

# Fokus

## – Norrbottens energiresurser

December 2007

Baserad på Joakim Lundgrens resultat  
och analyser vid IIASA, Österrike.



# Fokus

## – Norrbottens energiresurser

**December 2007**

Baserad på Joakim Lundgrens resultat  
och analyser vid IIASA, Österrike.

**Redaktör och samordnare** Tord Pettersson, Norrbottens energikontor AB

**Grafisk form** Lena Ahlbäck

**Foto** Mats Fjellström

**Tryck** Luleå Grafiska 2007

**Upplaga** 75 ex

# Förord

Detaljerade analyser av energisystem har blivit ett populärt verktyg för att utforma energistrategier. Sådana energisystemanalyser känner inga tidsmässiga eller geografiska begränsningar, vilket innebär att de går att tillämpa för både kortsiktiga och långsiktiga analyser av lokala och globala energisystem. Kännetecknande för energisystemanalyser är att mer än ett begränsat mål, som till exempel att minimera kostnaderna vid ett givet beslutstillfälle, ska tas i beaktande. Det stannar därmed aldrig vid en analys enbart av de energistrategiska konsekvenserna. Även andra delar som ekonomin, miljön och effekter för övriga sektorer finns med.

Även om systemanalyser blivit ett vida accepterat verktyg är det viktigt att frågeställningarna formuleras på ett sätt som är adekvat för det aktuella problemet och för de vars intressen berörs av de systemförändringar som omfattas av studien. Ta till exempel frågan om en regional energistrategi, lik den som beskrivs i denna studie, har någon koppling till hotet om klimatförändring, som är en av de viktigaste energirelaterade frågorna i vår tid. Bör detta hot spela någon roll i en regional studie över ett svenskt län vars påverkan på det globala klimatet är försvinnande liten?

Den frågan kan besvaras på många olika sätt. Det gäller först och främst att fundera över vilka stora problem som kommer att kunna lösas om aktörer med en försvinnande liten påverkan inte anser sig behöva bidra till lösningen och därmed avvisar tanken på samarbete i frågan.

Det finns flera argument till varför man ska reducera växthusgaser på regional och lokal nivå i ett län som Norrbotten. En helt och hållet ekonomisk aspekt är att Norrbotten kan utveckla ren energiteknologi och komponenter där man drar nytta av länets naturliga fördel av att vara rikt på förnybar energi och bränsleresurser. Detta kan visa sig bli ordentligt lönsamt i takt med att behovet att minska utsläppen av växthusgaser blir alltmer överhängande och tillgången på konventionella fossila resurser blir så liten (och dyr) att de konkurreras ut av den förnybara energin.

Oavsett vilka motiven är för att gynna och stödja utvecklingen av förnybar energi så är det nödvändigt att först göra en helhetsbedömning av fördelarna ur ett systemperspektiv, genom utveckla och analysera olika scenarier på det sätt som tillämpas i denna rapport. Jag vill därför gratulera Dr Joakim Lundgren för att han har konkretiserat och kvantifierat frågan på ett så omfattande och reproducerande sätt. Det är nu dags för beslutsfattare att ta till sig rapportens resultat och utforma framtidens energistrategi för Norrbotten baserat på de insikter de får av innehållet.

Dr Leo Schrattenholzer

Wien, Österrike den 30 november 2007

*Dr Leo Schrattenholzer är före detta ledare för programmet Environmentally Compatible Energy Systems (ECS) vid IIASA där också Joakim Lundgren verkade under sin vistelse i Österrike. Dr Schrattenholzer har mycket lång erfarenhet av skapande av såväl globala som regionala energiscenarier med energi-ekonomiska modeller. Han är för närvarande en av två ledare för International Energy Workshop (IEW), som är ett internationellt nätverk för energianalytiker. Han var också en av huvudförfattarna till IPCC:s andra klimtrapport.*



Ett av syftena med projektet "Fokus – Norrbottens energiresurser" var att ta fram en populärvetenskaplig rapport baserad på min forskning vid International Institute of Applied System Analysis, IIASA, i Laxenburg strax utanför Wien i Österrike. Forskningen vid IIASA utfördes från mars 2006 till april 2007.

Jag skulle härmed vilja tacka Kempestiftelsen, som finansierade min vistelse på IIASA via ett Post-Doc stipendium, samt Avdelningen för energiteknik vid Luleå tekniska universitet, som gav mig möjligheterna att vara tjänstledig under ett år och sedan återvända efter min utflykt.

Året på IIASA var oerhört lärorikt och jag hade otaliga intressanta diskussioner och samtal med framstående forskare från alla världens hörn. Jag skulle vilja framföra ett stort tack till mina kollegor Leo Schrattenholzer, Nebojsa Nakicenovic, Keywan Riahi, Manfred Strubegger, Arnulf Grübler, Illka Keppo, Hal Turton, Shilpa Rao-Skirbekk, Gerhard Totschnig, Yaroslav Minullin, Gerald Silverberg, Pat Wagner, Angela Dowds, Bing Zhu, Patrick Nussbaumer, Atsumasa Sakai, Takahira Shiga, Volker Krey, Alaa Al-Khatib, Tomohiko Araki, Kee-Yung Nam, Taiyo Ozaki, Peter Kolb och Tiejun Ma på IIASA:s avdelningar Environmentally Compatible Energy Strategies (ECS) och Energy (ENE) för ett fantastiskt år. Vidare vill jag tacka Vegard Skirbekk vid avdelningen World Population Program samt Oskar Franklin och Sylvain Leduc vid avdelningen Forestry för värdefull hjälp under arbetets gång. Även Walter Haslinger och Lara Carvalho vid Austrian Bioenergy Centre och Julia Löwenstein vid Austropapier förtjänar ett stort tack för givande diskussioner.

Arbetet inom projektet "Fokus – Norrbottens energiresurser" har varit mycket intressant. Jag vill speciellt tacka mina projektkollegor Fred Nordström, Tord Pettersson och Maria Lindahl på Nenet och Hassan Salman vid ETC i Piteå för mycket gott samarbete, samt Bo Nordell på LTU för hans bidrag inom lagring och användning av naturvärme och naturkyla.

Å hela projektgruppens vägnar vill jag även framföra ett tack till projektets finansörer Struktur-fonden för Mål 1 Norra Norrland, Länsstyrelsen i Norrbotten och Norrbottens läns landsting, samt deltagarna i projektets styrgrupp (Ewa Hedqvist Petersen, Anita Lindfors och Roger Hermansson), referensgrupp (Rikard Gebart, Kajsa Andersson, Gunnar Eikeland, Karolina Petterson och Anna Lindberg) och remissgrupp (Hillewi Wiss Kullebjörk, Berit Öström, Riitta Björk, Gunnar Nilsson, Johan Eriksson, Jeanette Nilsson och Ulrika Roova).

Joakim Lundgren

Luleå den 29 november 2007

## Allting i universum kan sägas bestå av energi

Albert Einstein, nobelpristagare i fysik 1921, visade att massa och energi är två olika former av samma sak.

Det beskrev han genom formeln  $E = m \times c^2$  där  $m$  är massan och  $c$  är ljushastigheten. Energi-principen kallas den regel som säger att energi varken kan nyskapas eller förstöras. Den kan bara omvandlas från en form till en annan.

Elektrisk energi brukar mätas i kilowattimmar (kWh). En 40-watts glödlampa som lyser 25 timmar förbrukar 1 kilowattimme ( $40 \text{ W} \times 25 \text{ h} = 1000 \text{ Wh} = 1 \text{ kWh}$ ). Den internationella energienheten är joule (J).  $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$  (miljoner Joule).

### Förnybar och icke förnybar energi

Vi kan dela in energin i förnybara energikällor som vattenkraft, solstrålning, vindenergi och bioenergi, och icke förnybara som kärnkraft, olja, kol och naturgas. Förnybara energikällor är energi som ständigt flödar medan energi från icke förnybara källor förnyas extremt långsamt.

Vi behöver energi för att få värme, svalka och ljus. Vi behöver även energi för att laga mat, tillverka saker och för att transportera gods och människor. För att få användbar energi måste vi omvandla den energi som energikällorna erbjuder. Ibland måste energin gå igenom en hel kedja av omvandlingar och transporter innan den kan komma till nytta. Detta kan ibland medföra förluster av energi när den transporteras och omvandlas.

## Effektenheter och energienheter

### Effektenheter

Effekt är energi per tidsenhet. Effekt anges i watt (W)

1 kW (kilowatt) = 1 000 W

1 MW (megawatt) = 1 000 kW

1 GW (gigawatt) = 1 000 000 kW

### Energienheter

Energi är effekt gånger tid

1 Wh = 1 W under en timme, wattimme

1 kWh = 1 kW under en timme, kilowattimme

1 MWh (megawattimme) = 1 000 kWh

1 GWh (gigawattimme) = 1 000 000 kWh

1 TWh (terawattimme) = 1 000 000 000 kWh

### Ungefärligt energiinnehåll i olika bränslen

| Bränsle                           | Enhet                      | GJ / enhet | MWh / enhet |
|-----------------------------------|----------------------------|------------|-------------|
| Eldningsolja 1 EO1                | m <sup>3</sup>             | 35,9       | 10          |
| Naturgas                          | 1000 m <sup>3</sup>        | 38,9       | 10,8        |
| Pellets                           | m <sup>3</sup> stjälp mätt | 12,6       | 3,5         |
| Pellets                           | Ton                        | 16,8       | 4,7         |
| Flis, 30% fukthalt                | m <sup>3</sup>             | 3,2        | 0,9         |
| Flis, 30% fukthalt                | Ton                        | 13,3       | 3,7         |
| Flis, 50% fukthalt                | m <sup>3</sup>             | 2,9        | 0,8         |
| Flis, 50% fukthalt                | Ton                        | 8,3        | 2,3         |
| Tallved, väl travad, 25% fukthalt | m <sup>3</sup>             | 13,3       | 1,4         |
| Tallved, väl travad, 25% fukthalt | Ton                        | 13,3       | 3,7         |

# Innehåll

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| <b>Sammanfattning och slutsatser .....</b>      | <b>8</b>  |
| <b>Inledning .....</b>                          | <b>15</b> |
| <b>Scenarier</b>                                |           |
| För alla sektorer tillsammans .....             | 24        |
| För bostäder .....                              | 28        |
| För service (inkl godstransporter) .....        | 34        |
| För industri .....                              | 40        |
| För privata transporter .....                   | 46        |
| För jordbruk .....                              | 52        |
| <b>Energipotentialer .....</b>                  | <b>56</b> |
| Brännbara, förnybara bränslen samt avfall ..... | 57        |
| Trädbränslen .....                              | 57        |
| Åkerbränslen .....                              | 59        |
| Svartlut .....                                  | 61        |
| Övrigt .....                                    | 61        |
| Restenergier (spillvärme) .....                 | 64        |
| Naturkyla .....                                 | 65        |
| Vattenkraft .....                               | 70        |
| Vindkraft .....                                 | 72        |
| Solenergi .....                                 | 75        |
| <b>Diskussion .....</b>                         | <b>78</b> |



# Sammanfattning och slutsatser

Joakim Lundgren har under sina studier på forskningsinstitutet IIASA i Österrike (International Institute for Applied System Analysis) försökt spegla Norrbottens förutsättningar och möjligheter att bli fossilbränslefritt till år 2025. Han har bland annat tittat på vilka energival länets myndigheter, företagare och allmänhet står inför i dag samt vart de val vi nu gör kan föra oss i framtiden. För precis som dagens energiförsörjning i Norrbotten är ett resultat av tidigare fattade beslut kommer energiförsörjningen år 2025 att vara det. Skillnaden är bara att den framtida energiförsörjningen kan vi fortfarande påverka.

Det är viktigt att tänka på att energibranschen av tradition dominerats, och fortfarande domineras, av män på alla beslutande nivåer. Samtidigt vet vi att sättet på vilket vi väljer att generera, distribuera, lagra och använda energin på i slutänden påverkar oss alla, ja till och med de som lever i andra länder och de som ännu inte är födda. Eftersom många energibeslut får konsekvenser under 30, 40 och 50 år framåt eller mer är det av största vikt att de tas med delaktighet från så många berörda som möjligt. Det innebär att frågan om vår framtida energiförsörjning även är en jämställdhets- och solidaritetsfråga.

Joakim Lundgren påminner om att världen står inför stora förändringar. Majoriteten av, för att inte säga alla, ledande klimat- och miljöexperter håller med om att de pågående klimatförändringarna är en effekt av mänskliga aktiviteter kopplade till den enorma användningen av fossila energikällor. Redan i dag börjar vi se de globala miljöeffekterna av de förhållandevis små klimatförändringar som hittills skett. Med fortsatta, storskaliga utsläpp av växthusgaser kommer dessa problem, liksom antalet klimatflyktingar, successivt att öka.

Samtidigt ser vi hur oljereserverna i världen börjat minska. Dels som en effekt av att allt fler länder har en tillväxt byggd på hög användning av fossila bränslen, men även på grund av att det görs allt färre nya fynd av riktigt stora oljefält. Den rådande prisutvecklingen på olja är en effekt av detta.

Oljan kommer sannolikt aldrig att ta helt slut. Den kommer istället att bli så dyr att den bara kommer att användas till exklusiva produkter. Även tillgångarna av kol och fossilgas (naturgas) är ändliga, vilket innebär att deras priser också kommer att skjuta i höjden allt eftersom efterfrågan ökar.

Joakim Lundgrens studier visar att Norrbotten är rikt på förnybara energiresurser, inte minst avseende skogsbränslen, vattenkraft, vindkraft och naturkyla. Norrbotten har även en hög energiintensitet, vilket betyder att regionen har en hög energianvändning per producerad nytta (i studien räknat som BRP-krona, där BRP står för bruttoregionalprodukten). Det beror

främst på att en stor del av industrin arbetar med energikrävande förädling av råvaror. Energianvändningen per person i Norrbotten ligger i dag på 140 MWh per år, vilket är tre gånger mer än vad medelsvensken använder under ett år och 40 procent mer än vad medelamerikanen använder under samma tid.

Dessutom använder norrbottningen i medeltal 13 000 kWh mer elektricitet per år än vad svenskarna gör i genomsnitt, samtidigt som norrbottningen ligger högt i fråga om bilresandet. Som en effekt av den höga energianvändningen i Norrbotten använder norrbottningarna mer fossila bränslen än svensken gör i genomsnitt, vilket medför att Norrbotten har höga utsläpp av koldioxid per capita.

Den höga energianvändningen i Norrbotten förklaras bland annat av förekomsten av en tung och energiintensiv basindustri, samt till viss del även av det kalla klimatet och de långa transportsträckorna. Detta får dock aldrig tas som intäkt för att inte göra något för att effektivisera energi- och resursanvändningen. Det ska istället ses som en utmaning för regionen och dess aktörer att anstränga sig mer än andra för att eliminera alla former av energi- och resursslöseri.

Norrbotten har i dag ingen strategi för hur det framtida energisystemet ska utformas för att det ska fungera så bra som möjligt med tanke på befolkningsutveckling, trygghet, miljö och ekonomi. Joakim Lundgren hoppas att hans studier ska skapa en bra grund för utvecklingen av en regional energistrategi för Norrbotten avseende:

- Skapandet av nya industrier som i sin tur tillför regionen nya jobb.
- Ökad regional användning av lokala, förnybara energislag och avveckling av den existerande oljeanvändningen.
- Ökad användning av lokalt producerade energigrödor till förmån för en levande och hållbar landsbygd.
- Ökad användning av, och intresse för, organiskt avfall.
- Ökad energieffektivisering i regionen, samt minskad miljöbelastning lokalt, regionalt och globalt.
- Anpassning till framtida klimatförändringar.

Joakim Lundgrens arbete har främst bestått i att skapa och analysera framtida scenarier över energianvändningen i Norrbotten. Det årtal han siktar mot är 2025. Han har bland annat använt det internationella atomenergiorganet IAEA:s modell (International Atomic Energy Agency) för beräkning av energibehov förkortad MAED-2 (Model for Analysis of Energy Demand).

Joakim Lundgren har även försökt skapa en bild av det norrbottniska skafferiet av förnybara energislag och resurser år 2025. Studien innehåller även en begränsad diskussion om hur skafferiet av energiråvaror kan användas för att tillgodose de framtida behoven, och då främst behoven av biodrivmedel.

De viktigaste resultaten och slutsatserna av Joakim Lundgrens studier lyder:

- Alla scenarier visar på ett ökat, totalt energibehov i Norrbotten år 2025. Ökningen hänger främst ihop med industrisektorns ökade behov av energi.

- Alla scenarier visar på en ökad användning av fossila bränslen år 2025, vilket är en följd av förväntade produktionsökningar på SSAB i Luleå som i dag har en fossilbränslebaserad process.
- Behovet av uppvärmning inom bostads- och servicesektorerna kommer att minska fram till och med år 2025, samtidigt som hushållens elanvändning ökar.
- Det borde vara relativt enkelt att fasa ut den återstående oljeanvändningen inom bostadssektorn.
- Solvärme kan ge ett värdefullt tillskott till uppvärmningen av tappvarmvatten under sommarhalvåret.
- BAU-scenarierna (BAU står för business-as-usual och betecknar här en utveckling där norrbottningarna i sina beteenden och värderingar fortsätter som tidigare) visar på ett ökat drivmedelsbehov fram till år 2025 medan de gröna scenarierna (vilka betecknar en utveckling där norrbottningarna lever i ett lugnare tempo samt med en ökad miljömedvetenhet än tidigare) visar på en liten minskning.
- Med en positiv syn på den framtida användningen av biodrivmedel, där de i BAU-scenarierna antas stå för 27 procent av den totala drivmedelsanvändningen år 2025 medan de i de gröna scenarierna antas stå för hela 75 procent, kan användningen av biodrivmedel komma att öka från dagens nivå på cirka 1,5 GWh per år till 950-1 850 GWh år 2025.
- Norrbotten har potential att kunna bli självförsörjande på, samt även nettoexportör av, biodrivmedel i framtiden. Med en fullskaleanläggning för svartlutsförgasning vid Smurfit Kappa i Piteå som producerar DME (Dimetyleter) eller metanol samt en annan anläggning i samma kommun som producerar biodiesel av tallolja kommer Norrbotten att kunna täcka en stor del av sitt framtida drivmedelsbehov.
- Metanolproduktion från SSAB:s koksgas är en intressant lösning för regional drivmedelsproduktion, även om det i så fall handlar om ett fossilbränslebaserat drivmedel. Om koksgasen mixas med gas från förgasad biomassa fås en mix som ger ett bra utbyte av metanol.
- Norrbotten har utmärkta förutsättningar att kunna använda, samt även lagra, naturvärme och naturkyla i stor skala för att klara de framtida behoven av värme och kyla. Den goda snötillgången ger länet ett särskilt gynnsamt läge när det gäller storskaliga fjärrkylasystem för naturkyla.
- De prognosticerade klimatförändringarna i Norrbotten antas få vissa positiva effekter för länets energiförsörjning år 2025. Ökade vattenflöden antas öka produktionen av el från vattenkraft. Ökade utomhustemperaturer antas öka tillväxten av biomassa och minska uppvärmningsbehoven. Men det finns även negativa effekter som ökad risk för skogsbränder och kraftiga stormar, liksom ökad risk för haverier i länets kraftverksdammar.
- Norrbotten kan i framtiden bli en ännu större exportör av el än man är i dag (när 60 procent av vattenkraftens produktion går på export från länet). Vindkraften beräknas kunna ge ett stort tillskott på flera TWh förnybar el per år. Men även vattenkraften beräknas kunna ge ett tillskott på ca 3 TWh genom energieffektiviseringsåtgärder och ökade vattenflöden. Frågan är om hela det potentiella, framtida eltillskottet i så fall ska

exporteras eller om till exempel vindkraften delvis kan användas för annat än produktion av el för export.

- Efterfrågan, och därmed förmodligen också priserna, på skogsbränslen kommer att öka. Även om Norrbotten har stora skogstillgångar är det viktigt att utvidga resursbasen för biomassa genom odling av energigrödor på nedlagda jordbruksmarker, samt genom ökad användning av skogsrester och andra potentiella biobränslen som till exempel hästgödsel.

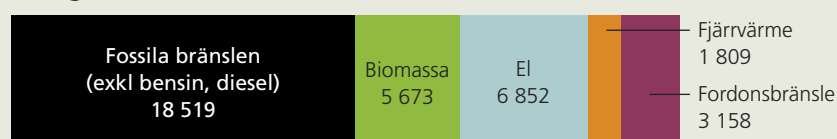
Den övergripande slutsatsen av Joakim Lundgrens studier är att länet har goda möjligheter att kunna nå visionen om ett fossilbränslefritt Norrbotten om industrisektorn exkluderas. Fast det kan dröja några år efter 2025 eftersom det annars kan bli svårt att helt ersätta de fossila drivmedlen med förnybara bränslen. Och det kommer inte att kunna ske utan en stor och medveten insats av politiska styr- och smörjmedel på nationell, regional och lokal nivå. Precis som vid tidigare beslutade omställningar av det svenska energisystemet med andra ord.

## Total slutlig energianvändning

Den totala, slutliga energianvändningen uppdelad på energibärare och sektorer för år 2004, samt för de fyra energiscenarierna (-) BAU, (+) BAU, (-) Grön och (+) Grön år 2025. BAU står för Business-as-usual och betecknar en utveckling fram till 2025 som fortsätter i samma spår som hittills medan Grön betecknar en utveckling kännetecknad av lugnare tempo och ökad miljömedvetenhet. (-) betecknar fortsatt negativ befolkningsutveckling medan (+) betecknar trendbrott.

### 2004

#### Energibärare



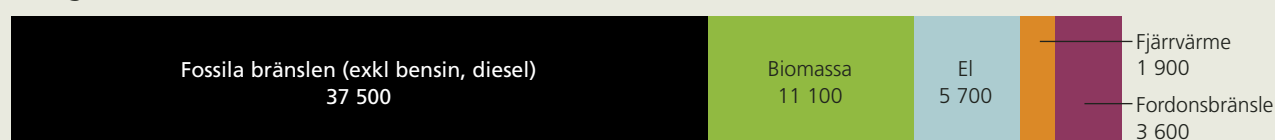
#### Sektorer



Total slutlig energianvändning 36 011 GWh

### 2025 – BAU

#### Energibärare



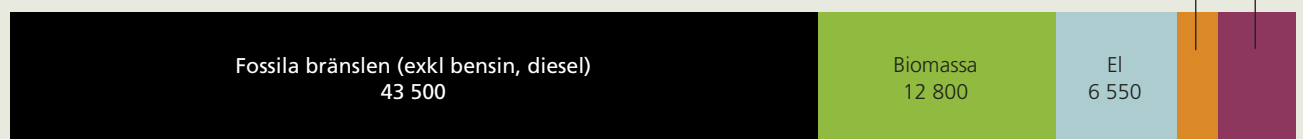
#### Sektorer



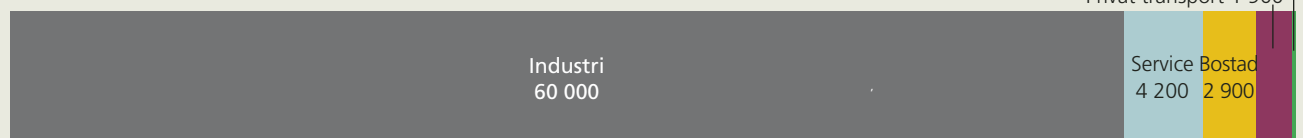
Total slutlig energianvändning 59 800 GWh

## 2025 + BAU

### Energibärare



### Sektorer



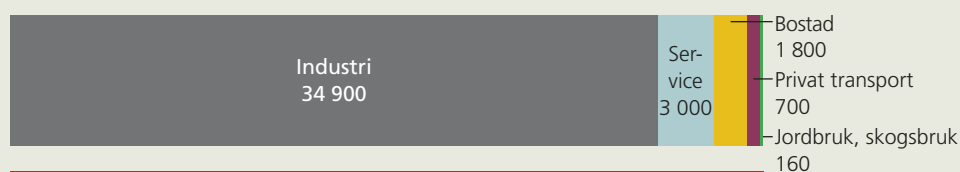
Total slutlig energianvändning 69 200 GWh

## 2025 – Grön

### Energibärare



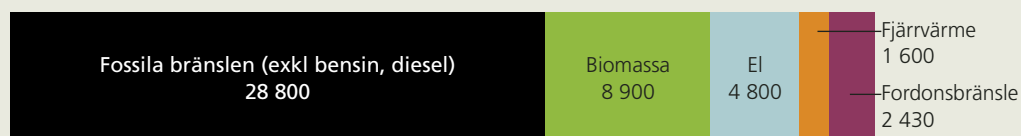
### Sektorer



Total slutlig energianvändning 40 560 GWh

## 2025 + Grön

### Energibärare



### Sektorer



Total slutlig energianvändning 46 530 GWh



# Inledning

Hotet om en global uppvärmning kan bara lösas genom agerande. Och vi måste agera nu.

Alla måste delta utifrån sina möjligheter och förutsättningar. Men regioner med stora tillgångar av förnybar energi, hög välfärd samt stark kompetens inom energi- och klimatområdet måste gå före. Norrbotten är en sådan region.

Det största hotet mot en omställning till en hållbar, solidarisk och trygg energiförsörjning kommer sannolikt från oss själva. Redan i dag ser vi att klimatfrågan rymmer hela kartan av mänskliga förträgningsbeteenden.

Allra vanligast är apatin. Den som får oss att inte göra något alls för att förändra situationen. Ibland skyddad bakom hänvisningar till vad man själv faktiskt redan gjort och vad andra - till exempel grannar, beslutsfattare och människor i andra delar av världen - inte gör.

Här finns också de som envist håller fast vid att den samlade forskningsexpertisen bakom FN:s klimatpanel (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) faktiskt kan ha fel. Att det fortfarande finns en liten, liten möjlighet att vår resursförstörande, samt olje-, kol- och fossilgastörstande, livsstil inte är riktigt så förödande för den globala miljön som allt fler hävdar.

Just i det här fallet väljer vissa av oss alltså att bortse från den samlade expertisens tydliga och tuffa budskap för att istället lyssna på enskilda röster som säger att hoten nog är överdrivna och att det kanske inte är så farligt i alla fall.

Men om FN:s klimatpanel med flera har rätt då? Det vill säga att det är till mer än 90 procent säkert att större delen av den globala uppvärmningen under de senaste 50 åren är en följd av människans utsläpp av växthusgaser. Liksom att medeltemperaturen på jorden kan komma att stiga med upp till 6,4 grader Celsius fram till 2100 i det värsta scenariet. Samt att det finns massor av motåtgärder, utan negativa effekter för vare sig ekonomin eller välfärden, som kan sättas in redan i dag. Åtgärder som kan skapa en ny, hållbar tillväxt.

## Joakim Lundgrens studier

Projektet "Fokus - Norrbottens energiresurser" drevs under hösten 2007 som ett samverkansprojekt mellan Norrbottens energikontor AB (Nenet), avdelningen för energiteknik vid Luleå tekniska universitet (LTU) och Energitekniskt centrum (ETC) i Piteå. Projektets finansörer var Strukturfonden för Mål 1 Norra Norrland, Länsstyrelsen Norrbotten och Norrbottens läns landsting.

Denna dokumentation bygger till största delen på uppgifter framtagna, utvalda och presenterade av Joakim Lundgren, teknisk doktor och forskare på avdelningen för energiteknik vid Luleå tekniska universitet (LTU). Resultaten och slutsatserna är i allt väsentligt först och främst hans egna,



även om de under arbetets gång delvis granskats och godkänts av annan expertis.

Joakim Lundgrens arbete har haft två tydliga mål.

1. Att bedöma *tillgången* av förnybara energiresurser i Norrbotten, det så kallade *skafferiet*.
2. Att skapa och presentera scenarier för Norrbottens *användning* av energi fram till år 2025. I användningen ingår bara den energi vi faktiskt använder oss och drar nytta av. Energiförlusterna vid generering och överföring av energi ingår alltså inte.

Rapporten rymmer även en del förslag på hur Norrbottens energiresurser kan användas för att tillgodose de framtida energibehoven (*tillförseln* av energi). Det vill säga hur vi väljer att samla in, blanda ihop och servera energin. I tillförseln är även energiförlusterna medräknade. Tillförseln av energi är dock ofullständigt utredd i den här studien och bör bli föremål för fortsatta studier. Detsamma gäller den för framtiden viktiga frågan om Norrbottens möjligheter till effektiv och resurssnål energihushållning vilken rymmer en stor potential till ökad lönsamhet och minskad miljöbelastning. Inte minst inom industrin.

## **Energi för hållbar tillväxt**

En trygg tillgång till hållbar, prisvärd och kvalitetssäkrad energi är en grundförutsättning för ett gott liv för människorna och näringslivet i Norrbotten. Länets energisektor omsätter stora belopp och är en viktig motor för den ekonomiska och sociala utvecklingen. Energisektorn bör därför, på samma sätt som transportvägar och IT-kommunikation, ses som en infrastrukturell hörnsten för länets tillväxt.

Det regionala partnerskapet i Norrbotten (Länsstyrelsen Norrbotten, Norrbottens läns landsting och Kommunförbundet Norrbotten) har utpekat energiförsörjningen som en prioriterad tillväxtfråga. Med hänvisning till andra regioner inom EU, vilka med stor framgång satsat på ökad användning av förnybar energi och energieffektiv teknik, har partnerskapet sagt att Norrbotten ska ta fram en regional energistrategi som är väl förankrad i länet. Den stora utmaningen i detta arbete är, enligt partnerskapet, att identifiera insatsområden som Norrbotten bör satsa resurser på och som är långsiktigt kloka och lönsamma för regionen.

## **IIASA**

I Norrbotten finns det sedan flera år tillbaka en etablerad samverkan i energifrågor kopplad till forskning och utveckling, samt regional tillväxt, mellan Nenet, LTU:s avdelning för energiteknik och ETC. Joakim Lundgren ägnade större delen av 2006 och våren 2007 åt studier på det mycket välrenommerade forskningsinstitutet IIASA (International Institute for Applied System Analysis, [www.iiasa.ac.at](http://www.iiasa.ac.at)) i Österrike. IIASA är ett internationellt, oberoende forskningsinstitut som bland annat arbetar med att utveckla verktyg för studier av stora, globala miljöfrågor kopplade till långsiktiga förändringar av klimat, demografi (vetenskapen om befolkningars fördelning, storlek och sammansättning) och energisystem. IIASA:s forskning omfattar även markanvändning, gränsöverskridande luftföroreningar och

allmänna riskfaktorer. Institutet, som ägs av ett konsortium av myndigheter eller motsvarande i 19 länder, har ett 70-tal forskare samt en allmän stab på ytterligare lika många personer.

Joakim Lundgrens vistelse på IIASA finansierades av Kempe-stiftelsen. Hans studier fokuserades på de regionala förutsättningarna och möjligheterna att skapa ett fossilbränslefritt Norrbotten år 2025 (industrin undantagen). Joakim Lundgrens studier bygger därmed vidare på den grund som lades med länsstyrelsens rapport *Energin och framtiden i Norrbotten* (2001).

Norrbotten saknar i dag en långsiktig och brett förankrad strategi för hur vårt framtida energibehov ska tillgodoses på ett ekonomiskt och ur miljösynpunkt bra sätt. En strategi kan beskrivas som en vägbeskrivning fram till ett förutbestämt mål.

Det är svårt att sätta upp realistiska mål för Norrbottens framtida energiförsörjning utan att det gjorts ett allvarligt försök att förutse de framtida energibehoven. Och det är just detta som varit huvudsyftet med Joakim Lundgrens studier i Österrike.

Först när de framtida energibehoven utretts är det meningsfullt att börja titta på vilka förnybara bränsle- och energiresurser regionen förfogar över samt fundera över hur de bäst kan användas för att tillgodose norrbottningarnas behov.

Som utgångspunkt för studierna har Joakim Lundgren tittat på Norrbottens energi- och naturtillgångar. Han har även studerat hur de pågående klimatförändringarna kan komma att slå mot Norrbotten och hur det i så fall påverkar länets framtida förutsättningar för produktion och användning av olika energislag.

Joakim Lundgrens studier har i vissa delar kompletterats med resultat från andra studier. En av dessa kompletterande studier avser länets förutsättningar för lagring och användning av naturvärme och naturkyla. Den har utförts på uppdrag av projektet under handledning av professor Bo Nordell som leder forskargruppen förnyelsebar energi vid LTU:s avdelning för arkitektur och infrastruktur. Joakim Lundgren har även haft god hjälp av personalen på Nenet samt av Hassan Salman med flera på ETC.

### **Kort om projektet "Fokus - Norrbottens energiresurser"**

Det övergripande målet med projektet var att göra resultaten från Joakim Lundgrens studier på IIASA tillgängliga och kända för beslutsfattare, företagare och allmänheten i Norrbotten och därmed lägga en bra grund för ett regionalt strategiarbete med energi- och tillväxtfrågor i Norrbotten. Projektet hade även fyra delmål.

1. Utveckling av en IT-baserad modell för uppdatering av regionala energi- och klimatbalanser.
2. Produktion av en publik, kvalificerad sammanställning av resultat och slutsatser från Joakim Lundgrens studier på IIASA.
3. Marknadsföring och informationsspridning av dessa resultat och slutsatser.
4. Genomförande av ett slutseminarium.

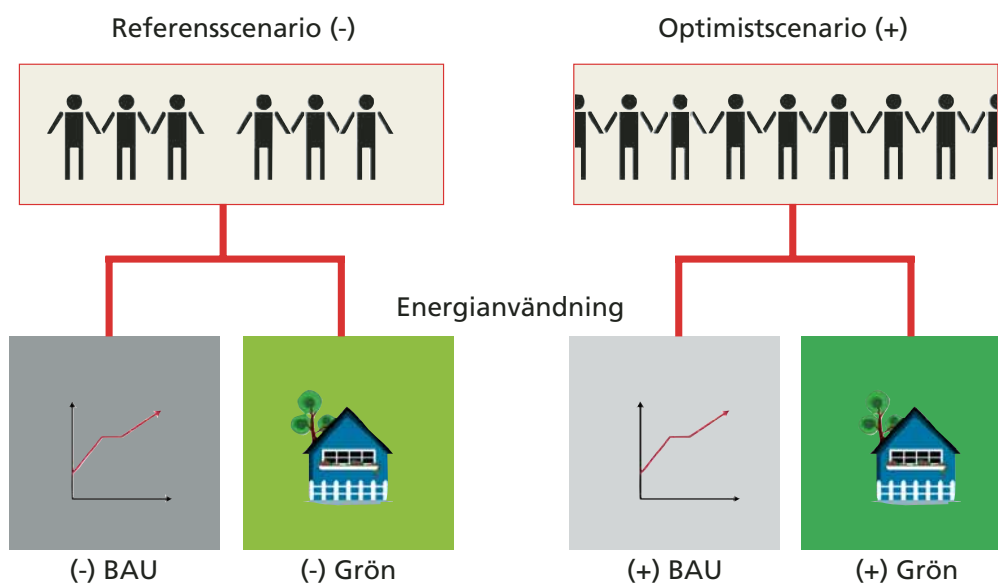
## Om energiscenarier

Framtidsscenarier kan hjälpa oss att förstå vad som driver utvecklingen och visa de långsiktiga konsekvenserna av de beslut och val vi gör i dag. De kan även hjälpa oss att höja vår egen beredskap i en föränderlig värld. Inom företagsvärlden är det exempelvis vanligt att företag tar hjälp av scenarier inför viktiga och långsiktiga beslut som måste tas på osäkra grunder.

Joakim Lundgren har skapat fyra olika scenarier för hur energianvändningen i Norrbotten kan komma att utvecklas fram till år 2025. Det är givetvis helt omöjligt att göra helt korrekta prognoser för den framtida energianvändningen. Ett scenario ska därför ses som en illustration av hur framtiden kan komma att se ut. Scenariots trovärdighet ska alltid bedömas av betraktaren.

De fyra energiscenarierna har tagits fram med hjälp av IAEA:s (International Atomic Energy Agency) modell MAED-2 (Model for Analysis of Energy Demand). Modellen utvärderar de framtida energibehoven utifrån olika utvecklingsscenarier kopplat till socioekonomi, teknik och demografi (befolkningsfördelning, befolkningsstorlek, befolkningssammansättning och dylikt). Samtliga fyra energiscenarier tar hänsyn till prognostiserade klimatförändringar, ekonomisk och teknisk utveckling, samt förändringar av vår livsstil.

### Befolkningsutveckling



*De två befolkningsscenarierna (+) och (-) utvecklas till fyra energianvändningsscenarier; (+) BAU, (-) BAU, (+) Grön och (-) Grön.*

## Om befolkningsscenarier

De fyra energiscenarierna i denna studie bygger på två befolkningsscenarier, ett referensscenario och ett optimistscenario, för utvecklingen fram till och med år 2025 skapade med hjälp av befolkningsmodellen PDE (Population-Development-Environment), som utvecklats på IIASA. I modellen har Norrbotten delats in i elva regioner, där en region har utgjorts av Fyrkanten (Luleå, Boden, Älvsbyn och Piteå) och de övriga tio regionerna har utgjorts av de övriga tio kommunerna.

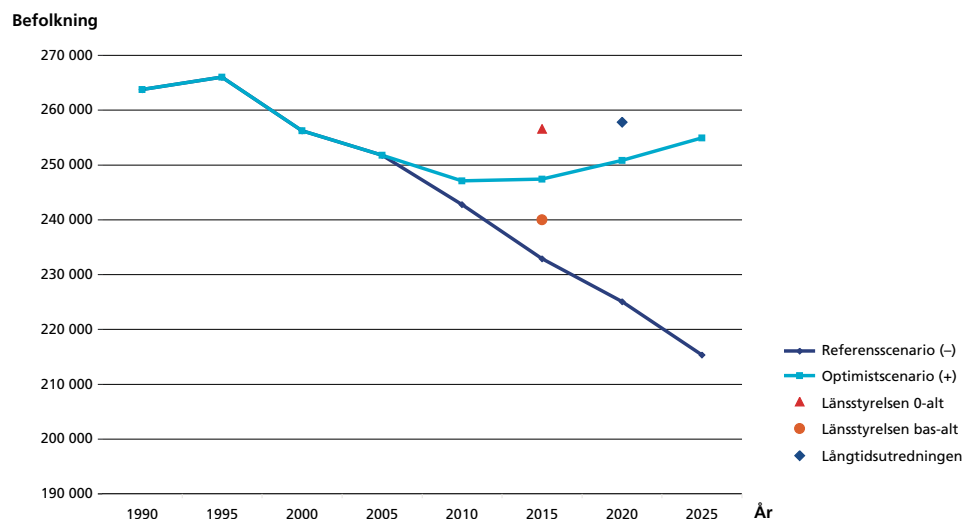
De två befolkningsscenarierna bygger på följande förutsättningar.

Referensscenariet, härnå betecknat med ett (-) eftersom det innebär en fortsatt negativ befolkningsutveckling i Norrbotten:

- Nativiteten (barnafödandet) antas ligga konstant på 1,76 barn per kvinnlig invånare i fertil ålder, framräknat utifrån ett medelvärde mellan åren 2000 och 2005.
- Medellivslängden för män och kvinnor förblir konstant på en nivå av 76,6 år för män och 81,6 år för kvinnor.
- Den negativa in- och utflyttningstrenden från Norrbotten fortsätter i enlighet med utvecklingen under perioden 2000 - 2005 under vilken länet hade en nettoutflyttning på totalt 1 600 män och 2 100 kvinnor.

Optimistscenariet, härnå betecknat med ett (+) eftersom det innebär ett trendbrott i utvecklingen som ger en positiv befolkningsutveckling:

- Nativiteten ökar linjärt upp till en nivå av 1,85 barn per kvinna i fertil ålder år 2025.
- Medellivslängden ökar, så att männen i medeltal blir 78,2 år och kvinnorna 82,6 år när vi nått fram till år 2025.
- Den negativa in- och utflyttningstrenden bryts år 2005, så att Norrbotten under perioden 2020-2025 har ett inflyttningsöverskott på 4 000 män och 3 600 kvinnor.



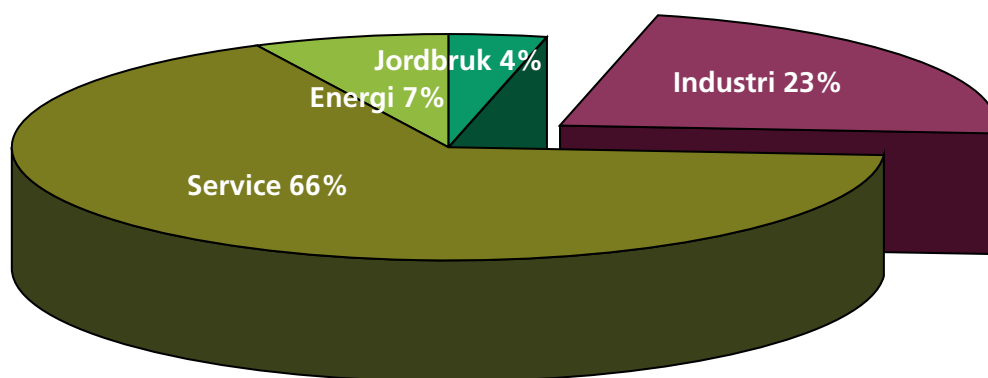
*Befolkningsutveckling i Norrbotten fram till år 2025 enligt scenarierna (+) och (-). Även resultaten från Länsstyrelsens befolkningsscenarier (0-alternativ och Bas-alternativ) fram till år 2015 samt Långtidsutredningens (LU) projektion till år 2020 redovisas.*

## Om BRP

BRP är en förkortning av bruttoregionalprodukten, som är ett mått på den totala ekonomiska aktiviteten i en region under ett år (jämför med BNP, bruttonationalprodukten). BRP speglar värdet av regionens totala konsumtion av varor och tjänster, bruttoinvesteringar samt export minus import.

De i BRP medräknade ekonomiska brancherna är:

- Industri - tillverkning, mineralutvinning och byggverksamhet.
- Service - fastigheter och företagstjänster, parti- och detaljhandel, hotell- och restaurangverksamhet, transporter, magasinering och kommunikationer, finansiell verksamhet, offentlig förvaltning och försvar, utbildning, hälso- och sjukvård, socialtjänst, veterinärverksamhet, renhållning, kultur samt sport.
- Jordbruk - plus skogsbruk och fiskeriverksamhet.
- Energi - el-, gas-, värme- och vattenförsörjning.



Branchernas andel av bruttoregionalprodukten (BRP) i Norrbotten år 2004, enligt SCB:s branchindelning.

### Scenario (-) BAU 2004-2025

Befolkning -0.68% per år  
Veckoarbetstid som idag  
(38.1 timmar per vecka)  
Sysselsättning -0.3% per år  
Produktivitet +1.70% per år  
BRP +1.41% per år  
BRP per capita +2.73% per år

### Scenario (+) BAU 2004-2025

Befolkning +0.07% per år  
Veckoarbetstid som idag  
(38.1 timmar per vecka)  
Sysselsättning +0.3% per år  
Produktivitet +1.80% per år  
BRP +2.11% per år  
BRP per capita +2.62% per år

### Scenario (-) Grön 2004-2025

Befolkning -0.68%  
Veckoarbetstid -0.4%  
(35 timmar per vecka)  
Sysselsättning -0.3% per år  
Produktivitet +1.65% per år  
BRP +1.01% per år  
BRP per capita +2.14% per år

### Scenario (+) Grön 2004-2025

Befolkning +0.07%  
Veckoarbetstid -0.4%  
(35 timmar per vecka)  
Sysselsättning +0.3% per år  
Produktivitet +1.75% per år  
BRP +1.67% per år  
BRP per capita +1.98% per år

Sammanfattning av antagna socioekonomiska faktorer utveckling enligt de fyra scenarierna.

## Om BAU-scenarier vs gröna scenarier

Förkortningen BAU står för "Business-as-usual" och betecknar en utveckling där norrbottningarna i sina beteenden och värderingar fortsätter i samma spår som hittills.

De gröna energiscenarierna illustrerar hur energianvändningen utvecklas om norrbottningarnas beteenden och värderingar istället kännetecknas av ett lugnare tempo och en ökad grad av miljömedvetenhet.

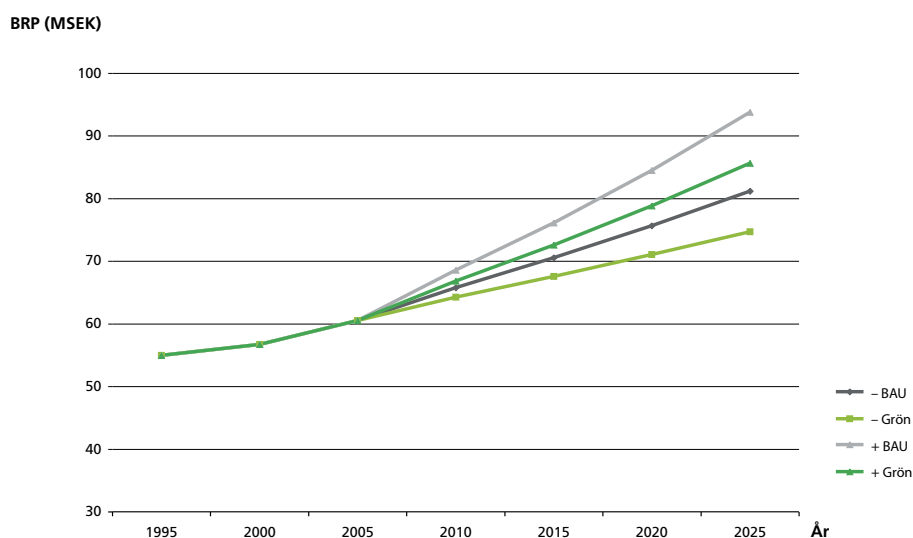
I alla scenarier förväntas Norrbotten ha en fortsatt ekonomisk tillväxt. I det gröna referensscenariot, (-) Grön, förväntas en fortsatt ökning i ungefär samma takt som under perioden 1995-2004. I de övriga scenarierna förväntas en högre ökningstakt.

För studiens BAU-scenarier gäller följande.

- Den tekniska utvecklingen fortsätter i samma takt som hittills.
- Livsstilen förblir oförändrad avseende resande, boende etcetera.
- Norrbottningarna arbetar lika mycket som i dag.

För studiens gröna scenarier gäller följande.

- Takten i den tekniska utvecklingen ökar.
- Miljömedvetenheten avseende resande, brukande av teknisk utrustning etcetera ökar.
- Norrbottningarnas prioritering av fritiden ökar, det vill säga arbetstiden förkortas.



*Utveckling av Norrbottens bruttoregionprodukt (BRP) fram till år 2025 enligt de fyra scenarierna.*

## Om de sektorer som studerats

Joakim Lundgren har valt att skapa energiscenarier avseende behoven inom följande sektorer.

**Bostäder**

**Service (inklusive godstransporter)**

**Industri**

**Privata transporter**

**Jordbruk**

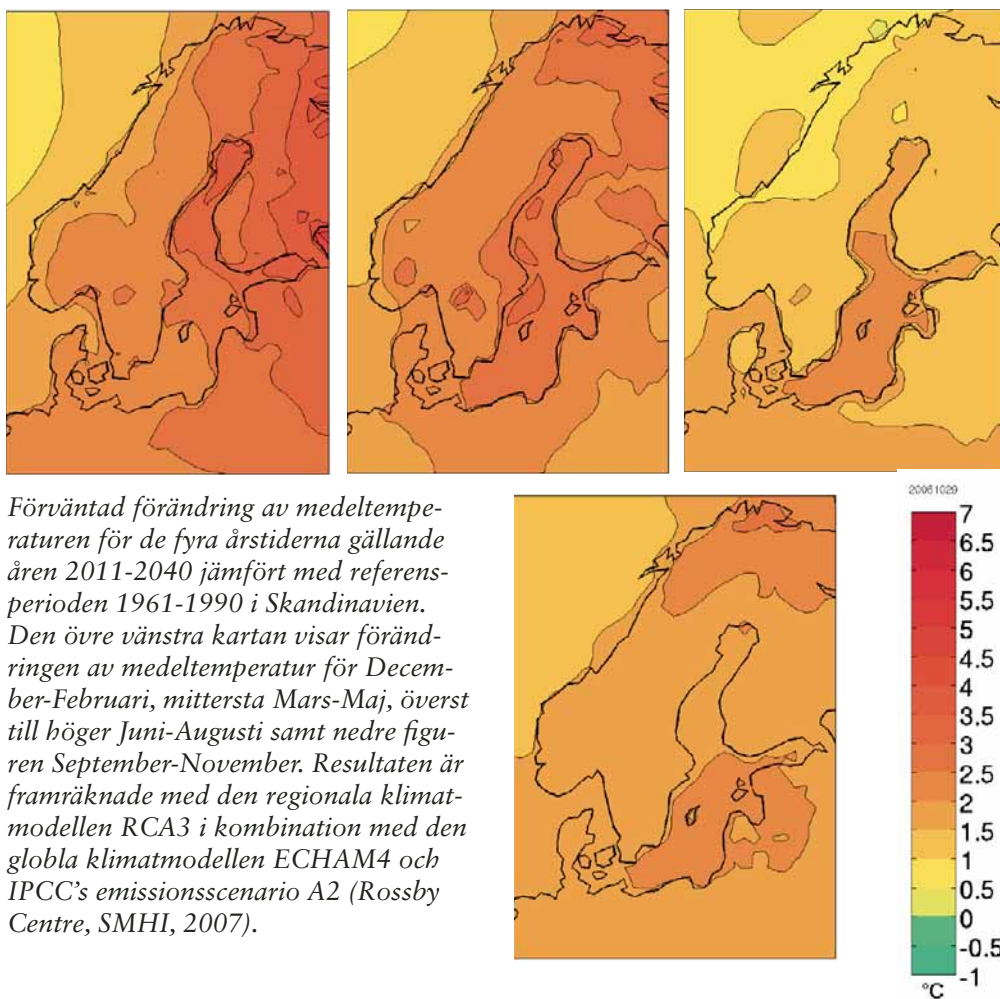
Han har valt ut de faktorer inom varje sektor som påverkar energibehoven mest och analyserat dem var och en för sig.

## Om prognoser över klimatförändringar

FN:s klimatpanels (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) fastslog 2007 att medeltemperaturen på jordens yta ökat med 0,8 grader Celsius sedan mitten av 1800-talet, samt att den förväntas öka med ytterligare 1,1-6,4 grader Celsius fram till slutet av 2090-talet.

Joakim Lundgren har använt sig av klimatscenarier framtagna med hjälp av avancerade klimatmodeller på Rossby Centre vid SMHI (Swedish Meteorological and Hydrological Institute). Han konstaterar dock att även om upplösningen på de skandinaviska kartorna över förväntade klimatförändringar är bättre än de globala motsvarigheterna så är den inte tillräckligt bra för att dra några definitiva slutsatser gällande Norrbottens framtida klimat.

Klimatscenarierna visar bland annat att årsmedeltemperaturen i Norrbotten kan öka med 1-3 grader Celsius under perioden 2011-2040, jämfört med referensperioden 1961-1990. En temperaturökning av den storleken förväntas leda till ett lägre antal graddagar än tidigare och därmed också ett lägre uppvärmningsbehov. Graddagar är mått på hur kallt ett aktuellt år är i jämförelse med ett normalår och beräknas som temperaturskillnaden mellan + 17 grader Celsius och rådande utemedeltemperatur. Med varmare vintrar följer också förlängda odlingssäsonger, vilket bland annat kan ge en ökad tillväxt av biomassa. Alla säsonger förväntas få en blötare karaktär än de har i dag, speciellt under vintermånaderna. Klimatscenarierna visar dock inte på någon tydlig förändring av länets vindförhållanden.



Förväntad förändring av medeltemperaturen för de fyra årstiderna gällande åren 2011-2040 jämfört med referensperioden 1961-1990 i Skandinavien. Den övre vänstra kartan visar förändringen av medeltemperatur för December-Februari, mittersta Mars-Maj, överst till höger Juni-Augusti samt nedre figuren September-November. Resultaten är framräknade med den regionala klimatmodellen RCA3 i kombination med den globala klimatmodellen ECHAM4 och IPCC's emissionsscenario A2 (Rossby Centre, SMHI, 2007).





# Scenarier

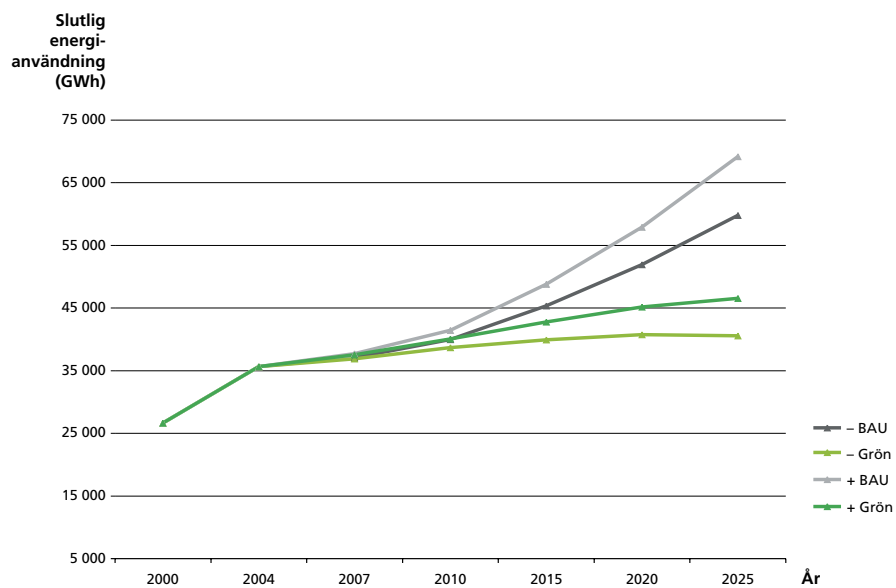
## För alla sektorer tillsammans

I samtliga fyra energiscenarier fortsätter energianvändningen i Norrbotten att öka till år 2025, vilket främst hänger ihop med de produktionsökningar som förväntas ske inom länets basindustrier. I BAU-scenarierna blir ökningen 68-94 procent över 2004 års nivå, medan ökningen i de gröna scenarierna uppgår till 14-31 procent.

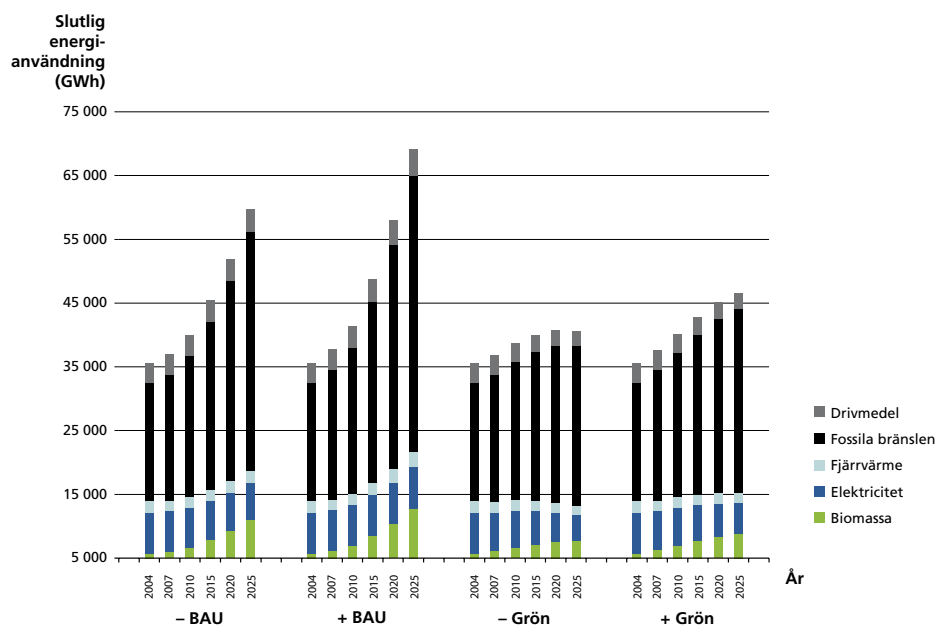
Det ger en total energianvändning per person år 2025 på omkring 270-280 MWh i BAU-scenarierna och 180-190 MWh i de gröna scenarierna. Så sent som år 2000 uppgick energianvändningen per person i Norrbotten till omkring 100 MWh. Fyra år senare, 2004, hade den ökat till 140 MWh per person och år. Som jämförelse kan nämnas att medelamerikanen i dag använder omkring 100 MWh per person och år, medelkinesen 10 MWh per person och år och medelsvensken 46 MWh per person och år.

De fossila bränslenas dominans kommer att bestå länge än. Faktum är att användningen av fossila bränslen ökar i alla scenarier. Det är till största delen en effekt av användningen av kol och koks på SSAB i Luleå vilken förväntas öka ytterligare när SSAB ökar sin produktion.

Användningen av biobränslen beräknas dock öka från dagens nivå på 5,6 TWh per år till 11,1-12,8 TWh per år i BAU-scenarierna och 7,7-8,5 TWh per år i de gröna scenarierna.



Slutlig energianvändning (GWh) i Norrbotten till år 2025 enligt de fyra scenarierna.



Slutlig energianvändning (GWh) i Norrbotten uppdelat på energibärare till år 2025 enligt de fyra scenarierna.







# För bostäder

## Allmänt

Den totala energianvändningen inom bostadssektorn i Norrbotten har legat på en relativt stabil nivå under perioden 1990 - 2004, med undantag för de sista två åren då det märks en tydlig minskning. Det är i första hand användningen av el som sjunkit.

Hushållens totala energibehov i länet anses till stor del styras av:

### Totala antalet hushåll

Bestäms av antalet invånare i regionen samt det genomsnittliga antalet personer per hushåll.

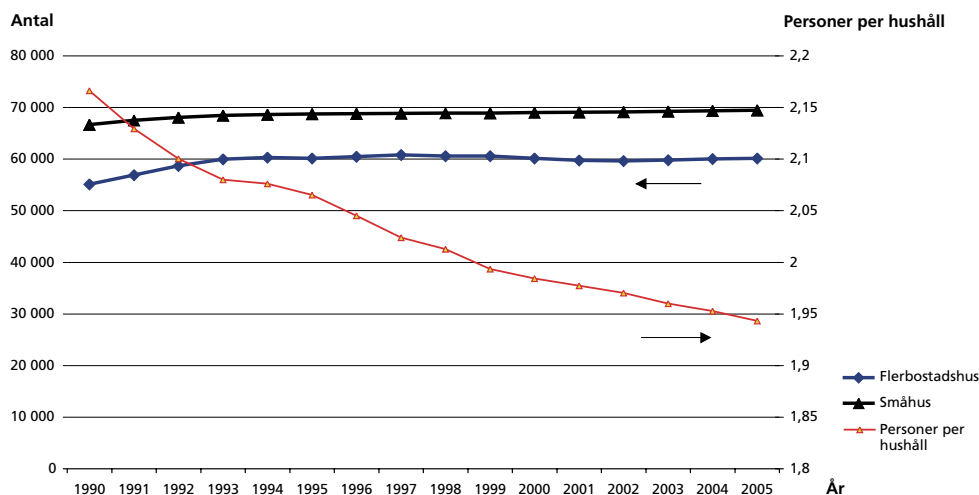
### Bostadstyp

Andelen villor respektive flerbostadshus. Fördelningen har inte ändrats nämnvärt på senare tid och antas inte göra det under den närmaste framtiden heller.

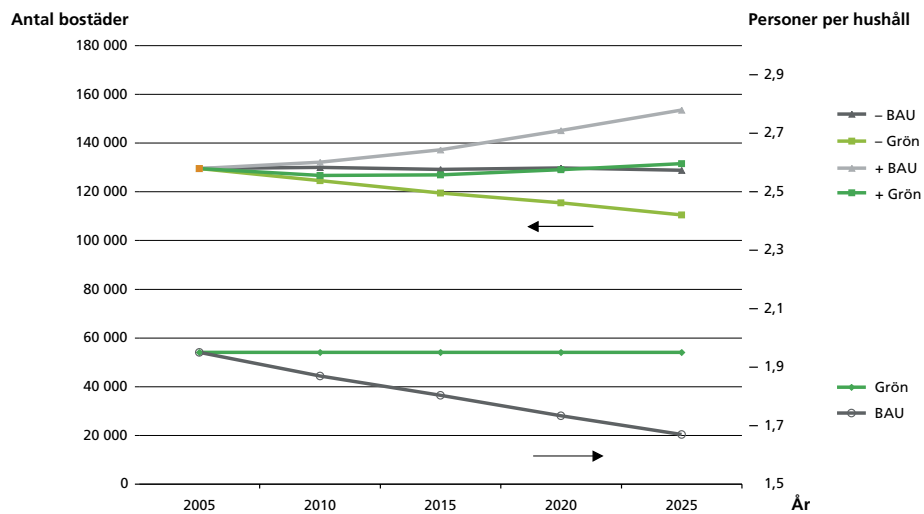
### Bostadsytans storlek

### Specifikt värmebehov (värmebehov per uppvärmd bostadsyta och år)

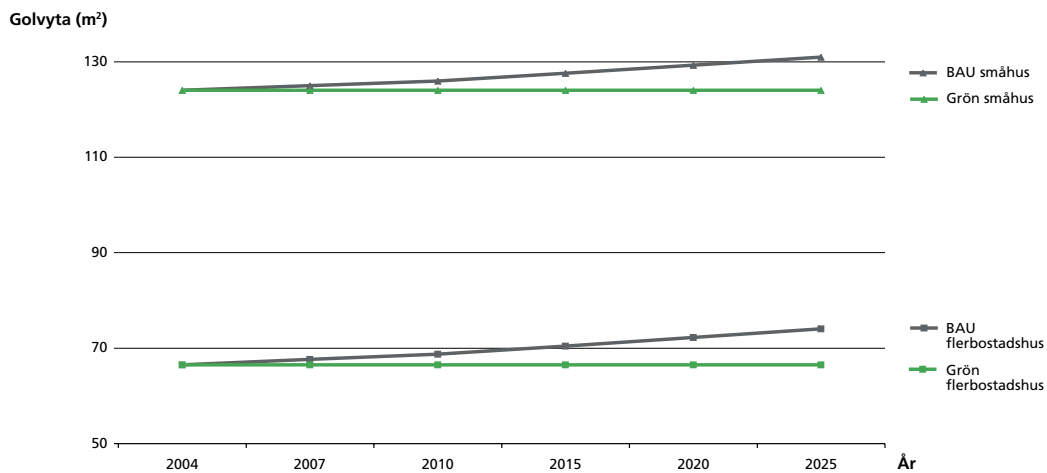
### Specifikt elbehov (elbehov per hushåll och år)



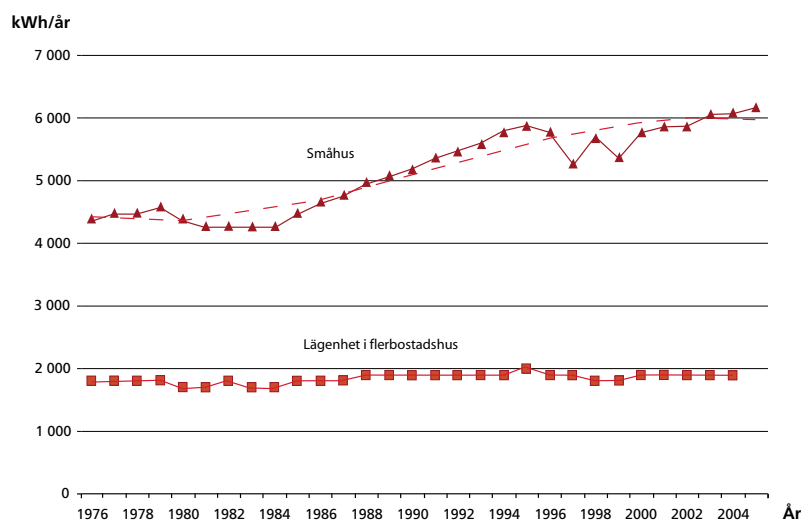
Antal hushåll fördelad på flerbostadshus och småhus (vänster y-axel) samt antal personer per hushåll (höger y-axel) i Norrbotten mellan åren 1990 och 2005.



Utvecklingen av totala antalet bostäder (vänster y-axel) samt antalet personer per hushåll (höger y-axel) i Norrbotten till år 2025 enligt scenarierna.



Utveckling av uppvärmd golvyta i småhus och lägenheter till år 2025 i BAU-scenarierna respektive de gröna scenarierna.



Historisk utveckling avseende användningen av hushållsel i svenska småhus och lägenheter.

|                                  | Andel av bostadsbeståndet år 2025* | Antagen årlig minskning av specifika värmebehovet | Specifikt värmebehov (kWh/m <sup>2</sup> ) |
|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Villor</b>                    |                                    |                                                   | <b>130**</b>                               |
| Nya                              | 23%                                | 1.5%*                                             | 104                                        |
| Äldre renoverade                 | 38.5%                              | 1%*                                               | 125                                        |
| Äldre mindre renoverade          | 38.5%                              | 0.4%                                              | 150                                        |
| <b>Lägenhet i flerbostadshus</b> |                                    |                                                   | <b>141**</b>                               |
| Nya                              | 31%                                | 1.5%*                                             | 114                                        |
| Äldre renoverade                 | 34.5%                              | 0.9%*                                             | 141                                        |
| Äldre mindre renoverade          | 34.5%                              | 0.3%                                              | 168                                        |

Antagande om det framtida bostadsbeståndet i Norrbotten samt förmodad utveckling av specifikt värmebehov.

\* Antagandena är baserade på den vetenskapliga rapporten Rum för framtiden. Källa: Hedberg L, Dreborg K-H, Finnveden G, Gullberg A, Höjer M, Åkerman J. 2003. Rum för framtiden. Totalförsvarets forskningsinstitut FOI, FOI-R—0854—SE.

\*\* Genomsnittligt specifikt värmebehov för respektive bostadstyp år 2025.



Ytterligare observationer från värmemarknaden för bostäder i Norrbotten:

- Användningen av fjärrvärme har ökat med i medeltal 3,1 procent per år under perioden 1990-2004 (med en kraftig ökning på hela 13 procent mellan åren 2003 och 2004).
- Användningen av alla andra energislag (energibärare) har minskat under samma period (oljeuppvärmning: minus 1,6 procent per år, elvärme: minus 1 procent per år och bibränsleanvändning i enskilda hus: minus 0,5 procent per år).
- Av elvärmens totala andel på 35,5 procent av hushållens uppvärmning antas värmepumparna stå för 2 procent.

## Energiscenarier - förutsättningar och resultat

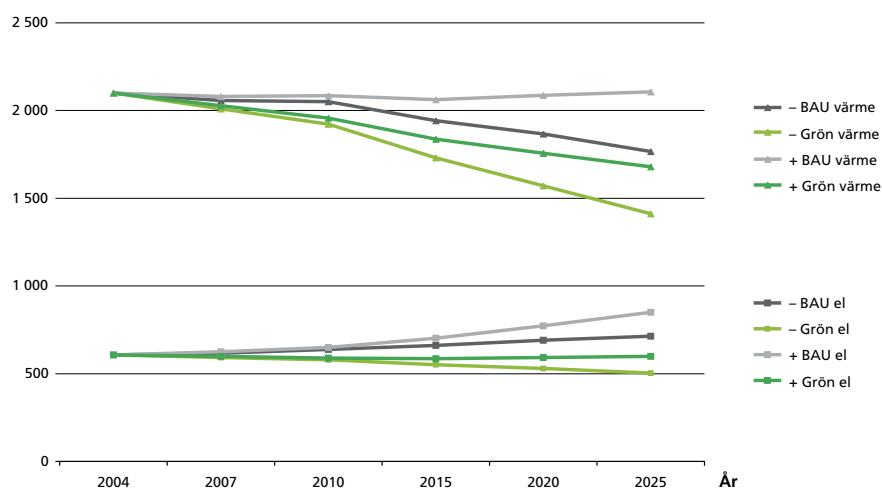
BAU-scenarierna för 2025 bygger bland annat på följande antaganden:

- Avveckling av samtliga enskilda oljepannor\* till år 2010.
- Användningen av fjärrvärme ökar med 2 procent per år.
- Användningen av elpannor och elvärme minskar totalt sett medan användningen av värmepumpar ökar.
- Användningen av enskilda, bibränsleeldade värmepannor minskar till förmån för framför allt fjärrvärme men också för värmepumpar.

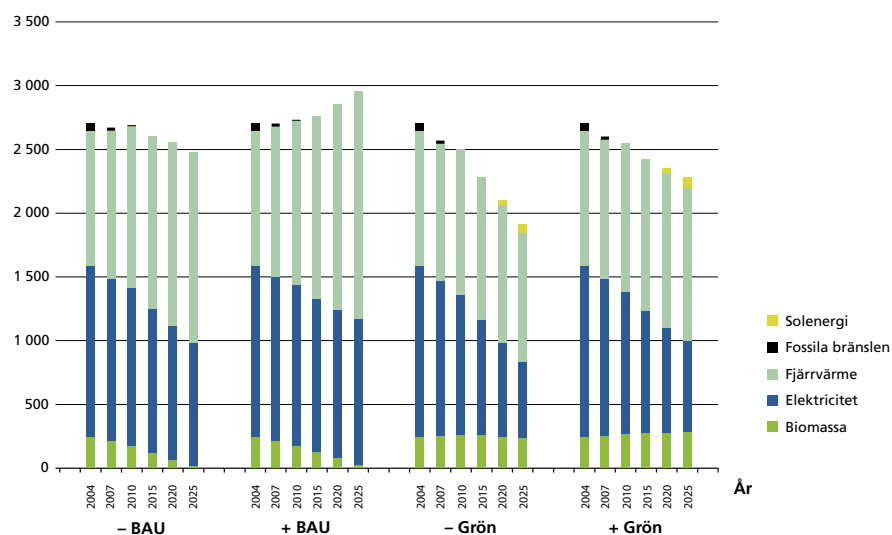
De gröna scenarierna för 2025 bygger bland annat på följande antaganden:

- Avveckling av samtliga oljepannor\* till år 2010.
- Elpannor och elvärme ersätts i mesta möjligaste mån med fjärrvärme. Fjärrvärmen står därmed för cirka 70 procent av hushållens värmebehov år 2025.
- Biobränslepannor prioriteras framför värmepumpar där inte fjärrvärme är att föredra. Ökningstakten för individuell användning av biobränslepannor bedöms bli 2,7 procent per år.
- Installation av solvärme för produktion av tappvarmvatten ökar kraftigt från och med 2015, ofta i kombination med biobränsleeldade värmepannor och fjärrvärme. Därmed övertar solvärmen också en del av de nämnda värmesystemens produktionsandel. Solvärmen antas stå för 5 procent av de norrbottniska hushållens uppvärmning år 2025.

*\*Det är inte säkert att riktigt all olja för uppvärmning kan fasas ut eftersom fjärrvärmeverken kan fortsätta att använda olja vid spetslast.*

Slutlig energianvändning  
(GWh)

Utvecklingen av värmebehovet och användningen hushållsel i Norrbotten fram till år 2025 enligt de fyra scenarierna.

Slutlig energianvändning  
(GWh)

Utvecklingen av den slutliga energianvändningen i bostadsektorn uppdelad på energibärare fram till år 2025 enligt de fyra scenarierna. Observera att andelen för elektricitet inkluderar el för uppvärmning, till exempel via direktverkande elvärme eller värmepumpar.







# För service (inklusive godstransporter)

## Allmänt

Denna sektor står för den största andelen av länets BRP (cirka 66 procent) och omfattar exempelvis skolor, hälso- och sjukvård, äldreomsorg, offentliga organ samt kollektiva transporter och godstransporter. Energianvändningen i denna sektor antas vara beroende av länets ekonomiska utveckling och sektorns andel av BRP. Den totala energianvändningen inom sektorn, som uppgick till 3 410 GWh år 2004, delas upp enligt följande.

## Värmebehov

Det beror på antalet norrbottningar inom sektorn, golvytan per anställd samt sektorns värmebehov per uppvärmd yta (m<sup>2</sup>) och år.

## Elanvändning

Den beror på sektorns elbehov per producerad nytta (BRP-krona) och sektorns andel av länets totala BRP uttryckt i kronor. Enligt Energimyndigheten har andelen driftel av den totala elanvändningen ökat med 0,7 procent per år i genomsnitt i landet under perioden 1990-2004. Denna ökning antas också ha skett i Norrbotten. Här ingår även länets godstågstransporter.

## Drivmedelsanvändning

Den beror på sektorns drivmedelsbehov per producerad nytta (BRP-krona) och sektorns andel av länets totala BRP uttryckt i kronor. Fossil diesel antas stå för 100 procent av drivmedelsbehovet för dagens transporter av gods på vägar och i kollektivtrafiken.

## Energiscenarier - förutsättningar och resultat

Inom servicesektorn är det inte några större skillnader i antaganden mellan BAU-scenarierna och de gröna scenarierna.

I alla scenarier förväntas oljeeldningen i enskilda pannor vara helt utfasad som uppvärmningsform efter år 2010. I dag står den för cirka 6,5 procent av uppvärmningen inom servicesektorn. Användningen av fjärrvärme förväntas öka från dagens nivå på 82 procent av sektorns värmeanvändning till 85 procent år 2025 i BAU-scenarierna och till 90 procent i de gröna scenarierna.

Den största skillnaden mellan BAU-scenarierna och de gröna scenarierna förväntas ske i användningen av elvärme. I dag står elvärmen för 12 procent av sektorns totala uppvärmning, inklusive användningen av värmepumpar. I BAU-scenarierna förväntas elvärmen minska och stå för 10 procent av servicesektorns totala uppvärmning år 2025. I de gröna scenarierna förväntas elvärmen minska ytterligare och stå för 5 procent av sektorns uppvärmningsbehov år 2025. I alla scenarier förväntas värmepumpar stå för största delen av eluppvärmningen.

I övrigt antas det ske en utveckling inom alla scenarier för servicesektorn fram till år 2025 enligt följande.

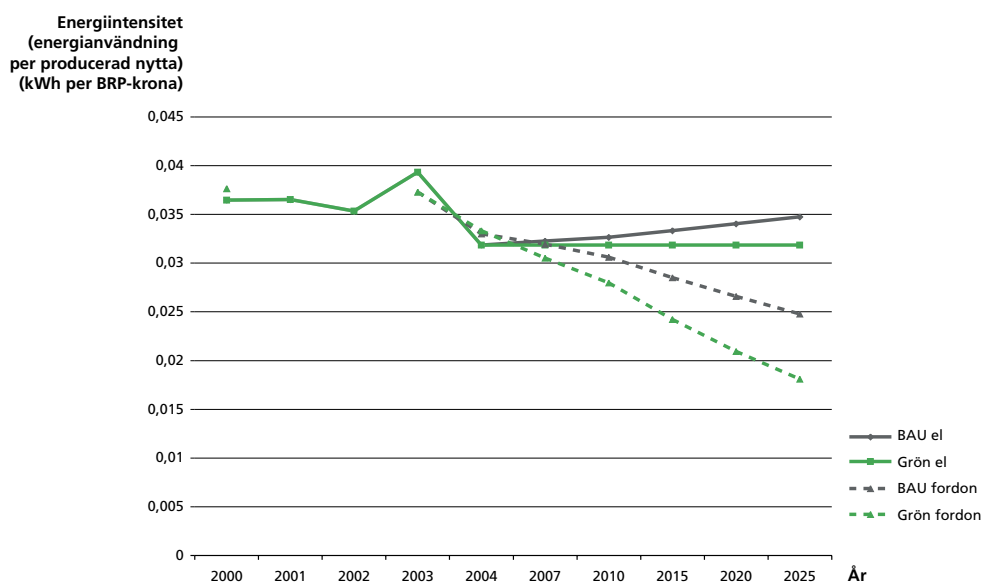
- En ökning av andelen anställda inom servicesektorn från 72 procent av arbetskraften 2004 till 74 procent år 2025, främst beroende på att befolkningen blir allt äldre enligt befolkningsscenarierna.
- En golvyta per anställd, vilken under inledningen av 2000-talet legat på omkring 60 kvadratmeter, som antas förbli konstant fram till år 2025.
- Ett specifikt värmebehov inom servicesektorn i Norrbotten som sjunker från dagens nivå på nära 150 kWh per kvadratmeter och år till 100 kWh per kvadratmeter och år 2025 (det vill säga samma som Boverkets mål för byggnader i den norra klimatzonen). (I Sverige har det specifika värmebehovet de senaste sex åren sjunkit från 157 till 133 kWh per kvadratmeter och år.)

BAU-scenarierna för 2025 bygger dessutom på följande antaganden:

- Elanvändningen per producerad nytta (som är ett mått på en verksamhets elenergiintensitet, här uttryckt som elanvändning per BRP-krona), ökar med 0,4 procent per år.
- De kollektiva transporternas och godstransporternas drivmedelsanvändning per producerad nytta (BRP-krona) minskar med 1,5 procent per år tack vare att motorerna blir mer energieffektiva.
- Icke fossil diesel (biodiesel, syntetisk diesel) står för 27 procent av sektorns totala bränslebehov.

De gröna scenarierna för 2025 bygger dessutom på följande antaganden:

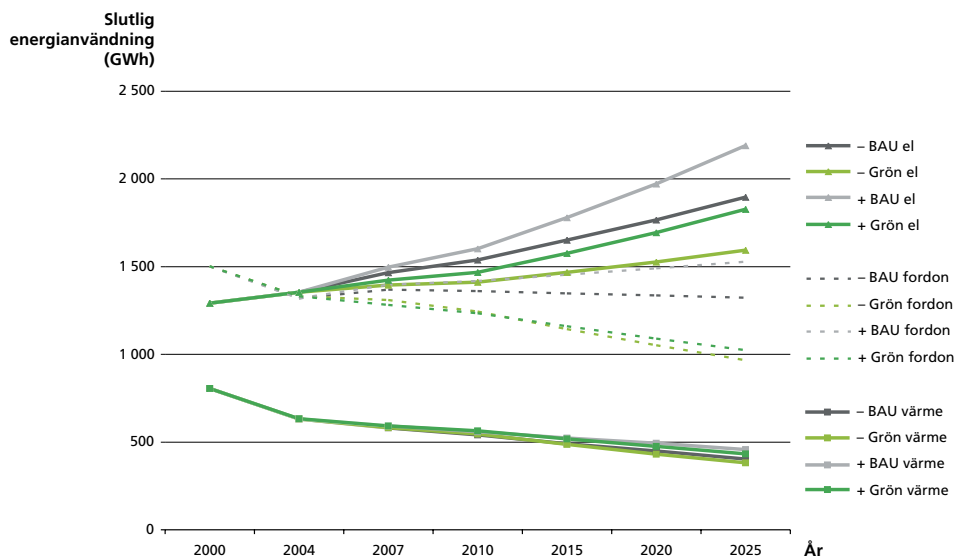
- Elanvändningen per BRP-krona ligger kvar på samma nivå som 2004.
- De kollektiva transporternas och godstransporternas drivmedelsanvändning per BRP-krona minskar med 2,5 procent per år tack vare att motorerna blir mer energieffektiva och att det sker en ökad användning av godstransporter på tåg.
- Icke fossil diesel (biodiesel, syntetisk diesel) står för 75 procent av sektorns totala bränslebehov.



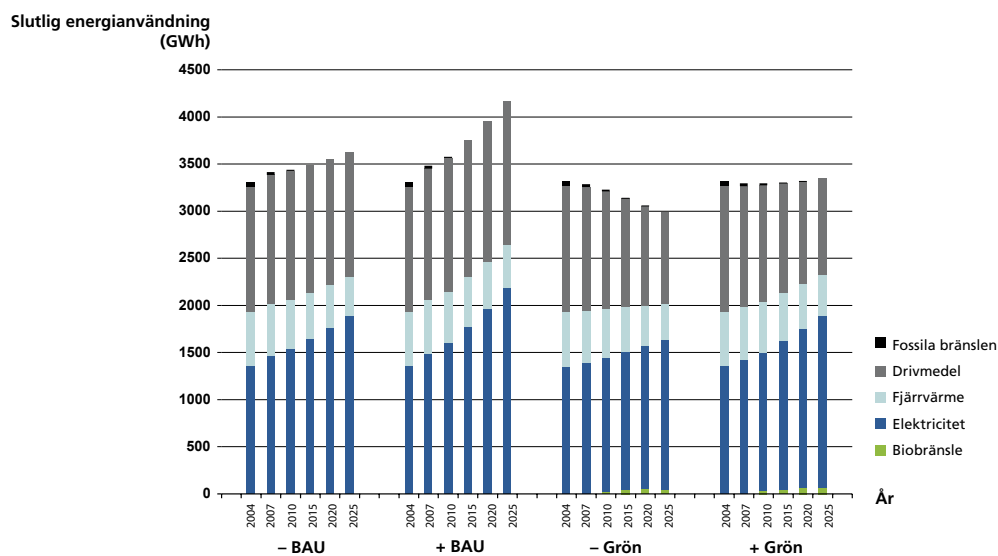
Framtida utveckling av energintensiteter (kWh per BRP-krona) för el- och drivmedelsanvändningen i servicesektorn enligt BAU-scenarierna och de gröna scenarierna.



Total slutlig energianvändning i servicesektorn fram till år 2025 enligt de fyra scenarierna.



Slutlig energianvändning i servicesektorn uppdelad i energislag fram till år 2025 enligt de fyra scenarierna.



Utvecklingen av den slutgiltiga energianvändningen i servicesektorn uppdelad på energibärare fram till år 2025 enligt de fyra scenarierna.





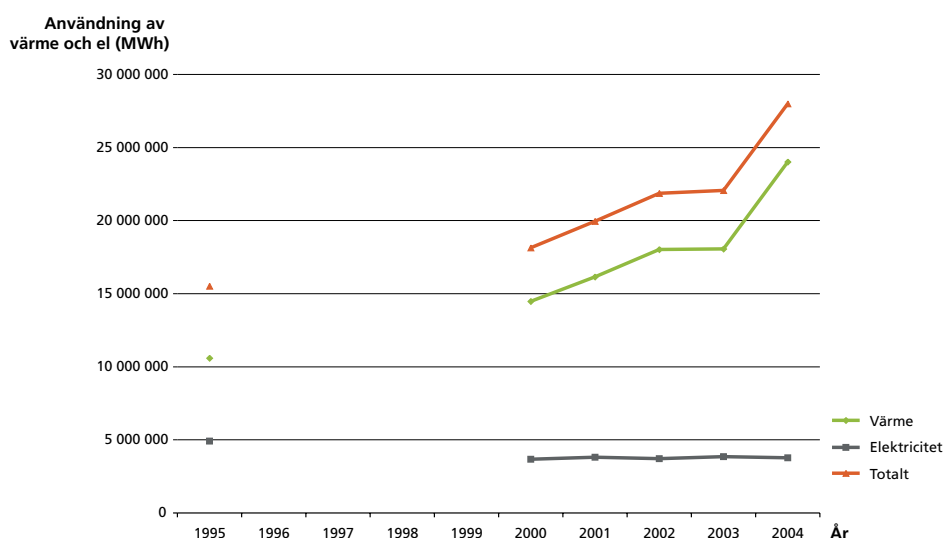


# För industri

## Allmänt

År 2004 stod industrin för cirka 23 procent av BRP i Norrbotten. Då stod fjärrvärmens för en marginell del av industrins slutliga energianvändning i Norrbotten medan bioenergin stod för 19 procent och de fossila bränslena (kol och olja) stod för cirka 66 procent. Elanvändningen motsvarade strax över 13 procent av sektorns totala energianvändning.

De fossila bränslenas höga andel hänger främst ihop med användningen av kol och koks som reduktionsmedel och energibärare vid SSAB i Luleå. Industrisektorn i Norrbotten är väldigt energiintensiv och därmed också den sektor som använder mest energi i länet. Enligt tillgänglig statistik har energianvändningen inom länets industrisektor ökat stadigt, från 15,5 TWh år 1995 till nära 28 TWh år 2004. Drivmedelsanvändningen utgör en mycket liten del av industrins energianvändning. Regional statistik visar att användningen av diesel inom sektorn uppgick till 202 GWh 2004.



*Slutlig användning av värme och el i industrisektorn i Norrbotten under åren 1995 till 2004.*

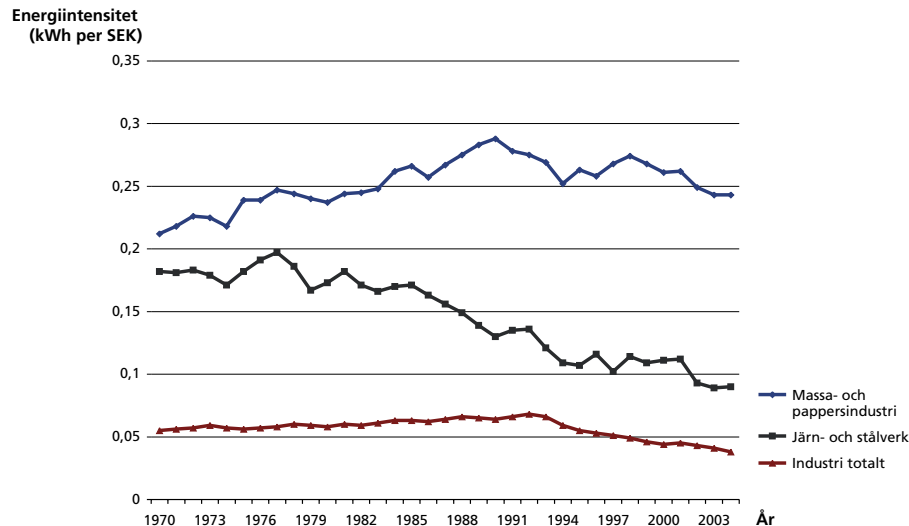
Industrins energibehov antas bero på:

## Länets utveckling av BRP, samt industrins andel av densamma

Den hänger samman med utvecklingen av den industriella produktionsvolymen.

## Industrins energianvändning per producerad nytta

Det uttrycks här som energianvändning per BRP-krona och är ett mått på industrins energiintensitet. (När en verksamhet energieffektiviseras minskar energiintensiteten.)



Utveckling av elintensiteten (kWh el per krona) i svensk industri mellan åren 1970 och 2003.

## Energiscenarier - förutsättningar och resultat

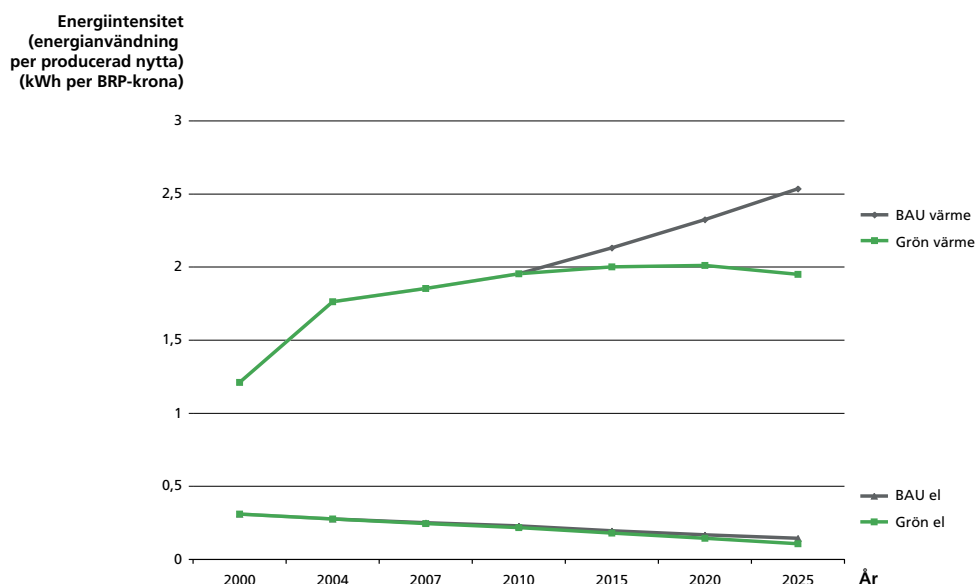
Joakim Lundgren antar att det inte kommer att ske några stora förändringar av industrins andel av BRP i framtiden. Så år 2025 antas industrin stå för knappt 24 procent av Norrbottens BRP. För samtliga industriscenarier görs ett grovt antagande om att energimixen, det vill säga andelarna av respektive energibärare, består fram till år 2025.

BAU-scenarierna för 2025 bygger dessutom på följande antaganden:

- Industrins värmeanvändning per producerad nytta (vilket är ett mått på en verksamhets värmeenergiintensitet), här uttryckt som värmeanvändning per BRP-krona, ökar med 2 procent per år.
- Industrins elanvändning per producerad nytta (vilket är ett mått på en verksamhets elenergiintensitet), här uttryckt som elanvändning per BRP-krona, minskar med 2,2 procent per år.

De gröna scenarierna för 2025 bygger dessutom på följande antaganden:

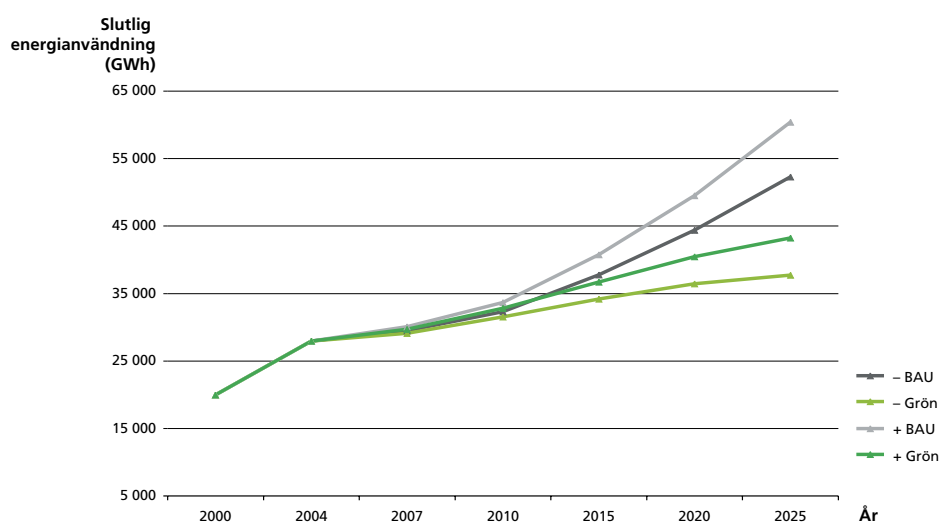
- Industrins värmeanvändning per BRP-krona ökar med 0,5 procent per år.
- Industrins elanvändning per BRP-krona minskar med 2,9 procent per år.



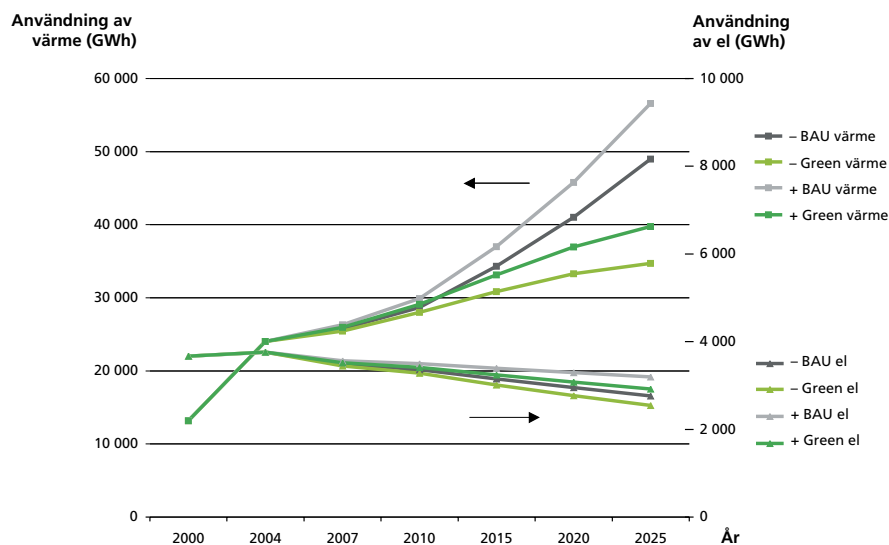
*Framtida utveckling av energiintensiteter (kWh per BRP-krona) för el- och värmeenergianvändningen i industrisektorn enligt BAU-scenarierna och de gröna scenarierna.*

Baserat på dessa antaganden ökar den totala energianvändningen inom sektorn kraftigt i samtliga scenarier. Den största ökningen, hela 87-116 procent över dagens nivå, förväntas ske inom BAU-scenarierna. I de gröna scenarierna förväntas ökningen stanna vid 25-40 procent.

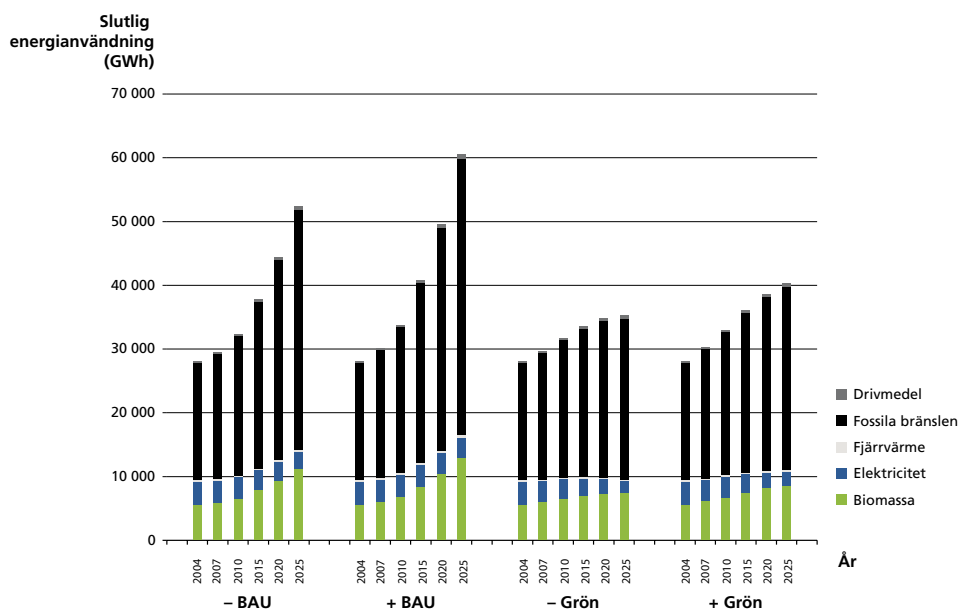
Behovet av processvärme antas öka i samtliga scenarier på grund av att produktionen ökar. Allra störst ökning antas ske i BAU-scenarierna där ökningen förväntas bli 104-135 procent över dagens nivå. Elanvändningen, däremot, förväntas minska i alla scenarier och mest i de gröna scenarierna. Användningen av fossila bränslen förväntas öka i alla scenarier, speciellt i BAU-scenarierna. Samtliga scenarier resulterar dessutom i en ökad användning av biobränslen, från dagens nivå på 5,5 TWh per år till 11,0-12,8 TWh per år i BAU-scenarierna och 7,8-9,0 TWh per år i de gröna scenarierna.



*Slutlig energianvändning i industrisektorn fram till år 2025 enligt de fyra scenarierna.*



Värmeenergi- och elanvändningen (vänster respektive höger y-axel) fram till år 2025 enligt de fyra scenarierna.



Slutlig energianvändning i industrisektorn uppdelad i energislag fram till år 2025 enligt de fyra scenarierna.

## Alla påverkande faktorer finns inte med

Den förväntade ökningen av industrisektorns energianvändning fram till år 2025 får ett stort genomslag i utvecklingen av Norrbottens totala energianvändning. Det hänger ihop med länets basindustrier som alla är energiintensiva. Eftersom SSAB i Luleå dessutom använder stora mängder kol och koks i sin produktion leder produktionsökningar på SSAB till att användning av fossila bränslen ökar i alla fyra industriscenarier liksom i scenarierna för länets totala energianvändning fram till 2025.

Det är viktigt att påpeka att utvecklingen av industrins totala energianvändning, liksom frågan om vilka bränslen och energislag som ska användas, i framtiden är mycket komplex och beroende av en mängd faktorer. På kort sikt spelar den totala produktionsvolymen en viktig roll. Utvecklingen av skatter, energipriser och teknik blir viktigt på lite längre sikt. Detsamma gäller intresset för energieffektivisering. Även förändringar av industrins bransch- och produktsammansättning har betydelse.

I denna studie görs en mycket förenklad bedömning av industrins framtida energibehovsutveckling där hänsyn enbart tas till sektorns ekonomiska utveckling samt förändringar i energiintensiteterna (energianvändningen per producerad nytta) för el och processvärme. Inga förändringar i övrigt har antagits i något av scenarierna.

BAU-scenarierna bygger på energiintensiteternas utveckling historiskt (enligt tillgänglig regional statistik). Detta resulterar i en framtida ökning av den specifika användningen av processvärme på 2 procent per år och en minskning av det specifika elbehovet med 2,2 procent per år.

I de gröna scenarierna antas det ske en mindre ökning av den specifika användningen av processvärme än i BAU-scenarierna, bara 0,5 procent per år. I dessa scenarier antas dessutom elintensiteten avta snabbare, 2,9 procent per år.

Eftersom alla scenarier byggts på antagandet att det kommer att bli ökad ekonomisk tillväxt i länet förutsätts det också ske en ökning av industrisektorns totala produktionsvolym till år 2025. Här antas ökningarna av produktionsvolymen leda till att energianvändningen ökar i motsvarande grad, såvida inte energieffektiviseringar görs eller att produktsammansättning förändras.

Det är framför allt den specifika användningen av processvärme som ökar, vilket tillsammans med den ökade produktionsvolymen resulterar i ett kraftigt ökat behov av processvärme i samtliga fyra industriscenarier.

Eftersom Joakim Lundgren inte gör någon analys av hur priser, ekonomiska styrmedel och liknande kan påverka energiintensiteterna är det viktigt att poängtera att hans resultat avseende industrins energianvändning präglas av stora osäkerheter. Det måste därför åter understrykas att scenarierna enbart visar hur energianvändningen utvecklas under de antagna förutsättningarna.







# För privata transporter

## Allmänt

Under perioden 1999-2005 märktes en viss ökning av drivmedelsanvändningen i Norrbotten, och då främst användningen av diesel. Energiförbehovet (drivmedelbehovet) för personliga transporter anses bero på:

### Antalet invånare i regionen

#### Antal bilar per person

En genomsnittlig norrbottning äger i dag 0,51 bilar per person, vilket är resultatet av en ökning med 0,7 procent per år under perioden 1990-2006. För landet som helhet är andelen 0,46 bilar per person.

#### Årlig körsträcka per person

Huvuddelen av passagerartransporterna beräknas ha skett med personbilar år 2004. Den årliga körsträckan uppgick då till 7 320 kilometer per person och år, efter att ha ökat stadigt under en längre tid.

#### Bilparkens "utseende"

Andel bensin-, diesel- och/eller etanolbilar, samt bilarnas ålder.

#### Bilarnas bränsleförbrukning

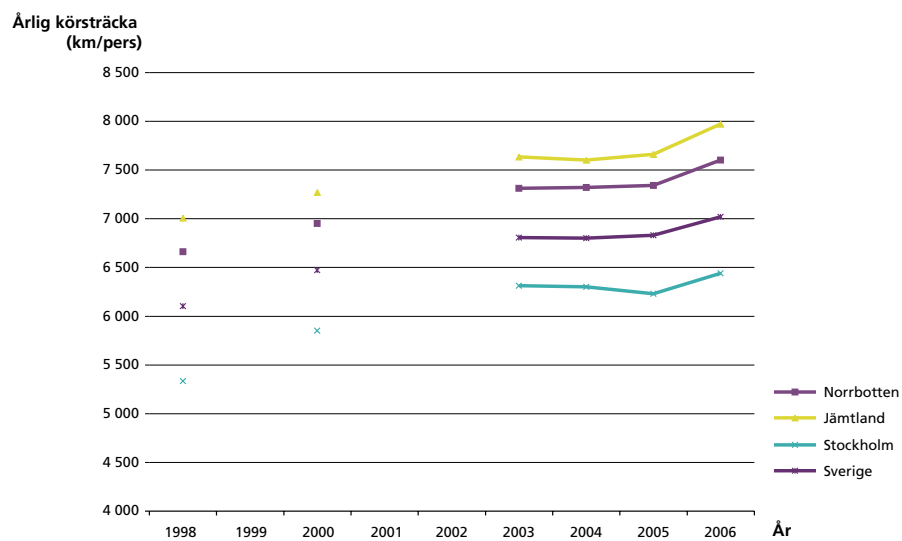
2004 låg bränsleförbrukningen i Norrbottens bilpark på i medeltal 0,86 liter bensin, respektive 0,68 liter diesel, per mil. Bensinbilarna utgör fortfarande 85 procent av privatbilarna. Trenden är dock att det sker en ökning av såväl diesel som etanol inom sektorn.

#### Ålders- och könsstruktur

Statistik från 2002 visar att åldersgruppen 25-64 år då stod för 72 procent av alla biltransporter i Sverige. De som var äldre än 65 år stod bara för 11 procent av biltransporterna. Statistiken visar också att männen i genomsnitt reste mer än kvinnorna. Männen gjorde i snitt 1,75 färder per dag medan kvinnorna gjorde 1,56 färder per dag. Männen reste även i snitt längre sträckor än kvinnorna, 52 respektive 38 kilometer per dag.

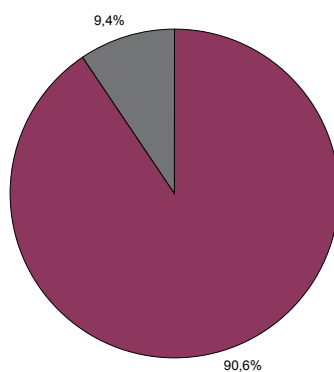
Följaktligen använde de svenska kvinnorna i snitt mindre drivmedel per år än männen.



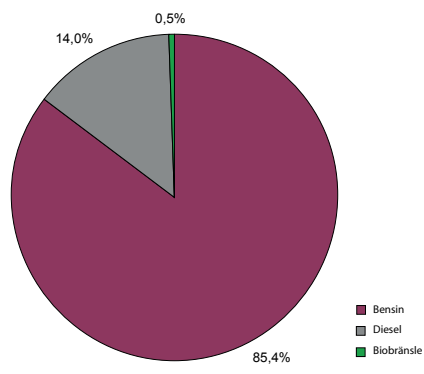


Utvecklingen av den årliga körsträckan med bil per person i Norrbotten, Jämtland, Stockholm i jämförelse med den nationella medelkörsträckan.

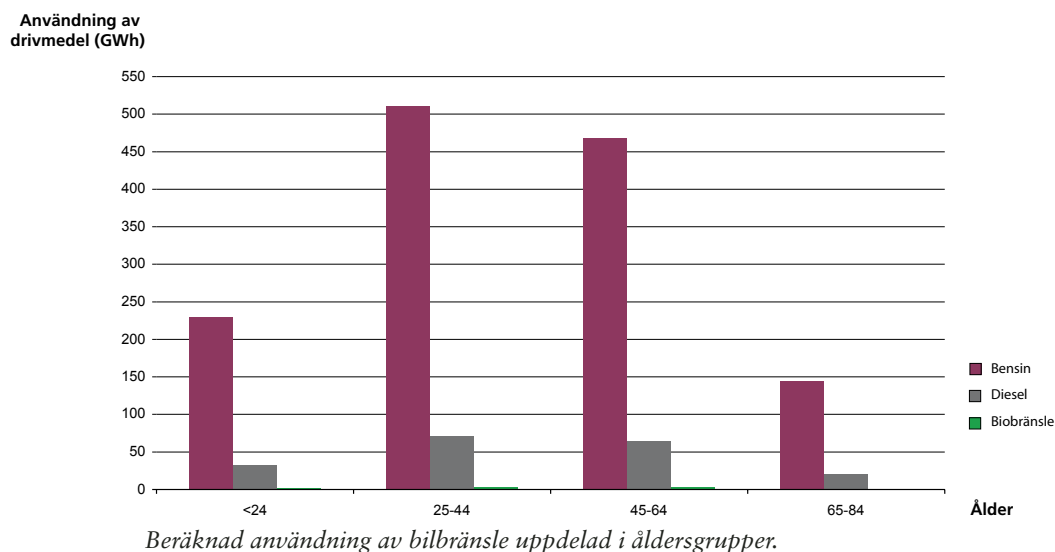
1996 (totalt 125 050)



2004 (totalt 130 408)



Bilparken i Norrbotten år 1996 och 2004.



## Energiscenarier - förutsättningar och resultat

BAU-scenarierna för 2025 bygger på följande antaganden:

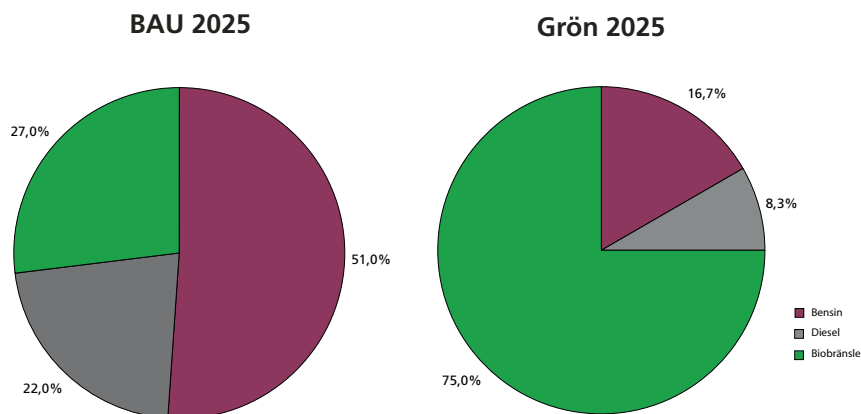
- Norrbottningarna äger i medeltal 0,59 bilar per person år 2025 (0,51 bilar per person 2004).
- Den årliga körsträckan per person har stigit till 9 500 kilometer per person (från 7 320 kilometer per person 2004).
- Bilarnas bränsleförbrukning har sjunkit från 0,86 (2004) till 0,74 liter bensin per mil respektive från 0,68 (2004) till 0,55 liter diesel per mil. De biobränsle drivna bilarna antas förbruka 30 procent mer bränsle per volymenhet än bensinbilarna.
- Användningen av biodrivmedel svarar för 27 procent av drivmedelsbehovet (i enlighet med det antagna svenska målet att biodrivmedlen ska svara för 20 procent av transportsektorns drivmedelsbehov år 2020).
- De bensin- och dieseldrivna privatbilarna utgör 55 respektive 27 procent av fordonsparken.

De gröna scenarierna för 2025 bygger på följande antaganden:

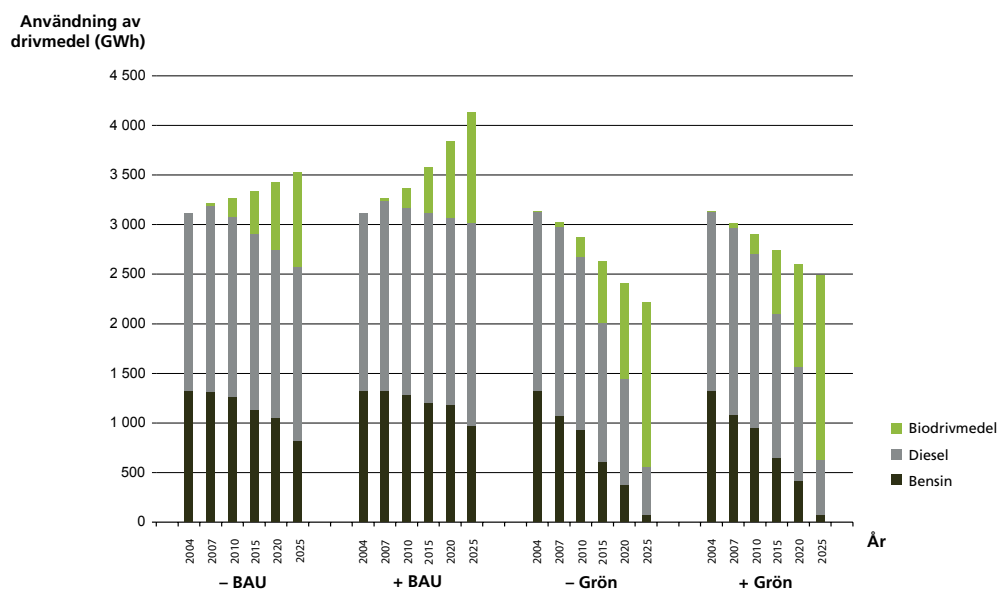
- Norrbottningarna äger i medeltal 0,50 bilar per person år 2025.
- Den årliga körsträckan ligger kvar på samma nivå som 2004 (7 320 kilometer per person).
- Bilarnas bränsleförbrukning har sjunkit till 0,42 liter bensin per mil respektive 0,34 liter diesel per mil. De biobränsle drivna bilarna antas förbruka 30 procent mer bränsle per volymenhet än bensinbilarna.
- Användningen av biodrivmedel svarar för hela 75 procent av drivmedelsbehovet.
- De bensin- och dieseldrivna privatbilarna utgör cirka 8 respektive 17 procent av fordonsparken.

År 2004 bestod Norrbottens befolkning av 50,6 procent män och 49,4 procent kvinnor. Befolkningsscenarierna uppvisar en marginell förändring i könsfördelning till år 2025. Länets befolkning beräknas i referensscenariet (-) bestå av 51,6 procent män och 48,4 procent kvinnor. I optimistscenariet (+) uppgår fördelningen år 2025 till 50,2 procent män och 49,8 procent kvinnor. I alla scenarier ökar andelen män och kvinnor i Norrbotten i åldersintervallet 65-84 år, medan andelen män och kvinnor i åldersintervallet 45-64 år minskar.

Joakim Lundgrens studier visar att förändringar i åldersstrukturen påverkar användningen av drivmedel på så sätt att om Norrbotten år 2025 antas ha en något äldre befolkning än i dag så kommer användningen av drivmedel vid den tidpunkten att ha gått ner med några procent. Då scenarierna indikerar att det inte kommer att ske några tydliga förändringar i befolkningens könsfördelning till år 2025 antas könsfördelningen heller inte få någon betydelse för drivmedelsanvändningen år 2025.



Bilparkens utseende i Norrbotten år 2025 enligt BAU-scenarierna och de gröna scenarierna.



Användningen av fordonsbränslen för privata transporter under åren 2004-2025 enligt de fyra scenarierna







# För jordbruk

## Allmänt

Denna sektor står för en relativt liten och allt mer krympande del av den regionala ekonomin (BRP), knappt 3,6 procent år 2004, samt även en liten del av den totala energianvändningen i Norrbotten. Energianvändningen inom jordbrukssektorn är uppdelad i tre olika energibärare; diesel, eldningsolja och el. Joakim Lundgren har utgått från att eldningsoljan bara används för uppvärmningsändamål, dieseln för transporter och drift av jordbruksmaskiner, samt att elen används för övrig verksamhet (dock inte till uppvärmning).

## Energiscenarier - förutsättningar och resultat

BAU-scenarierna för 2025 bygger på en fortsatt procentuell nedgång för sektorn tills den år 2025 bara motsvarar 2,5 procent av den regionala ekonomin (BRP). 2004 var andelen 3,6 procent. De bygger dessutom på:

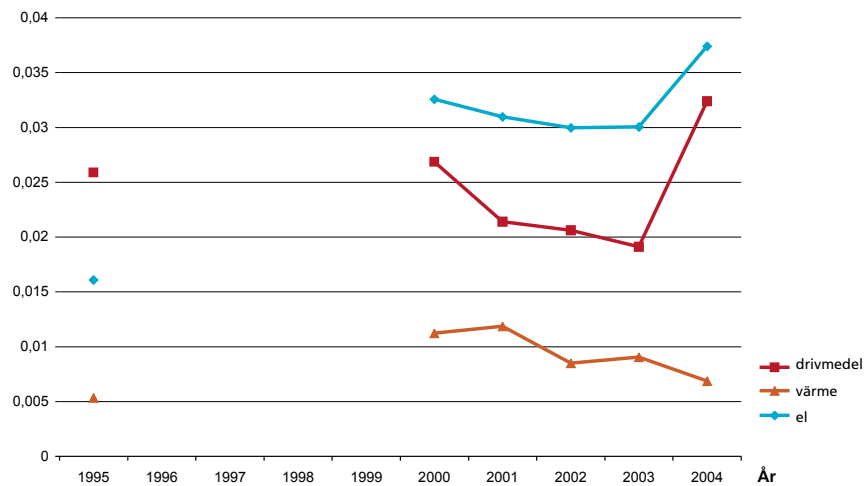
- en ökad användning av värmeenergi per producerad nytta (BRP-krona) med 1 procent per år.
- en ökad elanvändning per producerad nytta (BRP-krona) med 1,5 procent per år.
- en oförändrad användning av drivmedel per producerad nytta (BRP-krona).
- att icke fossil diesel (biodiesel, syntetisk diesel) står för 27 procent av sektorns totala drivmedelsbehov.
- att all användning av eldningsolja ersätts av biobränslen och småskalig fjärrvärme.

I de gröna scenarierna stannar nedgången av sektorns andel av BRP vid den nuvarande nivån, det vill säga vid 3,6 procent av BRP. De bygger dessutom på:

- en minskning av värmeanvändningen per producerad nytta (BRP-krona) med 1 procent per år.
- en minskning av elanvändningen per producerad nytta (BRP-krona) med 0,5 procent per år.
- en minskning av drivmedelsanvändningen per producerad nytta (BRP-krona) med 2 procent per år, främst tack vare en utveckling av mer energieffektiva jordbruksmaskiner.
- att icke fossil diesel (biodiesel, syntetisk diesel) står för 75 procent av sektorns totala drivmedelsbehov.
- att all användning av eldningsolja ersätts av biobränslen och småskalig fjärrvärme redan 2010.



Energiintensitet  
(energianvändning per  
producerad nytta)  
(kWh per BRP-krona)

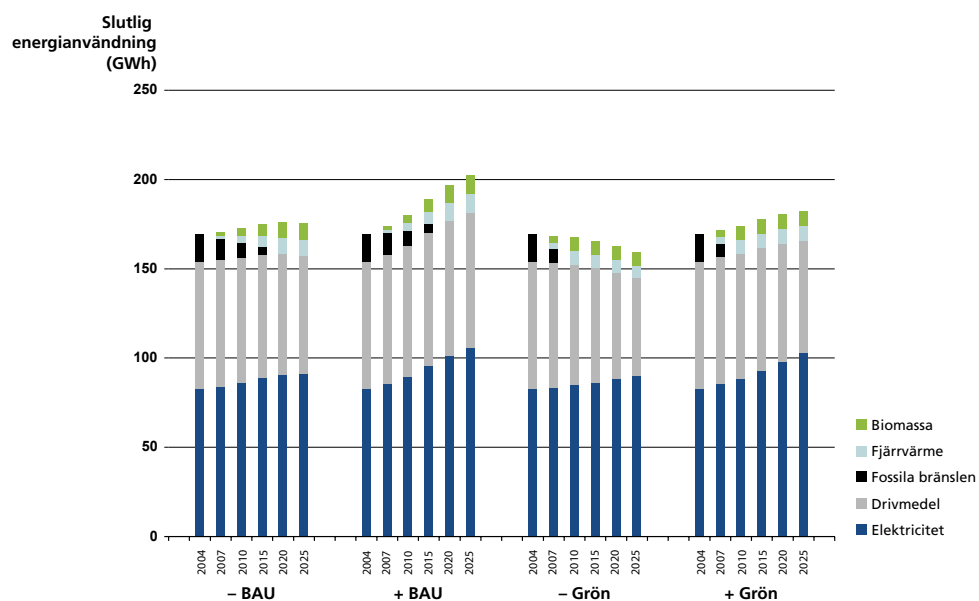


Utveckling av energiintensiteten (värme, el och drivmedel) inom länets jord- och skogsbruk mellan åren 1995 och 2004.

Slutlig  
energianvändning  
(GWh)



Slutlig energianvändning inom jordbrukssektorn fram till år 2025 enligt de fyra scenarierna.



Slutlig energianvändning uppdelad på energislag i jordbrukssektorn fram till år 2025 enligt de fyra scenarierna.

# Energipotentialer

## Definition av potentialer

Det är viktigt att veta vilken potential en viss studie försöker bedöma.

Det finns åtminstone fyra olika typer av potentialer.

1. Teoretisk potential, vilken utgör en maximal fysisk gräns för vad som kan tillföras eller användas.
2. Teknisk potential, vilken anger det som kan nyttjas med känd kommersiell teknik vid en given tidpunkt.
3. Ekonomisk potential, vilken bygger på en bedömning av vad som kan anses företags- eller samhällsekonomiskt lönsamt att realisera.
4. Praktiskt, realiserbar potential, vilken anger vad som är tekniskt och ekonomiskt möjligt, samt till och med lönsamt, att nyttja.

I denna studie är det framför allt den teoretiska potentialen som avses.

## Skafferiet

Skafferiet utgörs här av Norrbottens nuvarande och framtida tillgångar av förnybar energi. Joakim Lundgren uppskattar den teoretiska, framtida, samlade förnybara energipotentialen i Norrbotten till omkring 43 000 – 51 000 GWh per år, vilket är mer än vad regionen behövde för eget bruk 2004. Det är viktigt att tänka på att det är stor skillnad på den teoretiska och den praktiskt möjliga potentialen, där den senare oftast utgörs av en betydligt lägre siffra. Storleken på den del av den teoretiska, framtida potentialen som vi verkligen kommer att kunna använda oss av är beroende av vilka investeringar som måste göras innan vi kan tillgodogöra oss energin. Investeringsviljan är i sin tur beroende av hur energipriserna utvecklas.

| Bränsle- eller energiresurser | Potential GWh år 2025 |
|-------------------------------|-----------------------|
| <b>Biobränslen</b>            | <b>16 750–16 835</b>  |
| Därav skogsbränslen           | 10 500                |
| Svartlut                      | 5 000                 |
| Organiskt avfall              | 290-355               |
| Torv*                         | 60-80                 |
| Åkerbränslen                  | 900                   |
| <b>Vattenkraft</b>            | <b>17 000–19 000</b>  |
| <b>Vindkraft</b>              | <b>4 900–10 000</b>   |
| <b>Solvärme</b>               | <b>385–800</b>        |
| <b>Spillvärme</b>             | <b>4 400</b>          |

*Framtida teoretiska potentialer för förnybara bränslen och energislag i Norrbotten.*

*\*FN:s klimatpanel klassar torv som ett fossilt, koldioxidstrande bränsle. I Sverige brukar torv betraktas som ett långsamt förnybart bränsle.*



## Brännbara, förnybara bränslen samt avfall

2004 uppgick Norrbottens tillförsel (inklusive förluster) av dessa bränslen till nära 6 760 GWh. Joakim Lundgren räknar med en framtida teoretisk potential på 16 750–16 835 GWh per år, inklusive lutar. Hur stor del av detta som kommer att tillföras Norrbottens energisystem avgörs som sagt av rådande energipriser och liknande.

### Trädbränslen

#### Nu

Av ovan angivna tillförsel på 6 760 GWh stod trädbränslena för cirka 2 300 GWh. De senaste årtiondena har användningen (exklusive förluster) av trädbränslen varierat mellan 1 400 och 2 000 GWh per år. De högsta nivåerna uppnåddes under 2000-talets inledning.

Norrbotten har stora skogstillgångar. Totalt finns det cirka 4 miljoner hektar produktiv skogsmark i Norrbotten. Drygt 400 000 hektar av den produktiva skogsmarken har i dag ett formellt skydd mot avverkningar, varav majoriteten befinner sig ovanför gränsen för fjällnära skog. Om man ser till den totala andelen skyddad produktiv skog nedanför denna gräns utgör den skyddade arealen cirka 2 procent av den produktiva skogsmark-sarealen.

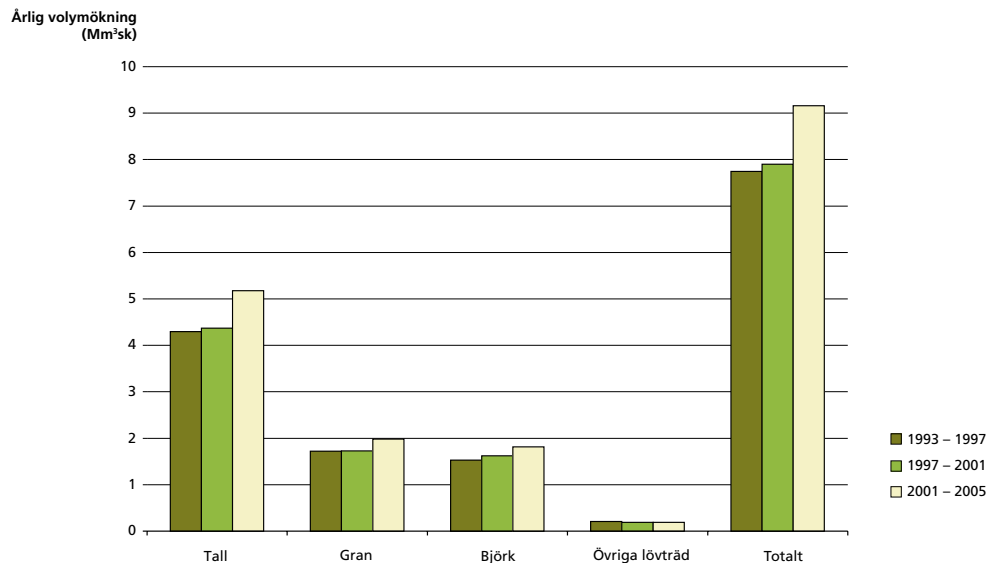
På grund av olämpliga avverkningsformer som gav upphov till låga virkesförråd och dåliga föryngringar under första delen av 1900-talet genomfördes det ett omfattande skogsodlingsprogram i Norrbotten under seklets andra hälft. Därför har länets skogar en sned åldersfördelning i dag med stora arealer välväxande skog i åldersklasserna upp till 50 år. Dessa skogsmarker blir successivt tillgängliga för gallring och på längre sikt även slutavverkning.

Skogsstyrelsen i Norrbotten bedömer att en hållbar avverkningsnivå i dagsläget ligger på 4 - 4,5 miljoner skogskubikmeter per år. Den bedömer också att massaindustrin förbrukar drygt 4 miljoner skogskubikmeter per år, medan sågverksindustrin förbrukar knappt 4 miljoner skogskubikmeter

per år. Då ingår inte massaindustrins användning av flis från sågverken.

Av detta framgår att drygt 50 procent av skogsindustrins behov av virke täcks av import, och då främst från Västerbotten, Finland, Ryssland och Baltikum.

Skogsstyrelsen bedömer att det i Norrbotten är praktiskt möjligt att ta ut ungefär 50 procent av den teoretiskt maximala nivån av GROT (grenar och toppar), vilket motsvarar ett bioenergiuttag på cirka 1,3 TWh per år. Dessutom kan stubbar tas ut på vissa slutavverkade arealer. Den tillgängliga stubbiomassan i länet bedöms kunna bidra med ytterligare 1,2 TWh per år. Till detta kan läggas de 6,3 TWh biobränsle som skogsindustrin i Norrbotten genererar och själv använder idag. Det ger sammanlagt 8,8 TWh per år.



Årlig volymtillväxt (uttryckt som miljoner skogskubikmeter) av olika träslag i Norrbotten under femårsperioder.

## 2025

Tillväxten av norrbottnisk skog har länge haft en ökande trend, inte minst under 2000-talets inledning. Den fortsatta skogstillväxten kommer att påverkas av de prognostiserade klimatförändringarna.

En förändring mot ett allt mildare och blötare klimat förväntas förlänga trädens växtsäsong och därmed också ge en ökad tillväxt av biomassa. Ett varmare och blötare klimat kan i vissa fall även medföra ökad risk för fuktskador och insektangrepp. Om klimatet blir mer instabilt kan länet även drabbas av fler och kraftigare stormar (typ "Gudrun") - med kostsamma stormskador som följd. Effekten av stormarna kan förstärkas om träden i framtiden ökar i såväl tillväxt som längd samtidigt som tjälen minskar. Å andra sidan kan ett minskat snötäcke leda till att tjälen ökar i tjocklek.

Ett mer instabilt klimat kan även orsaka fler och kraftigare skogsbränder (typ "Bodträskfors"), än tidigare.

De prognostiserade klimatförändringarna i Norrbotten förväntas dock, totalt sett, gynna skogstillväxten. Beräkningar visar att det kan handla om en fördubbling av skogstillväxten inom loppet av 50-100 år.

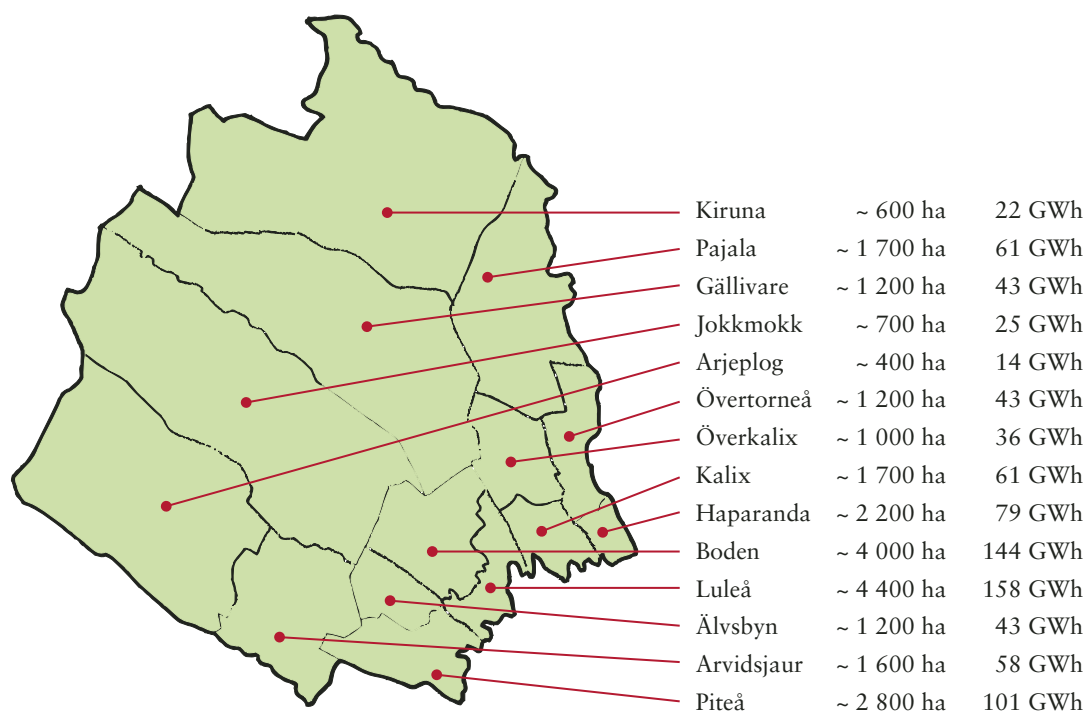
Bedömningen är att det kommer att finnas totalt omkring 10,5 TWh skogsbränsle tillgängligt för energiändamål i Norrbotten år 2025, vid ett 50-procentigt uttag av GROT och stubbar.

## Åkerbränslen

### Nu

Olika arter av vide, ofta benämnda med släktnamnet Salix, odlas för energiändamål i syd- och mellansverige. Men de passar inte för odling i Norrbotten. En energigröda som däremot passar för odling i Norrbotten är energigräset rörflen, som om det skördas på våren har en låg fukthalt på 10-15 procent. I tidigare studier har potentialen för odling av rörflen i Norrbotten beräknats till 900 GWh per år.

Knappt 3 procent av Sveriges åkerareal, cirka 70 000 hektar, används i dag för odling av energigrödor vilka används för energigenerering. För närvarande handlar Sveriges energiodling främst om vete och oljeväxter för produktion av biodrivmedel i landets södra delar, samt om olika grödor som används för värmeproduktion, bland annat havre, Salix, halm och rörflen. Det svenska jordbrukets bidrag till energitillförseln i dag uppskattas till 1-1,5 TWh per år, eller en procent av den totala energitillförseln från biobränslen.



*Fördelningen av de intressanta rörflensarealerna, i form av trädes- och överskottsarealer samt nedlagd åkermark i lättarbetat skick, i Norrbotten. (Utbrutna torvmarker ej inräknade.) (Energin och framtiden i Norrbotten, 2001)*

### 2025

Den avgörande faktorn för beräkning av den framtida potentialen för åkerbränslen är den tillgängliga åkerarealen. De prognostiserade klimatförändringarna i Norrbotten kommer sannolikt att få effekter för den framtida



tillväxten av dessa bränslen.

Teoretiska modellstudier indikerar att svenskt jordbruk har en ekonomisk realiserbar potential för produktion av 15-30 TWh åkerbränslen per år 2020. I bedömningen av vilken roll olika åkergrödor kan förväntas få i ett framtida svenskt energisystem har de indelats enligt följande.

- Traditionella livsmedels- och fodergrödor som stråsäd (speciellt havre), raps och sockerbetor.
- Nya anpassade grödor för energiändamål som Salix, majs, rörflen och industrihampa (med låg halt av narkotiska ämnen).
- Restprodukter från växtodling som halm och strö från djurhållning.

Förutom dessa grödor kan snabbväxande lövträd som poppel och hybridasp, samt gran, bli aktuella för plantering på åkermark för energiändamål.

Åkergrödor passar inte för långa transporter, bland annat på grund av att de har för låg densitet och därmed är för "fluffiga". För Norrbottens del är det därför mest intressant med tätortsnära odlingar av energigrödor, och då främst rörflen samt möjligen även industrihampa.

Industrihampa är ettårig växt, vilket innebär att den kan odlas med kort tidsomställning och därmed också med en låg risk för odlaren. Industrihampa växer nästan på vilka jordar som helst, men trivs allra bäst på lätta, kalkrika och i Norrbotten ovanliga mulljordar. Hampan är annars en utmärkt gröda i växtföljden genom att den effektivt kväver ogräs. Därmed anses den lämpad för ekologisk odling.

Än så länge anses odlingskostnaderna för industrihampa vara för höga och skördeteknikerna allt för outvecklade för att industrihampan ska vara riktigt intressant som energigröda i Norrbotten. Sannolikt krävs det att det går att hitta en avsättning för hampans fibrer för att få ekonomi på odlingarna.

Odling av havre och korn för energiändamål kan möjligen också bli intressant i Norrbotten. Men i så fall måste odlarna få bättre betalt för råvaran än de får i dag, eftersom det handlar om rätt arbetskrävande odlingar. Energiavkastningen från norrbottniska havre- och kornodlingar kommer heller aldrig att kunna tävla med de i södra Sverige.

Dessutom har det visat sig svårt att bärga lagringsduglig halm i Norrland. Odling av spannmål för energiframställning uppvisar även en stor ryckighet ur lönsamhetssynpunkt, vilket hänger ihop med de varierande spannmålspriserna.

Rörflen och industrihampa anses i det här sammanhanget ge mycket skörd med en ganska liten insats.

Mycket talar för att rörflen är det åkerbränsle som har bäst förutsättningar att kunna bli en del i den norrbottniska energimixen till år 2025. I det korta perspektivet handlar det sannolikt om att elda rörflen i oförädlad skick, även om rörflen även visat sig fungera bra som pellets och brietter. Förädlad rörflen skulle i så fall kunna fungera som ett komplement till andra bioråvaror och torv, samt göra det möjligt att transportera bränslet längre sträckor.

Det är dock inte helt klarlagt vilka råvaror som rörflen är lämpligt att blanda med. Rörflen innehåller mycket kisel och blandningar med bioråvaror med höga alkalihalter är olämpligt ur asksintringssynpunkt.

Den totala, teoretiska potentialen för åkerbränslen i Norrbotten måste rimligen vara större än de 900 GWh per år som tidigare beräknats för rörfilen.

## **Svartlut (från pappers- och massaindustrier)**

### **Nu**

Svartlut är en biprodukt från tillverkning av pappersmassa. Träflis sönderdelas i dessa industrier i cellulosafibrer och fragment av hemicellulosa och lignin. Svartlut utgörs av en svart och trögflytande blandning av ligninrester, hemicellulosa och oorganiska kemikalier från industriprocessen.

I dag använder pappers- och massaindustrin sin svartlut som bränsle för ångproduktion. Användningen av svartlut har ökat de senaste åren.

Den årliga energitillförseln från den svartlut som genereras i landets pappers- och massaindustrier uppgår till 40 TWh per år, vilket motsvarar energiinnehållet i ungefär 3 miljoner ton olja. I Norrbotten står svartluten för en energitillförsel av mer än 4 TWh per år.

### **2025**

Ett effektivare sätt att använda svartlut på är att förgasa den för produktion av syntesgas. Det handlar dock om en mycket stor investering som endast är aktuell i samband med att äldre sodapannor måste bytas ut.

Den via svartlutsförgasning producerade syntesgasen kan antingen användas till drift av gasturbiner, som producerar el och värme, eller användas i kemiska processer för produktion av biodrivmedel eller kemikalier.

Det öppnar vägen för att utveckla dagens pappers- och massaindustrier till framtida bioraffinaderier med en hel rad bioprodukter vid sidan om pappers- och massatillverkningen. En sådan utveckling skulle uppskattningsvis kunna förse Sverige med nära 30 procent av det totala drivmedelsbehovet eller 7 procent av elbehovet.

ETC i Piteå hårbärgerar en pilotanläggning för svartlutsförgasning som ägs av Chemrec AB. Det finns planer på att använda syntesgasen från pilotanläggningen till produktion av DME (dimetyleter). Nästa steg blir då att bygga en större demonstrationsanläggning med 15-20 gånger större kapacitet än pilotanläggningen. En framtida fullskaleanläggning vid Smurfit Kappa Kraftliner i Piteå skulle klara en produktion av 400 ton DME eller metanol per dag eller 146 000 ton per år. Energiinnehållet i detta motsvarar 800-1 100 GWh per år.

Om även Billerud i Kalix samt SCA i Munksund och Obbola skulle investera i svartlutsförgasning skulle den framtida produktionen av DME eller metanol i regionen kunna bli 328 000 ton per år, motsvarande ett energiinnehåll på 1 800-2 600 GWh per år.

## **Övrigt**

### **Nu**

Resterande tillförsel (omkring 300 GWh) kommer från torv och brännbart avfall (främst rivningsvirke).

Sverige är det mest torvrika landet inom EU. Torvens roll som energibärrare är dock omtvistad, främst på grund av den långsamma tillväxten. I Norrbotten växer torvlagret med i medeltal 0,3-0,4 millimeter per år. Det går inte att utvinna energitorv utan att skapa sår i naturen.

FN:s klimatpanel klassar torven som ett fossilt, koldioxidalt bränsle. Samtidigt finns de största, svenska torvarealerna i just Norrbotten där de utgör 24 procent av den totala landarealen. År 2004 uppgick länets tillförsel av energitorv till omkring 203 GWh. Den användes i huvudsak i fjärrvärmeverk.

Med utgångspunkt från de volymer av brännbart avfall som deponerades i länet 1997 bedömdes de potentiella avfallsmängderna som var tillgängliga för förbränning i Norrbotten uppgå till:

- cirka 40 000 ton brännbart hushållsavfall per år
- cirka 35 000 ton brännbart bygg- och industriavfall per år
- cirka 5 000 ton brännbara gummidäck per år

Det samlade energivärdet av dessa avfallsmängder beräknades till 260 GWh per år.

## 2025

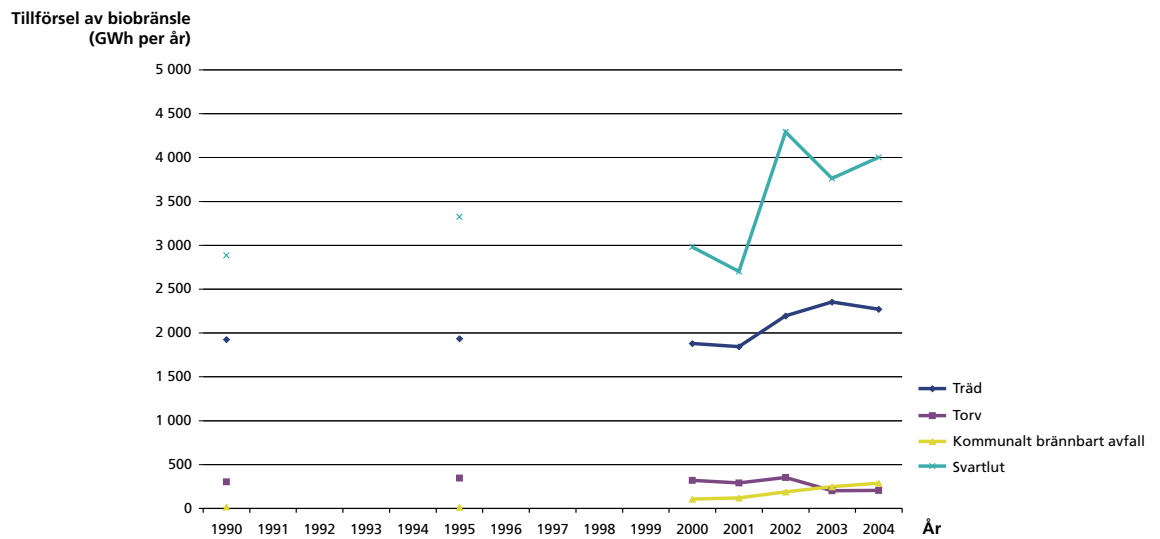
Det står helt klart att de biokemiska processerna i länets torvmarker kommer att påverkas av de prognostiserade klimatförändringarna, bland annat ifråga om koldioxidbindning och metangasutsläpp. Frågan är bara hur.

Ur hållbarhetssynpunkt kan torvbrytning för energiändamål bara få en marginell betydelse för Norrbottens energitillförsel 2025, till exempel för inblandning i förädlade biobränslen (typ pellets) och som en del i den bränslemix vissa lokala fjärrvärmeverk använder sig av.

Förutsatt att norrbottningarnas materialanvändning och avfallshanteringsvanor förblir ungefär desamma som de var 1997 kan norrbottningarnas samlade produktion av brännbart hushållsavfall enligt Joakim Lundgren förväntas sjunka något till 2025. Detta bland annat som en direkt följd av den förväntade befolkningsutvecklingen i BAU-scenarierna. Blir vi bättre på att återvinna och återanvända de material vi konsumerar sänks produktionen av brännbart hushållsavfall ännu mer.

Samtidigt kan produktionen av brännbart bygg- och industriavfall förväntas öka till år 2025, som en följd av industrins förväntade utveckling.

Räknat på en oförändrad tillgång av gummidäck för förbränning (35 GWh år 1997) så ger det en samlad energipotential från brännbart avfall år 2025 på 290-355 GWh.



Total tillförsel av biobränsle i Norrbotten mellan åren 1990 och 2004.

| Avfallstyp      | Deponi<br>(ton per år) | Totalt energi-<br>innehåll (GWh) |
|-----------------|------------------------|----------------------------------|
| Hushållsavfall* | 40,000                 | 120                              |
| Industriavfall* | 35,000                 | 105                              |
| Gummidäck**     | 5,000                  | 35                               |
| <b>TOTALT</b>   | <b>80,000</b>          | <b>260</b>                       |

Deponering av brännbart avfall i Norrbotten år 1997. \* Antaget värmevärde 3 MWh per ton.

\*\* Antaget värmevärde 7 MWh per ton.



## Restenergier (spillvärme)

### Nu

Innan det investeras i ny energigenerering i länet bör möjligheterna till användning av redan tillgängliga restenergier från industriell verksamhet undersökas. Ur resurshushållningssynpunkt har ökad användning av redan existerande energi- och resursflöden alltid hög prioritet.

Tidigare studier har visat att det finns stora och ännu outnyttjade spillvärmertilgångar i Norrbotten. Då, i slutet av 1990-talet, identifierades spillvärmeflöden med ett energiinnehåll av cirka 4 400 GWh per år kopplade till länets stora industrier. Kylvattnet från stålproduktionen vid SSAB i Luleå var ej medräknat. De då identifierade spillvärmeflödena höll en vattentemperatur över + 20 grader Celsius.

Det finns även intressanta tillgångar av spillvärme i de mindre industrierna. Spillvärmeflöden med en temperatur under + 20 grader Celsius är också av intresse, till exempel för förvärmning av varmvatten eller uppgradering med hjälp av värmepump.

Det genereras totalt sett stora mängder värmeenergi i Norrbotten, varav vi slänger bort en del utan att dra nytta av värmen. Exempelvis innehåller värmeenergin i det ovan nämnda kylvatten som Luleå kraft AB släpper ut i den intilliggande fjärden under sommarmånaderna tillräckligt med värme (omkring 350 GWh per år) för att klara årsbehovet av värme i Boden. Hittills har den spillvärmes ej kunnat tas tillvara på ett ur resurssynpunkt klokt sätt eftersom prisnivån varit för hög med gällande överenskommelser mellan SSAB, Luleå kommun och Luleå kraft AB.

Dessa, och övriga spillvärmertilgångar av ekonomiskt intresse i länet, kan till exempel lagras under sommarhalvåret för att sedan användas för uppvärmning vintertid.

Metoder för säsongslagring av värme har prövats och utvecklats sedan 1970-talet. Det handlar främst om lagring under jord. De i dag mest använda teknikerna är:

- Lagring i grundvatten vilket fungerar bra i södra Sverige som har lämplig geologi för detta.
- Lagring i borrhål som är vanligast förekommande i Sverige.
- Lagring i bergrum vilket i dag endast provas på två platser i landet (Avesta och Uppsala).

Borrhålstekniken används ofta för både uppvärmning och kylning med hjälp av värmepumpar. Stora borrhålslager för värme fungerar även utan värmepumpar. Världens första storskaliga högtemperaturlager (med en maximal uttagstemperatur på 70 grader Celsius) anlades i Luleå 1982. Det användes för lagring av spillvärme sommartid. Den lagrade värmen användes sedan för lokaluppvärmning vintertid.

## 2025

Den industriella produktionen antas öka i samtliga framtida scenarier, vilket bör ge ökade spillvärmeflöden. Joakim Lundgren har dock inte gjort någon analys av den potentiellt tillgängliga energimängden utan utgår från att de tidigare identifierade spillvärmeflödena, omfattande cirka 4 400 GWh spillvärme med en temperatur över + 20 grader Celsius, även finns tillgängliga år 2025.

Det finns ingen aktuell och bra uppskattning av länets sammanlagda, tillgängliga spillvärmekällor i dag. Med ökade energipriser ställs dock krav på effektivare energianvändning. Därför finns det skäl att anta att användningen av spillvärme kommer att öka i framtiden.

## Naturkyla

### Nu

Lagring av snö och is kan spela en viktig roll för den framtida försörjningen av naturkyla i länets tätbefolkade områden. Det system för lagring av snö som byggts upp för att klara kylbehoven vid Sundsvalls sjukhus är ett exempel på hur det kan gå till. Snölagret i Sundsvall, som ligger helt öppet i en liten sänka, har visat sig vara både energieffektivt och lönsamt i förhållande till konventionella kylanläggningar. I Luleå har det byggts ett mindre nät för fjärrkyla som bland annat förser Kulturens Hus med naturkyla från den intilliggande älven. Detta nät kan både byggas ut och kompletteras med naturkyla från snölager.

I en studie från 1998 uppskattas det samlade kylbehovet i Luleå, Piteå, Boden och Älvsbyn (Fyrkanten) till omkring 36 GWh per år. Utifrån denna siffra beräknades länets samlade kylbehov uppgå till nära 72 GWh per år. Allt talar för att behovet ökat sedan dess.

Det finns gott om snö i Norrbotten. Redan i dag sker det omfattande snötransporter vintertid från länets tätorter till de kommunala snötipparna, ofta belägna i närheten av tätorterna. Totalt handlar det om cirka 1 400 000 kubikmeter snö som årligen flyttas omkring på det viset i Norrbotten.





Kostnaden för dessa snötransporter kommer kommunerna inte undan. Om dessa snötippor istället görs om till snölager kopplade till nät för fjärrkyla skulle dessa snölager tillföras ett positivt ekonomiskt värde som lager av naturkyla. Dessutom handlar det om en energikälla som är både ren och förnybar.

Räknat på ett aktuellt elpris på strax under 1 krona per kWh skulle dagens snömängder på de kommunala snötipporna kunna användas för lagring av totalt 93 GWh snökyla per år vilket i sin tur skulle reducera länets årliga kylkostnader (från användning av konventionell kylteknik) med omkring 90 miljoner kronor per år.

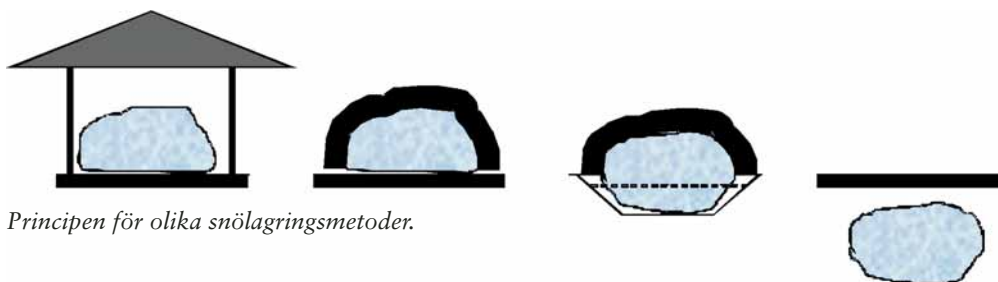
Snöfattiga år kan den naturliga snön kompletteras med konstsnö från snökanoner, vilka kan producera snö vid en lufttemperatur från - 2 grader Celsius och nedåt. De är så pass energieffektiva att det räcker med 1 kWh driftel för att producera 100-200 kWh naturkyla. Därmed finns det ingen risk för att Norrbotten inom överskådlig framtid ska få brist på snö för lagring.

Snö från snökanoner är dessutom renare än den snö som samlas upp från gator och torg.

Kyla kan, likväl som värme, lagras under jord i borrhål och bergrum. Snö och is kan även lagras på marken och i gropar.

Det befintliga snölagret i Sundsvall rymmer 40 000 - 50 000 kubikmeter snö. Det levererar omkring 2 000 MWh kyla per år till sjukhuset vilket i stort sett täcker sjukhusets årsbehov av komfortkyla. De problem som uppkommit sedan starten år 2000 har främst hängt ihop med tekniken för hantering av den träflis som används för att isolera snölagrets ovansida, samt de estetiska problem som uppkommer när stora mängder dumpad snö ligger synlig för ögat. I tätbebyggda områden kan det även vara svårt att hitta tillräckligt stora lagringsytor för snölager av det slaget.

Dessa problem kan dock lösas genom att snölagren istället anläggs i bergrum under jord. Den typen av snölager kan till och med anläggas mitt i city, där kylbehoven ofta är störst.



|                                                      | Luleå | Piteå | Boden | Älvsbyn | Total |
|------------------------------------------------------|-------|-------|-------|---------|-------|
| Antal kylinstallationer                              | 150   | X     | 72    | 25      | 247   |
| Antala kylinstallationer med tillgängliga driftsdata | 10    | X     | 8     | 20      | 38    |
| Producerad kylenergi [MWh/år]                        | 1614  | X     | 2161  | 1801    | 5576  |
| Uppskattat total kylenergi [GWh/år]                  | 17    | 9,8   | 7,2   | 2,3     | 36,3  |

Uppskattat behov av kylenergi i Luleå, Piteå, Boden och Älvsbyn (Persson, 1998).

| Kommun            | Snö (m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|-----------------------|
| Arvidsjaur        | 200 000               |
| Boden             | 61 100                |
| Gällivare         | 175 000               |
| Haparanda         | 260 000               |
| Jokkmokk          | 30 000                |
| Kalix             | 100 000               |
| Piteå             | 100 000               |
| Luleå             | 250 000               |
| Arjeplog          | 85 000                |
| Kiruna            | 115 000               |
| Pajala            | 5 000                 |
| Älvsbyn           | 20 000                |
| Överkalix         | 15 000                |
| Övertorneå        | 15 000                |
| <b>Norrbotten</b> | <b>1 430 000</b>      |

*Snötransporter till deponier i Norrbotten, uppskattat årsmedelvärde för perioden 2003 – 2006.*

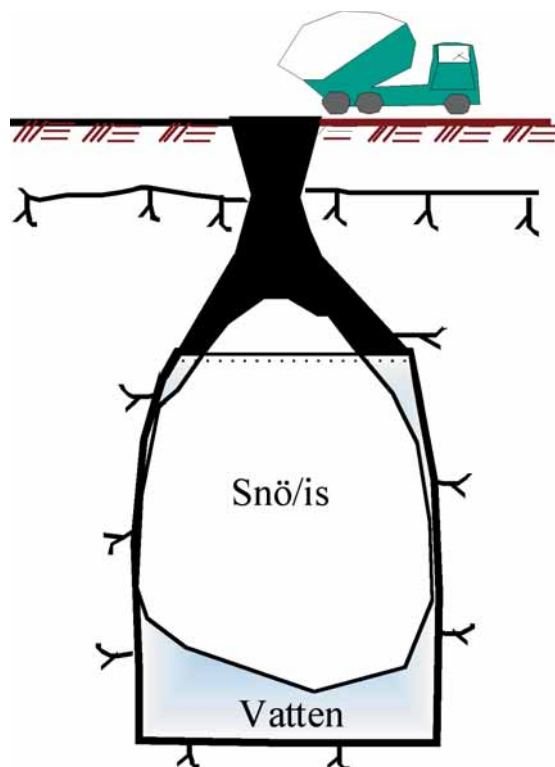
| Kommun            | Potential snökyla GWh | Ekonomisk besparing k€ |
|-------------------|-----------------------|------------------------|
| Arvidsjaur        | 5,5                   | 553                    |
| Boden             | 13,0                  | 1 300                  |
| Gällivare         | 4,0                   | 397                    |
| Haparanda         | 11,4                  | 1 138                  |
| Jokkmokk          | 16,9                  | 1 690                  |
| Kalix             | 2,0                   | 195                    |
| Piteå             | 6,5                   | 650                    |
| Luleå             | 7,5                   | 747                    |
| Arjeplog          | 16,3                  | 1 625                  |
| Kiruna            | 0,3                   | 32                     |
| Pajala            | 6,5                   | 650                    |
| Älvsbyn           | 1,3                   | 130                    |
| Överkalix         | 1,0                   | 98                     |
| Övertorneå        | 1,0                   | 98                     |
| <b>Norrbotten</b> | <b>93,0</b>           | <b>9 302</b>           |

*Potential för lagrad snökyla kopplat till ekonomisk besparing i olika kommuner (en € motsvarar drygt 9 kronor).*

**2025**

Kylbehovet förmodas öka i Norrbotten. Dels som en direkt följd av ökade komfortkrav på exempelvis jobbet och i bilen, samt möjligen också på grund av den förväntade klimatförändringen i Norrbotten. På arbetsplatserna kan ökningen av kylbehoven ses som en följd av en ökad användning av elektriska apparater.

Ökande energipriser, samt en ökad medvetenhet om de pågående klimatförändringarna och vikten av en hållbar reursanvändning, förväntas gynna nya tekniker för processkyla inom industrin. Det förväntas ske en konvertering från nuvarande kylningstekniker till tekniker för naturkyla.



*Principskiss för snölagring i bergrum.*





## Vattenkraft

### Nu

Det finns i dag 33 vattenkraftstationer i Norrbotten vilka i medeltal genererade omkring 16 TWh (16 000 000 000 kWh) el per år under perioden 1990-2004. Luleälven är den stora producenten av norrbottensk vattenkraft. Dess 15 vattenkraftstationer står för en årlig produktion av nära 14 TWh el, vilket i dag utgör 20 procent av Sveriges samlade produktion av vattenkraft.

### 2025

Med ett batteri av energieffektiviseringsåtgärder plus ökade vattenflöden tros Luleälvens elproduktion kunna ökas med cirka 3 TWh el per år. Totalt i länet ger det en produktion av 17–19 TWh el år 2025.

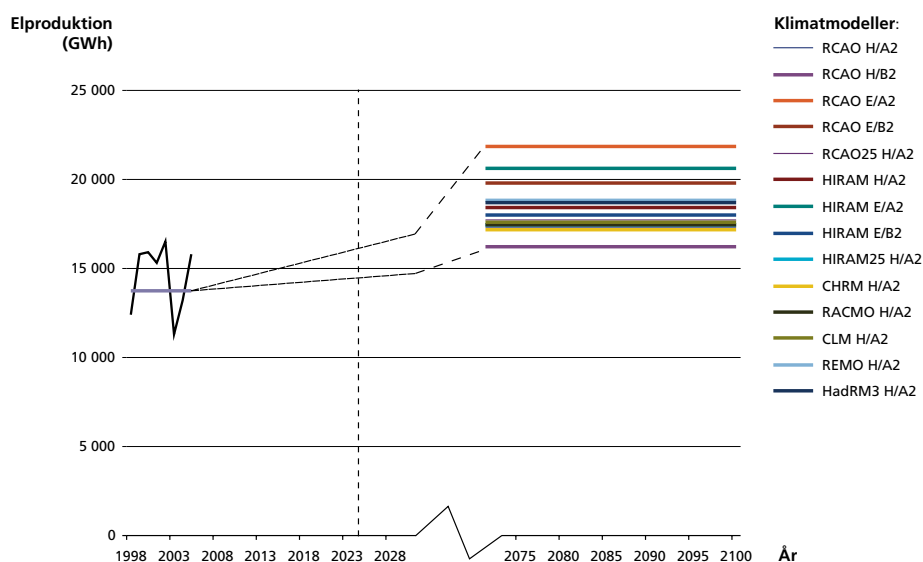
Klimatscenarier framtagna av Sweclim (Swedish Regional Climate Modelling Programme) (2006) för perioden 2071-2100, jämfört med perioden 1961-1990, visar att nederbörden i fjällen förväntas öka med 20-40 procent. Till detta ska läggas den förväntade effekten av ett något varmare klimat med ett jämnare tillflöde av vatten över året. Det förväntas bland annat reducera behovet av vattenlagring i kraftmagasin samt öka vattnets flödes hastighet under de delar av året när elbehoven är som störst.

### En ökad vattenkraftproduktion i Norrbotten kan rent tekniskt åstadkommas genom att:

- Storskaliga vattenkraftverk (större än 1.5 MW) byggs
- Småskaliga vattenkraftverk (mindre än 1.5 MW) byggs
- Starta upp tidigare nedlagda kraftverk
- Tekniska förbättringar; renoveringar och ombyggnader av befintliga kraftverk

De tre första åtgärderna möter såväl juridiska som opinionsmässiga hinder. Därmed återstår, enligt Vattenfall Utveckling AB, endast tekniska förbättringar såsom:

- Bättre och effektivare användning av befintliga anläggningar och rensning av delar av älvfåran. Det beräknas ge ytterligare 50 GWh per år i produktion.
- Minskade tunnelförluster och ytterligare upprensning av älvfåran och eventuellt en omdirigering av flöden i mindre bäckar. Det beräknas ge ytterligare 150 GWh per år i produktion.
- Nya löphjul, generatorer, lager med mera som sammanlagt resulterar i en verkningsgradshöjning på ca 1.5%, motsvarande 225 GWh per år i produktion.



*Historiskt och teoretiskt möjlig vattenkraftsproduktion i Lule älv på grund av ökade vattenflöden baserat på 14 olika klimatmodeller för åren 2071–2100. Olika klimatmodeller representeras av olika färger.*





## Vindkraft

### Nu

I september 2007 rapporterade Länsstyrelsen i Norrbotten att 23 vindkraftverk var uppförda i länet med en sammanlagd installerad effekt på 26 MW. Vid det tillfället hade det meddelats tillstånd för ytterligare 39 vindkraftverk. Om alla dessa byggs kommer den installerade effekten att uppgå till drygt 98 MW.

Vid den tidpunkten låg dessutom 64 framtida vindkraftverk i Norrbotten, med en sammanlagd installerad effekt av 193 MW, inne för prövning hos länsstyrelsen eller miljödomstolen. Lägg därtill de vindkraftprojekt som fortfarande befann sig i samrådsskede (enligt miljöbalken) vid den tidpunkten. En del av dessa är mycket stora (till exempel Klockgrundet och Markbygden i Piteå, samt Marakallen i Luleå).

Vindkraftspotentialen i Norrbotten är enorm. Norrbotten utgör 24 procent av den svenska landarealen och rymmer flera områden som passar för storskalig elproduktion från vindkraft. Det finns ett nationellt planeringsmål som säger att Norrbotten ska producera minst 143 GWh per år 2010. Det räcker med att alla vindkraftverk som hade fått meddelande om tillstånd i september 2007 byggs för att planeringsmålet ska nås med råge.

## 2025

Om alla under hösten 2007 till länsstyrelsen inkomna och planerade vindkraftssatsningar genomförs i Norrbotten kan länet inom en relativt nära framtid komma att producera 4,9-10,0 TWh vindkraftsel per år.

Klimatscenarierna för perioden fram till och med 2025 visar inte på några tydliga förändringar av länets vindförhållanden. Eftersom Norrbotten hyser stora områden med goda vindförhållanden och förhållandevis små konfliktrisker, samtidigt som länet redan är en stor nettoexportör av elenergi med stora avstånd till de stora elkonsumenterna söderut, finns det anledning att även titta på alternativa användningsområden för länets rika vindtillgångar. Till exempel vindkraft för:

- drift av vattenpumpar vilka pumpar vatten som gått genom vattenkraftsturbiner tillbaka till vattenkraftsmagasinen.
- produktion av vätgas via elektrolys av vatten
- produktion av el och värme för mindre samhällen/byar
- produktion av ammoniak, till exempel för näringstillförsel i länets skogar som i sin tur kan bidra till ökad tillväxt av biobränslen

| Verksamhets-<br>utövare           | Antal<br>verk | Total<br>effekt<br>(MW) | Plats                        | Kommun     | Besluts-datum                                                              | Uppförda                                                     |
|-----------------------------------|---------------|-------------------------|------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Vindkompaniet<br>Svenska AB       | 7             | 9,9                     | Etua Aapua                   | Övertorneå | 2002-05-13<br>2003-11-24                                                   | Ja                                                           |
| Denitia AB                        | 5             | 6,5                     | Seskarö                      | Haparanda  | 2001-11-13                                                                 | Ja                                                           |
| Arctic Windpower<br>AB m. fl.     | 6             | 5,4                     | Peurravaara                  | Kiruna     | 2000-12-15                                                                 | Ja                                                           |
| Kjell Werner<br>Jensen            | 2             | 1,32                    | Pitholmen                    | Piteå      | 1998-09-10                                                                 | Ja                                                           |
| Göran Eriksson<br>Maskintjänst AB | 2             | 1,7                     | Svartskata-<br>udden, Storön | Kalix      | Anmälan till<br>kommunen                                                   | Ja, 1 verk har<br>byggts.                                    |
| Kalix vindkraft AB                | 1             | 1                       | Axelsvik                     | Kalix      | Anmälan till<br>kommunen                                                   | Ja, prövning pågår<br>om fler verk                           |
| Suorvavind KB                     | 1             | 0,6                     | Suorva                       | Jokkmokk   | Samråd enligt<br>NVL. 1998-<br>06-25                                       | Ja, samråd pågår<br>om uppförande av<br>ytterligare tre verk |
| NordanVind vind-<br>kraft AB      | 18            | 36                      | Bondön                       | Piteå      | 2003-11-26                                                                 | Nej                                                          |
| Vindkompaniet<br>Svenska AB       | 7             | 9,9                     | Pahtohavare                  | Kiruna     | 2002-09-16<br>2003-08-18<br>(nytt tillstånd<br>p.g.a. ändrad<br>placering) | Nej                                                          |
| Bisov Energi AB<br>(Nordex AB)    | 12            | 25                      | Uljabuouda                   | Arjeplog   | 2006-09-15                                                                 | Nej                                                          |
| Vindkompaniet i<br>Mörbylånga AB  | 1             | 1                       | Rånekölen                    | Luleå      | 2007-01-18                                                                 | Nej                                                          |
| <b>Summa</b>                      | <b>62</b>     | <b>98,3</b>             |                              |            |                                                                            |                                                              |
| <b>Varav uppförda</b>             | <b>23</b>     | <b>26</b>               |                              |            |                                                                            |                                                              |

Sammanställning över existerande och projekterade vindkraftsanläggningar > 125 kW i Norrbottens län – lägesrapport sep 2007.

| Verksamhets-<br>utövare     | Antal verk            | Total effekt<br>(MW) | Total höjd<br>(meter) | Plats                                                      | Kommun     | Status                                                                                           |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vindkompaniet<br>Svenska AB | Max 30                | 90                   | Max<br>130            | Sjisjka                                                    | Gällivare  | Regeringen ska tillåtlighetspröva anläggningen. MD ska yttra sig till regeringen i feb/mars 2007 |
| Kalix vindkraft<br>AB       | 3 (1 bef.<br>+ 2 nya) | max 10               | 125                   | Axelsvik                                                   | Kalix      | Ärendet har överklagats till MD.                                                                 |
| Vindkompaniet               | 19                    | 69                   | 149,5                 | Rautiorova,<br>Taka-Aapua,<br>Rautiolehto<br>och Kuusilaki | Övertorneå | Ansökan inlämnad till MD den 20 november 2006.                                                   |
| Markbygden<br>Vind AB       | 12                    | 24                   | 179                   | Dragaliden                                                 | Piteå      | Ansökan inlämnad till länsstyrelsen                                                              |
| <b>Summa</b>                | <b>64</b>             | <b>193</b>           |                       |                                                            |            |                                                                                                  |

*Ansökningar om nya vindkraftobjekt under prövning av länsstyrelse eller miljödomstol (MD) – lägesrapport sep 2007.*

| Verksamhets-<br>utövare                 | Antal verk            | Total effekt<br>(MW) | Total höjd<br>(meter) | Plats                                  | Kommun     | Status                                        |
|-----------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------------------|------------|-----------------------------------------------|
| Klocktärnan<br>Offshore AB              | 132                   | 660                  | 170                   | Klockgrundet                           | Piteå      | Samråd pågår. Ev. ansökan prövas av MD        |
| Svevind AB                              | 200 - 500             | 1200 - 3200          | 200                   | Markbygden                             | Piteå      | Samråd påbörjat. Ev. Ansökan prövas av LST    |
| Ventovarium AB                          | Ca:100                | 353                  | 145                   | Marakallens<br>grund (SO<br>Rödkallen) | Luleå      | Samråd pågår. Ev. ansökan prövas av MD.       |
| Ventorum AB                             | 19                    | 38                   | 100                   | Mörön                                  | Luleå      | Samråd pågår. Ev. ansökan prövas av LST.      |
| Vindkompaniet                           | 50-70                 |                      | 150                   | Luongas-<br>tunturi                    | Kiruna     | Samråd pågår. Ev. ansökan prövas av LST.      |
| Polvind AB                              | 3-4                   | 9,9                  | 140                   | Vinsa                                  | Övertorneå | Samråd pågår. Anmälan ska ske till kommunen.  |
| Polvind AB                              | 3-4                   | 9,9                  | 140                   | Kuusilaki                              | Övertorneå | Samråd pågår. Anmälan ska ske till kommunen.  |
| Suorvavind KB                           | 4 (1 bef. +<br>3 nya) | 7,7                  | ~120                  | Suorva                                 | Jokkmokk   | Samråd pågår. Anmälan ska ske till kommunen.  |
| Suorvavind KB                           | 1                     | 1,5                  | ?                     | Galtisbuoda                            | Arjeplog   | Samråd pågår. Anmälan ska ske till kommunen.  |
| Luleå kommun,<br>samråd detalj-<br>plan | Max 7                 | ?                    | ?                     | Svartön                                | Luleå      | LST har lämnat ett samrådsyttrande 2001-11-20 |

*Vindkraftobjekt i samrådsskede (enl. 6 kap. miljöbalken) – lägesrapport sep 2007.*



## Solenergi

### Nu

Den årliga solinstrålningen mot en norrbottnisk villa motsvarar en energitillförsel av 160 000 - 200 000 kWh värme per år, vilket är nästan tio gånger mer än husets årliga värmebehov. I norra och mellersta Europa och till viss del också i södra Sverige används ibland solvärme i kombination med fjärrvärme. Vanligast är då att fält av solfångare anläggs i nära anslutning till fjärrvärmeverken.

Men solfångarna kan även placeras på de till fjärrvärmenätet anslutna fastigheterna. I så fall bör fastigheterna ha egna system för ackumulering av varmvatten. I ett sådant system fungerar ackumulatören både som värme-lager och värmeväxlare.

Om samtliga ackumulatörer i ett sådant system dessutom förses med elvärmeslingor, som kan ge ett extra värmetillskott vid störningar och drift-toppar i det ordinarie fjärrvärmesystemet, har de anslutna fastighetsägarna fått ett ovanligt tryggt värmeförsörjningssystem.

Solenergi kan användas för produktion av el i så kallade solceller, en teknik som i dag framför allt används för elproduktion i områden utanför det befintliga kraftnätet. Oftast i sommarstugor och liknande. De används även för drift av mindre sol- och ljusdrivna apparater som miniräknare, klockor, fläktar och dyligt. El från solceller har hittills varit för dyr för att kunna konkurrera med el från konventionella produktionsmetoder.

Det råder ingen brist på solenergi i Norrbotten. Problemet är att det mestadels är mörkt under de månader då behovet av värme och el är som störst.

Dagens solvärmesystem kan täcka varmvattenbehovet och delar av värmebehovet under 7-10 månader i Norrbotten, varav den mesta solenergin är tillgänglig under perioden mars-september. Under sommarmånaderna är dock värmebehovet generellt sett väldigt lågt.

Solvärmesystem för tappvarmvatten under sommarhalvåret anses i dag vara direkt lönsamma i nybebyggelse. I dessa system ingår då solfångare av cirka 10 kvadratmeters storlek samt ackumulatörer för korttidslagring (ett eller några dygn).

Solvärme passar även för storskalig värmelagring. Men det bör ske i värmeförsörjningssystem som använder sig av lågtemperaturvärme (omkring 35 grader Celsius), till exempel i form av vattenburen golvvärme.

Norrbotten har tillräckligt många soltimmar och torr luft för att det med hjälp av solfångare ska gå att förse ett system för säsongslagring av sol-

värme med den värmeenergi som behövs. Eftersom storskalig säsongslagring av värme i borrhålssystem kostar cirka 0,1 krona per kWh, inklusive kostnaderna för kapital, värmeförluster, drift och underhåll (enligt professor Bo Nordell, LTU), räcker det med att ett sådant system kan leverera värme till en kostnad som ligger 0,1 krona per kWh under det ordinarie priset för att producera och leverera värme för direkt användning. Med stigande energipriser blir därför system för säsongslagring av solvärme allt mer intressanta.

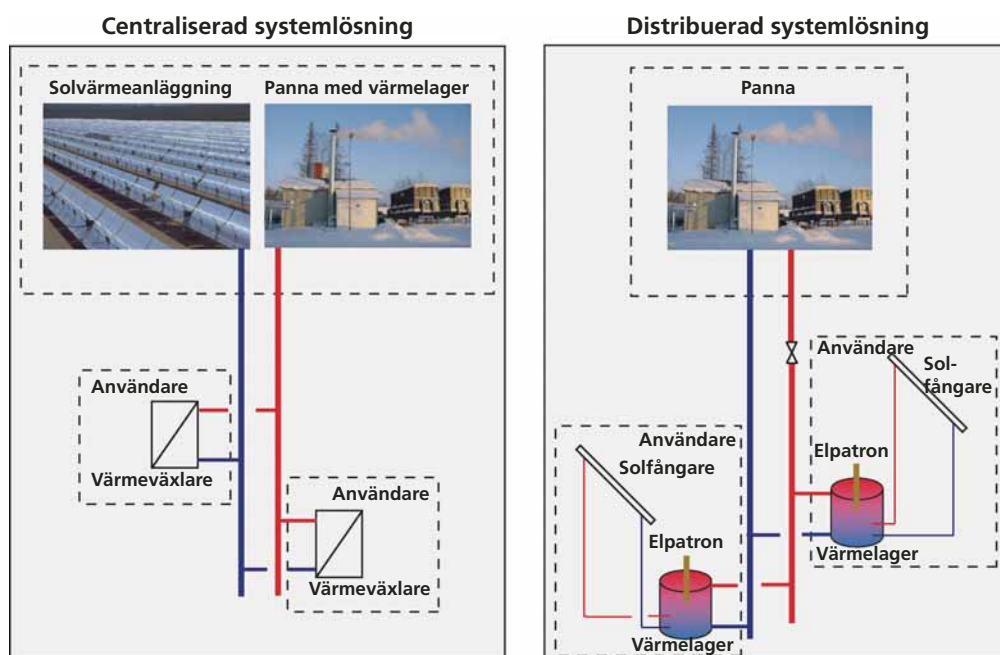
I nybyggda, större bostadsområden är storskalig säsongslagring av solvärme under mark alltid ekonomiskt lönsamt om byggnaderna är anpassade för uppvärmning med lågtemperatursystem, till exempel golvvärme eller lågtemperaturradiatorer. I äldre bostadsområden med högtemperaturradiatorer måste det befintliga radiatorsystemet först bytas ut mot ett system som anpassat för uppvärmning vid lägre temperaturer. Sådana byten är oftast inte lönsamma med dagens energipriser men kan bli det när energipriserna ökar.

## 2025

Det finns flera faktorer som talar för att solcellstekniken inom vissa applikationer kommer att vara konkurrenskraftig gentemot andra elproduktionsmetoder i Norrbotten år 2025.

De faktorer som talar för solcellstekniken är till exempel ett ökat allmänt miljömedvetande, införandet av ekonomiska styrmedel som elcertifikatsystemet, den pågående utvecklingen av nya produktionsmetoder för solceller samt ett ökande elpris.

Potentialen för användning av solvärme i Norrbotten år 2025 beror av antalet hushåll som då kan använda solfångare, samt storleken och effektiviteten på solfångarna.



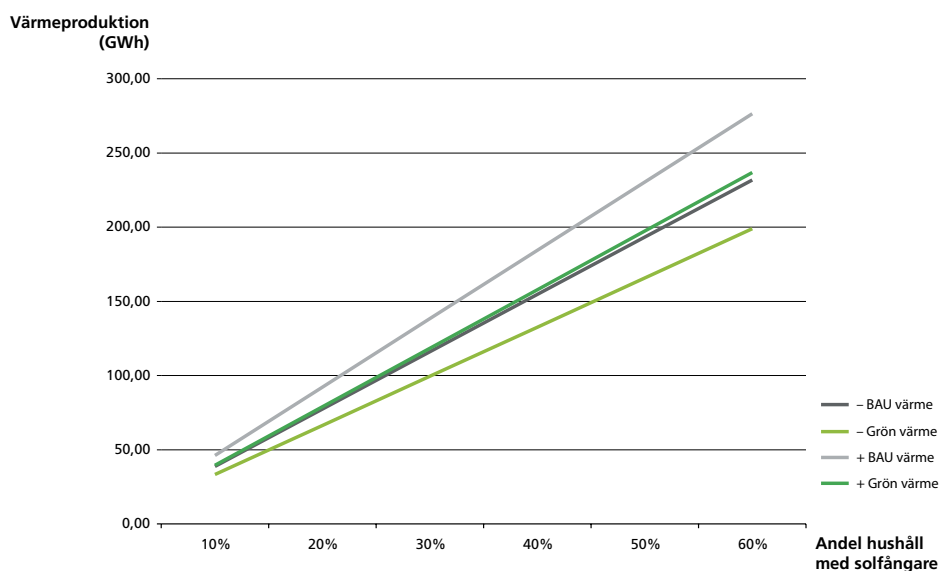
Centraliserad (vänster) och distribuerad (höger) systemlösning för biobränslebaserad värmeproduktion kombinerad med solvärme.



Joakim Lundgren har räknat med att varje solfångare i Norrbotten genererar 300 kWh värme per kvadratmeter solfångare och år, vilket är lågt räknat (350 kWh per kvadratmeter och år är mer troligt i framtiden när solfångarna blivit bättre och effektivare). Med en anslutningsgrad motsvarande 40 procent av länets hushåll (inklusive hushåll i flerbostadsfastigheter), vilka installerar 10 kvadratmeter solfångare per hushåll, skulle solenergin kunna generera 130-180 GWh värme för uppvärmning av tappvarmvatten per år. Det skulle täcka 50-60 procent av det totala behovet av tappvarmvatten i Norrbotten.

Om alla länets hushåll skulle installera 10-15 kvadratmeter solfångare skulle den teoretiskt möjliga produktionen av värme från solfångare öka till 385-800 GWh per år.

I stora delar av Norrbotten finns en geologi som passar för storskalig säsongslagring av solvärme under mark. Säsongslagring av solvärme innebär en avsevärd ökning av den ovan angivna teoretiskt möjliga produktionen av förnybar värme från solen.



Potentiell solvärmeproduktion beroende av hur stor andel av Norrbottens hushåll som installerar solfångare (10 m<sup>2</sup> per hushåll).

|                                                                                                                 | Lund<br>(55.72° N) | Stockholm<br>(59.33° N) | Luleå<br>(65.55° N) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| Årlig solinstrålning på en yta lutad 45°<br>(kWh/m <sup>2</sup> och år)                                         | 1124               | 1113                    | 1077                |
| Årlig medeltemperatur då solintensiteten<br>överskrider 300 W/m <sup>2</sup>                                    | 13.4               | 13.6                    | 9.8                 |
| Årligt solfångarubyte (kWh/m <sup>2</sup> och år)<br>för en enkel, plan solfångare<br>(Vattentemperatur = 50°C) | 337                | 337                     | 298                 |

Förutsättningar avseende solinstrålning och solvärmeproduktion i Lund, Stockholm och Luleå. Källa: Adsten, M.; Persers, B.; Wäckelgård, E. (2002). The influence of climate and location on collector performance. Renewable Energy, 25, pp 499-509.



# Diskussion

Dagens energiförsörjning i Norrbotten är resultatet av politiska, ekonomiska och tekniska beslut fattade under olika perioder de senaste hundra åren. Inget har kommit till av en slump. Frågan om hur snabbt och på vilket sätt Norrbotten kan bli fossilbränslefritt handlar till hundra procent om de val vi gör nu och de närmaste åren framöver.

## Energieffektivisering

Den bästa kilowattimmen är alltid den sparade kilowattimmen. Effektivisering avseende användning och tillförsel av energi resulterar i reducerade utsläpp av miljö- och hälsoskadliga ämnen, sänkta produktions-, drifts- och underhållskostnader samt ökad resurshushållning. Eftersom denna studie främst ser till energianvändningen och inte energitillförseln har Joakim Lundgren inte gjort några bedömningar av vad förbättrade verkningsgrader i energiomvandlingsprocesser och liknande kan ge.

Inom bostadssektorn kan effektivisering av energianvändningen ske på flera sätt. Dels via teknikutveckling, som exempelvis ger bättre husisolering och effektivare elapparater. Men även via ett ändrat beteende. Det senare handlar till exempel om att sänka rumstemperaturer, installera närvarostyrning för värmeförsörjning och belysning, regelbunden avfrostning av kylar och frysar samt ökad medvetenhet om hur standby-funktioner för tv, datorer, stereos etcetera påverkar energianvändningen. Sammantaget handlar det om faktorer som påverkar energianvändningen en hel del.

Det är svårt att förutse hastigheten i den kommande teknikutvecklingen vid byggandet av nya bostadshus i Norrbotten. Den hänger givetvis ihop med energiprisernas utveckling, vilka påverkar takten med vilken byggnadsentreprenörer och husköpare tar till sig den energieffektiva tekniken. Även Sveriges och EU:s regelverk för byggnader spelar en viktig roll. Den svenska byggnormen skulle exempelvis behöva skärpas på det här området, bland avseende tillåten värmeanvändning per kvadratmeter och användning av el för uppvärmning. Exergi är ett kvalitativt mått på energi. Exergi är bland annat ett mått på den mängd mekaniskt arbete som maximalt kan utvinnas ur ett system, om det får gå till termodynamisk jämvikt. Energi antas enligt termodynamiken vara konstant (inte förbrukas, endast övergå i andra former) men exergibegreppet tar hänsyn till huruvida den kan nyttiggöras. Elektrisk energi har hög exergi. Den kan omsättas i mekanisk energi, kemisk energi, värmeenergi etcetera. Värme har låg exergi och kan inte enkelt omsättas i exempelvis elektrisk energi. Det är bland annat därför som det är slösaktigt att använda el för uppvärmning.

Här spelar även miljöargument in eftersom allt fler insett att miljömedvetenhet är en konkurrensfördel. Dessutom har det offentliga en arsenal av åtgärder som kan användas för att driva på utvecklingen av en långsiktigt hållbar energiförsörjning.

Men det är också en stor informations- och upplysningsfråga. Den som inte vet vad som kan göras och vilka vinster det kan ge kommer heller inte att kräva eller göra något.

## Insatser i äldre byggnader

Det går att minska uppvärmningsbehovet i äldre byggnader genom att exempelvis byta till energieffektiva fönster, förbättra isoleringen, installera och trimma reglersystem samt konvertera från el- och oljevärme till fjärrvärme eller värme från bibränsleeldade pannor och kaminer. Även här har energipriserna och informationsspridningen en avgörande betydelse för vad och hur mycket som görs. De antaganden som gjorts i denna studie är, enligt Joakim Lundgren, modesta men rimliga.

Antagandet att länets nybyggda hus blir cirka 30 procent mer energieffektiva avseende värmeanvändningen år 2025 stämmer väl överens med de mål som satts upp av Boverket och regeringen. Joakim Lundgren har även antagit att länets äldre hus kommer att bli bättre isolerade genom renoveringar. Takten med vilken energieffektiviseringen av länets äldre hus kommer att ske antas bli 0,4-1 procent per år räknat från 2004. Det ger ett minskat värmebehov på cirka 8-20 procent år 2025, jämfört med behovet 2004.

När det gäller hushållens elanvändning så har den ökat i stort sett kontinuerligt sedan mitten av 1970-talet. Apparaterna blir visserligen effektivare, men vi väljer att ha allt fler och större tv-apparater, dataskärmar etcetera. Det gäller, enligt Joakim Lundgren, att norrbottningarna kan anamma ett tillräcklighetstänkande om effektivitetsvinsterna ska få genomslag i energianvändningen. I utmaningen för att åstadkomma en hållbar energianvändning inom bostadssektorn måste även bostadssytorna användas på ett effektivare sätt. Det handlar om att dels bryta trenderna med sjunkande antal personer per hushåll och ökande bostadsyta per boende, men även om att öka medvetenheten om hur användandet av elektrisk apparatur påverkar energianvändningen.

En ökad energieffektivisering inom bostads- och servicesektorerna måste föregås av riktade informationsinsatser på alla nivåer. Det kan även åstadkommas med styrande regler och direktiv från svenska staten och EU, samt med hjälp av teknik för exempelvis styrning av energianvändningen. Som exempel nämner Joakim Lundgren utvecklingen av meteorologiska tjänster för styrning av uppvärmningssystem, närvarostyrning av detsamma samt fjärrstyrning av elektrisk apparatur. Sådan teknik kan vara ett bra komplement till personliga insatser.

## Industrins möjligheter

Inom industrin styrs energieffektiviseringsarbetet till stor del av lönsamheten för de möjliga åtgärderna. Men satsningar på ökad energieffektivisering ses även som en del i företagets kvalitets- och miljöprofilering. Fortfarande finns det dock ett stort informations- och kunskapsbehov om energieffektivisering inom industrin, inte minst bland de mindre och medelstora industrierna. Även här spelar energiprisernas utveckling en viktig roll.

Joakim Lundgren har inte studerat industrins möjligheter till energieffektivisering explicit. Men de kan sägas ingå i den antagna förändringen av energiintensitet (energianvändning per BRP-krona). Energiintensiteten ger en indikation om hur effektivt energin används för att producera mervärden. I detta fall definierat som förhållandet mellan slutlig energianvändning

och bruttot av den inhemska regionala produktionen (mätt som BRP, det vill säga bruttoregionalprodukten). Energiintensiteten är dock svårbedömd.

För Norrbottens del så har el-intensiteten inom industrin sjunkit genom åren. Och den trenden antas fortsätta, i synnerhet eftersom vi kan förvänta oss höjda elpriser. När det gäller värme-intensiteten (avseende värme för processånga, tork- och smältvärme etcetera) så har den stigit kraftigt de senaste åren, speciellt mellan år 2000 och 2004 enligt den regionala statistiken. Vad detta beror på är inte klarlagt och utgör därför en osäkerhet i resultaten. Denna osäkerhet påverkar framför allt BAU-scenarierna där utvecklingen antas fortsätta enligt samma trend. I de gröna scenarierna avtar ökningen tills den förbyts i en mindre minskning av industrins processvärmeanvändning efter år 2020.

### **Positiva resultat**

Ett flertal studier som gjorts på tillverkande industrier har visat att det finns en stor potential för effektivisering av energianvändningen. Men de visar också att energirelaterade investeringar ofta prioriteras lägre än andra investeringar på grund av dels tidsbrist men också brister i kunskap. Därmed går många industrier miste om en chans att relativt enkelt minska företagets årliga energikostnader med hundra tusentals, ja ibland miljontals, kronor per år.

Norrbottens energikontor AB (Nenet) har tillsammans med Luleå tekniska universitet och Energitekniskt Centrum (ETC) i Piteå drivit projektet Energieffektivt företagande i Norrbotten under åren 2005 till 2007. Även här är slutsatsen att små- och medelstora företag ofta saknar just tid och kompetens för att arbeta med energieffektivisering. En annan slutsats är att energieffektivt företagande är en ledningsfråga som dessutom ställer krav på företagets förmåga att arbeta strukturerat och långsiktigt. Projektet visar att det finns ett stort behov av informations- och kunskapsspridning om energieffektivt företagande i Norrbotten.

### **Vita certifikat**

Joakim Lundgren menar att ett sätt med vilket regeringen skulle kunna driva på arbetet med industriella energieffektiviseringar är att införa så kallade vita certifikat, vilka i så fall skulle fungera på ungefär samma sätt som dagens gröna el-certifikat. Vita certifikat är ett politiskt styrmedel, där obligatoriska mål för energibesparingar sätts upp av staten. Energileverantörer, energidistributörer och fastighetsägare är tvungna att äga ett visst antal certifikat, vilka delas ut för åtgärder som minskar energianvändningen. Företag och industrier som sparar energi kan få ett överskott av vita certifikat som sedan kan säljas på energimarknaden och därmed generera pengar till företaget. På så sätt skapas ytterligare ett incitament att spara energi. Staten bestämmer hur dessa åtgärder ska mätas och verifieras, vilka sanktioner som ska tillämpas på dem som inte uppfyller kraven samt hur handeln med certifikat ska utformas. Vanliga exempel på åtgärder i länder som infört vita certifikatsystem är isolering av byggnader och byte till energieffektiv belysning.

Det återstår dock många frågetecken som måste rätas ut innan ett sådant system kan sjösättas. Många energibolag är skeptiska och menar att det

uppstår en bisarr situation där de tvingas arbeta för att sänka kundernas användning av deras produkter. Det finns även frågetecken kring vilka verksamheter som certifikathandeln ska omfatta, vilka kontrollmöjligheter som finns och om de vita och gröna certifikaten ska vara utbytbara mot varandra. I England och Italien håller vita certifikatsystem på att utvecklas och införas. I Sverige är Energimyndigheten på väg att ansluta sig till några planerade europeiska projekt för studier av vita certifikat.

### **Industrins ökade behov av processvärme**

Norrbottnens basindustrier har stor påverkan på länets energianvändning. De är energiintensiva och i SSAB:s fall även väldigt fossilbränslebaserade. Eftersom industrins energibehov ökar i alla energiscenarier, som en följd av förväntade produktionsökningar som även omfattar SSAB i Luleå, anser Joakim Lundgren att det inte går att göra Norrbotten helt fossilbränslefritt till år 2025. Att det inte går beror ju på att energianvändningen på SSAB i Luleå baseras på energislag som kol och koks. Industrins växande energianvändning hänger ihop med den förväntade tillväxten inom sektorn samt den ökade energiintensiteten (energianvändning per producerad nytta).

Joakim Lundgren ger tre exempel på åtgärder som ökat, eller kan komma att öka, industrins energianvändning.

1. SSAB i Luleå planerar att öka produktionen av stålämnen från dagens nivå på 2,15 miljoner ton till 3 miljoner ton per år. Det finns även planer på att öka kapaciteten på koksverket i syfte att bli självförsörjande på koks.
2. Om Smurfit Kappa investerar i en fullskalanläggning för svartlutsför-gasning i sin massafabrik i Piteå i syfte att producera biobränslebaserade drivmedel eller förnybar el kommer det att kräva ett stort intag av ny biomassa.
3. Efter referensåret 2004 har nya installationer inom industrin tillkommit, exempelvis har Billerud investerat i en större ångturbin i pappers- och massafabriken i Kalix.

### **Transporterna är den stora utmaningen**

När han bortser från industrins behov av fossila bränslen ser situationen mycket ljusare ut. Redan i dag är de flesta förnybara uppvärmningsformerna mer ekonomiskt fördelaktiga än oljeeldning. Och det övertaget förväntas öka med stigande oljepriser. Dessutom förväntas den framtida värmeanvändningen inom bostads- och servicesektorerna minska i de flesta energiscenarierna.

Olja används dock fortfarande till viss del inom fjärrvärmeproduktionen. Framför allt under de kallaste vinterdagarna när det finns behov av spetslast. Luleås fjärrvärme är dessutom beroende av en mindre del eldningsolja, som används när koksgasen inte har tillräckligt bra kvalitet.

Den stora utmaningen för Norrbotten är annars att reducera och kanske till och med få bort de fossila bränslena från drivmedelshanteringen. I studiens BAU-scenarier antas drivmedelsbehovet öka med 4-25 procent till år 2025, jämfört med dagens nivå. I de gröna scenarierna däremot antas drivmedelsbehovet minska med 44-53 procent, vilket främst hänger ihop med förändrade körvanor och effektivare motorer.

I och med studiens optimistiska syn på den framtida andelen fordon som drivs med förnybara drivmedel antas det ske en kraftig ökning av användningen av biodrivmedel i samtliga scenarier. Speciellt i de gröna scenarierna där biodrivmedlen förväntas stå för 75 procent av drivmedelsbehovet 2025. (EU-kommissionen har satt som mål att biodrivmedlen ska stå för 5,75 procent av drivmedelsförsäljningen inom EU 2010.)

## Biodrivmedel från cellulosa

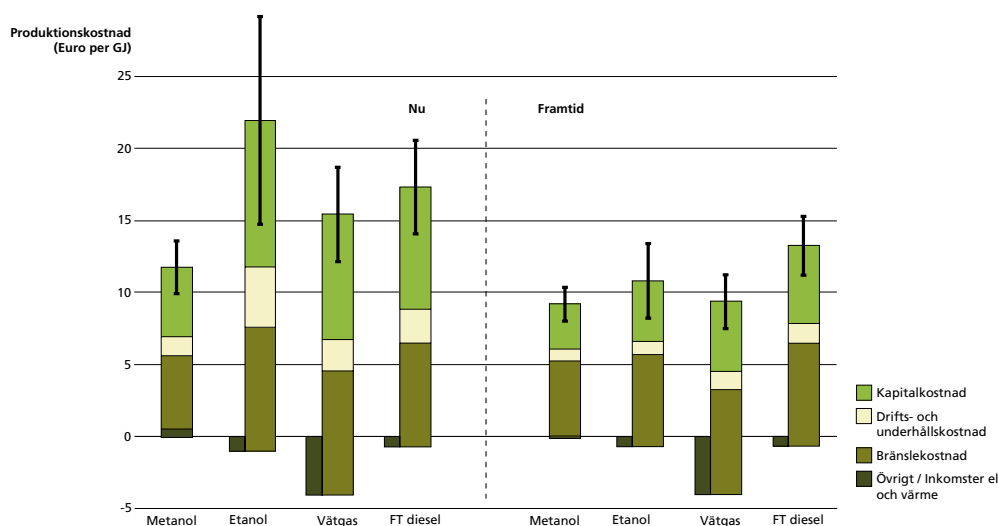
Det förväntas dröja ytterligare omkring tio år innan det utvecklats bra och lönsamma tekniker för att göra biodrivmedel av cellulosa från skoglig biomassa. Men när den tekniken väl är framtagen tror Joakim Lundgren att skogsbränslebaserade biodrivmedel kan produceras till konkurrenskraftiga priser gentemot fossila bränslen som fossil bensin och fossil diesel, vars priser beräknas öka avsevärt i framtiden.

Redan i dag provas exempelvis metoder för att konvertera cellulosa till socker med hjälp av avancerade enzymer. Detta socker kan sedan förvandlas till etanol genom jäsning. Det pågår också utveckling av kostnadseffektiva tekniker för produktion av biodrivmedel från skogsbränslebaserad cellulosa via förgasning av biobränslen. Biomassan förgasas till en syntetgas innan den går in i en kemisk reaktor. Beroende på reaktortyp kan metanol, etanol, syntetiskt diesel eller dimetyleter (DME) framställas

Biodiesel är diesel av biologiskt ursprung tillverkad av biologiska oljor och fetter. Syntetisk diesel är en dieselolja framställd genom exempelvis förgasning av biomassa tillsammans med så kallad Fischer-Tropsch-syntes.

## Första och andra generationens biodrivmedel

En intressant fråga ur regional synpunkt är vilket eller vilka biodrivmedel som det är intressant att producera i Norrbotten. Det är också av intresse



Bedömd produktionskostnad för några utvalda biodrivmedel nu och i framtiden (FTdiesel = Fischer-Tropsch diesel). 1 KWh motsvarar 3600 kJ. 1 € motsvarar drygt 9 kronor.

Källa: Hamelinck C.N and Faaij A.P.C. Outlook for advanced biofuels. Energy Policy 34 (2006) 3268–3283.

att veta hur stor andel av vårt drivmedelsbehov som potentiellt sett kan tillgodoses av regionalt producerade drivmedel.

De alternativa drivmedlen brukar indelas i första och andra generationens biodrivmedel. Till den första generationens drivmedel räknas etanol producerad av åkergrödor, biodiesel från raps - så kallad RME (rapsmetylester) och biogas. Ingen av dessa passar särskilt bra i Norrbotten, vilket främst hänger samman med att den nödvändiga bioråvaran för de två först nämnda alternativen inte finns tillgänglig i Norrbotten. När det gäller biogas finns råvaran inte i tillräckligt stor mängd för att det ska vara lönsamt att bygga stora produktionsanläggningar i Norrbotten.

Ett alternativ till biodrivmedel producerade av åkerbränslen är biodiesel producerad av tallolja. Enligt Joakim Lundgren passar den utmärkt för produktion i länet.

Joakim Lundgren anser att en framtida produktion av biodrivmedel i Norrbotten måste utgå från skogsråvara eller rester från skogsindustrin. Skogsbaserad drivmedelsproduktion konkurrerar inte heller med matproduktion på samma sätt som exempelvis etanol baserad på åkergrödor. Den andra generationens biodrivmedel som potentiellt sett kan bli intressanta i Norrbotten är:

- Etanolproduktion från skogsbränslebaserad cellulosa
- Vätgas
- Metanol
- DME (Dimetyleter)
- Syntetisk diesel/bensin från skogsbränslebaserad cellulosa

Det finns två huvudvägar att gå när det gäller produktion av ovanstående biodrivmedel - förgasning och fermentering (jäsnings). Joakim Lundgren menar att förgasningsspåret förmodligen är det mest intressanta eftersom det ger en större produktflexibilitet, vilket i sin tur minskar risken med att satsa på den aktuella tekniken. Om valet faller på produktion av etanol via fermentering så går det bara att producera etanol och inget annat. Om valet istället faller på förgasningsspåret så går det i princip att välja vilket av de fem ovanstående biodrivmedlen som ska produceras. Självklart krävs det en ny investering innan det går att byta drivmedel, men det krävs inte en investering i en helt ny förgasningsanläggning.

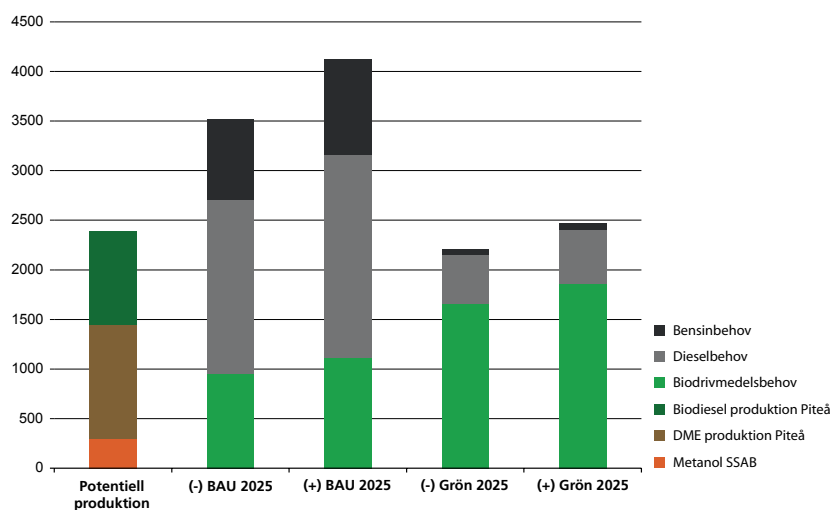
## Ekonomi

Ser man till de studier av teknik, ekonomi och energiutbyte avseende biodrivmedel som utförts av forskare runt om i världen är många överens om att metanol som bensinersättning och DME som dieseltersättning är de mest lovande biodrivmedlen för framtiden. I alla fall innan vätgassamhället eventuellt byggts upp om en så där 50 år eller så. Anledningen är att produktutbytet mellan råvaran och den färdiga produkten är större för metanol och DME än för de övriga alternativen. Det gör att metanol och DME troligen kommer att kunna produceras till lägre kostnader än alternativen.

Rimliga produktionskostnader bör vara ett grundkrav vid investeringar i nya drivmedelsfabriker. För tillfället anses det mycket svårt att bygga mindre, småskaliga anläggningar för produktion av biodrivmedel till konkurrenskraftiga produktionskostnader i Norrbotten. Men det pågår intressant

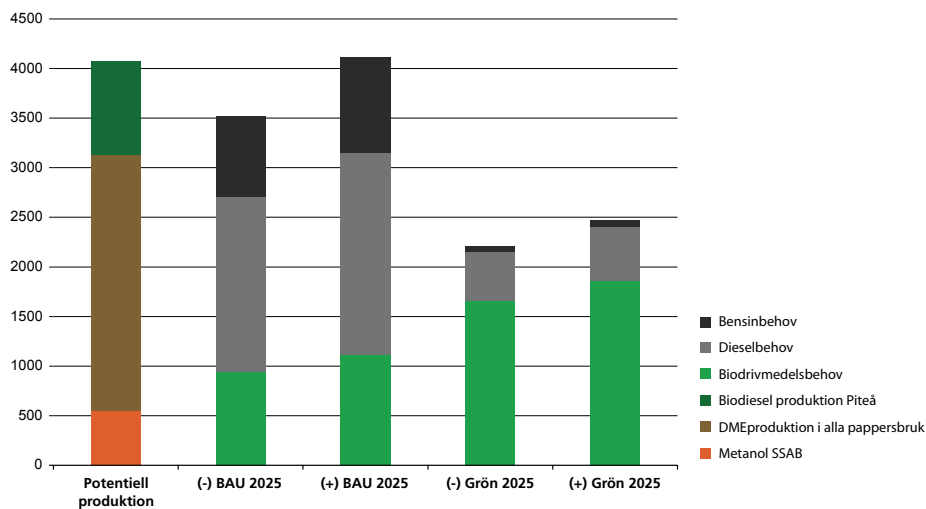


GWh per år



Detta fall bygger på att en fullskalig svartlutsförgasningsanläggning installeras vid Smurfit Kappa och att en anläggning för produktion av biodiesel från tallolja byggs i Piteå. Dessutom ingår en anläggning för metanolproduktion baserad på all tillgänglig koksgas vid SSAB i Luleå. Den totala energimängden drivmedel som skulle kunna produceras i dessa anläggningar (stapeln till vänster) skulle kunna täcka Norrbottens framtida behov av förnybara drivmedel enligt de fyra scenarierna.

GWh per år



Skillnaden från föregående fall är att samtliga massabruk i Norrbotten (plus bruket i Obbola i Västerbotten) producerar DME samtidigt som en viss mängd biobränsle (ca 400 GWh) förgasas och blandas med SSAB's koksgas. Detta tillsammans med biodieselproduktionen i Piteå skulle innebära att Norrbotten skulle kunna bli självförsörjande, och även exportör av, biodrivmedel. Faktum är att hela länets drivmedelsbehov teoretiskt skulle kunna täckas även i de scenarier där bränslebehovet ökar.

utveckling inom området. Slutsatsen för Norrbottens del är därför att det för närvarande ser ut att krävas stora fabriker, med positiva skaleffekter, för att få lönsamhet i produktionen.

### Lämplig lokalisering

Frågan är var i Norrbotten det passar att bygga anläggningar för produktion av biodrivmedel. Ett problem i sammanhanget är att bioråvaran i första hand finns tillgänglig i inlandet medan de stora, potentiella konsumentgrupperna finns i kustregionen. Det innebär att frågan om var anläggningarna bör placeras rymmer såväl logistiska som transportekonomiska problem.

Det optimala vore att placera fabriken så nära råvaran, det vill säga skogen, som möjligt för att minimera råvarutransporterna. Det är nämligen betydligt mer ekonomiskt att transportera det färdiga bränslet till användarna än att transportera den tunga och utrymmeskrävande råvaran till fabriken. En placering nära skogen skulle dessutom skapa många nya arbetstillfällen i inlandet.

Tyvärr så finns det två avgörande hinder:

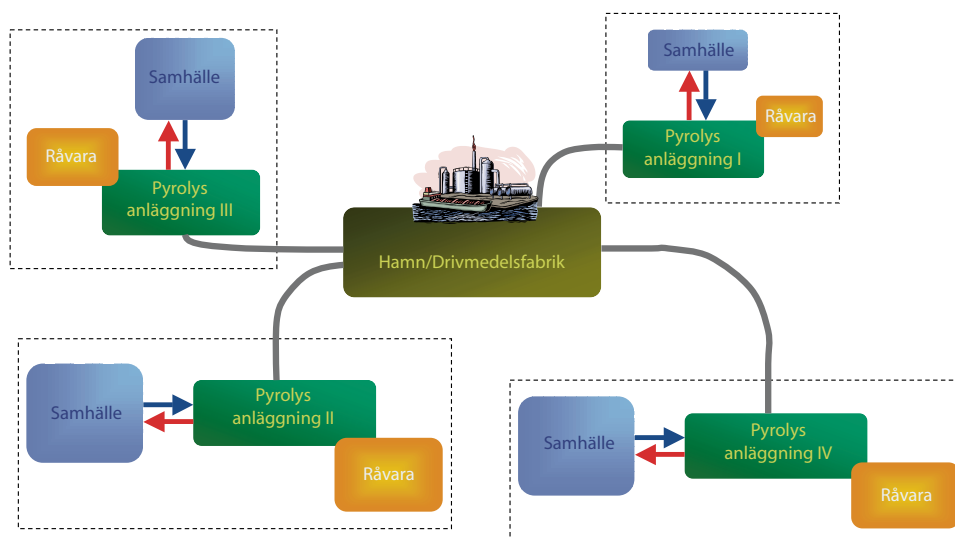
1. Det finns visserligen mycket biomassa i länet, men förmodligen inte tillräckligt för att samtidigt kunna förse en stor drivmedelsfabrik, de existerande pappers- och massaindustrierna samt sågverken med råvara.
2. För att få god ekonomi i en stor drivmedelsanläggning krävs det att det finns avsättning för den restvärme som produceras i anläggningen, så att det till exempel går att sälja spillvärmen som fjärrvärme. I Norrbottens inland finns det ingen stad eller större samhälle i närheten som har användning för de spillvärmemängder som genereras vid storskaliga anläggningar.

Joakim Lundgren anser att det sannolikt bara finns utrymme för en storskalig biodrivmedelsfabrik i Norrbotten. Redan i dag finns det långt gångna planer på storskalig produktion av fordonsbränsle i länet. Vid ETC i Piteå finns det en pilotanläggning för svartlutsförgasning ägd av Chemrec AB. En fullskalig anläggning installerad vid Smurfit Kappa Kraftliner i Piteå skulle enligt ETC kunna producera dimetyleter (DME) eller metanol motsvarande 800-1 100 GWh per år, förutsatt att tillräckliga mängder nytt skogsbränsle kan tillföras massafabriken.

I Piteå finns redan existerande infrastruktur och bränslehantering. Där handlar det egentligen om att få till stånd en mer effektiv användning av svartluten genom att förvandla massabruket till ett bioraffinaderi. Dessutom finns det långt gångna planer på att börja producera biodiesel från tallolja i Piteå. Det är företagen Kiram AB och Sunpine som planerar att producera 113 000 kubikmeter biodiesel årligen motsvarande cirka 900 GWh.

### Möjlighet för landsbygden

Joakim Lundgren ser en intressant möjlighet till etablering av mindre förädlingsanläggningar av bioråvara i inlandet. Det handlar då om anläggningar där biobränslet förädlas i ett första steg. De anläggningar han tänker på är mindre anläggningar för så kallad snabb pyrolys (snabb uppvärm-



*Principskiss över småskalig distribuerad förädling av biobränsle via pyrolys.*

ning utan lufttillförsel) för omvandling av ved till gas och koksrest. Gasen kyls sedan ner och omvandlas delvis till en vätska kallad pyrolysolja. Den övriga gasen och koksresten kan användas som bränsle för att upprätthålla processen. Den färdiga pyrolysoljan kan sedan användas som ersättning för fossil eldningsolja eller vidareförädlas till biodrivmedel.

Vidareförädling av pyrolysolja kan i framtiden ske i en eventuell anläggning vid Norrbottenkusten, eller skeppas till ett större europeiskt biorafinaderi.

Enligt Joakim Lundgren är småskalig, snabb pyrolys inte en mogen teknik i dag. Mycket forskning och utveckling återstår. Men han ser det som en intressant framtida möjlighet för länets landsbygd, där dessutom råvaran finns.

## Drivmedel från stålproduktionen

Joakim Lundgren lyfter även fram en annan norrbottnisk möjlighet. Det handlar om att det teoretiskt skulle vara möjligt att producera metanol av koksgasen från SSAB:s kokswerk i Luleå. Koksgasen innehåller en stor andel väte, vilket är en mycket viktig beståndsdel vid produktion av metanol. Om all i dag tillgänglig koksgas på SSAB i Luleå skulle användas för produktion av metanol, skulle det kunna produceras omkring 300 GWh metanol per år i Luleå. Men då handlar det givetvis om en fossilbränslebaserad process.

Koksgasen från SSAB används i dag bland annat för produktion av fjärrvärme till Luleå stad. Det är med andra ord inte möjligt att bara stjäla gasen och göra metanol av den. Självklart måste el- och värmeproduktionen upprätthållas, anser Joakim Lundgren.

En stor fördel med den föreslagna lösningen till metanolproduktion är att den skapar incitament för tillvaratagande av en del av de spillvärmeffloden vid SSAB som det i dag inte anses motiverat att använda. Det borde även vara intressant att förgasa biomassa vid SSAB och mixa den gasen med koksgas. Ur kemisk synpunkt skulle detta vara optimalt då koksgasen som

sagt innehåller mycket väte och förgasningsgasen mycket kolmonoxid. Denna mix skulle ge ett bra utbyte av metanol från de två gasflödena.

Enligt Joakim Lundgren skulle en sådan satsning öka möjligheten till lagring av energier vid stålverken samtidigt som den breddar stålverkens produktportfölj till att förutom stål, el och värme även omfatta drivmedel. En sådan breddning av de skandinaviska stålverkens produktion skulle innebära en förnyelse av basindustrin, liknande den utveckling som diskuteras för våra svenska pappers- och massindustrier. Fast inom pappers- och massaindustrin handlar det om utvecklas till bioraffinaderier (via exempelvis svartlutsförgasning) vilka även producerar grön el, gröna drivmedel och gröna kemikalier.

Joakim Lundgrens antaganden och resultat visar att Norrbotten har en teoretisk potential att kunna klara hela sitt behov av förnybara drivmedel, ja faktiskt hela drivmedelsbehovet, till år 2025. Frågan är bara hur långt regionen är beredd att gå, samt hur mycket som kan satsas på en sådan utveckling. De FoU-satsningar som han tycker bör prioriteras i regionen redan nu är:

- Utveckling av en stor, regional bioraffinaderianläggning i Piteå, kopplad till den pågående utvecklingen av tekniken för och användningen av svartlutsförgasning.
- Genomförande av en förstudie om användning av SSAB:s koksgas i Luleå i kombination med förgasning av biomassa för metanolproduktion för att reda ut alla konsekvenser som det kan innebära.
- Utveckling av landsbygden via distribuerad förädling av bioråvara genom småskalig pyrolys.

## Behov av mjukare åtgärder

Joakim Lundgren påpekar att det inte kommer att räcka med att invånarna i Norrbotten (som i dag har lägst andel bilar som drivs med biodrivmedel i landet samtidigt som norrbottningarna tillhör de svenskar som kör längst sträckor per år) byter ut sina nuvarande bensin- och dieslbilar mot bilar drivna av biodrivmedel. Det krävs även insatser för att förmå norrbottningarna att köra mindre och effektivare än de gör i dag.

Många sätter sitt hopp till den tekniska utvecklingen av bilarna och att den ska göra bilarna mer energisnåla. Enligt KTH-forskaren Christer Sanne har dock utvecklingen med allt energisnåla bilar under inledningen av 2000-talet inte lett till en minskad drivmedelsanvändning. När bilarna konsumerar mindre bränsle tycks vi istället köra längre sträckor eller så köper vi större bilar, trender som även finns i Norrbotten.

Joakim Lundgren menar att detta beteende måste ändras. Han efterlyser därför åtgärder som tydligt stimulerar val av kollektiva transporter (till exempel genom att införa lägre taxor för kollektivresor) och köp av bilar som drivs av biodrivmedel (till exempel genom att erbjuda gratis parkering för sådana bilar). Han efterlyser även en bättre samhällsplanering och breda informationsinsatser, bland annat för att bryta den nuvarande trenden när det byggs allt fler och större shoppingcentrum på bilavstånd utanför city. Andra åtgärder som han vill se mer av i Norrbotten är; fler bilpooler, stimulansåtgärder för ökad samåkning, fler resefria möten (med hjälp av IT-teknik) och långsiktiga satsningar på att öka inköpen av lokalt/regionalt

producerad mat.

Från statens sida efterlyser han framför allt höjda skatter på fossila bränslealternativ och byggandet av en ny kustjärnväg för gods- och persontransporter mellan Umeå och Haparanda (Norrbotniabanan).

## Biobränslen

Behovet av biobränsle ökar i alla redovisade scenarier. Det är framförallt industrins behov av biobränslen som ökar och då främst inom länets pappers- och massabruk, pelletsfabriker och sågverk.

Norrbotten har ett stort förråd av biomassa, men är ändå beroende av import. Enligt Skogsstyrelsen importerar sågverken årligen cirka 1,5 miljoner skogskubikmeter biomassa från Västerbotten, Finland och öststaterna medan massaindustrin importerar cirka 2,2 miljoner skogskubikmeter från samma områden. Ett ökat behov av biomassa skapar ökad konkurrens om densamma. Och detta påverkar priserna.

Det ökade intresset för trädbränslen innebär nya möjligheter för skogsägare och övriga skogsintressenter i Norrbotten. Här behöver det dock tas ett samlat grepp om hanteringen av den norrbottniska skogsråvaran som omfattar hela kedjan från odling till förädling. Allt i syfte att optimera användningen av trädbränslen utan att hota andra viktiga branscher och miljön.

Joakim Lundgren konstaterar att det är viktigt för länet att råvarubasen av biobränsle utökas. Det kan till exempel åstadkommas genom så kallad stubbrytning, bättre nyttjande av GROT (grenar och toppar) samt odling av energigrödor på åkermarker som inte används för matproduktion.

Denna studie visar att det finns en stor potential för produktion av bioenergi i form av energigrödor och/eller energiskog på jordbruksmarker i Norrbotten. Jordbruket tros därmed kunna få en viktig roll vid uppbyggnaden av ett långsiktigt hållbart energisystem i Norrbotten. Dels genom att bli bränsleproducent och leverera bränsle till olika produktionssystem som småskaliga kraftvärmeanläggningar eller biodrivmedelsfabriker. Men även genom att minska den egna användningen av fossila bränslen.

## Rörflen

Den i Norrbotten intressantaste energigrödan anses vara rörflen. Eldning av rörflen i oförädlad form ger bäst ekonomi om odlingarna ligger nära de aktuella förbränningsanläggningarna, vilka kan vara kommunala värme- och kraftvärmeverk. I BAU-scenarierna är det rimligt att tänka sig att två av länets större värme-/kraftvärmeverk börjat elda med rörflen, som ett tillskott till den övriga bränslemixen, år 2025. Det antas ge energitillskott från rörflen på 5-10 GWh år 2025. I de gröna scenarierna är det rimligt att tänka sig att eldning av rörflen sker i fler, centrala värmeanläggningar, varför tillskottet från rörflen antas uppgå till 50-60 GWh år 2025.

Produktion av drivmedel baserad på antingen energiskog, eller energigrödor, odlad på nedlagd jordbruksmark anses ha många fördelar. Det innebär bland annat att produktionen av energiråvara inte konkurrerar med produktionen av livsmedel och skogsindustrins behov av råvara. Dessutom erbjuder dessa odlingar en möjlighet för kommunerna att bli av med sitt avloppsslam, eftersom slammet kan användas som gödsel. Joakim Lund-

gren menar att odling av energigrödor på jordbruksmarker som legat i träda kan skapa värdefulla arbetstillfällen på landsbygden.

### **Småskalig, biobränslebaserad kraftvärme**

Med dagens energipriser är småskalig, biobränslebaserad fjärrvärme ett lönsamt alternativ i många byar och förorter i Norrbotten. Där det finns fjärrvärmenät finns det även förutsättningar för samtidig produktion av el och värme i kraftvärmeverk. Eldas de med biobränslen är den el och värme som produceras förnybar. Vid kraftvärmeproduktion omvandlas 80-90 procent av bränslets energiinnehåll till el och fjärrvärme, vilket gör dem avsevärt mer energieffektiva än traditionella fjärrvärmeverk.

Det har länge varit svårt att bygga lönsamma, småskaliga kraftvärmeanläggningar i Norrbotten. Energiprisernas utveckling har dock, tillsammans med införandet av gröna elcertifikat, förändrat bilden. Systemet med elcertifikat är uppbyggt så att producenter av förnybar el får ett elcertifikat för varje producerad MWh el. Det är obligatoriskt för elleverantörer och vissa i lagen definierade elanvändare att köpa en viss mängd elcertifikat, den så kallade kvotplikten. I och med försäljningen av elcertifikat får producenterna en extra intäkt utöver intäkterna från elförsäljningen.

Småskaliga, biobränsleeldade kraftvärmeanläggningar blir allt vanligare i södra Europa. I Norrbotten skulle sådana anläggningar kunna ägas kooperativt av folk på orten eller i byn. Om bränslet hämtas lokalt kan småskaliga kraftvärmeanläggningar ses som ett sätt att öka försörjningstryggheten och sammanhållningen på landsbygden.

### **Biogas**

Joakim Lundgren tror att jordbruket även kan gagnas av en satsning på produktion av biogas i gårdsanläggningar där gödsel, hushållsavfall eller grödor rötas. I Norrbotten finns det i dag totalt fem biogasanläggningar (deponier undantagna) som totalt producerar 28,5 GWh biogas per år. Den mest värdefulla beståndsdelen i biogas är metan, som har många användningsområden. Vanligast är att biogasen förbränns för generering av värme. Denna värme kan antingen användas för att hålla temperaturen i rötkamraren på rätt nivå eller till uppvärmning av tappvarmvatten och lokaler. Metan kan också användas för produktion av el, vanligtvis i kolvmotorer.

### **Mansdominans**

Energibranschen är av tradition mansdominerad. I en svensk rapport från 2007 konstateras att de kvinnor som finns inom branschen i huvudsak arbetar med servicefunktioner och administrativa uppgifter.

Redan år 2000 konstaterade kraftföretaget Sydkraft att kvinnor och ungdomar upplever energibranschen som konservativ och traditionell. Som ett led i arbetet med att kunna möta framtida kundkrav sade sig bolaget vilja arbeta aktivt med att rekrytera fler kvinnor.

Erfarenheter från energiprojekt i Norrbotten visar att fler kvinnor lockas att delta om energifrågorna kopplas till samhällsutvecklingen. Även betydelsen av jämställda arbetsplatser och kvinnliga nätverk lyfts fram.

Uppgifterna är intressanta med tanke på Joakim Lundgrens energisce-



narier för år 2025. BAU-scenarierna kan här ses som en fortsättning på den inslagna vägen, vilket troligen innebär fortsatt manlig dominans över nödvändiga beslut och vägval. De gröna scenarierna innebär förändring avseende såväl miljömedvetenhet och teknikval som synen på arbete kontra fritid.

SCB:s statistik över anställda i åldern 16-64 år i Norrbotten år 2005 visar bland annat följande.

Andelen kvinnor bland:

- Länets högre ämbetsmän och politiker var 15 procent.
- Chefstjänstemän i intresseorganisationer var 29 procent.
- Verkställande direktörer, verkschefer med flera var 12 procent.
- Drift- och verksamhetschefer var 33 procent.
- Chefer för särskilda funktioner var 29 procent.
- Chefer för mindre företag och enheter var 32 procent.
- Civilingenjörer, arkitekter med flera var 18 procent.
- Ingenjörer och tekniker var 11 procent.

Det finns ingen anledning att tro att andelen kvinnor inom dessa befattningar varit högre tidigare år, snarare tvärtom. Eftersom dagens energiförsörjning och samhällen i Norrbotten är resultat av tidigare beslut, kan man nog säga att det vi nu ser är resultatet av olika beslut fattade av i huvudsak män. Utan en medveten strategi för att involvera fler kvinnor och kvinnliga nätverk i de avgörande besluten finns det risk för att även energiförsörjningen och samhällena i Norrbotten år 2025 kommer att vara resultat av beslut fattade av i huvudsak män.

Under perioden 1995-2003 var det genomgående fler kvinnor än män i Norrbotten som fortsatte med högre utbildning inom tre år efter gymnasieexamen. Andelen kvinnor som påbörjade högre studier låg i nivå med rikets. Andelen män som gjorde detsamma låg under riksgenomsnittet. De norrbottniska kvinnorna har alltså generellt sett en högre utbildningsnivå än länets män. Samtidigt hade de en lönenivå omräknat till heltidslön som i snitt var 13 procent lägre än männens.

Uppgifterna ovan antyder att det finns gott om välutbildade kvinnor i Norrbotten. Om det finns en ambition att nå längre ur hållbarhetssynpunkt än studiens BAU-scenarier är det nog viktigt att redan nu aktivt verka för att få med länets kvinnor i beslutsprocessen kring formandet av ett grönare Norrbotten år 2025. Med fler kvinnor inblandade i denna process ökar möjligheten att skapa ett framtida Norrbotten där såväl energiförsörjningen som samhällsbyggandet i stort tar hänsyn till hela, istället för bara halva, befolknings önskningar och behov.

Slår vi in på vägen till ett fossilbränslefritt Norrbotten gör vi ett paradigmskifte (byte av vetenskapliga tankemönster och förebilder). Det handlar om att börja se på Norrbotten och norrbottningarna med nya ögon. Joakim Lundgren har visat att vi kan vara framme vid målet inom alla sektorer utom industrisektorn strax efter år 2025. Faktum är att få regioner kan mäta sig med Norrbotten när det gäller tillgångar av förnybara energikällor, kompetens och livskvalitet. Men vi får inte lura oss själva och tro att någon annan kommer att hjälpa oss. Valet är helt vårt eget. Och vi måste bestämma oss nu.

Rapporten "Fokus – Norrbottens energiresurser" utgör en del av projektet med samma namn. Den visar möjliga vägar till ett Norrbotten fritt från fossila bränslen och är bland annat tänkt att fungera som diskussionsunderlag i arbetet med att ta fram en regional energistrategi för Norrbotten. Rapportens innehåll bygger till största delen på resultat hämtade från forskningsrapporten "Exploring the energy future of Northern Sweden by energy scenarios" utförd av Joakim Lundgren, Luleå tekniska universitet, under hans studier på IIASA, Österrike, 2006-2007.



Finansiärer:



Europeiska Unionen  
Strukturfonderna



Länsstyrelsen  
Norrbotten

