

Underlag till arbetet med

# Översiktsplan för Uppsala kommun

2015-09-11

**UNDERLAGSRAPPORT:**

## Energisystem 2050 i Uppsala kommun



**RAPPORTFÖRFATTARE**

Michael Åhlman  
Kommunledningskontoret

753 75 Uppsala  
Besöksadress: Stationsgatan 12

Telefon: 018-727 00 00

# Energisystemet i Uppsala kommun - nuläge till år 2050

Uppsala Kommun, Februari 2015



<http://www.vattenfall.se/sv/foretag-nytt-kraftvarmeverk-i-uppsala.htm>

## Innehåll

Sammanfattning.....	8
Inledning.....	9
Studiens genomförande.....	12
Nuläge energisystemet i Uppsala kommun.....	14
Historisk återblick.....	14
Nuläge omvandling.....	15
Uppsala stad.....	15
Tätorter.....	17
Nuläge tillförsel.....	18
Sol.....	18
Vind.....	18
Vatten.....	18
Biomassa från mark och skog.....	19
Restprodukter från näringar.....	19
Energiutvinning från deponier.....	19
Mark & bergvärme/-kyla.....	19
Spillvärme/-kyla från verksamhet och boenden.....	19
Avfall och övriga restprodukter.....	20
Markbundna transporter.....	20
Tillförsel fossil energi.....	21
Det är viktigt att notera att avfall ovan i bilden ovan endast till 40% består av fossil energi.....	21
Nuläge distribution.....	21
Fjärrvärme/-kyla.....	21
Gasnät.....	22
Nuläge användning.....	23
Energianvändning fördelat per sektor.....	24
Energianvändning i transportsektorn.....	25
Nuläge lokala branschaktörer inom energiområdet.....	26
Nuläge energiförsörjningens sårbarhet.....	27
Drivmedel.....	27
Störning i elförsörjning.....	28
Utmaningar och utvecklingsvägar.....	29

Klimat och miljöutmaningen .....	29
Planetens gränser .....	29
Klimatet .....	30
Vatten .....	30
Luft.....	30
Arv från tidigare generationer.....	32
Det globala energilandskapet.....	32
Det Svenska energilandskapet .....	33
Teknologiutvecklingen.....	33
Strategiska trender i ett globalt perspektiv.....	33
Fusion, ren och uthållig energi för framtiden .....	34
Politik och styrmedel.....	34
Nationell politik .....	34
EU-politik .....	36
Urbaniseringen och samhällsutvecklingen.....	36
Resursknappheten.....	36
Cirkulär ekonomi .....	37
Konsumentbeteenden.....	37
Utveckling-energianvändning.....	37
Transportsektorn.....	37
Bostadssektorn .....	38
Industrins energianvändning.....	38
Utveckling - energidistribution.....	40
Smarta elnät .....	40
Elförsörjning godstransporter .....	42
Elförsörjning till kollektiva persontransportsystem .....	42
Gasnät.....	42
Nät för värmedistribution .....	43
Utveckling – energiomvandling.....	44
Förgasning .....	44
Elektrolys .....	45
”Power to gas” .....	45
Bioraffinering.....	46

Utvecklingsplaner i Uppsala .....	46
Utveckling – energitillförsel.....	46
Torv.....	47
Industrihampa .....	47
Gödsel.....	48
Nötgödsel .....	48
Hästgödsel.....	48
Halm .....	49
Brännbart avfall.....	49
Spillvärme .....	49
Mikroalger .....	50
Makroalger .....	50
Tillförsel via solinstrålning.....	51
Tillförsel via vindkraft.....	51
Tillförsel från skogsråvaror.....	51
Utveckling – lantbruk och landsbygd .....	54
Analys .....	58
Tillförsel.....	58
Biomassa.....	58
Solel .....	60
Vind.....	60
Vatten .....	60
Brännbart avfall.....	61
Spillvärme.....	61
Distribution.....	61
Omvandling och användning.....	62
Investeringar i nya omvandlingsanläggningar.....	62
Energibehov värmeproduktion .....	62
Transporter.....	63
Skogsjordbruk ("Agroforestry").....	64
Övrig matproduktion.....	65
Utformning av offentlig verksamhet.....	65
Nyproduktion av bostäder och anläggningar.....	65

Aktörer och "marknaden" .....	65
Självförsörjning och beredskap .....	67
Systemalternativ.....	67
Energiomvandling.....	67
Energidistribution och lagring .....	71
Scenarier för Energisystemet i Uppsala kommun år 2050 .....	74
Scenario 1: Fortsatt utveckling av "nuvarande energisystem" .....	74
Energisystemets struktur .....	77
Lokala energiaktörer 2050.....	78
Viktiga händelser 2015-2050.....	78
Scenario 2: Bortom det konventionella.....	79
Tillståndsmål.....	79
Energianvändningen 2050.....	80
Energisystemets struktur .....	82
Stadens struktur för omvandling och distribution .....	84
Tätorternas struktur för omvandling och distribution .....	85
Struktur för omvandling och distribution inom förtätad bebyggelse utanför planlagda områden .....	86
Struktur för energidistribution .....	86
Sårbarhet och redundans .....	88
Energiaktörer 2050.....	88
Viktiga händelser 2015-2050.....	89
Jämförelse mellan scenarioalternativen .....	91
Diskussion.....	99
Hur "transformativt" är det föreslagna scenariot "Bortom det konventionella" egentligen? .....	99
Övriga synpunkter – frågor som diskuterats.....	100
Rekommendationer till fortsatt arbete .....	101
Referenser .....	103

## Sammanfattning

Denna systemstudie utgör ett av flera underlag till Uppsalas översiktsplan 2016 och Färdplan klimatpositivt Uppsala. Den beskriver hur ett framtida energisystem kan se ut i ett 2050 perspektiv utifrån två alternativa scenarier:

1. Fortsatt utveckling av det konventionella systemet
2. Utveckling bortom det konventionella

Slutsatserna indikerar att en fortsatt utveckling utifrån de konventionella förutsättningarna inte räcker till för att nå Uppsalas långsiktiga utvecklingsmål inom energiområdet.

En utveckling bortom det konventionella kommer troligtvis behövas vilket innebär att energisystemet med dess tillhörande aktörsstruktur måste genomgå större förändringar.

Marknadskrafterna bedöms inte vara tillräckliga för att ställa om energisystemet varför de lokala samhällsfinansierade aktörerna måste ta ett större aktivt ansvar inom energiområdet under omställningsperioden.

Det nya energisystemet kännetecknas av samarbete mellan länets kommuner vilket förväntas skapa många positiva miljö- såväl som näringslivseffekter. Effektivt utbyte mellan stad, tätorter och landsbygden är en annan viktig del i det nya systemet. Genom en avsevärt högre självförsörjning från förnyelsebara energikällor (företrädesvis från biomassa och sol) minskar sårbarheten i samhället samtidigt vårt stora importberoende av fossila bränslen reduceras.

Lantbruket spelar en mycket viktig roll i omställningen till mer närproducerad energi och mat. Det nya energisystemet har en hög grad av integrering med VA- och Avfallssystemet vilket säkerställer material- och vattenkretsloppen samt effektivt utnyttjande av synergier.

Ett kommungeografiskt energinät omfattande vattenburen energi, energigas och el är grunden i det nya systemet vilket möjliggör för balansering av effekt mellan olika verksamheter. Uppbyggnad av energiomvandlingsanläggningar i kommunens tätorter sker genom integration med avloppsreningsverken i nya s.k. "kraftvärmereningsverk". I transportsystemet är vätgas och el energibärare och förbränningsmotorer är utvecklade. En gemensam spillenergimarknad byggs upp för effektivt energiutnyttjande i systemet.

Uppfattningen om att hållbar ekologisk samhällsutveckling står i konflikt med en långsiktig näringslivsutveckling motbevisas då studien indikerar att effekten blir den motsatta dvs. att långsiktiga satsningar inom hållbar energiförsörjning stödjer den hållbara näringslivsutvecklingen. Studien visar på hur en långsiktig omställning skulle kunna genomföras samt vilka planeringsförutsättningar som gäller för de två scenarioalternativen.



## Inledning

Denna systemstudie utgör ett av flera underlag till Uppsalas översiktsplan 2016.

Målsättningen är att denna studie skall

- ge stöd till översiktsplanen (ÖP) genom att belysa viktiga områden med koppling till energi
- koppla energikutvecklingen till samhällsutvecklingsmål
- beskriva de egenskaper som ett framtida energisystem skall kännetecknas av
- koppla det framtida energisystemet till fysisk planering
- skissa på två alternativa energisystem 2050 varav ett skall väsentligt skilja sig från det system som förväntas om utvecklingen sker enligt konventionella utvecklingsbedömningar

Den primära målgruppen för studien är tjänstemän inom Uppsala kommun som arbetar med samhällsutveckling, teknisk verksamhet, miljö-, energi- och klimatfrågor. Med anledning av detta så är studien relativt teknisk i sitt beskrivningsätt.

Dokumentet är inte politiskt förankrat utan skall ses som en idéskiss som stöd för ÖP-arbetet.

Visionen i aktualitetsförklaring av Uppsalas översiktsplan 2010 pekar ut nödvändigheten av att ställa om samhället till hållbarhet och sikta mot ett klimapositivt samhälle. Aktualitetsförklaringen beskriver väl Uppsalas utmaningar, vilka har varit grund vid framtagandet av studien, nedan framgår ett utdrag ur denna:

### Strategiska utmaningar för ett växande Uppsala

Flera globala samhällstrender förväntas få stor betydelse för den framtida utvecklingen: Ny teknik och nya värderingar inverkar på individer och samhället. Den fortgående globaliseringen, urbaniseringen och regionförstoringen, tillsammans med framväxten av nya ekonomiska och geopolitiska tyngdpunkter, ritar om den globala och lokala kartan. Miljö- och klimatutmaningar och sociala spännigar utmanar vår handlingskraft och vårt ansvarstagande. Att säkra ekosystemens status och motståndskraft är avgörande för välfärd och tillväxt. Parallellt är vi på väg in i ett samhälle där informations- och kommunikationsteknologin vidgar möjligheterna till mänsklig interaktion. Frågor tenderar att hänga ihop med varandra och beröra många olika aktörer, intressen, nätverk och korsande initiativ. Då behövs också nya sätt att samarbeta och att fatta beslut.

Nedan beskrivs tre strategiska utmaningar, med koppling till de ovan beskrivna övergripande trenderna, som alla kretsar kring vilken roll Uppsala vill och kan ta på sig i utvecklingen av ett hållbart samhälle.

### Is i magen och ledarskap - att dra nytta av och hålla den långa sikten

Hållbar utveckling är en given och gemensam utgångspunkt för kommunens långsiktiga planering. Då behövs framförhållning och uthållighet. Fördelen med en lång tidshorisont är att det ger möjligheter till nytänkande, exempelvis för att få igång nödvändiga systemskiften för omställning av infrastrukturen för att klara miljö- och klimatutmaningarna.

En stor och snabb befolkningsökning underlättas om det finns långsiktiga strategier kring investeringar, byggande, skydd och förvaltning.

Fler människor behöver bostäder, service, infrastruktur etc. Många olika funktioner, som inte alltid enkelt låter sig kombineras, behöver beredas plats inom begränsade ytor och trycket på såväl mark- och vattenresurserna som bebyggda miljöer ökar. Det i sin tur förutsätter helhetssyn och systemtänkande.

Politiska visioner och ledarskap är centrala för att peka ut en tydlig riktning för utvecklingen, och samtidigt ha beredskap för nya situationer. Det innefattar prioriteringar både mellan olika intressen och över tid.

Att ha is i magen och vänta in rätt tillfälle hör till de svåraste avvägningarna att hantera, men kan vara nödvändigt för att uppnå en på sikt ändamålsenlig utveckling. Det kan handla om att dra nytta av gjorda investeringar, att invänta rätt tillfälle att investera och att värna lägesbundna kvaliteter.

I ledarskapet ligger också att samverka med andra samhällsaktörer. Det är viktigt att skapa delaktighet och trovärdighet kring den långsiktiga färdriktningen. Medborgardialoger är användbara verktyg. Kommunen behöver också samarbeta med näringsliv och forskning, andra kommuner, regionala och nationella myndigheter samt europeiska program.

Dragningskraft och dragkraft - att fullt ut dra nytta av det geografiska läget  
Uppsala är en del av Europas och Sveriges mest konkurrenskraftiga region och Europas snabbast växande storstadsregion. Det ger oss goda förutsättningar att ta rollen som nordlig nod i huvudstadsregionen och att utvecklas till kraftcentrum för innovationer, nyetableringar och jobbtillväxt i hela Mälarenregionen. Därför behöver vi ha beredskap för en fortsatt stark befolkningstillväxt. Det ger underlag för ett alltmer specialiserat utbud av service och för att tillföra kvaliteter i människors vardagsmiljö.

Bostadsbyggande och näringslivsutveckling hänger ihop. En stor och snabb befolkningsökning förutsätter fler arbetstillfällen och att befintliga och nya företag ges plats att utvecklas i attraktiva miljöer. Om Uppsala inte ska bli en utpräglad utpendlingsort behöver näringslivsstrukturen breddas ytterligare, med betoning på exportinriktade, kunskapsintensiva verksamheter tillsammans med kvalificerade företagstjänster och forskning.

Det kan även ge underlag för ökad inpendling till Uppsala, både från omgivande orter och regionalt. En utvecklad tågtrafik, tillsammans med en stadsutveckling som tar till vara kollektivtrafikens förutsättningar, länkar samman stadskärnor och tätorter både inom och utom kommunen. Resecentrum som lokal, regional, storregional och nationell nod, och med snabbkoppling till Arlanda, intar en särställning.

Det är viktigt att Uppsala kan samspela effektivt med övriga Stockholm-Mälardalen och samtidigt erbjuda något som tilltalar eller rent av är unikt och som attraherar spetskompetens, investeringar, invånare och besökare. Det ökar regionens samlade styrka i ett internationellt perspektiv, vilket gynnar Uppsala. Det innebär också konkurrens med andra kommuner och städer. De stora landsbygdsområdena i kommunen är en stor tillgång för en hållbar utveckling. Att kommunen har en egen identitet, kan erbjuda en god miljö och är trivsamt och stimulerande att bo och verka i, är en konkurrensfördel.

#### Framkant och nyskapande - att vända utmaningar till möjligheter

Storstäder skiljer sig från andra städer inte bara genom sin storlek utan också genom större täthet, mångfald och snabba förändringstakt. Uppsala kommer framöver att präglas ännu mer av rörlighet och förändring och av att människor och verksamheter flyttar in och ut. I ett globalt orienterat och kunskapsberoende samhälle är ökad mångfald en strategisk tillgång. Ett öppet och inkluderande samhällsklimat, både i staden och på landsbygden, är viktigt för att människor och företag ska vilja flytta till och stanna kvar i Uppsala. Även trygghet och säkerhet är viktigt för livskvaliteten och påverkar människors och företags val.

En växande stad, genom människorna som verkar i den, kan fungera som jordmån för nya idéer. Gemensamma kontaktytor, som är tillgängliga för alla, kan bidra till möten mellan människor och stimulera till demokrati, delaktighet och inkludering. Om platser utvecklas ökar också deras värde. Social infrastruktur, kultur, nöje, gröna parkrum och god miljö för alla åldrar kan vara lika avgörande som arbetsplatser för en orts attraktivitet. Utbudet i staden och i övriga tätorter är också viktigt för omlandet och påverkar därmed dess dragningskraft som levande landsbygd.

Behovet av resurseffektiva lösningar för att klara lokal och global välfärd, tillsammans med den snabba urbaniseringen, har gjort hållbara städer till ett växande affärsområde. Även miljöteknik och gröna näringar har goda förutsättningar att utvecklas. Genom att gå före och visa att det går att ställa om till ett hållbart samhälle kan Uppsala bli en global ledstjärna för resurseffektivt samhällsbyggande och miljösmart utveckling.

Urbaniseringen ger också förutsättningar att vidta framsynta åtgärder för att stärka Uppsala som kulturell och demokratisk mötesplats. Med ökad mångfald och individualiserade livsstilar följer behov av många olika slags miljöer. Att allt fler blir allt äldre, samtidigt som förväntningar på skräddarsydda lösningar ökar, innebär en

förändrad behovsbild. Det ställer också krav på ett tydligare fokus på tillgänglighet. Uppsala bör redan nu förbereda stadsplanering, bostadsbyggande och serviceutbud för att ligga i framkant i framtiden.

## Studiens genomförande

Studien har genomförts under perioden november 2014 till februari 2015.

I utredningsarbetet har möjligheter att utnyttja synergier mellan olika tekniska system i samhället varit en viktig utgångspunkt.

Exempel på viktiga samverkande system är:

- Avfallssystemet
- Vatten och avlopps (VA) systemet
- Transportsystemet

Dataunderlag har till stor del hämtats från "Färdplan klimatpositivt Uppsala" som bl.a. modellerar Uppsala kommuns energisystem och andra källor till växthusgasutsläpp i programvaran LEAP<sup>1</sup>. Modelleringsverktyget är utvecklat av Stockholm Environment Institute och används av tusentals organisationer för att på lång sikt planera ett geografiskt energisystem med avseende på bl.a. tillväxt, resursanvändning och växthusgasutsläpp.

I färdplanearbetet har olika scenarier med avseende på delmål, energisystemets utveckling och den bedömda potentialen för olika åtgärder uppskattats. I denna utredning har ett av dessa scenarion, det så kallade aktörscenariot, valts som ett troligt utfall av kommunens pågående energi- och klimatarbete. Aktörsscenarioet, som vi nedan kallar "fortsatt utveckling av det nuvarande energisystemet", representerar effekten av åtgärder och mål som lokala aktörer genomför eller planerar att genomföra.

Arbetet har omfattat 1) dokumentstudier, 2) arbetsmöten med den s.k. "färdplanegruppen" samt ett 10-tal specifika möten med olika organisationer (se lista nedan) samt 3) djupintervjuer med enskilda nyckelpersoner.

De parter/organisationer som medverkat i dessa möten/intervjuer är:

- Uppsala kommunförvaltning
- Uppsala Vatten och Avfall AB (Uppsala vatten), kommunalt bolag
- Vattenfall Värme Uppsala (Vattenfall)
- Biogas Öst
- Länsstyrelsen Uppsala län

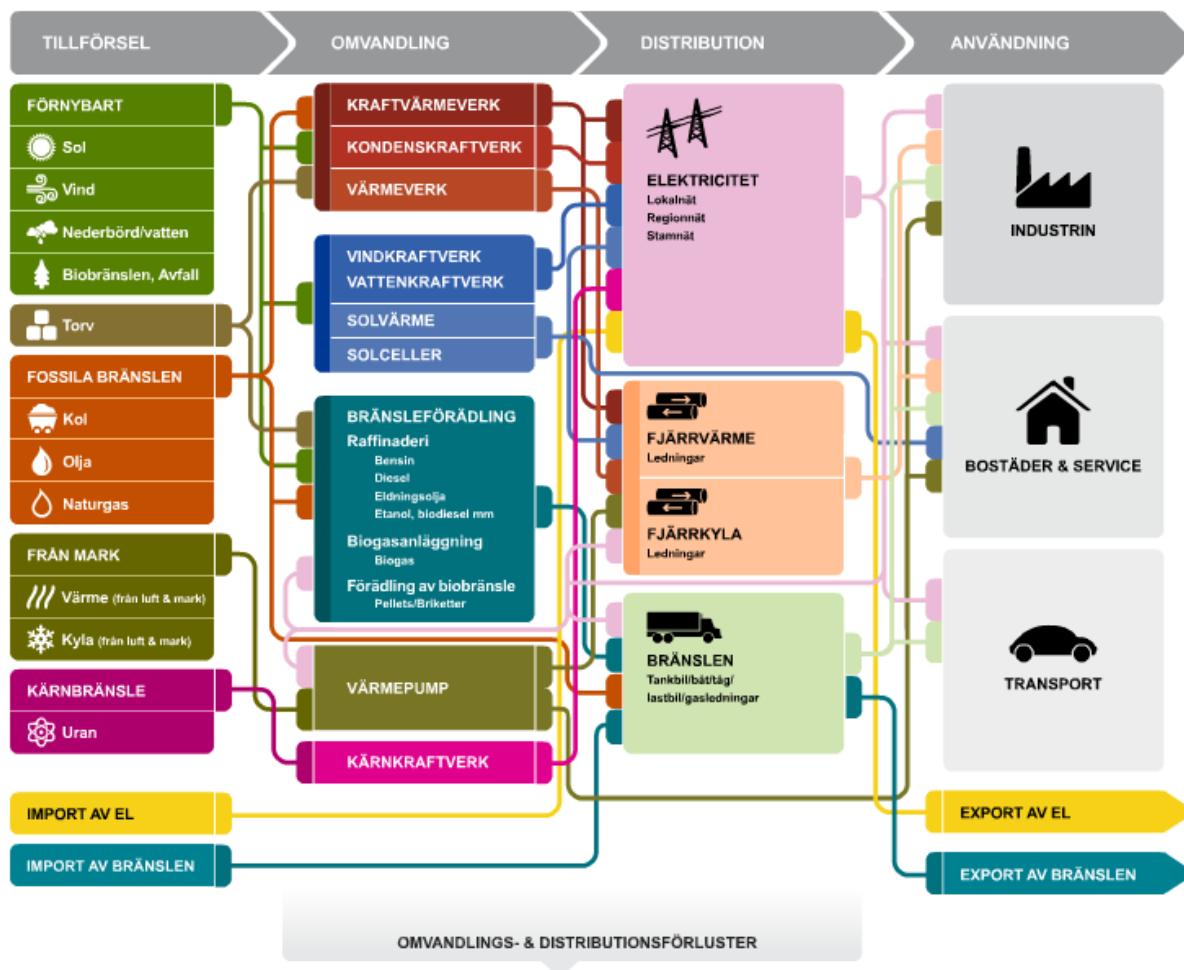
<sup>1</sup> <http://www.energycommunity.org/>

- Energikontoret i Mälardalen
- Bionär AB
- Uppsala Universitet
- Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU)
- Sala Heby Energi
- Vätgas Sverige
- Sweco
- Klimataktion
- Jordens vänner
- Naturskyddsföreningen

Huvudansvarig för studiens genomförande har varit Michael Åhlman, miljöstrateg på Uppsala kommun med stöd av David Jedland, praktikant på Uppsala kommun.

Slutsatser och analyser är författarens om inget annat anges specifikt.

## Nuläge energisystemet i Uppsala kommun



Figur 1: Som ramverk för att beskriva energisystemet så används ovanstående modell<sup>2</sup>

### Historisk återblick

Dagens energisystem, där storskaliga energiomvandlingsanläggningar och fjärrvärmenät, utgör en central del är till stora delar ett resultat av den omfattande utbyggnaden av energiproduktionen som skett under 1960-80 talen.

Flera viktiga drivkrafter låg bakom denna utbyggnad såsom stegvisa införanden av energiskatter (de första introducerades redan på 1950-talet), oljekrisen på 1970-talet samt successivt hårdare regler mot deponering av avfall. Dessa krafter ledde till en långsiktig utbyggnad av värme-/kraftvärmeverk (för omvandling av avfall till värme) med tillhörande fjärrvärmenät.<sup>3</sup>

Vi ser att den tidens energimarknad skiljer sig väsentligt från dagens med avseende på ägarförhållanden och politik. Motsvarande större utbyggnad idag innebär stora utmaningar i ett

<sup>2</sup> <http://www.energikunskap.se/Global/Faktabasen/energisystemet.swf>

<sup>3</sup> <http://www.slideshare.net/fullscreen/AmandaBilek/swedish-energy-agenda-swedens-waste-and-energy-strategy/1> (sid 11)

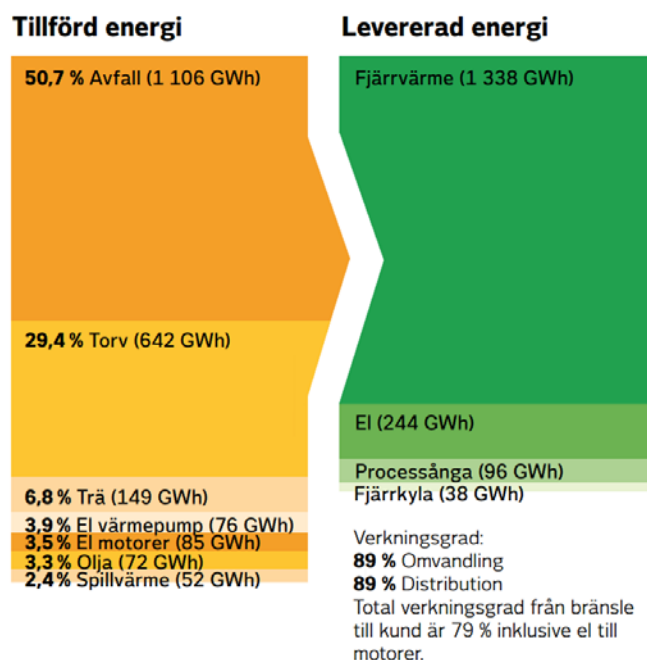
marknadsdrivet energisystem, med mer begränsade samhällsekonomiska resurser samt lägre grad av nationellt självbestämmande avseende den gemensamma elmarknaden.

I följande nulägesbeskrivningar så är den geografiska kommunen (Uppsala) alltid avgränsningen om inte annat anges i texten. Lokala klimatvariationer mellan åren kan ha relativt stor påverkan på framförallt värmeproduktionen. I nedanstående statistik så beskriver figurerna de faktiska enerimängder som omvandlats och använts dvs. ingen graddagskorrigering har gjorts om inte detta anges specifikt

## Nuläge omvandling

### Uppsala stad

I Uppsala står Vattenfalls anläggningar för en mycket stor del av den totala energiomvandlingen för den stationära energin:

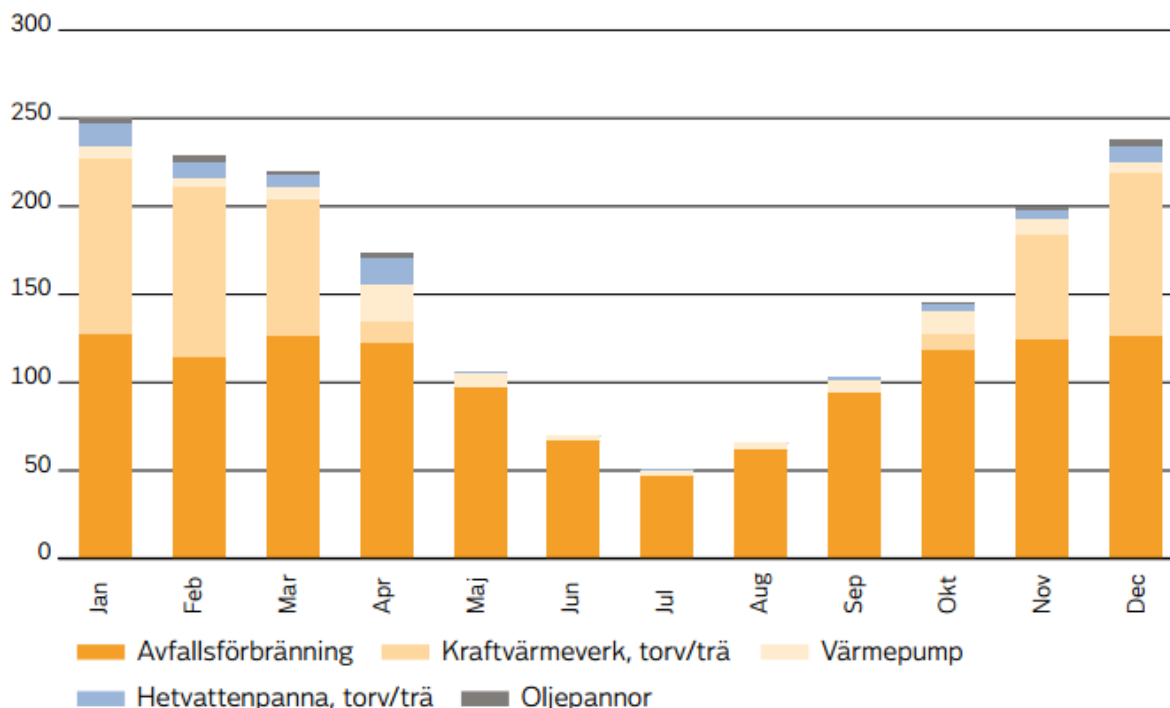


Figur 2: Energiproduktion: Vattenfalls anläggningar i Uppsala (GWh/år) 2013 <sup>4</sup>.

Vattenfalls anläggningar i Boländerna producerar för Uppsala stad el, värme, kyla och processånga för distribution. Utöver de 38 GWh levererad fjärrkyla producerades ytterligare 5 GWh med fjärrvärmedriven absorptionskyla. Elen som produceras används dels för internt bruk i produktionsanläggningarna och resterande el ingår i Vattenfalls totala leveransmix. Fjärrkylan produceras i evaporativa kyltorn som också används vinterid för frikyla, samt i ångdrivna absorptionsmaskiner, värmepumpar och kylmaskiner och även kundanpassade lösningar där kylan producerad på plats<sup>5</sup>. Inom det kommungeografiska området produceras ungefär 19 % av det lokala elbehovet i dessa anläggningar.

<sup>4</sup> Miljöredovisning Uppsala (2013), Vattenfall

<sup>5</sup> Nytt biobränsleledat kraftvärmeverk i Boländerna, samrådsunderlag, Vattenfall (2013)



Figur 3: Energitillförsel (GWh/mån) fjärrvärme Uppsala 2013 <sup>6</sup>.

Som framgår ovan så varierar effektbehovet under året och på sommaren används i stort sett bara avfallsförbränningsverket. Som resurs för baslastproduktion året om ingår förutom avfall även värmepumpar. Kraftvärmeverket är i bruk mellan sen oktober till tidig april. Under samma period används även oljepannor och hetvattenpannor som eldar olja, torv och trä för att möta effektbehovet. I Boländerna finns i anslutning till värmeverket en hetvattenackumulator som rymmer 30 000 m<sup>3</sup>, en energimängd om 1,2 GWh som kan levereras med effekten 100 MW. För fjärrkylanätet finns vid Stallängsverket en 30 m<sup>3</sup> ackumulator, 30 MWh som kan levereras med en effekt om 10 MW. I Uppsala stad finns även en 16 MW gasturbin till beredskap för elproduktion så värmeverket kan startas vid elavbrott. Husbyborgsverket består av 3st 50 MW oljepannor som används som spetslast och produktionsreserv för fjärrvärmens. Stallängsverket är en värmepumpanläggning vid reningsverket som producerar värme, kyla och spillvärme med kapacitet om 3st 15 MW värme samt 3x 8 MW kyla. Vidare finns även kylanläggningar på Ultuna campus och Ångströmlaboratoriet som producerar kyla med fjärrvärmedriven absorptionskyla, kyltorn samt kompressorkylmaskiner, totalt 3,8 samt 13,2 MW vardera<sup>7</sup>.

Uppsala Vattens reningsverk i Kungsängen producerar från avloppsslam biogas för uppgradering till fordonsgas på Kungsängens gård. Processen är sedan 2013 REVAQ-certifierad vilket innebär att slammet från verket uppfyller målen för att få användas som gödsel på åkrarna. Uppsala Vatten jobbar aktivt med uppströmsarbete för att minska tillförseln av tungmetaller och andra föroreningar i tillrinning- och avloppsvattnet<sup>8</sup>. Utöver avloppsslam så rötas även livsmedelsavfall i anläggningen på

<sup>6</sup> Miljöredovisning Uppsala (2013), Vattenfall

<sup>7</sup> Miljöredovisning Uppsala (2013), Vattenfall

<sup>8</sup> VA 2050 underlagsrapport ÖP 2016



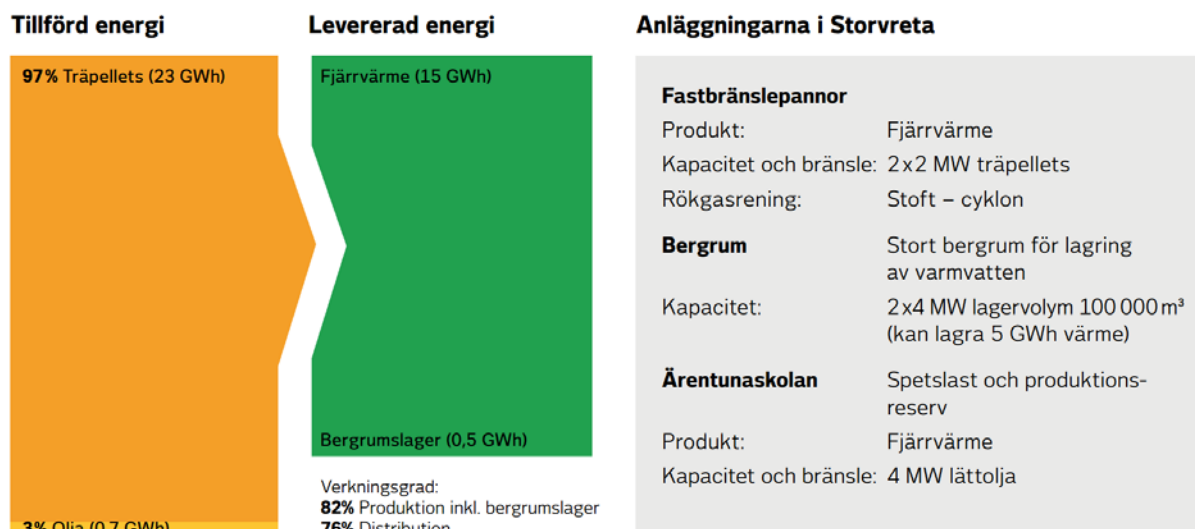
Kungsängens gård. Sedan 2014 har Kungsängens gård kapacitet att förse Uppsalas stadsbussar med 100 % biogas<sup>9</sup>. SLU har en biogasanläggning i Lövsta för egenproduktion av el och värme, anläggning använder gödsel och vall som substrat och biogasproduktionen är ca 7 GWh per år. i Storvreta rötas avloppsvatten till 0,5 GWh biogas för intern uppvärmning<sup>10</sup>.

För vattenburen värmedistribution finns idag tre huvudpumpstationer: Boländerna, Kungsängsverket (avloppsreningsverk) och Husbyborgsverket.

Vattenfall ser en ökad tillväxt för fjärrkyla och idag ställer fler kunder krav på värme och kyla för att inte ta till egna värmepumpsinstallationer. Kylbehovet väntas öka i främst stadskärnan eftersom det förutspås bli vanligare med extremväder i form av bl.a. värmeböljor. I stadskärnan finns ett nät för kyla som förser Uppsala Konsert och Kongress (UKK) och centrala delarna i innerstaden. Värmedriven kylalösning är en möjlig kompromiss för områden utan kylanät. I nuläget producerar Vattenfall Värme Uppsala 5 GWh kyla<sup>11</sup> med absorptionskylmaskiner som använder värme för drift. Uppgifter saknas om hur mycket sorptiv kyla (en teknik som utnyttjar att vatten kyler luften när det avdunstar) som används i de storskaliga anläggningarna.

### Tätorter

I sex av kommunens tätorter i finns närvärme varav den största anläggningen finns i Storvreta och ägs av Vattenfall:



Figur 4: Energiproduktion fjärr/närvärme i Storvreta anläggningen (GWh/år) Uppsala 2013<sup>12</sup>.

Som framgår av figuren ovan så används ett stort bergrum som värmelager. Bergrummet börjar 30 meter under markytan, är 30 meter djupt och är fyllt med grundvatten.

Grundvattengenomströmningen är låg, vilket möjliggör en energilagring i vattnet med hjälp av värmeväxlare. Verkningsgraden för systemet inklusive energilagringen i berget räknades 1994 till 86

<sup>9</sup> <http://www.uppsalavatten.se/omoss/Anlaggningar/Avfallsanlaggningar/Biogasanlaggning/>

<sup>10</sup> Underlag till LEAP-modell 4.0

<sup>11</sup> Karlsson, A, (2014)

<sup>12</sup> Miljöredovisning Uppsala (2013), Vattenfall

% räknat på hela energiomsättningen ca 8 GWh för Lyckebo-nätet. Förlusterna för inlagringen var ca 1,5 GWh vilket ger en verkningsgrad på mellan 60-70% för en bergrumslagring på 4-5 GWh. Förlusterna härstammar delvis ur tryckskillnader som leder till ökad in- och utförsel av grundvattnet. Tryckskillnaderna uppstår av temperaturfluktueringar av vattnet när energi förs in eller tas ut<sup>13</sup>.

I Björklinge producerades år 2013 2.6 GWh värme från biobränslen i hetvattenpanna<sup>14</sup> som distribueras i ett närvärmenät till flerbostadshus och lokaler. I Vänge producerades 2011 ca 2,4 GWh värme. och i Bälinge ca 2,2 GWh år 2013, i pelletsanläggningar.<sup>15</sup> I Gåvsta och Vattholma levererades 2011 ca 8 GWh närvärme till orterna och deras närområden.<sup>16</sup>

I Knivsta kommun finns fjärrvärmenät med två pannor som eldas främst med biobränslen. Den levererade fjärrvärmeenergin uppgick 2013 till 45 GWh med 78 % omvandlingsgrad och 80 % distributionsverkningsgrad<sup>17</sup>.

## Nuläge tillförsel

### Sol

Bidraget från solceller och solvärmeanläggningar begränsas av dess intermittenta natur, då energin främst är tillgänglig under sommarhalvåret och då endast kan utnyttjas dagtid när det inte är för molnigt. Systemen kan av dessa anledningar bli svåra att dimensionera, dels ur ett nätperspektiv men också för investeraren som ska använda/sälja energin.

Installerad solelseeffekt uppskattades i slutet av 2013 vara 440 kW<sup>18</sup> och utbyggnadstakten 2012-2013 låg på 450 kW/år<sup>19</sup>. I tidigare simulering har en utnyttjandegrad om 11,4 % antagits vilket resulterar i en årsproduktion på 0,44 GWh 2013.

Det beräknade årsutbytet i solvärmeanläggningar uppgick 2011 till 1,6 GWh<sup>20</sup>.

### Vind

Vinden är också en intermittent energikälla som likt solenergi varierar tids- och platsmässigt men även i höjdd. Det finns dock goda erfarenheter och karteringar över vindarnas beteende i landet vilket förenklar projekteringar för vindkraft.

Installerad vindkraftseffekt uppgick 2013 till 425 kW delat på två vindkraftverk i Uppsala kommun<sup>21</sup>. I simuleringar gjorda nedan antas en utnyttjandegrad om 20 % vilket innebär att verket producerar full effekt 20 % av året, eller 0,7 GWh för samtliga år.

### Vatten

Det saknas i dagsläget några större omvandlingsanläggningar av vattenenergi inom kommunen.

<sup>13</sup> Solvärme med säsongslager i Lyckebo, Examensarbete, Cay Åsberg (2011)

<sup>14</sup> <http://ei.se/sv/start-fjarrvarmekollen/foretag/Bionar-Narvarme-AB/?Rapport=2014-100657.pdf>

<sup>15</sup> Underlag till LEAP-modell 4.0

<sup>16</sup> Färdplan klimatneutralt Uppsala

<sup>17</sup> Miljöredovisning Uppsala (2013), Vattenfall

<sup>18</sup> Underlag till LEAP-modell 4.0

<sup>19</sup> Färdplan klimatneutralt Uppsala

<sup>20</sup> Underlag till LEAP-modell 4.0

<sup>21</sup> Energimyndigheten, 2013b

Uppsala universitet driver dock ett strömkraftsprojekt i Dalälven (Söderfors)<sup>22</sup>. Denna teknik kan eventuellt vara av intresse för det framtida energisystemet och miljöteknikutvecklingen.

### **Biomassa från mark och skog**

På en yta av 626 ha av dryga 218 000 ha i Uppsala kommun, varav ca 49000 ha är åkerareal, uppskattas en årlig skörd av salix när marken gödslas varje år till 6222 ton torrsbstans. Denna energimängd motsvarar ungefär 27,4 GWh<sup>23</sup>.

29,4 % av den tillförda energin i värmeanläggningarna i Boländerna kom 2013 från torv som importeras från Härjedalen och Vitryssland i form av briketter. Vid förbränning blandas torven med träpellets och träbriketter. Torven kommer bytas ut till trä innan 2020<sup>24</sup>. Torven transporteras främst till anläggningen via tåg<sup>25</sup>.

Det bioenergiuttag som sker i Uppsala län idag utgörs främst av primärt skogsbränsle, åkerbränsle och avfall. Även visst uttag av energiskog förekommer.

### **Restprodukter från näringar**

Återvinningsbart material som metallskrot och brännbara material sorteras ut bland 61 000 ton grov-, bygg- och industriavfall årligen och skickas till material- och energiåtervinning. Avfall som inte går att återvinna förvaras i deponi<sup>26</sup>.

### **Energiutvinning från deponier**

Metanutsläpp från avfallsdeponier tillsammans med metan- och lustgasutsläpp från avloppshantering står för cirka 1 % av Uppsalas totala utsläpp. Baserat på historiska data räknas utsläppen från deponi vara obefintliga till år 2030<sup>27</sup>. Vi har inte hittat någon information om att energiutvinning från metanutsläpp i deponier skulle förekomma inom kommunen.

### **Mark & bergvärme/-kyla**

Antalet berg-, jord- och sjövärmepumpar uppgick 2011 till 4048 st. levererade 42,9 GWh med en antagen COP-faktor om 3,1 med antagen täckningsgrad 90 %<sup>28</sup>. Majoriteten av dessa värmepumpar, 3 919 st, var installerade i småhus och resterande andel i flerbostadshus och andra lokaler.

### **Spillvärme/-kyla från verksamhet och boenden**

Totala antalet värmepumpar i Uppsala uppgick 2011 till 12 758 st. varav 12 477 var installerade i småhus. Antalet frånluftsvärmepumpar uppgick 2011 till 735 st. och levererade 6,64 GWh med en antagen COP-faktor om 2,6 med täckningsgraden 80 %.

<sup>22</sup> Marin strömkraft testas i Dalälven, nyhetsartikel, Uppsala universitet

<sup>23</sup> Underlag till LEAP-modell 4.0

<sup>24</sup> Miljöredovisning Uppsala (2013), Vattenfall

<sup>25</sup> Nytt biobränsleeldat kraftvärmeverk i Boländerna, samrådsunderlag, Vattenfall (2013)

<sup>26</sup> <http://www.uppsalavatten.se/sv/omoss/Anlaggningar/Avfallsanlaggningar/Hovgarden/>

<sup>27</sup> Färdplan klimatneutralt Uppsala

<sup>28</sup> Underlag till LEAP-modell 4.0

Antalet luft-vattenvärmepumpar uppgick 2011 till 3 562 st och levererade 21,2 GWh med en antagen COP-faktor om 2,6 med täckningsgraden 80 %.

Antalet luft-luftvärmepumpar uppgick 2011 till 4 413st och levererade 26,6 GWh med en antagen COP-faktor om 1,4 med täckningsgraden 45 %<sup>29</sup>. Som framgått ovan så finns vid reningsverket i Kungsängen en värmepumpanläggning som 2014 utnyttjade 54 GWh spillvärme som tillförselenergi i fjärrvärmenätet<sup>30</sup>.

### Avfall och övriga restprodukter

Avfallet som bränns i Uppsalas kraftvärmeverk stod 2013 för 50,7 % av totala tillförda energin. Det består till hälften hushållsavfall och resterande del är industriavfall. 90% av det brännbara avfallet kommer från Sverige (Uppland, Södermanland och Västmanland). Avfall och övriga bränslen till värmeverket i Uppsala samt askan från avfallsförbränningen fraktas på lastbil. Träpellets till förbränning i Storvreta är baserat på restprodukter<sup>31</sup>.

Inom kommunen produceras biogas och biogödsel främst från organiskt avfall på Kungsängens gård, som används till personfordon och bussar i stadstrafiken. Detta avfall kommer till hälften från Uppsala kommun och resterande del från norra Stockholmsområdet<sup>32</sup>. Biogas produceras även till värme- och elproduktion från avloppsslammet (årlig volym ca 12 000 ton slam<sup>33</sup>) vid avloppsreningsverket i Kungsängen. I och med att den nu pågående kapacitetsutbyggnaden på uppgraderingsanläggningen vid Kungsängens gård blir klar kommer all rötda avloppsslam uppgraderas till fordonsgas. SLU har en biogasanläggning i Lövsta för egenproduktion av el och värme, anläggningen använder gödsel och vall som substrat och biogasproduktionen är ca 7 GWh per år. i Storvreta rötas avloppsvatten till 0,5 GWh biogas för intern uppvärmning<sup>34</sup>. Naturbrukslyceum Jälla har nyligen tagit i bruk en liten biogasanläggning för värmeproduktion.

### Markbundna transporter

Bränslen transporteras idag lokalt på långtradare men det finns ambitioner för utökad användning av tågtransporter för gods. För detta behövs fler spår och bättre rangeringsmöjligheter på bangården.<sup>35</sup> Transporten av importerat avfall till Uppsala på sker på lastbil, efter att först transporterats via båt till Hargshamn söder om Gävle.

<sup>29</sup> Underlag till LEAP-modell 4.0

<sup>30</sup> Underlag till LEAP-modell 4.0

<sup>31</sup> <http://www.vattenfall.se/sv/foretag-vi-varmer-storvreta.htm>

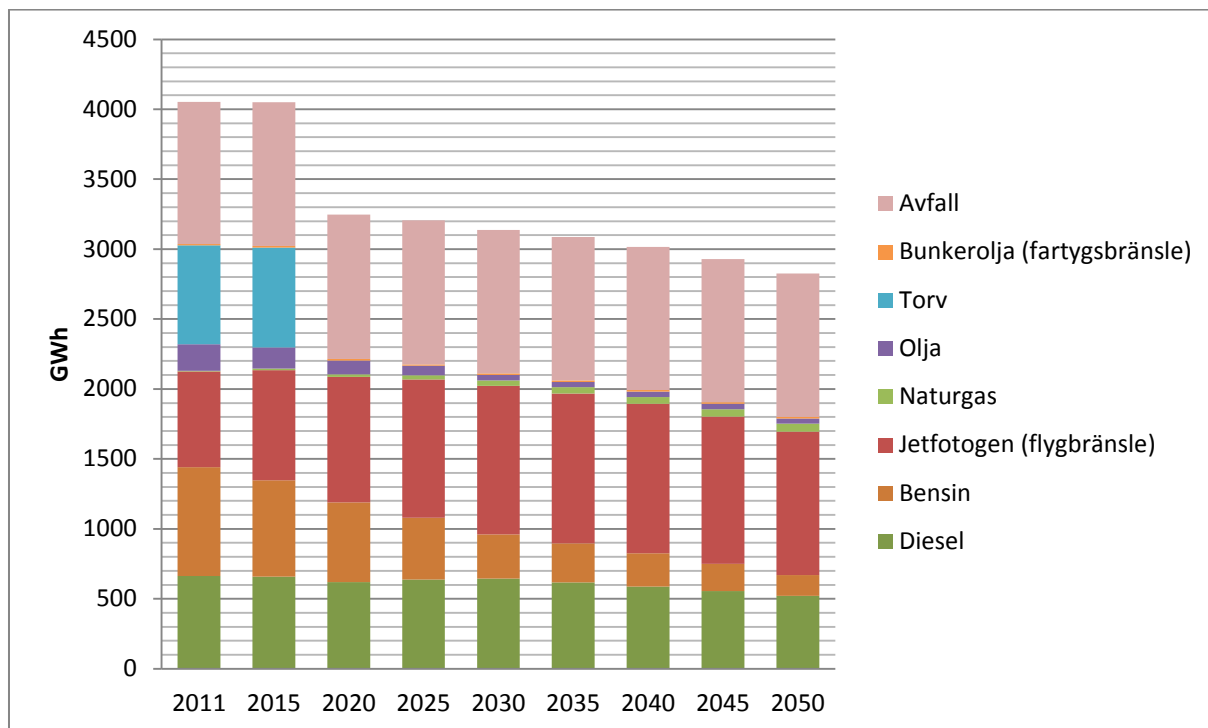
<sup>32</sup> <http://www.uppsalavatten.se/omoss/Anlaggningar/Avfallsanlaggningar/Biogasanlaggning/>

<sup>33</sup> <http://www.uppsalavatten.se/sv/omoss/Anlaggningar/VA-anlaggningar/Avloppsreningsverk/Slam/>

<sup>34</sup> Färdplan klimatneutralt Uppsala

<sup>35</sup> Karlsson, A. (2014)

## Tillförsel fossil energi



Figur 5: Tillförsel av fossila bränslen 2011 och simulerad fortsatt tillförsel<sup>36</sup>.

Det är viktigt att notera att avfall ovan i bilden ovan endast till 40% består av fossil energi.

## Nuläge distribution

### Fjärrvärme/-kyla

Uppsala stad och den närliggande tätorten Sävja är sammanlänkade i ett fjärrvärmenät som levererar värmebehovet till över 95 % av stadens hushåll via ett 460 km slutet distributionsnät. I staden finns även ett 7 km långt nät för ånga och ett 14 km nät för kyla<sup>37</sup>. I Storvreta, Vattholma, Björklinge, Bälinge och Vänge används närvärmenät som förser ungefär en tredjedel av hushållen med värmebehovet, varav de 3 sistnämnda anläggningarna ägs av Bionär AB.

Majoriteten av hushållen utanför staden har egna värmelösningar baserade på el. En femtedel av alla hushållen i tätorterna och landsbygden använder ved och pellets för uppvärmning. Elnät i Storvreta, Björklinge och Järlåsa finns närliggande och genomgående stamnätsledningar för el om 220 och 400 kV. Dessa ledningar har bedömts vara potentiella hinder för tätorternas expansion samtidigt som ledningarna väntar kapacitetsökning före 2030 på grund av effekthöjning i kärnkraftverk<sup>38</sup> och utökning av intermittenta energislag. I norra delen av kommunen planerar Svenska kraftnät en ny 400 kV-ledning mellan Råsten och Östfora. Från stamnätet transformeras spänningsnivån ner till 130-20 kV innan det går ut i regionnätet. Vattenfall eldistribution och Upplands energi är elnätsägare i

<sup>36</sup> LEAP-modell 4.0

<sup>37</sup> Miljöredovisning Uppsala (2013), Vattenfall

<sup>38</sup> Översiktsplan 2010

kommunen. 2013 var eldistributionsförlusterna enligt energimarknadsinspektionen 4,7 och 4,97 % för respektive elnät<sup>39</sup>. Distributionsförlusterna för Vattenfall avser abonnenterna i södra och mellersta Sverige och för Upplands energi energi gäller det samtliga abonnenter. Elnätförlusterna påverkas av bland annat förhållandet av levererad hög- och lågspänningsenergi och anses därför inte helt representativ när elnätsförluster jämförs mellan elnätsleverantörer.

2014 uppskattades att 95 % av Vattenfalls 446 mil elledningar var vädersäkrade, främst genom nedgrävning<sup>40</sup>. Regionnätledning om 70 kV i Bergsbrunna samt kommunens norra delar bedömdes 2010 som hinder för tätorternas expansion<sup>38</sup>. Sedan september 2014 betalar Vattenfall Nordpools elspotpris + 1 krona, exklusive moms, för överbliven förnybar el från enskilda fastigheter och verksamheter som har mikroproduktionsanläggningar för eget bruk<sup>41</sup>. För laddning av elfordon finns 1 laddstation till elbilar i Björklinge, 2 st. i Knivsta samt 12 st. i Uppsala stad<sup>42</sup>.

### Gasnät

På Stallängsgatan<sup>43</sup> och bussdepån på Kungsgatan finns Uppsalas stationer för tankning av fordonsgas. Ett rörsystem transporterar gasen från Kungsängsverket och biogasanläggningen vid reningsverket till ett gasreningsverk och vidare till tankstationerna<sup>44</sup>.

<sup>39</sup> Energimarknadsinspektionen (2014)

<sup>40</sup> <http://www.vattenfall.se/sv/uppsala-lan.htm>

<sup>41</sup> <http://www.vattenfall.se/sv/mikroproduktion-vi-koper-din-overskottsel.htm>

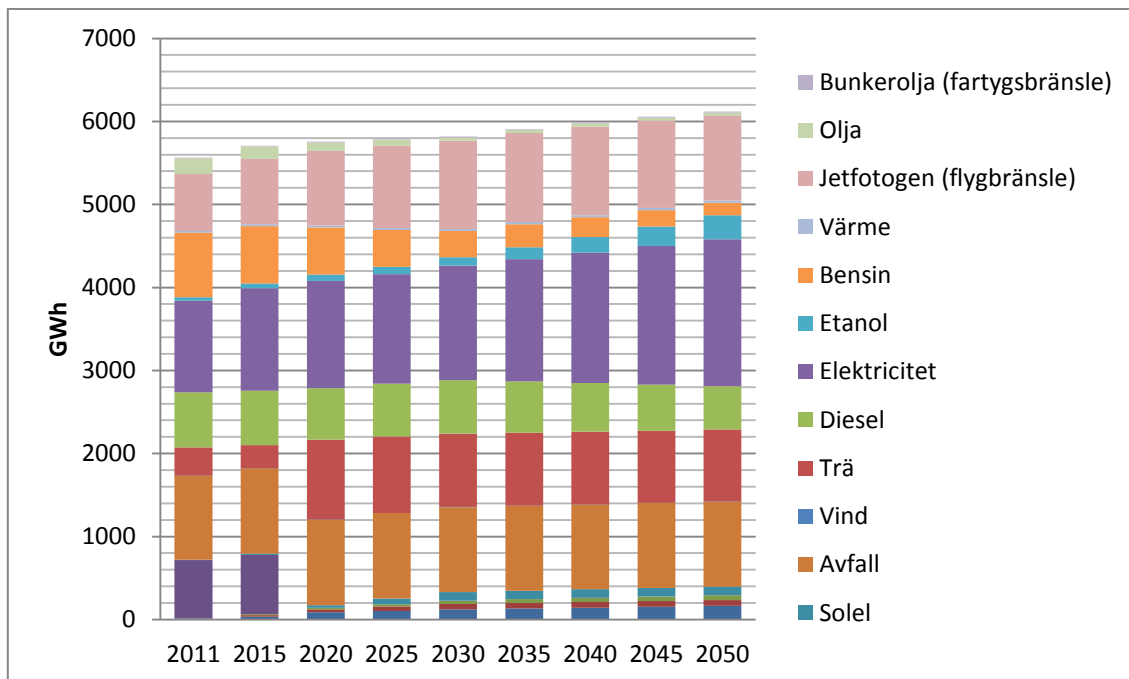
<sup>42</sup> <http://www.uppladdning.nu/Map.aspx?In=sv>

<sup>43</sup> <http://www.gasbilen.se/>

<sup>44</sup> Biogasanläggningen Kungsängens gård ppt. Uppsala vatten

## Nuläge användning

I detta avsnitt beskrivs översiktligt energianvändningen totalt, fördelningen per sektor samt för transportsektorn. 2011 används som s.k. "basår" och representerar faktiskt utfall medan övriga år är simulerade ut efter de förutsättningar som gäller i "aktörsscenarioet" beskrivet ovan.



Figur 6: Total energianvändning 2011 samt simulerad användning per energibärare för Uppsala Kommun<sup>45</sup>

Det uppskattade genomsnittliga antalet invånare per hushåll är baserat på riksdatabaser från SCB och tar hänsyn till att det i Uppsala kommun bor fler invånare per hushåll än medel. Antalet personer i småhus uppskattas till 2,3 och i flerbostadshus 2,0<sup>46</sup>. Energiåtgången för uppvärmning av varmvatten uppskattas till 1,8 MWh per hushåll för småhus och 2,3 MWh för flerbostadshus. I genomsnitt är energianvändningen i småhus 16,0 MWh för uppvärmning. Värmeförsörjning i småhus fördelas enligt följande: fjärrvärme 34,8 %, direktverkande el och elpannor 22,8 %, ved och pellets 20,3 %, värmepumpar 21,1 % och olja och solvärme < 1 %. Flerbostadshus kräver i genomsnitt 9,3 MWh för uppvärmning vilket till 97% sker via fjärrvärme och resterande 3 % via direktverkande el<sup>47</sup>.

Elanvändningen per hushåll är baserad på statistik från SCB och uppgick totalt 2011 till 346 786 MWh för småhus och 138 695 MWh för flerbostadshus. Hushållselsanvändningen uppskattades till 6,01 MWh per hushåll för småhus samt 2,11 MWh per hushåll för flerbostadshus.

Den totala energianvändningen per capita för invånare i Uppsala kommun uppgick 2012 till 22,59 MWh jämfört med rikets genomsnittliga värde om 41,66 MWh samma år. Uppsalas låga siffror beror till stor del av att Uppsala kommun inte har några större industrier. Energianvändning per capita, för

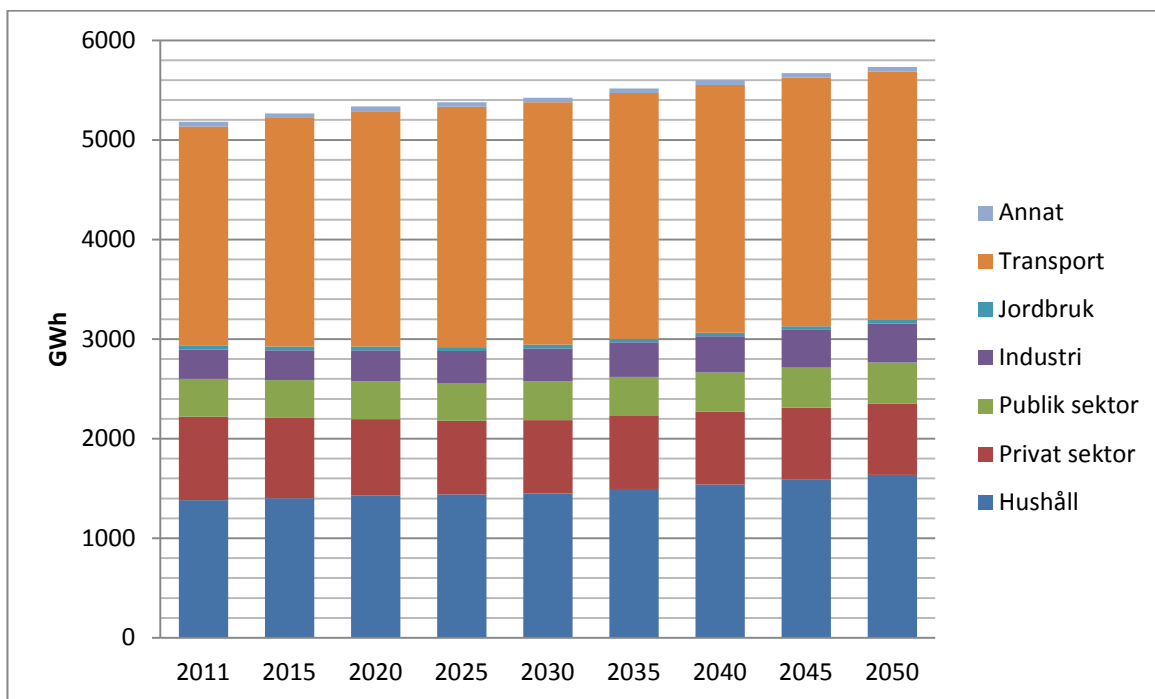
<sup>45</sup> LEAP-modell 4.0

<sup>46</sup> Färdplan klimatneutralt Uppsala

<sup>47</sup> Underlag till LEAP-modell 4.0

privat och offentlig service uppgick 2012 till 20,67 MWh per invånare i Uppsala kommun, jämfört med rikets genomsnittliga värde om 23,36 MWh<sup>48</sup>.

### Energianvändning fördelat per sektor



Figur 7: Energianvändning i bostad- och näringssektorn 2011 och simulerad framtida användning<sup>49</sup>.

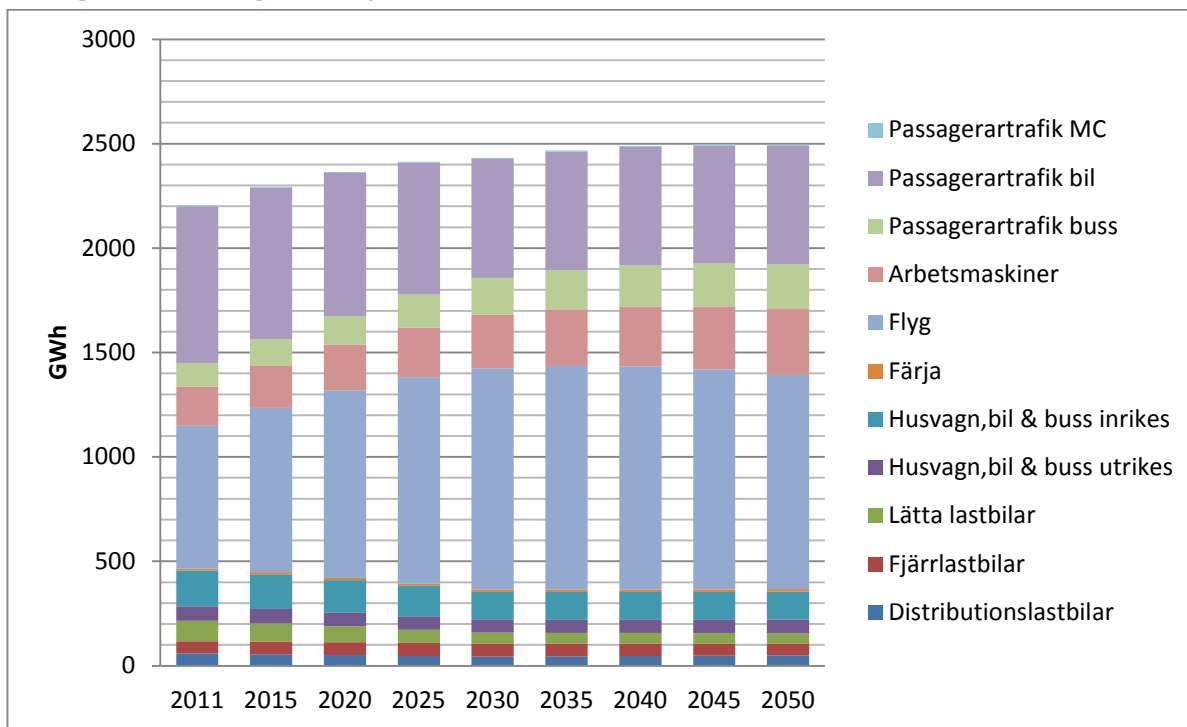
Som framgår ovan så har Uppsala jämförbart med många andra kommuner i samma storlek en mycket begränsad energianvändning i industrisektorn.

<sup>48</sup> Energistatistik, Statistiska centralbyrån (2014)

<sup>49</sup> LEAP-modell 4.0

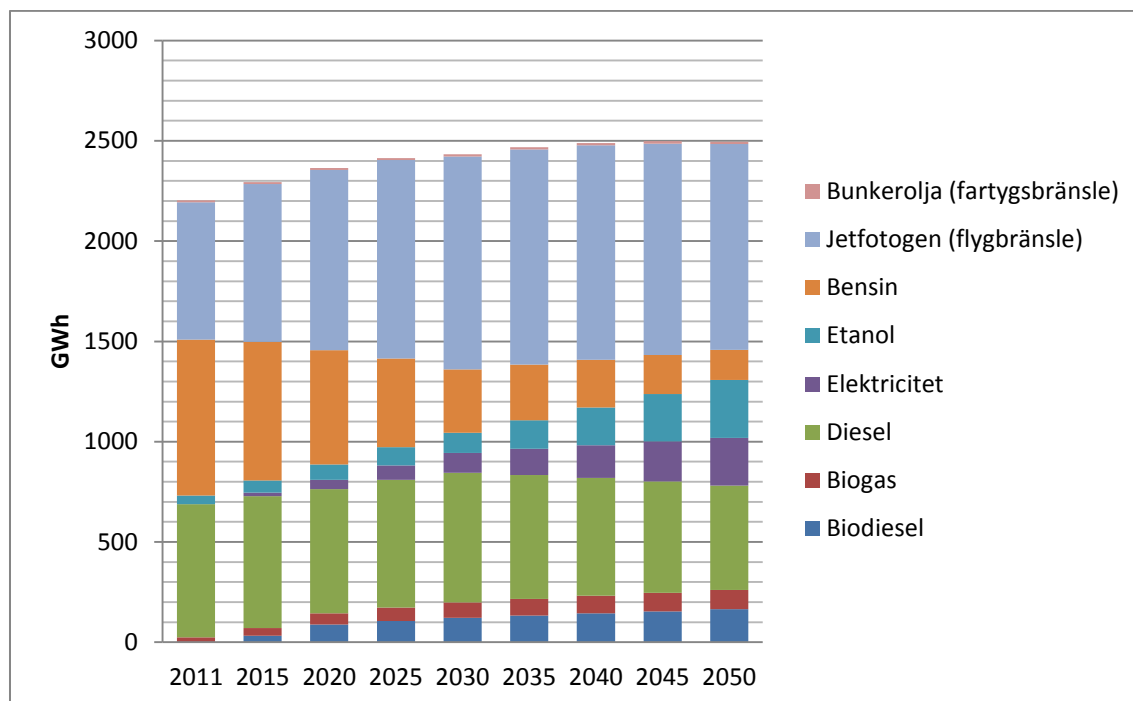


## Energianvändning i transportsektorn



Figur 8: Energianvändning i transportsektorn (GWh) samt simulerad fortsatt energianvändning<sup>50</sup>.

Flyg ingår i ovanstående graf men denna energi behandlas inte i systemstudien.



Figur 9: Energianvändning i fordonsflottan 2011 (GWh) samt simulerad fortsatt energianvändning<sup>51</sup>.

<sup>50</sup> LEAP-modell 4.0

Naturgas utgör en 24 % inblandning av fordonsgasen (biogas i grafen ovan). Etanol finns inblandad i bensin till 5 % och som E85. I dieseln antas 5 % biodiesel<sup>52</sup>.

Tabell 1: Genomsnittligt körsträcka 2011 efter fordonsslag<sup>53</sup>

	Personbil	Lätt lastbil	Tung lastbil	Buss
<b>Körsträcka i Uppsala län per fordon (mil) – antas vara lika i Uppsala Kommun (UK)</b>	<b>1294</b>	<b>1477</b>	<b>3490</b>	<b>6702</b>
<b>Antal fordon i UK</b>	<b>76643</b>	<b>6529</b>	<b>1004</b>	<b>376</b>
<b>Total körsträcka (miljoner mil)</b>	<b>99,2</b>	<b>9,6</b>	<b>3,5</b>	<b>2,5</b>

Fördelningen av arbetsmaskiner ses i tabellen nedan.

Tabell 2: Arbetsmaskinsandelar på olika sektorer<sup>54</sup>.

Sektor	Entreprenad	Skogsbruk	Jordbruk	Hushåll	Övrigt
<b>Andel (%)</b>	<b>41</b>	<b>24</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>10</b>

## Nuläge lokala branschaktörer inom energiområdet

Vattenfall Värme AB, med sin verksamhet i Uppsala och Storvreta, är helt dominerande avseende lokal tillförsel och omvandling för värmeproduktion på dessa orter. Man erbjuder även privatkunder lösningar såsom SolElanläggningar. Uppsala Vatten (kommunalt bolag) är den lokala drivmedelsproducenten genom omvandling av restprodukter till fordonsgas. Övriga drivmedelsaktörer finns utanför den geografiska kommunen. Utöver Uppsala Vatten så är Uppsala kommun inte någon egen aktör inom energiområdet. Flera av kommunens bolag är dock aktiva med att möjliggöra för införande av ny energiteknik genom s.k. testbäddsprojekt tillsammans med energibolag och miljöteknikföretag.

Upplands Energi är ett lokalt energibolag som äger transformatorstationer samt kraftledningar och erbjuder distribution av energi inom eget nätområde. Dotterbolaget Upplands Energi AB erbjuder elförsäljning, värmepumpar, SolElanläggningar, energideklarationer till privatpersoner och företag i hela Uppland.<sup>55</sup>

Bionär Närvärme AB ingår i Gävle Energikoncernen och ägareförhållandena är att Gävle Energi AB innehar 59 % av aktierna, Ockelbo kommun 24 % och Älvkarleby kommun 17 %. Ett aktivt miljöarbete bedrivs och bolaget ska verka för att olje- och elberoendet i små och medelstora värmeanläggningar minskar. Det ska istället ersättas med miljövänligt biobränsle. I Uppsala kommun har man anläggningar och nät i Björklinge, Bälinge och Vänge<sup>56</sup>

<sup>51</sup> LEAP-modell 4.0

<sup>52</sup> Underlag till LEAP-modell 4.0

<sup>53</sup> Trafikanalys, <http://www.trafa.se/>

<sup>54</sup> Underlag till LEAP-modell 4.0

<sup>55</sup> <http://www.upplandsenergi.se/omoss/>

<sup>56</sup> <http://www.bionar.se/>

Under de senaste åren har offentliga aktörer (kommun och landsting) börjat investera i vindkraftsanläggningar utanför den geografiska kommunen. Dessa investeringar görs för att bidra i omställningen till förnyelsebar energiförsörjning.

Bland Uppsalas miljöteknikföretag så finns ett antal med inriktning på förnyelsebar energiomvandling från vind, sol och vatten. Med undantag för något företag så har dessa sitt ursprung från forskning inom Uppsala Universitet eller Sveriges Lantbruksuniversitet.

Några, för det lokala energisystemet, intressanta teknikområden där Uppsalabaserade miljöteknik företag har produkter och forskning är: solceller, marint strömmande kraft, vertikal vindkraft och energilagring.

## Nuläge energiförsörjningens sårbarhet

### Drivmedel

Drivmedelsförsörjningen är en verksamhet som många är beroende av och som är beroende av många andra verksamheter. En faktor som kan få stora konsekvenser under en kris är bensinstationernas oförmåga att vid elavbrott leverera drivmedel till verksamheter med ett stort beroende, bland annat till lastbilstransporter, polis, räddningstjänst och akutsjukvård.

Drivmedelskedjan beskrivs i termerna utvinning, förädling, distribution samt slutanvändning. En stor del av Sveriges totala import av råolja kommer från Nordsjöområdet och från Ryssland. Oljan förädlas därefter vid tre raffinaderier i Sverige i Lysekil, Göteborg och Nynäshamn. Raffinaderiet i Lysekil är det största. Från oljeraffinaderierna går sedan transporter till depåer runt om i landet för att till sist hamna vid bensinstationer och hos slutkonsumenter. Drivmedelsförsörjningen delas in i drivmedel till fordon och drivmedel till reservkraftverk. Störningar i drivmedelsförsörjningen påverkar främst polis, räddningstjänst, avfallshantering, akutsjukvård och transporter. Dessa aktörer har oftast inga större lager av drivmedel utan är beroende av att kunna tanka på bensinstationerna.<sup>57</sup>

Bränsle till kommunernas och landstingets fordon tankas till största del på kommersiella tankstationer. Vid ett elbortfall kommer de tankställen som inte har reservkraft att sluta fungera. Konsekvensen för tredje man blir mycket stor, t.ex. hemvårdare som inte kommer ut på landsbygd med mat och vård. Planering för och bränsleförsörjning av de kommunala fasta och rörliga elkraftverken är belysta i länets arbetsgrupp för risk- och sårbarhetsanalyser. Länsstyrelsen anordnade en konferens i ljuset av att länets aktörer ser brister i förmågan att kunna hantera och motstå allvarliga störningar vid en eventuell bränslebrist.<sup>58</sup>

Studien "En vecka utan lastbilar i Uppsala"<sup>59</sup> simulerar en situation där de tunga godstransporterna på lastbil upphör natten mellan söndag och måndag och de effekter som omgående drabbar samhället. Studien visar att man redan på måndagen måste stänga återvinningscentraler, maten på akademiska sjukhuset tar slut, sjukhuset får även akut brist på textilier (vilket är avgörande för kirurgiska verksamheten), alla anläggningsarbeten stannar osv. På onsdagen är dieseln slut och dagen efter är även bensinpumparna tomma.

<sup>57</sup> Risk- och sårbarhetsanalys för Uppsala län 2014 , Enheten för samhällsskydd och beredskap, Länsstyrelsen

<sup>58</sup> Risk- och sårbarhetsanalys för Uppsala län 2014 , Enheten för samhällsskydd och beredskap, Länsstyrelsen

<sup>59</sup> En vecka utan lastbilar, rapport, Sveriges Åkeriföretag (2013)

En studie från JTI (2013)<sup>60</sup> visar på att mycket odlingsmark idag nyttjas till spannmålsodling där största delen används för att producera spannmålsbaserat foder till animalieproduktion av gris och kyckling. Vid en bristsituation på drivmedel kommer det inte att vara möjligt att odla samma mängd spannmål, utan det som odlas måste i första hand användas till direkt konsumtion.

Primärproduktionen kommer dock att i större grad utnyttja djur som kan beta gräs som grovfoder. På det viset kan delar av den obrukade marken användas till extensivt bete. Vidare visar resultatet att vid låg bristnivå finns det möjlighet att hantera situationen ganska väl genom effektiviseringar på alla nivåer, där processer styr mot energioptimering i stället för som idag ofta mot färre antal arbetstimmar. På medel och hög bristnivå av fossil energi uppstår en situation där det inte är möjligt att hålla Sveriges befolkning ovanför svältgränsen. Resultaten visar även på en omfördelning av näringsintaget, där mängden kolhydrater kommer att minska relativt dagsläget. Resultatet pekar även på att vissa delar av Sverige kommer att ha lättare respektive svårare att nå försörjning då de är starkt beroende av transporter för livsmedel. Stora delar av Norrland och Storstockholm är till exempel väldigt beroende av intransporter medan till exempel Skåne är mindre beroende av intransporter av mat trots den stora befolkningmängden i Malmö.

#### Störning i elförsörjning<sup>61</sup>

De flesta kommuner har ett väl utbyggt system med både fasta och rörliga reservaggregat. Problematiken finns i bränsleförsörjningen av densamma. Ett överslag inom kommuner och landsting visar att upptankade fordon och reservkraftverk räcker ca tre dygn, sedan behövs det påfyllning. Länsstyrelsen gör bedömningen att krishanteringsförmågan och förmåga till samhällsviktig verksamhet att motstå allvarliga störningar är bristfällig.

<sup>60</sup> R 410 Sveriges primärproduktion och försörjning av livsmedel - möjliga konsekvenser vid en brist på fossil energi, rapport, JTI (2013)

<sup>61</sup> <http://www.lansstyrelsen.se/upsala/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2014/20-2014-RSA.pdf>

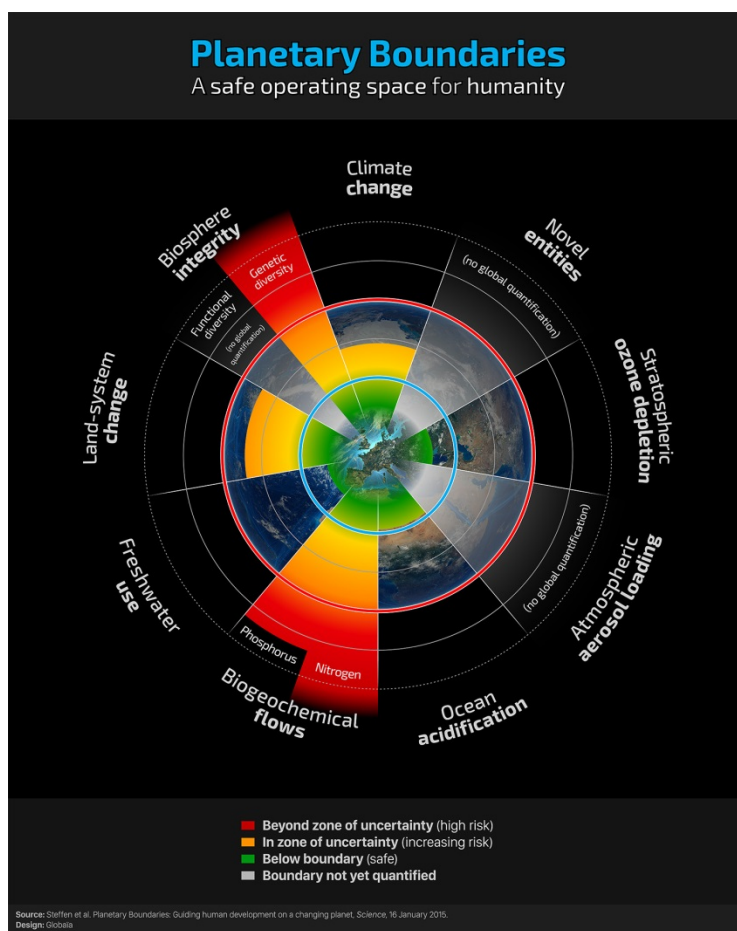
## Utmaningar och utvecklingsvägar

Vi ser att det finns ett antal globala och nationella utmaningar och utvecklingsvägar trender som har stor påverkan på det framtida energisystemet. I detta kapitel beskrivs några viktiga utvecklingsfrågor som lyfts fram från externa källor. Texten nedan är redovisad såsom den är publicerad. Det är viktigt att notera att vi inte helt är eniga med allt. Senare under analyskapitlet redovisas vår uppfattning.

## Klimat och miljöutmaningen

### Planetens gränser

Mänsklig verksamhet har nu så stor påverkan på jorden så man talar om en ny tidsepok antropocen. Utmaningen för samhällsutvecklingen är att denna måste rymmas inom ramen för de ändliga planetära resurserna. Nedan framgår hur mänsklig aktivitet påverkar nio viktiga områden där vi redan övertrasserat vissa och är på god väg inom andra.



Figur 10: De planetära gränserna och belastningen för de olika områden utifrån mänsklig verksamhet<sup>62</sup>.

<sup>62</sup> <http://www.stockholmresilience.org/21/research/research-programmes/planetary-boundaries.html>

### Klimatet

Enligt IPCCs rapport 2014 är koncentrationerna av växthusgaserna koldioxid, metan och lustgas i atmosfären högre än på över 800 000 år till följd av den ekonomiska tillväxten i samband med befolkningstillväxten sedan förindustriåldern. Klimatpåverkan till följd av utsläppen har visat hur känsligt natursystemen och människans samhällen är för extrema oväder, höjd havsnivå och ökad nivå av värme- och nederbördsextremiteter i flertalet regioner. Om vi fortsätter i dagens takt av begränsade åtgärder för att minimera klimatpåverkan så anses risken väldigt hög att de globala och påtagliga effekterna på klimatet och ekosystem kommer vara permanenta i slutet av århundradet.

För att minimera trenden i förändring av klimat och ekosystem behövs en reduktion av emissionerna av växthusgaser och denna utmaning angrips utifrån socioekonomiska och tekniska förutsättningar tillsammans med politiska styrmedel. Om 2-gradersmålet ska nås måste växthusgaserna minska markant inom kort tid samt att utsläppen vid seklets slut är nära noll<sup>63</sup>.

### Vatten

Dricksvatten är det viktigaste livsmedlet som finns och säkringen av nuvarande och framtida dricksvattentäkter måste vara överordnat i stort sett all annan planering. För Uppsalas del handlar det om att säkra Uppsala åsens funktion som naturligt dricksvattenfilter, klarlägga hur framtidens dricksvattenförsörjning ser ut i de områden där staden förväntas växa men där det inte finns några naturliga grundvattentillgångar att använda för dricksvattenproduktion samt tydliggöra vilka alternativ det finns ifall Uppsalaåsen i framtiden skulle bli obrukbar som dricksvattentäkt. Uppsala är den enskilt största kommunen i Uppsala län vilket gör att majoriteten av befolkningen i länet är beroende av Uppsalaåsen som dricksvattentäkt.

En ökad exploatering kan leda till ett ökat tryck på lösningar för säsongsenergilagring under mark. Dessa lösningar kan på olika sätt påverka grundvattnet negativt och därmed skapa risker för dricksvattenförsörjningen.

Skyddsföreskrifter för vattentäkterna uppdelat på 6 delområden finns inom Uppsala kommun, dessa trädde i kraft under 1980, 1990 och 2000. Syftet med skyddsområdena är att minska risken att verksamhet som bedrivs förorenar vattentäkterna<sup>64</sup>.

### Luft

Luftföroreningar finns över hela världen och orsakar betydande negativa effekter på människors hälsa och miljön. Inom EU görs just nu en översyn av luftvårdslagstiftningen i syfte att fastställa nya långsiktiga mål efter 2020. År 2013 lanserades som ett "Luftens År" då särskilt fokus lades på att förbättra luftkvaliteten i EU. Även i Sverige har problemen med luftföroreningar varit i fokus under senare år. Flera svenska städer, däribland Uppsala, har för höga halter av vissa luftföroreningar och lever inte till fulla kravet i EU:s luftkvalitetsdirektiv.

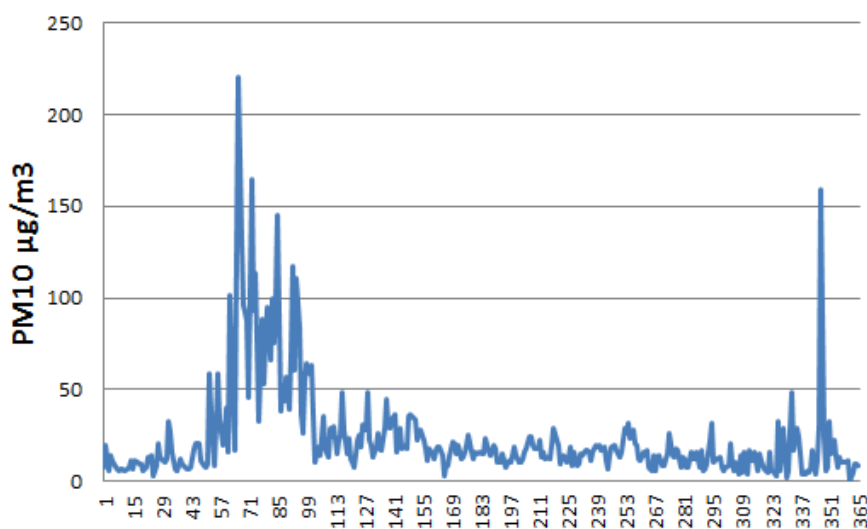
Detta har lett till att Sverige har fällts i EU-domstolen och därmed riskerar böter. Vägtrafiken är den klart dominerande källan till utsläpp av kväveoxider i Uppsala kommun. Bensin- och dieseldrivna personbilar står för de största utsläppen av kväveoxider i Uppsala kommun följt av tunga lastbilar

<sup>63</sup> Climate change 2014 synthesis report, IPCC (2014)

<sup>64</sup> <http://www.uppsalavatten.se/sv/omoss/Versamhet-Drift/Vattenskyddsomraden/>

med släp. Lastbilar och bussar står för ca 20 procent av trafikarbetet men ca 75 procent av kväveoxidutsläppen.

Den dominerande källan till PM10 (partikelutsläpp) i Uppsala kommun är vägtrafiken. På samma sätt som för kväveoxider dominerar bidraget från trafiken till halten av partiklar i gaturummet. Utsläppen från exempelvis energisektorn lägre, då utsläppen sker på högre höjd, vilket leder till en snabbare utspädning och ett mindre haltbidrag. Utsläpp från arbetsmaskiner kan lokalt ha en stor påverkan, som i många fall dock är relativt kortvarig<sup>65</sup>. Dygnsmedelvärdet för PM10 får inte överskrida 50 ug/m<sup>3</sup> fler än 35 gånger per år<sup>66</sup>. Uppmätta dygnsmedelvärden för partikelhalter vid en mätstation på Kungsgatan i Uppsala år 2013 visas i Figur 11 nedan.



Figur 11: Medelvärdet av PM10 i luften vid Kungsgatans mätstation i Uppsala 2013<sup>67</sup>.  
 (PM10 anger massan av partiklar med en diameter mindre än 10 µm)

De mindre partiklarna (PM2,5) är jämfört med PM10 mer kopplade till de utsläpp som kommer från förbränning i motorer.

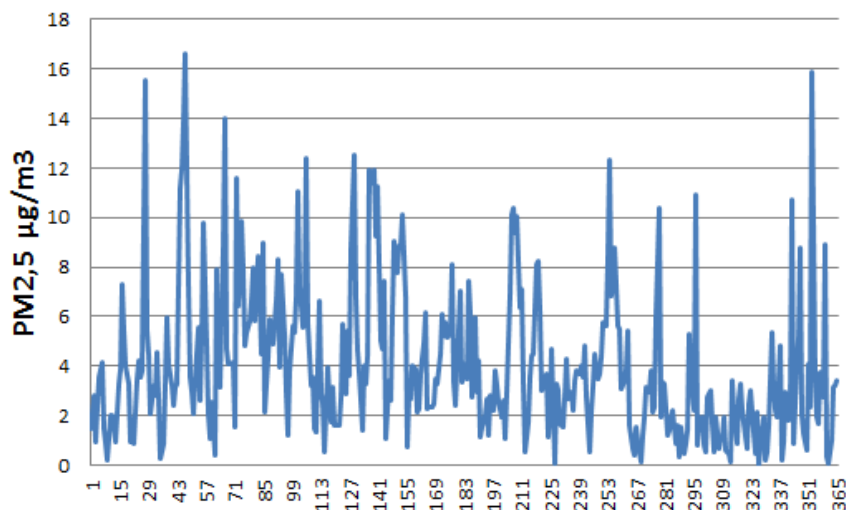
Riktvärdena sätts med hänsyn till känsliga grupper och innebär att halten av partiklar (PM2,5) inte överstiger 10 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett årsmedelvärde eller 25 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett dygnsmedelvärde.<sup>68</sup>

<sup>65</sup> Åtgärdsprogram för kvävedioxid och partiklar (pm10) i Uppsala, 2014

<sup>66</sup> <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>

<sup>67</sup> Partikelutsläpp, Svenska miljöinstitutet & Naturvårdsverket (2015)

<sup>68</sup> <http://www.miljomal.se/Miljomalen/2-Frisk-luft/Preciseringar-av-Frisk-luft/Partiklar-PM25/>



Figur 12: Medelvärdet av PM2,5 i luften vid Kungsgatans mätstation i Uppsala 2013<sup>69</sup>. (PM2,5 anger massan av partiklar med en diameter mindre än 2,5 µm)

Förbränning av biomassa i småskaliga förbränningsanläggningar är en annan källa till emissioner som har negativ påverkan på luftkvalitén. I dagsläget saknas lokala data rörande utsläpp från denna typ av anläggningar.

#### Arv från tidigare generationer

Vi lever i en tid där ett allt högre tryck på naturen och jordens resurser påverkas av att vi blir fler och fler människor som ska dela på dem. I våra postindustriella städer finns många restytor påverkade av de verksamheter som tidigare huserat där, med förorenad och förstörd mark som följd<sup>70</sup>.

Exempel på dessa är i Uppsala är de föroreningar som identifierats i grundvattnet (som har sin grund i tidigare brandsläckningsövningar) och analyser som visar på miljögifter i mark (som ett resultat av tidigare industriverksamhet) där man nu planerar att bygga bostäder.

#### Det globala energilandskapet<sup>71</sup>

Det globala energilandskapet genomgår stora förändringar som ger delvis nya förutsättningar i ett 2025-perspektiv. Efterfrågan på energi förväntas öka ytterligare, främst med anledning av en kraftigt expanderande medelklass i Asien (framför allt Kina) samt industrialisering i ett antal utvecklingsländer, inte minst Indien.

Den globala energimixen fortsätter att i allt väsentligt präglas av fossila bränslen, men balansen mellan dessa förändras så att kol och gas kan förväntas öka i betydelse, medan olja minskar. Den enskilt största förändringsfaktorn återfinns i den amerikanska skifferrevolutionen, som innebär ett minskande amerikanskt omvärldsberoende, sannolik amerikansk gasexport, och billigare kol på världsmarknaden.

<sup>69</sup> [http://www3.ivl.se/db/plsql/dvst\\_pm\\_gd\\$b1.actionquery?p\\_stat\\_id=20414&p\\_startt=2013-01-01&u\\_startt=2014-01-01&p\\_timdygn=Timme](http://www3.ivl.se/db/plsql/dvst_pm_gd$b1.actionquery?p_stat_id=20414&p_startt=2013-01-01&u_startt=2014-01-01&p_timdygn=Timme)

<sup>70</sup> FYTÖREMEDIERING Ett hållbart sätt att tillgängliggöra förorenad mark?, Kind, SLU 2012

<sup>71</sup> Strategiska trender I ett globalt perspektiv, Regeringskansliet 2014

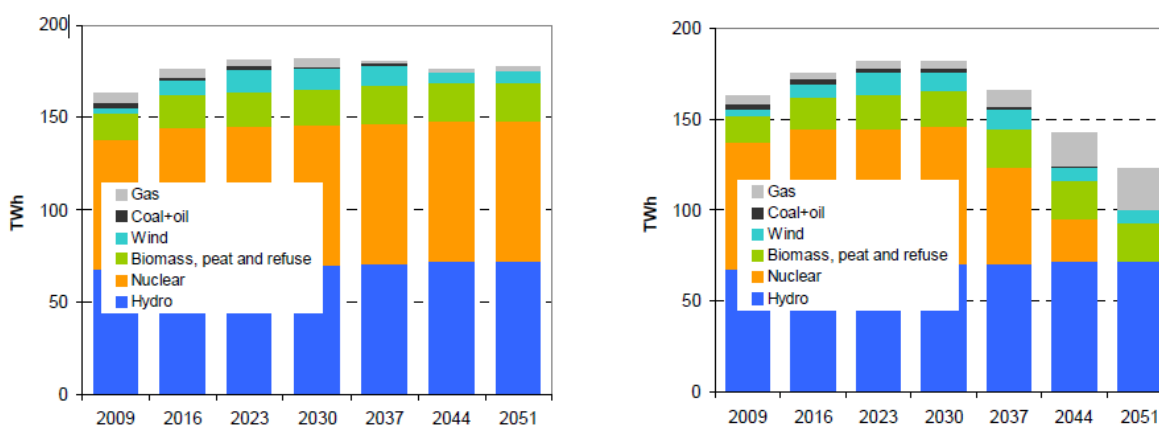


När det gäller råvaror och mineraler så förstärks Kinas ledande roll som producent och konsument, och omvärldens beroende gentemot Kina när det gäller strategiskt viktiga sällsynta jordartsmetaller består.

## Det Svenska energilandskapet<sup>72</sup>

Kärnkraftens framtid har avgörande betydelse för det nationella energisystemets långsiktiga utveckling i "Scenarier för utvecklingen av El- och energisystem 2050" (Profu) menar man att ett beslut om att reinvestera i kärnkraft också är ett beslut om vårt oberoende av el. Man säger "Om vi inte väljer att reinvestera i kärnkraft, byggs stor del av ersättningskraften inte i Sverige".

Nedan är utdrag från rapporten som till vänster beskriver Profus bedömning av den nationella kraftproduktionen med reinvestering i kärnkraft och den högra utan dessa investeringar.



Figur 13: Scenario Svensk kraftproduktion (Profu 2010), graf till vänster med reinvestering i kärnkraft, till höger utan

Skillnaderna i krafttillförsel mellan graferna från 2037 (i högra grafen ovan) och framåt antas (av Profu) behöva ersättas av elimport.

## Teknologiutvecklingen

### Strategiska trender i ett globalt perspektiv<sup>73</sup>.

Teknologiutvecklingen och digitaliseringen är globala utjämningsfaktorer som bland annat ger möjlighet för mer avancerade utvecklingsländer att utvecklas snabbare och på annat sätt än konventionell industrialisering och modernisering. Nya energikällor och nya former för lagring och transport av energi – och framför allt brett utnyttjande av sådan teknologi – ligger troligen bortom 2025; när dessa realiserar kommer vi att se nästa kvalitativa skifte i utvecklingen. Med det sagt är det inte sannolikt att den nu pågående teknologiutvecklingen i sig ger upphov till stora skiften mellan stater; snarare kommer vi att se tydligare skiljelinjer inom stater mellan de som får full del av utvecklingen och övriga.

<sup>72</sup> "Scenarier för utvecklingen av el- och energisystemet till 2050", Profu Göteborg, 2010

<sup>73</sup> Strategiska trender i ett globalt perspektiv, Regeringskansliet 2014

Teknologi förändrar våra samhällen, hur vi arbetar, umgås och ser på omvärlden – en värld som har färre gränser, som ger ökad individuell frihet, och som främjar nya former av gemenskap och identifikation. Staten utmanas som politisk organiseringsform, samtidigt som individens makt att påverka sin egen livssituation ökar. Frågan är om dagens institutioner, fora och organisationsstrukturer är lika dynamiska som den omvärld vi lever i.

De teknologiska trenderna är sällan revolutionerande i sig. Men tillsammans kan de nå oanade möjligheter och uppnå tämligen omvälvande resultat. Vi har en tendens att ofta tänka linjärt, även avseende teknologi. Men erfarenheten från de senaste decenniernas teknologiska utveckling pekar på allt fler exponentiella utfall. En teknologi har ofta en långsam start och om den överlever, utvecklas och kombineras med andra teknologier, kan effekten bli minst sagt oväntad. Ökad beräkningskraft, sammankoppling och global spridning på individnivå ökar därtill sannolikheten för ännu mer omvälvande tekniska förändringar än vi hittills sett. Redan de teknologier vi ser i dag har potential att fundamentalt förändra individens globala delaktighet samt staters, företags, och organisationers bidrag till global utveckling, produktivitet och hållbar utveckling

#### **Fusion, ren och uthållig energi för framtiden<sup>74</sup>**

Fusion bygger precis som kärnkraft på en kärnreaktion, men här utvinns energin på motsatt sätt. I fusion avges energi när två lätta atomkärnor fusionerar – smälter samman till en större. Solens lyskraft och värme bygger på att atomkärnor kolliderar i hög hastighet och smälter samman. Atomkärnorna består av tunga varianter av det enkla grundämnet väte: deuterium och tritium.

Stora mängder energi utvecklas i reaktionen, och den enda restprodukten är helium, en stabil och helt ofarlig ädelgas, som redan finns i vår luft. Helium är mer stabilt än vad deuterium och tritium är, och det behövs därför mindre energi för att hålla samman en heliumatom än att hålla samman deuterium- och tritiumatomer. Energin som blir över är den som utvinns i en fusionsreaktor.

Utvecklingen går åt rätt håll, och jämfört med datorindustrin där processorernas kapacitet fördubblas var artonde månad, har fusionsforskningen visat väl så goda framsteg. Om 40–50 år tror Tünde Fülöp, biträdande professor i fysik på Chalmers, att fusion kommer att vara ekonomiskt lönsamt.

#### **Politik och styrmedel**

Boverket ställer krav på byggregler som avser energibehov per boyta, ekodesigndirektiv som avser produkters klimatpåverkan och energieffektiviseringsdirektivet som avser främjandet av kraftvärme och det individuella ansvaret i användarledet<sup>75</sup>. Inom EU och nationellt finns flertalet sådana direktiv som avser att fastställa ramverk och främjandet avansvarfull användning av naturens resurser och har historiskt sett haft mycket positiva effekter.

#### **Nationell politik**

Sverige satsar över lag mer på forskning och utveckling än andra Europeiska länder och har även goda förutsättningar till strukturuomställningar i samhället och utnyttjandet av ny teknik. Utöver den inhemska politiken som berör energianvändning innehar Sverige även ett geopolitiskt inflytande över

<sup>74</sup> <http://www.miljoportalen.se/energi/framtidens-energi/stjaernornas-energi>

<sup>75</sup> <http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Energieffektivisering/>

internationella in- och omställningar inom området genom införandet av åtgärder som lönar sig både ekonomiskt och miljömässigt<sup>76</sup>.

Enligt "förnybartdirektivet" ska år 2020 all energianvändning inom EU till 20 % bestå av förnybart, men Sverige har gjort åtagandet att 50 % av all energianvändning ska vara förnybart samma år, däremot delar Sverige samma mål om 10 % förnybart för fordonsflottan. Jämfört med 2008 ska i Sverige energiintensiteten minska med 20 % till 2020<sup>77</sup> och i Sverige, som i hela EU, gjordes 2014 åtagandet om en energieffektivisering om 20 % till 2020 samt 27 % eller mer till 2030<sup>78</sup>.

I Sverige betalar vi skatt för användning av el och bränslen. Även utsläpp av koldioxid och svavel är beskattade och en avgift måste betalas vid utsläpp av kväveoxid. Skatterna för el och bränsle varierar beroende på användningsområde samt om elen används i norra Sverige. Vidare finns flertalet lagar som har stor inverkan på energianvändningen inom landet, exempelvis lagen om kommunal energiplanering som förpliktar kommuner främja hushållandet av energi samt verka för en säker och tillräcklig energitillförsel i sin planering, miljöbalken som avser människans förpliktelse att skydda och förvalta naturen väl vid utnyttjandet av den samt lagen om hållbarhetskriterier för biodrivmedel som innehåller kriterier som måste uppfyllas för att dessa energislag ska få stöd och anses vara förnybara<sup>77</sup>.

#### *Energikommissionen startar 6 Mars 2015<sup>79</sup>*

Framtidens energiförsörjning kräver nya lösningar som ger en trygg, marknadskraftig och klimatanpassad tillgång till energi. Regeringen tillsätter därför en parlamentarisk kommission som ska ta fram förslag på ny politik för den långsiktiga energiförsörjningen fram till år 2050. Energiminister Ibrahim Baylan kommer att leda Energikommissionens arbete.

Energikommissionens uppdrag blir att se över det framtida behovet av energi utifrån aktuell och befintlig forskning. Kommissionen ska identifiera vilka utmaningar och möjligheter som finns för den framtida energiförsörjningen. En viktig fråga för Sveriges utveckling och konkurrenskraft är behovet av elförsörjningen. Kommissionen ska därför ha ett särskilt fokus på el. Uppdraget är att lämna ett underlag till en bred politisk överenskommelse om energipolitikens inriktning, med fokus på tiden år 2025 och framåt.

Arbetet kommer att bedrivas i tre faser:

- En kunskapsinhämtande fas, där kommissionen tar del av och väljer ut scenarier för energiförsörjningen fram till 2050,
- En analyserande fas där konsekvenserna av olika scenarier studeras och förslag till ändringar i regelverken tas fram
- En förhandlingsfas, då kommissionen enas om huvudpunkterna i en energipolitisk överenskommelse.

<sup>76</sup> Strategiska trender i globalt perspektiv, Regeringskansliet (2014)

<sup>77</sup> Energiläget 2013, Energimyndigheten

<sup>78</sup> <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency>

<sup>79</sup> <http://www.regeringen.se/sb/d/20068/a/255284>

### EU-politik

Konsumenters klimatpåverkan minskas idag genom ekodesign- och energimärkningsdirektiv som avser produkters livscykel och energianvändning. Vidare finns direktiv för energiprestandan i byggnader, som ställer krav på maximal energianvändning för nybyggnationer. År 2020 ska enligt detta direktiv alla nya byggnader vara så kallade "näranollenergibyggnader", där enskilda medlemmar själva definierar vilken energimängd det handlar om<sup>77</sup>.

Energiintensiv industri, el- och värmeproducenter samt andra intressenter kan handla med utsläppsrätter som ett incitament till att minska utsläppen. Detta system har visat sig inte leda till förväntade utsläppsminskningar då utsläppsrätternas varit billiga. Jämfört med 2013 justeras därför tilldelningen av utsläppsrätter linjärt från 80 % till 30 % år 2020<sup>77</sup>.

Energiskattedirektivet i EU är under revidering och avser idag lägsta tillåtna skattesatser för använd energi för främst produkter som används till el- och värmeproduktion samt motorbränslen. Direktivrevideringen avser att bättre främja reduktion av koldioxidutsläpp och energianvändning samtidigt som problem på den inre marknaden undviks<sup>77</sup>.

Vidare finns bland annat direktiv för förnybara bränslen samt avfall- och vattenhantering, bränslekvalitetsdirektiv, elmarknadsdirektiv och direktiv för koldioxidinfångning och -lagring<sup>77</sup>.

Skarpare styrmedel på europeisk nivå kan förväntas, där direktiv om emissioner av växthusgaser, ökande andel förnybar energi och ökande krav på energieffektivitet kommer att förhandlas fram, vilket kommer att påverka industrin. Industrin kommer också att påverkas av efterfrågan på tjänster och produkter för att mildra konsekvenser av klimatförändringar.

EU har nu beslutat om nya regler som gör varje medlemsland skyldiga att bygga infrastruktur för att tillhandahålla alternativa bränslen. Medlemsländerna måste sätta mål och offentliggöra nationella planer för hur det ska gå till senast år 2016. Beslutet reglerar tillgängligheten till el, flytande naturgas (LNG), komprimerad fordonsgas (CNG) och vätgas.

Den infrastruktur som EU-länderna ska bygga för el ska vara klara till år 2020 och år 2025 ska infrastrukturen för övriga bränslen vara klar. Målen som länderna ska sätta upp ska säkerställa att elbilar kan cirkulera i stadsmiljöer och förorter och målet bör vara minst en laddstolpe per tio bilar. När det gäller LNG föreslås en station för varje 400 kilometer och för CNG en varje 150:e kilometer.

### Urbaniseringen och samhällsutvecklingen<sup>80</sup>

En allt större del av världens befolkning lever i städer. Det påverkar energianvändningen i boendesektorn och det påverkar hur infrastrukturerna utvecklas, för energi, för transporter, för vatten, för telekommunikation. Detta innebär också att konsumenters och företags efterfrågan på industrins produkter förändras.

### Resursknappheten

Vi tar ut alltmer av de resurser som finns på planeten. Ökad resurseffektivitet för både material- och energianvändning är redan en utmaning och kommer att bli det i ökad utsträckning. En utmaning är

<sup>80</sup> Forsknings- och innovationsagenda för effektiv energianvändning, SwereaSwecast AB (2014)

att hitta materialutbyten för att bibehålla funktionalitet. Smartare resursanvändning kommer sannolikt öka behovet av nära samarbete mellan industri och samhälle.

### Cirkulär ekonomi<sup>81</sup>

Vad händer om vår befintliga nytillverkningsindustri utvecklas i riktningen mot en cirkulär reparationsekonomi med större fokus på cirkulära material- och energiflöden? Vi skulle få se en trend mot förändrad resurshantering där nya produkter tillverkas ur gamla. Produktefterfrågan skulle förändras, vilka material som används skulle förändras och produktionstekniken skulle förändras. En sådan utveckling skulle kräva nya affärsmodeller, nya samarbeten mellan branscher och nya regelverk.

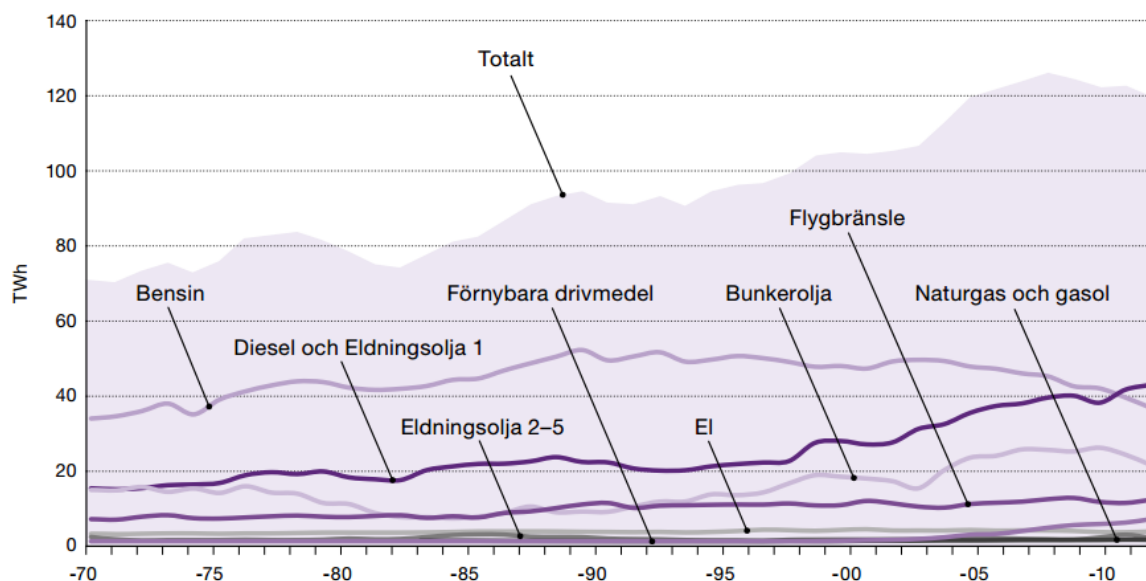
### Konsumentbeteenden<sup>82</sup>

Vi har sett en ökad grad av individualism, åtminstone i västvärlden, man vill förverkliga sig själv inte minst genom konsumtion. Men, att äga sin bil, sin bostad eller sina hushållsapparater är kanske inte självklart för kommande generationer. Det kan gå lika bra att hyra eller äga tillsammans med andra. Förändrade konsumentbeteenden innebär att efterfrågan på produkter och tjänster förändras.

## Utveckling-energianvändning

### Transportsektorn

Sedan 1970-talet har transportsektorns energianvändning i riket kraftigt ökat men det är en trend som håller på att brytas<sup>77</sup>.



Figur 14: Nationell energianvändning i transportsektorn inklusive utrikes transporter 1970-2011<sup>83</sup>.

<sup>81</sup> Forsknings- och innovationsagenda för effektiv energianvändning, SwereaSwecast AB (2014)

<sup>82</sup> Forsknings- och innovationsagenda för effektiv energianvändning, SwereaSwecast AB (2014)

<sup>83</sup> Energiläget 2013, Energimyndigheten

### Bostadssektorn

Energianvändningen inom bostads- och servicesektorn har varit förhållandevis konstant de senaste 20-30 åren. Använd energi inom bostadssektorn har kunnat hållas jämn av flertalet anledningar trots det ökade behovet. Dessa anledningar innefattar bland annat energieffektiviseringar, oljeutfasning till fördel av fjärrvärme som har mindre omvandlings- och distributionsförluster samt el-baserade värmelösningar som värmepumpar, vilka levererar betydligt mer värme per instoppad energienhet än förbränningstekniker<sup>77</sup>.

Under varma perioder kommer användningen av komfortkyla att öka, vilket ger effekttoppar från lunchtid till tidig kväll. Under denna period är energibehovet i övrigt stort redan idag. Under värmeböljor kommer topparna bli ännu mer extrema, eftersom ännu fler kommer att använda fläktar och kylsystemen måste kyla ännu mer.<sup>84</sup>

### Industrins energianvändning<sup>80</sup>

Effektivare energianvändning inom tillverkningsindustrin kommer att ha en stor betydelse för våra möjligheter att nå nationella och europeiska miljömål.

Sverige har en vision om "netto-noll" utsläpp av växthusgaser till 2050 och är på god väg att nå utsatta delmål för utsläppsreduktioner till 2020. Klimatfrågan är dock långsiktig och 2-gradersmålet som antagits under klimatkonventionen innebär utsläppsåtaganden som sträcker sig till år 2050 och framåt. Forskning och innovationer inom effektivare energianvändning för att möta miljömål innebär både att utforska långsiktiga utvecklingsmöjligheter och att se vilka utsläppsreduktioner som nås till lägsta kostnad på kort sikt. Ett branschöverskridande och tvärvetenskapligt synsätt på effektiv energianvändning innebär också att ta fram ny kunskap kring styrning och åtgärder som på lång sikt skapar förutsättningar i form av infrastruktur, teknikutveckling och entreprenörskap. Enligt en studie genomförd av IVA är det möjligt att nå en 50 procent mer effektiv energianvändning än idag år 2050, men detta kräver målmedvetet, långsiktigt och kontinuerligt arbete. (Energieffektivisering av Sveriges industri, IVA, 2013)

Att bidra till att målen nås kräver att tillverkningsindustrin har bra generella förutsättningar för innovation och industriell utveckling för att underlätta en omställning till nya "gröna" marknadskrav. För vissa branscher kan det också behövas en innovationspolitik som mer riktat styr mot att utveckla nya tekniska lösningar för att klara långsiktiga klimatmål.

För att företag ska kunna växa och utveckla sin verksamhet är det viktigt att inte enbart fokusera på energieffektivisering i termer av minskad energianvändning, utan att istället fokusera på att skapa större värde med den energi som används.

Forsknings- och innovationssatsningar inom effektiv energianvändning strävar efter att skapa maximal nytta av den energi som används i tillverkningsindustrin. Detta innebär flera olika sätt att se på begreppet effektivitet och nytta:

<sup>84</sup> Planering för en varmare stad - klimatanpassning av den fysiska miljön *Systemstudie för översiktsplan 2016*, Maria Wiekenstahl 2014

- Effektivitet i det enskilda företags energianvändning, för att kunna få ut så stort värde som möjligt av den energi som används i verksamheten: Att optimera energianvändningen för att öka produktionen, att kunna producera produkter med ett större värde, och att minimera eventuellt spill och energiförluster.
- Effektivitet mellan företag och branscher – ”business to business” – genom att optimera energianvändningen i olika steg och moment
- Effektivitet från producent till konsument, till exempel att de produkter som tillverkas är energieffektiva i sin användning – vilket skapar en större konsumentnytta.
- Effektivitet i industrins interaktion med samhället, genom att utforska hur energianvändningen i tillverkningsindustrin påverkar möjligheten att skapa samhällsnytta – exempelvis genom att nå miljömål och skapa arbetstillfällen.

#### *Tillverkningsindustrin behöver fortsätta att utveckla konkurrenskraftiga produkter<sup>85</sup>*

Inköpsavdelningar i företag likaväl som framtidens slutkonsumenter av industrins produkter kommer vara allt mer intresserade av att välja produkter som är energieffektiva och som man vet är tillverkade på ett energieffektivt sätt. Genom forskning och innovation på området effektiv energianvändning kommer vi att få fram ny kunskap och nya lösningar som kan användas för att ta fram konkurrenskraftiga produkter.

Ett allt mer komplext samhälle och allt mer komplexa produkter kräver att vi gemensamt lyfter frågorna om energianvändning till en mer övergripande nivå. Vi rör oss mot en hybridekonomi där det är svårt att skilja på vad som är varor och tjänster och där en funktion eller lösning på ett behov efterfrågas snarare än en konkret produkt. I denna hybridekonomi behöver också synen på effektiv energianvändning förändras.

Analysen från bland annat VINNOVA visar att tjänsteexportens betydelse för Sverige ekonomi är starkt kopplad till och beroende av en stark och konkurrenskraftig varuproduktion och varuexport för att kunna utveckla och integrera tjänsteerbjudanden med varor.

#### *Tillverkningsindustrin behöver samverka mer med det omgivande samhället<sup>86</sup>*

Om tillverkningsindustrin ska kunna samverka ännu mer med samhället krävs att industrin blir en del i en större värdekedja av energianvändning och energiflöden. Detta kan bland annat innebära att utnyttja material- och energiflöden på nya sätt så att nya värdekedjor uppstår, att tillvarata överskottsenergi, att utveckla nya affärsmodeller, och att utveckla samhällsnyttiga produkter i samverkan med samhällets aktörer.

För detta krävs bättre samarbetsvillkor, ökad kompetens i myndigheter, kommuner och industri. Också när det gäller de styrmedel som staten påverkar industrin med kan ökande samverkan få stor betydelse.

<sup>85</sup> Forsknings- och innovationsagenda för effektiv energianvändning, SwereaSwecast AB (2014)

<sup>86</sup> Forsknings- och innovationsagenda för effektiv energianvändning, SwereaSwecast AB (2014)



Tillverkningsindustrin liksom samhället i stort har ett behov av att de som examineras från grundskolan, från gymnasiet, från universitet och högskola behöver ha ökad kompetens när det gäller energifrågor. Kompetensen om energifrågor behöver alltså öka i hela utbildningsväsendet.

### *Industrins framtida behov av biomaterial*

#### Byggnader

Det har funnits restriktioner hur höga hus får vara när de byggs i trä och restriktionerna har sina rötter från gamla stadsbränder på 1800-talet, som idag inte anses vara något problem av förespråkare för trähus p.g.a. sprinklersystem med mera. Höga hus som byggs i trä har stadigt ökat sedan år 2000 då andelen var 1 %, år 2013 var andelen 15 % för byggnader med fler än 2 våningar<sup>87</sup>. För- och nackdelarna för både trä- och betonghus är många, en omfattande sammanställning finns på ekobyggportalens hemsida<sup>88</sup>. I en livscykelanalys-studie genomförd av SP så jämfördes energianvändningen och CO<sub>2</sub>-utsläppen med en 100 års livscykel mellan 2 likadana höghus, vars enda skillnad var att den enda byggdes med en trästomme och den andra med en cementstomme. Studien visade en skillnad med 220 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> till fördel för huset byggt med trästomme. Vidare visades att huset med trästomme hade negativa nettoutsläpp av CO<sub>2</sub> över sin livstid, även när livstiden var 50 år, då det dels uppstår rester vid skogsavverkningen och vid förädlingen av skogsråvarorna samt från byggarbetsplatsen. Vidare går det mesta av materialet vid rivning att energiåtervinna<sup>89</sup>.

### Utveckling - energidistribution

#### Smarta elnät<sup>90</sup>

Smarta elnät är ett brett begrepp. Det omfattar hela fältet från produktionsapparaten, kraftelektronik och ny teknik i transmissionsnätet till nya produkter och tjänster baserade på informationsteknik, kunskap om energiflöden och styrmöjligheter ute hos elanvändarna. Smarta elnät handlar således inte bara om teknik, utan även om nya affärsmodeller och tjänster samt nya förutsättningar för reglering och marknadsdesign. Den digitala utvecklingen gör det möjligt för kunden att ta en aktivare roll utifrån egna intressen och behov, vilket är en grundpelare för smarta elnät. Det finns inte heller någon tydlig gräns mellan traditionell teknik och smarta elnät. Introduktionen av smarta elnät sker ofta som en process med successiva förbättringar och uppgraderingar för att möta nuvarande och framtida kunders behov. För att betona detta faktum har man också i många internationella sammanhang börjat använda begreppet "grid modernization" som komplement till "smart grid".

Samordningsrådet för smarta elnät presenterade i december 2014 sitt slutbetänkande där bl.a. förslag till handlingsplan ingår:

Utgångspunkten för samordningsrådets handlingsplan är att drivkrafterna för smarta elnät i första hand är marknadsbaserade. Syftet med planen är att skapa framförhållning och underlätta anpassning till framtida utmaningar, så att de mål som

<sup>87</sup> Naturvetarna.se

<sup>88</sup> Ekobyggportalen, <http://www.ekobyggportalen.se/huskonstruktioner/att-valja-konstruktion/>

<sup>89</sup> Klimatfrågan som drivkraft för ett ökat träbyggande, SP

<sup>90</sup> Slutbetänkande från samordningsrådet för smarta elnät SOU 2014:84, <http://www.regeringen.se/content/1/c6/25/12/76/a4244763.pdf>



uttrycks i direktivet och som rådet formulerat kan uppnås. Vi vill alltså inte styra utvecklingen i en viss riktning t.ex. när det gäller teknikval och olika aktörers roller på en framtida marknad.

Utvecklingen av smarta elnät hänger nära samman med utvecklingen av den europeiska elmarknaden och berör komplexa problemställningar som i många fall kräver ett omfattande utredningsunderlag.

Det handlar bl.a. om avvägningar mellan samhällsnytta och kundnytta som inte alltid sammanfaller, förhållandet till EU:s regelverk etc. Förslag på justeringar i marknadsdesignen måstesåledes ta hänsyn till en rad olika omständigheter. För detta krävs omfattande konsekvensanalyser som bör fortsätta också efter att samordningsrådet avslutat sitt arbete. Samtidigt är det viktigt att den process som ska underlätta anpassning till nya förutsättningar på elmarknaden (stor andel lokal och intermittent produktion, aktiva kunder med helt nya förbrukningsmönster etc.) påbörjas redan nu. På detta sätt kan erfarenheter av praktiskt förändringsarbete uppnås i god tid innan utmaningarna blir mer akuta.

En annan grundförutsättning för handlingsplanens strategiska inriktning är den tröghet som gäller förändringar av energi- och systemet, liksom för all kapitalintensiv infrastruktur med långa avskrivningstider. Även ganska omfattande förändringar i marknadsförutsättningarna för olika aktörer ger genomslag först på längre sikt.

Detta innebär även att en stor del av handlingsplanens resultat inte kan förväntas få fullt genomslag förrän efter 2030. Samtidigt finns det andra mer konsumentnära områden där ny teknik, nya affärsmodeller och förändrade preferenser kan medföra snabba förändringar inom vissa områden som är svåra att förutse (jämför utvecklingen inom telekom).

Ytterligare en utgångspunkt för handlingsplanen är att smarta elnät i första hand är en möjliggörare för olika former av kundnytta/ samhällsnytta som vi vill uppnå, t.ex. ökad energieffektivitet, elektrifiering av transportsektorn och hållbarhet på energisystemnivå, bl.a. genom ökad samverkan med andra energibärare. Att förverkligadessa mål är ett långsiktigt utvecklingsarbete där smartaelnät kan ge betydelsefulla bidrag.

Samtidigt behöver elmarknaden utvecklas genom att nya system, tekniklösningar och marknadsförutsättningar prövas och utvecklas steg för steg. (efterfrågefleksibilitet, lagring, decentraliserad produktion, dubbelriktade flöden, automatisering i elnäten, styrning etc.).

Utvecklingen bör ske inom ramen för en helhetssyn där nyttan för kunderna är central tillsammans med ett effektivt och hållbart resursutnyttjande och en säker elförsörjning. Arbetet bör också bygga på förutsägbara och långsiktiga förändringar av spelreglerna på marknaden där det samtidigt finns en beredskap för snabba tekniska förändringar.

Handlingsplanen fokuserar därför på förbättringar och utvecklingsarbete som behöver påbörjas redan nu för att utveckla erfarenheter som kan bidra till att hantera elsystemets utmaningar, som kan förväntas bli mycket omfattande. Planen innehåller således inte några enkla förslag inriktade på snabba förändringar. I stället ärförhoppningen att rådets arbete och handlingsplanen ska bidra till ny kunskap och nya erfarenheter som även kan slå hål på vissa myter. Det ger förutsättningar för en mer stabil utveckling utan risk för bakslag och oönskade konsekvenser.

### Elförsörjning godstransporter

Tunga transporter av gods står för en betydande del av utsläppen och använder främst fossila bränslen som drivmedel samtidigt som mycket energidistribution sker på landsväg med tunga fordon. En mer hållbar transportsektor prövas idag på flera håll i världen i form av elvägar. I Sverige planeras flera testanläggningar som börja byggas under 2015. Det finns 3 typer av elvägar varav 2 använder sig av konduktiv elöverföring likt tågtrafiken eller med en skena till marken och båda kräver således ett kontaktdon med strömförsörjningskällan. Det tredje alternativet utnyttjar induktiv strömöverföring via det elektromagnetiska fältet som uppstår av den nedgrävda strömförande kabeln och kräver således ingen fysisk kontakt till strömkällan<sup>91</sup>.

### Elförsörjning till kollektiva persontransportsystem

Utveckling av kollektivtrafiksystem är ett mycket intensivt utvecklingsområde där i stort sett samtliga utvecklingsalternativ innehåller elektrifiering av antingen fordon och/eller själva infrastrukturen i sig. I Uppsala har olika tekniska system utvärderats och diskuteras över de senaste åren och i dagsläget är huvudalternativet inriktat mot en spårvagnsstruktur för "stomlinjerna" i centrala staden medan framtida tekniska system för övriga kollektivtrafikstråk är under utredning.

### Gasnät

Ett 354 km regionalt 10-bar biogasnät i Mälardalen, som korsar 18 kommuner, undersöks av Biogas Öst med flertalet finansiärer. Projektet avser bedöma marknadsförutsättningarna i olika scenarier, med hänsyn tagen till potentialer för rötning och förgasning av råvaror samt efterfrågan av gasen till fordonsflottan, industri m.m.<sup>92</sup>. Biogas Öst hade 2012 ambitioner att år 2020 ha en regional biogasproduktion om 3 TWh, som motsvarade 10 % av transportsektorns energianvändning. Regionen innefattar Uppsala, Stockholm, Örebro, Västmanlands, Östergötlands och Södermanlands län. Antalet anställda inom branschen uppskattades till 300 - 500 helårsarbetare med antagandet att antalet anställda ökar proportionerligt med den ökade produktionen. Arbetstillfällena skapas främst inom den egna branschen men även inom jordbruk, transport, administration och företagstjänster<sup>93</sup>. Ett gasnät kan även i viss mån utnyttjas som ett energilagring då den inneslutna energimängden vid varje given tidpunkt, beroende av hur nätet är dimensionerat, kan vara större än dygnsomsättningen. Vidare kan gasen göras flytande och lagras utanför nätet för att sedan evaporera till gas igen och skjutas in i nätet vid behov<sup>94</sup>. Vanligtvis lagras energin i underjordiska rum om geologin tillåter<sup>95</sup> och

<sup>91</sup> Ett steg närmare elvägar, trafikverket (2014)

<sup>92</sup> Biogasnät i Mälardalen, Svenskt gastekniskt center (2014)

<sup>93</sup> Biogas, tillväxt & sysselsättning, WSP Analys & strategi (2011)

<sup>94</sup> <http://www2.nationalgrid.com/UK/Our-company/Gas/Gas-Storage/>

<sup>95</sup> [http://www.eia.gov/pub/oil\\_gas/natural\\_gas/analysis\\_publications/storagebasics/storagebasics.html](http://www.eia.gov/pub/oil_gas/natural_gas/analysis_publications/storagebasics/storagebasics.html)

ibland i gasklockor. Behovet av ett backupsystem som kan förse nätet med gas är essentiellt för leveranssäkerheten om produktionsbortfall sker eller trycket blir för lågt<sup>96</sup>.

Att transportera gas i ett nät är betydligt mer klimatvänligt än transporten som annars skett på lastbilar. Fler lönsamma produktionslösningar av energigas (vät- och metangas i detta fall) öppnas också upp i närvaro av ett gasnät, eftersom det blir lättare för producenten att få avsättning för gasen. Vidare blir fler lösningar intressanta då stora ytor nu kan tänkas för anläggningarna, t.ex. en förgasningsanläggning som lämpligen byggs i ett område där tillgången till skogsråvara är god.

I utredningen om biogasnätet i Mälardalen påvisades minskade emissioner av växthusgaser och partiklar när gas transporteras i ett nät istället för på lastbil. Vidare har en minskning av utsläpp visats när en viss andel bensin- och diselfordon ersätts av biogasfordon. Sammanlagt beräknades ca 10 % av drivmedelbehovet till regionens fordonsflotta, ca 1 TWh/år, ersättas av biogasfordon. Studiens resultat presenteras i Tabell 3 och Tabell 4 nedan.

Minskade emissioner av:	Volym
Växthusgasutsläpp	2 099 ton/år
Utsläpp av NOx	17 ton/år
Partiklar	353 kg/år

**Tabell 3: Minskade emissioner när 378 GWh biogas transporteras i ett gasnät istället för på lastbil (med antagandena; 116 km enkelvägstransport, 6 500 transporter med 6000 nm<sup>3</sup> biogas vardera – beräknad dieselätgång för transporten blir ca 7,5 GWh)<sup>97</sup>.**

Minskade emissioner av:	Volym
Växthusgasutsläpp	130 494 ton/år
Utsläpp av NOx	490 ton/år
Partiklar	14 017 kg/år

**Tabell 4: Minskade emissioner från fordonstrafiken i de undersökta kommunerna då 1 TWh biogas ersätter bensin och diesel<sup>98</sup>.**

I dagsläget är det tillåtet med ett par procentenheters inblandning av vätgas i naturgasnätet. Eftersom vätgas innehåller ca 3 kWh/Nm<sup>3</sup> jämfört med metanets 10 kWh/Nm<sup>3</sup> så måste vätgas lagras under högre tryck för att transportera samma mängd energi i nätet. Högre tryck samt mindre storlek på molekylerna bidrar troligen till att vätgasnätet måste vara tätare än dagens metangasnät vilket i sin tur rimligen leder till att det senare nätet bör ha billigare materialkostnad. En signifikant del av kostnaderna ligger i kulvertkostnader så i det fallet gäller att flera rör kan samförläggas för att fördela kulvertkostnaderna. En stor fördel med vätgas är att den ger bättre energieffektivitet på användningssidan vilket gör att inte lika mycket vätgas behöver transporteras<sup>99</sup>.

### Nät för värmedistribution

För centraliserade värmesystem krävs vissa förutsättningar så som antalet hushåll och inbördes avstånd mellan dem. I samband med kommunens ambitioner att nybyggen både sker i stråk från tätorter in mot staden och att Uppsala i sig är en starkt växande stad, kan framtida integration av kranorternas värmesystem med stadens övervägas i framtiden.

<sup>96</sup> Biogasnät i Mälardalen, Svenskt gastekniskt center (2014)

<sup>97</sup> Biogasnät i Mälardalen, Svenskt gastekniskt center (2014)

<sup>98</sup> Biogasnät i Mälardalen, Svenskt gastekniskt center (2014)

<sup>99</sup> Farzad, M. SWECO (2014)

Då behovet av spillvärme varierar stort över året är det svårt för en tredje part att få en skälig ersättning för denna värme i stadens fjärrvärmenät. En teknisk svårighet avseende tillvaratagande av spillvärme beror på det ofta handlar om lågkvalitativ vattenburen energi som är för kall för framledningen, vidare kan dåligt skötta undernät leda till höga förluster. Förluster i värmenätet når uppåt 20 % när distributionen sker till enskilda villakunder medan den endast är ett par procent när den skickas i rörledningar med grövre dimensioner.

Flera aktörer inom kommuner har önskemål om att returnera spillvärme och 2014 lämnade näringsdepartementet in förslag om ändring i fjärrvärmelagen som bland annat innebär att industrier ska ha rätt till att leverera spillvärme till nätet mot ersättning givet att de själva står för anslutningskostnaderna<sup>100</sup>. Användandet av spillvärme inom fjärrvärmen ökar nationellt och utöver industriell spillvärme kan exempelvis även värme från serverhallar, simhallar och butiker användas. Fortum i Stockholm har tagit fram en affärsmodell eller marknadsplats för spillvärmeleverans till sitt fjärrvärmenät<sup>101</sup>. I Uppsala finns även ett samarbete mellan Vattenfall och Ångströmlaboratoriet där värme återvinns för att driva fjärrkyla<sup>102</sup>. Det är viktigt att påpeka att spillvärme med fördel även kan tas om hand inom den egna fastigheten/anläggningen alternativt i ett utbyte med "grannarna".

## Utveckling – energiomvandling

### Förgasning

Förgasning kan definieras som den termokemiska process där ett kolhaltigt fast eller flytande ämne, vid upphettning i en miljö fri från, eller med en kontrollerad mängd syre, övergår till gasform som huvudsakligen består av vätgas och kolmonoxid som kan omvandlas till fordonsbränslen som metan samt flytande drivmedel, men även kemiska produkter som ammoniak, plaster och färg etc. Även metanol kan framställas ur processen och exempelvis användas som inblandning i bensin eller enkelt omvandlas till DME som kan ersätta diesel<sup>103</sup>. Dagens bensinbilar kan låginblanda metanol till 25 % utan ombyggnad<sup>104</sup>, metanol används även vid produktion av biodiesel och är således av intresse för den inhemska bränsleproduktionen.

Potentialen i Sverige för framställning av biometan är mycket högre än potentialen för konventionell framställning av biogas via rötning eftersom skogsråvaror inte är lämplig till rötning. GROT, stubbar, biprodukter från skogsindustrin, halm, salix samt brännbart avfall har lyfts fram som tänkbara råvaror i en förgasningsprocess. I samband med förgasning frigörs även stora mängder värme på grund av de höga temperaturer som krävs i förgasningsreaktorn. Det finns därför stor potential och ekonomiska incitament för integrering med verksamheter där spillvärmen kan avsättas, exempelvis i fjärrvärmenät, kraftvärmeverk och för framställning av fjärrkyla via absorption<sup>105</sup>. Av restprodukterna från skogsbruk och skogsindustri bedöms den totala svenska energipotentialen till cirka 59 TWh metan per år.

<sup>100</sup> Fler goda samarbeten att vänta, pressmeddelande, Svensk fjärrvärme (2014)

<sup>101</sup> <https://www.fortum.com/countries/se/foretag/fjarrvarme/miljo/documents/fortum-varme-miljoredovisning-2014.pdf>

<sup>102</sup> <http://www.energi-miljo.se/artikelem/datorena-bade-varmer-och-kyler/> (feb 2013)

<sup>103</sup> Nya produkter från skogsråvara, Innventia (2014)

<sup>104</sup> <http://www.varmlandsmetanol.se>

<sup>105</sup> Metan från förgasning av biomassa, examensarbete Johan Lundberg (2011)

Metanproduktion ur träråvara sker genom termisk förgasning. Den totala inhemska potentialen exklusive den som kommer ur skogen bedöms vara 15,2 TWh per år<sup>106</sup>. Den 100 MW planerade förgasningsanläggningen i Göteborg av GobiGas med stöd från energimyndigheten, kommer elda flisade restprodukter från skogen som väntas transporteras på räls och fartyg. Idag är 20 MW i drift och förgasar vedpellets. Förgasningsprocessen består av 4 delar; bränslemottagning med bränsletorkning, en processdel för förgasning, en processdel för metanisering samt gasrening och sedan anslutning till distributionssystem som gas- och fjärrvärmenät<sup>107</sup>.

Vid förgasning av biomassa bildas spillvärme i form av ånga och vid metanisering av syntesgasen sker en stor värmeutveckling. Det finns således goda förutsättningar för avsättning av värme i ett fjärrvärmenät för att uppnå bättre totalverkningsgrad. Andelen värme som avges i processen är kopplad till hur stor anläggningen är, vilken typ av metod som används vid förgasningen och av det ingående materialet<sup>108</sup>.

### Elektrolys

Reaktionerna som sker vid elektrolys kan liknas som de motsatta som sker i en PEM-bränslecell, som används för fordonsapplikationer. Vatten spjälkas (delas upp) till vät- och syrgas när en tillräckligt hög spänning i närvaro av en katalysator- ofta platina, läggs över 2 elektroder i vattnet. Tekniken är gammal men har på senare tid uppmärksammats för produktion av vätgas under tider på dygnet av hög intermitterande förnyelsebar energiproduktion. Detta kan vara fördelaktigt när den energin, exempelvis från sol-el eller vindkraft, saknar avsättningsmöjligheter i nätet. Energin kan då genom elektrolys lagras i vätgasmolekyler. Det finns många projekt i Tyskland som gör just detta och pumpar in vätgasen i naturgasnätet upp till 2 %<sup>109</sup>. Vätgasproduktion begränsas inte av råvarutillgången på samma sätt som biogasproduktion, däremot kan anslutningen till elnätet utgöra en begränsning<sup>110</sup>. Att tillvarata den spillvärme som bildas i processen är viktigt för att säkerställa en optimal totalverkningsgrad.

### ”Power to gas”

Att börja använda vätgas i fordonsflottan är kopplat till stora investeringsbehov som nya fordon och tankstationer. Tekniken är under mogningsfasen med stadigt sjunkande kostnader för systemen men det kommer dröja innan främst större bränslecellsfordon slår igenom på marknaden. För att börja använda vätgas redan idag i större utsträckning kan vätgas användas till reformering av koldioxid till metangas genom en process som kallas ”power to gas”. Vid framställning av biogas erhålls en blandning av CO<sub>2</sub> och CH<sub>4</sub> där CO<sub>2</sub> tillsammans med en liten mängd orenheter måste renas bort i ett uppgraderingssteg innan det kan säljas som fordonsgas. Andelen CO<sub>2</sub> uppgår till 40 % vid biogasframställning och om denna gas reformeras till CH<sub>4</sub> ökar biogasframställningen med upp till 70 % och behovet av separationen av CO<sub>2</sub> försvinner. Vid reformeringen erhålls höga temperaturer uppåt 250 – 300°C som går att återvinna, och om systemet är kombinerat med en elektrolysör för vätgasproduktion, som har en restvärme om 80°C, kan exempelvis restvärmen från de båda

<sup>106</sup> Den Svenska biogaspotentialen från inhemska produkter, Biomil AB&Envirum AB (2008)

<sup>107</sup> Termisk förgasning och metanisering, Göteborg energi (2014)

<sup>108</sup> Förgasning av biobränslen för framställning av metan eller vätgas, Svenskt gastekniskt center (2005)

<sup>109</sup> Mass Energy Storage for the Future Energy Market, artikel, Germany trade & invest (2014)

<sup>110</sup> Farzad, M. SWECO (2014)

processerna kombineras och distribueras i fjärrvärmenät<sup>111</sup>. Framställning av metangas på detta sätt görs på flera håll i Tyskland, för att förse naturgasnätet med ytterligare metangas<sup>109</sup> och tekniken väntas ta fart på fler håll i Europa<sup>112</sup>.

### Bioraffinering<sup>113</sup>

Sverige har en lång tradition av raffinering av petroleumprodukter. En aktiv utveckling pågår för att öka bioinblandningen i diesel och bensin. Flera nya produkter har kommit fram de senaste åren baserat på restprodukter från skogs och massaindustrin såsom tallolja och lignin. Nya tekniker är på gång inom raffinaderierna (s.k. "Slurry Hydro Crackers") för uppgradering av HFO (tjockolja) till diesel och bensin vilket ger möjlighet till samkörning avförnybart (fettsyror-träpulver-lignin-pyrolsolja). Den gemensamma nämnaren för samtliga dessa nya produkter är att de är tänkta för användning i traditionella förbränningsmotorer (diesel och bensin). Bedömningen är att det genom fortsatt teknikutveckling är fullt möjligt att kunna nå en andel av förnyelsebart i diesel på 60-70% och kring 40-45% i bensin inom ramen för de drivmedelstandards som idag gäller.

### Utvecklingsplaner i Uppsala

Torvförbränningen i det befintliga kraftvärmeverket kommer ersättas av annat bränsle då ett nytt kraftvärmeverk vid namn "Carpe Futurum" (Carpe) byggs. I Carpe kommer man kunna elda 600 GWh/år fuktiga biobränslen som innefattar bland annat oförädlade ren biomassa som GROT, bark, träflis, salix, halm och vass. Elproduktionen i Carpe väntas öka 20 - 30 % jämfört med elproduktionen som sker i nuvarande verk. Enligt tillverkare av likartade verk är den maximala halmandelen är 10 % och för salix över 20 %, detta på grund av den höga mineralhalten i grödorna som påverkar askans egenskaper som kan ge påslag i pannan. Tre silos kommer användas för lagring av bränslen, nya tester kan behöva göras för att fastställa huruvida askan bäst lämpar sig för byggnadsprojekt, askaåterföring eller annat<sup>114</sup>. Kraftvärmeverkets kapacitet kommer uppgå till ca 90 MW fjärrvärme och 50 MW el samt 25 MW fjärrvärme genom rökgaskondensering<sup>115</sup>.

2030 behöver block 1 och block 4 vid avfallsförbränningen, som tillsammans årligen omsätter 500 GWh, att ersättas. Det är i dagsläget oklart vad för pannor som ska ersätta dem. Livslängden för avfallsförbränningen block 5, vilken har en årlig omsättning på 500 GWh, beräknas till 2040. HVC-pannan tar idag torv och trä och ska byggas om till endast träbränslen, med kapaciteten 28 000 ton, eller 100 GWh/år<sup>116</sup>. Bytet planeras till hösten 2016 och en effekthöjning från 100 MW till 120 MW bedöms som möjlig vilket kan minska behovet av spetsolja<sup>117</sup>.

### Utveckling – energitillförsel

Nedan beskrivs de "energiråvaror" som finns i närområdet och som eventuellt skulle kunna utvecklas för att bidra i ett framtida energisystem.

<sup>111</sup> Farzad, M. SWECO (2014)

<sup>112</sup> Major new European report on power-to-gas energy storage, pressbrev, ITM Power (2015-01-28)

<sup>113</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=rw16giqIDcU>

<sup>114</sup> Karlsson, A. (2014)

<sup>115</sup> Nytt biobränsleeldat kraftvärmeverk i Boländerna, samrådsunderlag, Vattenfall (2013)

<sup>116</sup> Karlsson, A. (2014)

<sup>117</sup> Nytt biobränsleeldat kraftvärmeverk i Boländerna, samrådsunderlag, Vattenfall (2013)

## Torv

Sverige har en torvmark om 104 000 km<sup>2</sup> med varierande tjocklek på torvtäcket, varav endast ca 0,1 % bryts årligen. Tillväxten är i Sverige ca 20 miljoner m<sup>3</sup> per år och 3,5 miljoner m<sup>3</sup> bryts årligen, ytterligare 1,5 miljoner m<sup>3</sup> importeras. Ca 3 500 km<sup>2</sup> av torvmarken bedöms idag som lämplig för produktion av energitorv varav ca 100 km<sup>2</sup> är i bruk<sup>118</sup>.

En myr är en våtmark med aktiv torvbildning och hyser ett rikt liv av främst mikroorganismer, men även mossor, kärlväxter, lavar, insekter m.m. Flera myrtyper finns ofta på en och samma myr där skillnader i vattennivån, näringstillgång och pH. När en myr dräneras för torvbrytning så sker ett totalt ekosystemskifte och många av arterna som levde på myren försvinner, torvackumuleringen försvinner och marken börjar successivt bli en skogsmark, dock en näringsfattig sådan. Beroende av typ av myr så kommer en dikning ha olika konsekvenser och därför bör myrar bedömas enskilt<sup>119</sup>.

Vid dikning av en avslutad torvtäkt sänks grundvattenytan vilket medför en ökad syresättning i de torrlagda lagren, syresättningen hämmar metanutsläppen men leder till en ökad mikrobisk aktivitet som bryter ned det organiska materialet med ökade koldioxidutsläpp som följd och en minskning av kolförrådet. Dikningen medför också en sänkning av marken som beror dels av nedbrytningen men även av krympning och konsolidering, effekter komma av det sänkta vatteninnehållet och pågår under flera år. Efter 20 år kan en nettoinbindning av kol ske på avslutade torvtäkter som dikats och beskogats, som innebär att marken innehåller mer kol än vad den gjorde innan åtgärderna.

Beroende av typ av träd som planeras odlas kan markens pH-värde behöva behandlas, som kan åstadkommas genom att tillföra aska, som även innehåller de nödvändiga mineralerna fosfor och kalium och även kalcium och magnesium<sup>120</sup>.

För att åstadkomma skogsproduktion på en avslutad torvtäkt krävs gödsling med mineralnäring som påvisats i flera studier, tallar har visats ha goda överlevnadschanser vid gödsling. För att behålla fortsatt skogstillväxt behövs näring i form av fosfor och kalium 20 – 25 år efter plantering och punkt gödslingen om ungefär 200 g fosfor och kalium per planta. Fortsatt gödsling kommer behövas efter ytterligare en tid och askåterföring från ved och torv som innehåller dessa mineraler har visats vara effektivt som gödslingsmedel på dikade torvmarker och avslutade torvtäkter. Även dikningen har betydelse för beståndets tillväxthastighet, som försämras med längre avstånd mellan dikena, skillnaderna har dock visats vara små mellan 7,5 och 30,0 meter men tydliga skillnader har påvisats när avståndet ökar från 30,0 till 60,0 meter<sup>121</sup>.

## Industrihampa

Hampa har odlats i över tusen år och dess fibrer har historiskt använts för främst produktion av rep, segel, kläder och papper och dess frön har konsumerats som proteinrik mat och djurföda.

Industrihampa kan även odlas i syfte att producera isolermaterial till byggnader, träfiberskivor, förnybara fasta bränslen, biogas och bioetanol. Fördelarna är många, avfallsvatten är en tänkbar källa

<sup>118</sup> <http://www.torvforsk.se/Miljoekonsekvenser.htm>

<sup>119</sup> Biologisk mångfald på myrar och dikad torvmark, TorvForsk (2008)

<sup>120</sup> Kol- och kväveförråd i mark och vegetation vid beskogning av en avslutad torvtäkt, SLU, (2006)

<sup>121</sup> Dikningens och gödslingens betydelse vid beskogning på en avslutad torvtäkt i Värmland, examensarbete Björn Lehto, SLU (2005)



till näring, hampa växer snabbt på höjden, uppåt 5 meter och skuggar snabbt ogräs. Flera svampinfektioner finns men är ovanliga och endast ett fåtal insekter trivs på hampa och därför krävs över lag inget till lite bekämpningsmedel. Hampa har god förmåga att ta upp kadmium i marken i förhållande till många andra grödor och kan således effektivt rena marker om hampan förbränns och askan behandlas.

Plantan trivs bra i samma klimat som vete och främst i fertil dränerad medeltung siltjord. Hampa är medlem i cannabissläktet och för att odling av industrihampa skall få ske krävs att THC-andelen, den psykoaktiva substansen i plantan, inte får överstiga 0,2 viktprocent. Beroende av vilket ändamål hampan odlas för så bör skörden ske under hösten eller våren, och ytterligare metoder finns för att öka lämpligheten för dess användningsändamål. Exempelvis bör skörden ske på våren om hampan odlas för att producera fasta biobränslen för att erhålla lägre fukthalt samt förbättrade askegenskaper, vidare bör för detta ändamål stamvedsproduktionen maximeras, vilket görs genom att fördröja fröproduktionen till följd av försenad blomning. Om skörden sker på hösten lämpas plantan bäst till fiberproduktion och som biogassubstrat. I dessa fall har odlingen även rapporterats främja en hög biodiversitet. Enligt en studie genomförd 2005 har biodieselproduktion från hampfröolja visats ha betydligt lägre klimatpåverkan än konventionell petrodiesel<sup>122</sup>.

### Gödsel

Beroende på typ av verksamhet så kan gödsel betecknas som organiskt avfall eller en biprodukt och kan rötas till biogas eller återföras till åkermark i ett kretslopp som en integrerad del av produktionsprocessen.

Enligt kreaturstatistik från SCB i samband med biogasutbyten och bedömd samlingsbar gödsel var den totala potentialen för biogasproduktion från gödsel i Uppsala kommun 35,6 GWh år 2007. Potentialuppdelningen var 18,8 GWh är från nötkreatur, 14,5 GWh från svin, 0,4 GWh från fågel, 0,7 GWh från får och 1,1 GWh från hästar. Ca 73 % av allt gödsel bedöms kunna rötas<sup>123</sup>.

### Nötgödsel

I Uppsala går nötkreatur (även hästar och får) utomhus delar av året vilket påverkar mängden gödsel som samlas in. Typ av nötkreatur bestämmer också mängden som kan samlas in och 75 % antas samlas in för mjölkkor, 65 % för kalvar, 60 % för kvigor och stutar samt 45 % för övriga nötdjur. Totalt produceras ungefär 19 300 ton torrsbstans (TS) gödsel per år från drygt 15 000 nötkreatur. Mjölkkor producerar mellan 2-4 gånger mer gödsel än andra nötkreatur och står för 9 600 ton. Gödsel som rötas till biogas har olika biogasutbyten beroende av typ av gödsel, där gödsel blandat med strö har något lägre utbyte än flyt- och fastgödsel, 135 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> per ton TS gentemot 150 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> per ton TS<sup>124</sup>.

### Hästgödsel

Majoriteten av hästgårdarna i Sverige finns i och nära tätorter och marker där de 3 miljoner ton hästgödsel som produceras varje år kan spridas saknas ofta vilket leder till att omhändertagande av

<sup>122</sup> Industrial Hemp (Cannabis sativa L.), Doktorsavhandling, Thomas Prade, SLU (2011)

<sup>123</sup> Rapport underlag till LEAP version 4.0

<sup>124</sup> Rapport underlag till LEAP version 4.0



gödslet kan bli dyrt. Hästgödseln kan användas som fast bränsle i värmepannor för värmeproduktion eller till metangasframställning genom rötning. Andelen hästgödsel i dagens biogasanläggningar som rötar gödsel är väldigt liten<sup>125</sup>.

Biogaspotentialen för hästgödsel är starkt beroende av vad stallet använder för strömedel eftersom även strömedlet kommer med vid uppsamling av gödslet. Gasutbytet vid 30 dagars uppehållstid har enligt tester visats vara låga när träpelletsgödsel, torvgödsel och kutterspånggödsel använts som strömedel, uppåt 100 normal-ml CH<sub>4</sub>/g VS (VS = torrs substans – aska). Vid samma uppehållstid för halmpelletsgödsel och halmgödsel producerades 250 och 300 normal-ml CH<sub>4</sub>/g VS<sup>126</sup>.

### Halm

Halm är en biprodukt vid skörden av spannmål och oljeväxter och är således inte en energigröda, produktionskapaciteterna kan uppskattas med halm och kärnavoter för olika sädeslag. Tillgänglig halm för energiändamål beror av hur mycket halm som används inom djurhållning, som foder och som strömaterial i stall. Tillgänglig halm beror även av skördetiden, eftersom sen skördetid försvårar torkning av halmen vilket gör den svårare att bärga. De fysiska halmtillgångarna i Uppsala län uppskattades 2009 till 220 400 ton, varav 147 100 ton ansågs bärgningsbar. Efter behovet av halm till djurhållning försetts återstod 101 100 ton av halm som kan användas för energiändamål med ett energiinnehåll om ca 0,4 TWh. Halmöverskott finns i flertalet län i landet, men även underskott av halm existerar och längre transporter av halm förekommer för att tillgodose behovet<sup>127</sup>. Inom den kommungeografiska gränsen uppskattas den årliga produktionen av halm för energiändamål till 30 390 ton, en energimängd om 149 GWh<sup>128</sup>.

### Brännbart avfall

Endast 12 % av det brännbara avfallet som förbränns i kraftvärmeverket har sitt ursprung i Uppsala. En fortsatt import av brännbart avfall kan på längre sikt anses osäker då dagens leverantörer i framtiden kan börja använda sitt avfall som en resurs.

### Spillvärme

Spillvärme från avloppsreningsverket i Kungsängen används till viss del redan idag och den teoretiskt maximala energin som bedöms gå att utvinna från det renade avloppsvattnet är ca 160 GWh, varav 100 GWh bedöms som realiserbart (2014 återanvändes ca. 54 GWh)<sup>129</sup>. Potentialen för spillvärme är starkt kopplat till typ av verksamheter i staden och om dessa är kopplade till det vattenbaserade värmenätet. Större kylrum, serverhallar och byggnader med stort kylbehov är exempel på verksamheter som har potential för tillförsel av spillvärme till värmenäten.

Vidare har producerande industrier stor potential för utnyttjande av spillvärme. GoBiGas bedömer ha minst 90 % totalverkningsgrad i sin planerade 100 MW förgasningsanläggning av biomassa, varav

<sup>125</sup> Energivärlden nr 1 2014, Energimyndigheten

<sup>126</sup> Samrötning av hästgödsel med nötflytgödsel, rapport, JTI (2014)

<sup>127</sup> Halm som bränsle – del 1, rapport, Daniel Nilsson & Sven Bernesson SLU (2009)

<sup>128</sup> Underlag till LEAP-modell 4.0

<sup>129</sup> Förslag till Färdplan - version 2.6 jan 2015

minst 25 % avser spillvärme. Verket planeras producera ca 1 000 GWh biogas per år, som skulle motsvara 384 GWh spillvärme<sup>130</sup>.

### Mikroalger

2007 initierades ett algprojekt i Umeå av SLU för att undersöka produktionen av biomassa genom att odla mikroalger i avloppsvatten berikad med koldioxidrika rökgaser från värmeverket. Mikroalgerna är mycket produktiva jämfört med landväxter och makroalger och kan användas till många olika ändamål som bränsle- och matproduktion, beroende på algtyp. Två av de testade mikroalgerna i projektet har visats ha hög produktivitet och en reduktionsgrad av kväve, fosfor och järn med 92 – 97 % under tolv dagar i vattentemperaturer mellan 15 och 25 grader. Algerna har även visats kapabla att ta upp tungmetaller. För storskalig produktion av biomassa på detta sätt beräknas en yta om minst 40 hektar behövas<sup>131</sup>.

Utöver koldioxid behöver mikroalgerna främst kväve (N) och fosfor (P) och baserat på de bästa förutsättningarna för den genomsnittliga algcellen skulle den optimala N/P-kvoten i vattnet vara 16<sup>132</sup>. Detta stämmer mycket väl med N/P-kvoten för det inkommande vattnet till reningsverket<sup>133</sup>.

Vid ett examensarbete utfärdat 2014 visades att mikroalger odlade i avloppsreningsvatten från Umeås reningsverk som samrötades med slam från reningsverket i Västerås gav en biogasproduktionsökning med 54,6 % per reducerad mängd organiskt material. Vidare visades förbättrade avvattningsegenskaper för rötresten, en stabilare process samt så uppmättes lägre halter av organiska syror och fri ammoniak i röt-kammaren. Samrötningen gav dock en lägre metanhalt i biogasen och lägre produktion per inmatad g VS (våtsubstans) samt ökade rötresternas innehåll av tungmetaller, vilket kan bero av att rökgaserna som matades in under algproduktionen innehöll metaller<sup>134</sup>. Dessutom kan cellerna för vissa typer av gröna mikroalger under rätta förhållanden bestå av mer än 60 % fett, som är önskvärt vid biodieselframställning och för kosttillskott. Gröna mikroalger har även lågt askinnehåll som anses fördelaktigt vid förbränning<sup>135</sup>.

### Makroalger

Inom vattenbruk är globalt sett makroalgsodling den snabbast växande sektorn och även i Sverige finns goda förutsättningar, men är idag outvecklat. Ett makroalgsprojekt vid Göteborgs universitet fick år 2014 ett bidrag om 15,7 miljoner kronor för ett arbete där de avser undersöka hållbar storskalig odling i makroalger i Sverige. Fördelarna anses många, då de växer snabbare än landväxter, kräver ingen konstvattning, gödning eller pesticider med mera. Makroalgen som ska odlas i studien är lämplig som livsmedel och foder till djur, samt potentiellt även till produktion av bioplast och bioetanol. Projektet är brett med ett multidisciplinärt forskningslag som i samarbete med

<sup>130</sup> Termisk förgasning och metanisering, Göteborg energi (2014)

<sup>131</sup> Alger renar vatten och blir drivmedel, Naturvetarna (2013)

<sup>132</sup> Avloppsrening med mikroalger, litteraturstudie, Karin Larsdotter KTH (2006)

<sup>133</sup> Miljörapport 2013, Kungsängsverket, Uppsala Vatten

<sup>134</sup> Biogaspotential vid samrötning av mikroalger och blandslam från Västerås kommunala reningsverk, Examensarbete Tova Forkman (2014)

<sup>135</sup> Rening av lakvatten, avloppsvatten och reduktion av koldioxid med hjälp av alger, rapport, Avfall Sverige (2009)

myndigheter och andra intressenter som bland annat avser undersöka odlingstekniker, socioekonomisk hållbarhet och miljöpåverkan<sup>136</sup>.

### Tillförsel via solinstrålning

1 MWh per år brukar användas som uppskattad produktion per 1 kW installerad solcellseffekt. En rimlig potential för solcellskapaciteten 2050 uppskattas till 300 GW i Uppsala kommun, givet en hög delaktighet av större aktörer<sup>137</sup>. Enligt en studie genomförd på Uppsala universitet år 2013, uppskattades att om all takareal utnyttjas för solcellsininstallationer inom kommunen, ca 8,8 km<sup>2</sup>, skulle installerad solcellseffekt uppgå till 1,3 GW år 2050<sup>138</sup>.

### Tillförsel via vindkraft

Potentialen för storskalig vindkraft inom kommunens gränser är begränsade och enligt Uppsala kommuns vindbruksplan är det främst i kommunens nordvästra delar, samt ett område i öst som vindkraft anses lämpligt. Potentialen är starkt kopplat till hur stora turbiner som byggs, då effekten är kvadratisk proportionerlig mot den svepta rotorarean. Mindre vindkraftsanläggningar har fler områden där de kan anses vara lämpliga, men är med dagens elpriser sällan ekonomiskt lönsamma. Istället för exploatering av dessa områden kan det vara mer intressant att investera i vindkraft utanför kommunens gränser.

### Tillförsel från skogsråvaror

Förädling av skogsråvaror har väckt intresse hos några större energiaktörer i landet. Eon driver ett projekt vid namn Bio2G där de avser undersöka potentialen för en förgasningsanläggning av skogsråvaror uppåt 200 MW som skulle producera 1,6 TWh värme och energigaser per år<sup>139</sup>.

Biomassa från skog är av stort intresse för framtiden. Denna resurs kan användas för att producera olika energiformer vilket ger möjlighet till diversifiering av energitjänster som behövs i ett modernt samhälle. Den är dessutom det enda råmaterial som är väl lämpad för den omvandlingsteknik som finns i dagsläget. Trä kan brännas direkt, oftast för att producera både värme eller ånga och el alternativt som råvara för att producera flytande bränslen. Enligt EU Wood prognoser förblir trävolymen för energiproduktion i Sverige oförändrade 2010-2020, men kommer att öka från cirka 36 till 48 miljoner kubikmeter mellan 2020 och 2030 (Mantau, 2010). Potential för sysselsättning är högre för träbränslesystemen än i jordbruksbränslesystemen, och förväntas vara det även i framtiden<sup>140</sup>.

Skogen är den viktigaste svenska biobränslekällan. Exempel på skogsråvaror för energiomvandling är restprodukter från industrin, uttag av primärt skogsbränsle (grenar och toppar (GROT), långa okvistade toppar, klana stammar, skadad stamved, rötskadad eller brandskadad ved. Ungefär 85

<sup>136</sup> 62 miljoner till forskning om hållbara produktionssystem inom vatten-, jord- och trädgårdsbruk, nyhetsartikel [mistra.org](http://mistra.org) (2014-04-14)

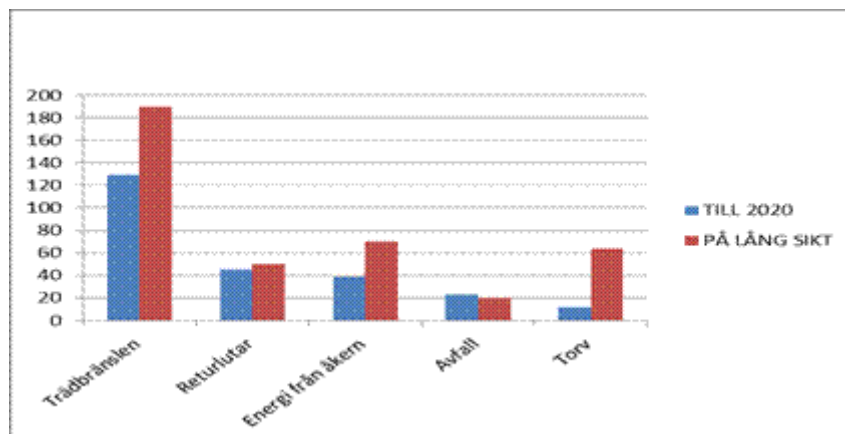
<sup>137</sup> Underlag till LEAP-modell 4.0

<sup>138</sup> Hammam et al. 2013

<sup>140</sup> Energimyndighetens strategi för regional hållbar tillväxt.<sup>141</sup> Svar på remiss avseende utredning om fossilfri fordonstrafik, Näringsdepartementet (2013)

<sup>140</sup> Energimyndighetens strategi för regional hållbar tillväxt.<sup>141</sup> Svar på remiss avseende utredning om fossilfri fordonstrafik, Näringsdepartementet (2013)

procent av bibränslet har sitt ursprung i skogen, runt en procent kommer från jordbruket och resten är avfall och torv<sup>141</sup>. Biobränslen från åkern står fortfarande för en blygsam andel. Figur 15 visar att potentialen för trädbränslen från skogsbruk och skogsindustri är mycket större i Sverige jämfört med t. ex potential från avfall.



Figur 15: Sammanfattning av tillförselpotential i Sverige, TWh (Källa: SVEBIO)

Potentiell träbaserad biomassatillgång i Sverige år 2010 (973 miljoner m<sup>3</sup>) är betydligt högre än efterfrågan (805 miljoner m<sup>3</sup>). Den teoretiska tillgången på biomassa begränsas mer av tekniska och miljömässiga aspekter än ekonomiska<sup>142</sup>.

På länsnivå uppskattas biomassa i virkesförråd till ca 70 miljoner skogskubikmeter(m3sk)<sup>143, 144</sup> och i förråd av torra/vindfällen<sup>145</sup> till ca 2 miljoner m3sk. Den årliga bruttoavverkningen i Uppsala län mellan 2008 och 2010 var 2832 tusen m3sk<sup>146</sup>. Potentialen för trädbränslen från skogsbruk och skogsindustri i Sverige ligger på omkring 130 TWh 2020 (Rapport om Potentialen för bioenergi, 2008, SVEBIO). De vanligaste träslagarna är tall och gran (44 % - tall, 38 % - gran). Det resterande beståndet utgörs främst av lövträden björk och ek.

För närvarande är den genomsnittliga tillväxttakten för den svenska skogen 5.1 m<sup>3</sup> per hektar och år<sup>147</sup>.

Vanlig skog lagrar årligen < 1 kWh/m<sup>2</sup> medan energiskog lagrar ca 5-10 kWh/m<sup>2</sup><sup>148</sup>. Poppel, salix, starkväxande päronträd, ask och havtorn är lovande snabbväxande arter i Sverige för produktion av biomassa. Poppel har förutsättningar att bli en viktig producent av bl.a. biobränsle<sup>149</sup>. En skattad

<sup>141</sup> Svar på remiss avseende utredning om fossilfri fordonstrafik, Näringsdepartementet (2013)

<sup>142</sup> Swedish forest outlook study, rapport, Future forests (2011)

<sup>143</sup> Riksskogstaxeringen, medeltal för åren 2003-2009

<sup>144</sup> Skogskubikmeter, trädets stamvolym inklusive topp och bark ovanför stubbskäret (grenar, stubbar eller rötter ingår ej)

<sup>145</sup> Torra träd och vindfällen

<sup>146</sup> Skogsstyrelsen 2012

<sup>147</sup> Skogsdata 2013, rapport, Inst. för skoglig resurshållning SLU

<sup>148</sup> Ppt-presentation, Jan Lemming (2012)

<sup>149</sup> Poppelns höjdtutveckling, Fakta skog SLU (2012)

nivå på skördad biomassa uppgår till 80–100 ton TS per hektar vid en omloppstid på 10 år<sup>150</sup>. Den totala salixskörden varierar men uppskattas till mellan 30-35 ton TS per hektar med skörd var 3-4 år. Energiinnehållet per hektar är i snitt 143 MWh (Jordbruksverket 2013).

Sedan 2003 har skörden av grenar och toppar ökat. GROT (grenar och toppar) uttaget i Uppsala län för åren 2007-2010 var i genomsnitt 159 tusen m<sup>3</sup> (lösvikt). Av GROT-uttaget i Uppsala län under samma tidsperiod kom 144 tusen m<sup>3</sup> från slutavverkningen medan resterande utgjordes av gallringsrester (Skogsstyrelsen 2012). Omräknat i energi motsvarar GROT-uttaget ca 127 GWh (SLU 2009).

Med antagande om att toppen motsvarar 5 %, stubbar 35 % och grot 35 % av stamvedbiomassa har det maximala uttaget av skogsbränslen skattats till kring 120 TWh årligen i landet år 2050 (Egnell 2009 citerad i <sup>151</sup>). Anledningen till att denna uppgift avviker från figur 17 är att SVEBIOs bedömning anger teoretisk tillgång utan hänsyn tagen till tekniska och miljömässiga aspekter. Tillgången på skogsbränsle antas fördelas jämt över landet. Uttaget av skogsrester (grenar och toppar, samt gallringsrester) i Sverige är mellan 7 och 14 TWh/år. Detta är fortfarande en relativt liten del av cirka 155 TWh rundvirke som skördas årligen. Rundvirke levereras till sågverk, massa- och pappersindustrin samt för energiproduktion, i form av utkvalificerad rundvirke, och indirekt i form av biprodukter, t.ex. sågspån och bark. Den totala energiinnehåll i den svenska skogen är 10 500 TWh och den årliga tillväxten är 350 TWh<sup>152</sup>.

För Uppsala län har tillgängligt skogsbränsle beräknats genom att använda länets andel av landets totala skogsmark motsvarande 2 %.

Uppskattade värden på maximalt tillgänglig skogsbränsle i länet respektive Uppsala kommun (GWh) år 2050 är:

- Uppsala län
  - GROT: 562
  - Stubbar: 562 för stubbar
- Uppsala kommun
  - GROT: 330
  - Stubbar: 330

Oljekommissionen uppskattar att den årliga användningen av brännved, GROT och stubbar är 52 TWh/år 2050 totalt i Sverige, vilket motsvarar 1,0 TWh/år i Uppsala län.

Skillnaden beror på vilka antaganden som görs angående begränsande faktorer. Den fysiska tillgången är ett övre tak medan det realiserbart möjliga uttaget av biobränslen från skog utgörs av tekniska, sociala, ekonomiska och ekologiska begränsningar. Hur stort uttag som är hållbart och tillgängligt av den maximala andelen primärbränslen från skog beror på flera faktorer.

<sup>150</sup> Odling av hybridasp och poppel, rapport, SLU & Skogforsk (2011)

<sup>151</sup> Hur kan lokal bioenergi bidra till att Uppsala når klimatmålet 2050, examensarbete Stina Byfors SLU (2014)

<sup>152</sup> Dagens of framtidens hållbara biodrivmedel, underlagsrapport till utredningen om fossilfri fordonstrafik (2013)

## Utveckling – lantbruk och landsbygd

### *Landsbygdens utveckling<sup>153</sup>*

Den pågående minskningen i antal lantbruksföretag får stora konsekvenser för landsbygden. I stora områden drar sjunkande antal människor sysselsatta i lantbruket, mindre underlag för affär, skola, hantverks- och tjänsteföretag, indragen service etc. idag med sig landsbygden i en nedåtgående spiral.

### *Skogsbruk*

På längre sikt bedöms den nu bedömda energipotentialen från skogen öka betydligt, dels genom intensivodling av snabbväxande trädslag på en mindre del av skogsarealen, dels genom att tillväxten ökar i skogen på grund av förbättrad skogsskötsel och på grund av det varmare och fuktigare klimat som kan väntas genom växthuseffekten. Det kan då bli möjligt att utvinna 190 TWh/år trädbränslen eller mer (SVEBIO).

Förändringar i skötselmetoder kan leda till betydande (>50 %) ökning i skogstillväxt, vilket skulle öka den långsiktiga framtida potential av biomassaskördar<sup>154</sup>. Uppsala kommun har goda möjligheter att öka skogstillväxten. Detta kan åstadkommas delvis genom att öka mängden av mark som används till odling av energiskog för biobränslen. Vidare kan plantering av förädlade träplantor öka produktionen av biomassa samt ge utrymme till omställning till blandskog som är inte bara vackert men också både ekonomiskt och långsiktigt hållbart. Generellt sett så är produktionen högre för gran än för björk. Genom plantering av ett förädlad björkmaterial så kan dock ett bättre utfall uppnås jämfört med gran.

Andelen äldre, lövrik skog av produktiv skogsmarksareal i Uppsala kommun var bara 4-10 % år 2009-2013. Intensiv odling av skog kan ge goda möjligheter att öka produktion av skoglig biomassa. SLU's utredning<sup>155</sup> pekar på en positiv klimateffekt av intensiv odling av skog. Koldioxidutsläppen till atmosfären kan minskas genom att kol lagras i biomassa, och genom att biobränslen ersätter fossila bränslen. Vidare finns även anledning att tro på ökad biomassaproduktion som en konsekvens av ett varmare klimat. Ändring av artsammansättningen i skogarna och ersättning av långsamt växande arter med snabbare växande är ett alternativt sätt att öka produktion av skoglig biomassa.

Vid odling av energiskog förenat med stora uttag av biomassa och växtnäring, är det viktigt både ur produktions- och miljösynpunkt att följa förändringar av markegenskaper. Detta skapar möjligheter för att i god tid kunna ge rekommendationer om kvävegödsling eller askåterföring. I detta sammanhang kan havtorn som främjar tillväxten av tall, poppel och andra träd i blandbestånd samt levererar en rad av miljö-, social- och ekonomivinster bli av speciellt intresse.

Havtorn: 1) bidrar till effektiv kvävefixering (60-180 Kg kväve/ha/år vilket ger koldioxidbindning i marken), 2) växer på alla jordar, 3) kräver bara fosfor (som dock är en ändlig resurs) som gödning, 4) är lätt att plantera, 5) bidrar till bred ekologisk anpassning, 6) är snabbväxande, 7) bidrar till bevarande av biologisk mångfald, 8) är ett näringsrikt foder, 9) är ett livsmedel, 10) är ett

<sup>153</sup> Inspel till en Svensk livsmedelsstrategi, rapport, Lotta Rydhmer, SLU (2014)

<sup>154</sup> Skogsskötsel för en framtid, Kungl. Skogs- och lantbruksakademiens tidsskrift nr 4, 2007

<sup>155</sup> Möjligheter till intensivodling av skog, slutrapport, SLU (2009)

naturläkemedel, 11) utgöra alkoholhaltiga preparat och 12) användas som ett substitut för kol i olika applikationer för förbränning<sup>156157</sup>. Havtorn är även ett utmärkt bränsleträ och innehåller 1,5-3,5% olja i massa och 9,9-19,5% i frö<sup>158</sup>. En sexårig havtornplantage kan producera 18 ton träbränsle. Växten har högt värmevärde (ca 4785 kcal/kg), ett ton havtorn är lika med 0,68 ton standard kol. Blandade pellets råvaror kan vara en livskraftig och värdefull resurs att tänka på vid bedömningen av ökad tillgången på biomassa i blandat energiskog<sup>159</sup>.

Energisystem baserade på odling av energigrödor (t.ex., Salix) ger högre direkta utsläppsminskningar av växthusgaser än energisystem med borttagning av skörderester, när man inte tar hänsyn till alternativ produktiv användning av den mark där energiskogen odlas. I en systemanalys av produktion av värme i ett lokalt fjärrvärmesystem baserad på Salix och halm minskade utsläppen av växthusgaser med 97 % jämfört med värme som produceras från naturgas, 78 % jämfört med värme som produceras av skogsrester i en central anläggning, och 10 % jämfört med värme som produceras från lokalt skogsavfall och pellets. Kolbildningseffekten av Salix bidrar starkt till dessa resultat. Energisystem baserad bara på halm påverkar kol negativt i marken och enligt beräkningar genomförda på en ekologisk växtodlingsgård gav en minskning av utsläppen med 9 % jämfört med fossila systemet<sup>160</sup>.

### Jordbruk

Bedömningen av jordbrukets utveckling i framtiden som en del av den hållbara samhällsutvecklingen i sammanhangen mat och energiförsörjning är mycket svår. Nedan beskrivs aspekter att beakta och vår bedömning av utvecklingen.

En vanlig missuppfattning är att det viktigaste sättet för att med markanvändningen bidra till minskad klimatpåverkan är att öka kollagren (nettoinbindning av koldioxid från atmosfären). Det är faktiskt viktigare med ökad tillväxt av växter (bruttoinbindning av koldioxid från atmosfären). Denna bruttoinbindning kan sedan användas antingen till ökade kollager (nettoinbindning) eller att ersätta fossila produkter (energi och material) eller till att försörja mänskligheten med livsmedel (ett överordnat mål med jordbruket). Klimateffekten beror på vilka grödor som odlas och med vilka insatsvaror. Effekter på markens kollager behöver också beaktas<sup>161</sup>.

### Mer ekologisk produktion utan ökat antal djur, och utan kretslopp från stad till land.

För att försörja ett ekologiskt lantbruk utan djur eller tillgång till kväve utifrån, behöver mark användas för kvävefixering, vilket ger minskad livsmedelsproduktion. Å andra sidan så används då mindre mineralgödsel, och kol lagras in i marken. De kvävefixerande grödor som inte är lämpliga som livsmedel, till exempel klöver i en gräs-klövervall, kan användas som biogassubstrat (Tidåker et al 2014). Detta ger minskad klimatpåverkan lokalt genom biogasproduktion och kolinbindning. Det ger

<sup>156</sup> International Journal of Chemical Engineering and Applications, Vol. 1, No. 1, June 2010  
ISSN: 2010-0221

<sup>157</sup> <http://www.treehugger.com/renewable-energy/new-chinese-biomass-power-plant-will-use-native-plants-to-replace-80000-tons-of-coal-a-year.html>

<sup>158</sup> Current Science, Vol. 94, No. 10, 25 May 2008.

<sup>159</sup> [http://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/shietal\\_biofuels\\_2012.pdf](http://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/shietal_biofuels_2012.pdf), s. 63-72 (2012)

<sup>160</sup> Decentralised energy systems based on biomass, doktorsavhandling, Marie Kimming SLU (2015)

<sup>161</sup> Cecilia Sundberg, Forskare FLK, ET, lantbrukets teknik och system, SLU, 2014



också minskade växthusgasutsläpp från produktion av mineralgödsel. Vilken den totala klimateffekten blir, beror på hur man värderar klimatpåverkan av minskad livsmedelsproduktion. Det finns inte någon allmänt accepterad metod för att göra detta (Röös m.fl. EPOK).

### *Skogsjordbruk / Agroforestry<sup>162</sup>*

Agroforestry-system utformar sig på olika sätt beroende på det geografiska läget. Men i grunden utformar det sig på liknande sätt genom att odla i flera etapper. Låga grödor på marken sedan lite högre växter och högt ett skyddande lövverk från träd. I östra Afrika har stor framgång uppmätts vid tillämpningen av Agroforestry.

Agroforestry innebär fördelar för såväl människan som naturen. Genom agroforestry blir ett småskaligt jordbruk kretsloppsbaseerat och familjen ofta självförsörjande. Samplanteringen av träd och andra grödor ökar produktionen så att bönder kan bekämpa fattigdom samt ökar resiliensen i jordbruket. I ett agroforestrysystem kombineras exempelvis årliga med perenna växter och högre träd. Träden ger även virke till hushållen att elda med och timmer till att bygga, lövet kan användas till gödsling eller foder till djuren. Grödorna ger hushållet mat och möjligtvis en inkomst vid försäljning. Boskapsdjur ingår ofta i agroforestrysystemet och ett betydelsefullt kretslopp bildas. Djurens avföring blir gödsel till jordbruket och löv och växter blir foder till djuren.

En pågående reform av jordbrukspolitiken banar väg för att sprida agroforestry praxis i Europa<sup>163</sup>. Användningen av agroforestry systemen i EU och andra regioner med jämförbara sociala, ekonomiska och ekologiska förhållanden ska främjas enligt en undersökning av aktuell status och framtidsutsikter för systemen i Europa<sup>164</sup>.

Ett svenskt agroforestry-nätverk nystartade år 2014 med syfte att lägga grunden för ett samarbete inom agroforestry<sup>165</sup>.

### *Markanvändning*

God tillgång på skogsmark innebär en stor potential för bioenergi som kan användas i det lokala energisystemet. Ur Figur 16 kan utläsas att över hälften av kommunens mark består av skogsmark (av denna är 90 % produktiv skogsmark) och ca en fjärdedel av jordbruksmark medan resterade utgörs av bebyggd mark, berg i dagen, vatten och myrmark. År 2010 var mängden av Uppsala kommuns mark som användes till att odla biomassa (energiskog) endast 517 hektar, eller 0,2 % av kommunens totala landareal på 218280 hektar och 0,4 % av kommunens totala produktiva skogsmark. Nedlagd åkermark som skulle kunna återtas i bruk och användas för odling av bioenergi i Uppsala motsvarar 5100 ha. Salix och rörflen anses passande att odlas på 50 % av arealen vardera vilket skulle innebära bioenergiödling på ca 49 MWh per hektar och år för salix och ca 30 MWh per hektar och år för rörflen.

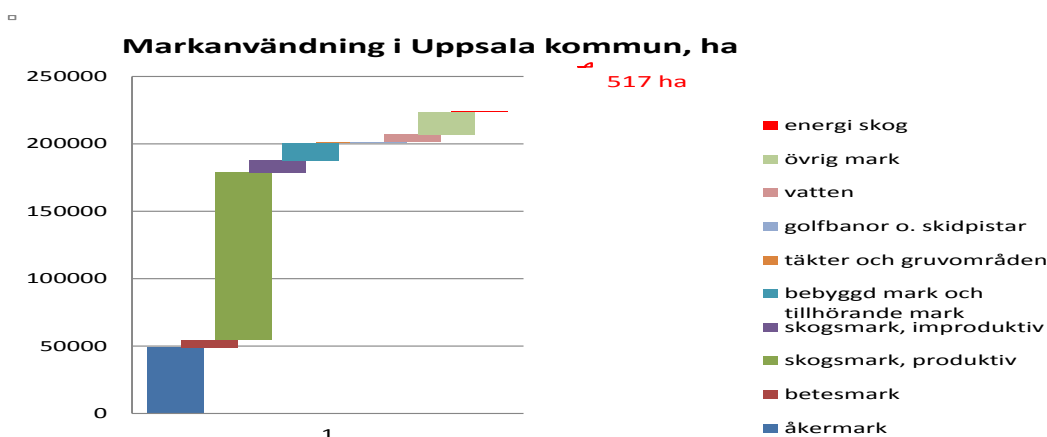
<sup>162</sup> <https://sv.wikipedia.org/wiki/Agroforestry>

<sup>163</sup> [http://www.agroforestry.eu/sites/default/files/pub/docs/report\\_en.pdf](http://www.agroforestry.eu/sites/default/files/pub/docs/report_en.pdf)

<sup>164</sup> Agroforestry in Europe, <http://www.springer.com/gp/book/9781402082719>

<sup>165</sup> <http://www.slu.se/sv/centrumbildningar-och-projekt/epok-centrum-for-ekologisk-produktion-och-konsumtion/kalender/2014/11/sveriges-agroforestrytraff-2014/>





Figur 16: Fördelning av markanvändningstyper i Uppsala kommunens totala landyta (Källa: Jordbruksverket).

### Livsmedelskedjan<sup>166</sup>

Alla livsmedel ingår i kretslopp och därför är "livsmedelskedjan" som börjar på gården och slutar vid matbordet egentligen en dålig bild. Ett slutet kretslopp för näringsämnen som kväve och fosfor ger grunden för en hållbar livsmedelsproduktion. Vissa kretslopp, som växtodling-foder-djur-gödsel-åker-växtodling, kan rymmas inom en gård. Med dagens höga specialisering är dock detta kretslopp ofta brutet genom att djurgårdar finns i en bygd och intensiv växtodling i en annan. Kretsloppen lantbruk mat-människa-urin och avföring-lantbruk och landsbygd-stad-landsbygd är brutna i ännu högre grad. Det finns flera skäl att behandla kretslopp i en livsmedelsstrategi. Kväveframställning för konstgödsel är mycket energikrävande och ger stora lustgasutsläpp. Lättillgängligt, rent fosfor är en begränsad resurs. Kväve och fosfor ligger dessutom bakom en stor del av lantbrukets negativa miljöpåverkan, i form av näringsläckage och övergödning. Samtidigt kompliceras frågan om slutna kretslopp av risken att inte bara näringsämnen utan även smittoämnen och gifter ingår i cykeln.

Varken salix eller biogas är livsmedel, men energiproduktion i lantbruket kan vara relevant för en nationell livsmedelsstrategi. Om fler lantbruksföretag blir självförsörjande på energi minskar livsmedelsproduktionens klimatpåverkan väsentligt. Lantbrukets biogasanläggningar kan förutom gödsel även ta hand om restprodukter från en lokal livsmedelsindustri. En annan koppling mellan energi och livsmedel är markanvändningen. Ju mer åkermark som används för att producera energi desto mindre åkermark finns för livsmedelsproduktion. I dagsläget finns det outnyttjad åkermark i Sverige. I vissa delar av landet är konkurrensen om mark dock stor och på lång sikt förväntas konkurrensen om mark öka med klimatförändringen. Livsmedelsproduktion som inte är direkt beroende av åkermark kan också vara intressant för en livsmedelsstrategi.

Ett till exempel är stadsodling, som också kan öka människors intresse för mat. Skydd för åkermark och vem som har rätt att besluta om åkermarkens användning kan ingå i en nationell livsmedelsstrategi. Efterfrågan på åkermark för annat än odling är, paradoxalt nog, ofta stor i de områden där marken är som bördigast. Mark som används för stadsbebyggelse går inte att återvandla till åkermark, vilket ställer generationsmålet på sin spets. Användningen av restprodukter och minskat svinn i hela livsmedelskedjan bör ingå i en livsmedelsstrategi. Att använda restprodukter

<sup>166</sup> Inspel till en Svensk livsmedelsstrategi, rapport, Lotta Rydhmer, SLU (2014)

från livsmedelsindustrin och svinn från handelsledet till djurfoder är ett sätt att minska lantbrukets negativa miljöbelastning. Biogas är en alternativ användning vilket visar på ytterligare en koppling mellan hållbar livsmedelskonsumtion och hållbar energikonsumtion. Matrester från restauranger och hushåll passar bättre för biogasproduktion än för foder, med tanke på smittorisen. Metoder för minskat svinn från restauranger och hushåll är viktigt för en hållbar livsmedelskonsumtion.

## Analys

### Tillförsel

Om vi skall undvika att hamna i det faktum att vi på sikt måste öka den nationella elimporten som vissa bedömer kan ske när kärnkraften avvecklas, så ser vi att det är mycket viktigt att man på lokal nivå tar aktivt ansvar för att utöka den lokala tillförseln till energisystemet samt att den kan omvandlas till såväl värme, drivmedel och el.

Nedan har vi sammanfattat de områden som vi tror kommer ha störst betydelse.

### Biomassa

Den övergripande slutsatsen är att vi drar är att det finns en klar potential att i högre grad på ett hållbart sätt tillföra lokal biomassa för energiomvandling. Nedan lyfts ett antal områden fram.

Kommunens egen produktion av fordonsgas är starkt beroende av import från andra kommuner av substrat (från matavfall) för att möta efterfrågan. Den långsiktiga ambitionen bör därför vara att försöka öka egenförsörjningen av substrat. Ökningen kan eventuellt ske genom introduktion av lokalt producerade substrat för samrötning med det organiska matavfallet. Substratet skulle även kunna vara restprodukter vid framställning av andra biodrivmedel så som t.ex., drank från etanolframställning och algkaka (som är en restprodukt efter oljeutvinningen från mikroalger) vid framställning av algbiodiesel.

Exakt vilket biobränsle som kommer att eldas i det nya kraftvärmeverket (CARPE) är idag inte bestämt men ett rimligt scenario anses vara att ca hälften importeras och resterande kommer från lokala, regionala och nationella områden. Avfallet som förbränns 2050 väntas endast till ca 15 % komma från Uppsala. HVC-pannan kommer från 2016 att elda nytt bränsle, främst träpellets, varvid huvuddelen kommer att importeras<sup>167</sup>.

Salix kan bidra till energisystemet lokalt även om den har en nackdel att den kan konkurrera med matproduktion då odling sker på åkermark, samt att den precis som vindkraft kan lida av dilemmat "inte på min bakgård". Sedan 1990 har skördeökningen per jordbruksyta i snitt varit 0,5 % om året. Om jordbruket antas producera samma mängd av de olika grödorna år 2050 som idag och skördeökningen fortsätter som tidigare fram till dess räknas en areal om 9 000 ha jordbruksmark kunna frigöras. Om denna mark i snitt är lika väl lämpad för salixproduktion som marken som brukas idag så räknas ytterligare 382 GWh salix kunna produceras år 2050 jämfört med dagens 27,4 GWh<sup>168</sup>.

<sup>167</sup> Nytt biobränsleeldat kraftvärmeverk i Boländerna, samrådsunderlag, Vattenfall (2013)

<sup>168</sup> Underlag till LEAP-modell 4.0

Det nya kraftvärmeverket förväntas kunna elda blöt salix. Bedömningen är att Salix kommer att stå för 10 – 20 % av bränsleinblandningen vilket motsvarar 60 – 120 GWh per årsbasis. Andelen salix som kan eldas samt hur mineralrik aska ska hanteras behöver utredas närmare. Aska kan t.ex. återföras till mark eller användas vid framställning av nya biobaserade material (t.ex., biokompositer) eller vid byggnadsprojekt.

För vissa torvmarker som redan är påverkade av mänsklig verksamhet och som med fördel (utifrån ett sammanvägt hållbarhetsperspektiv) skulle kunna omvandlas till annan markanvändning för energi- alt. matproduktion skulle en brytning kunna ses som ett alternativ så länge det finns en infrastruktur på plats för energiomvandling (i kraftvärmeverket i Boländerna). En sådan markomvandlingsprocess kräver dock ett mycket långsiktigt utvecklingsperspektiv och kan möta på motstånd då torvfrågan är kontroversiell.

Ett område där energigrödor skulle kunna fylla flera funktioner är vid sanering av förorenad mark som ersättning av konventionella och mycket dyra metoder. Fytoremediering (att med hjälp av växter sanera föroreningar i mark och vatten) anses vara en teknik som i kontrast till många traditionella metoder, som exempelvis schaktning och deponering, är ett betydligt mer hållbart metodval. Användbara växter är 1) sälg/vide/pil (Salix sp.) som kan extrahera och stabilisera kadmium och zink 2) Poppel (Populus sp.) som kan extrahera och stabilisera klorerade ämnen och explosiva ämnen och 3) Solrosor (Helianthus sp.) som kan extrahera uranium och metaller.<sup>169</sup>Vår bedömning är att för att kunna motivera och använda fytoremediering som metod så måste ett mycket långsiktigt och strategiskt markförbättringsarbete på kommunövergripande nivå bedrivas.

Havtorn ser vi ha potential att användas som energigröda för hållbar tillverkning av drivmedel samt för att förbättra markegenskaper.

Hampa ser vi också ha en utvecklingsmöjlighet då den dels kan leverera flera värden (energi- och material) samt att den även har andra positiva markförbättrande egenskaper.

Odling av rörlfen, som i likhet med salix är en flerårig energigröda, tror vi kan öka i framtiden.

När det gäller nötgödsel som potentiell energiresurs så är vår bedömning att denna resurs inte kommer att utgöra någon större del i den framtida energiproduktionen. Huvudskälen till detta är dels att vi tror att kraven på förbättrad djurhållning leder till att djur vistas utomhus över stora ytor vilket innebär att gödslet sprids som försvårar insamlingen. Ett annat skäl är att vi tror att produktionen för såväl kött- som mejeriprodukter kommer att minska betydligt på längre sikt p.g.a. ändrade matvanor.

Oavsett vilken biomassa man satsar på så förutsätter en större omställning att ekonomiska incitament och affärsmodeller utvecklas för att någon aktör under marknadsmässiga villkor är villig att göra långsiktiga investeringar.

<sup>169</sup> Rapport 5608: <http://www.naturvardsverket.se/sv/>. Start/Om-Naturvardsverket/Vara-publikationer/ISBN1/5600/91-620-. 5608-5/ [2012-04-17]

Industrins framtida omställning till mera biobaserade material kommer att öka konkurrensen om produkter som kommer fram ur vårt framtida lantbruk. Genom att få in "rena" material i krestloppen så bygger på lång sikt upp ett mer hållbart energisystem.

Som ett alternativ eller komplement till investeringar i vindkraft i andra delar i landet kan motsvarande investeringar för tillförsel av biomassa tänkas vara en viktig utvecklingsstrategi för Uppsalas samhällsfinansierade aktörer (företrädesvis Uppsala kommun och Landstinget Uppsala Län). Ett ännu mer fördjupat samarbete mellan kommunerna i länet kring tillförsel av biomassa ses som ett viktigt första steg där Uppsala kommun bör ta initiativet.

### Solel

Kommunen har som mål att vid 2020 ha 30 MW effekt installerad solel och 100 MW år 2030. Utbyggnadstakten var ca 450 kW/år mellan 2012 och 2013. Om denna installationstakt fortsätter skulle resultatet bli endast 18 MW år 2050<sup>170</sup>. Vår bedömning är att avsevärt mer insatser jämfört med idag måste till för att det långsiktiga målet skall uppnås. Utöver solcellsanläggningar på fastigheter så ser vi att större solcellsanläggningar måste till vilket kräver att energibolag eller kommunen själv gör investeringar i sådana anläggningar. Större anläggningar såsom vattentorn, reningsverk och andra tekniska anläggningar med stora ytor på inhängnade områden kan med fördel anläggas och energin användas i den egna tekniska verksamheten.

### Vind

Uppsala kommun utarbetade för några år sedan förslag till vindbruksplan. Den visar på områden i kommunens nordvästra delar där det anses vara lämpligt med storskalig vindkraft. De senaste åren har det inte varit möjligt med utbyggnad av vindkraft inom kommunen p.g.a. försvarets restriktioner. Dessa är nu lättade i viss mån. Utbyggnationen av vindkraften på dessa platser väntas dock dröja då det finns mer lämpade platser för vindkraft på andra orter. Om försvaret lättar något ytterligare på restriktionerna bedöms den totala potentialen för vindkraft inom kommunens geografi att vara 460 GWh per år<sup>171</sup>. Dagens beskattningregler som innebär att man ej kan leverera ut överskottseffekt utan att bli betraktad som energiproducent är ett stort hinder för fortsatta direktinvesteringar i förnyelsebara energianläggningar av icke-energiaktörer.

### Vatten

Fördelar med marin strömkraft är att möjligheten till energiutvinning är betydligt högre jämfört med solel då intermittensen inte är lika hög.

För Uppsalas del ser vi inte att utvinning från vattnets rörelseenergi inom kommunens gränser kommer att bidra med någon större effekt i ett framtida system. Det kan dock finnas fall där marint strömmande kraft kan vara intressant t.ex. integrerade i fasta konstruktioner (såsom broar) för att minska sårbarheten för elbortfall samt att den har fördelen av att vara "ren och tyst" och därmed lämplig i stadsmiljöer. I andra delar av länet ser vi dock att det finns gynnsamma förutsättningar för mer storskalig strömmande marinkraft.

<sup>170</sup> Färdplan klimatneutralt Uppsala

<sup>171</sup> Färdplan klimatneutralt Uppsala

### Brännbart avfall

I ett 2050 perspektiv där vi så långt som möjligt skall återvinna och återanvända ser vi inte att (det som vi idag kallar) brännbart avfall som central del i det framtida energisystemet. De eventuella restprodukter med fossilt innehåll (som kvarstår efter återbruk och återvinning) förväntas reformeras i processer där den växthusgaspåverkande delen separeras ut och där spillenergin tas om hand i energisystemet. Vissa typer av restprodukter såsom smittförande material från sjukhus måste även i framtiden hygieniseras och hanteras som ett avfall och i förekommande fall även förbrännas där denna metod ses som mest lämplig.

### Spillvärme

Vi ser att potentialen för spillvärme är starkt kopplat till i vilken grad energisystemet möjliggör för en ekonomiskt hållbar utvinning av densamma. Tillgång till ett vattenbaserat distributionssystem för värme är en grundförutsättning för att kunna utnyttja värmen om avsättningsbehov inte finns inom den egna verksamheten alt. i grannars anläggningar- och fastigheter. Avsättningsmöjligheter för spillvärme ser vi vara en grundförutsättning för lönsamheten i energiomvandlingsanläggningar. Ett öppet fjärrvärmenät som i sin design är utformad för ett effektivt omhändertagande av denna värmeresurs anses därför vara avgörande för ett utvecklat energisystem.

### Distribution

Det finns i dagsläget inga planer för en integration av tätorternas värmedistribution sinsemellan varandra eller till staden. Det huvudsakliga skälet till detta är enligt vår bedömning att det saknas ekonomiska incitament och intresse för de som skulle dra nytta av ett mer sammankopplat system. Med den prognostiserade höga befolkningstillväxten i Uppsala<sup>172</sup>, kan den ökade befolkningstätheten innebära att sammanlänknings av energinäten blir mer intressant. Detta gäller inte bara inom den kommungeografiska gränsen utan även till närliggande orter i andra kommuner.

Hushåll som redan investerat i egen värmelösning tror vi kommer ha ett lågt intresse för att ansluta sig till nya/utbyggda värmenät.

Dragningar av distributionsnät för tekniska försörjningssystem (Energi, Avlopp, Vatten) innebär stora investeringar. Vi ser därför att det är mycket viktigt att planera på lång sikt och att man samordnar utbyggnaden av infrastruktur för exempelvis avloppssystem, fiberoptik och värmedistribution och därmed så långt som möjligt minimera samhällskostnaderna. Vi kan inte se att det idag sker någon organiserad samverkan mellan aktörerna avseende investeringar i samhällstekniska nätverk.

En förtätning inom Uppsala stads gränser sker samtidigt som bebyggelsen väntas öka längs stråken ut till tätorterna. I södra stadsdelarna planeras omfattande expansion och enbart i Ulleråkersområdet planeras mellan 6 000 till 8 000 bostäder att byggas. Alsike, en sedan år 2000 kraftigt växande ort i Knivsta kommun söder om Uppsala växer norrut. Orten ligger 4 km från centrala Knivsta som har en egen närvärmelösning som producerar 45 GWh värme genom förbränning av främst biobränslen. I takt med att Alsike fortsätter växa norrut ser vi att en sammankoppling mellan värmenätverken (Uppsala och Alsike) bör beaktas.

<sup>172</sup> Uppsala tillväxt, Sweco (2013)

Givet de begränsningar som finns avseende möjligheterna till prioritering av el vid större bortfall (som identifierats i det s.k. "STYREL" arbetet) så förväntas att reservkraftslösningar för privata hushåll öka. Huvudskälet till detta är att alltfler privata boenden med stort vård-/omsorgsbehov (framförallt äldre med hemvård som är extra utsatta vid ett elbortfall) förväntas öka. För att möta detta kan mer lokala kvarters – stadsdelslösningar för reservkraft övervägas.

## **Omvandling och användning**

### **Investeringar i nya omvandlingsanläggningar**

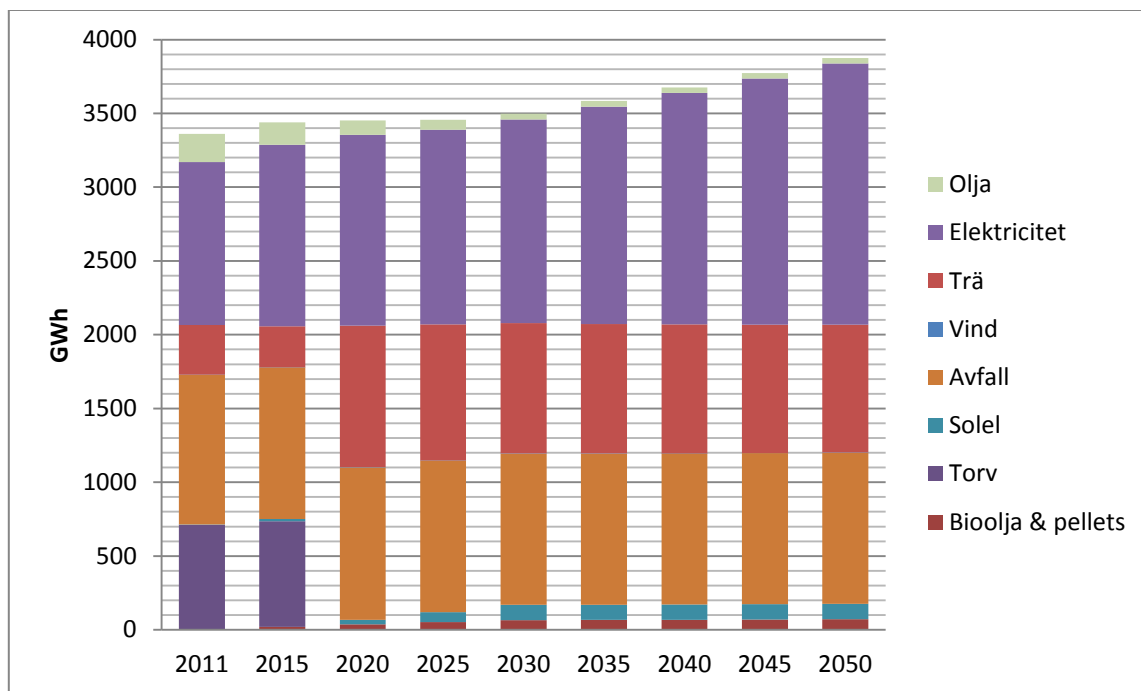
Enligt ellagen är alla elproduktionsanläggningar berättigade att ansluta sig till elnätet och på många platser finns goda vindresurser samt intresset för utbyggnad av vindkraften. Nätanslutningsreglerna gör det dock ofta till en dyr affär då nätet kan vara långt bort och elnätskapaciteten otillräcklig, i dessa fall måste kunden själv stå för nätförstärkningens kostnad. Andra kunder som ansluter sig efter nätkapaciteten förbättrats kan göra så utan att behöva stå för det kostnaden<sup>173</sup>. Vi ser att detta är ett problem som måste lösas för att inte hindra utbyggnaden av framförallt mindre och medelstora nya omvandlingsanläggningar.

Vår bedömning är att om nuvarande utveckling fortsätter så kommer antalet småskaliga omvandlingslösningar öka i framtiden. Denna utveckling sker enligt vår bedömning på bekostnad av nya storskaliga omvandlingsanläggningar. Intresset för investeringar i mer storskaliga lösningar begränsas också av bristande tillgång till nät för distribution av värme och energigas.

### **Energibehov värmeproduktion**

Utveckling av den bedömda energianvändningen för den stationära energi tom. 2050:

<sup>173</sup> Energimyndighetens strategi för regional tillväxt (2012)



Figur 17: Energiutveckling i aktörscenariotom 2050<sup>174</sup>.

Vår bedömning är att värmebehovet per m<sup>2</sup> i fastigheter och lokaler kommer att minska väsentligt till 2050 jämfört med dagens situation genom energieffektivisering, bättre byggmaterial och -metoder. Denna effektivisering vägs delvis upp av ökat värmebehov som ett resultat av den nybyggnation som planeras.

Effektbehovet i framförallt värmeproduktionen varierar stort under året där behovet under vintermånaderna är stort samtidigt som det är mycket lågt under sommarperioden. Motsatt förhållande gäller för solinstrålningen vilket talar för att effektiva lösningar för säsongslagring av solenergi bör eftersträvas i framtiden.

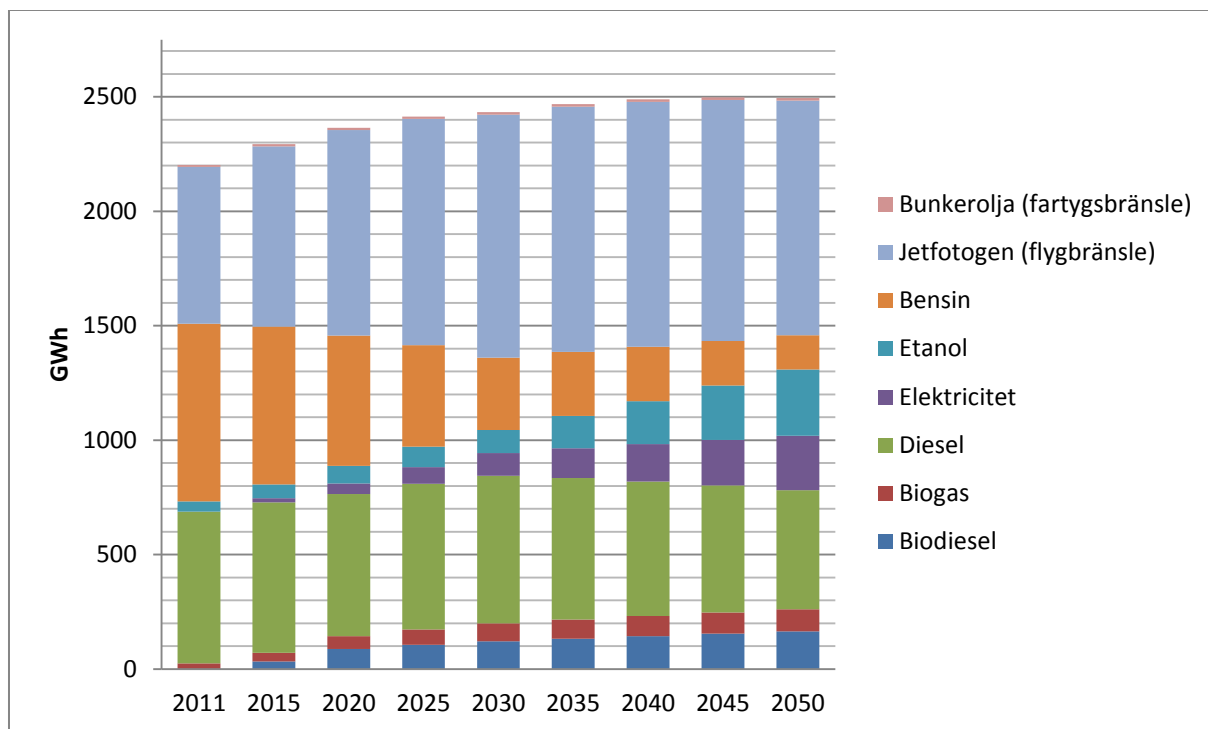
Krav på komfortkyla kopplat till framtida värmeböljor ser vi kan leda till ett ökat effektbehov sommartid. Detta ser vi kan leda till att fler lösningar för produktion av kyla från fjärrvärme.

Vår bedömning är att framtida investeringsbeslut kring ersättning av de olika delarna av dagens värmeproduktion i Vattenfalls regi har avgörande betydelse för utformningen av det framtida energisystemet. Att fortsätta med investeringar i förbränningsanläggningar är vi tveksamma till då vår bedömning är att det finns andra mer hållbara och resurseffektiva alternativ. Alternativa tekniker för omvandling beskrivs senare under systemalternativ.

### Transporter

Prognos för energianvändningen tom. 2050:

<sup>174</sup> LEAP-modell 4.0



Figur 18: Energiutveckling för transportsektorn inkl. arbetsmaskiner i aktörscenariotom 2050<sup>175</sup>.

Persontransporter sker i Uppsala till 40 % med bil idag medan 14 % färdas med kollektivtrafik. När andelen som väljer kollektivtrafik som transportmedel ökar så är det inte nödvändigtvis till fördel av att färre väljer bilen utan den andelen kan även ske på bekostnad på cyklister och gående. Individens val av färdmedel påverkar inte bara behovet av bränslen men även luftkvaliteten och framkomligheten i staden.

Fortsatta satsningar på bättre och fler cykelvägar bör således ske i samband med en konstruktiv dialog med allmänheten om att deras val har betydelse för sin egen hälsa, närmiljön och klimatet. Vår bedömning är att andelen bilar (i dagsläget 38 per 100 invånare) kommer att minska och att framförallt andelen cyklande/elcyklande kommer att öka markant under de närmaste decennierna.

Godstransporter är ett område där vi tror att ytterligare effektivisering genom bl.a. samordning kommer att leda till minskat energibehov.

Om inget drastiskt görs och den linjära utvecklingen fortsätter bedömer vi att transportsektorn ej kommer vara fossilbränslefri 2050.

### Skogsjordbruk ("Agroforestry")

Övergång från en- till fleråriga grödor tror vi kommer att öka i framtiden såväl som takten i växtfördlingsarbetet för perenna grödor. Denna förändring förväntas påverka jordbruket i stor omfattning då fleråriga grödor är avsevärt skonsammare mot jordarna vilket leder till ett minskat energibehov för att bruka jorden.

<sup>175</sup> LEAP-modell 4.0



I dagsläget ser vi inte att det sker något aktivt arbete för att reformera markanvändningen i kommunen. Vår bedömning är att denna fråga successivt kommer att få alltmer aktualitet och givet de goda förutsättningarna med världsledande forskning inom området i SLU's regi så bör detta arbete kunna intensifieras.

### Övrig matproduktion

Vi ser att det finns en stor potential att utveckla nya verksamheter för hållbar matproduktion genom att samordna energiomvandlingsanläggningar med spillenergiöverskott med hållbar matproduktion som har ett behov av värme. Ett exempel på en sådan verksamhet är Vegafish som har sin grund i forskning inom SLU och som har en pilotanläggning i Uppsala<sup>176</sup>. Vattenodlingar i växthus generellt ser vi som ett intressant område både i större och mindre skala och inte minst där vi har god tillgång till vatten och spillvärme. Vi tror att stadsodlingar kommer öka markant i framtiden vilket bidrar till att öka självförsörjningsgraden. Mer storskaliga lösningar för t.ex. vattenodlingar av grönsaker året runt ser vi kan öka behovet av energieffektiv LED-belysning under vinterperioden när solinstrålningen är mycket begränsad.

### Utformning av offentlig verksamhet

Vår bedömning är att framtidens offentliga verksamheter måste utgå ifrån en hållbar och resurssnål energiförsörjning vilket innebär att dagens lösningar som bygger på transportintensiva system kommer förändras. Exempel på verksamheter som vi bedömer kommer att förändras väsentligt är hemtjänst, godstransporter samt VA- och avfallshantering.

### Nyproduktion av bostäder och anläggningar

Vår bedömning är att dagens utveckling där man i allt högre grad ansöker om lösningar för energilagring för att "bli självförsörjande" inom fastigheten/anläggningen och inte beaktar tillgången till samhällsgemensamma energinät som en lösning på detta behov. I ambitionen att bli "självförsörjande" och minska de egna energikostanderna så finns exempel där man utformat energilösningen på ett sätt som innebär att man enbart använder fjärrvärme vid spetsbehov. En sådan utformning är enligt vår uppfattning helt kontraproduktiv utifrån ett samhällsperspektiv. Fjärrvärme på spets är den mest klimatbelastade energin i dagsläget.

Att utveckla lösningar och ersättningsmodeller för att kunna balansera fastigheters över- och underskott av effekt med stöd av det gemensamma fjärrvärmenätet och en öppen spillenergimarknad ses som en mycket viktig åtgärd för att bryta dagens utvecklingstrend kring säsongenergilagring i enskilda fastigheter.

### Aktörer och "marknaden"

Vår bedömning är att den framtida energibranschen kommer förändras radikalt.

De aktörer som driver gemensamma storskaliga omvandlingsanläggningarna för kraftvärme och dess fjärrvärmenät tror vi kommer att få lönsamhetsproblem om dagens trend står sig. Anledningen till detta är att hushåll och verksamheter i allt högre grad kommer att införa egna småskaliga energilösningar.

<sup>176</sup> <http://unt.se/uppland/uppsala/vegafish-ska-odla-jatterakor-i-uppsala-3505956.aspx>

Aktörer som arbetar med lokala närvärmenät med medelstora omvandlingsanläggningar bedömer vi kommer att få mycket svårt att hitta marknader beroende på låga incitament för fastighetsägare att ansluta sig då det finns billigare alternativ (företrädesvis berg- och luftvärmepumpar i kombination med egna förbränningsanläggningar).

På elnätssidan tror vi inte att det kommer att ske några större aktörsförändringar avseende eldistribution och nätägaransvar. På omvandlingssidan bedömer vi dock att de kommer att ske stora förändringar då antalet småskaliga anläggningar förväntas öka markant.

Med dagens politik och de trender vi ser så bedömer vi inte att aktörer med inriktning mot energiomvandling av biomassa kommer att ändras i någon större grad jämfört med dagens situation.

De stora aktörerna inom skogsbolag, pappersmassaindustrier och raffinering bedömer vi aktivt kommer att fortsätta att med produktutveckling för biodrivmedel till konventionella förbränningsmotorer. Detta faktum i kombination med den redan befintliga utbyggda infrastrukturen bedömer vi vara en starkt bidragande faktor till att förbränningsmotorer (diesel och otto) kommer vara dominerande för tunga fordon och arbetsmaskiner under lång tid framåt om inget drastiskt förändras. För energigas ser vi inte att det kommer ske någon större förändring utan dagens situation där få om några aktörer ser gasomvandling och distribution i Uppsala som en intressant marknad att investera i.

Inom området energiteknikutveckling så ser vi att det finns stora möjligheter för Uppsalas näringslivsutveckling genom den unika kompetens som finns i de två stora universiteten och de "spin-off" bolag som har sitt ursprung från dessa. I dagsläget så har flera av de befintliga energi- och miljöteknikbolagen i Uppsala uttryckt att det är mycket svårt att introducera ny teknik i de samhällstekniska systemen. Givet att Uppsala skall göra en mer omfattande omställning och gå ifrån den historiska – konventionella tekniken så ser vi att dessa problem måste hanteras bättre i framtiden.

Vår bedömning är att aktörsstrukturen har en stor påverkan på utformningen av energisystemet. Vi ser att det ofta är organisatoriska och administrativa utgångspunkter som styr när systemet utvecklas. Om denna trend fortsätter så ser vi att dagens struktur kommer att fortleva och fördjupad samverkan och utnyttjande av samhällsmässiga synergier försvåras.

För att långsiktig kunna nå en större teknikomställning till ett mer långsiktigt hållbart energisystem så måste man i högre grad utgå ifrån ekosystemets förutsättningar. Detta kan t.ex. innebära att man med fördel kan samverka mellan kommuner i länet där de som har god tillgång till förnyelsebar energi men med relativt lågt energibehov utväxlar resurser med andra som har det motsatta förhållandet.

Utveckling av incitament för lantbrukets omställning till ett kretsloppsbaseerat system för närproducerade livsmedel och energi ser vi som avgörande för den framtida utvecklingen.

I dagsläget så tas initiativ av kommuner och landsting i investeringar i andra delar av landet i vindkraftsanläggningar för att bidra till samhällets omställning till förnyelsebar energiproduktion. Dessa investeringar är i 1) intermittent kraftproduktion och 2) i huvudsak

baserade på importerad teknologi. Vi ser att det finns möjligheter för de offentliga aktörerna i Uppsala Län att bidra till investeringar i som bygger på "lokalproducerad" teknologi. Intressant är t.ex. investeringar i anläggningar för marint strömmande kraft i älvar och vattendrag såväl som vågkraft.

De senaste decennierna ser vi att inriktningen varit att låta marknadsekonomi styra utvecklingen av energisystemet. Denna marknad har visat ha brister och under extern påverkan (såsom den nu pågående Ukrainakrisen) visar det sig att förutsättningarna ändras snabbt och statliga och överstatliga åtgärder vidtas (t.ex. på EU nivå med mål kring högre självförsörjningsgrad avseende energi).

### **Självförsörjning och beredskap**

Vår bedömning är Sveriges beredskap för större avbrott i energiimporten av fossila bränslen är relativt låg och det finns bl.a. ett stort beroende av import från Ryssland. Den stora importen av energi skapar ett mycket stort handelsbalansunderskott vilket måste vägas upp av export för att vår totala välfärd skall kunna säkerställas. Detta faktum kan tyckas vara absurt i skenet av den enormt stora energipotential som finns i Sverige framförallt genom den stora mängd bioenergi och vattenkraft som vi förfogar över.

Ur ett totalförvarsperspektiv, som inkluderar civil såväl som militär försvarsförmåga, så bedömer vi att en långsiktig självförsörjning av energi måste säkerställas för att trygga samhällsekonomin och därmed också vår försvarsförmåga.

Nya samhällstekniska anläggningar ser vi med fördel kan samlokaliseras med en utbyggnad av en civil försvarsstruktur för medborgarskydd vid militära konflikter.

Ett livskraftigt och fossilbränsleoberoende lantbruk med god förmåga att producera livsmedel och energi ser en vi vara en mycket viktig grundsten i ett framtida totalförvar.

### **Systemalternativ**

De möjliga alternativa tekniska delsystem vi ser som tänkbara i ett framtida lokalt energisystem beskrivs nedan.

#### **Energiomvandling**

Nedanstående tekniker bedöms vara aktuella för Uppsala (utifrån gällande förutsättningar och den tillförselpotential som bedöms finnas inom den geografiska kommunen).

#### ***Omvandling av fasta biobränslen***

##### Termisk förgasningsanläggning

Förgasning kan definieras som den termokemiska process där ett kolhaltigt fast eller flytande ämne, exempelvis skogsråvaror, vid upphettning till 850 – 900 grader i en miljö fri från, eller med en kontrollerad mängd syre, övergår till syntesgas bestående av vätgas, kolmonoxid och koldioxid samt en mindre mängd metan. Syntesgasen kan omvandlas till fordonsbränslen som metan, metanol,

Fischer-Tropch-diesel eller DME. Spillvärmens utnyttjas med fördel i ett distributionsnät för värme och askan kan användas som gödningsmedel på skogsmark<sup>177</sup>.

### Bioraffinaderi

I ett bioraffinaderi omvandlas biobaserade råvaror till energiprodukter, material och kemikalier via bio- eller termokemisk omvandling; fermentering eller pyrolys. Pyrolysen sker på liknande sätt som förgasning men med större temperaturspann och i en syrefri miljö. När ved pyrolyseras avgår flyktiga gaser som består av främst vattenånga, koldioxid, kolmonoxid, metan och en del lättare kolväten samt även tyngre organiska föreningar. Återstoden är bioolja och fast träkol. Fraktionsuppdelningen av produkterna beror av råvara, temperaturen och uppehållstiden<sup>178</sup>.

### *Teknik för att hantera avfall med fossilt innehåll*

Inom detta område ser vi i dagsläget inte någon given teknisk lösning utan ytterligare forskning och teknikutveckling måste till. Den teknik som ses som "minst dålig" är kraftvärmeproduktion som genererar el och värme, problemen med växthusgaspåverkan kvarstår dock. Plasten, som står för en stor del av det fossila innehållet i avfallet, skapar inte bara problem då det sker utsläpp när den förbränns. Plastrester i ekosystemet är ett allt större miljöproblem som talar emot att den skall återvinnas utan snarare bör tas ur systemet så fort som möjligt. Den fossila delen av avfallet antas vara betydligt mindre år 2050 än vad den är idag (om plast av fossilt ursprung har ersatts av bioplast). Kvarvarande del fossil plast i avfallet 2050 behöver tas om hand på ett sätt som inte ger klimatpåverkan,

### *Omvandling genom rötning*

#### Rötningsanläggningar (i huvudsak avloppsslam och matavfall)

Organiskt matavfall rötas i Uppsala till biogas och biogödsel i en syrefri miljö, där mikroorganismer bryter ner fetter, kolhydrater och proteiner. Biogas produceras även genom rötning av avloppsslam och restprodukten kan användas som biogödsel om anläggningen är REVAQ-certifierad. Rötning av matavfall till biogas kan även samrötas med andra råvaror såsom alger och vissa grödor.

#### Uppgraderingsanläggningar (uppgradering av rågas till andra/förädlade energibärare)

Uppgradering av rågas avser i de flesta fall att höja metanhalten i gasen genom att separera koldioxiden med exempelvis kemisk adsorption eller i en vattenskrubber. Koldioxiden går även att reformera med metoden "Power-to-Gas" i en reaktion där vätgas reagerar med koldioxiden för att producera metangas. Metangasen kan reformeras till syngas (vätgas och kolmonoxid, ibland även koldioxid), metanol och en rad andra produkter via vidareförädlingssteg.

#### Kombinerade rötnings- och uppgraderingsanläggningar

Anläggning för rötning och uppgradering kan med fördel placeras i anknytning till varandra för att bättre utnyttja spillvärme och minska transportavstånd.

<sup>177</sup> [http://gobigas.goteborgenergi.se/Sv/Om\\_GoBiGas](http://gobigas.goteborgenergi.se/Sv/Om_GoBiGas)

<sup>178</sup> Technology roadmap – bioenergy for heat and power, rapport, IEA (2012)

### *Omvandling av solenergi*

Direkt konvertering av solljus till el sker via ett antal olika solcellstyper vars kostnad per installerad effekt (kW) konstant har sjunkit konstant över en 30-års period. Den realistiskt möjliga verkningsgraden är nästan uppnådd för många kommersialiserade solceller. Forskningen idag sker främst på nya typer av solceller som använder andra material samt solceller specialiserade för nischmarknader och billigare tillverkningsprocesser.

Integrerade solcells-/solvärmeanläggningar i fastigheter och andra anläggningar (primärt för egenbehov och för att minska sårbarhet)

Solceller har börjat användas på eller som en del av fasader och har fler tillämpningsområden som bullerplank, takytor och fönster. Solceller installerade över ett större område på exempelvis takytor och fasader kan ses som en distribuerad storskalig solanläggning som är mindre känslig för störningar i systemet och av moln.

### *Omvandling till vätgas som energibärare*

#### Elektrolys (spjälkning av vatten med el), från små- till storskaliga anläggningar/"mackar"

Vätgasproduktion genom elektrolys kan, utöver produktion av exempelvis drivmedel för fordon, även fungera som en sorts effekttreglering i elnätet under rätt förutsättningar. En elektrolysör är enkel att starta upp och kan således under timmar med hög intermittent förnybar elproduktion omvandla elenergin till lagringsbar energi i vätgasmolekyler. Vid elektrolysen bör spillvärmen, ungefär 80 grader, utnyttjas i ett distributionsnät för värme. Syrgas som bildas i processen bör även i möjligaste mån tas om hand för t.ex. användning i sjukvården. Vad den slutgiltiga verkningsgraden blir beror flera faktorer såsom hur vätgasen slutgiltigt används och hur väl spillvärme och syrgas tas om hand.

#### Förgasning av organiskt material (företrädesvis i storskaliga anläggningar där spillvärmen används för fjärrvärmeproduktion)

Beroende av hur förgasningsprocessen styrs så kan exempelvis vätgasproduktionen främjas.

### *Omvandling av vindkraft*

#### Storskaliga vindkraftsansläggningar i vindkraftparker

Potentialen för storskalig vindkraft inom kommunens gränser är förhållandevis begränsad och enligt vindkraftskarteringar är det främst i kommunens nordvästra delar, samt ett område i öst som vindkraft anses lämpligt. Utöver exploatering av dessa platser kan det även vara intressant att investera i vindkraft utanför kommunens gränser.

#### Småskaliga vindkraftsansläggningar

Enskilda diskreta vindkraftsansläggningar har fler områden där de kan anses vara lämpliga. Lönsamheten i vindkraft är proportionerlig mot den svepta rotorarean vilket talar emot mindre anläggningar. Dock kan mindre anläggningar lämpa sig för ökande av redundans och för att minska sårbarheten.

### *Omvandling av koldioxid och metangas*

#### "Power to gas" anläggningar

Denna omvandling sker genom att el omvandlas till vätgas, varefter en blandning av vätgas och koldioxid som resulterar i metangas + värme. Den är mest intressant där man har ett stort

punktutsläpp av CO<sub>2</sub> samt möjlighet att i ett system ta hand om spillvärmerna från processen. Vid reformeringen erhålls höga temperaturer uppåt 200 – 250°C. Om systemet är kombinerat med en elektrolysör för vätgasproduktion, som sker vid 80°C, kan restvärmerna från de båda processerna exempelvis kombineras och distribueras i ett fjärrvärmenät.

### ”Cracking” anläggningar

Genom cracking-processen sönderdelas kolväten till mindre beståndsdelar under höga temperaturer. Även metan, det minsta kolväta, kan crackas till vätgas och fast kol i närvaro av en katalysator, ofta nickel, under högt tryck och hög temperatur. Ungefär 20 % av vätgasen behöver brännas för att förse processen med energi<sup>179</sup> om man vill avsätta det fasta kolet för andra ändamål.

Givet att det fasta kolet inte förbränns utan används t.ex. för jordförbättring så skapas en ”kolsänka” med denna teknik. Det är dock mycket viktigt att kunna ta hand om spillvärmerna från processen.

### *Energipositiv avloppsvattenrening*

Vatten renas idag med många olika metoder och ses som en samhällsbelastning. Till projektet ”Den varma och rena staden” fick 2014 Lunds kommun 10 miljoner SEK i bidrag av VINNOVA för att utveckla koncepten ”energipositiv rening” och ”kompakt rening” av avloppsvatten. Projektet slutförs 2016 och utförs tillsammans med 16 arbetspartners. Syftet med studien är att ta fram ett kostnadseffektivt system som utnyttjar spillvärme från industrier, nya typer av membran och odling av alger. Med den nya tekniken väntas avloppsvatten ses som en resurs snarare än en samhällsbelastning, med nettoenergiproduktion vid rening av vattnet och högre återanvändning av näringsämnen i vattnet, samtidigt som energi- och materialprodukter tas fram<sup>180</sup>.

Det finns fler liknande system, exempelvis ”Omni processorn”. Slam kokas och ångan förs bort till reningssteget, det torra slammet bränns sedan för att producera ånga och hetta nödvändig för att koka slammet och driva en turbin för produktion av elektrisk energi. En del av denna elektriska energi används för reningen av den bortförda ångan till dricksvatten, som görs med bakvänd osmos. Vidare behövs energi till att driva pumpar, fläktar och motorer. Överskottet skickas ut på elnätet. Utöver rent vatten och el så produceras även aska<sup>181</sup>.

### *Övriga möjliga omvandlingssystem/-tekniker*

För omvandling av rörelseenergi i vatten så ses anläggningar för utvinning av strömmande kraft<sup>182</sup> vara intressanta som komplement i ett energisystem där det finns behov av en lokal och avbrottsfri kraftleverans.

System för omvandling av värme/kyla från mark och luft ses inte som en del större-/medelstora omvandlingsanläggningar utan dessa ses som komplementär lösningar i fastigheter och anläggningar.

<sup>179</sup> Review of methane catalytic cracking for hydrogen production, vetenskaplig artikel, Ashraf M, m.fl. (2011)

<sup>180</sup> <http://www.vinnova.se/sv/Resultat/Projekt/Effekta/2011-01544/Den-varma-och-rena-staden-2/>

<sup>181</sup> <http://janickibioenergy.com/>

<sup>182</sup> Marin strömkraft testas i Dalälven, nyhetsartikel, Uppsala universitet

Omvandling – uppgraderingsanläggningar för spillenergi i form av värmepumpsanläggningar kan vara aktuella som ett komplement i vattenburna fjärr- och närvärmebaserade nät.

För att utnyttja snö som resurs så kan systemlösningar för detta tänkas i ett framtida system. Detta kräver att olika snötippor lokaliseras i närheten av fastigheter med stort kylbehov. I framtiden med ett förändrat klimat är det oklart hur mycket snömängd som det kan bli tal om i Uppsala kommun och om det är värt investeringen.

## Energidistribution och lagring

### Vattenbaserade nät

Vatten som media för energi har många fördelar och har använts i våra samhällen under lång tid. Nedan beskrivs de olika systemalternativ som ses som aktuella i ett framtida system.

#### Högtempererade fjärrvärmenät

I Sverige är hög (120-130°C)- och medeltempererade (80-90°C) fjärrvärmenät vanligast och erfarenheten är god. Fyra generationer av distributionsteknik inom fjärrvärmen går att urskilja och det är främst temperaturen som skiljer dem åt. Från generation 1 till generation 4 har temperaturen sjunkit successivt.

#### Lågtempererade fjärrvärmenät

Lågtempererade nät (50-60°C) har mindre värmeförluster och med värmeväxling kan ett lågtempererat nät runt kransorterna kopplas samman till det högtempererade fjärrvärmenätet i staden. Lågtempererade nät är också, beroende av värmekvaliteten, bättre lämpade för vissa typer av spillvärme då temperaturen ofta är låg. Lägre temperaturer (och lägre tryck) ger även möjligheten att använda material som inte tål höga temperaturer som plaströr, som förutom problem med syrediffusion har visats fungera väl och är billigare och betydligt enklare att lägga<sup>183</sup>.

### Gasbaserade nät

Omsättningen i ett gasbaserat nät är ofta mycket lägre än energimängden i nätet för att ha övertryck och marginal för utebliven produktion. Ett distributionsnät för gas fungerar således även som ett energilager. Gasnätet skulle kunna användas under kalla dagar för att möta effektbehovet under spetslast för värmeproduktionen.

#### Biogasnät

Ett biogasnät skulle kunna bana vägen och förenkla för många energisystem, som förgasning av biomassa och rötning av avfall, gödsel och slam på flera områden, även för mindre decentraliserade system. Biogasnät har även visats kunna hantera mindre mängder vätgas i systemet.

#### Vätgasnät

Även om vätgasnät i dagsläget finns i begränsad omfattning är vår bedömning att denna typ av nät kan bli aktuella i ett framtida energisystem. Det är i sig inte självklart att vätgas distribueras i ett nät då detta beror på vilken teknik för produktion som används. I det korta perspektivet så är vätgasproduktion genom elektrolys en relativt dyr lösning som kräver en viss storskalighet för att få

<sup>183</sup> Sekundärnät för lågtempererad fjärrvärme, Examensarbete, Fredrik Eriksson m.fl, HH (2013)

lönsamhet. Om man har ett fåtal vätgasproduktionsanläggningar och ett större antal uttagsställen för vätgas så uppkommer behovet av ett nät om man inte vill transportera gasen via fordonstransporter. Ett alternativ kan vara att reformera metangas t.ex. via "Cracking" vid de ställen där uttagsbehov finns. Ett stort plus för vätgasen är att den kan framställas utan krav på biomassa om man spjälkar vatten, detta förutsätter dock tillgång till förnyelsebar el med konkurrenskraftiga priser.

### *Nät för eldistribution*

#### Växelströmsnät

Att vi har växelströmsnät är mycket på grund av historiska skäl, då när näten byggdes och tekniken inte var så mogen var det betydligt lättare att transformera spänningen och transportera energi över långa sträckor. Även idag är växelströmsnäten enklare än likströmsnäten som behöver fler komponenter. Över långa sträckor, samt även kortare sträckor under mark och i vatten, blir likström highvoltage direct current (HVDC)-nät ekonomiskt fördelaktiga.

#### Likströmsnät

Likströmsnäten har börjat hitta nischområden i vårt eldistributionssystem. HVDC-nät kan skicka ström över långa sträckor med mycket låga förluster och högre överföringskapacitet. LVDC väntas också ta mark i vissa områden då tekniken kan göra det enklare för system som solceller och elektrolysörer, då de producerar eller behöver likström för att fungera. Men att byta ut befintliga AC-system mot de mer komplicerade DC-systemen skulle inte vara ekonomiskt försvarbart i dagsläget<sup>184</sup>.

Vår bedömning är att växelströmsnät fortfarande kommer vara den dominerande tekniken 2050.

### *Multikulvert system*

Med detta avses kulvertssystem där flera samhällstekniska försörjningsbehov kan tillgodoses genom samma infrastruktur, se exempel nedan:

*"Vallastaden är ett unikt projekt för Linköping, regionen och även för Tekniska verken. Stadsdelen präglas av en långtgående vision om hållbart och socialt liv vilket bland annat innebär en tät och småskalig bebyggelse med stor variation. Med anledning av det, i kombination med speciella markförhållanden, har Tekniska verken valt att i Vallastaden utveckla en innovativ lösning i form av ett unikt kulvertsystem som skapar nya möjligheter för infrastrukturlösningar i flera avseenden.*

*Resultatet är att samtliga ledningar – el, fiber, fjärrvärme, avlopp, vatten och sopsug samlas i en 2,5 meter i diameter stor kulvert. Det enda som ligger utanför är dagvattenledningarna. Den här lösningen gör att ledningsinfrastrukturen tar mindre plats och dessutom är 100 procent återvinningsbar. Dessutom gör den patentsökta, prefabricerade, kulverten i Vallastaden att mer värdefull mark kan bebyggas och att gator sällan behöver grävas upp vid framtida underhåll. Totalt har vi i Vallastaden lagt ner 1 800 meter kulvert."<sup>185</sup>*

<sup>184</sup> Likström för lokal eldistribution – framtiden eller inte?, Andreas Wiklander & Marcus Berg (2009)

<sup>185</sup> <http://www.tekniskaverken.se/om-oss/vallastaden/index.xml>



Vår bedömning är att denna teknik kommer bli alltmer dominerande i framtiden företrädesvis i nya områden, inte minst beroende på att samhällstekniska system kommer bli mer integrerade med varandra.

### *Energilagring*

Drivkrafterna för behovet av energilagringssystem är flera, men viktiga bidragande faktorer innefattar bland annat behov av minskad sårbarhet och högre andel intermittenta kraftkällor i systemet. Energilagringssystem behövs för många olika tillämpningsområden och sträcker sig från ett fåtal mikrowattimmar till flera gigawattimmar. Svenska Kraftnät uppskattade i en rapport<sup>186</sup> från 2008 att för 30 TWh vindkraft behövs ett reglerbehov om ca 5 GW som kan kopplas in omedelbart vid behov och marknaden för energilagring väntas växa kraftigt i framtiden.

Solelen är en energikälla som har stark variation i produktionen över ett år. Ett helt marknadsdrivet system för el gör det svårt att få tillräcklig ekonomisk ersättning av producerad el när solinstrålningen är som störst. Ur ett samhällsperspektiv så är det att föredra att alla andra icke-intermittenta el-producerande system under de ljusa månaderna begränsas så solelen får företräde att användas i samhället mot skälig avsättning.

De huvudalternativ för energilagring som vi bedömer som de mest intressanta för framtiden är att använda biomassa i fast form samt bio- och eventuellt vätgas för långsiktig lagring. Anledningen till att vi förordar energigaser är att dessa jämförbart med att lagra energi i vatten har avsevärt lägre energiförluster över tid. Gasen har också ett högre "exergivärde" dvs. den har ett större användningsområde.

Det är viktigt att påpeka att långsiktig energilagring i vätgas innebär en stor teknisk utmaning och fortsatt forskning och utveckling ser vi kommer att krävas innan vi har en kommersiellt gångbar teknologi på plats.

Energigasen ser vi kan lagras dels i själva nätet men även i vätskeform och i "Gas-klockor" som är placerade vid kritiska lokaliseringar (företrädesvis där man har större omvandlingsanläggningar).

CAES, Compressed Air Energy Storage är en annan beprövad teknik. Luft komprimeras i stora underjordskammare som saltgruvor när det finns ett överflöd av elproduktion. När elbehov uppstår expanderas luften och blandas med gas för att driva en turbin. Tekniken är beprövad, har en relativt låg kostnad och är lämplig för energilagringssapplikationer som kräver mycket kapacitet över en längre period. Tekniken förväntas stå för en betydande del av marknaden för energilagring för elnät de närmsta åren.<sup>187</sup> Någon inventering av lämpliga underjordskammare inom kommunen har inte gjorts i denna utredning.

<sup>186</sup> Svenska Kraftnät, 2008m Storskalig utbyggnad av vindkraft. Konsekvenser för stamnätet och behovet av reglerkraft

<sup>187</sup> Lösningar på lager, bok, Vinnova (2012)

Tabell 5: För- och nackdelar för olika lagringstekniker som beskrivs i boken 'Lösningar på lager'<sup>188</sup> (tillgänglig online).

	LAGRINGSTEKNIK	FÖRDELAR	NACKDELAR
Mekanisk	Pumpkraftverk	Hög kapacitet, låg relativ kostnad	Krav på höjdskillnad, ingrepp i naturen
	Tryckluft - CAES	Hög kapacitet, låg relativ kostnad	Kräver naturliga förutsättningar och gasturbinkraftverk
	Svånghjul	Hög effekt	Låg energitäthet
Elektrisk	Supralejande - SMES, DSMES	Hög effekt	Dyra, låg energitäthet
	Kondensatorer	Lång livstid, hög effektivitet	Låg energitäthet
Elektrokemisk	Bly-Syrabatterier	Låg kostnad	Begränsad livslängd vid djupa urladdningar
	Flödesbatterier Natrium-Svavelbatterier	Hög kapacitet, oberoende effekt och energiegenskaper	Låg energitäthet
	Litiumjonbatterier	Hög effekt och energitäthet och effektivitet	Dyra, kräver dyr kringutrustning
	Övriga avancerade batterier	Hög effekt och energitäthet och effektivitet	Hög kostnad
	Bränsleceller	Hög effekt, kan "tankas" med bränsle	Hög kostnad
Termisk	Varmvatten, Smaltsalt, Fasomvandling	Dessa energilagringstekniker berörs ej i rapporten, då de inte omvandlas till el. Däremot finns det en stor potential att koppla samman värme- och elsystem för energioptimering och –effektivisering.	
Kemisk	Väte		

Ett alternativ för vattenbaserad säsongsvärmelager är av typen "grop-lager" som är mer kostnadseffektiva än bergumslager och medför mindre risk för grundvattnet. Grop-lager är en form av bassänger för varmt vatten som grävs ur i mark eller anläggs i naturliga gropformationer. Gropen kläs med tjock vattentät väv och det är även lock över bassängen. Tekniken är relativt ny men finns på plats t ex i Marstal i Danmark. Värmeförlusterna förväntas bli lägre än den man får i oinklädda bergum.

För reservkraft så ser vi att biogas är den energibärare som har störst potential i ett framtida energisystem som ersättning av dagens dieselbaserade system. Flytande biodrivmedel ses inte (t.ex. bioolja) som lika aktuellt p.g.a. dess problem med att behålla sina egenskaper under lång lagring.

## Scenarier för Energisystemet i Uppsala kommun år 2050

Två scenarier för energisystemet i kommunen tagits fram med sikte på år 2050.

### Scenario 1: Fortsatt utveckling av "nuvarande energisystem"

Med "nuvarande energisystem" menas att de egenskaper, enligt nedan, som kännetecknar dagens system kommer att gälla även 2050:

- Ett marknadsdrivet och konkurrensutsatt system där företags- och privatekonomiska faktorer har avgörande betydelse för systemets utveckling
- Ett heterogent och icke-sammanhängande system

<sup>188</sup> Lösningar på lager, bok, Vinnova (2012)

- Ett system med många olika aktörer och med låg grad av samverkan mellan varandra
- Ett system där den direkt lokala demokratiska styrningen har liten möjlighet att påverka utvecklingen
- Ett system med låg självförsörjningsgrad (utifrån ett kommungeografiskt perspektiv) och som är beroende av energiimport av bränslen och avfall
- Ett system som bygger på linjär utveckling av konventionella systemlösningar och teknik
- Ett system som har samma aktörsstruktur som dagens

Detta scenario bygger på den förutsättningen att man inom ramen för systemets nuvarande förutsättningar och begränsningar driver utvecklingen så långt som möjligt för att nå de övergripande samhällsutvecklingsmålen. Bland annat förutsätts att översiktsplanens (2010)<sup>189</sup> trafikmål 2030 uppnås, fossilbränslefri kollektivtrafik 2020 samt att Vattenfalls energiproduktion blir klimatneutral 2030 (fossila delen av det brännbara avfallet dock ej medräknad).

Som framgått ovan har det s.k. "aktörscenariot" inom färdplan mot ett klimatneutralt Uppsala används som utgångspunkt för detta scenario. De beräknade energiuppgifter som sammanställts i grafer tidigare i rapporten har till stor del baserats på detta scenario. Nedan sammanfattas de viktigaste antagarna i detta scenario:

Förutom de antaganden som är beräknade utifrån Naturvårdsverkets<sup>190</sup> underlag i bas- och stark-scenarierna antas att enskild uppvärmning med olja fasas ut till 2020, liksom el-pannor och direktverkande el stegvis fasas ut till 2050.

På lokal nivå räknar vi med att flerbostadshus har den energieffektiviseringstakt som Energimyndigheten anger i sin långtidsprognos dvs. 0,6 % per år. För småhus är takten något lägre på 0,4 % per år. I småhus fasas de sista oljepannorna ut till 2020 och vid 2050 har endast en tredjedel av småhusen kvar elpannor. I de tillkommande bostäderna antas alla flerbostadshus som byggs inom staden att ansluta sig till fjärrvärmenätet och övriga använder bergvärme. För tillkommande småhus används värmepump för flertalet tillkommande hus. För de tillkommande bostäderna följs Boverkets byggregler.

Energianvändningen i lokaler antas minska med en takt om 0,7 % per år, utifrån Energimyndighetens långtidsprognos. De lokaler och industrier som använder olja för uppvärmning har fasat ut sina pannor till 2020 och ersatt med värmepumpar. För de tillkommande lokalerna antas att cirka 80 % kommer att tillkomma inom staden och därigenom ansluta sig till fjärrvärmenätet. Fjärrvärmen produceras av Vattenfall Värme Uppsala genom i huvudsak avfallsförbränning och eldning med torv samt 5 % olja som spetsbränsle. Till fjärrvärmemixen läggs också 44 GWh spillvärme från reningsverket. En stor bidragande orsak till höga utsläpp av koldioxid vid

<sup>189</sup> <https://www.uppsala.se/contentassets/6a71f2c9d36f42468f6d4e72a4844bae/op-sammanfattning-2010-webb.pdf>

<sup>190</sup> <http://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/6500/978-91-620-6525-6/>

avfallsförbränningen är andelen fossilplast i avfallet, den är 40 % och ingen förändring sker i referensscenariot.

För lokala persontransporter antas att Uppsalas utveckling följer den nationella, som anges i den statliga utredningen Fossilfrihet på väg. Vilket innebär en ökning av fordonskm med bil per invånare ökar med 4,7 procent till 2030 och med 15 % till 2050. Fordonskm för buss följer en liknande utveckling.

Den tekniska utvecklingen för drivmedelsteknik och effektivare drift antas vara den samma som presenteras i den offentliga utredningen Fossilfrihet på väg. Detta gäller för persontransporter på väg som godstransporter på väg. Till stor del antas det att fordonsflottan är elektrifierad till 2030 enligt Fossilfrihet på väg<sup>191</sup>, som komplement används biobaserade bränslen för tyngre trafik.

Biogasen har en central roll för att kollektivtrafiken ska kunna ställa om och bli fossilfri. I referensscenariot räknas det med att biogasproduktionen är den samma som idag, cirka 20 GWh. Vilket inte är tillräckligt för att täcka det totala behovet i kollektivtrafiken.

Produktionen från jordbrukssektorn antas vara lika stor 2050 som den är 2011, men att energianvändningen är 15 % mindre. Olja för uppvärmning kopplat till jordbruket är utfasat till 2050. De totala växthusgasutsläppen från jordbruket minskar med 8 % till 2050.

Utbyggnadstakten för solceller är idag ungefär 450 kW/år, i referensscenariot antas att takten är konstant fram till 2050. Det ger år 205 en totalt installerad effekt på ungefär 18 MW.

Vattenfall till 2020 ersätter sitt torveldade kraftvärmeverk med ett biobränsleeldat. Därefter kommer kommunens klimatsnåla, samlade bebyggelse- och trafikplanering tillsammans med målet att minst 40 % av alla resor 2030 ska vara gång eller cykel, och att hälften av de motoriserade resorna ska ske med kollektiva färdmedel (i praktiken en fördubbling av marknadsandelen). Vidare är hela kollektivtrafiken i regi av Landstinget fossilbränslefri redan 2020 och till 2030 till stor del elektrifierad. Kommunens samhällsplaneringsmål för solenergi – 30 MW år 2020 och 100 MW år 2030 - i form av solceller är inräknade. Till det kommer pågående och planerad energieffektivisering och bränslekonvertering i all stationär och mobil energianvändning inom kommunorganisationen och övriga medlemmar i klimatprotokollet i närtid.

En viktig del i scenariot är energieffektiviseringen av bebyggelsen, som står för en stor del av utsläppen. I flerbostadshus minskar energianvändningen med en takt på 2,2 % per år fram till 2030, en takt som efter 2030 avtar och ligger på 0,6 %/år fram till 2050.

<sup>191</sup> <http://www.regeringen.se/sb/d/17075/a/230739>

Takten baseras på Uppsalahems mål och även förväntat resultat från projektet "Energieffektiva Bostadsrättsföreningar".

För lokaler och industri har ingen generell effektiviseringstakt antagits, utan enskilda viktiga aktörers mål och åtgärder har tagits med i analysen. Exempel på detta är Akademiska hus som utifrån sina mål får en effektiviseringstakt på 4 % per år för sitt bestånd fram till 2020 samt att Vasakronan har årligt mål om att minska sin energianvändning med 6 %. I aktörsscenarioet antas samma andelar fjärrvärme i bebyggelsen som i referensscenarierna.

Fjärrvärmeproduktionen i kommunen ställs om kring 2020 då Vattenfall Värme Uppsala har ersatt sitt torveldade kraftvärmeverk med ett bibränsleeldat. En högre inblandning av trä sker fram till omställningen då efterfrågan på grön fjärrvärme ökar. Den oljeandel som förekommer i bränslemixen minskar till 3 % till 2030, till följd av införd effekttaxa. I och med att Vattenfall har ersatt pannan till en bibränsleeldad kommer den största delen av klimatpåverkan komma från fossilplasten i avfallet. Det sker en viss minskning av andelen plast i avfallet. Ingen ökning av spillvärme sker.

Ökningstakten för antal fordonskm med bil ökar i samma takt som i referensscenariot till 2030 för att sedan plana ut och endast öka till 8 % per invånare till 2050. Fordonskm per invånare med kollektivtrafiken ökar med 57 % till 2030 och därefter linjärt till 2050. Sett till andelen personresor som görs med de olika trafikslagen ökar fortfarande andelen med bil till 2030. För kollektivtrafiken ökar andelen också, men målet om att 30 % av personresorna skall ske med kollektivtrafik nås ej. Genom aktiva val antas fördelningen mellan drivmedelsslagen för både kollektivtrafiken och personbilar att leda till en ökad elektrifiering och användning av förnybara råvaror. Med en ökad elektrifiering av fordonsflottan ökar behovet av el, som kommer från den nordiska elmixen.

Utvecklingen för de lätta lastbilar antas följa samma utvecklingsmönster som personbilarna gör. För tyngre lastbilar sker en viss effektivisering genom sparsam körning och riktade upphandlingar av transporter.

Till 2014 har kapaciteten för biogasproduktion ökat till ungefär 39 GWh och i scenariot beräknas kapaciteten inte öka nämnvärt.

Målet för solel om 30 MW installerad effekt till 2020 och 100 MW installerad effekt till 2030 förväntas nås.

## Energisystemets struktur

### *Struktur tillförsel*

Marknadskrafterna (inom ramen för lagstiftningen) och inträdesbarriärerna (för eventuella nya aktörer) styr vilka energiresurser som tillförs i systemet.

Antagandet är att tillförseln av bränslen, restprodukter och avfall företrädesvis kommer att ske via tunga vägtransporter in i kommunen samt mellan olika anläggningar inom kommunen.

Bedömningen är att den lokala markanvändningen för biobaserade energiråvaror kommer att öka marginellt jämfört med dagens situation.

#### **Struktur omvandling**

Fler storskaliga omvandlingsanläggningar bedöms inte finnas i kommunen i detta scenario. Det som förväntas expandera är dedicerade solcellsparker utanför tätorterna och vissa mindre vindkraftverksanläggningar inom ramen för de begränsningar som gäller utifrån försvarsmaktens krav.

#### **Struktur distribution**

Inom befintliga bebyggda områden, som idag saknar vattenburna nät, förväntas ingen ytterligare utbyggnad av nätbaserade system. Vid byggande av nya bostadsområden i staden antas dessa försörjas med fjärrvärme. För utbyggnad av nya områden utanför staden så antas dessa ej försörjas av fjärr-/närvarmenät. Någon utbyggnad av energigasnät förväntas inte. Elnätet förväntas dock behöva förstärkas på enstaka punkter för att hantera inleverans av intermitterent effekt från mindre omvandlingsanläggningar (företrädesvis från biogasomvandling i lantbruk där produktionen kan variera kraftigt).

Återföring av restprodukter från energiomvandling och användning förväntas gå via vägbundna tunga transporter.

#### **Lokala energiaktörer 2050**

De samhällsfinansierade aktörerna med stor verksamhet och ansvar i det lokala samhället (kommun och landsting) går inte aktivt in som aktör avseende energitillförsel, -omvandling och -distribution vilket innebär att aktörsstrukturen antas vara oförändrad.

#### **Viktiga händelser 2015-2050**

Det finns ett antal viktiga händelser rörande tillförsel, energiomvandlingsanläggningar och – nät som vi bedömer starkt kommer påverka hur systemet ser ut 2050.

De händelser som beskrivs nedan är sammanställda utifrån befintliga planer.

#### **2015 Q2: Kontraktstecknande för Uppsalas nya kraftvärmeverk<sup>192</sup>**

Datum för kontraktteckning enligt tidsplan för det nya planerade kraftvärmeverket Carpe Futurum.

#### **2020: Nya kraftvärmeverket Carpe i bruk, biobränslen ersätter torv**

Träbränslen ersätter torvförbränningen i det nya kraftvärmeverket.

#### **2030: Block 1 & 4 avfallsförbränningen måste ersättas**

De pannor som går ur sin tekniska livslängd 2030 och tidigare förbränt avfall med en årlig energimängd på ca. 500 GWh ersätts.

#### **2030: Kraftvärmeverket klimatneutralt**

Teknisk lösning på plats så att elproduktionen klassas som förnybar, detta gäller även värmeproduktionen utom den kommen från fossil plast.

<sup>192</sup> Uppsalas nya kraftvärmeverk, Anders Agebro, Vattenfall (nov 2013)

## Scenario 2: Bortom det konventionella

Utifrån de förutsättningar och mål som ges i aktualiseringen av översiktsplanen, det ekologiska ramverket, hållbarhetspolicyn och miljö- klimatprogrammet så är vår slutsats att utveckling av det nuvarande energisystemet (enligt scenario 1 ovan) inte kommer att vara tillräckligt.

I detta scenario är bedömningen att ett annat energisystem, som avsevärt skiljer sig från dagens system, måste utvecklas.

När det gäller energianvändning och effektivisering i bostäder och lokaler samt volymer för transporter så antas samma förutsättningar som beskrivs i scenario 1 ovan.

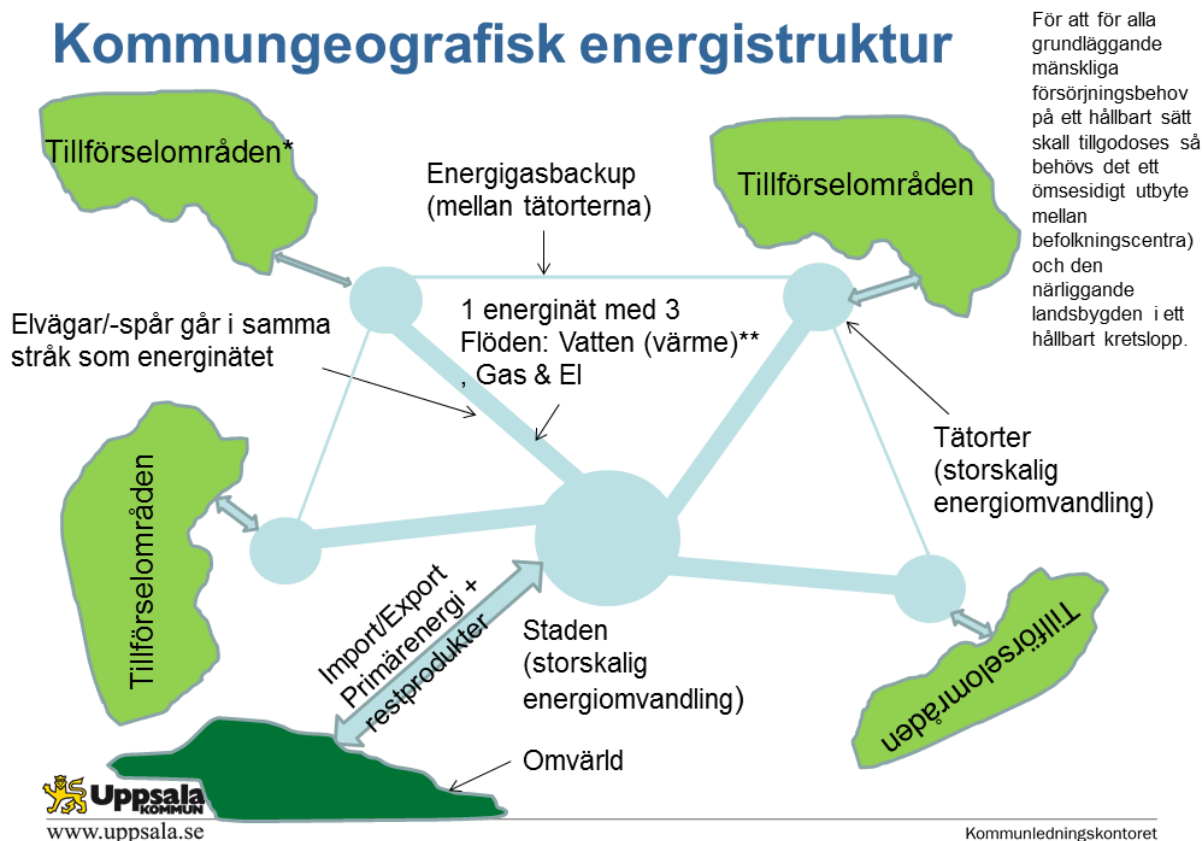
### Tillståndsmål

Utifrån de förutsättningar som anges i målen för hållbar samhällsutveckling så behöver Uppsala 2050 ha ett energisystem som:

1. är gemensamt och integrerat
2. är fossil- och kärnbränslefritt
3. är motståndskraftigt och som kan stå emot stora störningar och som säkerställer mänskliga behov med de mest behövande som första prioritet
4. är öppet för alla aktörer som kan bidra och effektivt tar vara på energin i samhället
5. är i harmoni med ekosystemen och sociala mänskliga rättigheter lokalt såväl som globalt
6. har en hög självförsörjningsgrad och som fungerar oberoende av eventuella importstörningar
7. stödjer och utvecklar lösningar för "näroproducerad" energi
8. bygger på ett hållbart kretslopp
9. skapar förutsättningar för miljöteknikutveckling
10. utgör ett ledande exempel för andra
11. är resurseffektivt och bidrar till en långsiktigt lönsam utveckling av samhällsekonomin
12. har en lokalt demokratiskt styrd kontroll över utveckling och styrning av energisystemet

Detta scenario har utvecklats utifrån vad som behöver genomföras för att tillståndsmålen skall kunna nås med utgångspunkt ifrån de specifika lokala förutsättningar som gäller.

## Kommungeografisk energistruktur



\*\* I staden finns 2 vattenbaserade nät (värme och kyla) samt ledningar för ånga till vissa specifika industrier

\* Företrädesvis fasta material, avlopp och gas. Eltillförsel sker direkt vid anläggningar/fastigheter via det mycket mer geografiskt omfattande elnätet

Figur 19: Kommungeografisk energistruktur

### Energianvändningen 2050

Nedan beskrivs de användningsområden där de stora förändringarna förväntas som en konsekvens av det nya energisystemet. Antagandet är att dessa ändringar kan ske utöver den effektivisering och omställning som gjorts för det konventionella scenariot då detta system möjliggör för alternativ energianvändning.

### Samhällsfinansierade aktörers roll

De lokala samhällsfinansierade aktörerna (kommun och landsting) antas ta ett aktivt ansvar för omställningen. Detta innebär bl.a. andra sätt att upphandla energiintensiva verksamheter (t.ex. kollektivtrafik) samt att man går in som aktiv aktör på energiområdet för den kommungeografiska energiförsörjningen. Mer specifikt innebär att detta att man går in som ägare och utvecklare av de gemensamma energinäten för gas- och vattenburna system och som kommersiell mellanhand mellan de som säljer och köper effekt i systemet.

Bedömningen är att detta är en nödvändighet då varken privatpersoner eller näringsidkare vågar investera i nya tekniker om det finns en osäkerhet om dess framtid. Vår uppfattning är därför att en omställning till nya användningsmönster är kraftigt beroende av vilken säkerhet man upplever avseende den teknik och energibärare som erbjuds i det nya systemet.



Antagandet är att de samhällsfinansierade verksamheterna (på kommunal och nationell nivå) går före som användare och utvecklare av det nya energisystemet. När omställningsarbetet är genomfört så är antagandet att denna struktur kan säljas till marknadens aktörer om det finns intresse.

Kommun och landsting investerar i egen regi för att öka den närproducerade och ekologiska livsmedelsproduktionen. Detta sker bl.a. genom att integrera vertikala – vattenbaserade grönsaksodlingar i energi- och avloppsreningsanläggningar.

#### *Energianvändning: fordon och arbetsmaskiner*

Antagandet är att alla nya fordon- och arbetsmaskiner som anskaffas från 2035 har drivlinor som utnyttjar förnyelsebara energibärare (utgörs av el alt. el-bränslecellsfordon/-maskiner ).

För den fossilbränsleberoende fordons- och arbetsmaskinspark som införskaffats före 2035 och som fortfarande är i användning 2050 så kommer ett litet behov av diesel finnas. Denna diesel förväntas att importeras in i energisystemet.

Genom omställningen till 100% bränslecells – batteri drift, där den helt dominerande delen av fordonen drivs med vätgas, så erhålls en avsevärt bättre luftkvalitet och lägre bullernivåer från trafik- och arbetsmaskinsarbete

#### *Markanvändning och lantbruk*

Den aktiva markanvändningen i lantbruket antas öka väsentligt vilket leder till ökat energibehov. Denna ökning förväntas dock inte vara linjär med ökad markanvändning då ett helt annat mer resurseffektivare lantbruk förväntas 2050. De stora skillnaderna i det framtida hållbara lantbruket är att andelen perenna grödor och träd som går att ”skörda” förväntas öka markant. Mer hållbara grödor växtförädlas fram samt mer energieffektivare metoder för lantbruket slår igenom på bred front. Storskaliga lantbruk inriktade på monokulturer förväntas vara mer eller mindre avvecklade 2050.

#### *Energianvändning: bostäder och icke-industriella verksamheter*

Energibärare för komfort (inomhusklimat) i det nätanslutna energisystemet bygger på vattenbaserade system. Energigas som energibärare fram till fastigheter och anläggningar kan i vissa fall vara ett alternativ för omvandling till vattenburen värme inom fastigheten. Småskaliga kraftvärmelösningar kan bli aktuella i dessa fall för produktion av både värme och el.

Energiförsörjning till teknisk utrustning sker företrädesvis via el med en mindre del vattenbaserade lösningar (ex. fjärrvärmedrivna vitvaror, kylanläggningar m.m.).

För att långsiktigt säkra vattenresurserna i kommunen så kommer tillstånden för nya bergvärmeanläggningar och akvifärer inom känsliga områden begränsas betydligt. Detta innebär även att de fastigheter (inom energisystemets verksamhetsområde) som investerat i sådana lösningar kommer att lägga om till det gemensamma energinätet (om man är inom dess område) när anläggningens tekniska livslängd går ut.

#### *Energianvändning: industriella verksamheter*

Antagandet är att all processteknisk industri 2050 som har tillgång till det gemensamma energinätet tar sin insatsenergi från och levererar sin överskottsenergi till det gemensamma energisystemet.

### *Energianvändning: bygg och anläggning*

Antagandet är att alla dieslbaserade krafttaggregat för att generera el till bygg och anläggningsverksamhet är ersatta av vätgasbaserade krafttaggregat.

### *Energianvändning i omvandlingsanläggningar och samhällstekniska nät*

Då andelen lokalt producerad energi ökar markant så ökar även den insatsenergi som behövs. Även om metoder och teknologi utvecklas och spillvärme och andra restprodukter kommer fram i omvandlingsprocesserna så bedöms att den totala lokala energianvändningen öka jämfört med tidigare då fossila bränslen importerades. För samhällsekonomi blir dock effekterna avsevärt mer positiva då handelsbalansen förbättras genom att försörjningsbehovet i högre grad sker lokalt.

### *Energisystemets struktur*

#### *Struktur för tillförsel av energiresurser*

Den grundläggande tanken för tillförsel i detta scenario är att man så långt som möjligt skall utnyttja energiresurser som är tillgängliga inom närområdet och som går att utvinna på ett för samhället mer hållbara sätt jämfört med energiimport.

De största skillnaderna i detta scenario (jämfört med det konventionella) är att:

1. att lokal skogsråvara i avsevärt högre grad än idag används som en resurs i energisystemet
2. spillenergi från verksamheter och hushåll systematiskt tas om hand i energisystemet
3. hållbar lokal markanvändning ökar avsevärt för mat- och energiförsörjning
4. tillförsel av icke förädlade energiresurser (i form av material och i rågas) till omvandlingspunkter i högre grad sker med stöd av gemensamma mer hållbara och fasta strukturer (järnväg, gasnät och andra kulvertbaserade system)
5. samverkan - samarbete med grannkommuner inom länet för tillförsel av biobaserade råvaror är en central del i tillförselsystemet
6. omvandling av solenergi till vätgas sker systematiskt då det finns överskott på el för säsongslagring
7. en omställning till 100% vätgas-bränslecell och batteri drift (där den helt dominerande delen av fordonen drivs med vätgas) genomförts
8. en avsevärt bättre luftkvalitet och lägre bullernivåer från trafik- och arbetsmaskinsarbete erhållits (genom vätgas-bränslecellstekniken)

Import av fasta material kommer i huvudsak till de stora omvandlingsanläggningarna i staden via järnväg. För införsel av råvaror från närliggande områden så kan tillförsel av t.ex. skogsråvara ske med lastbil till någon av tätorternas omvandlingsanläggningar.

Import/export av energigaser kan ske till det gemensamma Mälardalsnätet<sup>193</sup> som förutses att byggas runt 2020.

#### *Struktur för energiomvandling och distribution*

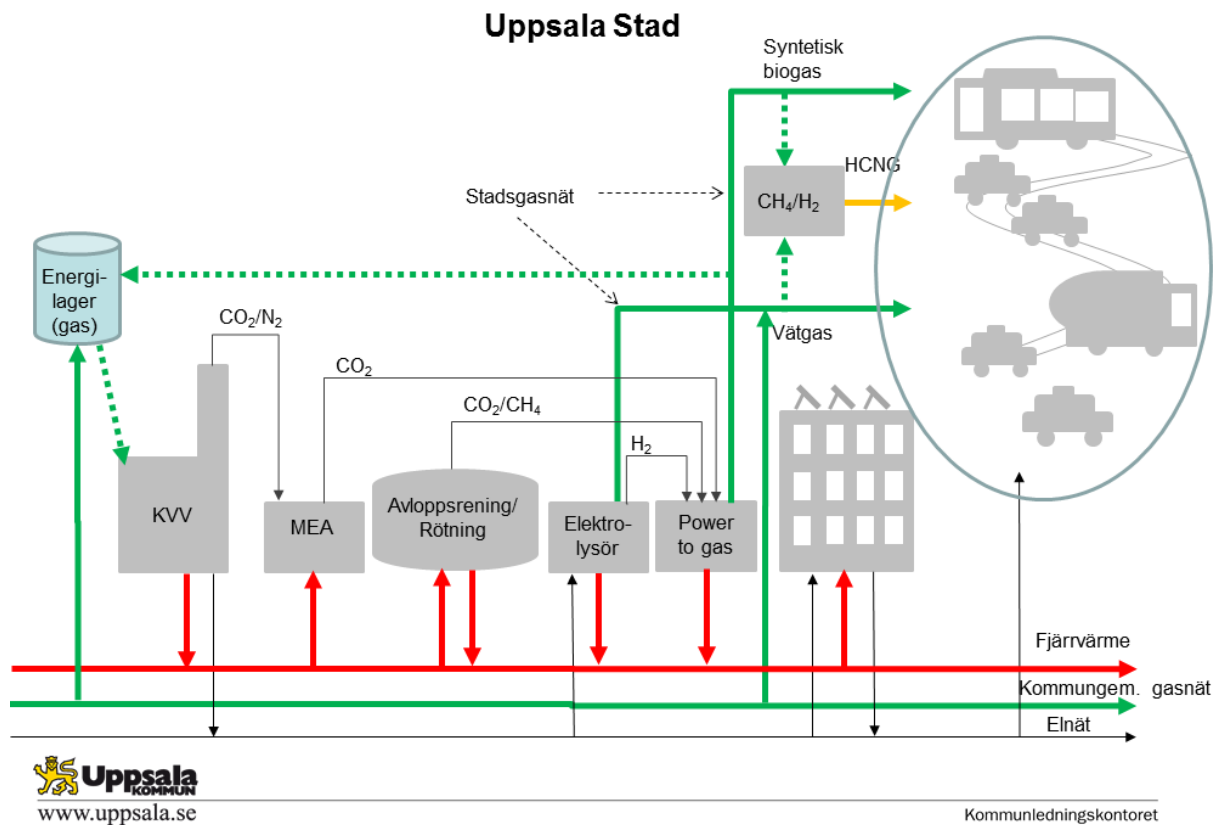
Den grundläggande tanken för omvandling är att man så långt som möjligt, utifrån en given energiråvara, på ett hållbart sätt skall kunna utvinna flera produkter.

<sup>193</sup> <http://www.biogasost.se/>

De största skillnaderna, jämfört med det konventionella scenariot, är att:

1. stor- och medelstor omvandling sker i en medvetet utformad struktur vars utformning ska ge ett mer motståndskraftigt system, högre självförsörjningsgrad och bättre resurshushållning.
2. gemensamma anläggningar för omvandling till flera produkter (fasta material, produkter för återföring i kretsloppet, nya energibärare m.m.) etableras i samverkan mellan energianvändare inom näringslivet, offentliga aktörer och energibolag.
3. omvandlingsanläggningar för förgasning från biomassa (framförallt skogsråvara) till biometan etableras vid flera tätorter inom kommunen i s.k. "kraftvärmereningsverk".
4. reformeringsanläggningar från metan till vätgas, fast kol och värme etableras där större tankbehov finns.
5. transporter av energibärare och resurser för tillförsel sker i avsevärt lägre omfattning då mycket av de tidigare fordonsbaserade transporterna sker genom det gemensamma ledningsnätet
6. fordonen baseras på bränslecellsbaseade drivlinor jämfört med det konventionella scenariot som till viss del fortfarande använder förbränningsmotorer
7. återföring av restprodukter (från omvandlingsprocessen) i ett system för hållbar återvinning ingår som en viktig del i omvandlingsstrukturen
8. spillvärme från omvandlingsanläggningar utnyttjas antingen för komfortvärme/kyla och/eller för förnyelsebar matproduktion
9. småskalig energiomvandling (i bostäder, lokaler och anläggningar) genom direkt förbränning och bergvärmelösningar sker i avsevärt lägre omfattning
10. energisystemet som kombinerar konventionell och ny teknik i ett nytt systemtänk som även möjliggör för miljö- och energiteknikbolagens utveckling
11. systemet genererar ökad sysselsättning genom att verksamhet för tillförsel och omvandling i avsevärt högre grad sker inom kommunen

## Stadens struktur för omvandling och distribution



Figur 20: Stadens energisystemstruktur

## Storskaliga anläggningar:

Följande "produkter" förväntas från omvandlingsprocessen:

1. Värme och Kyla
2. Biodrivmedel (flytande)
3. Energigas (bio- och vätgas)
4. Fasta material (företrädesvis jordförbättringsprodukter)
5. El
6. Ånga

De stora omvandlingsanläggningarna i staden utgörs av A) Bolandsområdet (för produkterna 1-6 ovan), B) Kungsängens gård (för produkterna 1 och 3-4 ovan) och C) Husbyborg (för produkterna 1-6 ovan).

## Småskaliga anläggningar:

"Energinoder" i respektive stadsdel med följande funktioner:

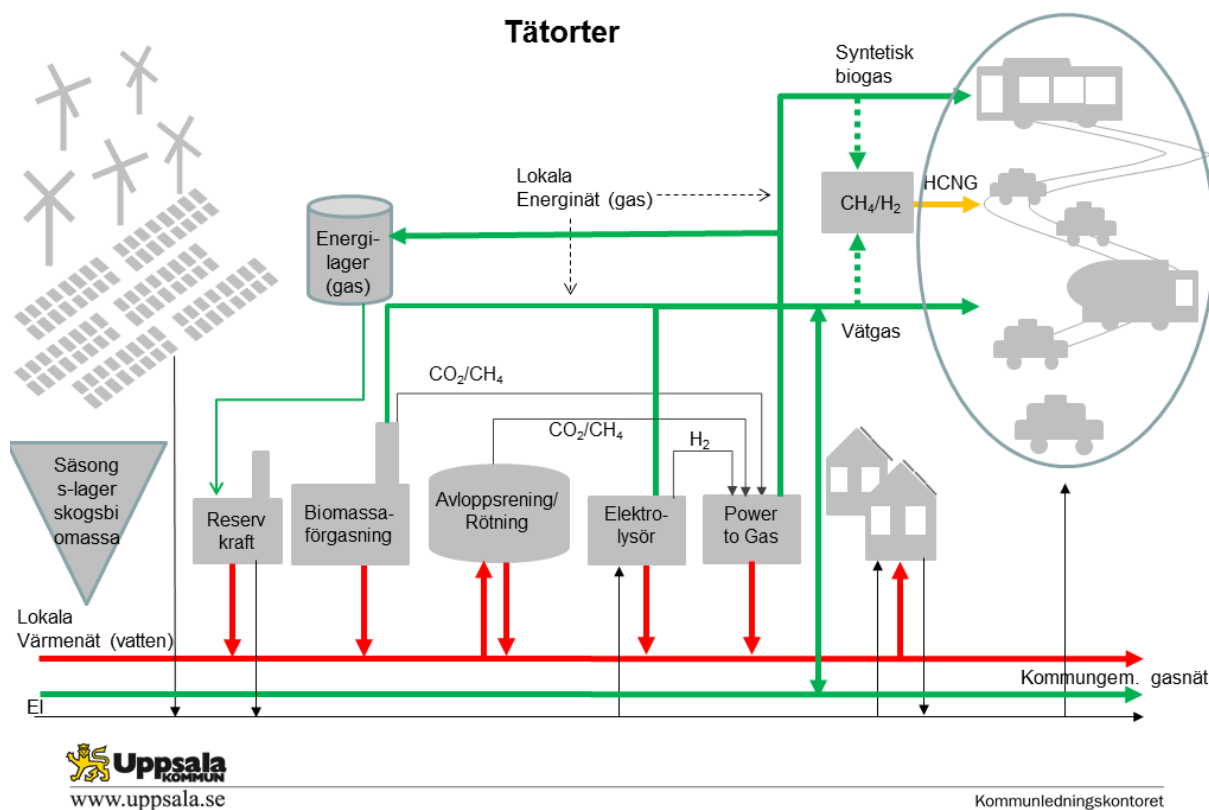
1. Uppgradering/växling av värme–kyla vattenburna system
2. Omvandling förnyelsebart (sol ev. vind) – El till "energilagret" (gasnätet)
3. "Gas-/El-mack"

Dessa stadsdelsenerginoder kan med fördel samlokaliseras med de "kretsloppsparkar" (för hantering av avfall, återvinning och återbruk) som ses som en del av det framtida avfallssystemet<sup>194</sup>.

Noderna fungerar även som reservkraft – backup för de stora omvandlingsanläggningarna i systemet.

"Noden" bör utformas så att den blir en mötesplats där man försöker organisera annan verksamhet med medborgarmedverkan.

### Tätorternas struktur för omvandling och distribution



Figur 21: Tätorterna energisystemstruktur

I tätorterna så förutses endast en "energinod" där följande "produkter" tillhandahålls:

1. Värme
2. Energigas

<sup>194</sup> ÖP-Underlagsutredning "Avfall 2050", Uppsala Vatten 2014

3. Returprodukter från omvandlingsprocessen (företrädesvis jordförbättringsprodukter)
4. El
5. Uppgradering/växling av värme–kyla vattenburna system
6. Omvandling förnyelsebart (sol ev. vind) – El till ”energilagret” (gasnätet)
7. ”Gas-/El-mack”

Energigasnätet kan under vissa förutsättningar i tätorterna även fungera som nät för värmeförsörjning. Exempel när denna lösning kan vara att föredra är där det finns ett behov av överföring av biogas från t.ex. större lantbruk till omvandlingsanläggningen då kan man med fördel ansluta närliggande bostäder till denna gasledning.

Denna energinod kan med fördel samlokaliseras med reningsverken i tätorten. Detta exkluderar tätorter österut efter länsväg 282 mot Almunge. Dessa saknar numera egna reningsverk då vattenförsörjning och rening av avloppsvatten sker vid Kungsängsverket i Uppsala.

Vi ser att det finns stora synergier mellan energiomvandlingsanläggningar och reningsverk och på sikt bör man utreda möjligheterna till ”kraftvärmereningsverk” där man kan använda vattenflödena som en resurs när vi energiomvandlar från biomassa och avloppsvatten till värme, el, vätgas m.m.

#### **Struktur för omvandling och distribution inom förtätad bebyggelse utanför planlagda områden**

Förutom att befolkningsexpansionen sker genom förtätning i staden och tätorterna samt att nya planlagda områden bebyggs så förväntas fritidshusområden i ökad grad omvandlas till permanenta boenden.

Detta leder till att problemen med miljöbelastningen från enskilda anläggningar för vatten och avlopp förväntas öka dramatiskt.

Med anledning av detta så utvecklas i områden med ett större antal permanentboenden (t.ex. samfälligheter) ett nytt småskaligt system för VA, Avfall och Energi som bygger på en ”samhällsteknisk nod”.

Denna nod innehåller ett återvinningsrum (inga sopkärl vid tomtgräns utan de lämnas av fastighetsägaren vid ”noden”), småskaligt reningsverk, brev/postlåda samt en mindre energiomvandlingsanläggning. Noden upprätthåller även viktig funktion för leverans av avbrottsfri kraft. Även om elnätet stärks successivt så ser vi att behovet för avbrottsfri kraft på landsbygden kommer att kvarstå inte minst i skenet av att klimatet förändras och antalet svåra oväder ökar.

#### **Struktur för energidistribution**

Grundprincipen för strukturen i energidistribution är att den skall möjliggöra för överföring av energi m.h.a. flera olika media. Distributionsnätets utformning möjliggör till att energi kan distribueras på sådant sätt att överskottsenergi kan utnyttjas där det behövs oavsett vid vilken anslutningspunkt behovet uppstår.

För energidistribution så är förslaget att bygga ett gemensamt kulvertsystem som tillgodoser flera samhällstekniska försörjningsbehov genom samma infrastruktur.

Med detta system samlas i staden samtliga ledningar – el, fiber, fjärrvärme, avlopp, vatten och ev. sopsug i en stor kulvert. Det enda som ligger utanför är dagvattenledningarna.

Exempel på multikulvertsystem från Linköping<sup>195</sup>:



För rördragning mellan staden och tätorterna kan alternativa lösningar bli aktuella av kostnadsskäl men ambitionen är att så långt som möjligt samordna näten för att minska investeringar och kostnader. Möjligheterna att på ett enkelt sätt kunna uppgradera fibertekniska nät ses som viktigt då vi bedömer att teknikutvecklingen går fort inom detta område varför näten kan behöva uppgraderas avsevärt oftare än vad VA- och energinäten behöver.

En ytterligare positiv effekt av denna lösning är att den möjliggör för nätdragning till de produktionstekniska styrsystem (s.k. SCADA-system) som är viktiga för den tekniska styrningen av såväl nät som de tekniska anläggningarna. Dessa system är så samhällsviktiga så att användandet av öppna datanät kan utgöra en risk varför egna nät kan vara att föredra.

#### *Struktur för Distribution av energi: Media vatten*

Målstrukturen innebär att två vattenburna nätsystem (för värme och kyla) fortsätter att utvecklas i staden. För nätet mellan staden och tätorterna så byggs endast ett nätsystem för värmedistribution. Nätet mellan tätorterna och staden byggs vid "stråk". Utefter dessa stråk så föreslås ny bebyggelse och en förstärkt trafikinfrastruktur(ex. elektrifiering för mobilitet och "cykelleder") etableras där man utnyttja nätet för t.ex. belysning, värme till isfria cykelvägar m.m. De yttre näten i tätorternas värmebehov försörjs med lågtempererade nät medan stadsnätets fjärrvärmenät behåller sin nuvarande struktur med högtempererat nät. För utbyggnad av nya stadsdelar, där nya energinoder etableras, så kan även lågtempererade nätlösningar inom staden bli aktuella. Tanken med energinoderna är att dessa till en viss del skall kunna försörja "sin stadsdel" vid ev. större störningar i energiförsörjningen. Energiförbehovet för cirkulation av vatten via pumpar bedöms öka. Genom att de olika vattenbaserade näten dras tillsammans ses möjligheter att kunna utnyttja synergier när det gäller pumptekniska lösningar mellan VA- och energinäten.

<sup>195</sup> <http://www.tekniskaverken.se/om-oss/vallastaden/index.xml>

#### *Distribution av energi: Media gas*

Målstrukturen innebär att ett integrerat gasnät byggs ut enligt samma struktur som det vattenbaserade nätet till vilken samtliga gasomvandlingsanläggningar och uttagpunkter ansluts.

Uttagpunkterna utgörs företrädesvis av "gasmackar" för fordonsbehov men även för energianvändning i industriella processer, för uppvärmning eller för uppgradering<sup>196</sup>.

#### *Distribution av energi: El*

Eldistributionsnätets anslutningspunkter behöver i framtiden i högre grad kunna vara anpassat för varierande grad av effekttillförsel då antagandet är att det kommer finnas allt fler omvandlingsanläggningar på landsbygden (till största del solcellsparkar).

Behovet av mobila enheter för elgenerering ses öka markant i framtiden givet att arbetsmaskiner i mycket högre grad kommer vara eldrivna. Mobila vätgasbaserade bränslecellsenheter ses som den tekniska lösningen för att möta detta energi-/effektbehov.

Stationära lösningar för el-reservkraft förväntas att ändras från dagens dieslbaserade system till vätgasbaserade bränslecellssystem.

#### **Sårbarhet och redundans**

Genom en ökad närproduktion av energi så bedöms sårbarheten för eventuella bortfall av energiimport minska. Risker för utebliven energidistribution vid större oväder och dylikt bedöms minska då energiflöden i avsevärt högre grad går i kulvertbaserade system jämfört med lastbilsbaserade system.

Då det kommer att finnas flera energibärare (energigas, el och vattenburen energi) som kan användas för flera syften (bränsle, värme, kyla) så bedöms att en högre grad av redundans uppnås.

För att undvika att det kulvertbaserade nätet kan bli sårbart (då all energidistribution mellan stad och dess omliggande tätorter går i gemenensamma kulvertar) så sammankopplas tätorternas nät i en yttre ring för energigas. Till denna yttre ring kan lantbruk och även mindre samhällen med fördel anslutas för tillförsel såväl som uttag av energigas.

Vid ett eventuellt brott i ledningsnät mellan stad och tätort så kan energi för uppvärmning med gas som energibärare användas i systemet för att balansera eventuell effektbrist. Detta innebär att energiomvandling från gas till vattenburen värme vid de storskaliga omvandlingsanläggningarna.

#### **Energiaktörer 2050**

Jämfört med scenario 1 som bygger på att aktörsrollerna är i princip oförändrade jämfört med dagens situation så bygger detta scenario på relativt stora förändringar bland de aktörer som är involverade i energisystemet.

Den kommunala organisationen alt. den aktör som arbetar på kommunens uppdrag har ansvar för samtliga samhällstekniska nätsystem. I energisammanhanget innebär det nätansvar för energigas-

<sup>196</sup> Från lågvärdig metangas ("rågas") till fordonsgas alt. från metangas till vätgas



och vattenbaserade nät medan elnätansvaret förväntas ligga kvar på marknadens aktörer inom elbranschen.

Det kommunala samordningsansvaret ligger på att samordna distributionen för samtliga samhällstekniska system (Energi-, VA- och Avfall-Återvinningssystemen) baserat på en gemensam infrastruktur.

Produktansvariga - förädlingsprodukter: Med detta avses det kommersiella ansvaret för att affärsmässigt ta ansvar för de fysiska icke-energielaterade produkter som kommer fram i omvandlingsprocessen i det gemensamma systemet. Exempel på produkter kan vara biokol, gödsel m.m.

Följande viktiga aktörsroller ser vi för drift och förvaltning av energinätet<sup>197</sup>:

Balansansvarig Den som ingått avtal om balansansvar med systembalansansvarig. Tar på sig att ansvara för att se till att balans hålls mellan tillförd och uttagen energi för de punkter ansvaret omfattar.

Energianvändare Kan vara näringsidkare eller konsument (privatperson).

Energileverantör Köper och säljer energi samt levererar till användaren. Köper energi vid en inmatningspunkt och säljer vid en uttagpunkt. Kommunen alt. aktör på kommunens uppdrag innehar denna roll.

Energiproducent Aktör som producerar energi och säljer till energileverantören.

Nätägare äger nätet och ansvarar för att energi transporteras genom nätet från producent till användare. Nätägaren ansvarar för mätning och rapportering av energimängder i inmatnings- och uttagpunkter. Kommunen alt. aktör på kommunens uppdrag innehar denna roll.

Systembalansansvarig är ansvarig för den övergripande balansen mellan inmatning och uttag och skall därmed se till att åtgärder görs vid obalanser. Kommunen alt. aktör på kommunens uppdrag innehar denna roll.

### Viktiga händelser 2015-2050

Givet det nuvarande energisystemets utformning finns ett antal mycket viktiga händelser som vi bedömer kommer påverka hur systemet ser ut 2050.

De händelser som beskrivs nedan består av sådana som redan finns i planer men även de nödvändiga (som vi exemplifierat som fiktiva händelser nedan).

### 2015 Q2: Kontraktstecknande för Uppsalas nya kraftvärmeverk<sup>198</sup>

Datum för kontraktteckning enligt tidsplan för det nya planerade kraftvärmeverket Carpe Futurum.

<sup>197</sup> Förslaget utvecklade från modell beskrivande i utredning kring biogasnät i Mälardalen (Biogas Öst):

<http://www.biomil.se/en/news.html?file=files/biomil/publikationer/SGC300.pdf>

<sup>198</sup> Uppsalas nya kraftvärmeverk, Anders Agebro, Vattenfall (nov 2013)

***2015: EIB lån för finansiering av en förbättrad infrastruktur***

Europeiska investeringsbankens (EIB) tecknade ett långfristigt låneavtal på 1,8 miljarder kronor (cirka 200 miljoner euro) med Uppsala för att finansiera förbättrad infrastruktur i kommunen.

Med denna finansiering som grund så börjar nu utvecklingen av det nya multikulvertbaserade tekniska nätverket byggas ut. Detta arbete kommer att fortlöpa under en 30 årsperiod fram till 2045.

***2016: Avsiktsförklaring mellan länets kommuner och Landstinget Uppsala Län (fiktiv händelse)***

På Uppsala slott samlas länsstyrelsen, länets kommuner och landstinget för att skriva på den gemensamma avsiktsförklaringen till att etablera ett gemensamt samhällsteknisk bolag (Upplands Samhällsteknik AB) för att förvalta och långsiktigt utveckla den samhällstekniska infrastrukturen för transporter-logistik, ICT, VA, Avfall och Energi.

***2016: Uppsalas första vätgasmack öppnas (fiktiv händelse)***

Den första vätgasmacken med tillhörande elektrolysoranläggning och integration till fjärrvärmenätet (för spillvärmeåtervinning) invigs. Detta år tas även den första vätgastraktorn i drift i lantbruket.

***2018: Upplands samhällsteknik AB (USTAB) bildas och avtal tecknas med lokala energibolag (fiktiv händelse)***

Länets kommuner bildar tillsammans med Landstinget i Uppsala Län Upplands Samhällsteknik AB. Detta innebär att kommunernas befintliga verksamheter inom energi, VA- och Avfall flyttas in i detta nya gemensamma bolag. Under detta år tecknas även långsiktiga samarbetsavtal med lokala energibolag och andra aktörer för lokal – regional tillförsel av biomassa för rötning och förgasning.

***2019: Nationella kärnkrafts-utvecklingsprogrammet (NKAP-2050) startar (fiktiv händelse)***

Nationella kärnkrafts-utvecklingsprogrammet innebär en satsning på ett antal nationella anläggningar för elproduktion där det utifrån ett ekosystemperspektiv finns mycket goda förutsättningar för förnyelsebar nationell elproduktion. På regional-kommunal nivå så innebär NKAP-2050 en ökad satsning på lokal kraftvärmeproduktion baserat på materiel och vattenkretsloppen samt från mikroproduktion (företrädesvis sol och vind).

***2019: Uppsalas och Knivstas fjärrvärmenät sammankopplas (fiktiv händelse)***

USTAB's VD tillsammans med styrelseordförandena i Uppsala och Knivsta inviger sammankopplingen mellan de två fjärrvärmenäten vilket ses ge möjlighet att balansera effekt och behov för fjärrvärme och kyla i systemet.

***2020: Uppsalas och Storvretas fjärrvärmenät sammankopplas samt förgasningsanläggning invigs (fiktiv händelse)***

USTAB's VD tillsammans med styrelseordförandena i Uppsala inviger den nya förgasningsanläggningen i Storvreta samt sammankopplingen mellan de två fjärrvärmenäten.

***2020: Ny upphandlingsmodell för kollektivtrafik och första vätgasdrivna länsbussen***

För att kunna säkerställa en omställning till ett nytt energisystem för kollektivtrafiken så gör huvudmannen (USTAB) en långsiktig investering i egen fordonsflotta för länstrafiken och upphandlar tjänsterna för att driva trafiken. Den första vätgasdrivna länsbussen tas i drift detta år och omställningen till en el-batteri-vätgas baserad fordonsflotta görs successivt under en 10-års period till 2030.

**2021: Energigasnät Uppsala kommun invigs (fiktiv händelse)**

Den gemensamma "gasringen" som sammankopplar tätorterna med staden invigs av USTABS VD, Landshövdingen och Näringsministern. Detta gasnät sammankopplas efter några månaders provdrift med Mälardalens Energigasnät.

**2023: Vätgasbilar > 50% (fiktiv händelse)**

Detta år är för första gången vätgasbilarna i majoritet av nybilsförsäljningen i Uppsala kommun.

**2025: Nytt "Kraftvärmereningverk" i Björklinge invigs (fiktiv händelse)**

USTAB's VD inviger den nya omvandlingsanläggningen i Björklinge, som byggts på VA-reningsverkets tomt, samt sammankopplingen mellan tätorts nätet och Uppsala stads fjärrvärmnät.

**2030: Utfasning av värmepannor på kraftvärmeverket**

Avfallsförbränningspannorna i block 1 och block 4 går ur sin tekniska livslängd 2030 och tidigare levererat en årlig energi på ca. 500 GWh. Genom uppbyggnaden av ett integrerat fjärrvärmnät där effekt levereras från tätorternas omvandlingsanläggningar i kombination med energieffektivisering i fastigheter och bostäder så behöver inte denna anläggning ersättas.

**2035: Sista fossilbränslebilen säljs (fiktiv händelse)**

Detta år är det sista som en fossilbränsle driven bil säljs i Uppsala. Samma år uppgår vätgasdrivna (bränslecells-batteri) för 90% av nybilsförsäljningen. Bilanvändningen går detta år ned till 15 bilar per 100 invånare i Uppsala kommun vilket kan jämföras med 38 bilar 2015.-

## Jämförelse mellan scenarioalternativen

**Ekonomi – marknad- aktörer****Scenario 1: Fortsatt utveckling av "nuvarande energisystem"**

Då utgångspunkten i detta scenario är att marknaden och dagens politik till stora delar kommer att gälla även 2050 så bedöms aktörsstrukturen vara relativt lika jämfört med dagens situation.

Inkrementella investeringar utgående från det historiska systemet och de olika aktörernas egna affärs-/särintressen är styrande vilket resulterar i ett bevarande av den historiska strukturen.

En större skillnad jämfört med dagens system är att enskilda hushåll och verksamheter bedöms i ökande omfattning införa egna energisystem för att i högre grad vara självförsörjande. Denna utveckling bedöms gynna produkt- och teknikkonsultaktörer för småskaliga energilösningar.

Investeringarna för de stora energibolagen (som tillhandahåller storskaliga energiomvandlings- och distributionslösningar) bedöms ligga i nivå med dagens situation. Inga större tröskleffekter förutses. Investeringarna för enskilda hushåll och verksamheter bedöms dock öka då man i allt högre grad lämnar gemensamma energilösningar till förmån för egna mikroproduktionsanläggningar.

Lönsamheten för aktörer som driver lokala storskaliga energiomvandlingsanläggningar för framförallt värmeproduktion bedöms gå ned då nyproduktion av fastigheter och anläggningar i har allt lägre tillförselbehov av värmeenergi. Detta i kombination med att fastighets- och anläggningsägare i högre grad producerar egen energi kan på sikt leda till avveckling/nedläggning av omvandlingsanläggningar för värmedistribution i fjärr- och närvärmenät.

För Uppsalas del så kan en sådan utveckling leda till att kommunen blir tvungen till att ta över ägandet av fjärrvärmenätet och energiomvandlingsanläggningarna.

Den samhällstekniska försörjningen förväntas även framåt vara mycket transportintensiv med lokala tunga lastbilstransporter av insatsmaterial och restprodukter.

Graden av samarbete mellan de olika samhällstekniska aktörerna inom energi, VA och avfall förväntas vara som idag dvs. låg.

#### Scenario 2: Bortom det konventionella

I detta scenario är att utgångspunkten att marknaden och dagens politik kommer att förändras samt att aktörsstrukturen ändras radikalt genom att ett gemensamt samhällstekniskt bolag (Upplands Samhällsteknik AB (USTAB)) bildas. Skälet till att göra en sådan stor omställning på aktörssidan är att det bedöms vara det enda sättet att få till en sådan stor förändring som detta scenario innebär. Marknaden kan inte själva genomföra en förändring på denna nivå. Ett helt eller delvis av kommunen ägt bolag tar ägaransvaret för de tekniska försörjningsnäten ev. i samarbete med grannkommunerna inom länet. I detta ansvar ligger även att hantera taxor och användning av samtliga tekniska försörjningstjänster som erhålls genom denna gemensamma struktur.

Övergången till en ny struktur bedöms behöva genomföras under en tidsperiod på 20-30 år för att kunna hanteras inom ramarna för vad samhällsekonomin tillåter. För att tillståndsmålen skall kunna nås till 2050 bedöms därför att omstruktureringen bör inledas senast 2020.

Under denna övergångsperiod är bedömningen att begränsningar rörande marknadsekonomiska villkor måste gälla för att en omställning skall kunna lyckas. Exempel på åtgärder som ses nödvändiga är att fastigheter och anläggningar som byggs i nyexploaterade områden erhåller fasta kostnader för samtliga tekniska försörjningssystem ("nätagifter" för Energi, VA och Avfall) oavsett om man avser att utnyttja dessa eller ej.

Det finns ett antal stora investeringar som ligger planerade under planperioden vilka har avgörande betydelse för en framgångsrik övergång till ett nytt energisystem. Dessa stora investeringar handlar bl.a. om nyinvesteringar planerade för kraftvärmeproduktionen i Uppsala men även de investeringar-upphandlingar som planeras för den kollektiva persontrafiken.

Spillenergi bedöms utgöra en avsevärt större del av energitillförseln jämfört med dagens situation. Direktiv riktat mot näringsidkare med stor energianvändning att de skall ta ansvar för att spillenergi används i samhället bedöms leda till att spillenergimarknaden kommer att utvecklas snabbt. Då Uppsala har ett integrerat energisystem så kan konkreta krav införas för att spillenergin skall tas om hand i det gemensamma systemet i de fall den inte kan utnyttjas i den enskilda anläggningen.

Bedömningen är att det kommer att skapas en spillenergimarknad där kommunala och regionala aktörer agerar mäklare för att köpa och sälja energi i öppna och integrerade energisystem.

Multifunktionella omvandlingslösningar kommer att bygga på att aktörer inom näringsliv och offentlig verksamhet samverkar vilket t.ex. kan innebära anläggningar som ägs och drivs av samägda bolag.

Utbyggnad av multifunktionella ledningsnät ("multikulvertar") för teknisk försörjning kommer att kräva stora investeringar och kommer att kräva en hög grad av samordning och planering kopplat till succesiv nybyggnation på landsbygd och tätorter. De långsiktiga underhållskostnaderna förväntas dock gå ned drastiskt genom denna infrastruktur.

#### *Räkneexempel med lokal bränsleproduktion med förgasning och elektrolys*

För bedömning av skillnaderna mellan de två scenarierna så simuleras att personbilsflottans drivmedel (i scenario 1) ersatts med lokalt producerade biodrivmedel som framställts genom förgasning och elektrolys i form av biogas och vätgas samt även el (som antas vara nordisk elmix).

2011 bestod fordonsflottan av 76 643 personbilar i Uppsala kommun. Av dessa var 59 015 bensinbilar, 12 800 dieslbilar och 4 828 fordon var av annan typ. Dessa antas vara dieselfordon vilket resulterar i 17 628 dieslbilar 2011.

Fordonen antas i denna jämförelse ersättas med 40 000 biogasfordon, 20 000 vätgasfordon och 16 643 elbilar. Ingen hänsyn är tagen till energibehovet för att utvinna och transportera skogsråvaror till förgasningsanläggningen eller energin för distribution av gasen. Vätgasen antas vara framställd med elektrolys och biogasen med förgasning.

För att producera den gas och el som behövs för dessa fordon så krävs en insatsenergi enligt följande:

- 572 GWh råvaruenergi i form av Stubbar, GROT och salix och andra träbränslen
- 16 GWh el behövs till förgasningsanläggningen
- 38 GWh el för gashantering vid produktion av 383 GWh biogas och 132 GWh värme.
- 131 GWh el till krävs till elektrolysen
- 24 GWh el krävs för hantering av 82 GWh vätgas och 36 GWh värme.
- 48 GWh el behövs för laddning av elfordon.

Elbehovet för gashantering är ett estimat som avser energibehovet för komprimering av gasen.

Totalt 168 GWh värme återanvänds och skjuts in fjärrvärmenätet, som leder minskad mängd avfallsförbränning vilket reducerar växthusgasutsläppen med 22 500 ton CO<sub>2</sub><sup>199</sup>.

#### *Strukturpåverkan och dimensionering*

Detta avsnitt analyseras de olika scenariornas på- och samverkan med övrig rumslig struktur.

Följande strukturalternativ är framtagna inom översiktsplaneringen och kommer att refereras till senare i texten:

##### "SPRAWL"

Dagens urbaniseringstrend fortsätter. Staden förtätas och innerstadsliknande miljöer skapas i allt större delar av staden, särskilt runt de kärnor som utvecklas. Det möjliggör relativt stora volymer bostäder och lokaler. Utanför staden fortsätter trenden med

<sup>199</sup> Baserat på en emissionsfaktor på 0,134 kg CO<sub>2e</sub>./kWh för brännbart avfall.

efterfrågan på markboende i stadens närhet. Delvis beroende på att markkostnaderna i staden ökar vilket gör småhusboende svårt där. Även i övriga kommunen tillkommer bebyggelsegrupper men i mindre utsträckning.

Det är dock inte en helt ostyrd lokalisering, utan den koncentreras i bebyggelsegrupper. Teknologiska framsteg innebär att gemensamhetsanläggningar via samfälligheter även långsiktigt kan hantera avfall och energiförsörjning på ett hållbart sätt.

I övriga kommunen tillkommer bebyggelse enligt efterfrågan och inom de kapacitetsramar som tekniska försörjningssystem och transportinfrastruktur ger.

#### Växla över stadstillväxt till stationsorter

En större del av befolkningstillväxten tillkommer stationsorter utanför Uppsala stad. Det är ett aktivt val från kommunens sida. Dels som ett svar på en, för många, alltför hög täthet i många delar av staden, dels för att skapa hållbar utveckling i stationsorter. Genom nya stationslägen i Vänge och Järlåsa samt en utveckling av stationsnära bebyggelse i övriga stationsorter skapas förutsättningar för ett bostadsbyggande med förbättrad tillgänglighet i dessa orter. Förslaget innebär att investeringar i transportinfrastruktur fördelas till stationslägen samt Ostkustbanan och Dalabanan. Alternativet innebär fortfarande behov av en kapacitetsstark kollektivtrafik i Uppsala stad, men behovet av spårburen kollektivtrafik i staden senareläggs. Även behovet av ett stationsläge i Uppsala södra senareläggs. Delvis beroende av att satsningar i statlig infrastruktur koncentreras till Ostkustbanan och Dalabanan. Dock förutsätts kapaciteten på Ostkustbanan även söderut att byggas ut

I övriga kommunen tillkommer bebyggelse enligt efterfrågan och inom de kapacitetsramar som tekniska försörjningssystem och transportinfrastruktur ger.

#### Stad + Stråk

Förslaget innebär en något lägre tillväxt i staden. Dock fortfarande en flerkärnig utveckling där med spårburen kollektivtrafik, men utan ett stationsläge i Uppsala södra. Spårburen kollektivtrafik kan senareläggas något.

Småhusbebyggelse lokaliseras längs de större statliga vägarna in mot Uppsala. Samfälligheter för vägar, VA och energi. Alternativet kräver investeringar i statlig transportinfrastruktur längs de radiella vägarna.

För Almungestråket hålls möjligheten öppen för en större utbyggnad runt spårburen trafik. Det innebär fokus på några stationsorter.

I övriga kommunen tillkommer bebyggelse enligt efterfrågan och inom de kapacitetsramar som tekniska försörjningssystem och transportinfrastruktur ger.

#### Attraktiva landskap: Mälarstranden och sydlig tyngdpunkt i staden

Alternativet innebär en kanalisering av stadens tillväxt till södra delarna av staden samt till Mälarstranden med manifesterat höga attraktivitetsvärden. Bl a genom höga fastighetspriser.

I staden byggs inte den norra delen av "åttan"<sup>200</sup> och därtill hörande bostads- och lokalbyggnad. Övriga volymer fördelas till Mälarstranden. Längs Mälarstranden lokaliseras volymer för att kunna motivera konkurrenskraftig kollektivtrafik, i förlängningen möjligen spårburen. Alternativet förutsätter en koppling till Uppsala södra. Uppsala södra krävs också för att kunna omfördela resande från Uppsala resecentrum.

I övriga kommunen tillkommer bebyggelse enligt efterfrågan och inom de kapacitetsramar som tekniska försörjningssystem och transportinfrastruktur ger.

#### Monocentrisk cykelstad – flerkärnig kommun

Alternativet innebär att staden byggs tydligare med gång och cykel som huvudsakligt transportalternativ. Det innebär en intensifierad markanvändning med högre exploatering på upp till fyra-fem kilometer från centrum. Förslaget förutsätter att gång- och cykel tar marknadsandelar från kollektivtrafik och framför allt från bilen. Kollektivtrafiksystemet moderniseras men utan spårburen trafik. Små investeringar i tung transportinfrastruktur. Runt ett nytt stationsläge i Uppsala södra byggs en stationsort bygd för gång och cykel.

Utanför staden kanaliseras tillväxten till ett antal orter dit också kommunala investeringar lokaliseras.

#### Flerkärnig stad – fåkärnig kollektivtrafikkommun

En fortsatt stark urbanisering ger något högre andel för stadens tillväxt jämfört med övriga kommunen. Genom kapacitetsstark kollektivtrafik och investeringar i strategisk infrastruktur skapas ytterligare kärnor i staden, förutom innerstaden. I övriga kommunen fokuseras investeringar till några stationsorter.

I övriga kommunen tillkommer bebyggelse enligt efterfrågan och inom de kapacitetsramar som tekniska försörjningssystem och transportinfrastruktur ger.

#### Flerkärnig stad + tillgängliga motorvägslägen

Fördelningen mellan stad och övrig kommun är ungefär densamma men tillväxten koncentreras till den östra stadsnära delen eftersom någon utbyggnad av kapaciteten längs Ostkustbanan inte tillkommer. I stället utnyttjas genomförda investeringar i transportinfrastruktur. Utbyggnad sker i lägen med hög tillgänglighet längs E4. En

<sup>200</sup> Avser det föreslagna stråket för spårvägar som dras i en "åtta"

högre kollektivtrafikandel kräver utbyggnad i motorvägsbusstrafik. Möjligen kan spårburen trafik tillkomma också till Gunsta.

#### Scenario 1: Fortsatt utveckling av "nuvarande energisystem"

##### *Markanvändning*

När det gäller markanvändning för tillförsel från lantbruket ses inga stora förändringar jämfört med dagens situation.

Behovet av ytor i staden företrädesvis Boländerna och även i Librobäck förväntas öka då den oförädlade biomassa som kommer att användas i framtiden är avsevärt mer ytkrävande jämfört med dagens bränslen (torv, brännbart avfall och olja).

Behovet för de stora omvandlingsanläggningarna och vattenburna näten i Uppsala:

Kraftvärmeverket i Boländerna (nav för kraftvärmeproduktion, ånga och kyla):

- Vid planering i Boländerna måste hänsyn tas till att både GE och Vattenfall Värme är så kallade Seveso-anläggningar där det finns risk för storskaliga bränder etc. Detta behöver tas hänsyn till vid planering av bilvägar, cykelvägar, tillkommande verksamheter etc.
- Ersättning för de gamla avfallsblocken ca 2030 görs med fördel inom Boländerna p.g.a. befintlig infrastruktur på plats. Nya pannor med tillhörande bränsleberedning och reningsutrustning etc. som byggs för att ersätta gamla enheter tar ny plats i anspråk eftersom de gamla enheterna behöver hållas i drift fram till dess den nya är i full drift. Frigjorda ytor från gamla avvecklade enheter finns inuti kv. Brännugnen och är därmed inte tillgängliga för annan verksamhet.
- Tillkommande lagrings- och bearbetningsutrymmen för fasta och flytande bränslen kan behövas i anslutning till produktionsanläggningarna.
- Ytor kan komma att behövas för bearbetning av askor, t ex siktning och lagring/karbonatisering etc.
- För godstransport (bränsle) på järnväg: nuvarande industrispår måste bevaras, bangård som rymmer godshantering och har bättre möjligheter för rangering samt ökad spårkapacitet för godstransport framförallt söderut där de största begränsningarna finns idag.
- Markutrymme för konventionella hetvattenackumulatorer kan behövas för värme och motsvarande för kyla (korttidslager), men bör kunna rymmas inom Vattenfalls befintliga fastigheter.
- Nya dagvattenmagasin för Kv. Brännugnen i Boländerna kan behöva förläggas utanför Vattenfalls befintliga fastighet, eftersom den stora mängden rörledning i marken inom fastigheten gör det svårt att få plats med underjordsmagasin av tillräcklig storlek.

Husbyborg (lokalisering för topplast och eventuell framtida produktion av kyla):

- När de nuvarande pannorna behöver ersättas, kan de ytor användas som distributionsverksamheten utnyttjar idag som lager. Detta innebär att denna lageryta kan behöva omlokaliseras.
- Det finns planer på nybyggnationer väldigt nära Husbygorgsverket vilket kan påverka möjligheterna till att behålla området som energinod.

Kungsängen:

- Värmepumpen fortsatt viktig för spillvärmeåtervinning från reningsverket och produktion av kyla.

Fjärrvärmenät:



- Fjärrvärme- och kylanätet fortsätter att expandera och förtätas i Uppsala stad vilket kräver ökade ytor under mark. För fjärrkyla- och fjärrvärmenätens expansion kan mindre pumpstationer behöva planeras in. Yta kan behöva reserveras för kulvert och/eller lokal produktionsanläggning vid Fullerö.

#### *Transportsystem*

Tillförseln av bränslen, restprodukter (såsom livsmedelsavfall, avloppsslam och brännbart avfall) företrädesvis kommer att ske via tunga vägtransporter in i kommunen och mellan olika anläggningar inom kommunen. Behov av spårbunden trafiklösning för det ökade införsel och utförsel (restprodukter) för det biobaserade kraftvärmeverket i Boländerna kommer att ställa krav på rangeringsmöjligheter i centrala staden. Om inte sådan kan erbjudas förväntas det vägbundna tunga transporter öka väsentligt.

Då byggnationer för permanentboende utanför planlagt område (s.k. "urban sprawl") förväntas öka betydligt så kommer krav på tillförseltransporter av biomaterial till enskilda hushåll, avfalls och avloppsslamtransporter öka markant.

Fortsatt utveckling för elektrifiering av transporter i staden kan behöva att mark avsätts för laddstationer, även för tyngre fordon som bussar och vissa typer av lastbilar.

#### *Samverkan mellan samhällstekniska system*

Graden av samverkan och utnyttjande av synergier kommer som idag vara låg och anläggningar kommer etableras utifrån de enskilda aktörernas behov och krav.

#### *Antal anläggningar*

Antalet större anläggningar för energiomvandling förväntas vara relativt oförändrad jämfört med dagens situation. Antalet fristående småskaliga anläggningar för gårds-/fastighetsbruk förväntas dock öka.

#### *Annan mark- och vattenanvändning*

Kraven för att utnyttja vatten som energibärare (småskaliga lösningar (mark- och bergvärme) såväl som storskaliga (akviferer och bergtäkter)) under mark förväntas öka markant i såväl staden, i tätorter som på landsbygden. Skälet till detta är att en gemensam lösning för avsättning av överskottsenergi/spillvärme saknas i det gemensamma systemet vilket innebär att säsongslagring måste lösas på enskilda anläggningar och fastigheter.

#### *Staden – Tätorter – Landsbygd*

Samverkan mellan energisystemen i staden och tätorterna är i detta scenario låg vilket innebär att strukturkrav på infrastrukturen motsvarar dagens situation.

#### *Strukturalternativ för utveckling*

Detta scenario som till stor del bygger på enskilda energiomvandlingsanläggningar och en transportintensiv hantering för tillförsel och avfall så är den relativt flexibel för de olika strukturalternativ som diskuteras i ÖP-arbetet. För "SPRAWL" alternativet är detta scenario en förutsättning om vi skall klara expansionen utan att allvarligt riskera miljön. För strukturalternativ med högre grad av förtätning i staden så ses detta scenarionalternativ vara mindre lämpligt beroende på dess transportintensivitet och brist på samordning mellan de samhällstekniska systemen.

## Scenario 2: Bortom det konventionella

### *Markanvändning – fysiska platser*

För anläggningarna i Boländerna så gäller samma planeringsförutsättningar som för scenario 1 med tillägget att ev. ytterligare mark kan behövas för att få plats med tillkommande utrymmeskrävande energiaktiviteter i Boländerna (förgasning av biomassa). En stor skillnad som kan uppstå är om man genom utbyggnaden av de övriga delarna av energinätet (energinoder i staden samt tätorterna i kombination med utbyggnad av ett energigasnät) kan undvika ersättning av avfallsförbränningen på Bolandsområdet och kan även ha en påverkan på Husbyborgsverkets framtida kapacitetsbehov. Detta måste analyseras ytterligare i framtida utredningsarbete.

För nya omvandlingsanläggningar i tätorterna (exklusive Storvreta där antagandet är att befintlig anläggning kan byggas ut utan ytterligare markanspråk) så kommer ytterligare anspråk på mark. Grundförslaget är att (om möjligt) anlägga energiomvandlingsanläggningen på samma plats som den kommunala avloppsreningsanläggningen för att maximalt kunna utnyttja synergier mellan dessa anläggningar.

Ytor för lagring av biomassa (företrädesvis från skogsråvara) bör planeras in. Marktytor för kulvertsystem mellan tätorterna och staden samt den extra gasringen bör ingå i planeringen. Inom tätorter utan ledningsnät bör nya marktytor reserveras för detta ändamål. För energinoder i staden så bör dessa med fördel planeras i anslutning till de s.k. ”kretsloppspark” som föreslås från utredning ”Avfall 2050”<sup>201</sup>..

### *Transportsystem*

Elektrifiering av de vägar/banor som ligger i anslutning till de stråk som går ut från staden bör planeras in. Detta förstärkta elsystem är tänkt att anläggas i de gemensamma kulvertsystem som delas med hela det stadstekniska nätet. I samband med dragning av gemensamma kulvertsystem mellan staden och tätorterna så byggs i möjligaste mån även cykel/gångvägar. Elnätet kan även med fördel användas för vägbelysning som ger trafikanterna ökad trygghet samt att trafiksäkerheten förbättras.

Genom den totala övergången till vätgas/el-batteri fordons- och arbetsmaskinsflotta så bör ”gasmackar” planeras in vid de energinoder som föreslås i staden och vid tätorternas omvandlingsanläggningar.

### *Samverkan med andra samhällstekniska system (VA och Avfall)*

En bred samverkan och gemensamma tekniska systemlösningar föreslås med gemensamma ledningsnät, samlokalisering av energiomvandling, VA och avfallsanläggningar. Ytterligare nedläggning av dricksvatten- och avloppsreningsverksanläggningar förutsätts inte i detta alternativ för de tätorter där energiomvandlingsanläggning planeras. Denna samverkan innefattar även i förekommande fall integrering med grannkommunernas motsvarande system.

### *Strukturalternativ för utveckling*

Utbyggnad i s.k.- ”stad + stråk” och ”Växla över stadstillväxten till stationsorter” ses som de strukturalternativ som passar bäst in med de egenskaper som kännetecknar detta scenario.

<sup>201</sup> ÖP-Underlagsutredning ”Avfall 2050”, Uppsala Vatten 2014

”SPRAWL” alternativet bedöms som olämpligt då så stora alternativa investeringar skulle behövas i den struktur som måste samhällstekniskt försörja en sådan utveckling för att rädda miljön.

## Diskussion

Utifrån de utvecklade scenarioförslagen så har vi nedan tagit upp några frågor att diskuteras i arbetsmöten i samband med utvecklingen av rapporten.

### Hur ”transformativt” är det föreslagna scenariot ”Bortom det konventionella” egentligen?

Teknikutveckling: När det gäller teknisk utveckling så har vi avgränsat oss till tekniska lösningar där vi ser att det i dagsläget åtminstone finns någon typ av teknisk utveckling och forskning vilket borgar för att denna bör finnas kommersiellt tillgänglig 2050.

Marknad/Ekonomisk utveckling: Vi har fört en diskussion kring energimarknadens utveckling och inte minst energibolagens ändrade roll i framtiden. Att utvecklingen går mot att energibolagen i framtiden kommer vara ”effektleverantör” för att balansera effektbrist vid temporära toppar hos energianvändarna (där inte den egna ”självproducerade” energiproduktionen räcker till) ser vi som det konventionella scenariot.

Dagens utveckling mot småskaliga energilösningar på en fri marknad med låg grad av politisk styrning ser vi driver fram en sådan utveckling. Att kommuner tar ett mycket större ansvar och ägaransvar för t.ex. ett kommungeografiskt ägar-/styransvar (bl.a. genom att agera ”mellanhand” för uttag – tillförsel över för olika media) ser vi som transformativt utifrån ett Uppsala perspektiv.

Som framgår av tillståndsmålen ser vi även att vi måste beakta rättvisa frågorna om energi försörjning då alla fastighets/anläggningsägare inte har ekonomi till att investera i småskaliga energilösningar utan är beroende av en samhällsinfrastruktur. Denna struktur ser vi riskerar att bli avsevärt dyrare per användare om underlaget för energianvändning minskar drastiskt.

Utifrån ett luftkvalitetsperspektiv så ser vi även en risk av att man i högre grad än idag (om man har ambition att vara självförsörjande) bränner mer biomassa och andra tillgängliga material (som ej är så bra lämpade för förbränning) i kaminer/spisar och andra småskaliga förbränningslösningar som har obefintlig – dålig rening.

Vi ser att småskaliga anläggningar har en viktig roll i det framtida systemet men det är mycket viktigt att dessa hänger ihop i ett gemensamt system där vi kan balansera effekt i hela systemet på ett effektivt sätt samt att på ett effektivt sätt ta hand om restprodukter i ett hållbart kretslopp.

Energianvändningen 2050: I motsats till det konventionella scenariot så ser vi att energianvändningen för transporter (med undantag för flygbränsle) enbart kommer att bestå av 3 energibärare (El (batterier), vätgas (bränsleceller) och biogas (bränsleceller)).

Lösningar för säsongslagring: Långsiktig säsongslagring framförallt i vatten och berggrund har efterlysts och diskuterats. Grundtanken är att den mer långsiktiga energilagringen sker i biomassa från skogen vilken vi ser som den primära källan för att hantera behovet för att leverera in i effekt i systemet (över längre perioder) vid spetslast. Denna biomassa skall företrädevis lagras vid de omvandlingsanläggningar som ligger i tätorterna där ytor för detta ses finnas (vi tror inte att all

denna volym går att lagra i staden). Själva gasnätets överkapacitet ser vi kan fylla en roll för att brygga över när effekten måste öka (dock bara under en kort tid) innan omvandlingen från skogsvåraran kan leverera effekt.

I ett Uppsala perspektiv ser vi inte att varken i små- eller storskaliga energilagringssystem bör utformas så att de kan äventyra vårt grundvatten. Anledningen till att vi inte ser detta som ett alternativ (i "bortom det konventionella" scenariot) är de risker vi ser genom saltvatteninträngningar, bakteriell tillväxt i grundvatten (pga. temperaturhöjning), risk för läckage av köldmedia m.m. Detta resonemang bottenar i den unika situationen vi har i Uppsala där vi har byggt staden på en av Sveriges största drickvattentäkter (vår ås) och att vi i dagsläget ännu ej behöver aktivt rena vårt dricksvatten (detta är dock under risk efter föroreningen från Ärna). Om vi skulle bli tvungna att införa aktiv rening av grundvattnet så kommer det innebära stora investeringar för Uppsala.

Framtida energibärare: Diskussion har förts kring varför inte el kunde vara den energibärare som vi helt bygger framtidens system på. Vi ser inte detta som ett realistiskt alternativ då vi ser omvandling av olika typer av fasta material till energi ingår som en viktig del i systemet. I dessa omvandlingsprocesser så kommer vi alltid få ut en del restprodukter företrädesvis i form av värme vilket vi på ett bra sätt kan ta hand om i ett integrerat system (denna energi kan inte på ett effektivt sätt uppgraderas till EL igen).

## Övriga synpunkter – frågor som diskuterats

Risker med en infrastruktur för energigaser leder till ökad naturgasanvändning: Synpunkter har lyfts fram om riskerna med att bygga ett energigasnät då det kan resultera i att vi översvämmas med naturgas in i systemet. Denna risk ser vi måste elimineras via politiska styrmedel. Vi har även möjligheten att m.h.a. "cracking" dela upp metangasen i vätgas, värme och fast kol (för t.ex. jordförbättringsmaterial) vilket gör att CO<sub>2</sub> som biomassa tagit upp från atmosfären inte frigörs genom förbänning, utan fastläggs i marken, dvs systemet minskar CO<sub>2</sub>-innehållet i atmosfären.

Dimensionering för distribution av stora energimängder: Då scenario 2 bygger på att stora värmemängder ska transporteras in från omlandet in till Uppsala stads fjärrvärmenät. Baserat på detta har synpunkter lyfts fram att anslutningsmöjligheterna kan visa sig vara en utmaning och vara en begränsande faktor. Diskussioner med forskare kring vattenburna system har förts i framtagande av detta lösningsförslag. Detta bör dock utredas mer i detalj i ett fortsatt utvecklingsarbete.

Säkerhet i gasbaserade system: Flera har lyft fram vikten av att säkerhetsaspekterna lyfts fram när det gäller hantering av brännbara gaser i ett större energigasystem som föreslås. Säkerhetsfrågorna har granskats och ses vara helt avgörande. I bedömningen av de fallstudier och befintligt installerade system så kan man dock bekräfta att säkerhetsfrågorna är lösta på ett tillfredsställande sätt. Mer storskaliga distributionsnät för vätgas är det område där det finns minst installerade anläggningar och erfarenhet men vår bedömning är att denna teknik är mogen 2050.

Omvandling av metan till kol och vätgas: Synpunkten att gå från metan till elementärt kol och vätgas är energikrävande, varför det är svårt att se den processens naturliga plats i energisystemet. Man bedömer att hög betalningsförmåga krävs för den producerade vätgasen och metanet. Vi ser att denna teknik i dagsläget ej är mogen och att den förutsätter att samtliga "produkter" som kommer ur omvandlingsprocessen (kol, vätgas och värme) måste kunna få avsättning i ett framtida system. Politiska beslut såsom t.ex. koldioxidskatter och andra styrinstrument har stor påverkan på om denna typ av omvandling kan bli kommersiellt gångbar. Vi tror dock på att tekniker som kan fånga in kolet i fast form och använda det för samhällsnytta såsom t.ex. jordförbättringsmaterial eller dylikt kommer ha stort kommersiellt framtida värde.

Pyrolys: Kommentarer har framförts om att pyrolysmetoder, där bränslen förgasas, medför risk för utsläpp av oförbrända kolväten och är processtekniskt mycket utmanande. Polyaromatiska kolväten bildas, som är cancerframkallande vilket är en arbetsmiljöaspekt. Det blir en restfraktion från pyrolys av biomassa, denna rest innehåller stor mängd oförbrända kolväten om är farligt avfall som måste förbrännas. Vi ser att dessa aspekter är problematiska och att ytterligare metod och teknikutveckling måste till för att denna teknik skall bli långsiktigt hållbar.

Krav på attraktiva markytor i staden: Frågor har lyfts med anledning av att man ser att förtätningen av staden i kombination med lokala/stadsdelsnoder för energiomvandling kommer att skapa målkonflikter när det gäller konkurrens om attraktiv mark. Vi ser att denna risk är uppenbar samtidigt som en samordning mellan olika tekniska system (VA-, Avfall och energi) borde kunna innebära yteffektiva lösningar.

Effekter av "tysta" fordon och arbetsmaskiner: I denna utredning har vi inte på djupet kunna analysera effekter av t.ex. ett tyst lantbruk, tysta avfallstransporter och liknande. Om man har bullerfria och utsläppsfria maskiner och fordon så tror vi att helt nya samhällsutvecklingslösningar kan utvecklas där boende och verksamheter i avsevärt större grad kan samexistera i samma närområde.

Påverkan på marknaden och näringslivet: Genom att gå in med regleringar och att samhällsfinansierade aktörer går in som ägare och förvaltare av delar av energisystemet kan ses som att konkurrens och ekonomisk tillväxt hämmas. Vi ser att det motsatta gäller dvs. att det är en förutsättning för att företag med en långsiktig hållbar affär ska kunna få in sina lösningar i systemet och på längre sikt även ett större aktivt ägarskap. Vår bedömning är att Uppsala om vi lyckas med denna omställning kommer vara världsledande inom hållbar samhällsutveckling och detta tror vi kommer gynna det lokala näringslivet och ge nya exportmöjligheter av teknologi och kunskap.

Målkonflikter rörande skogens och jordens användning: som framgår i utredningen så finns det konflikterande mål rörande hur vår mark skall användas i framtiden. De områden som står i konflikt med varandra är energi, mat och material. Vi kan i detalj inte besvara hur prioriteringarna skall göras med vi ser att energi och matförsörjning måste ges prioritet utifrån ett säkerhetsperspektiv.

## Rekommendationer till fortsatt arbete

Som framgår i rapporten så finns det indikationer för att fortsatt utveckling av dagens system ej leder till att de långsiktiga nationella som lokala målen uppnås.

Vår rekommendation är därför att:

1. Fördjupade studier görs för att vidareutveckla de tankar som beskrivs i "Bortom det konventionella" scenariot och beräkna de förväntade effekterna.
2. En specifik energistrategi utformas för den geografiska kommunen Uppsala
3. Möten organiseras i samverkan med länsstyrelsen där energiutredningen presenteras för länets övriga kommuner

4. Dialog med de två universiteterna om det fortsatta utvecklingsarbetet inleds inom ramen för Uppsala klimatprotokolls tredje programperiod (som planeras att starta hösten 2015).
5. Utvärdera alternativ till byggandet av nya förbränningsanläggningar av avfall när nuvarande anläggningar går ur tiden. Med hänsyn tagen till utvecklingstrender kan fortsatta investeringar i avfallsförbränningsanläggningar vara tveksamma.
6. Utredning av möjlig reformering av "icke-funktionella - läckande" torvarealer till alternativ mer långsiktigt hållbar markanvändning
7. Utredning av energibalanser och samhällsvinster genom en kombinerad anläggning "kraftvärmereningsverk" för energiomvandling och avloppsrening.
8. Utredning för att visa hur en mindre samhällsteknisk nod skulle kunna fungera för samfälligheter baserat på de tankar som förts fram i denna studie.

## Referenser

62 miljoner till forskning om hållbara produktionssystem inom vatten-, jord- och trädgårdsbruk, nyhetsartikel mistra.org (2014-04-14)

<http://www.mistra.org/aktuellt/nyhetsarkiv/2014-04-14-62-miljoner-till-forskning-om-hallbara-produktionssystem-inom-vattenbruk-jord--och-tradgardsbruk.html>

Alger renar vatten och blir drivmedel, Naturvetarna (2013)

<http://www.naturvetarna.se/Om-oss/Tidningen-Naturvetare/Artikelarkiv/Nr-1-2013/Alger-renar-vatten-och-bli-drivmedel/>

Avloppsrening med mikroalger, litteraturstudie, Karin Larsdotter KTH (2006)

[http://www.tidskriftenvatten.se/mag/tidskriftenvatten.se/dircode/docs/48\\_article\\_2125.pdf](http://www.tidskriftenvatten.se/mag/tidskriftenvatten.se/dircode/docs/48_article_2125.pdf)

Biogas, tillväxt & sysselsättning, WSP Analys & strategi (2011)

[http://www.biogasost.se/Portals/0/Rapporter/Biogas,%20tillvaxt%20och%20sysselsattning\\_FINAL.pdf](http://www.biogasost.se/Portals/0/Rapporter/Biogas,%20tillvaxt%20och%20sysselsattning_FINAL.pdf)

Biogasnät i Mälardalen, Svenskt gastekniskt center (2014)

<http://www.biomil.se/en/news.html?file=files/biomil/publikationer/SGC300.pdf>

Biogaspotential vid samrötning av mikroalger och blandslam från Västerås kommunala reningsverk, Examensarbete Tova\_Forkman (2014)

<http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:750731/FULLTEXT01.pdf>

Biologisk mångfald på myrar och dikad torvmark, TorvForsk (2008)

<http://torvforsk.se/PDF/RAPPORTER/Rapport12a.pdf>

Climatechange 2014 synthesisreport, IPCC (2014)

[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_LONGERREPORT\\_Corr2.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_LONGERREPORT_Corr2.pdf)

Dagens of framtidens hållbara biodrivmedel, underlagsrapport till utredningen om fossilfri fordonstrafik (2013)

[http://www.f3centre.se/sites/default/files/f3\\_borjesson\\_et\\_al\\_dagens\\_och\\_framtidens\\_hallbara\\_biodrivmedel\\_slutversion\\_rev\\_130620.pdf](http://www.f3centre.se/sites/default/files/f3_borjesson_et_al_dagens_och_framtidens_hallbara_biodrivmedel_slutversion_rev_130620.pdf)

Decentralisedenergy systems based on biomass, doktorsavhandling, Marie Kimming SLU (2015)

[http://pub.epsilon.slu.se/11738/1/kimming\\_m\\_2015-01-09.pdf](http://pub.epsilon.slu.se/11738/1/kimming_m_2015-01-09.pdf)

Den Svenska biogaspotentialen från inhemska produkter, Biomil AB&Envirum AB (2008)

<http://www.biomil.se/en/publications.html?file=files/biomil/publikationer/biogaspotential.pdf>

Dikningens och gödslingens betydelse vid beskogning på en avslutad torvtäkt i Värmland, Examensarbete Björn Lehto, SLU (2005)

<http://torvforsk.se/PDF/RAPPORTER/Rapport-nr-1.pdf>

En vecka utan lastbilar, rapport, Sveriges åkeriföretag (2013)

[http://www.akeri.se/sites/default/files/uploaded\\_files/evul\\_uppsala\\_rapport\\_2013.pdf](http://www.akeri.se/sites/default/files/uploaded_files/evul_uppsala_rapport_2013.pdf)

Energimarknadsinspektionen, Elnätsföretagens årsrapporter, särskild\_rapport\_teknisk\_data.xls

<http://www.ei.se/sv/Publikationer/Arsrapporter/elnetsforetag-arsrapporter/>

Energimyndighetens strategi för regional tillväxt (2012)

<http://www.energimyndigheten.se/PageFiles/23933/Energimyndighetens%20strategi%20f%C3%B6r%20regional%20h%C3%A5llbar%20tillv%C3%A4xt.pdf>

Energivärlden nr 1 2014, Energimyndigheten

[https://www.kth.se/social/upload/537307ecf276543823fa8041/EnergivorldenNr1\\_2014.pdf](https://www.kth.se/social/upload/537307ecf276543823fa8041/EnergivorldenNr1_2014.pdf)

Ett steg närmare elvägar, trafikverket (2014)

<http://www.trafikverket.se/Aktuellt/Nyhetsarkiv/Nyhetsarkiv2/Nationellt/2014-05/Ett-steg-narmare-elvagor-i-Sverige/>

Fler goda samarbeten att vänta, pressmeddelande, Svensk fjärrvärme (2014)

<http://www.svenskfjarrvarme.se/Asikter/Pressmeddelanden/Pressmeddelanden-2014/Fler-goda-samarbeten-att-vanta/>

Forsknings- och innovationsagenda för effektiv energianvändning, SwereaSwecast AB (2014)

<http://www.vinnova.se/PageFiles/751326555/Agenda%20Effektiv%20energianv%C3%A4ndning%20%282013-02694%29.pdf>

Förgasning av biobränslen för framställning av metan eller vätgas, Svenskt gastekniskt center (2005)

<http://www.sgc.se/ckfinder/userfiles/files/SGC156.pdf>

Halm som bränsle – del 1, rapport, Daniel Nilsson & Sven Bernesson SLU (2009)

<http://publikationer.slu.se/Filer/HalmsombrnsleDel1TillgoskrdetidpSLUETRapport0112009.pdf>

Handlingsplan för arbetet med cykeltrafik (2014)

<https://www.uppsala.se/contentassets/33837fb9c94849598d9566069c3a5f33/handlingsplan-cykeltryck.pdf>

Impact of mixed feedstocks and feedstock densification on ionic liquid pretreatment efficiency, s. 63-72 (2013)

[http://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/shietal\\_biofuels\\_2012.pdf](http://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/shietal_biofuels_2012.pdf)

Industrial Hemp (Cannabis sativa L.), Doktorsavhandling, Thomas Prade, SLU (2011)

[http://pub.epsilon.slu.se/8415/1/prade\\_t\\_111102.pdf](http://pub.epsilon.slu.se/8415/1/prade_t_111102.pdf)

Inspel till en Svensk livsmedelsstrategi, rapport, Lotta Rydhmer, SLU (2014)

[http://www.slu.se/Global/externwebben/centrumbildningar-projekt/framtidens-lantbruk/FA-dagen%20Sverige%20och%20maten%2023%20okt%202014/Inspel%20till%20en%20svensk%20livsmedelsstrategi\\_webb.pdf](http://www.slu.se/Global/externwebben/centrumbildningar-projekt/framtidens-lantbruk/FA-dagen%20Sverige%20och%20maten%2023%20okt%202014/Inspel%20till%20en%20svensk%20livsmedelsstrategi_webb.pdf)

Karlsson, A. (2014). Muntlig uppgift. Uppsala: Vattenfall Värme AB Uppsala



Klimatfrågan som drivkraft för ett ökat träbyggande, SP

[http://www.buildnorth.org/\\_pdf/Klimatfragan\\_som\\_drivkraft\\_PEE.pdf](http://www.buildnorth.org/_pdf/Klimatfragan_som_drivkraft_PEE.pdf)

Kol- och kväveförråd i mark och vegetation vid beskogning av en avslutad torvtäkt, SLU, (2006)

<http://torvforsk.se/PDF/RAPPORTER/Rappnr3.pdf>

Likström för lokal eldistribution – framtiden eller inte?, Andreas Wiklander & Marcus Berg (2009)

[http://www.lth.se/fileadmin/ees/Kurser/MVKN10\\_Energitransporter/Uppsatserna\\_och\\_fraagorna/ETR\\_Uppsats\\_3\\_091208.pdf](http://www.lth.se/fileadmin/ees/Kurser/MVKN10_Energitransporter/Uppsatserna_och_fraagorna/ETR_Uppsats_3_091208.pdf)

Lösningar på lager, bok, Vinnova (2012)

<http://www.vinnova.se/upload/EPiStorePDF/va-12-02.pdf>

Major new European report on power-to-gas energy storage, pressbrev, ITM Power (2015-01-28)

<http://www.itm-power.com/news-item/major-new-european-report-on-power-to-gas-energy-storage>

Marin strömkraft testas i Dalälven, nyhetsartikel, Uppsala universitet

<http://www.uu.se/nyheter/nyhet-visning/?id=2934&area=15,16&typ=artikel&na=&lang=sv>

Mass Energy Storage for the Future Energy Market, artikel, Germany trade & invest (2014)

[http://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/\\_SharedDocs/Downloads/GTAI/Fact-sheets/Energy-environmental/fact-sheet-green-hydrogen-mass-energy-storage-for-future-en.pdf](http://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Fact-sheets/Energy-environmental/fact-sheet-green-hydrogen-mass-energy-storage-for-future-en.pdf)

Metan från förgasning av biomassa, Examensarbete Johan Lundberg (2011)

[http://www.biogasost.se/Portals/0/Metan%20fr%C3%A5n%20f%C3%B6rgasning%20av%20biomassa\\_final.pdf](http://www.biogasost.se/Portals/0/Metan%20fr%C3%A5n%20f%C3%B6rgasning%20av%20biomassa_final.pdf)

Metanslipp i biogaskedjan, rapport, Biogas öst (2012)

[http://www.biogasost.se/Portals/0/Rapporter/Rapport\\_metanslipp.pdf](http://www.biogasost.se/Portals/0/Rapporter/Rapport_metanslipp.pdf)

Miljörapport 2013, Kungsängsverket, Uppsala Vatten

<http://www.uppsalavatten.se/Documents/Omoss/Milj%c3%b6rapporter%202013/Milj%c3%b6rapport%20Kungs%c3%a4ngsverket%202013.pdf>

Miljöredovisning Uppsala (2013), Vattenfall.se

[http://www.vattenfall.se/sv/file/miljoredoavisning\\_Uppsala\\_2013.pdf\\_31822091.pdf](http://www.vattenfall.se/sv/file/miljoredoavisning_Uppsala_2013.pdf_31822091.pdf)

Möjligheter med mobility management i samhällsplanering, energimyndigheten (2014)

<http://www.energimyndigheten.se/Offentlig-sektor/uthallig-kommun/Energismart-planering/Mobility-management-vid-planering/>

Möjligheter till intensivodling av skog, slutrapport, SLU (2009)

<http://www.slu.se/Documents/externwebben/overgripande-slu-dokument/miljoanalys-dok/rapporter/Mint09/MINTSlutrapport.pdf>

Nya produkter från skogsråvara, Innventia (2014)

<http://www.innventia.com/Documents/Rapporter/Innventia%20report%20577.pdf>

Partikelutsläpp, Svenska miljöinstitutet & Naturvårdsvärket (2015)

[http://www3.ivl.se/db/plsql/dvst\\_pm\\_gd\\$b1.actionquery?p\\_stat\\_id=20414&p\\_startt=2013-01-01&u\\_startt=2014-01-01&p\\_timdygn=Timme](http://www3.ivl.se/db/plsql/dvst_pm_gd$b1.actionquery?p_stat_id=20414&p_startt=2013-01-01&u_startt=2014-01-01&p_timdygn=Timme)

Poppelns höjdtutveckling, Fakta skog SLU (2012)

[http://www.slu.se/PageFiles/33707/2012/FaktaSkog\\_03\\_2012.pdf](http://www.slu.se/PageFiles/33707/2012/FaktaSkog_03_2012.pdf)

Ppt-presentation, Jan Lemming (2012)

<http://www.habo.se/Documents/Bygga,%20bo%20och%20milj%c3%b6/Milj%c3%b6strategiskt%20arbete/B%c3%a5Ista%2020121025.pdf>

R 410 Sveriges primärproduktion och försörjning av livsmedel - möjliga konsekvenser vid en brist på fossil energi, rapport, JTI (2013)

<http://www.jti.se/index.php?page=publikationsinfo&publicationid=958&returnto=96>

Rening av lakvatten, avloppsvatten och reduktion av koldioxid med hjälp av alger, rapport, Avfall Sverige (2009)

<http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/Rapporter/Utveckling/U2009-04.pdf>

Review of methane catalytic cracking for hydrogen production, artikel, Ashraf M, m.fl (2011)

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319910022500>

Risk- och sårbarhetsanalys för Uppsala län 2014 , Enheten för samhällsskydd och beredskap, Länsstyrelsen (2014)

<http://www.lansstyrelsen.se/upsala/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2014/20-2014-RSA.pdf>

Samrötning av hästgötsel med nötflytgötsel, rapport, JTI (2014)

[http://www.jti.se/uploads/jti/r-51\\_samrotning\\_hastgodsel\\_notflytgodsel.pdf](http://www.jti.se/uploads/jti/r-51_samrotning_hastgodsel_notflytgodsel.pdf)

Sekundärnät för lågtempererad fjärrvärme, Examensarbete, Fredrik Eriksson m.fl, HH (2013)

<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:630610/FULLTEXT01.pdf>

Skogsdata 2013, rapport, Inst. för skoglig resurshållning SLU

[http://pub.epsilon.slu.se/10812/9/nilsson\\_et\\_al\\_130923.pdf](http://pub.epsilon.slu.se/10812/9/nilsson_et_al_130923.pdf)

Skogsskötsel för en framtid, Kungl. Skogs- och lantbruksakademiens tidsskrift nr 4, 2007

<http://www.ksla.se/wp-content/uploads/2011/01/KSLAT-2007-4-Skogssk%C3%B6tsel-f%C3%B6r-en-framtid.pdf>

Strategiska trender i globalt perspektiv, Regeringskansliet (2014)

<http://www.regeringen.se/content/1/c6/24/94/58/f13353b3.pdf>

Svar på remiss avseende utredning om fossilfri fordonstrafik, Näringsdepartementet (2013)

<http://www.regeringen.se/content/1/c6/24/09/47/641a0dd7.pdf>

Swedish forest outlook study, rapport, Futureforests (2011)

[http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/DP-58\\_hi\\_res.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/DP-58_hi_res.pdf)

Technologyroadmap – bioenergy for heat and power, rapport, IEA (2012)

[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/2012\\_Bioenergy\\_Roadmap\\_2nd\\_Edition\\_WEB.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/2012_Bioenergy_Roadmap_2nd_Edition_WEB.pdf)

Termisk förgasning och metanisering, Göteborg energi (2014)

[http://gobigas.goteborgenergi.se/Sv/Biogas\\_genom\\_forgasning/Termisk\\_forgasning\\_och\\_metanisering](http://gobigas.goteborgenergi.se/Sv/Biogas_genom_forgasning/Termisk_forgasning_och_metanisering)

Uppsala tillväxt, Sweco (2013)

[http://bygg.uppsala.se/contentassets/bb2bd66253fa4d7aab88e8c14db4b8d/tillvaxt\\_uppsala\\_planeringsunderlag\\_2030\\_2050.pdf](http://bygg.uppsala.se/contentassets/bb2bd66253fa4d7aab88e8c14db4b8d/tillvaxt_uppsala_planeringsunderlag_2030_2050.pdf)

Uppsalas nya kraftvärmeverk, Anders Agebro ,Vattenfall (nov 2013)

<http://www.vok.nu/wp-content/uploads/2013/11/Anders-Agebro.pdf>