kan ske vid framställningen, uppgraderingen eller från rötresten. Utsläpp av metan påverkar växthuseffekten ca 21 ggr starkare än vad koldioxid gör vilket leder till att det är viktigt att se till att metanutsläppen blir så låga som möjligt. Detta kan exempelvis göras genom att täcka rötresten och försöka samla upp den gas som fortfarande finns kvar i rötresten. Däremot finns en positiv effekt i och med att man tar reda på den metan som finns i råvarorna, exempelvis i gödsel, som annars skulle ha avgått till atmosfären om den inte samlades in för rötning.

En annan negativ miljöpåverkan är den energi som krävs för att framställa biogasen, dels i anläggningen men även insamling av råvaror och distribution av både gas och rötrest. Hur stor denna effekt blir beror helt på vilka råvaror som rötas. Dessutom måste även hänsyn tas till hur andra drivmedel framställs och vilken energiåtgång som krävs för framställning och distribution av dessa bränslen.

## 9.2 Indirekta miljöeffekter

Vid odling av spannmålsgrödor för energiändamål förändras inte miljöeffekterna jämfört med odling för livsmedelsproduktion. Om däremot energigrödor ersätter dessa grödor kan flera positiva miljöeffekter erhållas. Avbrottsgrödor som exempelvis vall i spannmålsodlingen förbättrar markstrukturen, den biologiska aktiviteten ökar och mullhalten stiger. Detta leder även till att efterföljande spannmålsgrödor får högre skördenivåer än om spannmålsproduktion sker kontinuerligt. En fördel med att odla gräs- och klövervall är dess förmåga att fixera kväve från luften, vilket leder till att efterföljande grödor inte kräver samma kvävetillskott från exempelvis konstgödsel. Dessutom kan olika sjukdomar och skadedjur som förekommer vid kontinuerlig spannmålsodling minska i antalet då gräs- och klövervallar ersätter spannmålsodlingen några år. Vid odling av vall förbättras även markstrukturen genom att organiskt material tillförs och att jorden inte luftas på samma sätt som vid spannmålsodling. Detta leder till att marken får ökad genomsläpplighet av vatten, rötterna får bättre tillgång till syre och den biologiska aktiviteten ökar eftersom organiskt material tillförs.

## 10. Naturgastillgångar

Prognoser visar att det på global nivå kommer att dröja ytterligare 40-50 år innan förnybara alternativ kommer att få ett stort genomslag i energiförsörjningen. I Sverige kan förnybar energi stå för en betydande andel runt 2020. Som en följd av detta kommer vi under överskådlig tid vara beroende av fossila bränslen. Enligt flera prognoser väntas naturgasanvändningen öka inom de närmaste åren både i Sverige och i världen i stort. En förklaring till det är att naturgasen är den mest fördelaktiga energikällan av de fossila bränslena. Naturgasen kommer därför att ha en viktig roll i klimatarbetet som en brobyggare till ett framtida samhälle som baseras på förnybar energi. Trots att utsläppen från el- och värmeproduktionen väntas öka ser Sverige ut att nå klimatmålet och uppfylla Kyoto-åtagandet med marginal. Även EU:s långsiktiga mål att begränsa klimatpåverkan till högst 2 grader C kan klaras till år 2050.

För att klara klimatmålen och samtidigt möta det väntade behovet av el är en övergång från kol och olja till naturgas en effektiv åtgärd för att minska utsläppen i Europa. Ett gaskombikraftverk släpper ut 60 procent mindre koldioxid än ett koleldat kondenskraftverk per kWh el. I Sverige finns planer på att introducera biogas för kraftvärmeproduktion i de båda gaseldade anläggningarna Rya kraftvärmeverk och Öresundsverket. Fullföljs planerna kommer utsläppen av klimatgaser från elproduktionen att minska.

Den största utmaningen i klimatarbetet är att få ned utsläppen av koldioxid i transportsektorn. Genom att använda naturgas istället för bensin minskas koldioxidutsläppen med 15-25 procent. Med ny dual-fuel-teknik kan utsläppen minskas även i jämförelse med dieselfordon. Dessutom ger en övergång till gasdrift bättre luftkvalitet i storstäder eftersom utsläppen av kväveoxider och partiklar är lägre än för konventionella fordon. Naturgas kan successivt ersättas med biogas. Biogas kan även användas för framställning av syntetisk diesel för tung trafik. Det råder ingen motsättning mellan användning av naturgas och biogas. Biogasförsäljningen ökar i de områden där det finns infrastruktur för naturgas.

I regionen finns två potentiella naturgastillgångar, en i Siljansregionen och en i Dellenregionen. Naturgas är också metangas, dock med en annan kemisk sammansättning i sin orenade form.

## 10.1 Nuläge

### Siljansgas/Naturgas

För ca 20 år sedan gjordes ett omfattande arbete för att hitta gas i Siljansringen, Dala djupgasprojektet. Inga nämnvärda mängder av gas hittades då. AB Igrene har nu hittat gas i sådana mängder att ett intensivt arbete initierats för att utreda fyndigheternas omfattning.

För att säkerställa rättigheterna har AB Igrene ”inmutat” ett 50 000 ha stort område som är geologiskt intressant. De första analyserna visar på mycket ren gas med hög halt av metan. Gasen från Siljansringen är en s.k. energigas, ett samlingsnamn för gaser som kan användas för förbränning. Gasen är djupgas och kan jämföras med naturgas. Gasen avger vid förbränning ca 25% mindre koldioxid i jämförelse med olja, bensin och diesel. Utsläpp av andra ämnen som kväveoxider, partiklar och kolväten är avsevärt lägre. Innehållet av tungmetaller är försumbara.

Siljansgas/naturgas kan ersätta alla typer av fossila bränslen, både för uppvärmning och transporter och med betydande miljövinster som följd!

Användningsområdena är t.ex. uppvärmning av bostäder/lokaler, kraftvärmeproduktion, elproduktion via gasturbiner och numera bränsleceller, gasdrift av såväl lätta som tunga fordon.

### GeoSus, Dellen

Ett lokalt initiativ som har resulterat i ett projekt med syfte att utveckla bygden genom tvärvetenskaplig forskning kring den unika geologiska miljön som finns runt Dellensjöarna. Klimat och energisituationen och behovet av miljöriktig och uthållig energi är alla eniga om. Likaså forskningspolitikens inriktning och internationellt insikten om att geotermisk energi behöver utvecklas och användas för denna målsättning. Sverige har forskning och teknikutveckling i världsklass inom energieffektivisering. Det har dock varit trögt med kommersialisering och vidareutveckling av tekniken.

Det förberedande forskningsarbetet började 1988 i den nuvarande grupperingen Dellenova och föreningarna Gästrike Hälsinge Geologiska Sällskap, samt Stengruppen i norra Hälsingland. Forskning i Dellenområdet har genomförts från 2001.

## 10.2 Potential

I kapitel 8 beskrivs ett scenario där den lokala biogasproduktionen används till framställning av drivmedel, vilket är Biogas Mitts huvudsyfte. Den lokala biogasproduktionen kan försörja samtliga samtliga bussar i Dalarna och Gävleborg samt 62 900 personbilar (c:a 20 % av totala antalet).

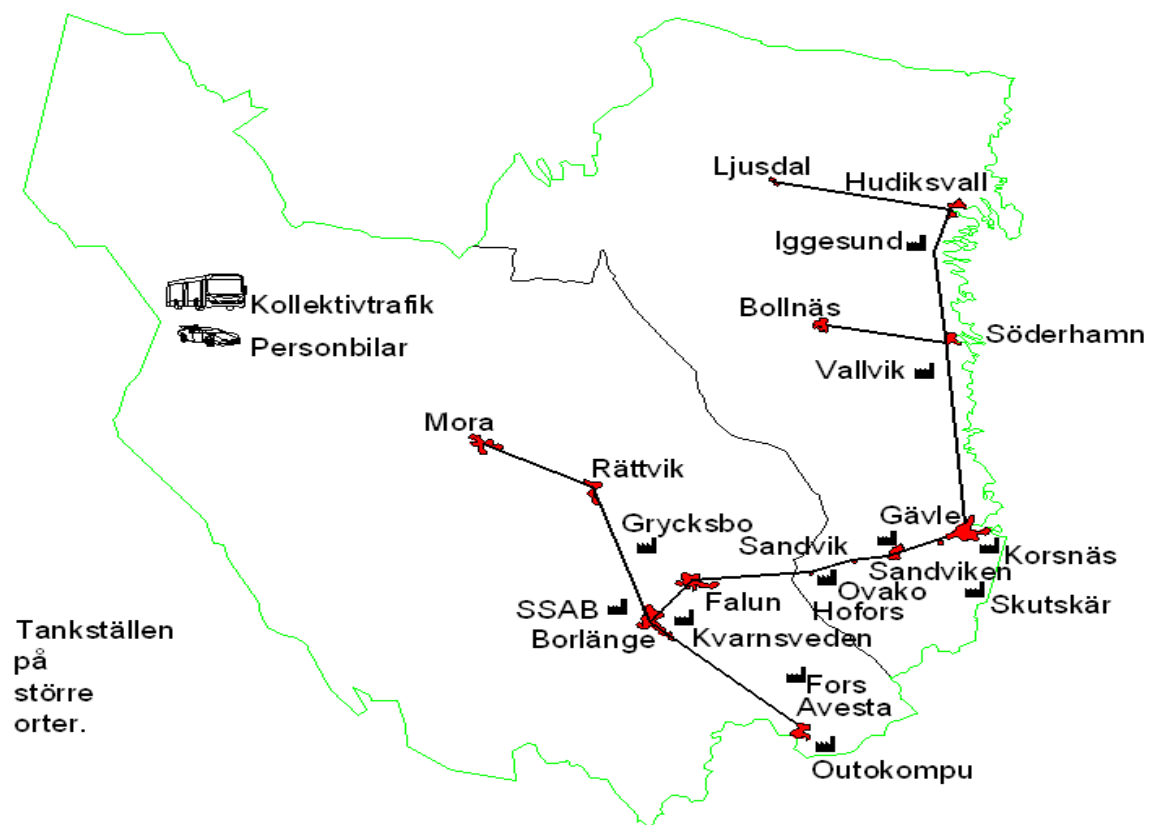
Naturgas och biogas kan ses som komplement till varandra. Naturgasen kan successivt ersättas med biogas genom befintliga distributionskanaler och i befintliga tillämpningar. Distribution av biogas via naturgasnätet medför att naturgasen kan jämna ut variationer i biogasproduktionen samt ersätta eventuellt produktionsbortfall. Naturgasen etablerar en marknad och biogasen har möjlighet att fasas in i den takt produktionen byggs ut. När tekniken utvecklas för storskalig produktion av biogas från skogsråvara blir synergieffekten allt tydligare.

Om den lokala basindustrin skall ersätta olja med gas, så är naturgas det alternativ som ligger närmast till hands.

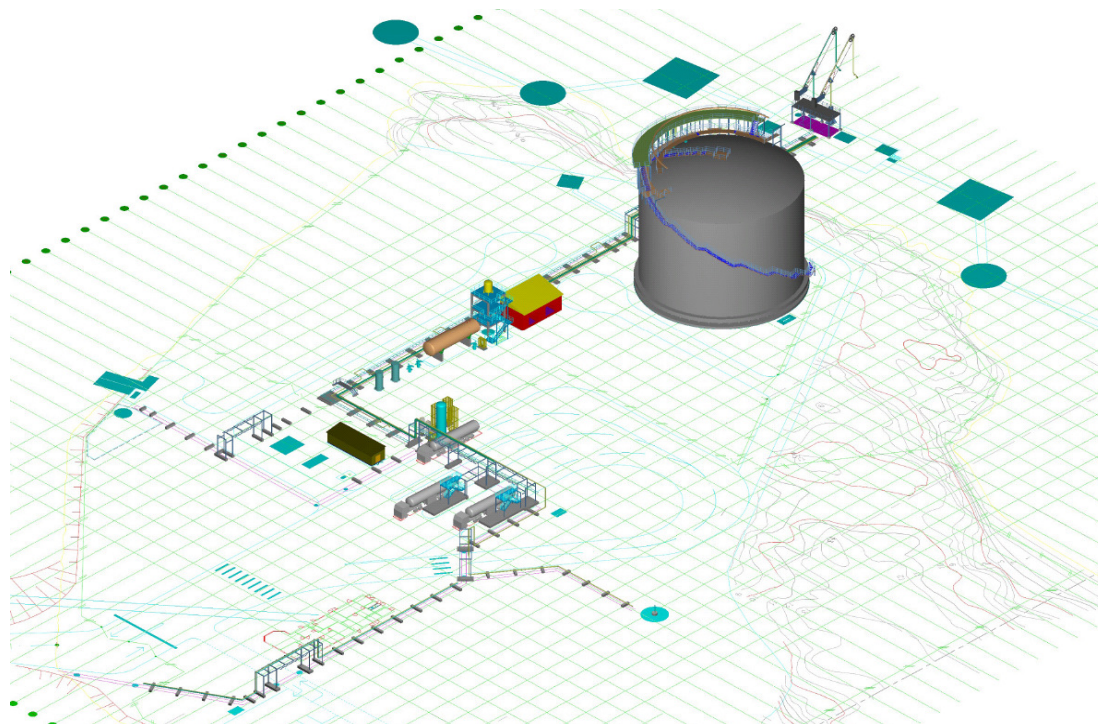
De tidigare nämnda naturgasfyndigheterna är framtidsprojekt, och skall ett distributionsnät byggas i länen till försörjning av metangas till basindustrier så bör en LNG-terminal (flytande metan) byggas vid kusten, t.ex Gävle hamn.

Den totala energimängden för att ersätta olja i lärens basindustrier ligger på 1655 GWh/år.

Dimensionering av detta behov ger en transmissionledning på DN 200 (mm) med ett tryck 30 bar.



## Principskiss över LNG-terminal



## 11. Gaskonsumenter

Inom industrin är steget långt till att börja använda fasta biobränslen. Det skulle kräva investeringar i lager, förbränningsutrustning samt behov av ny kompetens. Däremot är naturgas, om det är tillgängligt, ett konkurrenskraftigt alternativ, som ofta väljs framför olja. För de industrier som idag använder naturgas är övergången till biogas inte ett stort steg. Det är dock viktigt att biogasen finns i tillräckliga kvantiteter och av samma kvalitet som naturgasen. Med kommande teknik för förgasning av biomassa öppnas nya möjligheter att producera stora kvantiteter förnybar gas och naturgaskvalitet.

I länen finns ett antal basindustrier som konsumerar stora mängder energi. Om man ersätter oljeförbrukningen inom industrin med naturgas inom länen så finns en redogörelse för den erforderliga energimängden i tabellen nedan.

### 11.1 Nuläge

<b>Dalarna</b>	<b>Gävleborg</b>
<b>SSAB Domnarvet 568 GWh</b>	<b>Korsnäs 34 GWh</b>
<b>Kvarnsveden 144 GWh</b>	<b>Sandvik 170GWh</b>
<b>Fors kartongbruk 21 GWh</b>	<b>Ovako Hofors 96 GWh</b>
<b>Outokumpu Avesta 110GWh</b>	<b>Vallviks bruk 31 GWh</b>
<b>Gryckbo 74 GWh</b>	<b>Iggesunds bruk 144 GWh</b>
	<b>Skutskärs bruk 72 GWh</b>

## 11.2 Potential

Olja transporteras från oljefälten i pipelines, omlastas till stora oljetankers för att i senare och mer förädlade skeden levereras till kund eller tankställen via lastbil. Transport och omlastning av olja är förenad med risker för spill och föroreningar i naturen. I värsta fall händer det olyckor med oljetankers där oljan läcker ut och förorenar hav och stränder.

Fasta bränslen, kol och biobränslen, transporteras med fartyg och lastbilar. Här är miljöriskerna i själva transporten inte lika stora men eftersom bränslena är skrymmande i relation till sitt energiinnehåll blir transportarbetet desto större.

Naturgas är både en energikälla/bränsle och en energibärare, d v s ett sätt att transportera energi till slutkundens olika tillämpningsområden, exempelvis gasspisar eller uppvärmning i gaspannor. Därför är det även relevant att jämföra gas med el ur distributionssynpunkt. El transporteras i kablar och ledningar. Kablar är nedgrävda under jord, och därmed skyddade för stormar och fallande träd, till skillnad från elledning. Vid distribution av el uppgår de totala förlusterna till mellan 7-8 procent.

Naturgas transporteras vanligen i gasform under högt tryck i mark- eller sjöförlagda ledningar. Transport kan även ske i flytande form (LNG) men då måste gasen kylas till – 162 grader C. LNG-hantering är förenad med relativt höga energiförluster, totalt 10-12 procent vid kylning och förgasning.

## **Distribution av biogas i naturgasnätet**

Idag satsas det kraftfullt på biogas på många håll i Sverige och på kontinenten. En förutsättning för en bred marknadsintroduktion av biogas är ett effektivt distributionssystem för gasen. Biogasen kan inte under introduktionsfasen, och kanske inte heller senare, bära investeringar i storskaliga ledningsnät. Naturgasen har i allmänhet en större ekonomisk bärkraft förutsatt att det finns en marknad med en efterfrågan på gas.

Ett utbyggt naturgasnät kan ha, och har haft, en positiv effekt på utvecklingen av biogasmarknaden. Produktion och användning av biogas kan variera över dygnet och över året, vilket leder till att biogas ibland måste facklas bort.

Genom att uppgradera biogasen till naturgaskvalitet och mata in den i gasnätet kan man få full avsättning av biogasen och minska facklingen. Inmatning av biogas på gasnätet är också positivt för leveranssäkerheten. Många biogasproducenter upplever ibland svårigheter att producera de kvantiteter som användarna efterfrågar. Genom distribution av biogas via naturgasnätet kan naturgasen fungera som back-up, samtidigt som leverantören av biogas får avsättning för all sin gas.

Det råder således ingen motsättning mellan naturgas och biogas, utan snarare ett symbiosförhållande. Naturgasen bygger upp en marknad och är med och tar kostnaden för uppbyggnad av infrastruktur för gasformliga bränslen. Biogasen kan å andra sidan vara med och bygga upp en gasmarknad där ledningsbunden distribution inte är ekonomiskt försvarbart, t ex till följd av att kundunderlaget inte är tillräckligt stort. Tankställen för biogas är ett bra exempel på detta.

Inmatning av uppgraderad biogas på naturgasnätet tillämpas redan idag på flera ställen i bl a Sverige, Schweiz, Holland, Österrike och Tyskland, och flera inmatningspunkter planeras. I Sverige sker inmatning i Bjuv, Eslöv, Göteborg, Helsingborg, Laholm och Sjölunda, och det planeras för fler inmatningspunkter under de närmaste två åren.

Som ytterligare ett exempel på hur biogas och naturgas samverkar i distributionsledet kan nämnas Fortums planer för avvecklandet av stadsgasen i Stockholm. Fortum kommer att introducera en naturgas/luft-blandning i stadsgasnätet med syfte att avveckla stadsgasen år 2010. Successivt kommer naturgasen sedan att ersättas med biogas från Stockholm och närliggande regioner. Omkring år 2016 beräknas naturgasen vara avvecklad som normaldriftsgas och endast användas som regleringsbränsle och reserv. Biogasproduktionen varierar över dygnet och naturgasen behövs för att täcka toppar och vid eventuella produktionsbortfall. På sikt när tekniken för flytande biogas, LBG, blir kommersiell kommer man att kunna använda LBG-lager för reglering och reserv så att naturgasen kan ersättas helt med biogas.

## Från lokala nät till större distributionssystem

På ett antal orter i Sverige har lokala, mindre ledningsnät byggts för distribution av biogas. Inte sällan byggs sådana ledningar för att underlätta biogasförsörjningen till kommunens busstrafik eller andra tankställen. Den växande marknaden för fordonsgas, och det ökade intresset för biogas generellt, antyder att dessa lokala nät successivt kan komma att byggas ut till regionala nät som sammanbinder flera orter. I ett sådant läge skulle flera regionala nät kunna byggas ihop med det nationella naturgasnätet för ökade avsättningsmöjligheter och förbättrad leveranssäkerhet. Det skulle innebära en möjlighet för Sverige att successivt minska sin naturgasanvändning till fördel för ökad biogas- och biometananvändning.

## Hur fungerar ett gaskombikraftverk?

Det finns olika typer av anläggningar för el- och värmeproduktion från förbränning, kondenskraftverk för enbart elproduktion, kraftvärmeverk och kombikraftverk med samtidig produktion av el och värme, samt värmeverk med enbart värmeproduktion. Beroende på bränsle och val av teknik varierar såväl den totala verkningsgraden som elverkningsgraden. Kondenskraftverk har en elverkningsgrad på mellan 33(kärnkraftverk) och 55 procent beroende på vilket bränsle som väljs. Gaseldade kombikraftverk har en total elverkningsgrad på cirka 60 procent i kondensutförande. Naturgaseldade gaskombikraftvärmeverk har en elverkningsgrad på 50-60 procent och en totalverkningsgrad på över 90 procent. Det kan jämföras med biobränsleeldade kraftvärmeverk, som har en elverkningsgrad på mellan 30-35 procent.

Den vanligaste principen för kraft- respektive kraftvärmeproduktion är ångturbincykeln. Genom förbränning används bränslets energiinnehåll för att förångas vatten som sedan drivs genom en ångturbin. Turbinen i sin tur driver en generator som producerar el. Efter turbinen har ångans energiinnehåll minskat men den måste kylas ytterligare för att kondensera till vatten som kan pumpas tillbaka till ångpannan. Vid kraftvärmeproduktion kyls ångan via en kondensator som levererar värme till ett fjärrvärmenät. I ett kondenskraftverk tas inte värmen tillvara utan ångan kyls till havet eller via ett kyltorn i luften. Eftersom fjärrvärmen måste hålla en viss temperatur, till skillnad från kondensvattnet, så blir elutbytet större i ett kondenskraftverk jämfört med ett kraftvärmeverk. Totalt sett blir dock energiutnyttjandet av bränslet betydligt större i ett kraftvärmeverk eftersom processens spillvärme i form av varmt vatten tas tillvara.

I ett kombikraftverk höjs verkningsgraden ytterligare genom att en gasturbin kompletterar processen. I gasturbinen kan el produceras ur de heta rökgaserna. Principen för en gasturbincykel är att en blandning av bränsle och komprimerad luft antänds. Förbränningsgaserna från bränsle/luftblandningen trycks med hög hastighet genom en gasturbin som driver en generator. I ett gaskombikraftverk produceras el både med en ångcykel och med en gasturbincykel. Tas dessutom värmen tillvara uppnås mycket höga totalverkningsgrader.

## 12. Ekonomiska kalkyler

Grov uppskattning av biogasproduktionsanläggningar samt distributionsnät

\*65% metaninnehåll i rågasen, anläggningsstorlek 36GWh

\*\* exkl. kostnader för väg- och vattenkorsningar, regler/mätstationer, linjeventilstationer

Slamrötning	9,3 MSEK/GWh*
Gödselrötning	2,8 MSEK/GWh*
Anaerob rening	3,5 MSEK/GWh*
Uppgradering, vattenadsorption	0,3 MSEK/GWh
Uppgradering, kryoteknik	0,5 MSEK/GWh
Distributionsledningar 10 bar	2,0 MSEK/km
Transmissionsledningar 30 bar	4,0 MSEK/km**
Tankstation	25 MSEK

### 13. Slutsats och diskussion

Den totala biogaspotentialen i rapporten baseras på att allt organiskt material kan samlas in och därmed vara tillgängligt för rötning. Den mängd som troligtvis kan samlas är mindre, eftersom en del gödsel faller på betesmark, organiskt hushållsavfall återfinns i brännbara sopor och organiskt material från industrier avsätts som djurfoder eller går till energiåtervinning. Däremot kan den troliga mängden insamlat material öka i framtiden genom att t.ex. mer organiskt matavfall utsorteras och genom kortare betesperioder för husdjur.

Vid upprättandet av större biogasanläggningar för samrötning av rena substrat bör de vara lokaliserade där vi finner de stora mängderna råvaror. På dom platserna finner vi även merparten av befolkningen vilket bör underlätta avkastning för fordonsgas till såväl linjetrafik som personbilar.

Att ersätta all busstrafik försvåras idag eftersom bussarna inte har någon gemensam övernattningsplats. Detta i sin tur medför att det skulle behövas flertalet tankställen på olika platser. Därför är det nog viktigt att försöka få med fler aktörer och fordonsparkar som kan tänkas gå över till biogas som drivmedel. Exempelvis taxibolag, kommunala verksamheter och bolag för att säkerställa avsättningen för gasen. Även om all busstrafik kan bli svår att ersätta i ett tidigt skede borde det inte vara omöjligt att byta ut några bussar. Inget säger att all busstrafik måste ersättas med biogas bara för att några av bussarna använder biogas som bränsle.

Lönsamheten för biogasproduktion är starkt kopplat till oljepriset. Ett högt oljepris gynnar fordonsgasframställning ur biogas men även andra alternativa drivmedel, eftersom deras konkurrenskraft ökar. Eftersom de flesta prognoser visar att oljan inom en snar framtid kommer att ta slut kommer priserna på olja troligtvis stiga allteftersom efterfrågan ökar och tillgången minskar.

De största positiva miljöeffekterna erhålls då biogas uppgraderas till fordonsgas och därmed kan ersätta fossila bränslen, eftersom inget nettotillskott av koldioxid sker vid förbränning av biogas. Förbränning av biogas jämfört med fossila bränslen ger dessutom generellt lägre utsläpp av andra miljö- och hälsofarliga föreningar, vilket bidrar till en bättre lokal luftmiljö fram för allt i tätorterna. Genom en produktion av biogas i länet erhålls ett lokalproducerat drivmedel som kan minska samhällets beroende av fossila bränslen inom transportsektorn och därigenom gynnar en hållbar utveckling. Lägst utsläpp av emissioner ger dock eldrivna fordon. Elbilen vore således ett bra alternativ om det kunde säkerställas längre körsträckor med bättre batterier.

Om biogas ersätter andra alternativa drivmedel såsom etanol och metanol blir inte miljönyttan lika stor. Men eftersom biogasen som skulle kunna produceras lokalt inte kan förse hela länens fordonspark med bränsle behöver inte de alternativa drivmedlen konkurrera med varandra. För att bli oberoende av fossila bränslen krävs nog att olika alternativa drivmedel finns på marknaden, samtidigt som det utförs ett arbete mot ett mindre bilberoende samhälle.

Större delen av Europa är sammanlänkat av ett ledningsnät. Fördelarna med att transportera gas i ledningar är flera. Distributionsförlusterna är betydligt mindre än vid transport av el. I högtrycksnätet uppskattas förlusterna uppgå till i storleksordningen 0,002 procent av genomströmningen. Gasnätet i Sverige håller en mycket hög leveranssäkerhet och det har inte skett några avbrott på stamnätet sedan naturgasen introducerades i landet 1985. Däremot förekommer, om än sällan, avbrott i lågtrycksnäten närmast kund. Den vanligaste orsaken är att gasledningen skadas i samband med grävarbeten. De skadorna lagas i allmänhet inom ett par timmar och hinner inte förorsaka några störningar hos kund eller betydande utsläpp av gas.

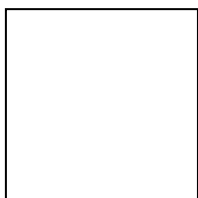
Gasledningarna är förlagda under mark eller på havsbotten och inkräktar därmed i mycket begränsad omfattning på landskapsbilden. När ledningen väl är nedgrävd så syns bara de små stolpar som markerar var ledningen är förlagd. För att det inte ska bildas ”gator” i skogsområden läggs ledningen så att den följer terrängen på ett naturligt sätt i största möjliga utsträckning. Transport av naturgas bidrar varken till buller, utsläpp eller visuella störningar.

Gas är lättare att lagra i större volymer än el då det finns en flexibilitet i själva ledningsnätet. Genom att höja trycket kan stora volymer gas lagras i ledningsnätet som kan vara utjämnande vid variationer i efterfrågan, s.k. line-pack.

En faktor som brukar lyftas fram är att en storskalig och effektiv distribution av naturgas kräver investeringar i en storskalig kaptaltung infrastruktur, något som generellt gäller även andra bränslen och energislag. Livslängden på en naturgasledning är mycket lång, 60-70 år eller ännu längre beroende på övervakning och underhåll. Den långa livslängden är en fördel men lyfts ibland även fram som en nackdel på så sätt att ”man bygger in sig i ett system som kan tränga undan alternativa energislag”.

Mats Olsson/Pöyry Sweden AB, Augusti 2009

## *En investering för framtiden*



EUROPEISKA UNIONEN  
Europeiska regionala  
utvecklingsfonden

## 12. Referenser

1. Förnyelsebar energi från organiskt avfall. 2004. Svenska Biogasföreningen.  
[http://www.sbgf.info/\\_filer/BIOGAS\\_PDF\\_Sv.pdf](http://www.sbgf.info/_filer/BIOGAS_PDF_Sv.pdf), (1 december 2008)
2. Nordberg, U. 2006. Biogas – Nuläge och framtida potential. Värmeforsk, ISSN 1653 – 1248.
3. Held, J. Mathiasson, A. Nylander, A. 2008. Biogas ur gödsel, avfall och restprodukter – goda svenska exempel. Svenska Gasföreningen
4. Wiberg, H. 2007. Termofil rötning av drankvatten, Tekniska Högskolan, Linköpings Universitet.
5. Basdata om Biogas. 2006. Svenskt Gastekniskt Center.
6. Avfall Sverige, Statistik, Avfallweb, 2007
7. Regionell statistik. Sveriges Statistiska Centralbyrå. 2007
8. 2008. Utformningen av stöd till biogas inom landsbygdsprogrammet. Bioenergienheten, Jordbruksverket. ISSN 1102-3007.
9. 2008. Jordbruksverkets statistiska årsbok 2008. ISSN 1654-4382
10. 2008. Den svenska biogaspotentialen från inhemska råvaror. Avfall Sverige. rapport 2008:02, ISSN 1103-4092. Avfall Sverige
11. Börjesson, P. 2007. Produktionsförutsättningar för biobränslen inom svenskt jordbruk. Lunds Tekniska Högskola.
12. Nordberg, Å. Lindberg, A. Gruvberger, C. Lilja, T. Edström, M. Biogaspotential och framtida anläggningar i Sverige. Jordbrukstekniska institutet 1998, ISSN 1401-4955.
13. Ahlvik, P. Brandberg, Å. Avgasemissioner från lätta fordon drivna med olika drivmedel, Effekter på hälsa, miljö och energianvändning. KFB-Rapport 1999:38
14. Muntligen Kari Elliot, EON Gas AB
15. Muntligen Anders Hellström, Swedegas AB