

Rapport 2012:05



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN

Solenergi i Dalarnas bebyggelse Potential till år 2020 och 2050

Miljöenheten

Omslagsbild: SveSol värmesystem i Djurmo, Gagnef.

Foto: Klaus Lorenz.

Tryck: Länsstyrelsen Dalarnas tryckeri, maj 2012.

ISSN: 1654-7691

Rapporten kan beställas från Länsstyrelsen Dalarna.

E-post: dalarna@lansstyrelsen.se

Rapporten kan också laddas ned från Länsstyrelsen Dalarnas webbplats:

www.lansstyrelsen.se/dalarna

Ingår i serien. Rapporter från Länsstyrelsen i Dalarnas län.

Solenergi i Dalarnas bebyggelse

Potential till år 2020 och 2050

Joakim Widén, Uppsala Universitet
Philipp Weiss, Högskolan Dalarna

Kontaktperson Olof Jönson, Länsstyrelsen Dalarnas Län



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN

Förord

Länsstyrelsen Dalarna har 2008 på uppdrag av regeringen utarbetat en Klimat- och energistrategi för Dalarna. Strategin visar att det genom energieffektivisering och ökad produktion av förnybar energi är möjligt att klara energiomställningen och kraftigt minska utsläppen av klimatgaser till 2050 samtidigt som det ger flera tusen nya långsiktiga arbetstillfällen i Dalarna. Se Rapport 2008:23 på <http://www.energiintelligent.se/>.

I strategin presenteras ett scenario med beräkning av tillförsel och användning av energi för respektive sektor och Dalarna som helhet 2020 och 2050. Beräkningarna baseras i huvudsak på idag tillgänglig teknik och en utveckling som även i övrigt bedöms rimlig med hänsyn till ekonomi och Dalarnas förutsättningar.

Länsstyrelsen ansvarar för att strategiskt samordna och leda det regionala energiarbetet vilket innebär att med strategin som utgångspunkt planera och genomföra insatser och åtgärder för energiomställningen i samverkan med berörda sektorer samt i övrigt genomföra insatser för att stödja näringslivets och kommunernas klimat- och energiarbete.

Den regionala Klimat- och energistrategin är 2011 under revidering och Länsstyrelsen Dalarna bedömer att ett steg i arbetet med att fördjupa och konkretisera strategin är att, i samråd med respektive sektor, ta fram fördjupade genomförande- och konsekvensbeskrivningar. Detta arbete kommer att ske både inom området energihushållning för sektorerna bostäder/service, transporter och näringsliv/industri samt för tillförsel av förnybar energi (sol, vind, vatten och bioenergi).

Länsstyrelsen har uppdragit åt Joakim Widén, Uppsala universitet och Philipp Weiss, Högskolan Dalarna att ta fram föreliggande rapport "Solenergi i Dalarnas bebyggelse – Potential till år 2020 och 2050" för att beräkna möjligheterna för produktion av solvärme och solel i Dalarnas byggnader 2020 respektive 2050.

Författarna ansvarar själva för rapportens innehåll.

Länsstyrelsen Dalarna, hösten 2011

Per-Erik Sandberg

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning.....	5
Abstract.....	6
1. Inledning	7
1.1 Syfte och frågeställningar	8
1.2 Avgränsningar.....	8
1.3 Rapportens disposition.....	9
2. Metod	10
2.1 Uppskattning och klassificering av taktytor	10
2.2 Bestämning av genomsnittliga typbyggnader.....	12
2.3 SolenergiBERäkningar.....	12
2.4 Huvudscenarier för 2020 och 2050.....	14
3. Material.....	16
3.1 Byggnadsstatistik.....	16
3.2 Energianvändningsstatistik.....	18
3.3 Data till solenergisimuleringarna	18
3.4 Övriga antaganden.....	19
4. Resultat	20
4.1 Taktytor	20
4.2 Genomsnittliga typbyggnader	20
4.3 Solvärme- och solcellssystem för typbyggnaderna.....	22
4.4 Potential 2020.....	26
4.5 Potential 2050.....	28
5. Diskussion och slutsatser	31

Sammanfattning

Utnyttjandet av solenergi i bebyggelsen ökar stadigt runt om i världen och är en möjlig åtgärd för att uppnå ökad hållbarhet i den byggda miljön. För att kunna bedöma i vilken utsträckning solenergi kan bidra till förnybar och koldioxidfri värme- och elproduktion är det viktigt att kunna avgöra vilken potential som finns för olika användningsområden. I den här studien görs en uppskattning av solenergipotentialen i bebyggelsen i Dalarnas län 2020 och 2050. De huvudsakliga frågeställningarna är vilken energitillförsel från solceller och solvärmesystem som är möjlig, vilka takytor som kan tas i anspråk, hur olika faktorer begränsar utnyttjandet och vilka effekter en omfattande utbyggnad skulle kunna få.

Potentialen uppskattas genom att takytorna på byggnader i länet beräknas utifrån detaljerad fastighetsstatistik. I kombination med energianvändningsstatistik beräknas olika dimensionerande data för ett antal typbyggnader. Solvärme- och solcellssystem dimensioneras och simuleras för typbyggnaderna och scenarier för 2020 och 2050 tas fram där utbyggnaden begränsas av olika faktorer.

Resultaten visar att det totalt finns omkring 16 km² takyta med en total instrålning på 15 TWh per år tillgänglig för solvärme- och solcellssystem. I scenariot för 2020 antas att energianvändningen i byggnaderna är dimensionerande för systemen, det vill säga systemen dimensioneras för att i första hand täcka energin som används i byggnaderna och inte producera något överskott. Maxpotentialen 2020 bedöms vara 230 GWh sparad energi med solvärme och 240 GWh tillförd solel.

Till 2050 antas att uppvärmningsbehovet i byggnader har minskat, varför även maxpotentialen för solvärme är lägre. Systempriserna för solceller antas också vara så låga att takytan och inte elanvändningen i husen är begränsande för utbyggnaden. Maxpotentialen 2050 bedöms vara 130 GWh sparad energi med solvärme och 670 GWh tillförd solel.

Abstract

Utilisation of solar energy in the built environment around the world is steadily increasing as one possible measure to increase sustainability. To determine to what extent solar energy can provide to renewable and carbon dioxide-free heat and electricity production it is important to be able to assess the potential for different applications. In this study the solar energy potential in the built environment of the county of Dalarna in Sweden is estimated for the years 2020 and 2050. The main questions are which energy supply from photovoltaic cells and solar heating systems are possible, which roof areas would be needed, how different factors limit the use of roof area and which consequences a widespread integration might have.

To estimate the potential the roof areas on buildings in the county are determined from detailed building statistics. In combination with statistics on energy use in buildings a set of dimensioning data are calculated for a number of typical buildings. Solar heating and solar cell systems are dimensioned and simulated for these buildings and scenarios for 2020 and 2050 are developed where the integration of systems are limited by different factors.

The results show that there is a total of 16 km² available roof area with a total insolation of 15 TWh per year. In the scenario for 2020 it is assumed that the energy use in the buildings is dimensioning for the systems, i.e. the systems are sized to cover the energy use and not to generate a surplus. The maximum potential 2020 is 230 GWh saved energy with solar heating and 240 GWh solar electricity.

By 2050 the heating demand in buildings is assumed to have decreased substantially, which means that the maximum potential for solar heating also is lower. The system prices for solar cells are also assumed to be so low that the roof area and not the electricity use in the building is limiting for the system sizes. The maximum potential 2050 is 130 GWh saved energy with solar heating and 670 GWh solar electricity.

1. Inledning

Ökat solenergiutnyttjande är en potentiell åtgärd för att minska klimatpåverkan från den byggda miljön och samhället i stort. Genom att bebyggelsen tillhandahåller både en existerande infrastruktur och en direkt närhet till energibehovet är den väl lämpad för att härbärgera en utbyggnad av småskaliga solenergisystem. Det kan röra sig om elproduktion med solceller som är anslutna till elnätet och levererar el till byggnaden vid behov och till elnätet vid överskottsproduktion. Det kan också vara fråga om solvärmesystem som dimensioneras för att täcka behovet av tappvarmvatten eller rumsuppvärmning i en villa eller ett flerbostadshus. Gemensamt för systemen är att de är småskaliga och integreras på existerande byggnadsytor. Den här rapporten behandlar potentialen för sådana solenergianläggningar i bebyggelsen i Dalarnas län.

Sedan 1990-talets början har utnyttjandet av solenergi för elproduktion i bebyggelsen runt om världen ökat markant genom utbyggnad av nätanslutna distribuerade solcellssystem. Från 1992 till och med 2009 ökade den installerade effekten hos nätanslutna solcellssystem från strax över 100 MW_p till drygt 20 GW_p i de länder som är med i IEA:s samarbete kring solceller (IEA-PVPS 2010a). Den totala installerade effekten hos svenska nätanslutna solcellssystem var dock endast 3,5 MW vid 2009 års slut men har ökat kraftigt de senaste åren på grund av ett investeringsstöd (IEA-PVPS 2010b). När det gäller solvärmesystem finns det runt om i världen en kapacitet på drygt 170 GW_{th}, motsvarande nästan 250 km² solfångararea (IEA-SHC 2011). I Sverige finns idag omkring 415 000 m² solfångaryta installerad (IEA-SHC 2011). Även för solvärmesystem finns idag investeringsstöd i Sverige (Energimyndigheten 2009).

Huruvida utnyttjandet av solenergi för produktion av värme och el kommer att öka i bebyggelsen i framtiden beror på ett antal faktorer, framför allt kostnadseffektiviteten hos systemen och möjligheten för småskaliga producenter att tillgodoräkna sig eller få avsättning för överproduktion av el. Det är viktigt att utreda hur stor potential som finns för solenergisystem i bebyggelsen för att kunna bedöma i vilken utsträckning solenergi kan bidra till förnybar och koldioxidfri värme- och elproduktion i framtiden. En omfattande utbyggnad i bebyggelsen kan även skapa nya utmaningar, till exempel relaterade till förändrade lastflöden och spänningsprofiler i lokala elnät och elnätens kapacitet för att hantera ny elproduktion.

Det finns olika metoder för att uppskatta potentialen för solenergi i bebyggelsen. Ett sätt är att samla in detaljerad information om byggnadsgeometrier i städer och beräkna infallande solenergi mot byggnadernas tak- och fasadytor. Dessa metoder kräver omfattande och detaljerade data och beräkningar. Ett annat tillvägagångssätt är att utgå från existerande, mer översiktlig, byggnadsstatistik och med hjälp av kvalificerade antaganden beräkna solenergitillgången på byggnader. Det finns tidigare studier som har gått tillväga på det senare sättet för att uppskatta potentialer för Sverige (VBB 1983, Kjellsson 1999, 2000). Tanken med den här studien är att göra en liknande studie för Dalarnas län, men med tillägget att även ta hänsyn till hur olika faktorer begränsar utnyttjandet av den tillgängliga solenergin.

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med den här rapporten är att bidra till utvecklingen av en klimat- och energistrategi för Dalarnas län genom en uppskattning av potentialen för solenergiutnyttjande i bebyggelsen i länet 2020 och 2050. De huvudsakliga frågeställningarna är:

- Vilken är den maximala potentialen för energitillförsel från solvärme- och solcellssystem genom utnyttjande av takytor i bebyggelsen?
- Vilka takytor kommer att kunna tas i anspråk givet olika förutsättningar, till exempel solvärme- och solcellssystemens pris och möjligheten att få avsättning för överproduktion av el?
- Vilka effekter skulle en storskalig integration av solvärme- och solcellssystem i bebyggelsen kunna få när det gäller investeringsvolym, sysselsättningseffekter och möjlig påverkan på elnäten?

Tonvikten ligger på de två första frågeställningarna och den sista behandlas översiktligt och delvis som diskussion. Det bör poängteras att det är relativt enkelt att göra en grov uppskattning av den maximalt tillgängliga solenergin på takytor genom att multiplicera en uppskattad takyta med den genomsnittliga solinstrålningen per år och m² mot ytans plan. Ett viktigt mål med det här arbetet är att visa hur sådana beräkningar kan nyanseras genom att den maximala *realiserbara* potentialen antas vara begränsad av olika faktorer.

Något bör här sägas om skillnaden mellan potentialberäkningar och prognoser. Uppskattning av potentialer är nära förknippat med prognoser, men de har olika förutsättningar och resultaten bör tolkas på olika sätt. En god potentialstudie visar den maximalt realiserbara potential som finns givet olika förutsättningar. Om vissa avgörande förutsättningar ändras kan potentialen ändras markant. Potentialen visar alltså vilket utrymme som finns att spela med. En prognos skulle istället förutsäga vilket utfall som förväntas i det spann av möjliga utfall som definieras av potentialen. Detta är ett mer eller mindre svårt problem och kan lätt slå fel jämfört med en potentialberäkning eftersom många ytterligare antaganden måste göras, som kan vara svåra att motivera. En potentialberäkning är också lämpligare i strategiskt arbete eftersom den visar vad som är möjligt, till skillnad från en prognos där en viss utvecklingslinje följs.

1.2 Avgränsningar

Ett antal avgränsningar har gjorts, dels för att förenkla arbetet, dels för att metoden och det tillgängliga materialet kräver det:

- De ytor i bebyggelsen som tas med i beräkningarna är byggnadsytor, närmare bestämt takytor. Övriga ytor har utelämnats eftersom de helt enkelt är svåra att uppskatta från den tillgängliga statistiken.
- De solenergitillämpningar som antas är plana solfångare – tappvarmvattensystem och kombisystem – samt solcellssystem, båda för applikation på tak. Någon närmare specificering av olika tekniker är inte nödvändig med den aggregationsnivå som beräkningarna görs på.
- När det gäller solvärmesystemen görs beräkningarna enbart för flerbostadshus och småhus eftersom det är svårt att uppskatta varmvattenbehovet generellt i lokal- och industribyggnader.

- Det finns också begränsningar i det statistiska materialet, som består av taxerade fastigheter. Byggnadsareor av skattebefriade fastigheter så som skolor, kyrkor, kulturbyggnader, allmänna byggnader, osv., omfattas inte av den offentliga statistiken och har därför utelämnats i denna studie, med undantag av Landstingets byggnader, som är väldokumenterade.
- Med hänvisning till diskussionen ovan beräknas endast den maximala realiserbara potentialen. Inga prognoser över den faktiska utvecklingen görs alltså.

1.3 Rapportens disposition

I avsnitt 2 presenteras den metod som används för beräkning av tillgängliga takytor och för bestämning av de genomsnittliga byggnadstyper som bebyggelsen antas bestå av i beräkningarna. Avsnittet beskriver även solenergiBERÄKNINGARNA och de huvudscenarier som antas för 2020 och 2050. I avsnitt 3 görs en genomgång av det statistiska material som har använts till beräkningarna, samt av övriga data och antaganden. Studiens resultat redovisas i avsnitt 4. Diskussion av resultaten och ett antal slutsatser följer i avsnitt 5 respektive 6.

2. Metod

Beräkningarna av solenergipotentialen i länet görs i ett antal steg för att gå från statistik över länets fastigheter till tillförd solenergi (eller sparad energi) per år i GWh. I ett första steg bestäms tillgängliga takytor från byggnadsstatistiken. De faktiska takytorna är inte kända utan uppskattas från fastigheternas golvarea med hjälp av olika antaganden. De beräknade takytorna används sedan tillsammans med kompletterande statistik för att ta fram genomsnittliga typbyggnader i bebyggelsen. Solenergisystem optimeras sedan för dessa typbyggnader och energibesparing eller -tillförsel beräknas. Den slutliga potentialen erhålls genom att resultaten för typbyggnaderna skalas upp till hela bebyggelsen. I de följande delavsnitten beskrivs dessa olika ingående moment i detalj.

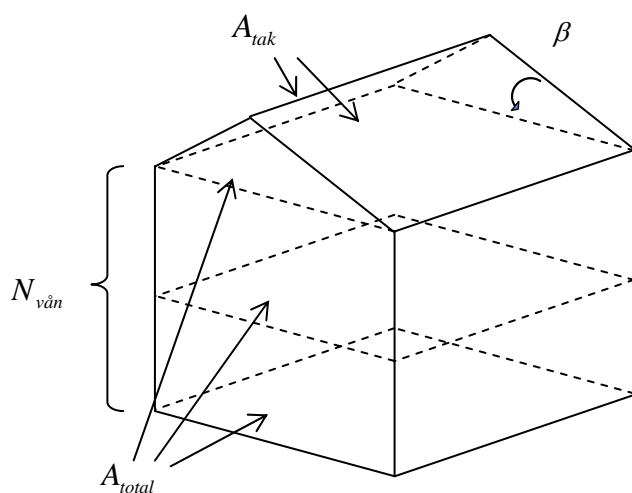
2.1 Uppskattning och klassificering av takytor

Det som avgör den totala instrålningen mot bebyggelsens takytor är de totala tillgängliga ytorna, deras lutning mot horisontalplanet och graden av orientering mot söder. I ett första steg bestäms därför takytorna i bebyggelsen från uppgifter om en fastighets totala golvarea och antaganden om antal våningar och taklutning. De förstnämnda uppgifterna finns i statistik över taxerade fastigheter medan de sistnämnda vanligtvis inte finns i statistik eller i generaliserbart material.

I beräkningarna antas att alla byggnader har en ideal form enligt Figur 2.1. Med de parametrar som visas i figuren blir takytan för en byggnad alltså

$$A_{tak} = \frac{A_{total}}{N_{vån}} \times \frac{1}{\cos \beta} \quad (1)$$

där A_{total} är total golvyta för byggnaden, $N_{vån}$ är antalet våningsplan och β är takets lutningsvinkel. Ekvationen visar att ju fler våningar som antas desto mindre blir takytan jämfört med den totala golvytan och ju brantare taklutningen är desto större blir takytan.

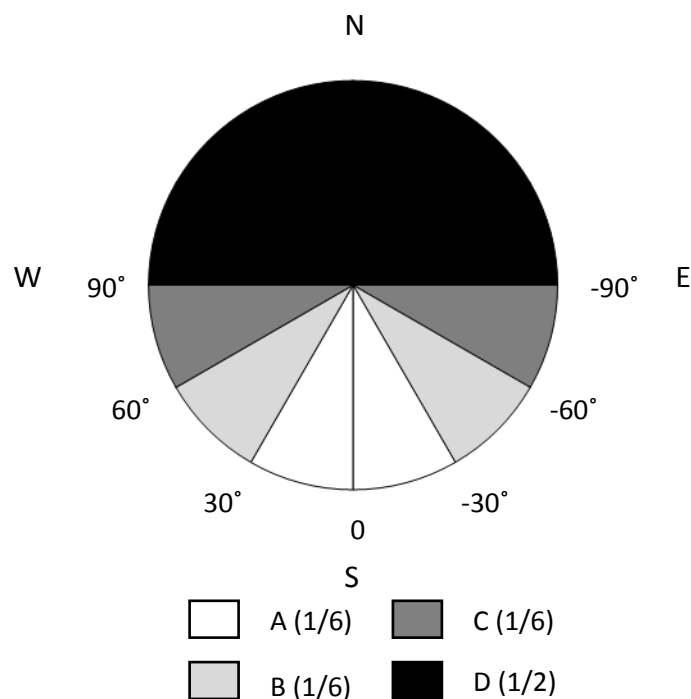


Figur 2.1. Den idealbyggnad som antas i beräkning av takyta (A_{tak}) från statistik över total golvyta för en byggnad (A_{total}). Den uppskattade takytan beror på antalet våningsplan ($N_{vån}$) och lutningsvinkeln för taket (β).

Beräkningarna ger den totala ideala takytan. För att få fram en uppskattning av den för solenergitillämpningar tillgängliga takytan måste hänsyn tas till hinder som takfönster, skorstenar, m.m., samt skuggning.

Byggnadernas orientering avgör tillsammans med taklutningen hur mycket solenergi som faller in mot taket på årsbasis. Eftersom olika orienterade byggnader alltså kommer att ge olika stor energimässig avkastning är det rimligt att anta att alla ytor inte kommer att utnyttjas fullt ut för solenergitillämpningar. Till exempel är det lätt att tänka sig att de bästa ytorna utnyttjas först, medan ytor med sämst avkastning kan bli aktuella när de bästa ytorna är upptagna eller när priset för systemen är så lågt att orienteringen är mindre kritisk. Genom hela studien delas takytorna in i ett antal kategorier med olika genomsnittlig årlig solinstrålning, för att det ska vara möjligt att se hur successivt utnyttjande av mindre gynnsamma ytor bidrar till potentiell solenergitillförsel.

Klassificeringen av olika takytor visas i Figur 2.2. I kategori A är solinstrålningen mot ett lutande tak nära den optimala instrålningen för en södervänd yta. I kategori B är strålningen i genomsnitt omkring 10-20 % lägre och i kategori C omkring 20-30 % lägre. Kategori D omfattar norrvända takytor som i allmänhet inte antas vara lämpliga för solenergisystem. Under antagandet att fördelningen av takytor är likformig över olika orienteringar – ett antagande som stämmer med tidigare undersökningar (se VBB 1983) – kommer en idealbyggnad enligt figur 2.1 att ha ena hälften av takytan i någon av kategorierna A, B eller C med lika stor sannolikhet och den andra hälften i kategori D. Undantaget från denna kategorisering är industribyggnader som antas ha platta tak där solceller i allmänhet vinklas upp till optimal lutning.



Figur 2.2. Klassificering av takytor utifrån instrålningsnivåer. För alla byggnader med lutande tak antas att orienteringen är likformigt fördelad på de olika takkategorierna, vilket innebär att en given byggnad har ena hälften av takarean i någon av kategorierna A-C, med lika stor sannolikhet, och den andra hälften i kategori D.

2.2 Bestämning av genomsnittliga typbyggnader

Utifrån uppgifter om total takarea i bebyggelsen, kompletterande statistik om energianvändning i byggnader och det totala antalet byggnader kan karakteristika för en genomsnittlig byggnad tas fram. Beräkning av energibesparing med solvärme och tillförsel av solet kan sedan göras för en enskild byggnad och därefter skalas upp. Fördelen med detta tillvägagångssätt är att det är lätt att kontrollera att antagna värden och beräkningsresultat är rimliga jämfört med beräkning per m² eller liknande, lättare att relatera till och enklare att kommunicera. De data som behövs för dimensionering av solenergisystemen, och som bestäms för typbyggnaderna, är:

- Takyta efter reduktioner (m²)
- Rumsuppvärmningsbehov (MWh/år)
- Varmvattenuppvärmningsbehov (MWh/år)
- Faktiskt tillförd energi till uppvärmning för olika energibärare (MWh/år)
- Dimensionerande ellaster för solcellssystem
 - Effektbehov mitt på dagen under sommaren (kW)
 - Elanvändning per månad under sommaren (MWh/månad)
 - Elanvändning per år (MWh/år)

För bestämning av dessa krävs även data om:

- Antal boende i bostadshus
- Uppvärmd area (m²)
- Användning av hushållsel/driftel (MWh/år)

2.3 Solenergiberäkningar

Simulering av solvärme- och solcellssystem för typbyggnaderna görs för att bestämma besparad energi till uppvärmning med solvärme och tillförd solet per byggnad.

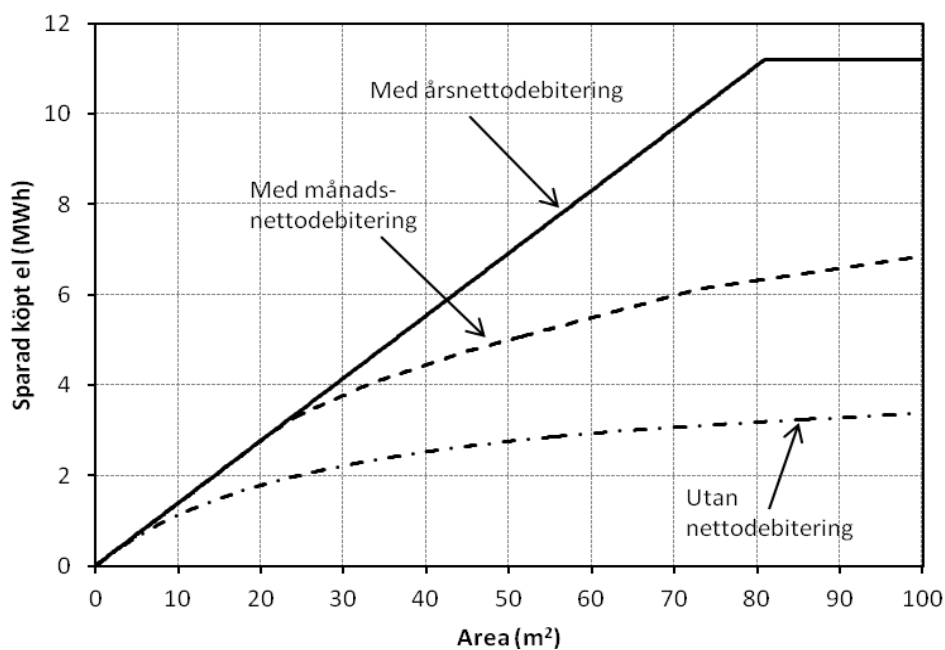
Solvärmsimuleringarna görs i *Polysun 3.3* som är ett simuleringsverktyg för olika typer av solvärmesystem. Polysun beräknar energibalansen för ett solvärmesystem utifrån instrålningsdata och givna parametrar för systemet. De parametrar som krävs är bland annat solfångararean, ackumulatortankens storlek och byggnadens varmvattenbehov och uppvärmningsbehov (för kombisystem). Det som är intressant i den här studien är den energibesparing som kan uppnås med ett solvärmesystem:

$$EB = 1 - \frac{Q_{\text{efter}}}{Q_{\text{före}}}$$

där Q_{efter} är den tillskottsenergi som krävs utöver solvärmens efter att solvärmesystemet har installerats och $Q_{\text{före}}$ är den energi som behövde tillföras före installation av solvärmesystemet. Ett solvärmesystem optimeras gentemot värmebehovet (endast tappvarmvatten eller tappvarmvatten och rumsuppvärmning). Ett successivt större solvärmesystem i förhållande till värmebehovet ger en allt mindre ökning av energibesparingen. En optimal systemstorlek fås

därför genom att variera solfångararean och välja den storlek som ger en förbättring som är tillräckligt stor. I verkligheten finns det en ekonomisk brytpunkt där värdet för besparingen på marginalen blir för liten i förhållande till den ökade solfångarytans kostnad. Här görs ingen sådan ekonomisk beräkning utan rimliga systemstorlekar uppskattas direkt utifrån energibesparingen vid successiv ökning av solfångararean.

Solelsimuleringarna görs med en Matlabmodell som har utvecklats tidigare (Widén 2010, 2011). Modellen beräknar solelproduktionen från ett givet system utifrån solinstrålnings- och temperaturdata. De huvudsakliga parametrarna som kan varieras i modellen är solcellssystemets orientering och storlek samt solcellernas verkningsgrad. När ett solcellssystem dimensioneras är möjligheten till avsättning för överproduktion av solel avgörande. Så länge värdet för såld el är mindre än sparad el dimensioneras systemen för att minimera ett eventuellt överskott. Med *nettodebitering*, där det ackumulerade överskottet dras bort från den ackumulerade lasten under en avräkningsperiod, kan systemstorleken ökas så länge inget överskott produceras över perioden; en månad vid månadsnettodebitering och ett år vid årsnettodebitering (Molin m.fl. 2010). Detta illustreras i Figur 2.3. De dimensionerande ellasterna i de fall som visas i figuren är effektbehovet mitt på dagen under sommaren (utan nettodebitering), månadslasten under sommaren (månadsnettodebitering) och årslasten (vid årsnettodebitering).



Figur 2.3. Sparade inköp av el i en svensk villa med direktverkande elvärme och luftvärmepump, givet olika former av nettoavräkning. Figuren är baserad på resultat från Molin m.fl. (2010).

2.4 Huvudscenarier för 2020 och 2050

Två huvudsakliga scenarier, ett för 2020 och ett för 2050, formulerades. Scenarierna definierar vilka förutsättningar som antas gälla vid de två tidpunkterna och som begränsar utnyttjandet av den totala instrålningen på byggnaderna i länet. Förutsättningarna gäller energianvändningen i bebyggelsen, kostnaden för solcellsel och om den är i nivå med marknadspriset för el (s.k. "grid parity") och möjligheten till nettodebitering. Givet dessa olika förutsättningar beräknas maxpotentialen för solenergiutnyttjande i de båda scenarierna. I praktiken beror det faktiska utnyttjandet på hur lång tid *före* 2020 och 2050 förutsättningarna gäller eftersom utbyggnaden av solenergisystemen skulle ske successivt över tid, men en bedömning av det faktiska utfallet skulle kräva prognoser som ligger utanför studiens ramar.

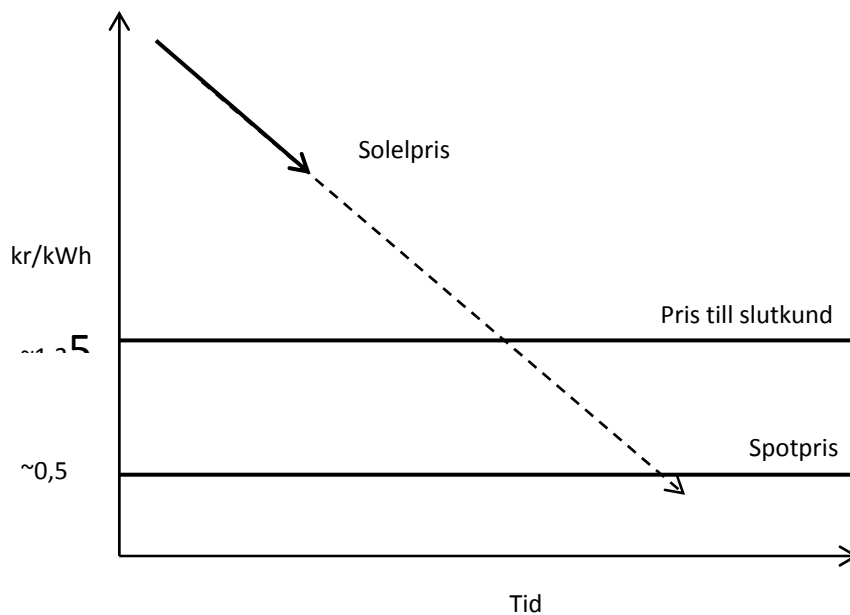
I scenariot för 2020 antas följande:

- Solenergisystemen antas vara dimensionerade för dagens energianvändning. Eftersom en detaljerad analys av möjlig energieffektivisering till 2020 ligger utanför den här studiens ramar antas för enkelhets skull också att energianvändningen 2020 inte är signifikant lägre än idag.
- Solvärme antas installeras i alla småhus utom de med fjärrvärme. Kombisystem antas utom för hus med direktverkande el. Kombisystem antas också vara möjliga att installera i flerbostadshus. Solvärmepotential i lokaler och industri undersöks ej. I grundfallet antas att även flerbostadshus i fjärrvärmenät kommer i fråga för solvärmesystem.
- El från solceller antas ha nått "grid parity" med avseende på priset till mindre kunder som hushåll och lokaler, vilket innebär att det är lönsamt att ersätta köpt el med solel men inte att producera ett överskott för försäljning (jfr. Figur 2.4).
- Det antas att det före 2020 har blivit möjligt för småhusägare och även boende i flerbostadshus med andelar i solcellsanläggningar att räkna av produktionsöverskott på månadsbasis (nettodebitering). Solcellssystemen begränsas därför till att inte producera något överskott på månadsbasis. På icke-permanentbebodda småhus antas att solcellssystem dimensioneras för att täcka elanvändningen momentant under sommaren.
- Solel på lokaler begränsas till att maximalt täcka den egna lasten momentant. Solel bedöms inte vara intressant för industrier till 2020. För egen produktion av kraft i större skala i industrin antas att andra kraftslag är mer ekonomiskt lönsamma.

I scenariot för 2050 antas följande:

- En betydande reduktion av uppvärmningsbehovet i bostäder antas ha ägt rum till 2050, samtidigt som ett varmare klimat kan antas. Detta förändrar potentialen för solvärme. Om varmvattenbehovet är ungefär samma som nu men behovet av rumsuppvärmning lägre och uppvärmningssäsongen betydligt kortare bör systemen dimensioneras för att endast täcka varmvattenbehovet. Därför antas, i både småhus och flerbostadshus, att varmvattensystem och inte kombisystem är installerade. Någon exakt beräkning av energianvändningen 2050 görs inte.

- El från solceller antas ha nått "grid parity" med avseende på produktionspriset för el (jfr. Figur 2.4), vilket innebär att anpassning till det egna behovet under en avräkningsperiod inte längre är begränsande (om inte regelverk för att begränsa solexproduktion på byggnader införs). Maximal potential vid utnyttjande av total tillgänglig takyta redovisas därför. Solel på industribyggnader tas med. Icke-permanentbebodda byggnader antas fortfarande utrustas med solceller för att täcka den momentana elanvändningen under sommardagar.
- I övrigt antas alla andra parametrar vara som idag, vilket förstås kan hinna ändras betydligt på 40 år. Med antagandena ovan behöver eventuella förändringar dock inte påverka potentialen nämnvärt.



Figur 2.4. Schematisk bild av solelprisets utveckling över tid. Två avgörande typer av s.k. "grid parity" definieras av skärningspunkten mellan solelpriset och priset till slutkund respektive priset på elspotmarknaden. När solelpriset når elpriset för slutkunderna blir det intressant för dessa att spara el med egenproduktion av solel. När solelpriset når spotmarknadspriset för el blir det intressant att producera solel kommersiellt.

3. Material

I det här avsnittet beskrivs det material som studien har utgått ifrån: byggnadsstatistik som används för att uppskatta takytor i bebyggelsen (3.1), energianvändningsstatistik som används för att beräkna energibehovet i olika byggnadstyper (3.2), data till solenergiBERÄKNINGARNA (3.3) samt vissa övriga antaganden (3.4).

3.1 Byggnadsstatistik

I materialet som utnyttjas i studien finns 26 olika typer av fastigheter. För att göra materialet mer lätthanterligt och för att de studerade byggnadstyperna ska motsvara kategorier som det går att göra rimliga antaganden om delades fastighetstyperna in i ett antal samlade kategorier; småhus, flerbostadshus, lokaler och industribyggnader. Från materialet framgår de för studien intressanta uppgifterna total area, total uppvärmd area och antal fastigheter, vilka visas i Tabell 3.1. Vilka fastighetstyper som motsvaras av respektive kategori framgår av Bilaga A. Materialet innehåller inga uppgifter om de flesta av de så kallade specialenheternas byggnadsareor. Specialenhet är en byggnadskategori i fastighetstaxeringsregistret och omfattar byggnader som kulturbyggnader, bad-, sport- och idrottsanläggningar, kyrkor, skolor, vårdbyggnader och allmänna byggnader. Dessa är skattebefriade och deras byggnadsareor behöver inte redovisas till Skatteverket. Därför har dessa byggnader inte kunnat inkluderas i studien, med undantag av byggnader som ägs av landstinget, då det finns god tillgång till data om dessa byggnader från landstingens egen statistik.

Tabell 3.1. Total area, uppvärmd area och antal fastigheter i de samlade byggnadskategorierna i datamaterialet.

Byggnadstyp	Total area (km ²)	Uppvärmd area (km ²)	Antal fastigheter
Småhus	15,5	11,5	111 280*
Flerbostadshus	4,5	4,5	3 006
Lokaler	2,5	2,5	1 830
Industri	4,5	0,42	–

* Varav 31 667 är utan permanentboende.

Som framgår av tabellen är småhusen den avsevärt mest omfattande enskilda kategorin, både i fråga om total area och antal fastigheter. Småhus kan i sin tur delas in i permanentbebodda och icke-permanentbebodda småhus. Dessa båda antas ha samma genomsnittliga byggnadsdata men olika energianvändning beroende på att de utnyttjas på olika sätt. Ett alternativ hade varit att utnyttja kategorin med fritidshus ("Småhus - Fritidshus" i Bilaga A), men det kompliceras av att fritidshus kan vara permanentbebodda och vanliga småhus inte behöver vara det. Eftersom det är huruvida byggnaderna är permanentbebodda eller inte som är intressant för energianvändning och lämplighet för solenergisystem valdes den förstnämnda indelningen. Observera även att för industrifastigheter tas inga genomsnittliga byggnadstyper fram, varför antalet fastigheter inte behövs; däremot finns det förstås tillgängligt i statistiken.

Utöver statistiken krävs, som framgick av metodavsnittet, kompletterande antaganden om antalet våningsplan och taklutningen för olika typer av byggnader. För enkelhets skull antogs att taklutningen för alla byggnadstyper förutom industribyggnader är 30°. Taken för de sistnämnda antas vara helt plana. Taklutning och antal våningsplan framgår av Tabell 3.2.

Tabell 3.2. Kompletterande antaganden om antal våningsplan och taklutning för olika byggnadstyper och byggnationsår. Baserade på uppgifter i Kjellsson (1999) samt egna antaganden.

Byggnadstyp	Antal våningsplan ($N_{vån}$)	Taklutning (β)
Småhus	1,25 (-1940, 1971-)	30°
	1,05 (1941-1960)	
	1,1 (1961-1970)	
Flerbostadshus	3 (-1990)	30°
	4 (1991-)	
Lokaler	5 (vårdenheter)	30°
	3 (övriga, -1990)	
	4 (övriga, 1991-)	
Industri	1,4	0°

När det gäller industribyggnader antas, liksom i VBB (1983), att systemen vinklas 45° och placeras i rader på ett avstånd av dubbla panellängden för att förhindra skuggning. Detta antagande gör att solcellsytan för enkelhets skull blir hälften så stor som den utnyttjade takytan.

Slutligen krävs också antaganden om reduktioner på grund av skuggning och hinder på byggnader. Dessa antogs vara samma som i Kjellsson (1999). Där antas hinder reducera den tillgängliga takytan med 10 % för småhus och 20 % för resterande kategorier. Skuggning antas reducera ytan med 10, 15, 20 samt 10 % för småhus, flerbostadshus, lokaler respektive industribyggnader.

Tabell 3.3. Relativ fördelning av uppvärmningssystem mellan småhus i Norra Mellansverige, dit Dalarnas län räknas. Baserat på statistik i Energimyndigheten (2011a).

Uppvärmningssystem	Andel av småhusen (%)
Enbart elvärme (direktverkande)	10
Enbart elvärme (vattenburen)	9
Biobränsle och el	22
Enbart biobränsle	20
Berg-/jord-/sjövärmepump och el	2
Berg-/jord-/sjövärmepump och biobränsle	5
Berg-/jord-/sjövärmepump	12
Fjärrvärme	9
Övriga uppvärmningssätt	11

3.2 Energianvändningsstatistik

För att ta fram energistatistik som kan antas gälla generellt för genomsnittliga byggnader användes Energimyndighetens energistatistik för småhus, fritidshus, flerbostadshus och lokaler (Energimyndigheten 2011a-c, SCB 2002). Från statistiken framgår den genomsnittliga energianvändningen till olika ändamål i byggnaderna uppdelat på olika uppvärmningssätt. I de fall statistiken är uppdelad regionalt används data för Norra Mellansverige, där Dalarnas län ingår. Av särskilt intresse är fördelningen av uppvärmningssystem mellan småhus, vilket avgör dimensionering av både solvärme- och solcellssystem; se Tabell 3.3.

Kompletterande data om dimensionerande ellaster för solcellssystem i byggnaderna togs från en tidigare studie av nettodebitering av solel (Molin m.fl. 2010). Kompletterande statistik över bränsleanvändningen i fjärrvärmesystemen i länet samlades in från Svensk Fjärrvärme (2011) och kompletteringar från ett antal system (Sternberg 2011). Bränsleanvändningen används för att översiktligt bedöma det miljömässiga värdet av solenergitillförsel i fjärrvärmenäten. En översikt över bränsleanvändningen i näten visas i Figur 3.1.

3.3 Data till solenergisimuleringarna

I solelsimuleringarna användes uppmätta solinstrålningsdata från SMHI:s Borlängestation tillsammans med temperaturdata för samma år. Solinstrålningsdata beskrivs i detalj i SMHI (2000). Året har valts därför att det förefaller vara tämligen normalt i fråga om total årlig instrålningsnivå. Den viktigaste parametern i simuleringarna är verkningsgraden, som avgör hur stor area som behövs för att producera en viss topp effekt. Den resulterande verkningsgraden från antagandena, 14 %, bedöms vara ett rimligt genomsnitt för de solceller som kan komma att installeras framöver. Om den genomsnittliga verkningsgraden skulle vara högre behövs en mindre area för produktion av samma volymer el.

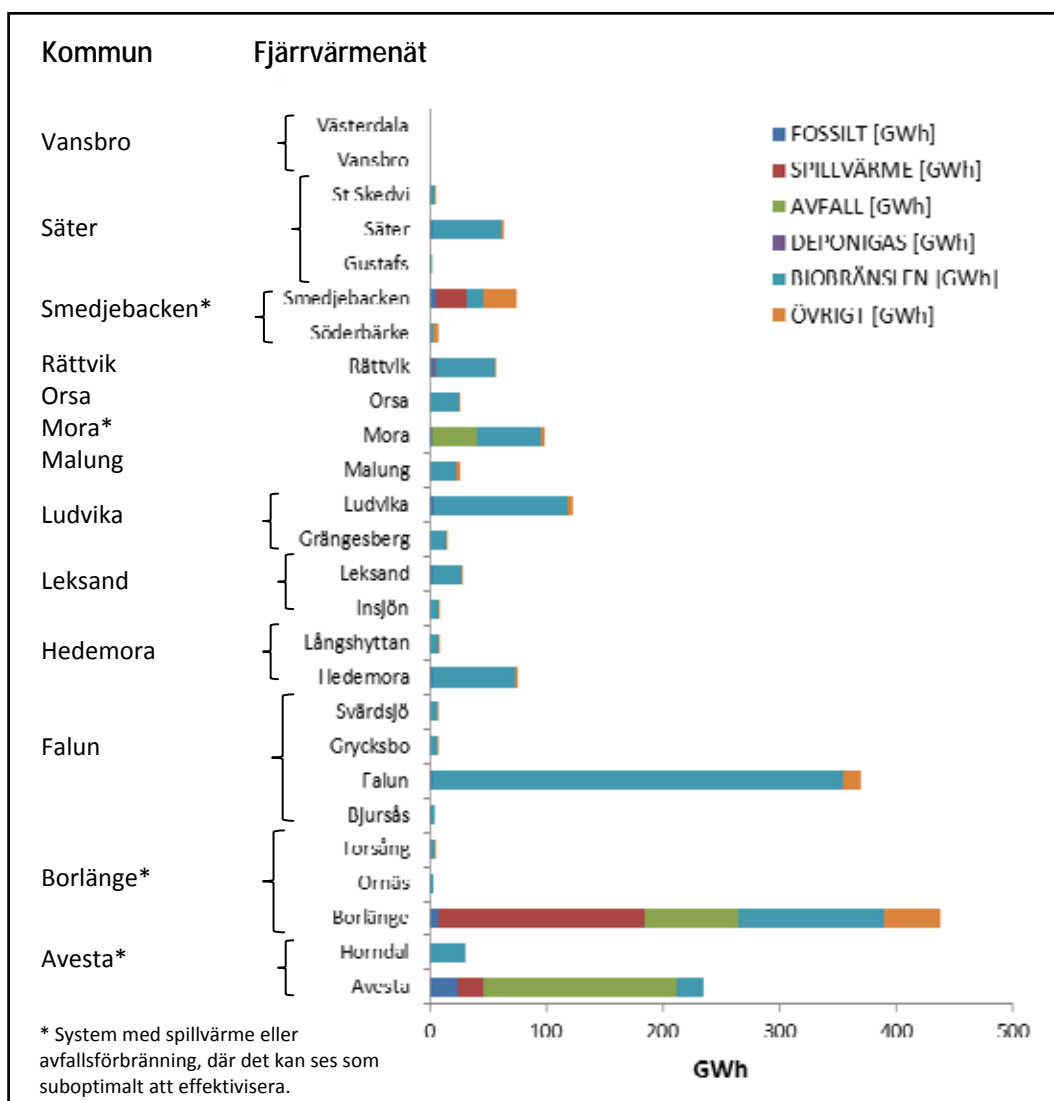
I solvärmesimuleringarna användes också solinstrålningsdata för Borlänge, men i det här fallet de data som finns inbyggda i Polysun och som också motsvarar ett standardmässigt, om än inte identiskt, år. Den grundläggande dimensioneringen av systemkomponenter baseras på Byggeforskningsrådet (1998). De data som användes i simuleringarna, utöver de beräknade data för typbyggnaderna, visas i Tabell 3.4.

Tabell 3.4. Huvudsakliga data och parametrar vid simulering av solvärmesystem i Polysun och av solcellssystem med modellen beskriven i Widén (2010, 2011).

Parameter/data	Värde/beskrivning
Tankvolym (liter per m ² solfångararea)	75
Modultoppeffekt för solceller (W)	140
Modularea för solceller (m ²)	1

3.4 Övriga antaganden

Vid uppskattningar av sysselsättningseffekter antas den ofta använda schablonen att 1 Mkr i omsättning ger ett årsarbete. Beräkningarna baseras för enkelhets skull på ungefärliga nuvarande systempriser för solvärme- och solcellssystem. Solvärmesystem antas ha en kostnad på 6,5 kSEK per m² solfångare, inklusive ackumulatortank, övriga nödvändiga VVS-installationer (rör, isolering, ventiler, *etc.*) och montering (Energimyndigheten 2009). Solcellssystem antas kosta 76 SEK/W_p inklusive installation (IEA-PVPS 2010b).



Figur 3.1. Totala bränslen till fjärrvärmeproduktion i fjärrvärmesystem i Dalarnas län 2008 (och i något fall 2009). Baserat på Svensk Fjärrvärme (2011) och kompletteringar för Avesta, Gustafs och Horndal (Sternberg, 2011). Data för Avesta är från 2009.

4. Resultat

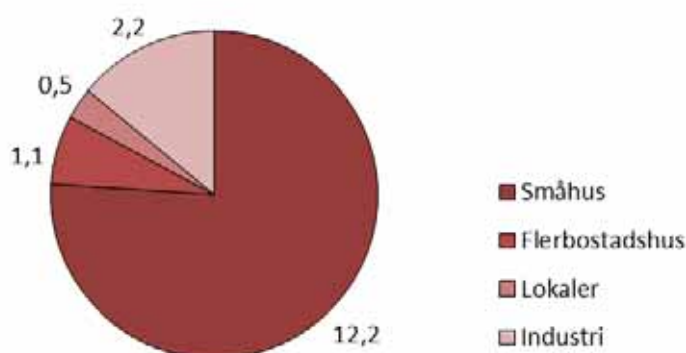
Här presenteras resultaten från beräkningarna av takytor (4.1), genomsnittliga typbyggnader (4.2), solvärme- och solelproduktion i typbyggnaderna (4.3) samt potentialen 2020 (4.4) och 2050 (4.5). För mer detaljer om resultaten och de specifika beräkningar som har utförts hänvisas till Bilaga C.

4.1 Takytor

Totalt tillgängliga takytor i länet beräknades från fastighetsstatistiken. Resultatet visas i Tabell 4.1 och Figur 4.1. Småhusen står för den största tillgängliga takytan. Av denna yta tillhör en knapp tredjedel icke-permanentbebodda småhus. Notera de skilda ytorna per byggnad. Genomsnittliga flerbostadshus har knappt mer än tre gånger större takyta än ett genomsnittligt småhus men har, som vi ska se, ungefär tio gånger högre energianvändning. Detta begränsar utbyggnaden av solenergisystem när dimensionering sker mot energibehovet.

Tabell 4.1. Beräknade takytor för olika byggnadstyper, före och efter reduktion för olika hinder och skuggning.

Byggnadstyp	Beräknad takyta (km ²)	Tillgänglig takyta efter reduktioner (km ²)	Tillgänglig takyta efter reduktioner (m ² /fastighet)
Småhus	15,2	12,2	109
Flerbostadshus	1,7	1,1	363
Lokaler	0,83	0,50	271
Industri	3,2	2,2	–



Figur 4.1. Totalt tillgängliga takytor för olika byggnadstyper i Dalarnas län efter reduktioner.

4.2 Genomsnittliga typbyggnader

Genomsnittliga byggnadstyper togs fram baserat på fastighetsstatistiken, beräknade takytor och energianvändningsstatistik. Data för typbyggnaderna visas i Tabell 4.2. Notera att flerbostadshusen har en bostadsdel och en lokaldel. Egentligen finns det tre kategorier för

flerbostadshus i statistiken: flerbostadshus med övervägande lokaler, med bostäder och lokaler samt med övervägande bostäder. Här har den första kategorin räknats som lokalbyggnader medan de två senare har räknats som flerbostadshus. För detaljer, se bilaga A.

Tabell 4.2. Beräknade data för de olika genomsnittliga typbyggnaderna. För vissa kategorier finns endast ett totalvärde för bostadsdel och lokaldel eller för rums- och varmvattenuppvärmning.

	Småhus*	Flerbostadshus		Lokaler
		Bostadsdel	Lokaldel	
Totalt antal boende	2,45	25,2	–	–
Antal boende per lägenhet	2,45	1,37	–	–
Antal lägenheter	1	18,4	–	–
Takyta efter reduktioner (m ²)	109	363		271
Uppvärmad area (m ²)	103	1271	237	1347
Total area (m ²)	140	”	”	”
Rumsuppvärmningsbehov (MWh/år)	18	183	32,2	183
Varmvattenuppvärmningsbehov (MWh/år)	1,9	19		
Hushållsel/driftel (MWh/år)	6,0	55,3	26,5	151

* Detta gäller de 79 613 småhusen med permanentboende. För icke-permanentbebodda småhus antas samma byggnadsdata men energianvändning för fritidshus: 4 MWh/år elvärme och 1 MWh/år ved/pellets (SCB 2001).

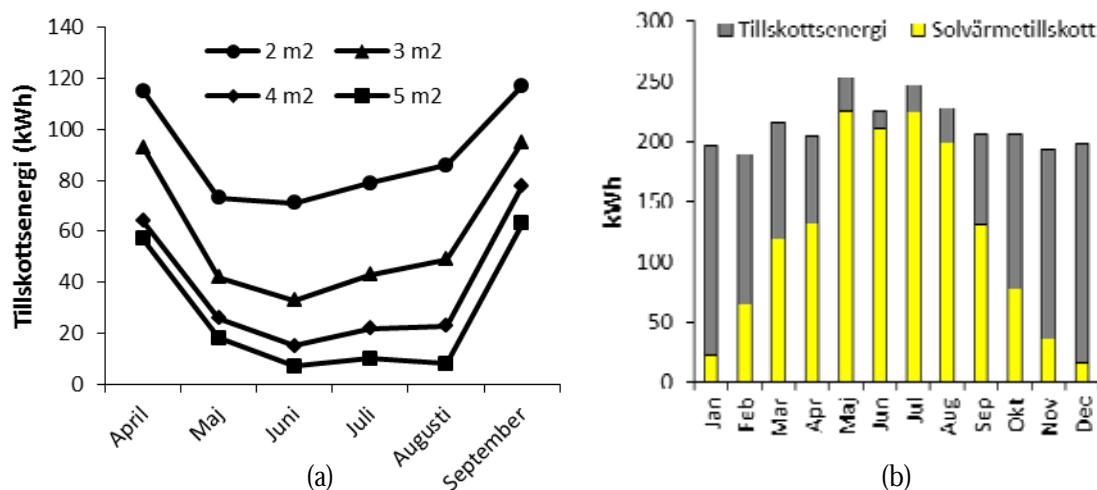
Dimensionerande ellaster visas för olika typer av byggnader i Tabell 4.3. Här kan noteras att elanvändningen under sommaren är i stort sett lika för småhus med endast hushållsel och småhus med elvärme, medan elanvändningen över året är högre för elvärmdda småhus. Dimensionering av solcellssystem kommer att bli likadan vid dimensionering mot effektbehovet på sommaren och månadslasten under sommaren, men soleltillförseln i förhållande till årselanvändningen kommer att bli mycket olika.

Tabell 4.3. Beräknade dimensionerande ellaster för de olika genomsnittliga typbyggnaderna, baserat på Molin m.fl. 2010.

	Genomsnittligt effektbehov mitt på en dag i juli (kW)	Elanvändning under juli månad (MWh)	Elanvändning per år (MWh)
Villa med hushållsel	0,6	0,38	6
Villa med elvärme	0,7	0,44	16
Flerbostadshus	9,0	7,2	82
Lokaler	27,5	10,7	151

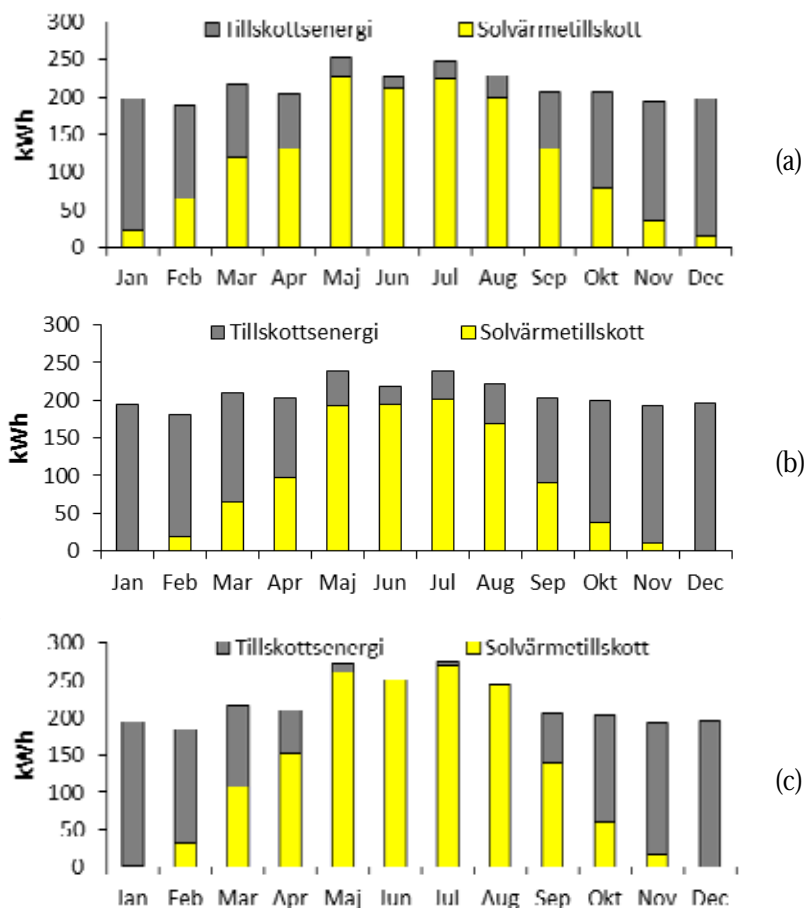
4.3 Solvärme- och solcellssystem för typbyggnaderna

Solinstrålningen mot de uträknade takytorna i länet är ungefär 15 TWh, om man antar en genomsnittlig årlig instrålning över alla byggnadsorienteringar på omkring 900 kWh/m². Utnyttjandet av instrålningen beror på hur stora solvärme- och solcellssystem som kan byggas ut på de enskilda byggnaderna. Solvärme- och solcellssystem simulerades och energibesparing per byggnad och elproduktion per m² beräknades. Dimensionering av ett solvärmesystem för uppvärmning av tappvarmvatten i det genomsnittliga permanentbebodda småhuset illustreras i Figur 4.2. En ökad solfångararea ger ett minskat behov av tillskottsenergi till systemet, men denna minskning blir mindre för varje m² solfångare. En rimlig storlek på systemet uppnås när minskningen fortfarande är tillräckligt stor för att kostnaden för att öka arean är i proportion till den besparing som görs. Här görs som tidigare nämnts ingen ekonomisk beräkning, men det bedöms att 4 m² är en rimlig storlek för ett tappvarmvattensystem i småhuset, vilket ger en besparing på 50 % av tappvarmvattenbehovet. Motsvarande dimensionering av kombisystem ger en optimal storlek på 8 m² och en besparing på 10 % av det totala uppvärmningsbehovet (tappvarmvatten plus rumsuppvärmning). Samma besparing uppnås i det genomsnittliga flerbostadshuset med tio gånger så stora system, det vill säga 40 respektive 80 m². Dessa storlekar och besparingar antas fortsättningsvis gälla för de byggnader där solvärme installeras. Uppskattningarna är helt i överensstämmelse med de tumregler vid dimensionering för installatörer av solvärmesystem som finns i Bygghälsorådet (1998).



Figur 4.2. Dimensionering av solvärmesystem för tappvarmvatten i det genomsnittliga permanentbebodda småhuset. Resultat från simuleringar i Polysun. I (a) visas behovet av tillskottsenergi med olika solfångarareor och i (b) visas tillförd energi till ackumulatortanken i ett valt system med 4 m² solfångararea. Energibesparingen i det senare systemet är 50 %.

Här ovan antogs att solfångaren var riktad rakt söderut, det vill säga för ett tak i kategori A. För att beräkna utnyttjandet av takyta i de övriga kategorierna måste hänsyn tas till att systemutbytet blir lägre vid icke-optimal orientering. Här antas att man vill uppnå samma besparing och därför skalar upp systemet i de andra två takkategorierna. Som visas i Figur 4.3 ger det ovan studerade systemet en besparing på 35 % om det orienteras rakt österut. För att nå 50 % besparing vid denna orientering måste solfångararean skalas upp till 8,7 m². I takkategori B är den genomsnittliga skalfaktorn för att uppnå samma besparing 1,2 och i kategori C 1,7.



Figur 4.3. Tillförd energi till ackumulatortanken i ett solvärmesystem med olika solfångaryta och orientering. Resultat från simuleringar i Polysun. Figur (a) visar samma system som i figur 4.2 (b), med energibesparing på 50 %. Figur (b) visar samma system med orientering av solfångaren rakt österut och en resulterande energibesparing på 35 %. Figur (c) visar samma system som i (b) men med solfångararean $8,7 \text{ m}^2$ istället för 4 m^2 , vilket ger en energibesparing på 50 %.

Solcellsystem simulerades för en taklutning på 30° som antas gälla för bostäder och lokaler och en lutning på 45° som antas gälla för system på industritak (jfr. Tabell 3.2). Resultaten visas i Tabell 4.4. Utbytet minskar förstas för mindre gynnsamma takkategorier och det är värt att notera att årsproduktionen minskar mer än maxeffekten, vilket har betydelse för de olika systemdimensioneringar som görs. Det antas också att solcellsarean också skalas upp för sämre orienterade tak för att nå en viss topp effekt, månadsproduktion eller årsproduktion.

Tabell 4.4. Resultande solelproduktion för olika taklutningar och takorienteringar (definierade som mittpunkterna i intervallen i Figur 2.2).

	30° taklutning			45° taklutning		
	A	B	C	A	B	C
Maxeffekt (W/W_p)	0,81	0,78	0,74	0,84	0,80	0,75
Årsproduktion (Wh/W_p)	866	806	718	880	806	699
Årsproduktion (Wh/m^2)	121	113	101	123	113	98

I de följande avsnitten visas utnyttjade takytor, sparad energi med solvärme och tillförd solet för de olika genomsnittliga typbyggnaderna, olika takkategorier och i vissa fall olika typer av system.

Permanentbebodda småhus

Tabell 4.5 visar resultaten för permanentbebodda småhus. Här antas att solvärmesystem installeras i alla hus utom de med fjärrvärme som uppvärmningssätt. Av de hus som installerar solvärme antas att kombisystem installeras i alla utom i de som har direktverkande el (jfr. Tabell 3.3). Denna mix av varmvatten- och kombisystem gör att solfångararean per byggnad inte är exakt 4 eller 8 m² för A-kategorin i Tabell 4.5. Solvärmesystemen i de olika kategorierna ger samma energibesparing men större solfångararea behövs för sämre orienterade tak. Solcellssystemen är större i kategorierna B och C för att öka produktionen under sommardagar och sommarmånader men årsproduktionen är lägre i dessa fall på grund av den mindre gynnsamma orienteringen. När det finns möjlighet till årsnettodebitering av solet kan den tillgängliga takytan utnyttjas maximalt men hur stor yta som är tillgänglig begränsas av hur stora solfångare som finns på taken.

Tabell 4.5. Utnyttjade takytor, sparad energi med solvärme (mix av tappvarmvattensystem och kombisystem beroende på uppvärmningssystemet) samt tillförd solet för det genomsnittliga permanentbebodda småhuset i olika takkategorier.

Permanentbebott småhus	Solvärme			Solel								
				Utan nettodebitering			Månadsnetto			Årsnetto		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Solfångar-/solcellsytta (m ²)	6,9	8,1	12	5,4	5,6	5,9	19	20	21	47	46	43
Sparad/tillförd energi (MWh)	1,9	1,9	1,9	0,66	0,63	0,59	2,3	2,2	2,1	5,7	5,2	4,3

Icke-permanentbebodda småhus

Tabell 4.6 visar resultaten för icke-permanentbebodda småhus. Där sparas endast varmvatten under den tid som huset antas vara utnyttjat (juni-augusti) och energibesparingen blir därför mindre än i permanentbebodda småhus där besparing sker även under vår och höst. Solcellssystemen begränsas till att ungefär täcka hushållsbelastningen mitt på dagen (500 W).

Tabell 4.6. Utnyttjade takytor, sparad energi med solvärme (tappvarmvattensystem) samt tillförd solet för det genomsnittliga icke-permanentbebodda småhuset i olika takkategorier.

Icke-permanentbebott småhus	Solvärme			Solel		
	A	B	C	A	B	C
Solfångar-/solcellsytta (m ²)	4,0	4,2	4,5	3,6	3,6	3,6
Sparad/tillförd energi (MWh)	0,45	0,45	0,45	0,43	0,41	0,36

Flerbostadshus

Tabell 4.7 visar resultat både för fallet med varmvattensystem och fallet med kombisystem i flerbostadshus. Här är det endast intressant att veta om nettodebitering tillåts, oavsett om det är på månadsbasis eller årsbasis, eftersom hela den södervända takytan utnyttjas redan vid månadsnetto. Här antas att alla flerbostadshus utrustas med solvärmesystem. Ett sätt att nyansera resultaten är att ta hänsyn till vilka fjärrvärmesystem flerbostadshusen är anslutna till. Fjärrvärmesystem med en bas av spillvärme eller avfallsförbränning kan ses som mindre lämpade för solvärmeutbyggnad, eftersom solvärmens skulle konkurrera med basproduktionen utan någon egentlig miljövinst. Kommuner med spillvärme och avfallsförbränning är, enligt Figur 3.1, Avesta, Borlänge, Mora och Smedjebacken. I dessa kommuner finns drygt 20 % av flerbostadshusen i länet, vilket innebär att om solvärmeutbyggnad undviks i dessa byggnader skulle energibesparingen i Tabell 4.7 minska med ungefär denna andel.

Tabell 4.7. Utnyttjade takytor, sparad energi med solvärme (tappvarmvattensystem och kombisystem) samt tillförd solex för det genomsnittliga flerbostadshuset i olika takkategorier.

Flerbostadshus	Solvärme			Solel utan nettodebitering			Solel med nettodebitering		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<i>Varmvattensystem:</i>									
Solfångar-/solcellsyta (m ²)	40	47	68	80	83	88	142	134	114
Sparad/tillförd energi (MWh)	9,5	9,5	9,5	9,7	9,3	8,8	17	15	11
<i>Kombisystem:</i>									
Solfångar-/solcellsyta (m ²)	80	94	136	80	83	46	102	88	46
Sparad/tillförd energi (MWh)	20	20	20	9,7	9,3	4,6	12	9,6	4,6

Lokalbyggnader

Slutligen visar Tabell 4.8 solexproduktionen i den genomsnittliga lokalbyggnaden. Som har nämnts beaktas inte solvärmesystem i dessa byggnader. Samma takyta antas för alla tre takkategorierna, eftersom den södervända takytan utnyttjas i alla dessa fall på grund av hög last i förhållande till takytan.

Tabell 4.8. Utnyttjade takytor och tillförd solex för den genomsnittliga lokalbyggnaden i olika takkategorier.

Lokalbyggnad	Solel		
	A	B	C
Solcellsyta (m ²)	136	136	136
Tillförd energi (MWh)	16	15	14

4.4 Potential 2020

Tabell 4.9 och 4.10 visar den totala potentialen för solvärme och solex i länet 2020. För varje bebyggelseyp som kommer i fråga för utbyggnad visas den sparade energin till uppvärmning respektive den tillförda solexen, samt den takareal som skulle behöva tas i anspråk vid successivt utnyttjande av mindre gynnsamma taktyper. Det kan konstateras att småhus har den avsevärt största potentialen att bidra till både solvärme- och solexproduktion i länets bebyggelse, på grund av den stora tillgängliga takytan. Detta är också fallet trots att en knapp tredjedel av småhusen är icke-permanentbebodda och endast bedöms kunna bidra marginellt.

Tabell 4.9. Maximalt utnyttjade taktyper och sparad energi med solvärme 2020 för de olika bebyggelseyperna småhus, flerbostadshus och lokaler vid successivt utnyttjande av olika gynnsamma takkategorier.

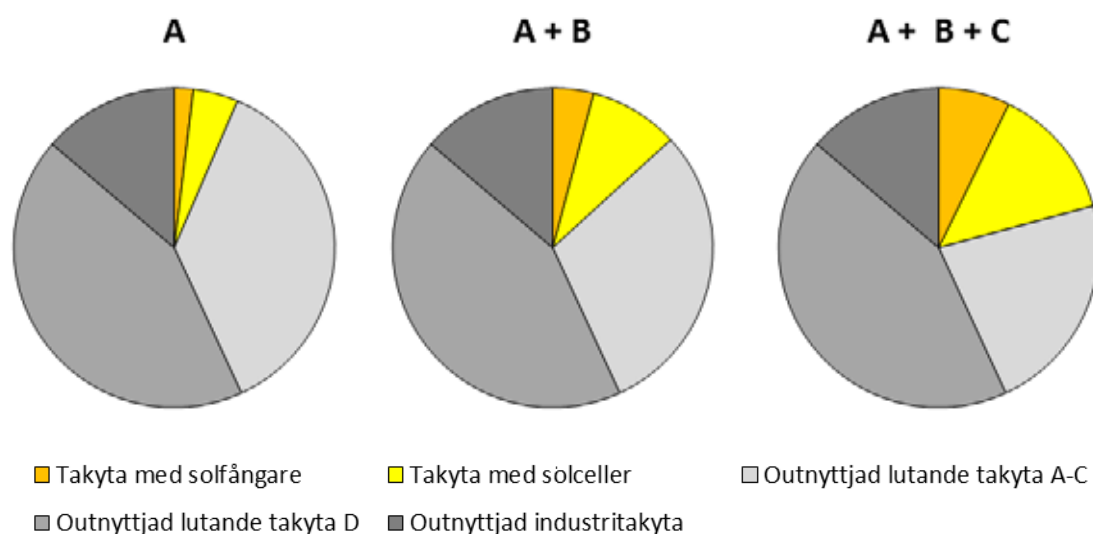
Takkategori	Permanentbebodda småhus		Icke-permanentbebodda småhus		Flerbostadshus	
	Sparad energi till uppvärmning (GWh)	Utnyttjad takyta (tusental m ²)	Sparad energi till uppvärmning (GWh)	Utnyttjad takyta (tusental m ²)	Sparad energi till uppvärmning (GWh)	Utnyttjad takyta (tusental m ²)
A	51	183	5	42	20	80
A + B	102	399	10	87	40	174
A + B + C	153	710	14	134	61	311

Tabell 4.10. Maximalt utnyttjade taktyper och tillförd solex 2020 för de olika bebyggelseyperna småhus, flerbostadshus och lokaler vid successivt utnyttjande av olika gynnsamma takkategorier.

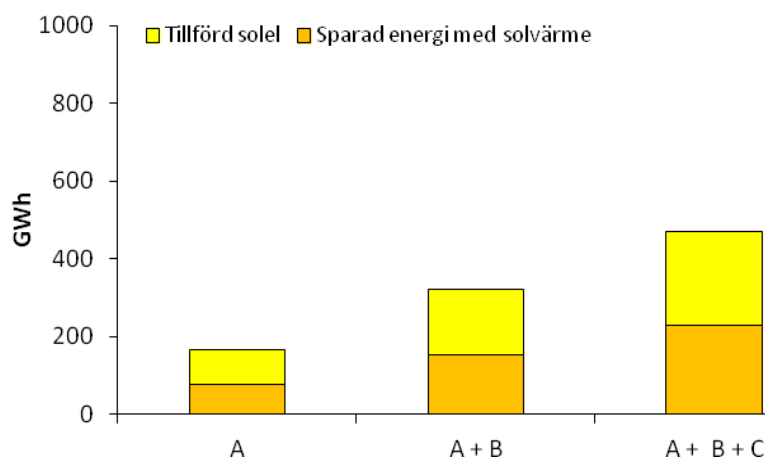
Takkategori	Permanentbebodda småhus		Icke-permanentbebodda småhus		Flerbostadshus		Lokaler	
	Tillförd solex (GWh)	Utnyttjad takyta (tusental m ²)	Tillförd solex (GWh)	Utnyttjad takyta (tusental m ²)	Tillförd solex (GWh)	Utnyttjad takyta (tusental m ²)	Tillförd solex (GWh)	Utnyttjad takyta (tusental m ²)
A	61	505	5	38	12	102	10	83
A + B	120	1024	9	76	22	187	19	165
A + B + C	175	1573	13	114	27	233	28	248

Figurerna 4.4 och 4.5 visualiserar de sammanlagda resultaten från tabellerna. Figur 4.4 sätter de utnyttjade takareorna i relation till hur stor yta som finns tillgänglig totalt, även kategori D (norrvända ytor) inkluderad. Som framgår av figuren är ungefär hälften av de mer gynnsamma ytorna outnyttjade även i det fall då alla takkategorierna A-C bebyggs till den grad som är möjlig under de förutsättningar som antas gälla 2020. Att ytan inte utnyttjas beror framför allt på att solcellssystemen anpassas till elanvändningen under sommarmånaderna i bostadshusen på grund av att månadsnettodebitering av solex antas vara på plats 2020, samt att en stor del av ytan på icke-permanentbebodda småhus är outnyttjad. Observera att om ingen möjlighet till nettodebitering eller annan kreditering av produktionsöverskott skulle finnas 2020 skulle

potentialen vara avsevärt mycket lägre (jfr. Tabell 4.5). Totalt, enligt Figur 4.5, skulle knappt 230 GWh solvärme och drygt 240 GWh solet kunna produceras i länet 2020.



Figur 4.4. Maximalt utnyttjande av olika gynnsamma tak för solvärme- och solcellssystem i bebyggelsen 2020.



Figur 4.5. Sparad energi med solvärme och tillförd solet vid utnyttjande av olika gynnsamma tak i bebyggelsen 2020.

Uppskattningen av investeringsvolymerna och arbetstillfällena visar att med dagens systempriser (se avsnitt 3.4) skulle den totala investeringskostnaden för solcellssystemen vara 23 miljarder kronor och för solvärmesystemen drygt 7 miljarder kronor vid utnyttjande av alla takkategorier A-C. En direkt omräkning till sysselsättning ger således 30 000 årsarbeten. Detta kräver lika många investeringsbeslut som antalet berörda fastigheter. För solvärmesystemen är detta 114 000 och för solcellssystemen 116 000. Utslaget över de återstående åtta åren fram till 2020 blir detta ungefär 3 800 årsarbeten per år och drygt 14 000 investeringsbeslut per år och systemtyp.

4.5 Potential 2050

Tabellerna 4.11–4.13 visar den totala potentialen för solvärme och solex i länet 2050. Med de antaganden som gäller för det här scenariot är energianvändningen för uppvärmning lägre och uppvärmningssäsongen kortare än 2020 eftersom byggnaderna antas vara mer välisolerade och klimatet varmare (se avsnitt 2.4). Det gör att solvärmesystem dimensionerade för uppvärmning av tappvarmvatten är bättre lämpade än kombisystem. Solvärmepotentialen är därför lägre än 2020. Elanvändningen är inte längre begränsande för dimensionering av solcellssystemen eftersom årsnettodebitering antas, vilket i kombination med att de mindre solvärmesystemen frigör takyta gör att potentialen för solex är avsevärt större än 2020. Potentialen för icke-permanentbebodda småhus antas vara densamma som 2020, liksom för lokalbyggnader eftersom takytan redan var utnyttjad maximalt redan 2020. Maxpotentialen för solex på industribyggnader är också med i detta scenario eftersom kommersiell solexproduktion antas vara marknadsmässig. Solcellerna antas, som beskrivits i avsnitt 3.1, vara monterade i rader vinklade 45°, på ett avstånd av dubbla panellängden från varandra, vilket gör att solcellsytan blir hälften så stor som takarean.

Tabell 4.11. Maximalt utnyttjade takytor och sparad energi med solvärme 2050 för de olika bebyggelse typerna småhus, flerbostadshus och lokaler vid successivt utnyttjande av olika gynnsamma takkategorier.

Takkategori	Permanentbebodda småhus		Icke-permanentbebodda småhus		Flerbostadshus	
	Sparad energi till uppvärmning (GWh)	Utnyttjad takyta (tusental m ²)	Sparad energi till uppvärmning (GWh)	Utnyttjad takyta (tusental m ²)	Sparad energi till uppvärmning (GWh)	Utnyttjad takyta (tusental m ²)
A	23	97	5	42	10	40
A + B	50	211	10	87	19	87
A + B + C	89	376	14	134	29	155

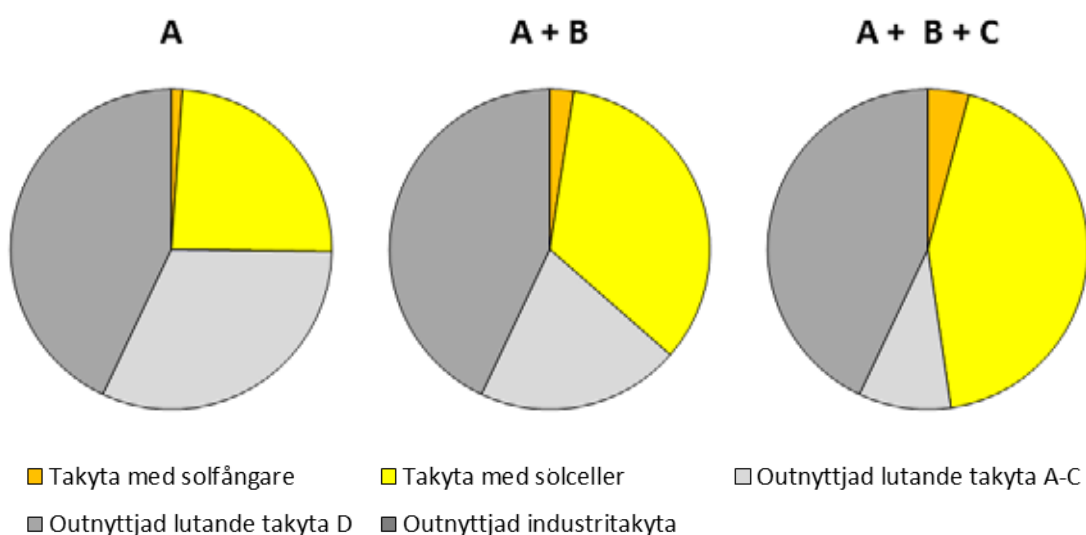
Tabell 4.12. Maximalt utnyttjade takytor och tillförd solex 2050 för de olika bebyggelse typerna småhus, flerbostadshus och lokaler vid successivt utnyttjande av olika gynnsamma takkategorier.

Takkategori	Permanentbebodda småhus		Icke-permanentbebodda småhus		Flerbostadshus		Lokaler	
	Tillförd solex (GWh)	Utnyttjad takyta (tusental m ²)	Tillförd solex (GWh)	Utnyttjad takyta (tusental m ²)	Tillförd solex (GWh)	Utnyttjad takyta (tusental m ²)	Tillförd solex (GWh)	Utnyttjad takyta (tusental m ²)
A	164	1350	5	38	17	142	10	83
A + B	314	2680	9	76	32	276	19	165
A + B + C	443	3963	13	114	44	389	28	248

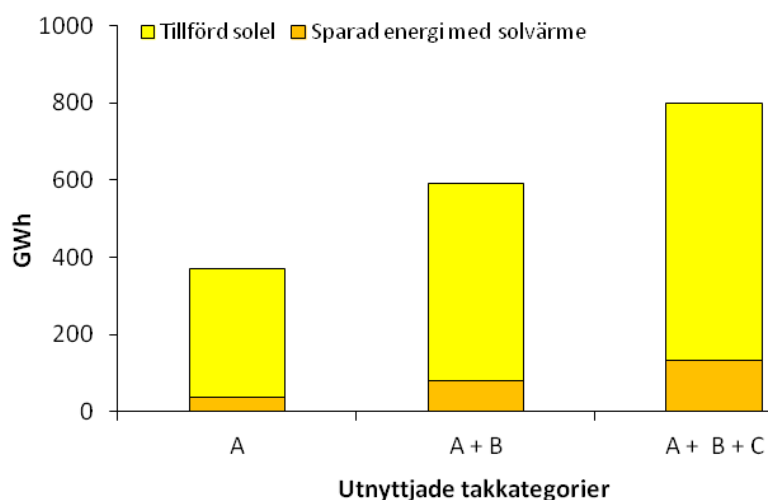
Tabell 4.13. Maximalt utnyttjad takyta och tillförd solex för industribyggnader 2050.

Tillförd solex (GWh)	Solcellsyta (tusental m ²)	Utnyttjad takyta (m ²)
138	1121	2242

Figurerna 4.6 och 4.7 visar, sammanfattat från tabellerna, andelen utnyttjad takyta och den totala solvärme- och solexproduktionen 2050. En större del av den utnyttjade ytan är, som nämnts, bebyggd med solceller medan en mindre del upptas av solfångare. Den del av takkategorierna A-C som inte bedöms kunna utnyttjas 2050 är takyta på icke-permanentbebodda småhus. Liksom tidigare bedöms ingen norrvänd takyta komma ifråga för utbyggnad. Som visas av Figur 4.7 är maxpotentialen i bebyggelsen 2050 drygt 130 GWh solvärme och knappt 670 GWh solex.



Figur 4.6. Maximalt utnyttjande av olika gynnsamma tak för solvärme- och solcellssystem i bebyggelsen 2050.



Figur 4.7. Sparad energi med solvärme och tillförd solet vid utnyttjande av olika gynnsamma tak i bebyggelsen 2050.

Uppskattningen av investeringsvolymerna och arbetstillfällena visar att med dagens systempriser skulle den totala investeringskostnaden för solcellssystemen vara 62 miljarder kronor och för solvärmesystemen drygt 4 miljarder kronor vid utnyttjande av alla takkategorier A-C. En direkt omräkning till sysselsättning ger knappt 70 000 årsarbeten. Antalet enskilda investeringsbeslut är 114 000 för solvärmesystemen och 120 000 för solcellssystemen. Utslaget över de 38 åren fram till 2020 blir detta ungefär 1 800 årsarbeten per år och drygt 3 000 investeringsbeslut per år och systemtyp.

5. Diskussion och slutsatser

Det är värt att återigen poängtera att det som redovisas i resultaten är maxpotentialen. Eftersom antalet byggnader som verkligen kommer att installera solvärme eller solet är svårt att bedöma utan att ge sig in på gissningar redovisas hela potentialen. Det faktiska utnyttjandet av takytorna och hur stor värme- och elproduktionen är beror på utbyggnadstakten och när de förutsättningar som krävs börjar gälla. Som förklarades inledningsvis har inga prognoser gjorts, men sådana skulle kunna konstrueras utifrån scenarierna och de beräkningar som har gjorts här. I alla beräkningar har det antagits att alla hus som kommer ifråga utnyttjas till en viss grad. För att räkna ut vad en mindre andel av husen kan bidra med – till exempel det antal hus som i en prognos bedöms kunna bebyggas varje år eller till 2020 eller 2050 – multipliceras den totala potentialen med en antagen andel av byggnaderna. Dessutom kan olika antaganden göras om vilka takkategorier som utnyttjas. Sådana antaganden blir helt avgörande för resultaten. Om till exempel en procent av de permanentbebodda småhusen (ungefär 800 byggnader) och enbart hus i den bästa kategorin (A) installerar solcellssystem till 2020 kommer 2 GWh solet att produceras årligen. Om 10 % av de permanentbebodda småhusen (ungefär 8000 byggnader) utrustas med solcellssystem till 2020, oavsett takkategori, kommer 17 GWh att produceras årligen. Potentialberäkningarna ger läsaren möjlighet att själv skapa sådana utfall utifrån egna antaganden.

Om man tänker sig en framtida omfattande utbyggnad av småskaliga solenergisystem är en viktig fråga vilken påverkan en sådan skulle få på anslutna distributionssystem för värme och el. Vilka begränsningar finns? När det gäller fjärrvärmenäten har vi sett att dessa är olika vad gäller bränslemixen i värmeproduktionen. Från ett systemperspektiv kan det ses som suboptimalt att ersätta centralt producerad fjärrvärme med egenproducerad solvärme om ingen miljöförbättring sker, exempelvis om spillvärme ersätts. Solvärme produceras på sommaren då fjärrvärmesystemet har en baslast som vanligen täcks av spillvärme eller sopförbränning i de fall dessa ingår i bränslemixen. Huruvida det bör finnas en strategi för var solvärme bör byggas ut är en komplicerad fråga eftersom det inte är säkert att fjärrvärmesystemen ser ut som de gör i all evighet; pannor byts ut och bränsleanvändningen förändras. Det är under alla omständigheter rimligt att utbyggnaden styrs av marknadsmässigheten hos systemen (som bör återspegla miljönyttan), och det är också en utveckling mot friare marknader som fjärrvärmesystemen står inför. Utredningen om tredjepartstillträde till fjärrvärmenäten (den s.k. TPA-utredningen) har förslagit att ny fristående produktion ska kunna anslutas och att en lokal marknad ska kunna skapas då ny produktion finns tillgänglig (SOU 2011). Detta ändrar förutsättningarna för fjärrvärmen och möjliggör anslutning av solvärme utifrån de möjligheter den har att konkurrera med existerande värmeproduktion.

När det gäller anslutning av solceller på byggnader sker detta i eldistributionsnäten, nära elanvändningen, och är ett exempel på så kallad distribuerad elproduktion. I allmänhet utgörs sådan av små elproduktionsenheter, utspridda i distributionsnäten. Detta är en väsentlig skillnad mot centraliserad elproduktion som ofta är lokaliserad längre från elbehovet och överförs över längre sträckor. Om den distribuerade elproduktionen inte överstiger den totala lasten i de lokala näten kommer ingen solet att behöva transporteras över långa avstånd, som till exempel är fallet med utlokaliserad vindkraft, och kapaciteten hos regionnäten bör inte utgöra någon begränsning. Vad som däremot kan komma i fråga är hur lastflödena och spänningsprofilerna i distributionsnäten påverkas av ökade volymer solet. När lasten på distributionsnäten ökar sker ett högre spänningsfall längs med distributionskablar, vilket är en begränsande faktor i design av elnät. På motsvarande sätt gör lokal tillförsel av el att spänningen kan öka lokalt i nätet, vilket skulle kunna begränsa utbyggnaden av soletproduktion (Widén 2010). En simuleringsstudie av ett

par svenska lågspänningsnät i tätortsbebyggelse gjordes för att undersöka om detta är en begränsande faktor. Resultatet var att även om lika mycket solcell produceras på årsbasis som konsumeras som hushållsel i hushållen hanteras detta av elnäten utan spänningsökningar över tillåtna gränsvärden (Widén m.fl. 2010). Det är ungefär så mycket som kan integreras på taken i den här studien, vilket innebär att det inte bör uppstå några problem i tätorter. På landsbygden är kabelsträckningarna längre vilket gör att det kan bli problem med stora solcellssystem långt ut på elnätet med följden att produktionen slår ifrån vid överspänningar. Förstärkning av näten är då en möjlig åtgärd, eller ändrad reglering av spänningen i distributionstransformatörerna.

En annan sak som bör poängteras är att endast system på byggnader, och endast på takytor, har tagits med i de redovisade beräkningarna. Det finns andra möjliga ytor i bebyggelsen som skulle kunna tas i anspråk. Fasadyta på byggnader har inte räknats med eftersom den är betydligt svårare att uppskatta än takyta på grund av fler hinder i form av framför allt balkonger och fönster. Betydelsen av fasadytorna bör dock inte överdrivas. I Kjellsson (1999, 2000) bedömdes tillgängliga fasadytor uppgå till ungefär 75 % av storleken hos de tillgängliga takytorna, men de visade sig vara avsevärt mycket sämre än de flesta takytorna i fråga om energimässig avkastning och bidraget till potentialen var därför endast marginellt. Fria ytor på tomter eller öppna fält kan också användas för utbyggnad, speciellt för centraliserade solvärme- eller solcellssystem. Sverige har börjat få sina första centraliserade solcellssystem – ett antal är utbyggda i Sala-Heby – och det är svårt att i dagsläget säga vilken typ av system – centraliserade eller distribuerade – som kommer att bidra med mest elproduktion i framtiden.

Det antal arbetstillfällen som har beräknats från de totala uppskattade investeringsvolymerna för solvärme- och solcellssystem och det antal investeringsbeslut som krävs för att maxpotentialen ska kunna realiserats kan vid första anblicken verka mycket höga. Utslaget över de 8 respektive 38 åren fram till 2020 och 2050 framstår de emellertid som mer rimliga att genomföra. Till 2050 skulle det krävas 1800 årsarbeten och 3000 enskilda investeringsbeslut (6000 om investeringar i solvärme- och solcellssystem räknas separat) varje år för att realisera den maximala potentialen. Den totala investeringskostnaden på 1,6 miljarder kronor per år för att uppnå maxpotential till 2050 (62 miljarder kronor över 38 år) kan jämföras med den årliga bruttoregionprodukten (BRP) i Dalarnas län på 87 miljarder kronor. Det krävs alltså årliga investeringar i storleksordningen 1-2 % av dagens BRP för att uppnå den maximala solenergipotentialen till 2050.

De viktigaste slutsatserna från studien är:

- I Dalarnas län finns en sammanlagd takyta på omkring 16 km² tillgänglig för utbyggnad av solvärme- och solcellssystem. Småhus har störst potential för solenergiutnyttjande på grund av den stora takytan. Tre fjärdedelar (12 km²) av länets takytor finns på småhus enligt beräkningarna.
- Total solinstrålning mot takytor i länet är ungefär 15 TWh per år. Utnyttjandet av den tillgängliga solenergin beror på verkningsgraden hos systemen och den faktiska utbyggnadsgraden på byggnaderna.
- Maxpotentialen för solenergiutnyttjande 2020 är 230 GWh sparad energi med solvärme, 240 GWh tillförd el från solceller och drygt 3 km² utnyttjade takytor. Då antas att solvärmesystemen i allmänhet dimensioneras för hela uppvärmningsbehovet och att solcellssystemen begränsas till egenproduktion på månadsbasis.

- Maxpotentialen 2050 är 130 GWh sparad energi med solvärme, 670 GWh tillförd el från solceller och knappt 8 km² utnyttjade takytor. Solvärmesystemen är då dimensionerade mot tappvarmvattenbehovet eftersom uppvärmningssäsongen antas ha förkortats på grund av energieffektivisering. Endast tillgänglig takyta begränsar solcellssystemen.
- Med mycket enkla antaganden bedöms att de system som maximalt skulle installeras till 2020 och 2050 skulle motsvara 30 000 respektive 70 000 arbetstillfällen (årsarbeten) med dagens systempriser (3800 respektive 1800 arbetstillfällen per år). Maxpotentialen förutsätter installation på varje enskild byggnad, vilket skulle kräva i storleksordningen 120 000 enskilda solvärme- respektive solcellssystem och lika många investeringsbeslut, omkring 3000 beslut per systemtyp och år fram till 2050. Den totala investeringsvolymen per år till 2050 skulle motsvara 1-2 % av dagens bruttoregionalprodukt (BRP).

Litteraturförteckning

- Bygghälsningsrådet, 1998. Solvärmesystem för småhus: Kursmaterial för installatörer. Bygghälsningsrådet: Stockholm.
- Energimyndigheten, 2009. Solklart – solvärme! ET 2009:17. Energimyndigheten: Eskilstuna.
- Energimyndigheten, 2011a. Energistatistik för småhus 2009. ES2011:01. Energimyndigheten: Eskilstuna.
- Energimyndigheten, 2011b. Energistatistik för flerbostadshus 2009. ES2011:02. Energimyndigheten: Eskilstuna.
- Energimyndigheten, 2011c. Energistatistik för lokaler 2009. ES2011:03. Energimyndigheten: Eskilstuna.
- IEA-SHC, 2011. Solar Heat Worldwide: Markets and Contribution to the Energy Supply 2009. IEA Solar Heating and Cooling Programme.
- IEA-PVPS, 2010a. Trends in photovoltaic applications: Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2009. Report IEA-PVPS T1-19:2010. IEA Photovoltaic Power Systems Programme.
- IEA-PVPS, 2010b. National survey report of PV power applications in Sweden 2009. IEA Photovoltaic Power Systems Programme.
- Kjellsson, E., 1999. Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige. Rapport 1: Ytor på byggnader. Rapport TVBH-7210. Lunds tekniska högskola: Lund.
- Kjellsson, E., 2000. Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige. Rapport 2: Instrålningsnivåer på byggnadsytor. Rapport TVBH-7216. Lunds tekniska högskola: Lund.
- Molin, A., Widén, J., Stridh, B., Karlsson, B., 2010. Konsekvenser av avräkningsperiodens längd vid nettodebitering av solel. Elforsk rapport 10:93. Elforsk: Stockholm.
- SCB, 2002. Energianvändning i fritidshus 2001: En enkätundersökning utförd av SCB på uppdrag av Statens energimyndighet. Statistiska Centralbyrån: Örebro.
- SMHI, 2000. Measurements of solar radiation in Sweden 1983-1998. SMHI: Norrköping.
- SOU, 2011. Fjärrvärme i konkurrens. SOU 2011:44. Statens offentliga utredningar: Stockholm.
- Sternberg, H., 2011. Kompletterande statistik för fjärrvärmenäten i Avesta, Gustafs och Horndal. Personlig kommunikation via epost.
- Svensk Fjärrvärme, 2011. Bränslen och produktion 2008. Tillgänglig online: <http://www.svenskfjarrvarme.se/Statistik--Pris/Fjarrvarme/Energitillforsel/> (2011-07-13).
- VBB, 1983. Solceller i bebyggelsen. Delrapport Efn-projekt 5260 241.
- Widén, J., 2010. System Studies and Simulations of Distributed Photovoltaics in Sweden. Doktorsavhandling, Institutionen för teknikvetenskaper, Uppsala universitet.

Widén, J., Wäckelgård, E., Paatero, J., Lund, P., 2010. Impacts of distributed photovoltaics on network voltages: Stochastic simulations of three Swedish low-voltage distribution grids. *Electric Power Systems Research* 80: 1562-1571.

Widén, J., 2011. Beräkningsmodell för ekonomisk optimering av soleanläggningar. *Elforsk rapport 10:103*. Elforsk: Stockholm.

Länsstyrelsens rapportserie

Här listas Länsstyrelsens samtliga rapporter utgivna de senaste tio åren. Många av dessa finns som pdf-er på Länsstyrelsens webbplats: www.lansstyrelsen.se/dalarna/sv/publikationer.

Många rapporter finns även på Falu Stadsbibliotek. Rapporterna kan beställas från Länsstyrelsen, tfn 023-81 000 med reservation för att upplagan kan ha tagit slut.

- 2002:01** Alkoholsituationen och drog-förebyggande arbete i Dalarna 2001.
2002:02 Projektkatalog för EU-projekt 2000-2001 i Dalarnas län.
2002:03 Fiskbestånd, bottenfauna, och lavar i vattendrag på Fulufjället.
2002:04 Fulufjällets omland, reserapport Abruzzo.
2002:05 Årsrapport 2001 från Sociala enheten.
2002:06 Ej verkställda beslut och domar samt avslag, trots bedömt behov.
2002:07 Årsrapport om Lex Sarahs
2002:08 Boenkät.
2002:09 Epizotiplan 2002.
2002:10 Skalbaggfaunan på Fulufjället.
2002:11 Det krävs mer än gummistövlar.
2002:12 Falu gruva och tillhörande industrier - industrihistorisk kartläggning.
2002:13 Fågelfaunan på Fulufjället.
2002:14 Detaljhandeln i Dalarna - ett diskussionsunderlag för en regional detaljhandelspolicy.
2002:15 Detaljhandeln i Dalarna - erfarenheter av regional detaljhandelsplanering från Sverige och andra europeiska länder.
2002:16 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2001.
2002:17 Närsalter i Dalälven 1990-2000.
2002:18 Fjällförvaltningen.
2002:19 Projekt Servicedialogen.
2002:20 Fulufjällets omland. Etapp III. Slutrapport.
2002:21 Vågar i Dalarna – kultur-historisk väginventering i Dalarnas län.
2002:22 Uppföljning av överloppsbyggnader i odlingslandskapet.
- 2003:01** Lägesrapport-Hessesjön
2003:02 LVU-ingripande i Dalarnas län.
2003:03 Sammanställning av enkätundersökning inom Individ- och familjeomsorgens verksamhetsområde.
2003:04 EU-projekt 2002 i Dalarnas län.
2003:05 Inventering av näringsläckage från små vattendrag i Dalarnas jordbruksområden.
2003:06 Veterinärappport.
- 2003:07 Skyddszoner längs diken och vattendrag i jordbrukslandskapet.
2003:08 Tillsyn över enskild verksamhet och entreprenader 2002.
2003:09 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Massa- och pappersindustri, träimpregnering och sågverk.
2003:10 Dalarnas miljömål, remissupplaga.
2003:11 Ej verkställda beslut och domar samt avslag, trots bedömt behov, enligt SoL.
2003:12 Uppföljning av Lex Sarah /socialtjänstlagen).
2003:13 Planering av boende för äldre.
2003:14 Inkomstprövning av rätten till äldre- och handkappomsorg i Dalarnas län.
2003:15 Kemiska och biologiska effekter vid sodabehandling av försurade ytvatten i Dalarnas län.
2003:16 Ej verkställda beslut och domar samt avslag trots bedömt behov enligt LSS.
2003:17 Projekt utgångsdjur i Dalarna.
2003:18 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2002.
2003:19 Dalarnas miljömål.
2003:20 Tillämpning av fjärranalys i kulturmiljövården.
2003:21 Kommunernas planering för personer med psykiska funktionshinder i Dalarnas län.
2003:22 Beslut om och yttranden över Dalarnas miljömål
2003:23 Användning av fjärranalys och GIS vid tillämpning av EU:s ramdirektiv för vatten i Dalälvens avrinningsområde
2003:24 Provfiskade sjöar i Dalarnas län 2000 – 2002 – Biologisk uppföljning av kalkade vatten.
2003:25 Provfiskade vattendrag i Dalarnas län 2000 – 2002 – Biologisk uppföljning av kalkade vatten.
2003:26 Analys av skogarna i Dalarnas och Gävleborgs län.
2003:27 Utvärdering av metod för övervakning av skogsbiotoper.
2003:28 Ledningstillsyn i fem kommuner.
2003:29 Kartläggning av äldreomsorgen.
- 2003:30 Växtnäringsflöden till och från jordbruket ur ett historiskt perspektiv, 1900 – 2002, i Dalarna.
- 2004:01** Förstärkta näringslivsinsatser och en dörr in i Dalarnas kommuner.
2004:02 EU-projekt 2003 i Dalarnas län. Projekt som delfinansierats med EU-medel under 2003 från Mål 1 Södra Skogslänsregionen och Mål 2 Norra Regionen.
2004:03 Hedersrelaterat våld, en kartläggning i Dalarna.
2004:04 Ej verkställda domar och beslut.
2004:05 Kommersiellt Utvecklingsprogram för Dalarna 2004-2007.
2004:06 Kommunens insatser för personer med psykiska funktionshinder i Smedjebackens kommun i Dalarna.
2004:07 Surstötter i norra Dalarna 1994-2002.
2004:08 Inventering av sandödlor i Dalarnas län.
2004:09 Sammanställning av beviljade projekt 2003.
2004:10 Lenäsen.
2004:11 Måltidssituationen .
2004:12 Tillsyn över enskild verksamhet och entreprenader 2003.
2004:13 Deluppföljning av länsamordnarfunktionen för det alkohol- och drogförebyggande arbetet.
2004:14 Klagomålshantering.
2004:15 Lex Sarah... Det har jag hört tals om.
2004:16 Tillsynsrapport 2004.
2004:17 Alkohol- och drogförebyggare i den lokala praktiken
2004:18 Den kommunala alkohol- och drogförebyggande arbetet – intervjuer med länets kommunalråd.
2004:19 LVU-ingripanden i Dalarnas län – Sammanställning åren 2000 – 2003.
2004:20 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Industriområden längs Runns norra strand.
2004:21 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2003.
2004:22 Ämnestransporter i Dalälven 1990-2003.
2004:23 Avloppsreningsverk i Dalarna.

- 2004:24 Program för regional uppföljning av miljömål och åtgärder i Dalarna 2004-2006.
- 2004:25 Regional risk- och sårbarhetsanalys för Dalarnas län 2004.
- 2004:26 Uppföljning av mikrostöd beviljade under åren 1997-1999.
- 2005:01** Brand i Fulufjällets nationalpark.
- 2005:02 Individuell plan enligt LSS.
- 2005:03 Sammanställning av beviljade projekt 2004
- 2005:04 Vem ser barnet? En granskning av 100 familjehemsplacerade barn åren 2002-2003.
- 2005:05 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Kemiindustriområdet – kemtvättar.
- 2005:06 Länsstyrelsens årsredovisning.
- 2005:07 Rättviksheden Inventering av naturvärden inom Enån - Gärdsjöfältet – Ockrandalgången.
- 2005:08 Domar och beslut.
- 2005:09 Vem ser barnet?
- 2005:10 Trädgränsen i Dalafjällen.
- 2005:11 Lex Sarah 2005.
- 2005:12 Näringslivsklimat och entreprenörskap – en jämförande studie mellan Värmlands, Dalarnas och Gävleborgs län.
- 2005:13 Regional förvaltningsplan för stora rovdjur i Dalarnas län.
- 2005:14 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – Gruvindustri
- 2005:15 Personligt ombud i mellansverige/myndighetseffekter.
- 2005:16 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2004.
- 2005:17 Delårsrapport.
- 2005:18 Näringslivsstrukturen på Dalarnas Landsbygd.
- 2005:19 Metallhalter i dricksvatten från borrade brunnar i Dalarnas län.
- 2005:20 Personligt ombud i Mellansverige - klienters uppfattningar av de stöd de fått.
- 2005:21 Fisk- och kräftodlingsverksamhet i Dalarnas län – nulägesbeskrivning 2004.
- 2005:22 Tillsyn över enskild verksamhet och entreprenader.
- 2005:23 Efterbehandling av gruvavfall i Falun.
- 2005:24 EnergiIntelligent Dalarna, regionalt energiprogram.
- 2005: 25 Personligt ombud i Mellansverige- ombuden och deras arbete.
- 2006:01** Uppföljning och utvärdering av Dalarnas landsbygdsprogram 1997-2002.
- 2006:02 Strategi för formellt skydd av skog i Dalarnas län.
- 2006:03 Sammanställning av beviljade projekt 2002-2005 . Projektmedel för alkohol- och narkotikaförebyggande insatser.
- 2006:04 Delaktigt i hemtjänsten.
- 2006:05 Verksamhetsplan 2006-2008.
- 2006:06 Årsredovisning 2005.
- 2006:07 Landsbygdsprogram för Dalarna.
- 2006:08 Rotogräsgruppen 2003-2005.
- 2006:09 Ej verkställda domar och beslut
- 2006:10 Särskilt boende för personer med demenssjukdom.
- 2006:11 Epizootiberedskap, uppdaterad
- 2006:12 EnergiIntelligent Dalarna.
- 2006:13 Samrådsredogörelse och beslut, EnergiIntelligent Dalarna.
- 2006:14 Risk- och sårbarhetsanalys 2005.
- 2006:15 Personligt ombud i Mellansverige Vägledning inför framtiden.
- 2006:16 Alla visste om det men alla visste olika. Konsekvenser för enskilda när särskilda boenden avvecklas. Regiontillsyn i fem län.
- 2006:17 Bostadsmarknadsläget i Dalarna 2006-2007.
- 2006:18 Designåret 2005 i Dalarna – slutrapport.
- 2006:19 Ekomat – slutrapport.
- 2006:20 Anmälningsskyldigheten Lex Sarah
- 2006:21 Statens nya geografi.
- 2006:22 Dalarnas Naturminnen.
- 2006:23 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2005.
- 2006:24 Individuell plan enligt LSS.
- 2006:25 Delårsrapport.
- 2006:26 Dokumetation 2006 års regionala energiseminarium.
- 2006:27 Grundvatten och dricksvattenförsörjning – en beskrivning av förhållandena i Dalarnas län 2006.
- 2006:28 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län. Tillståndspliktiga anläggningar i drift.
- 2006:29 Gruvstugor.
- 2006:30 Kartläggning av öppenvården gällande missbruk i Dalarnas län.
- 2006:31 Slitage på leder.
- 2006:32 Anhörigstödet i Dalarna, lägesrapport 2006.
- 2006:33 Kartläggning av den öppna Missbrukar- och beroendevården i Dalarnas län.
- 2006:34 Vattnets näringsgrad i Nedre Milsbosjön under de senaste årtusendena.
- 2006:35 Vedskalbaggar i Gåsbergets och Trollmosseskogens naturreservat, Ore socken, Rättviks kommun.
- 2006:36 Bottenfauna i Dalarna juni 2005.
- 2006:37 Dalarnas miljömål 2007–2010. Remissversion.
- 2006:38 Satellitdata för övervakning av våtmarker.
- 2006:39 Inventering av vattensalamandrar i Dalarnas län 2006.
- 2007:01** Miljömålen i skolan – en handledning för lärare i Dalarna.
- 2007:02 Regional risk och sårbarhetsanalys 2006.
- 2007:03 Verksamhetsplan för Länsstyrelsen Dalarna 2007-2009.
- 2007:04 Årsredovisning 2006 för Länsstyrelsen Dalarna.
- 2007:05 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Gruvindustri – etapp 2.
- 2007:06 Luftkvalitet i Dalarnas större tätorter under perioden 2006.
- 2007:07 Dalarnas miljömål 2007–2010.
- 2007:08 Samrådsredogörelse och beslut till Dalarnas miljömål 2007–2010.
- 2007:09 Fjärranalys i kulturmiljövärden.
- 2007:10 Ej verkställda domar och beslut 2006.
- 2007:11 Vattenkemiska effekter av 10 års våtmarkskalkning i Skidbågsbacken.
- 2007:12 Bostadsmarknadsenkät 2007-08.
- 2007:13 Kartläggning av farliga kemikalier.
- 2007:14 Metaller, uran och radon i vatten från dricksvattenbrunnar.
- 2007:15 Fäbodbeta & Rovdjur i Dalarna.
- 2007:16 Anmälningsskyldigheten En sammanställning av Lex Sarahanmälningar i kommunal och enskild verksamhet i Dalarnas län.
- 2007:17 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län. Primära och sekundära metallverk, metallgjuterier och ytbehandling av metall.
- 2007:18 Redovisning av hur kommunerna i Dalarna använder sig av sina korttidsplatser.
- 2007:19 Delårsrapport 2006-06-30.
- 2007:20 Vindområden i Dalarnas län – Redovisning inför Energimyndighetens ställningstagande om riksintresseområden för vindkraft 2007.
- 2007:21 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2006.
- 2007:22 Bioenergipotentialen i Dalarnas län.

- 2007:23 Dokumentation av 2007 års energiseminarium.
- 2007:24 Inventering av förorenade områden – kemiindustriområdet
- 2007:25 Tillsyn över enskild verksamhet
- 2007:26 Verksamhetstillsyn inom socialtjänsten i Hedemora kommun 2007.
- 2007:27 Verksamhetstillsyn inom socialtjänsten i Rättviks kommun 2007.
- 2007:28 Regionala landskapsstrategier i Dalarnas län.
- 2008:01** Regional risk och sårbarhetsanalys.
- 2008:02 Verksamhetsplan 2008-2019.
- 2008:03 Årsredovisning 2007 för Länsstyrelsen Dalarna.
- 2008:04 Milsbosjöarna - ett pilotprojekt inför arbetet med åtgärdsprogram inom EU:s Ramdirektiv för vatten.
- 2008:05 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – verkstadsindustrin.
- 2008:06 Naturbeteskött.
- 2008:07 Förstudie ångar.
- 2008:08 Förstudie fåbodar.
- 2008:09 Design för företag i Dalarna.
- 2008:10 Bostadsmarknadsenkät 2008-09.
- 2008:11 Stormusselinventering
- 2008:12 Fåbodbruk ur ett brukarperspektiv.
- 2008:13 Organiska miljögifter i grundvatten.
- 2008:14 Inventering av förorenade områden i Dalarna län — Nedlagda kommunala deponier.
- 2008:15 Vattenvegetation i Dalarnas sjöar; Inventeringar år 2005 och 2006.
- 2008:16 Uppdrag barn i Dalarnas län.
- 2008:17 Identifiering av riskområden för fosforförluster i ett jordbruksdominerat avrinningsområde i Dalarna.
- 2008:18 Inventering av vildbin i Dalarna
- 2008:19 Inventering av steklar i sandtallskog.
- 2008:20 Inventeringsmetodik för klipplavar.
- 2008:21 Kommunernas beredskap för personer med utländsk bakgrund inom äldreomsorgen.
- 2008:22 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2007.
- 2009:01** Metod för kemikaliekontroll inom ramen för miljö kvalitetsmålet Giftfri miljö.
- 2009:02 Verksamhetstillsyn inom socialtjänsten i Leksand kommun 2008.
- 2009:03 Bibaggen i Dalarna.
- 2009:04 Vattenvårdsplan för Dalälvens avrinningsområden.
- 2009:05 Verksamhetsplan.
- 2009:06 Årsredovisning 2008 för Länsstyrelsen Dalarna.
- 2009:07 Verksamhetstillsyn Personer med demenssjukdom i ordinärt boende.
- 2009:08 När lanthandeln stänger.
- 2009:09 Laserskanning från flyg och fornlämningar i skog.
- 2009:10 Bostadsmarknadsenkät 2009-10.
- 2009:11 Tillsyn över energihushållning - Erfarenheter från Dalarna.
- 2009:12 Inventering av förorenade områden, grafiska industrin.
- 2009:13 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – sammanfattningsrapport.
- 2009:14 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2008.
- 2009:15 Anmälningssplikten. Sammanställning 2008.
- 2009:16 Rosa Kampanjen. Mot illegal alkoholhantering.
- 2009:17 Program för uppföljning av Dalarnas miljömål 2009-2011.
- 2009:18 Insekter på brandfält.
- 2009:19 Styrel: Länsförsök Dalarna 09 – Slutrapport.
- 2009:20 Vattenuttag för snökanoner i Dalarnas län.
- 2009:21 Serviceuppdragen.
- 2009:22 Organiska miljögifter.
- 2009:23 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – Avfallssektorn.
- 2009:24 Övervakning av vedlevande insekter i Granäsens värdetrakt.
- 2009:25 Risk- och sårbarhetsanalys 2009.
- 2009:26 Länsstyrelsernas bevakningsuppdrag/betaljänster.
- 2009:27 Länsamverkansprojekt – verksamhetsavfall 2008.
- 2010:01** Dalarnas regionala serviceprogram 2010-2013.
- 2010:02 Vindkraft kring Siljan?
- 2010:03 Verksamhetsplan 2010.
- 2010:04 Mer träd på myrar de senaste 20 åren.
- 2010:05 Verifiering av kemisk status Badelundaåsen inom Borlänge, Sätters och Hedemora kommun.
- 2010:06 Verifiering av kemisk status Badelundaåsen inom Avesta kommun.
- 2010:07 Årsredovisning 2009.
- 2010:08 Metallpåverkade sjöar och vattendrag i Dalarna. Konsekvenser av en tusenårig gruvhistoria.
- 2010:09 Kartläggning av farliga kemikalier – tillsynsprojekt.
- 2010:10 Bostadsmarknaden i Dalarna 2010.
- 2010:11 Kartläggning av SFI i Dalarna – och en kvalitativ studie.
- 2010:12 Metaller i fisk i Dalälvens sjöar.
- 2010:13 Växtplanktonsamhällen i Dalälvens sjöar.
- 2010:14 Fisk i Dalälvens sjöar.
- 2010:15 Saxdalen. Miljöanalys av ett historiskt gruvområde samt konsekvenser av en efterbehandling.
- 2010:16 Utvärdering av biologiska bedömningsgrunder för sjöar.
- 2010:17 Uppföljning av regionalt företagsstöd med slutligt beslut år 2004.
- 2010:18 Långsiktig strategisk plan för omarrondering i Dalarnas län.
- 2010:19 Långsiktig strategisk plan för omarrondering i Dalarnas län – projektrapport.
- 2010:20 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2009.
- 2010:21 Mjukbottenfaunan i Dalälvens sjöar – struktur och funktion.
- 2010:22 Intervjuer med ångbrukare.
- 2010:23 Bevakning av grundläggande betaltjänster.
- 2010:24 Regional risk- och sårbarhetsanalys 2010.
- 2010:25 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – industri-deponier.
- 2010:26 Klimatanpassningsstrategi 2020.
- 2010:27 Biotopkartering av rinnande vatten. Beskrivning och jämförande analys av metoder i Dalarna, Jönköping och Västernorrland.
- 2011:01** Malingsbo-Klotens framtid. Utredning om natur- och friluftsvården.
- 2011:02 Främmande musslor i Kärtyllasjön i Dalarna 2010.
- 2011:03 Kartering av brandfält från satellitdata. Koncept för årlig kartering.
- 2011:04 Verksamhetsplan 2011.
- 2011:05 Klimatanpassningsstrategi 2020. Prioriterade sektorer i Dalarnas län.
- 2011:06 Utveckling av metoder för mätning av ljudnivåer i fjällen.
- 2011:07 Är Dalarna jämställt? Lägesrapport 2011.
- 2011:08 Årsredovisning 2010.
- 2011:09 Strategi för hållbar turistutveckling i Fulufjällsområdet.
- 2011:10 Sustainable Tourism Development Strategy.
- 2011:11 Elfenbensslaven i Sverige.
- 2011:12 Jättesköldlav.
- 2011:13 Strategi Miljögifter 2011-2012, Problembild för Dalarnas län.
- 2011:14 Kommunala energi- och klimatstrategier.

2011:15 Vindkraftsunderlag för Dalarnas klimat- och energistrategi.

2011:16 Bostadsmarknaden i Dalarna

2011:17 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2010

2011:18 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – nedlagda kommunal deponier

2011:19 Inventering av förorenade områden – förorenade sediment

2011:20 Närvärme - en resurs i energiomställningen.

2011:21 Gemensamma dataunderlag i Vanån.

2011:22 Inventering av kungsörn i riksintresseområden för vindkraft i Rättvik, Mora och Orsa.

2011:23 Historiska våtmarker i odlingslandskapet.

2011:24 Effektiva miljömålsåtgärder. En utvärdering i fyra län.

2011:25 Genetiska studier av öring från Lurån och Sångåns vattensystem.

2011:26 Provfiske inom Dalarnas fjällreservat och nationalparker år 2009 - en resultatsammanställning.

2011:27 Bevakning av grundläggande betaltjänster.

2011:28 Underlag för gränshandel och köpcentrum i Sälen.

2011:29 Plan för tillsynsvägledning enligt miljöbalken 2012-2014.

2011:30 Regional risk- och sårbarhetsanalys för Dalarnas län 2011.

2011:31 Kommunala etableringsinsatser för vissa nyanlända i Dalarna: SFI, samhällsorientering och andra yrkesförberedande insatser.

2012:01 Miljökvalitetsnormer och luftkvaliteten i Dalarna

2012:02 Vattenförsörjningsplan Dalarnas län.

2012:03 Materialförsörjningsplan - Dalarnas län.

Länsstyrelsen Dalarna
791 84 Falun
Tfn (vx) 023-810 00, Fax 023-813 86
För att beställa fler exemplar
dalarna@lansstyrelsen.se
www.lansstyrelsen.se/dalarna



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN