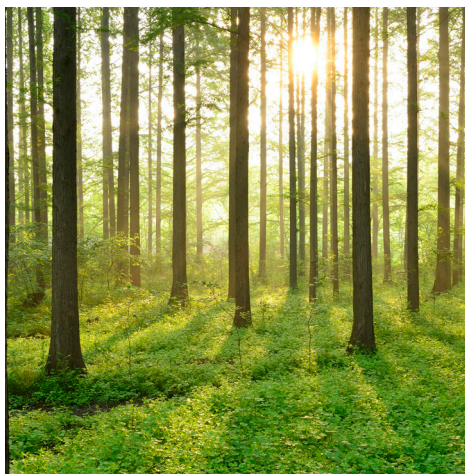


KLIMATFÖRÄNDRINGARNAS INVERKAN PÅ FJÄRRVÄRME OCH FJÄRRKYLA

RAPPORT 2021:741



Klimatförändringarnas inverkan på fjärrvärme och fjärrkyla

ANNMARIA SANDGREN

NATHALIE FRANSSON

JENNY GODE

EMIL NYHOLM

JOHAN HOLM

GUSTAV STRANDBERG

ISBN 978-91-7673-741-5 | © Energiforsk mars 2021

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

År 2020 var det varmaste året i Europa och jordens medeltemperatur låg på samma höga rekordnivå som 2016. De globala utsläppen av växthusgaser fortsätter att öka och vi rör oss mot en global temperaturhöjning på över tre grader mot slutet av seklet. Effekterna blir oåterkalleliga om vi inte lyckas bryta utvecklingen.

I den arktiska regionen, som norra Sverige tillhör, går uppvärmningen betydligt snabbare och vi ser redan effekter av detta. Den ökade temperaturen påverkar både naturmiljön och samhället och därigenom det svenska energisystemet med allt större inslag av förnyelsebar energi. Det leder bland annat till förändrade produktionsförutsättningarna för olika energislag och att energisystemet blir mer sårbart.

I projektet *Klimatförändringars konsekvenser för energisystemet* har Energiforsk samlat ett 15-tal forskare och analytiker från Chalmers Tekniska Högskola, IVL Svenska Miljöinstitutet, Profu och SMHI för att fördjupa kunskapen om klimatförändringarnas påverkan på det svenska energisystemet och vilka åtgärder som krävs för att minska de negativa effekterna. Projektet har genomförts av Annamaria Sandgren och Nathalie Fransson på IVL Svenska miljöinstitutet, Jenny Gode, Emil Nyholm och Johan Holm på Profu och Gustav Strandberg på SMHI i nära samverkan med representanter från berörda delar av energisektorn, forskningsorganisationer, myndigheter, försäkringsbolag med flera.

Energiforsk vill rikta ett stort tack dels till medverkande forskare, dels till alla medverkande i projektets styrgrupp och i olika arbetsgrupper. Sammantaget har över hundra personer från ett 50-tal organisationer bidragit till projektets genomförande. Energiforsk vill också riktat ett särskilt tack till projektets finansiärer vilka är C4 Energi, Energimyndigheten, E.ON Sverige, Fortum Sverige, Göteborg Energi, If, Jämtkraft, Karlstads Energi, Skellefteå Kraft, Stiftelsen IVL, Svenska kraftnät, Söderenergi, Tekniska verken i Linköping, TVO, Uniper, Vattenfall, ÅForsk.

Energiforsk

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sökord: klimatförändringar, energisystem, konsekvenser, risk, sårbarhet, fjärrvärme, fjärrkyla, klimatanpassning

Sammanfattning

Den globala uppvärmningen påverkar jordens klimat i olika grad på olika platser. Denna studie har som mål att beskriva och analysera de viktigaste konsekvenserna för fjärrvärme- och fjärrkylasektorn.

Ny kunskap om framtida klimatförändring har tagits fram baserat på klimatscenarier. De klimatfaktorer som har störst betydelse för fjärrvärmens och fjärrkylan är temperatur, nederbörd och fukt. Det är mycket troligt att temperaturen ökar i hela Sverige och under alla delar av året. Det är också troligt att nederbörden ökar i hela landet, med ett möjligt undantag för södra Sverige på sommaren. Dock är nederbördens naturliga årsvariabilitet på kort sikt större än klimatsignalen, vilket gör att det är osäkert hur stor förändringen blir.

Flera konsekvenser har identifierats och några av dessa har analyserats djupare. Det handlar om både plötsliga händelser och succesivt förändrade marknadsförutsättningar.

Uppvärmningsbehovet och kylbehovet kommer förändras över hela landet. Denna konsekvens kommer vara betydande för fjärrvärme- och fjärrkylasektorn även om mänskligheten lyckas undvika två graders global uppvärmning. I projektet har ett antal analyser gjorts för olika nivåer av global uppvärmning, bland annat för förändringen i energi och effekt för olika delar av landet, olika typer av byggnader och olika säsonger. Dessa förändrade marknadsförutsättningar är något som branschen bör agera på. Affären behöver anpassas efter hur värme- och kylbehovet kommer utvecklas.

Tillgången på lokal styrbar kraftvärme riskerar att påverkas då efterfrågan på fjärrvärme minskar. Samtidigt behövs styrbar effekt alltmer eftersom takten i elnätsutbyggnaden har svårt att hålla lika hög takt som tillväxten i våra städer. Dessutom kommer industrin och transportsektorn i sin klimatomställning behöva stora mängder el och då kommer alla typer av fossilfri elproduktion behövas.

Ökad nederbörd och fukt leder till att risken ökar för mer plötsliga händelser som översvämningar, markförskjutningar och brand i bränslelager. Det finns beredskap för denna typ av händelser redan idag, men då risken ökar behöver dagens riskarbete uppgraderas. Särskilt med tanke på att klimatförändringar kopplat till nederbörd och fukt under flera år kan döljas av naturliga variationer.

Summary

Global warming affects the climate to varying degrees in different places. This study aims to describe and analyze the most important consequences of climate change for the district heating and district cooling sector.

New knowledge about future climate change has been developed based on climate scenarios. The climatic factors that are most important for district heating and cooling are temperature, precipitation and humidity. It is very likely that the temperature will increase throughout Sweden and during all seasons. It is also likely that precipitation will increase throughout the country, with a possible exception for summertime in southern Sweden. However, since the natural annual variability of precipitation in the short term is larger than the climate signal, the magnitude of the change is uncertain.

Several consequences have been identified, some of which are sudden events and some that represent gradually changing market conditions.

Heating and cooling demand will change throughout the country. This consequence will be significant for the district heating and cooling sector, even if global warming is limited to under two degrees. In the project, a number of analyzes have been made for different levels of global warming, including the change in annual and peak demand for different parts of the country, different types of buildings and different seasons. The district heating and cooling sector needs to consider these changing market conditions and adapt the business models according to the expected changes in heating and cooling demand.

Reduced heating demand also affects the potential for locally controllable combined heat and power. This controllable power is increasingly needed due to the expected increase in electricity demand and the slow expansion of the electricity grid.

Increased precipitation and moisture lead to an increased risk of more sudden events such as floods, landslides and fires in fuel storages. There is currently preparedness for this type of events, but as the risk increases, the adaptation needs to be upgraded. This is particularly important as changes in precipitation and humidity may be hidden by natural variations for several years.

Innehåll

1	Inledning	8
1.1	Bakgrund	8
1.2	Metod	8
1.3	Systemgränser	10
2	Klimatförändringar	11
2.1	Om klimatscenarierna	11
2.2	Klimatscenarier för fjärrvärme och fjärrkyla	14
3	Konsekvenser, risker och åtgärder	16
3.1	Sammanfattning av prioriterade konsekvenser och bedömning av framtida klimat	16
3.2	Riskbedömningsdiagram och övergripande analys av prioriterade konsekvenser	17
3.3	Minskat uppvärmningsbehov (energi och effekt)	19
3.3.1	Beskrivning av konsekvens	19
3.3.2	Bedömning av framtida klimat	19
3.3.3	Konsekvensbedömning	19
3.3.4	Åtgärder	21
3.4	Ökat kylbehov (energi och effekt)	21
3.4.1	Beskrivning av konsekvens	21
3.4.2	Bedömning av framtida klimat	22
3.4.3	Konsekvensbedömning	22
3.4.4	Åtgärder	23
3.5	Brand i bränslelager	23
3.5.1	Beskrivning av konsekvens	23
3.5.2	Bedömning av framtida klimat	23
3.5.3	Konsekvensbedömning	23
3.5.4	Åtgärder	24
3.6	Markförskjutningar som ger brott på ledningsnät	24
3.6.1	Beskrivning av konsekvens	24
3.6.2	Bedömning av framtida klimat	24
3.6.3	Konsekvensbedömning	25
3.6.4	Åtgärder	25
3.7	Översvämningar p. g. a. nederbörd som påverkar olika delar av systemet	25
3.7.1	Beskrivning av konsekvens	25
3.7.2	Bedömning av framtida klimat	25
3.7.3	Konsekvensbedömning	25
3.7.4	Åtgärder	26
3.8	Övriga potentiella konsekvenser	26
4	Strategi för anpassning och åtgärder	30

5	Fördjupade studier för att förstå hur mycket ökade temperaturer påverkar sektorn	32
5.1	Modellering av klimatsignalens påverkan på en statisk byggnadsstock	32
5.2	Klimatsignalens påverkan på Sveriges behov av uppvärmning och kyla	33
5.2.1	Förändring på nationell nivå	33
5.2.2	Förändring i uppvärmningsbehov för olika månader	34
5.2.3	Förändring i värmeeffekt	41
5.2.4	Kylbehovet	45
5.2.5	Kyleffekt	49
5.3	Klimatsignalens påverkan på uppvärmningsbehovet jämfört med andra faktorer kopplade till bebyggelsens utveckling	53
5.3.1	Nybyggnation och förbättrad energiprestanda	54
5.3.2	Teknikval	55
5.4	Klimatsignalens inverkan på produktion av fjärrvärme och kraftvärme	55
5.4.1	Metod 56	
5.4.2	Resultat	57
5.5	Framtida kylmarknaden i Sverige	63
6	Diskussion	65
6.1	Går det att dimensionera för mildare vintrar?	65
6.2	Det lär krävas nya styrmedel för att säkra lokal styrbar eleffekt	65
6.3	Klimatomställningen påverkar också sektorn	66
6.4	Osäkerheter i energimodelleringarna	66
7	Sammanfattande slutsatser	68

1 Inledning

Den globala uppvärmningen påverkar jordens klimat i olika grad på olika ställen. Klimatförändringen medför både möjligheter och utmaningar för fjärrvärmens och fjärrkylan. Denna studie har som mål att beskriva och analysera de viktigaste konsekvenserna för sektorn.

1.1 BAKGRUND

I Parisavtalet fastslås att den globala temperaturökningen ska begränsas till under 2°C över förindustriell nivå, med strävan efter max 1,5°C. Samtidigt har temperaturen redan stigit med över en grad. På våra nordliga breddgrader går klimatförändringen snabbare och temperaturökningen är kraftigare. Ökad temperatur driver andra aspekter av klimatförändringen såsom förändrad nederbörd, vind och molnighet. Klimatförändringen påverkar och kommer att påverka energisektorn på olika sätt. Energisystemets sårbarhet ökar samtidigt som produktionsförutsättningarna för olika energislag förändras. Elnätet påverkas och användningen av el, värme och kyla förändras.

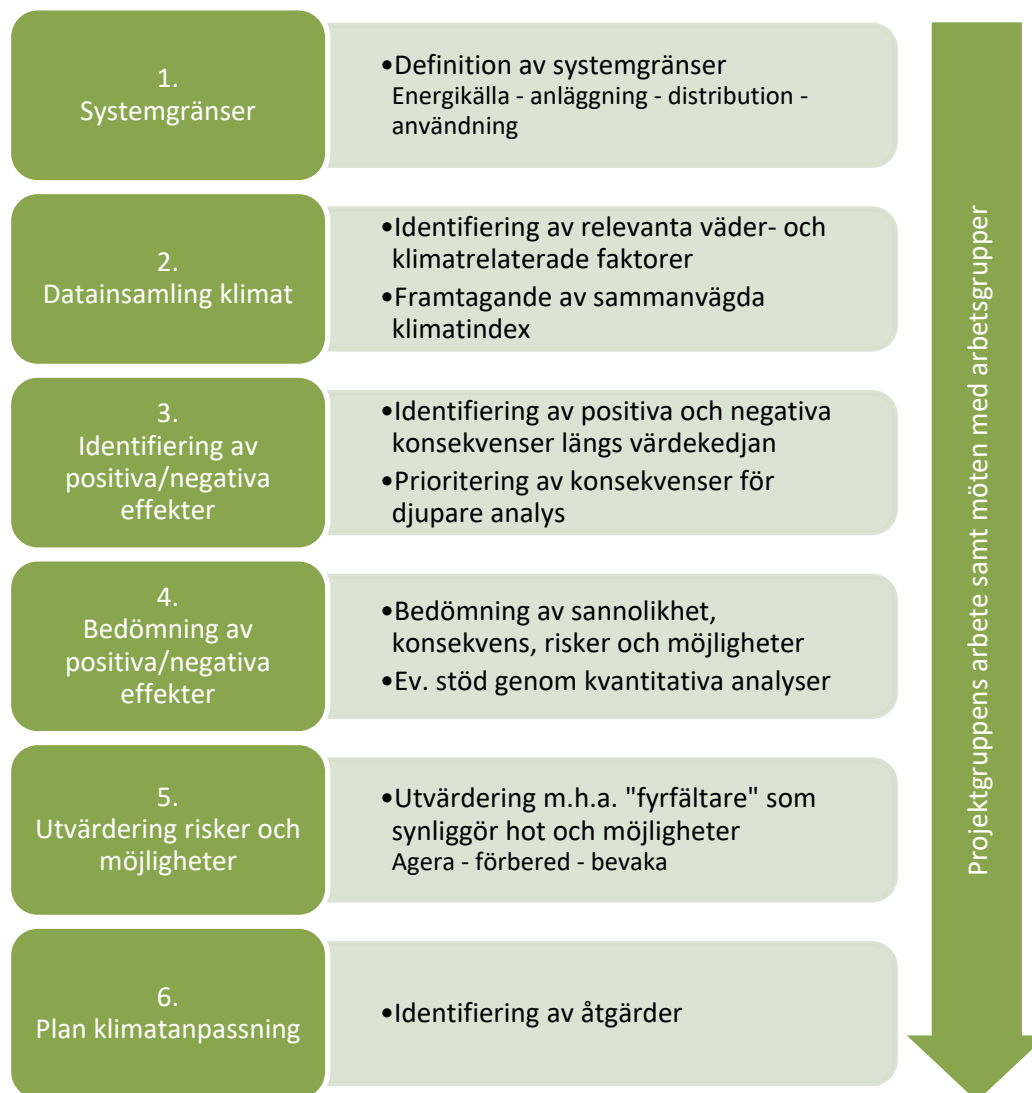
I Energiforsksprojektet *"Klimatförändringarnas konsekvenser för energisystemet"* har Profu, SMHI, IVL Svenska Miljöinstitutet och Chalmers Tekniska Högskola tillsammans analyserat hur ett förändrat klimat kan påverka energisektorn. Projektet har omfattat påverkan på vattenkraft, vindkraft, kärnkraft, bioenergi, elnät samt energianvändning, fjärrvärme och fjärrkyla. Analyserna har utgått från klimatscenarier och energisystemscenarier för att beakta förväntad utveckling av såväl energisystemet som klimatet i framtiden. SMHI har tagit fram en mängd klimatindex för att beskriva hur väder- och klimatrelaterade faktorer kan ändras vid temperaturnivåer på +1,5°C, +2,0°C, +3,0°C och +4,0°C över förindustriell tid. Dessa sammanfattas i en separat Energiforskrapport (Kjellström m.fl., 2021), medan de klimatparametrar som är relevanta för fjärrvärmens och fjärrkylan beskrivs i denna rapport.

Denna rapport är en delrapport från projektet och fokuserar på hur klimatförändringen kan påverka fjärrvärmens och fjärrkylan. Övriga delrapporter från projektet finns att ladda ner från Energiforsks hemsida.

1.2 METOD

Figur 1 sammanfattar på övergripande nivå den metodik som använts i projektet. Metodiken har inspirerats av en risk- och sårbarhetsmetodik som VTT i Finland utvecklade 2008 inom ramen för ett nordiskt forskningsprojekt kring konsekvenser för energisystemet av klimatförändringar.¹ Denna metodik har sedan vidareutvecklats under projektets gång och ett flertal verktyg och mallar har tagits fram och anpassats till projektets olika delstudier.

¹ Molarius R, Wessberg N, Keränen J and Schabel J. Creating a climate change risk assessment procedure – Hydropower plant case, Finland. XXV Nordic Hydrological Conference – Northern Hydrology and its Global Role (NHC-2008) Reykjavík, Iceland. 11-13 August 2008.



Figur 1. Övergripande metodik för projektet som använts för de flesta energislag. Viss iteration har skett mellan de olika delmomenten under projektets gång. Metodiken är en vidareutvecklad version av en risk- och sårbarhetsanalys som VTT i Finland tagit fram (Molarius m.fl., 2008).² Molarius m.fl. inkluderade även som ytterligare steg i sin metodik genomförande av anpassningsplan, vilket inte har ingått i vårt projekt.

Analyserna av konsekvenser, risk, sårbarhet och åtgärder har genomförts av projektgruppen i nära samarbete med sex arbetsgrupper (vattenkraft, vindkraft, kärnkraft, bioenergi, elnät samt energianvändning, fjärrvärme och fjärrkyla). Dessa grupper har träffats tre gånger. I slutet av projektet etablerades även en arbetsgrupp kring dammsäkerhet som träffades en gång. I varje arbetsgrupp deltog ca 10-15 personer från energiföretag, myndigheter, branschorganisationer, forskare med mera. Diskussionerna med arbetsgrupperna har varit mycket värdefulla för projektet.

² Molarius R, Wessberg N, Keränen J and Schabel J. Creating a climate change risk assessment procedure – Hydropower plant case, Finland. XXV Nordic Hydrological Conference – Northern Hydrology and its Global Role (NHC-2008) Reykjavík, Iceland. 11-13 August 2008.

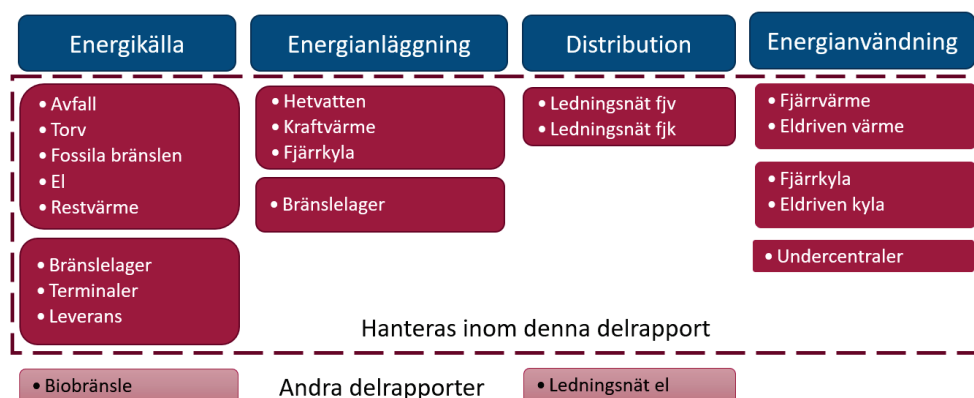
Det utfördes kompletterande intervjuer med branschrepresentanter gällande de konsekvenser som rör ledningsnätet.

Utöver arbetet som beskrivs ovan har det gjorts att antal kvantitativa fördjupningsstudier för klimatförändringens påverkan:

1. Modelleringar av förändrat behov av värme och kyla i och med klimatförändringen (allt annat lika) för olika regioner och typer av byggnader.
2. Klimatförändringens påverkan på uppvärmningsbehovet i relation till bebyggelsens utveckling gällande andra faktorer som förbättrad energiprestanda, mängden nybyggnation och andra uppvärmningsformer.
3. Påverkan på fjärrvärmesektorn och kraftvärmen då uppvärmningsbehovet minskar.
4. Semikvantitativ studie över fjärrkyla och eldriven kyla.

1.3 SYSTEMGRÄNSER

De delar av energisystemet som omfattas av risk och sårbarhetsanalysen för fjärrvärme och fjärrkyla framgår av Figur 2 nedan vilket är diverse bränslen och dess hantering, andra energikällor som el och restvärme, olika typer av energianläggningar, distributionsnät för värme och kyla samt energianvändning i form av behov av värme och kyla. Biobränslen och elnätet har studerats närmare i separata delstudier och detta är beskrivet i andra delrapporter.



Figur 2: Delar av energisystemet som omfattas av risk och sårbarhetsanalysen.

2 Klimatförändringar

Ny kunskap om framtida klimatförändringar har tagits fram baserat på klimatscenarier. De klimatparametrar som har störst betydelse för fjärrvärmens och fjärrkylan är temperatur, nederbörd och fukt. Det är mycket troligt att temperaturen ökar i hela Sverige under alla delar av året. Det är också troligt att nederbörden ökar i hela landet, med ett möjligt undantag för södra Sverige på sommaren. Dock är nederbördens naturliga årsvariabilitet på kort sikt större än klimatsignalen, vilket gör att det är osäkert hur stor förändringen blir.

2.1 OM KLIMATSCENARIERNA

Den pågående globala uppvärmningen har gjort att den globala medeltemperaturen idag ökat med nästan 1,2°C jämfört med förindustriell tid (WMO, 2020). Klimatförändringarna märks redan även i Sverige och temperaturökningen här är väsentligt större än den vi ser i det globala medelvärdet. För perioden 1991–2019 jämfört med 1861–1900 har Sveriges medeltemperatur ökat med 1,7°C, motsvarande siffra för den globala medeltemperaturen är 0,8°C. Den globala uppvärmningstakten är nu 0,2°C/årtionde. Vid fortsatt uppvärmning i samma takt kommer den globala temperaturen att överskrida +1,5°C jämfört med förindustriell tid någon gång mellan 2030 och 2052 och +2°C ytterligare 20–30 år senare (IPCC, 2018).

Hur stor uppvärmningen faktiskt blir, särskilt i ett tidsperspektiv på mer än 30 år, beror på framtidens utsläpp av växthusgaser och på klimatsystemets känslighet. Större utsläpp ger större uppvärmning och betyder att en viss uppvärmningsnivå nås snabbare än med mindre utsläpp. Beroende på hur stora utsläppen blir kan den globala uppvärmningen i slutet av seklet hamna på 1,5–5°C (IPCC, 2013; IPCC, 2018).

Den här rapporten fokuserar på +1,5°C och +2°C jämfört med förindustriell tid. Vi har också analyserat ytterligare uppvärmningsnivåer: +2,5°C, +3°C, +3,5°C och +4°C. Resultaten visar att klimatförändringssignaler blir större vid högre uppvärmningsnivåer. Detta medför generellt mer omfattande konsekvenser. I vissa fall kan konsekvensernas natur ändras vid högre uppvärmningsnivåer.

Här ger vi en kort generell inledning till hur klimatförändringen under det senaste seklet sett ut och vad som kan förväntas under resten av seklet. För mer utförliga beskrivningar se rapporten om klimatförändringar (Kjellström m.fl., 2021). Resultat från det här forskningsprojektet kommer att användas i SMHIs nya webbaserade klimatscenariotjänst som lanseras 2021. Det rekommenderas att undersöka i vilken grad motsvarande index som finns i den här rapporten har uppdaterats med nyare material. Både de observerade och de simulerade temperaturförändringarna för framtiden är generellt större över kontinenterna än över haven och allra störst är den i Arktis där minskad utbredning av snö och is förstärker förändringarna och leder till ännu högre temperaturökning. Sveriges nordliga läge, med snö och is under vinterhalvåret, gör att klimatförändringen redan är högst märkbar här.

Generellt väntar vi oss därför fortsatt ökad medeltemperatur främst för vinterhalvåret men även under sommaren. Särskilt väntas vintersäsongen bli kortare och sommaren längre vilket är något som redan nu har observerats.

Även nederbördsklimatet ändras när den globala medeltemperaturen ökar. Eftersom högre temperatur betyder att luften kan innehålla mer vattenångor sker större avdunstning från hav, sjöar och vattendrag men också från fuktiga markytor och vegetation. Mer vatten i kretsloppet betyder också mer nederbörd vilket för Sveriges del innebär ökad nederbörd främst under vinterhalvåret, då med ökat inslag av regn och mindre snöfall i allmänhet. Även under sommaren pekar scenarierna generellt på ökad nederbörd men eftersom sommarnederbörden väntas minska längre söderut över Europa är det mer osäkert om huruvida det kommer att bli en nederbördsökning eller inte i de södra delarna av landet. Den större avdunstningen i ett varmare klimat leder också till ökad risk för torrare markförhållanden, särskilt under nederbördsfattiga år.

Sveriges klimat är präglad av en mycket stor variabilitet mellan varma och kalla år, och mellan mer eller mindre nederbördsrika år. Den typen av variabilitet som vi observerar idag har funnits även tidigare och väntas också finnas kvar i ett framtida varmare klimat med förskjutningar mot allt varmare förhållanden och med ändringar i nederbörd enligt ovan. Många av förändringarna som är att vänta påverkar inte bara medelvärden över längre perioder som år, säsong eller månad utan kan också påverka kortare förlopp som t.ex. ändrad intensitet hos kortvariga skyfall. Det här gör att många väderrelaterade extremer också förväntas ändras i ett varmare klimat. Några exempel är: ökad risk för intensiva skyfall och ökad nederbörd i samband med frontsystem och lågtryck, ökad risk för värmeböljor och höga temperaturer, minskad risk för köldknäppar och låga temperaturer.

Klimatinformationen i den här rapporten baseras på resultat från simuleringar med ett stort antal regionala klimatmodeller från EURO-CORDEX (Jacob et al., 2014) där beräkningarna har gjorts på ett beräkningsgrid med 12,5x12,5 km horisontell upplösning för Europa och stora delar av Nordatlanten. De regionala modellerna har tagit drivdata från ett antal globala klimatmodeller från CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project) som låg till grund för mycket av resultaten bakom FN:s klimatpanels femte utvärderingsrapport (IPCC, 2013). Sammanlagt har en ensemble om upp till 65 klimatsimuleringar använts för analyserna. För vissa undersökta index har materialet varit begränsat till dryga 10-talet simuleringar då data från flera modeller saknats. Syftet med att inkludera många modeller och simuleringar är att på ett systematiskt sätt kunna beskriva några av de källor till osäkerhet som finns vad gäller framtida klimatförändringar.

För att identifiera vid vilken tidpunkt olika uppvärmningsnivåer nås har vi använt den globala medeltemperaturen i de globala klimatmodellerna. Där beräknar vi först löpande 30-årsmedelvärden och identifierar sen den första 30-årsperiod varvid temperaturökningen når upp till de olika uppvärmningsnivåerna i förhållande till 1861–1890. På så sätt kan vi jämföra delvis olika tidsperioder från olika klimatmodeller eftersom den globala uppvärmningen är samma i båda. I projektet har vi använt 1971–2000 som referensperiod mot vilket vi jämför de olika uppvärmningsnivåerna. Eftersom vi nu omkring 2020 redan är på god väg mot +1,5C och på sikt +2C har en del av de klimatförändringssignaler vi presenterar

redan inträffat. För +1,5°C-nivån handlar det om drygt 60% och för +2°C-nivån drygt 40%. Dessa mått skall ses som en grov uppskattning av hur stor del av den förväntade klimatförändringssignalen som vi redan har upplevt. Den globala medeltemperaturen är olika i början respektive slutet av 30-årsperioderna för respektive +1,5°C och +2°C vilket betyder att de analyserade perioderna som regel inte är beskrivningar av ett stationärt klimat.

I arbetet har vi tagit fram information för olika väder- och klimatrelaterade faktorer. Eftersom dessa är mer eller mindre komplexa har modellerna olika möjlighet att beskriva dem med olika detaljgrad. Vi har därför använt en rad olika variabler från modellerna som representerar värden för t ex temperatur, nederbörd eller luftfuktighet. Utifrån variablernas värde på dygnsbasis har vi beräknat en rad klimatindex. Dessa kan vara antingen enkla medelvärden motsvarande max- eller minvärde för variabeln i fråga. Det kan också vara frågan om mer komplicerade index som t ex hur många dagar i följd temperaturen varit över en viss nivå, eller hur många dagar på året som det finns snö på marken. Klimatindexen beskrivs i detalj i (Kjellström m.fl., 2021). För en del väder- och klimatrelaterade faktorer finns inga klimatindex som direkt kan svara på frågan om hur klimatförändringen kan påverka energisystemet. I sådana fall har vi gjort bedömningar genom att väga samman flera index. T ex kan kombinationen av klimatindex för "effektiv nederbörd" (nederbörd minus avdunstning), "längsta torrperiod" (antal dagar utan nederbörd) och "värmebölja" (antal varma dagar i följd) användas för att beskriva torka och därigenom diskutera risken för skogsbränder.

Klimatindexen presenteras i kartor och diagram. Kartor har tagits fram för hela Europa och hela Skandinavien där fördelningen visas för varje enskild 12,5x12,5 km² gridruta i modellerna och dels specifikt för Sverige i de av SMHI använda väderprognosdistrikten. Väderprognosdistrikten har valts eftersom de motsvarar regioner i Sverige med olika väder och klimat som t.ex. skillnader mellan västra och östra Götaland i söder vilket till stor del påverkas av Sydsvenska höglandet och skillnader mellan fjälltrakter, inland och kusttrakter i Norrland. Utöver de 15 traditionella prognosdistrikten har vi också tagit fram data för själva kustzonen uppdelat på tre delar samt för de stora sjöarna.

Figuren visar simulerade klimatförhållanden under en referensperiod, satt till 1971–2000, och vid olika uppvärmningsnivåer, samt skillnaden mellan framtida uppvärmningsnivåer och 1971–2000. Utöver förändring i ensemblemedelvärde visar vi också på spridningen inom ensemblen definierad som interkvartilavståndet (IQR) mellan 25- och 75-percentilerna. Spridningen i resultat mellan enskilda år för de olika simuleringarna skiljer sig mellan olika modeller. Modellerna uppvisar delvis olika klimat och klimatförändringssignal, både vad gäller absolutvärden och spridning mellan åren.

När vi sammanställer resultaten har vi använt följande terminologi:

- "mycket troligt" i vilket vi lägger att det finns en entydig signal och att bedömningen görs baserat på ett stort antal projektioner
- "troligt" där vi ser en relativt entydig signal baserat på relativt många projektioner
- "mindre troligt" där vi ser en liten signal baserat på många projektioner

- "osäkert" där vi antingen ser olika signaler eller har bara ett fåtal projektioner att tillgå.

I alla fyra fallen kan också annan information utöver de EURO-CORDEX-simuleringar som beskrivs här användas för att bedöma huruvida en viss förändring är trolig eller ej.

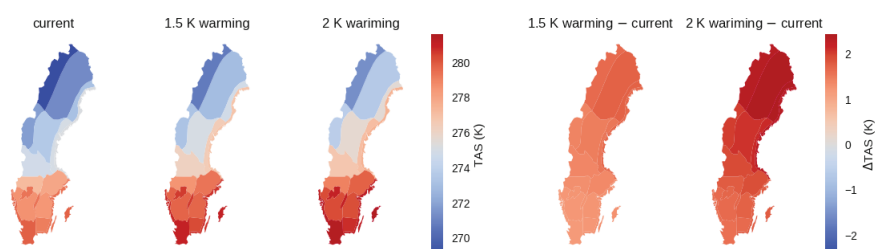
2.2 KLIMATSCENARIER FÖR FJÄRRVÄRME OCH FJÄRRKYLA

De viktigaste klimatparametrarna för fjärrvärme och fjärrkyla är:

- Temperatur
- Nederbörd
- Fukt

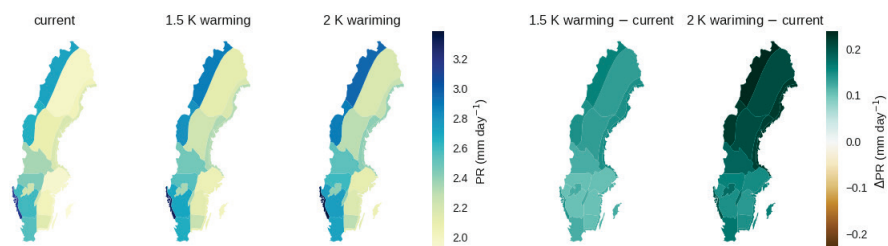
För temperatur är det till exempel graddagar för uppvärmning, dygnsminimitemperatur och antal kalla dagar samt värmeböljor och antal varma dagar som påverkar behovet att fjärrvärme och fjärrkyla. För nederbörden är det olika former av extrem nederbörd som kan påverka infrastruktur och drift. Varma och fuktiga dagar påverkar brandrisken i bränslelager. Sammanfattningsvis är sannolikheten relativt stor för att de faktorer som påverkar de möjliga konsekvenserna kopplat till fjärrvärme och fjärrkyla ska förändras (troligt eller mycket troligt).

Enligt klimatscenarierna beräknas temperaturen öka i alla delar av landet under alla delar av året. Varma extremer blir vanligare och kalla extremer blir ovanligare. Ökningen i Sverige är överlag snabbare än den globala ökningen. Den största ökningen syns på vintern i norra Sverige. Antalet kalla dagar blir färre och antalet varma dagar blir fler och den längsta värmeböljan blir längre. Figur 3 visar hur medeltemperaturen förväntas förändras.



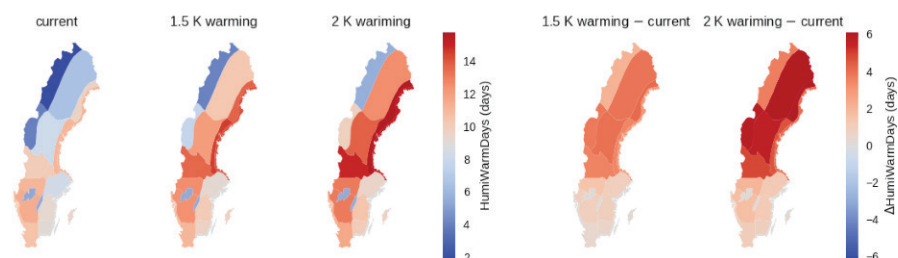
Figur 3. Medeltemperatur (°C, helår). Kartorna till vänster visar förhållandena i referensperiodens klimat (1971 – 2000) samt vid tidpunkten då den globala uppvärmningen jämfört med förindustriell tid når 1,5°C resp. 2°C. Figureerna till höger visar klimatförändringssignalen mellan referensperiodens klimat respektive vid 1,5°C och 2°C uppvärmning jämfört med förindustriell tid.

Nederbörden beräknas öka i hela Sverige hela året, med ett möjligt undantag för södra Sverige på sommaren. Maximal nederbörd och antalet dagar med kraftig nederbörd beräknas öka i hela Sverige. Variabiliteten mellan olika år i nederbörd är stor, vilket gör att det finns en osäkerhet om hur stor förändringen blir från år till år. Figur 4 visar hur nederbörden förväntas förändras för olika delar av landet.



Figur 4. Medelnederbörd (mm/dag, helår). Kartorna till vänster visar förhållandena i referensperiodens klimat (1971 – 2000) samt vid tidpunkten då den globala uppvärmningen jämfört med förindustriell tid når 1,5°C resp. 2°C. Figurerna till höger visar klimatförändringssignalen mellan referensperiodens klimat respektive vid 1,5°C och 2°C uppvärmning jämfört med förindustriell tid.

Antalet fuktiga och varma dagar beräknas öka. Under våren och hösten är ökningen störst i Götaland och Svealand samt längs Norrlandskusten. På sommaren är ökningen störst i Norrland. Mellanårsvariabiliteten ökar i många områden i de allra flesta modellerna till följd av ökning från nära noll till ett par dagar. Figur 5 visar hur antal sommark dagar med hög luftfuktighet och hög värme förväntas förändras.



Figur 5. Antal dagar med hög luftfuktighet och hög värme under sommaren (JJA). Kartorna till vänster visar förhållandena i referensperiodens klimat (1971 – 2000) samt vid tidpunkten då den globala uppvärmningen jämfört med förindustriell tid når 1,5°C resp. 2°C. Figurerna till höger visar klimatförändringssignalen mellan referensperiodens klimat respektive vid 1,5°C och 2°C uppvärmning jämfört med förindustriell tid.

3 Konsekvenser, risker och åtgärder

Flera konsekvenser har identifierats och några av dessa har analyserats djupare. Det handlar om både plötsliga händelser och förändrade marknadsförutsättningar. Ökade temperaturer leder till minskat uppvärmningsbehov och ökat kylbehov. Denna förändring är betydande och branschen har redan börjat anpassa sig. Detaljerade analyser har gjorts för olika delar av landet för bland annat energi och effekt. Ökad nederbörd och fukt leder till att risken ökar för mer plötsliga händelser som översvämningar, markförskjutningar och brand i bränslelager. Det finns viss beredskap för detta redan idag, men nu förväntas risken öka och branschen bör förbereda sig ytterligare.

3.1 SAMMANFATTNING AV PRIORITERADE KONSEKVENSER OCH BEDÖMNING AV FRAMTIDA KLIMAT

Projektet inleddes med att analysera klimatförändringar och baserat på detta identifierades potentiella konsekvenser för fjärrvärme och fjärrkyla. Totalt identifierades 18 potentiella konsekvenser som bedömdes påverka sektorn i olika utsträckning. Därefter gjorde arbetsgruppen en prioritering där 7 konsekvenser analyseras djupare. Dessa finns listade i Tabell 1 tillsammans med en samlad bedömning av relevanta klimatparametrar som SMHI gjort. För de prioriterade konsekvenserna fördes en djupare diskussion och konsekvensens storlek bedömdes och inkluderades i ett riskbedömningsdiagram. I avsnitt 3.3 - 3.7 beskrivs konsekvenserna och SMHIs bedömningar av klimatförändringen mer detaljerat och det har även listats exempel på åtgärder som kan vidtas. De övriga potentiella konsekvenserna som inte analyserades djupare beskrivs under avsnitt 3.8

Tabell 1: Sammanfattning av prioriterade konsekvenser och bedömning av framtida klimat

Konsekvens	Bedömning av framtida klimat samt relevanta klimatindex ³
Minskat värmebehov då temperaturen ökar	Bedömning: Mycket troligt att antalet graddagar för uppvärmning minskar. Klimatindex: Graddagar för uppvärmning (med medeltemp < 17°C)
Minskad värmeeffekt då temperaturen ökar	Bedömning: Mycket troligt med ökad temperatur och färre kalla dagar. Klimatindex: 1.3 Dygnsminimitemperatur 1.19 Kalla dagar (maxtemperatur < -7°C)

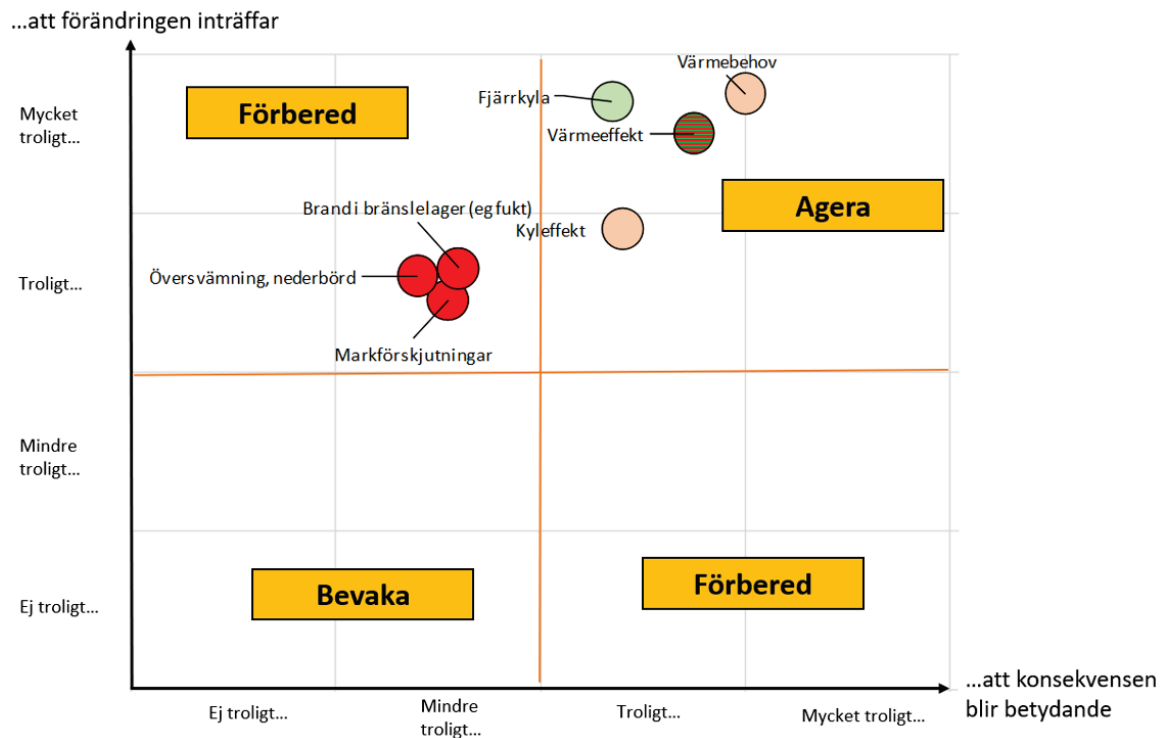
³ Klimatindexen är hämtade från en separat delrapport där det också finns mer information om hur de bedöms förändras (Kjellström m.fl., 2021).

Konsekvens	Bedömning av framtida klimat samt relevanta klimatindex ³
Ökat kylbehov då temperaturen ökar	Bedömning: Mycket troligt med fler varma dagar och längre värmeböljor. Klimatindex: 1.8 Kylgraddagar (maxtemperatur > 20°C) 1.6 Värmebölja (dagar i följd med maxtemperatur > 20°C)
Ökad kyleffekt så temperaturen ökar	Bedömning: Troligt med fler tropiska nätter längs kusterna. Klimatindex: 1.7 Tropiska nätter (minimitemperatur >17°C)*
Brandrisk i bränslelager p.g.a. ökad mikrobiell aktivitet då fukt och temperatur ökar	Bedömning: Troligt att antalet varma och fuktiga dagar ökar. Klimatindex: 7.1 Relativ fuktighet > 90 % och medeltemp. >10C
Översvämningar p.g.a. nederbörd som påverkar olika delar av systemet	Bedömning: Troligt med intensivare nederbörd och fler dagar med kraftig nederbörd. Klimatindex: 2.6 Maximal nederbördsintensitet 2.8 Kraftig nederbörd > 10 mm/dygn 2.9 Extrem nederbörd > 25 mm/dygn
Markförskjutningar som påverkar ledningsnät mekaniskt vid ökad nederbörd	Bedömning: Troligt med ökad nederbörd och intensivare nederbörd. Klimatindex: 2.5 Högsta nederbörd under 7 dagar 2.6 Maximal nederbördsintensitet

3.2 RISKBEDÖMNINGSDIAGRAM OCH ÖVERGRIPANDE ANALYS AV PRIORITERADE KONSEKVENSER

Att ett eller flera klimatindex visar på förändring innebär inte automatiskt att det får stora konsekvenser för energisystemet. För att bedöma konsekvenserna behöver klimatforskare och flera olika typer av bransch- och energiexperter diskutera och konkretisera vad klimatförändringen innebär. De prioriterade konsekvenserna analyserades gemensamt och ingår i det riskbedömningsdiagram som visas i Figur 6. Figuren visar en bedömning av hur troligt det är att respektive aspekt av klimatförändringen (representerat av en kombination av klimatindex) inträffar på y-axeln och en bedömning på x-axeln hur troligt det är att konsekvensen blir betydande för sektorn (givet att förändringen inträffar) inom loppet på 20 år.

Sannolikheten för att en förändring av de klimatindex som påverkar de möjliga konsekvenserna ska inträffa är relativt hög för i samtliga utvalda konsekvenser. Sammantaget innebär detta att det är troligt eller mycket troligt att konsekvenserna kommer inträffa och branschen påverkas av den fortsatta klimatförändringen. Hur betydande konsekvensen bedöms bli varierar vilket framgår av riskbedömningsdiagrammet.



Figur 6: Riskbedömningsdiagram över de prioriterade konsekvenser som arbetsgruppen bedömt. Y-axeln indikerar sannolikheten för att förändringen inträffar och x-axeln visar arbetsgruppens bedömning av att konsekvensen blir betydande för branschen inom loppet av 20 år (givet att förändringen inträffar). Röd prick avser en plötslig händelse som innebär en risk, ljusgrön en marknadsmässig möjlighet, ljusröd en marknadsmässig risk och en randig både risk och möjlighet.

När det gäller **ökade temperaturer** har fjärrvärmeföretagen redan upplevt att vintrarna blir mildare och säsongen kortare. Många har därför antingen räknat på skillnaden eller beställt temperaturrelaterade data från SMHI. Konsekvensen av ökade temperaturer är främst att driftsekonomi och marknadsförutsättningarna påverkas då behovet av uppvärmning minskar och behovet av kyla ökar. Denna konsekvens kommer vara betydande för branschen även om mänskligheten lyckas undvika två graders global uppvärmning. Förändringen är något som branschen har att förhålla sig till rent marknadsmässigt och anpassningen har redan påbörjats. Ett förändrat värmebehov kan dessutom påverka tillgången på lokal styrbar elproduktion då förutsättningarna för kraftvärmens ändras. Branschen önskar detaljerade data kring olika klimatparametrar och hur de förändras på respektive ort. Överlag finns det relativt tillförlitliga projektioner på både nationell och regional nivå när det gäller temperaturökningen. I kommande avsnitt och kapitel redogörs för fördjupade analyser kring vad dessa projektioner innebär för bland annat energi och effektbehovet för värme och kyla för olika delar av landet.

Förändringar i **nederbörd och fukt** leder till att risken ökar för mer plötsliga händelser som översvämningar, markförskjutningar och brand i bränslelager (på grund av ökad mikrobiell aktivitet). Det är troligt att nederbörden ökar och att det blir fuktigare. Dock är den naturliga variationen för dessa parametrar så pass stor att även om förändringen är trolig så kan den naturliga variationen trumfa klimatsignalen under flera år. Översvämningar och skyfall är något som branschen

upplevt och vidtagit viss beredskap för. Bränder i bränslelager förekommer också och man arbetar aktivt för att förebygga detta. Men nu när dessa risker förväntas öka kan ytterligare förberedelser och beredskap behövas. Den största klimatkonsekvensen för ledningsnäten bedöms vara förändrade markförhållanden till följd av ökad nederbörd och höjda grundvattennivåer, vilket kan öka risken för ledningsbrott.

3.3 MINSKAT UPPVÄRMNINGSBEHOV (ENERGI OCH EFFEKT)

3.3.1 Beskrivning av konsekvens

Då temperaturen ökar minskar behovet av uppvärmning vilket leder till lägre efterfrågan på fjärrvärme och lägre effektbehov. Uppvärmningssäsongen blir kortare och mildare vilket leder till minskat bränslebehov och ett lägre investeringsbehov. Det innebär också att det blir minskat utrymme för att förbränna avfall och ta hand om spillvärme. Det kan i sin tur innebära förändrade förutsättningar i lagerhållningen och ökat behov av flexibilitetslösningar som exempelvis säsongslager. Kraftvärmeproduktionens förutsättningar påverkas också vilket innebär att elproduktionen påverkas.

3.3.2 Bedömning av framtida klimat

Den globala temperaturen har redan stigit med över en grad och på våra nordliga breddgrader ökar den ännu snabbare.

Det är mycket troligt att antalet graddagar för uppvärmning (med medeltemp $<17^{\circ}\text{C}$) kommer att minska vilket påverkar värmebehovet. Minskningen bedöms ske relativt jämnt över landet men något större längst i norr. Ingen större förändring att vänta i mellanårsvariabiliteten.

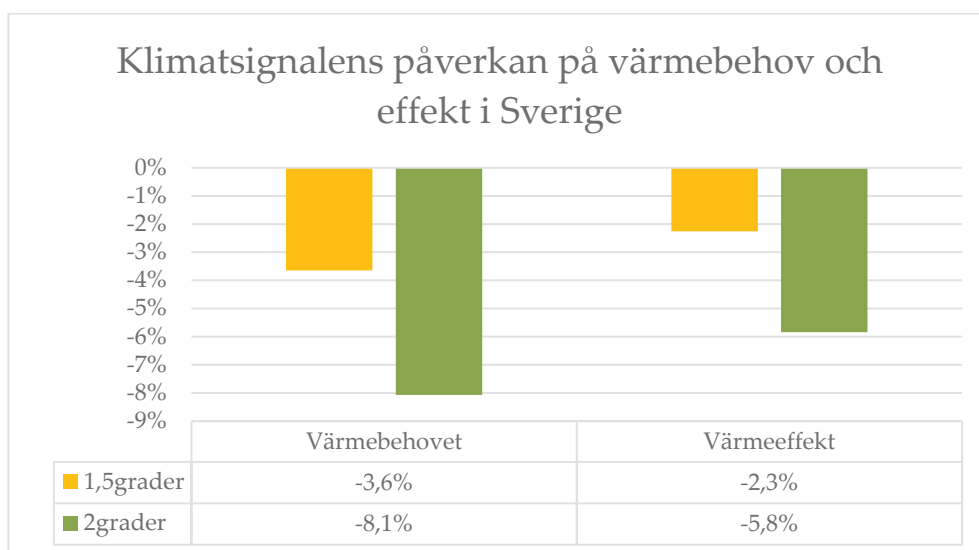
Det är vidare mycket troligt med en ökad minimitemperatur och färre kalla dagar vilket påverkar behovet av värmeeffekt. Dygnsminimitemperatur bedöms öka med cirka $1,5^{\circ}\text{C}$ vid $1,5^{\circ}\text{C}$ global uppvärmning och ca 2°C vid 2°C global uppvärmning utom längst i norr och längs norrlandskusten där ökningen är ännu större. Den största ökningen kommer att ske under vintermånaderna. Troligt att mellanårsvariabiliteten förblir densamma. Minskningen av antalet kalla dagar (maxtemperatur $<-7^{\circ}\text{C}$) sker över hela landet men störst minskning sker i södra Sverige. Under vintern kan minskningen i södra Sverige bli uppemot 2 veckor färre kalla dagar. Mellanårsvariabiliteten minskar mestadels under vår och höst samt på vintern i södra Sverige. I norr väntas mellanårsvariabiliteten på vintern förbli densamma.

3.3.3 Konsekvensbedömning

Ökande temperatur till följd av klimatförändringen och därmed vikande värmeunderlag är något branschen redan märker av idag. Temperaturen har stor påverkan på branschens marknadsförutsättningar och konkurrenskraft och är ett prioriterat område att bevaka och agera på. Det riskerar att bli mindre intäkter som ska täcka lika stora kostnader i infrastruktur. Det bedöms som troligt eller mycket troligt att ett minskat värmebehov och en minskad värmeeffekt till följd av

varmare temperaturer kommer medföra stora konsekvenser för branschens marknadsförutsättningar.

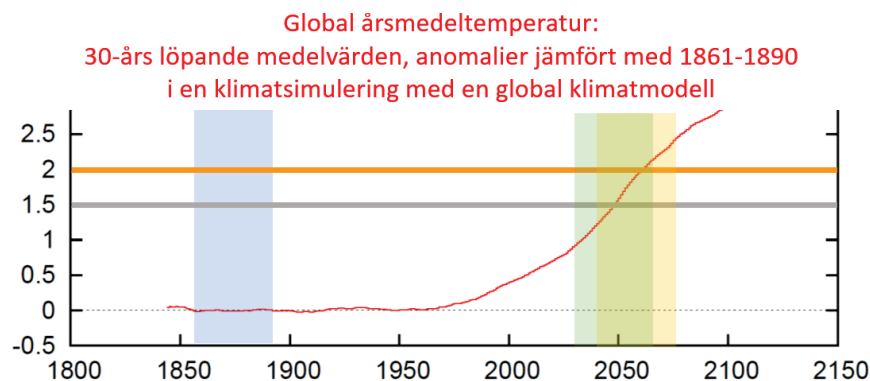
Det är viktigt med goda analyser över hur värme- och effektbehovet kommer att utvecklas. Projektet har genomfört fördjupade analyser av detta och diagram för olika typer av byggnader och för olika delar av landet återfinns i kapitel 5. I Figur 7 visas den för Sverige totala förändringen i värmebehov och värmeeffekt som har räknats fram genom energimodelleringar av en statisk byggnadsstock.



Figur 7: Klimatsignales påverkan på uppvärmningsbehovet i Sverige från nuläget till 1,5 respektive 2 graders uppvärmning. Den relativa förändringen för effekt gäller de högsta 1% av effekttopparna (3h effekttoppar) under den modellerade perioden.

Med nuläge avses att vi har räknat bort den uppvärmning som redan skett och som branschen erfar. I beräkningarna har vi här utgått från att den globala uppvärmningen nått 1,1 grader över förindustriell nivå.

1,5 graders uppvärmning bedöms ske någon gång kring 2040. Det är mer osäkert när (och om) 2 graders uppvärmning sker men med den nuvarande uppvärmningstakten på 0,2°C/årtionde inträffar det någon gång mellan 2050-2080. I Figur 8 visas ett exempel från en global klimatmodell och kurvan visar den modellens löpande 30-årsmedelvärde för den globala uppvärmningen.



Figur 8 Diagrammet visar ett exempel från en global klimatmodell. Kurvan visar ett löpande 30-årsmedelvärde av den globala medeltemperaturen i denna globala klimatmodell. Den blåa rektangeln motsvarar vår 30-åriga "förindustriella" period som är referensnivån vilken får medelvärdet 0°C. Den gröna rektangeln motsvarar den 30-årsperiod för vilken den globala medeltemperaturen först når 1,5°C över den förindustriella nivån. Den gula rektangeln på motsvarande sätt fast för 2°C över förindustriella förhållanden.

3.3.4 Åtgärder

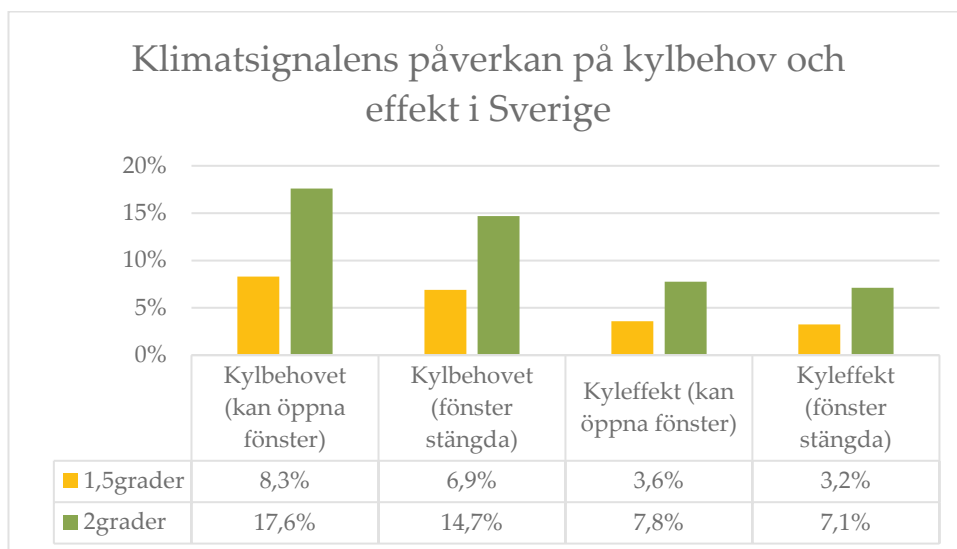
Att temperaturen redan har ökat och kommer att fortsätta öka är branschen väl medveten om och anpassningar är pågående men mer arbete kommer att krävas. Exempel på åtgärder:

- Vidareutveckling av verktyg för att prognosticera förändringen av värmebehov och värmeeffekt i enskilda nät. En differentiering krävs över hur stor påverkan blir över året och varaktigheten för effekttoppar.
- Utvärdera hur den dimensionerande utetemperaturen (DUT) förändras och koppla det till hur värmebehovet förändras.
- Utveckling av nya nyttor och erbjudanden till kund och samhälle. Fjärrvärmesektorn bidrar redan idag med fler nyttor än att bara leverera värme till exempel genom att ta hand om restflöden som energiåtervinning av avfall.
- Säsonglager kan bli intressantare då det på fler ställen kommer behövas både kyla och värme.
- Fjärrvärmens affärsmodeller behöver utvecklas för att spegla kostnadsstrukturen på ett bättre sätt. Införande, och vidareutveckling, av effekttaxor i prismodellen kan vara ett sätt. Vidareutveckla erbjudanden som kopplar till efterfrågefleksibilitet.
- Utvärdera möjligheter och erfarenheter av effektstyrning vid köldtoppar för att kunna minska behovet av spetslastpannor och därmed blir mer kostnadseffektiva.

3.4 ÖKAT KYLBEHOV (ENERGI OCH EFFEKT)

3.4.1 Beskrivning av konsekvens

Då temperaturen ökar uppkommer ett energibehov och ett effektbehov för kyla vilket kan innebära möjligheter att utveckla affären för fjärrkyla.



Figur 9: Klimatsignalens påverkan på kylbehovet i Sverige från nuläget till 1,5 respektive 2 graders uppvärmning. Den relativa förändringen för kyleffekt gäller de högsta 1% av effekttopparna (3h effekttoppar) under den modellerade perioden.

3.4.2 Bedömning av framtida klimat

Det bedöms som mycket troligt att kylbehovet kommer att öka till följd av ökat antal kylgraddagar (maxtemperatur > 20°C) och längre värmeböljor (dagar i följd med maxtemperatur > 20°C). Den största förändringen av kylgraddagar sker i södra Sverige (särskilt sydöstra). Den relativa ökningen är mer än 50% i många regioner och uppemot en fördubbling i delar av Norrland (undantaget fjällkedjan). Skillnaderna mellan olika modeller stora och det är stor osäkerhet kring hur stor ökningen blir. Det är mycket troligt att mellanårsvariabiliteten ökar. Värmeböljorna förväntas bli några dagar längre i norr och uppemot en vecka längre längst i söder vid 1,5 graders uppvärmning och 2 veckor längre vid 2 graders uppvärmning. Det är mycket troligt att mellanårsvariabiliteten ökar.

Det är vidare troligt att antalet tropiska nätter (minimitemperatur > 17°C) ökar, särskilt längs med kusterna där ökningen kan vara uppemot ett par veckor i södra Sverige. Mellanårsvariabiliteten förväntas öka.

3.4.3 Konsekvensbedömning

Det bedömdes som troligt mot mycket troligt att det ökande kylbehovet och kyleffekten kommer att få en betydande konsekvens för branschen. Precis som för den tidigare konsekvensen (värmebehov/värmeeffekt) är detta något branschen märker av redan idag genom en ökad efterfrågan på kyllösningar.

Ökat kylbehov ses generellt som en möjlighet medan ökad kyleffekt är en risk då man behöver investera i ökad kapacitet. Har man som fjärrvärmeföretag inte möjlighet att erbjuda kunden kyllösningar då detta efterfrågas finns det en risk att kunden investerar i egna kombinerade värme- och kyllösningar.

Fjärrkyla kommer även fortsatt att vara en mindre del av inkomstströmmarna och konsekvensen för branschen borde därför vara mindre än påverkan på grund av förändrat värmebehov och värmeeffekt. Dock bör man ta hänsyn till att om man inte kan leverera kyla så kanske man tappar värmeleveransen då fler fastigheter kommer behöva både värme och kyla.

3.4.4 Åtgärder

Exempel på åtgärder:

- Utveckling av affärsmodellen för att även möta kundens kylbehov. Ett exempel är att investera i utbyggnad av fjärrkyla med huvudsyftet att behålla kunden som fjärrvärmekund.
- Absorptionskyla och andra kyllosningar kommer behövas i större utsträckning framöver.
- Vidareutveckling av verktyg för att prognosticera förändringen av kylbehovet för att förbättra investeringsanalyser.
- Undersök om efterfrågefleksibilitetsåtgärder kan minska behovet av toppeffekten för kyla.

3.5 BRAND I BRÄNSLELAGER

3.5.1 Beskrivning av konsekvens

Mikrobiell aktivitet kan leda till varmgång i bränslet och i förlängningen brand i bränslelager genom självantändning (Englund, Sernhed, Nyström, & Gravéus, 2012) (Lönnermark, Persson, Blomqvist, & Hogland, 2008).

3.5.2 Bedömning av framtida klimat

Det bedöms vara mycket troligt att antalet dagar med relativ fuktighet > 90% och medeltemperatur > 10 grader ökar vilket bedöms skapa bättre förutsättningar för utveckling av mikrobiologisk aktivitet i bränslelager.

Det är osäkert mellan modellerna hur stor ökningen blir då modellerna varierar mellan någon eller några fler dagar till uppemot en vecka. Alla modeller visar dock på en ökning. Mellanårsvariabiliteten ökar där antal dagar går från nära noll till ett par dagar.

3.5.3 Konsekvensbedömning

Det bedöms vara mindre troligt att en ökad risk för brand i bränslelager blir en betydande konsekvens för branschen som helhet. Då brand faktiskt uppkommer i bränslelager kan dock konsekvenserna bli stora. Det finns dels en risk att branden sprider sig till anläggningen vilket skulle vara en stor konsekvens dels att opinionen bland boende i närområdet försämrats vilket kan resultera i nya krav gällande var och hur bränslelager får förvaras. Den mängd bränsle som går förlorad, och därmed det ekonomiska värdet, bedöms som en mindre konsekvens.

För fjärrvärmeföretag som har avfallsförbränning är denna konsekvens av mindre betydelse. Standard är att förvara avfallet inomhus för att undvika både lukt och brand.

3.5.4 Åtgärder

Brandrisk är redan idag något man arbetar med, så här gäller det att förstärka det arbetet. Exempel på åtgärder:

- Erfarenhetsutbyte kring hur man arbetar för att minska risken för och påverkan av brand i bränslelager, till exempel genom övervakning av bränslelager, termografisk övervakning, larm, brandvakter, val av bränsleförvaring, avstånd till anläggning eller avstånd till bebyggelse. Samtidigt är detta inget nytt fenomen och mycket forskning på ämnet finns att tillgå (Englund, Sernhed, Nyström, & Gravéus, 2012) (Lönnermark, Persson, Blomqvist, & Hogland, 2008).
- Utvärdera om standarder, rekommendationer anvisningar behöver uppdateras
- Vidare studier kring hur klimatrelaterade förändringar av luftens fuktighetsgrad och värmeinnehåll faktiskt påverkar utvecklingen av mikrobiella aktivitet som kan leda till brand i bränslelager.

3.6 MARKFÖRSKJUTNINGAR SOM GER BROTT PÅ LEDNINGSNÄT

3.6.1 Beskrivning av konsekvens

Vid ökad nederbörd kan markförskjutningar medföra att ledningsnätets naturliga fixering påverkas och den största konsekvensen uppstår om det blir brott på ledningen.

Det största risken på ledningsnäten bedöms vara förändrade markförhållanden till följd av ihållande fenomen som ökad nederbörd (om marken är dåligt dränerad), höjda grundvattennivåer och översvämningar. Markförskjutningar kan leda till att fjärrvärmerörens naturliga fixering i marken försvinner och därmed uppstår mekaniska påfrestningar på nätet som kan få stora och kostsamma konsekvenser. Denna påverkan kan uppstå både på äldre och nyare rör, även om risken är mindre för nyare ledningar. Långa mindre ledningar har en högre flexibilitet och det är framförallt när spänningarna i marken förändras vid rördelning som risken blir stor. Lokala markförhållanden behöver beaktas av fjärrvärmebolagen. Även ras och skred till följd av ökad nederbörd kan leda till förändrade markförhållanden. Fjärrkylasystemen är generellt nyare och bedöms därför påverkas mindre än de äldre fjärrvärmesystem.

3.6.2 Bedömning av framtida klimat

Det bedöms vara troligt med ökad högsta nederbörd under 7 dagar samt ökad maximal nederbördsintensitet.

Den maximala sjudygnsnederbörden ökar ungefär lika mycket i hela landet (~10%) och den maximala nederbördsintensiteten ökar.

3.6.3 Konsekvensbedömning

Att markförskjutningar som påverkar ledningsnätet ska ha en betydande påverkan på fjärrvärme och fjärrkylasektorn som helhet bedöms som mindre troligt. Om det blir brott på ledningen är konsekvensen dock stor men kopplingen mellan nederbörd, markförskjutningar och ledningsbrott behöver utredas ytterligare. Erfarenheten kring ledningsbrott är att orsakerna är svåra att analysera och fokus hamnar på reparation snarare än analys.

Deltagarna i arbetsgruppen arbetar dock huvudsakligen med produktion och marknad och inte med distribution och flera valde att inte delta i omröstningen på grund av otillräcklig kunskap i sakfrågan vilket bör vägas in i konsekvensbedömningen.

3.6.4 Åtgärder

Exempel på åtgärder:

- Ökad kunskap behövs om vilka klimataspekter som eventuellt påverkar infrastrukturen. Kopplingen mellan nederbörd, markförskjutningar och ledningsbrott behöver utredas ytterligare.
- Ställa högre krav vid val av komponenter och montagearbete.
- Kartlägg markförhållanden vid uppgradering och nybyggnation.
- Ta med klimatsignalen i lägningsanvisningar
- Säkerställ tillräcklig dränering
- Ökad kunskap kring hur exempelvis nya fyllnadsmaterial skulle kunna minska risken för ledningsbrott

3.7 ÖVERSVÄMNINGAR P. G. A. NEDERBÖRD SOM PÅVERKAR OLIKA DELAR AV SYSTEMET

3.7.1 Beskrivning av konsekvens

Översvämningar som påverkar olika delar av systemet ökar p. g. a. mer extrem och ökad nederbörd. Detta är en relativt plötslig händelse. Alla delar av systemet kan påverkas (bränslelager, anläggningar, tunnelsystem, undercentraler, osv). Elinstallationer i hela systemet kan vara utsatta vid översvämning med driftstopp och förstörd utrustning som konsekvens. Till exempel om pumpar dränks (Lind, 2010).

3.7.2 Bedömning av framtida klimat

Det bedöms vara troligt med en ökad risk för översvämning i samband med kraftigt regn. Klimatindex som använts vid bedömningen är maximal nederbördsintensitet, kraftig nederbörd > 10 mm/dygn samt extrem nederbörd > 25 mm/dygn.

3.7.3 Konsekvensbedömning

Att översvämningar på grund av ökad och mer extrem nederbörd kommer ha stor påverkan på branschen bedöms som mindre troligt. I södra Sverige finns

erfarenhet av översvämningar i pumpkamrarna vid kraftig nederbörd och detta ledde till att man installerade i bättre översvämningsslarm, men man valde inte att göra större ombyggnationer.

Flera av deltagarna i arbetsgruppen valde att inte delta i omröstningen på grund av otillräcklig kunskap i sakfrågan vilket bör vägas in i konsekvensbedömningen.

3.7.4 Åtgärder

Exempel på åtgärder:

- Ställa högre krav vid val av komponenter och montagearbete.
- Kartlägga risken för översvämningar vid förnyelsearbete
- Översvämningsslarm och portabla pumpar
- Implementera varningssystem som informerar när det finns risk att infrastruktur kan skadas/påverkas av översvämning. (EEA 2019, IPCC 2014)
- Inför rutiner för vad som ska göras vid en varning och införskaffa eventuell utrustning som behövs för att åtgärda de problem som översvämningen riskerar att orsaka. (EEA 2019, IPCC 2014)
- Ta hänsyn till riskerna för översvämning vid planering av framtida byggnation av infrastruktur, placera i den mån det går infrastruktur på ställen med lägre risk för översvämning. (EEA 2019, IPCC 2014)
- Om stora risker föreligger för existerande infrastruktur undersök om det är möjligt att minska risken med hjälp av dränering alternativt om infrastrukturen kan flyttas till en plats med lägre risk. (EEA 2019, IPCC 2014)

3.8 ÖVRIGA POTENTIELLA KONSEKVENSER

Utöver de prioriterade konsekvenserna beskrivna ovan identifierade arbetsgruppen ytterligare ett antal potentiella klimatkonsekvenser. För dessa har det dock inte bedömts hur stor konsekvensen blir. Vissa av konsekvenserna gäller samhällets beredskap i stort och andra har inte ansetts vara betydande nog att analysera vidare. I Tabell 2 redogörs för dessa konsekvenser och SMHIs samlade bedömning över hur klimatparametrarna förändras.

Tabell 2: Övriga potentiella konsekvenser och bedömning av framtida klimatparametrar

Konsekvens	Bedömning av framtida klimat samt relevanta klimatindex ⁴
Förändrad bränsletillgång då förutsättningarna för bioenergi förändras	Behandlas i separat delrapport (Hansson m.fl., 2021)
Minskat ledningsdjup och längre underhållsperiod p.g.a. minskad tjäle	I allmänhet betyder ett varmare klimat att de kalla dagarna blir färre vilket förkortar tiden med tjäle. Störst förändring längs Norrlandskusten. Mellanårsvariationen minskar i söder när antalet kalla dagar blir få. (Mycket troligt)
Ökad korrosion för äldre ledningar p.g.a. minskad tjäle Fuktigare marker kan leda till ökad korrosion på äldre kulvertar. Läckage på ledningar till följd av korrosion påverkar i första hand driftsekonomin genom ökade förluster i näten. Tunnelsystem med ledningar för fjärrvärme, VA, el och kommunikation kan på grund av ökad fukt korrodera.	I allmänhet betyder ett varmare klimat att de kalla dagarna blir färre vilket förkortar tiden med tjäle. Störst förändring längs Norrlandskusten. Mellanårsvariationen minskar i söder när antalet kalla dagar blir få. (Mycket troligt)
Generellt ökad korrosion på infrastruktur i och med att fler dagar är fuktiga och varma.	Alla modeller pekar på en ökning av antalet varma och fuktiga dagar. Osäkert kring hur stor den blir med alltifrån någon eller ett par dagar till uppemot en vecka. Mellanårsvariabiliteten ökar där antal dagar går från nära noll till ett par dagar. Klimatindex: Relativ fuktighet > 90 % och medeltemp. >10C
Risk för skred för anläggningar och infrastruktur	Det är troligt att den största nederbörden under en sjudagarsperiod ökar något. Men den naturliga variabiliteten är stor och kan övertrumfa förväntade förändringar. Mindre troligt med förändringar i mellanårsvariation. Klimatindex: Högsta nederbörd under 7 dagar

⁴ Klimatindexens numrering är hämtad från en separat delrapport där det också finns mer information om de olika klimatindexen och hur de bedöms förändras (Kjellström m.fl., 2021).

Konsekvens	Bedömning av framtida klimat samt relevanta klimatindex ⁴
Översvämningsrisk vid havsnära anläggningar	Det bedöms vara mycket troligt att havsnivåerna stiger i södra Sverige medan landhöjningen norröver motverkar förändringen. Stora variationer mellan olika scenarier. Klimatindex: Havsnivå jämfört med normalt
Översvämningsrisk vid anläggningar nära sjöar och vattendrag Ökad nederbörd påverkar vattennivån i sjöar och vattendrag så att närliggande infrastruktur har ökad risk för översvämning. Översvämningsrisk av vattendrag som ligger nära tunnelsystem med ledningar för fjärrvärme, VA, el och kommunikation kan till exempel leda till avbrott i fjärrvärmedistributionen. Vissa av de större städerna har tunnelsystem med ledningar för fjärrvärme, VA, el och kommunikation och översvämningsrisk av vattendrag som ligger nära tunnlar bedöms kunna leda till avbrott i fjärrvärmedistributionen. Detta för att krav på ledningar förlagda i tunnelsystem förmodligen är annorlunda från markförlagda ledningar med avseende på hur mycket fukt de ska klara av. Förändrade förutsättningar i tunnelsystemen skulle kunna leda till fukt i isoleringsmaterialet, saltavlagringar på stål som leder till korrosion.	Det är troligt med större fluktuationer mellan låga och höga nivåer jämfört med idag. En mer uttalad årscykel med större avdunstning under sommaren och större nederbördsmängder under vintern. Ökad mellanårsvariabilitet mellan torra och blöta år kan bidra till ökad variabilitet. Osäkerheter kring hur mellanårsvariabiliteten i nederbörd ändras. Klimatindex: Sjönivå jämfört med normalt
Ökade restriktioner gällande kylvatten/utsläpp av överskottsvärme på grund av högre temperaturer i sjöar, vattendrag och hav.	Det är mycket troligt att vattentemperaturen stiger. För sjöar och vattendrag förväntas temperaturerna öka både i yt- och djupvatten. Det är troligt att maxtemperaturerna ökar mer än medeltemperaturen. För havstemperatur finns det endast data från ett fåtal globala modeller med låg upplösning. Trots det står det klart att även haven blir varmare när klimatet blir varmare. Klimatindex: Temperatur i sjöar, vattendrag Medeltemperatur i havet (från GCM) Maximal temperatur i havet (från GCM)

Konsekvens	Bedömning av framtida klimat samt relevanta klimatindex ⁴
Enklare driftförhållanden på våren på vissa ställen i och med att kalla nätter med varma dagar minskar.	Det är mycket troligt att dygnsamplituden minskar. Minskning sker över större delen av landet med vissa skillnader mellan årstiderna. På vintern är den största minskningen längs Norrlandskusten och i delar av Svealand. Ingen större förändring i mellanårsvariabilitet att vänta. Klimatindex: Dygnsamplitud (varmast minus kallast)
Ökad brandrisk generellt	Förhållanden för brandrisk påverkas av ett varmare klimat. Ett tydligt resultat av en allt längre sommarsäsong är att risken ökar för att nederbördsfattiga och torra somrar kan bli ännu torrare än idag. Samtidigt väntas nederbörden generellt öka i stora delar av landet vilket motverkar detta. I medeltal och för mer nederbördsrika år väntas generellt inte någon ändring i risken för bränder. Huruvida det blir fler antal dagar med brandrisk eller om antalet dagar blir ungefär detsamma som idag men med större risk är osäkert och mer detaljerade studier behövs här. I söder, där nederbördsförändringen på sommaren beräknas vara liten, är sannolikheten för ökad brandrisk större än i norr.

4 Strategi för anpassning och åtgärder

Det finns flertalet konsekvenser som branschen bör agera på. När det gäller de förändrade marknadsförutsättningarna behöver dels affären anpassas och bättre underlag användas för hur värme och kylbehovet kommer utvecklas. När det gäller plötsliga händelser behöver branschen uppgradera dagens riskarbete. Särskilt med tanke på att aspekter av klimatförändring kopplat till nederbörd och fukt under flera år kan döljas av naturliga variationer.

För de prioriterade konsekvenserna som analyserades djupare med branschrepresentanter har det tagits fram exempel på åtgärder som kan vidtas. Dessa har sammanställts i Tabell 4 nedan.

För de konsekvenser som i riskbedömningsdiagrammet (se Figur 6 i tidigare kapitel) placerats under "Agera" bedöms samtliga förändringar ske relativt stadigt under en längre tid. Åtgärderna för att hantera dessa förändringar kan grupperas i två kategorier. Den första är att fjärrvärmebranschen behöver utveckla nya affärsmodeller som är anpassade för ett varmare klimat, dels för att möta en förändrad efterfrågan från kunder, dels för att bättre spegla kostnadsstrukturen. Den andra kategorin handlar om att använda bättre underlag för hur värme- och kylbehovet kommer att utvecklas, framför allt hur effekten kommer att påverkas och strategier för att hantera effekttoppar framöver.

De konsekvenser som i riskbedömningsdiagrammet (Figur 6) placerats under "Förbered" är alla plötsliga händelser. Detta är alla händelser som sker idag och som det finns beredskap för. Men då riskerna ökar i och med det förändrade klimatet behöver dagens riskarbete uppgraderas. De plötsliga händelserna har alla med ökad nederbörd och fukt att göra. Den naturliga variationen för dessa parametrar så pass stor att även om förändringen är trolig så kan den naturliga variationen trumfa klimatsignalen under flera år. Det gör att förändringarna kan döljas under flera år, för att sedan förstärkas. Detta bör också beaktas i riskarbetet. Det finns också ett behov av att förtydliga kopplingen mellan valda klimatindex och respektive konsekvens. Kanske är andra klimatindex mer lämpade för att beskriva risken? Åtgärderna handlar om att kartlägga risken bättre och vid uppgradering arbeta för att minska risken, t.ex. genom att ställa högre krav på material och montagearbete. Erfarenhetsutbyte, framför allt kring hur man minskar risken för brand i bränslelager, efterfrågas.

Tabell 3: Sammanfattande tabell över anpassningar och åtgärder

Konsekvens	Typ av konsekvens	Åtgärd/anpassning	Exponering
Värme (behov och effekt)	Marknads-förutsättningar	Bättre prognostiseringsverktyg, särskilt kring värmeeffekt	Agera
		Utveckling av affärsmodeller med nya nyttor och erbjudande till kund och samhälle	Agera
		Utveckling av affärsmodeller som speglar kostnadsstrukturen (t.ex. effekttaxor)	Agera
		Bättre effektstyrning vid köldtoppar	Agera
Kyla (behov och effekt)		Utveckling av affärsmodeller, inkludera kyla	Agera
		Bättre prognostisering av kylbehovet	Agera
Brand i bränslelager	Plötsliga händelser	Tydliggöra vilka klimatindex som kan kopplas till brandrisken	Förbered
		Erfarenhetsutbyte för att minska brandrisken	Förbered
Markförskjutningar som påverkar ledningsnätet		Tydliggöra vilka klimatindex som kan kopplas till markförskjutningar	Förbered
		Kartlägga risken vid förläggning av ledningar, kravställning för material och montage	Förbered
Översvämningar p. g. a. nederbörd		Kartlägga risken, kravställning för material och montage	Förbered

5 Fördjupade studier för att förstå hur mycket ökade temperaturer påverkar sektorn

Genom att isolera klimatsignalen har analyser gjorts för olika nivåer av global uppvärmning och vad det innebär för olika delar av landet, olika tider på säsongen och för olika typer av byggnader. Resultaten indikerar att för värme kommer energibehovet minska mer än effektbehovet och att klimatsignalens påverkan på värmebehovet är jämförbar i storlek med andra påverkande faktorer som nybyggnation och bättre energiprestanda. Då värmeunderlaget minskar riskerar tillgången på lokal och styrbar elproduktion att påverkas.

Det framgick tidigt i projektet att mer kvantitativa studier behövdes för att förstå hur stora konsekvenserna av klimatförändringen blir för fjärrvärme- och fjärrkylasektorn. Totalt genomfördes fyra fördjupade studier som hanterar följande frågeställningar:

- Hur mycket minskar uppvärmnings- och kylbehovet på olika ställen och hur snabbt? Hur påverkas effektbehovet?
- Hur stor påverkan har klimatförändringen på uppvärmningsbehovet jämfört med andra faktorer som rör bebyggelsens utveckling? Till exempel byggnadernas förbättrade energiprestanda, ökad befolkningsmängd och teknikval vid uppvärmning.
- Hur påverkas förutsättningarna för fjärrvärmens och kraftvärmens av klimatförändringen? Det vill säga hur påverkas tillgången till lokal och styrbar elproduktion.
- Hur kommer det framtida kylbehovet se ut?

5.1 MODELLERING AV KLIMATSIGNALENS PÅVERKAN PÅ EN STATISK BYGGNADSSTOCK

För att ta reda på hur klimatsignalen påverkar byggnadsstockens energi- och effektbehov (uppvärmning och kyla) har modelleringar gjorts för två framtida nivåer av global uppvärmning; 1,5 grader och 2 grader över förindustriell nivå. Fem olika klimatmodeller har använts som underlag för hur den framtida lufttemperaturen och solinstrålningen kan tänkas förändras p. g. a. klimatförändringen. Resultaten som presenteras nedan är medelvärdena för klimatsignalens påverkan på byggnadsstockens energi- och effektbehov från de fem olika modellerna. Byggnadsbeståndet har varit oförändrat för att klimatsignalens påverkan ska kunna studeras isolerat.

Modelleringsarbetet genomfördes av Chalmers och för mer information om hur klimatsignalen har modellerats se Chalmers rapport (Abrahamsson, 2020). Här har vi utgått från att den globala uppvärmningen nått +1,1 grader jämfört med förindustriell tid. I modelleringen användes en medeltemperatur kring 1985 som utgångspunkt och då var uppvärmningen ca 0,4 grader. I denna rapport är alla

siffror och förändringar omräknade genom linjärinterpolering så att de jämförs med ett "Nuläge" som motsvarar 1,1 graders uppvärmning.

Bostadssektorn (småhus och flerbostadshus) är modellerade utifrån en uppdelning av Sverige i fyra områden från norr till söder:

- O4: Västerbotten, Norrbotten
- O3: Västernorrland, Jämtland
- O2: Jönköping, Kronobergs, Kalmar, Gotlands, Halland, Västra Götaland, Stockholm, Uppsala, Södermanland, Östergötland, Örebro, Västmanland, Stockholm, Värmland, Dalarna, Gävleborg
- O1: Blekinge, Skåne

Lokaler fördelades istället på tre geografiska regioner som i modelleringen representeras av Umeå, Sundsvall och Stockholm:

- R1: Norrbotten, Västerbotten och Jämtland (representeras av Umeå)
- R2: Västernorrland, Gävleborg, Dalarna och Värmland (representeras av Sundsvall)
- R3: Västra Götaland, Jönköping, Kronoberg, Kalmar, Östergötland, Södermanland, Örebro, Västmanland, Stockholm, Uppsala, Skåne, Hallands, Blekinge och Gotland (representeras av Stockholm)

Modelleringen innebär också att det inte finns möjlighet att fånga situationer när en byggnad kan ha värmebehov och kylbehov samtidigt, något som kan ske i lokaler på grund av heterogeniteten för interna laster inom byggnaden. Som en konsekvens har modelleringen av lokalernas kylbehov endast möjlighet att beskriva behovet under perioder där det nettokylbehov i lokalbyggnaden och vice versa.

5.2 KLIMATSIGNALENS PÅVERKAN PÅ SVERIGES BEHOV AV UPPVÄRMNING OCH KYLA

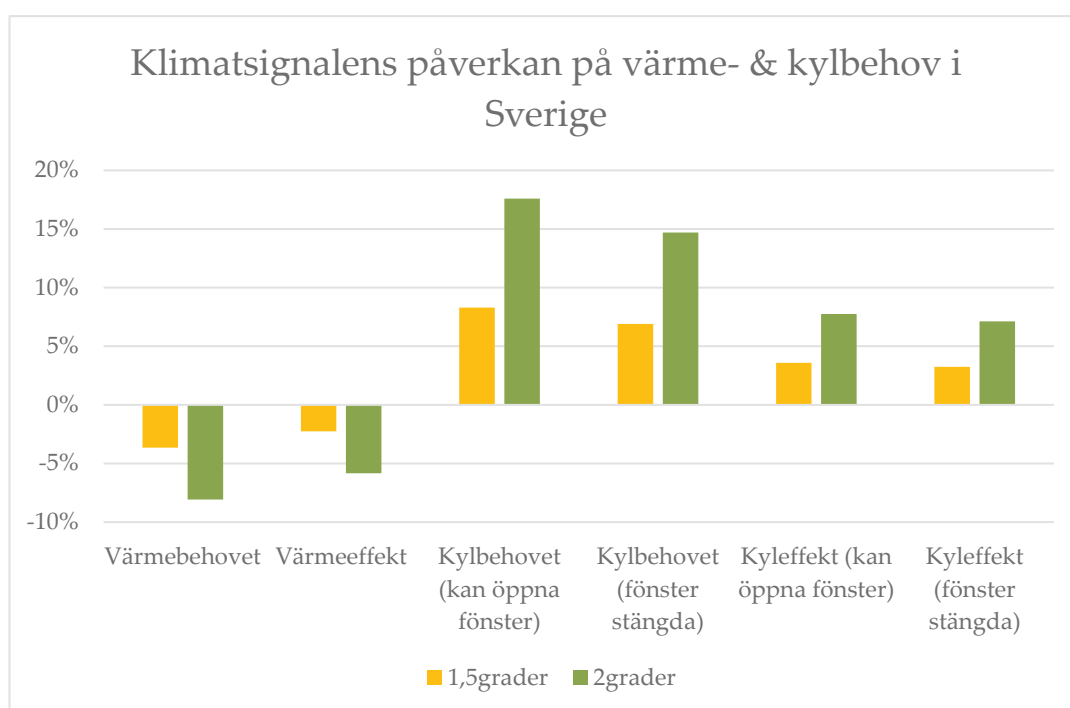
Den globala uppvärmningen har redan och kommer även fortsättningsvis att resultera i ett förändrat energi- och effektbehov för värme och kyla i Sveriges byggnadsbestånd.

I kommande avsnitt redovisas en mängd diagram som branschen kan använda som underlag till sina volymprognoser. Det finns diagram för olika tider på säsongen, olika tider på dygnet, olika regioner och områden, olika typer av effektvärden, mm. Dock bör nämnas att osäkerheterna i absolutvärdena är höga, kylbehovet kan till exempel variera med en faktor 2 mellan olika klimatmodeller, och bör därmed användas med försiktighet. De relativa förändringarna bör dock ge en mer representativ bild. Osäkerheten är också större för resultaten kopplade till lokaler då modellering av dessa är mindre detaljerad. Se sektionen för osäkerheter för mer detaljer.

5.2.1 Förändring på nationell nivå

I Figur 9 framgår den procentuella förändringen för Sveriges totala byggnadsbestånd. Den relativa förändringen av uppvärmningsbehovet över året

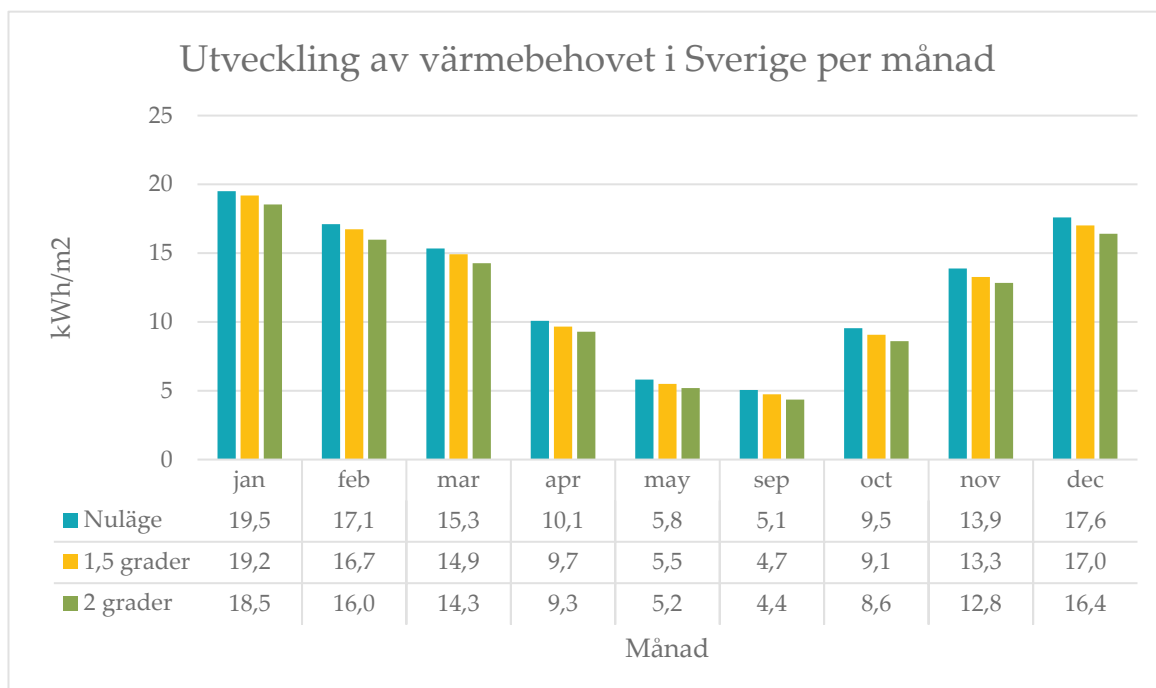
minskar mer än den relativa förändringen av de 1% högsta värmeeffekttopparna. På kylsidan är förhållandet det omvända. Kylbehovet simulerades på två olika sätt. Antingen tilläts kyla, om möjligt, genom att öppna fönster (kan öppna fönster) eller så behövde allt kylbehov täckas av en kylanläggning (fönster stängda). Mer information om antaganden för det förändrade kylbehovet finns under 5.2.4 Kylbehovet. Minskningen mellan nuläget, 1,5 och 2 graders uppvärmning sker relativt linjärt för värmebehovet. För behovet av värmeeffekt kan en något högre ökningstakt per grad uppvärmning ses mellan 1,5 och 2 graders uppvärmning jämfört med mellan nuläget och 1,5 grader. För kylbehovet och kyleffekten kan istället en något mindre ökningstakt per grad uppvärmning ses mellan 1,5 och 2 graders uppvärmning jämfört med mellan nuläget och 1,5 grader.



Figur 10: Klimatsignales påverkan på värme- & kylbehov i Sverige från nuläget till 1,5 respektive 2 graders uppvärmning. Den relativa förändringen för effekt gäller de högsta 1% av effekttopparna (3h effekttoppar) under den modellerade perioden.

5.2.2 Förändring i uppvärmningsbehov för olika månader

Minskningen redovisas i absoluta belopp [kWh/m²] i Figur 10 och i procentuell förändring i Tabell 5. Som kan ses är de absoluta minskningarna störst i perioden november-mars, medan de procentuella minskningarna är störst under sen vår och tidig höst. Att minskningen är störst i absoluta belopp november – mars beror på två faktorer. Dels att temperaturökning som resulterar från klimatförändringen är större november-mars jämfört med andra perioder på året. Dels att det nästan alltid finns ett värmebehov under denna period till skillnad från övriga perioder, all temperaturökning under denna period kommer därmed resultera i ett minskat värmebehov vilket inte är fallet för övriga perioder.



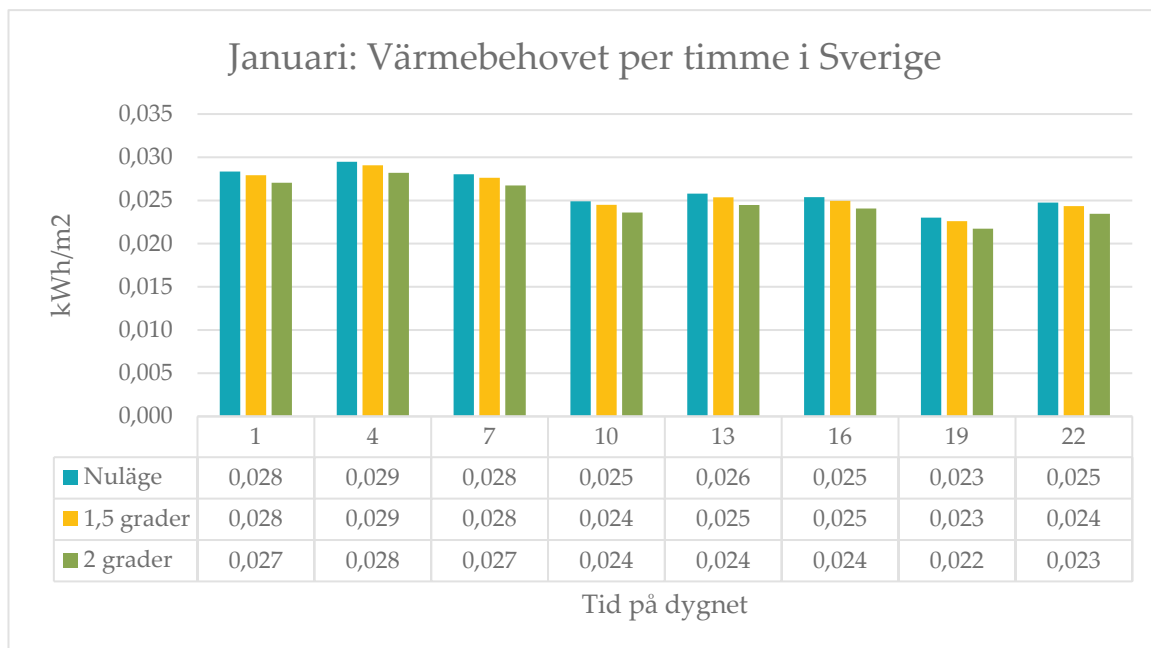
Figur 11: Utveckling av uppvärmningsbehovet i Sverige per månad

Procentuellt är minskningen störst under de varmare månaderna då behovet totalt sätt är lägre.

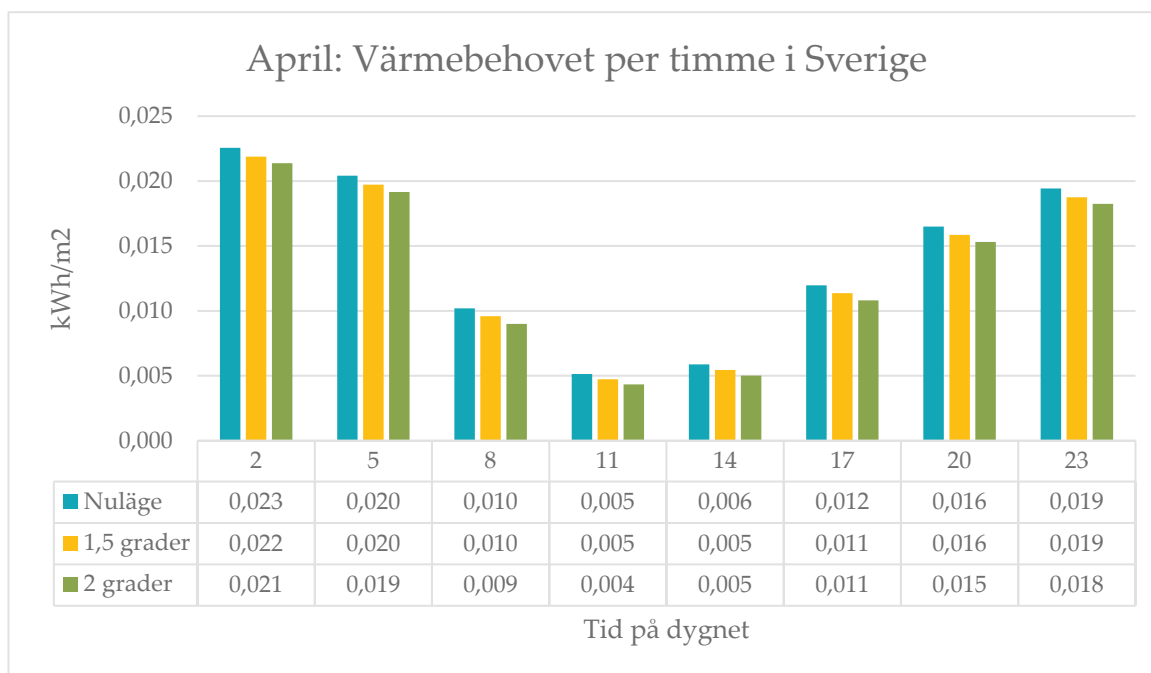
Tabell 4: Procentuell utveckling av uppvärmningsbehovet i Sverige per månad från nuläget

Sverige	1,5 grader	2 grader
Januari	-2%	-5%
Februari	-2%	-7%
Mars	-3%	-7%
April	-4%	-8%
Maj	-5%	-11%
September	-6%	-14%
Oktober	-5%	-10%
November	-4%	-8%
December	-3%	-7%

Utvecklingen av uppvärmningsbehovet under dygnet mellan nuläge, 1,5 graders uppvärmning och 2 graders global uppvärmning för en vintermånad (Figur 11) och en vårmånad (Figur 12). Både för vintermånaderna och vårmånaderna så är minskningen i absoluta tal relativt jämnt fördelat över dygnet. För de tidiga höstmånaderna kan ett beteende liknande vårmånaderna observeras.



Figur 12: Utveckling av värmebehovet per timme ett medeldygn i januari



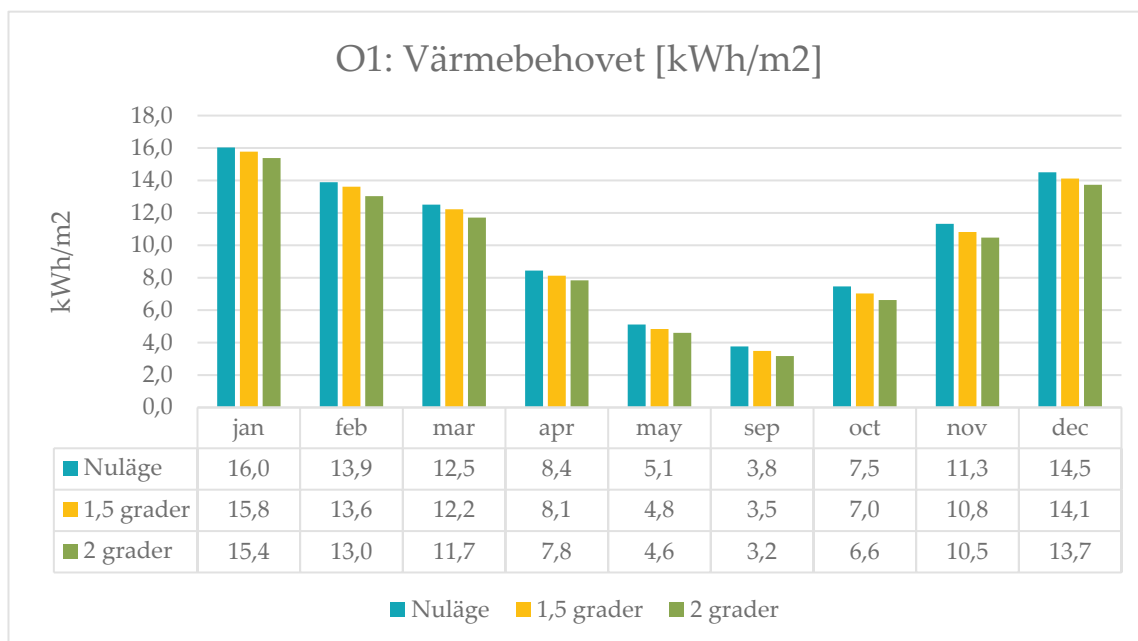
Figur 13: Utveckling av värmebehovet per timme ett medeldygn i april

Utvecklingen av värmebehovet per månad för de sju modellerade områdena, O1-O4 (bostäder) och R1-R3 (lokaler) visas i Tabell 6 samt i figurerna nedan. Dessa följer samma mönster som tidigare nämnts där den absoluta minskningen är större ju längre norrut i landet man kommer. Det bör beaktas att detta är snittvärden för alla modellerade byggnader. För lokaler kan detta värde ha en betydande variation beroende på vilken typ av verksamhet som lokalen används till.

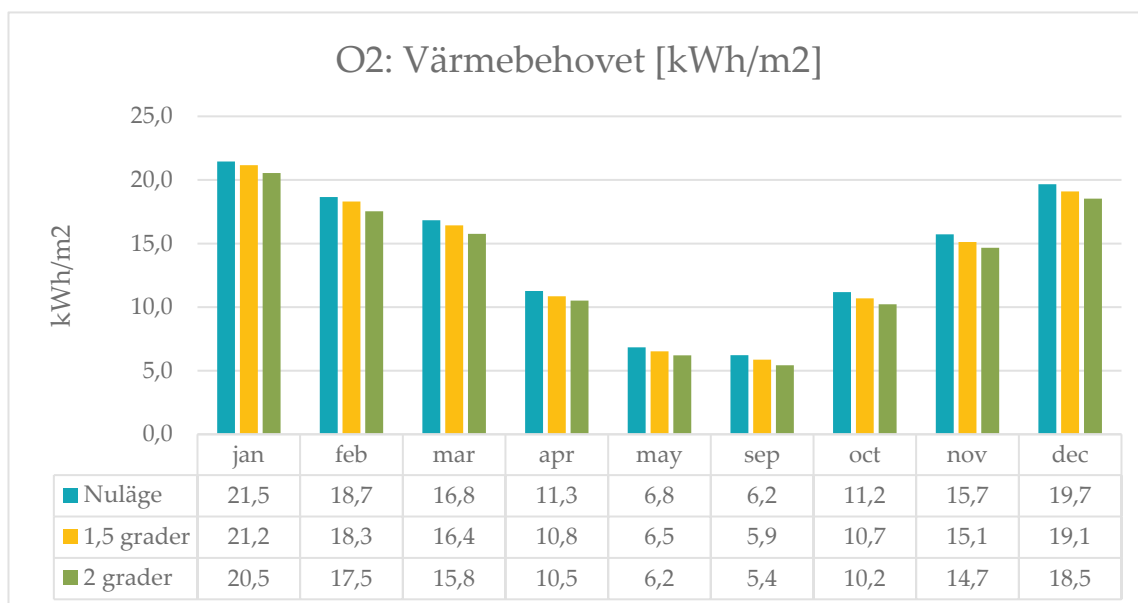
I Tabell 6 redovisas den procentuella förändringen i värmebehov på årsbasis för respektive modellerad region. Som kan utläsas av tabellen är den procentuella förändringen ungefär samma över landet för bostäder respektive lokaler. Detta innebär att minskningen i absoluta tal är högre längre norrut i landet då värmebehovet är högre där. Lokalerna har en procentuellt sett större minskning i värmebehov än bostäderna, detta kan primärt förklaras med att en större del av lokalernas värmebehov tillgodoses från andra källor i byggnaden än värmesystemet, tex. från apparater och människor, jämfört med bostäderna. Eftersom dessa källor antas konstanta i modelleringen så kommer minskningen i värmebehov endast påverka behovet från värmesystemet. Då värmesystemet, som sagt, står för en mindre andel av det totala värmebehovet hos lokalerna kommer den procentuella förändringen i behovet från värmesystemet bli större hos dessa. Det finns också en större osäkerhet i resultaten för lokalerna då det dels endast användes en geografisk position per region i modelleringen av dessa, dels så innebär den förenklade modelleringen att heterogeniteten i behov inom individuella lokaler inte fångas.

Tabell 5: Minskning av det årliga uppvärmningsbehovet per modellerad region

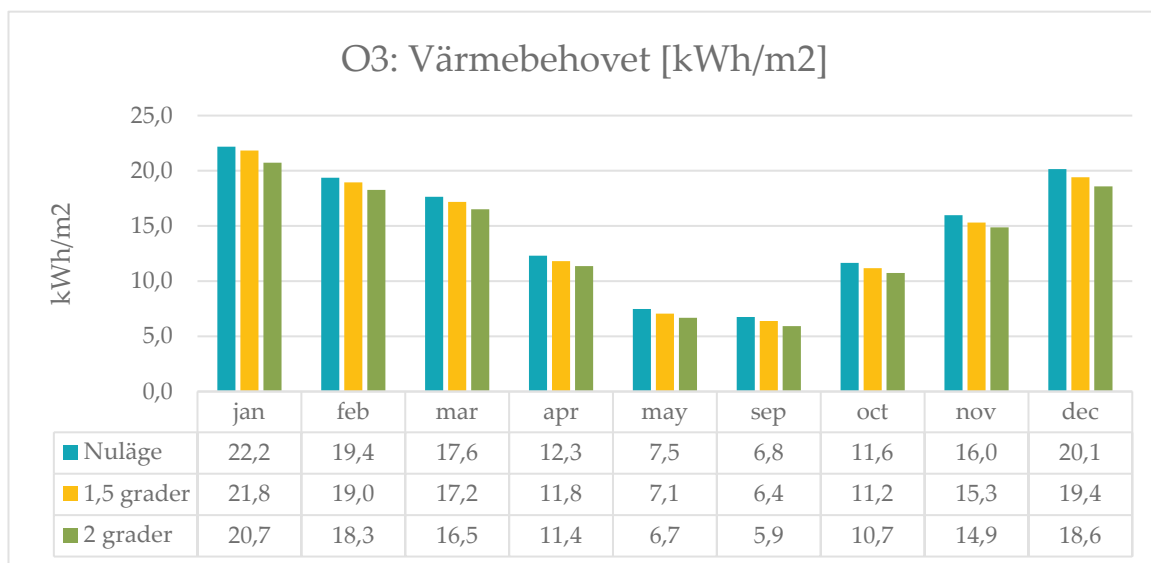
Minskning av det årliga uppvärmningsbehovet			
Region		1,5 grader	2 grader
Bostäder			
O4	Bostäder i Västerbotten, Norrbotten	-3%	-8%
O3	Bostäder i Västernorrland, Jämtland	-4%	-8%
O2	Bostäder Jönköping, Kronobergs, Kalmar, Gotlands, Halland, Västra Götaland, Stockholm, Uppsala, Södermanland, Östergötland, Örebro, Västmanland, Stockholm, Värmland, Dalarna, Gävleborg	-3%	-7%
O1	Bostäder i Blekinge, Skåne	- 4%	-8%
Lokaler			
R1	Lokaler i Norrbotten, Västerbotten och Jämtland	-6%	-13%
R2	Lokaler i Västernorrland, Gävleborg, Dalarna och Värmland	-6%	-12%
R3	Lokaler i Västra Götaland, Jönköping, Kronberg, Kalmar, Östergötland, Södermanland, Örebro, Västmanland, Stockholm, Uppsala, Skåne, Hallands, Blekinge och Gotland	-6%	-13%



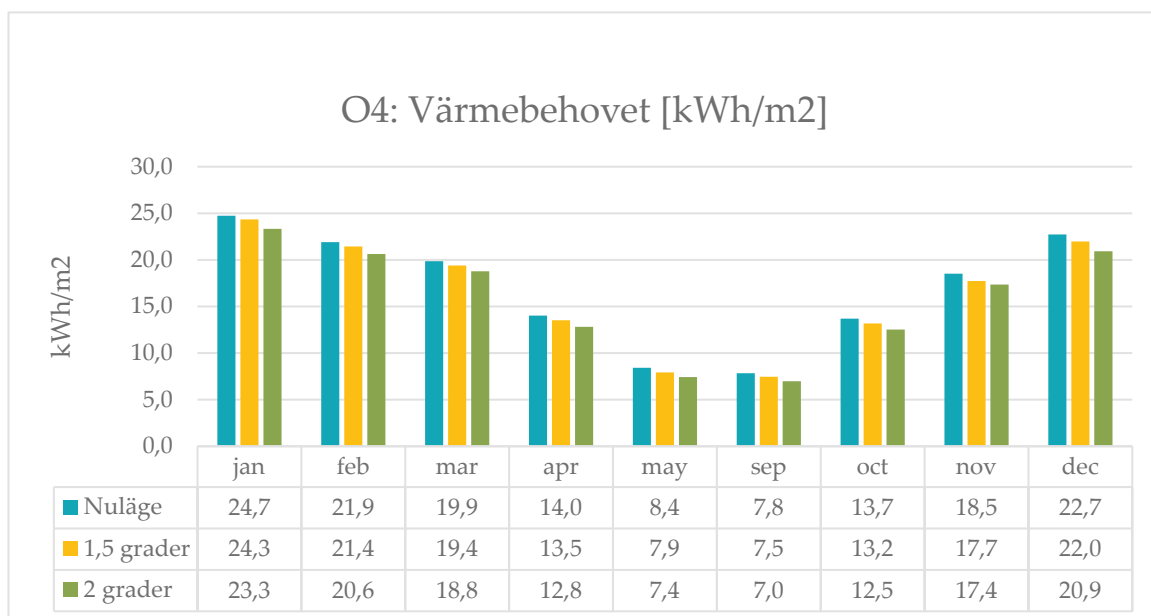
Figur 14: Utvecklingen av värmebehovet i O1 bostäder i Blekinge, Skåne.



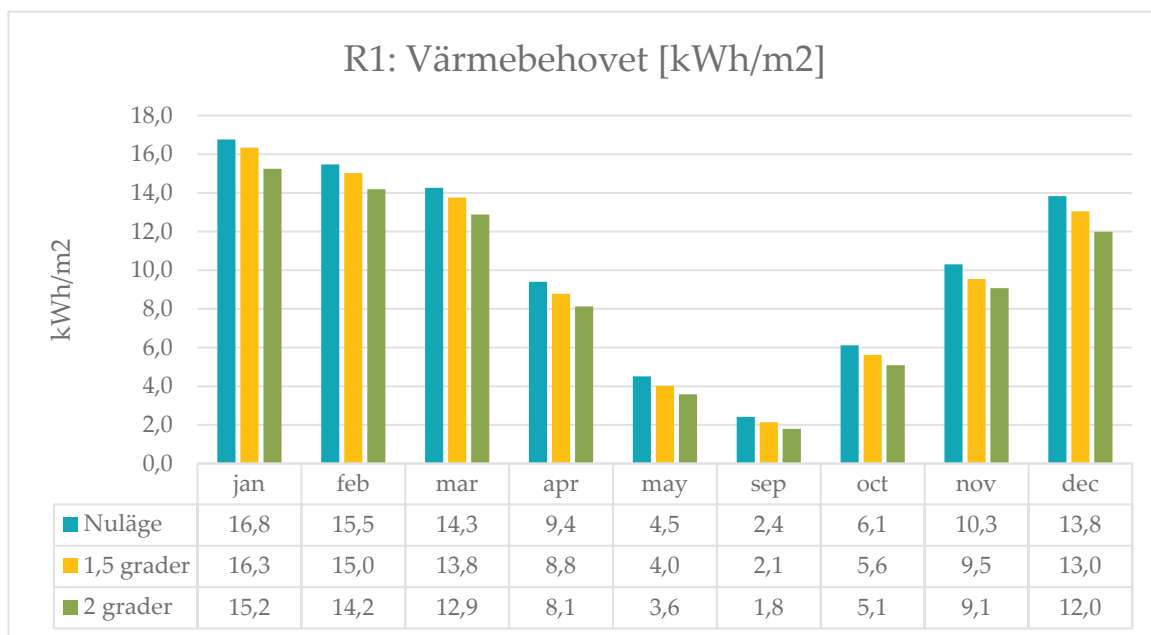
Figur 15: Utvecklingen av värmebehovet i O2 bostäder Jönköping, Kronobergs, Kalmar, Gotlands, Halland, Västra Götaland, Stockholm, Uppsala, Södermanland, Östergötland, Örebro, Västmanland, Stockholm, Värmland, Dalarna, Gävleborg.



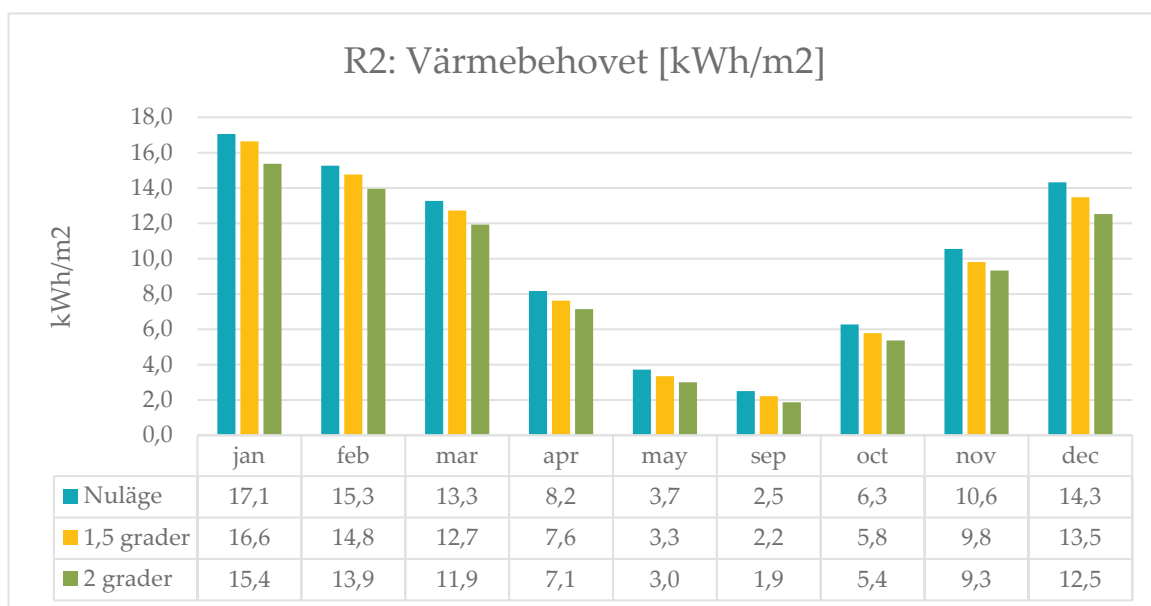
Figur 16: Utvecklingen av värmebehovet i O3 bostäder i Västernorrland, Jämtland.



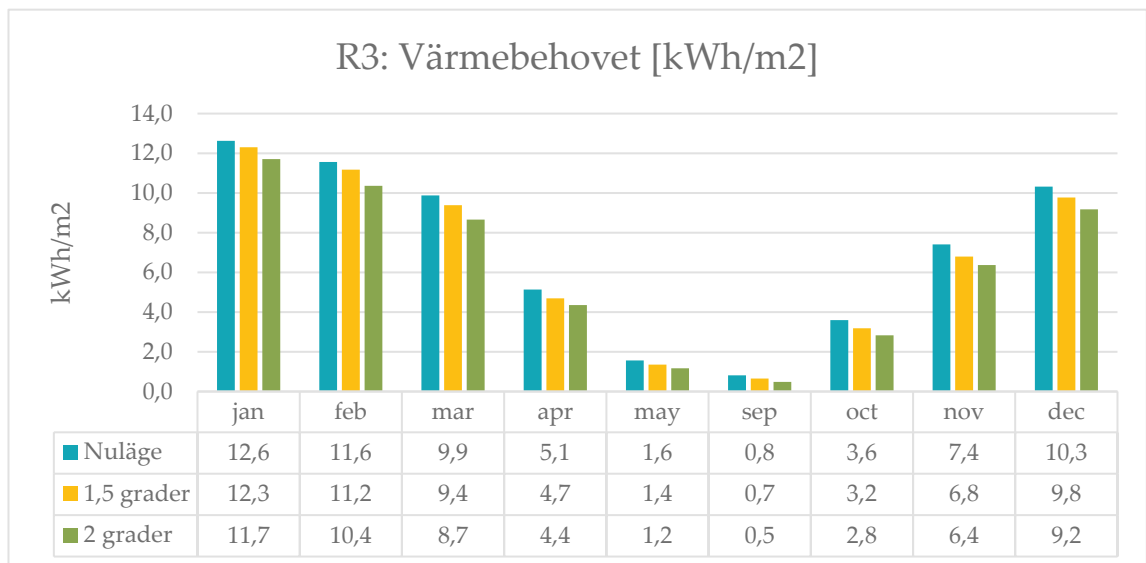
Figur 17: Utvecklingen av värmebehovet i O4 bostäder i Västerbotten, Norrbotten.



Figur 18: Utvecklingen av värmebehovet i R1 lokaler i Norrbotten, Västerbotten och Jämtland.



Figur 19: Utvecklingen av värmebehovet i R2 lokaler i Västernorrland, Gävleborg, Dalarna och Värmland.



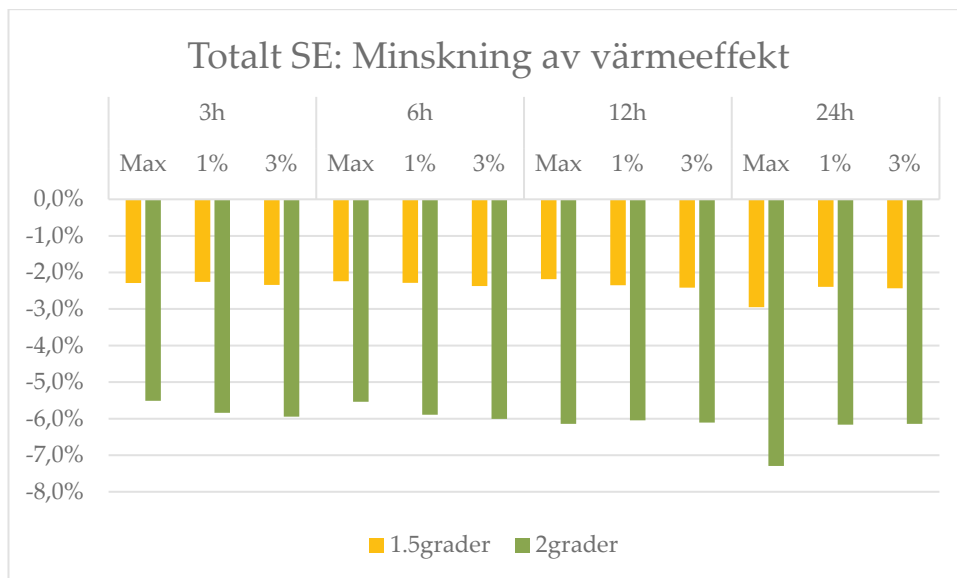
Figur 20: Utvecklingen av värmebehovet i R3 lokaler i Västra Götaland, Jönköping, Kronberg, Kalmar, Östergötland, Södermanland, Örebro, Västmanland, Stockholm, Uppsala, Skåne, Hallands, Blekinge och Gotland.

5.2.3 Förändring i värmeeffekt

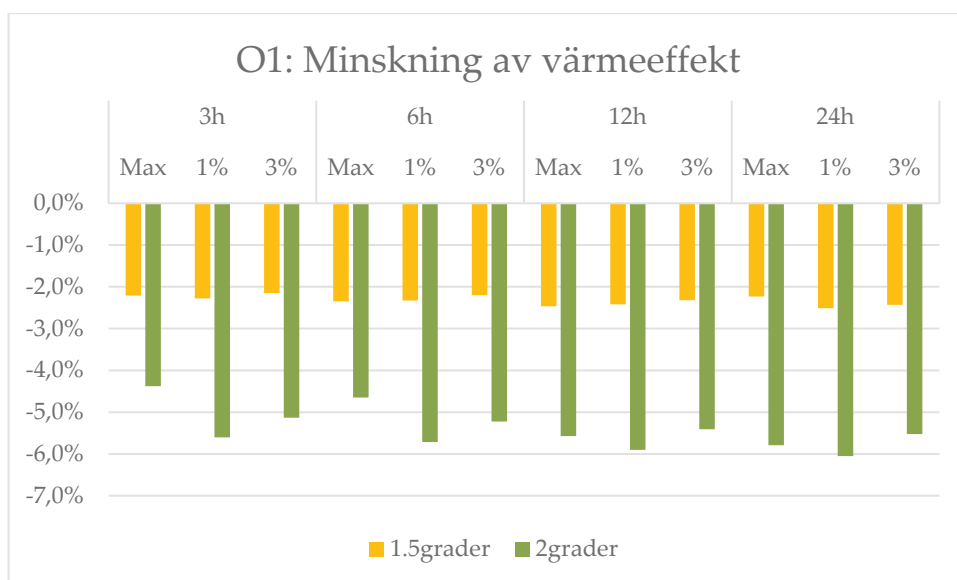
Minskningen av värmeeffekten mellan nuläget och 1,5 respektive 2 graders uppvärmning redovisas totalt för Sverige och för respektive region (O1-O4 för bostäder och R1-R3 för lokaler). Minskningen av medelvärdet för olika längder på effekttoppen (3h, 6h, 12h, 24h) beräknat för de olika modellerna för det högsta värdet, 1% högsta, och 3% högsta värdena under varje modellerad 30-årsperiod. Anledningen till att det presenteras data för effekttoppar av olika längd är att fjärrvärmenäten har olika egenskaper och är olika känsliga för tillfälliga effekttoppar. Som kan ses i Figur 20 så är den procentuella minskningen ungefär lika stor för alla längder på effekttoppar för både 1,5 och 2 graders uppvärmning. En något större minskning kan ses i max-fallet för 24h, här bör det dock beaktas att underlaget är litet då Max-fallet endast innehåller den 24h-period med högst effektbehov över 30-år från varje modell.

För de olika regionerna som representerar bostäder (Figur 21 - Figur 24) är den procentuella minskningen generellt sett lik minskningen för Sverige som helhet. Detta innebär att minskningen i kW per uppvärmd m² är större i de nordliga delarna av Sverige då effektbehovet i nuläget är större där. Den största avvikelsen kan ses för område O4 (Västerbotten och Norrbotten) där max-fallen för alla längder på effekttopparna minskar i en betydligt lägre grad jämfört med övriga regioner och Sverige som helhet. Detta skulle indikera att väldigt kalla perioder som sker en gång på 30-år minskar i mindre utsträckning för nordligaste Sverige jämfört med övriga Sverige. Som nämns ovan bör resultaten för max-fallen dock tolkas med försiktighet då de bygger på ett litet underlag. Denna osäkerhet kan ses i att område R1, Figur 25 (lokaler i Jämtland, Västerbotten och Norrbotten), som representeras med en ort (Umeå) inte visar på samma mönster som O4. För lokaler generellt (Figur 25 - Figur 27) är den procentuella minskningen något större än för

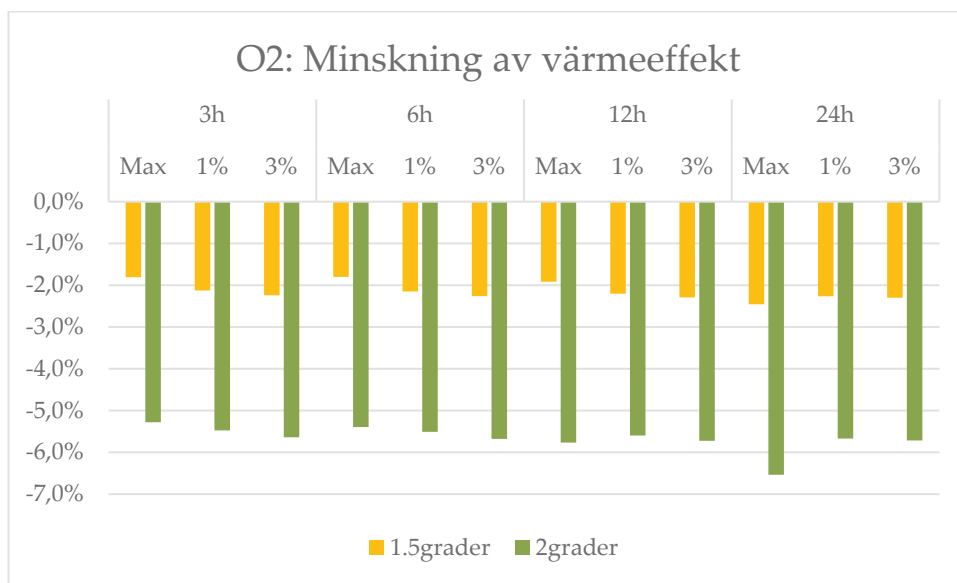
bostäder. Detta p. g. a. att en lägre andel av effektbehovet möts av värmesystemet jämfört med bostäder (för detaljerad förklaring se sektionen för värmebehovet).



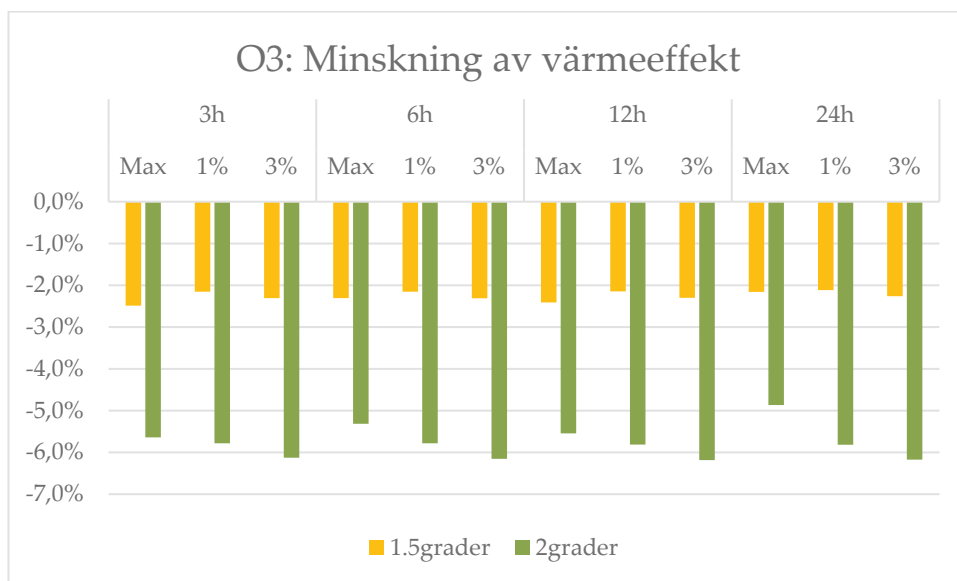
Figur 21: Minskning av värmeeffekt i Sverige för effekttoppar med olika längd.



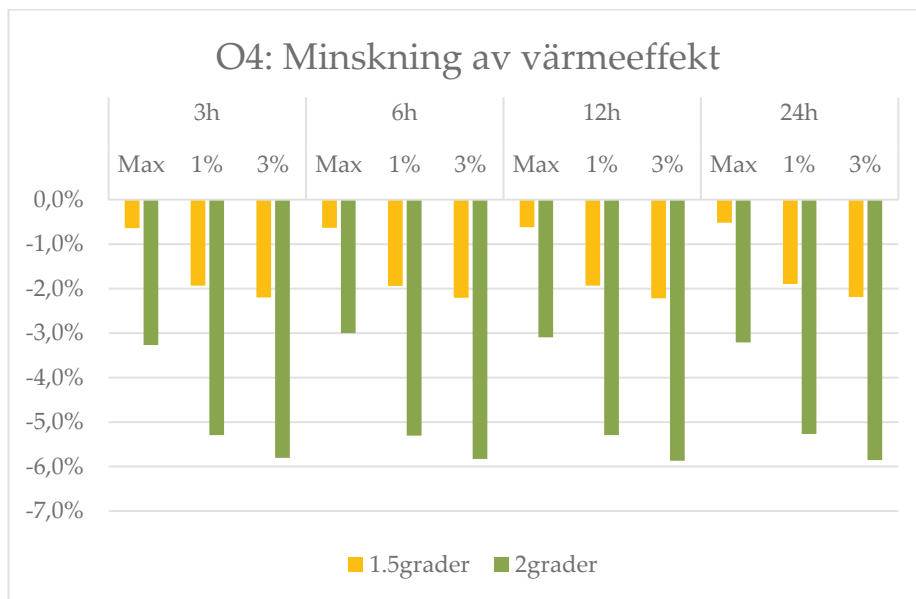
Figur 22: Minskning av värmeeffekt. Visar effekttoppar med olika längd för O1 bostäder i Blekinge, Skåne.



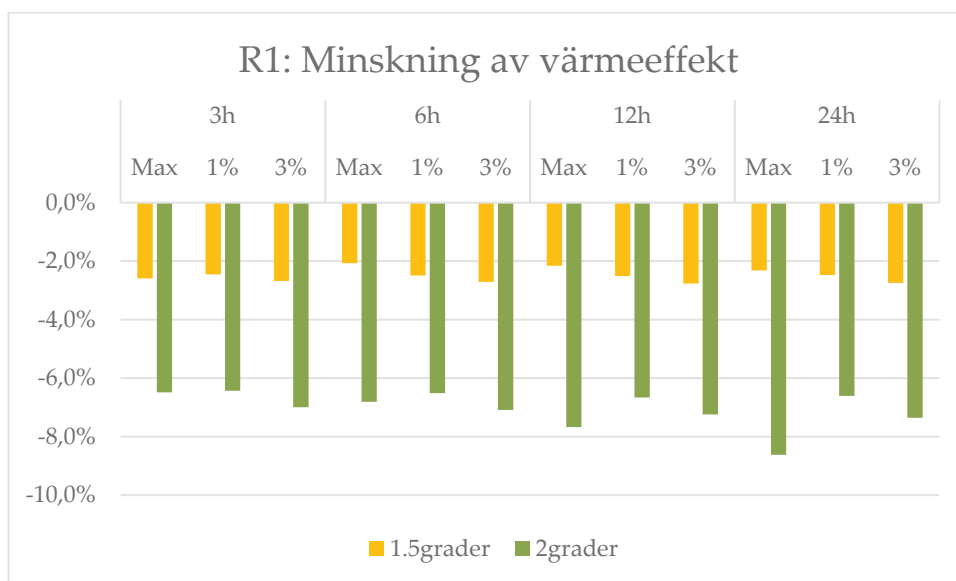
Figur 23: Minskning av värmeeffekt. Visar effekttoppar med olika längd för O2 bostäder i Jönköping, Kronobergs, Kalmar, Gotlands, Halland, Västra Götaland, Stockholm, Uppsala, Södermanland, Östergötland, Örebro, Västmanland, Stockholm, Värmland, Dalarna, Gävleborg.



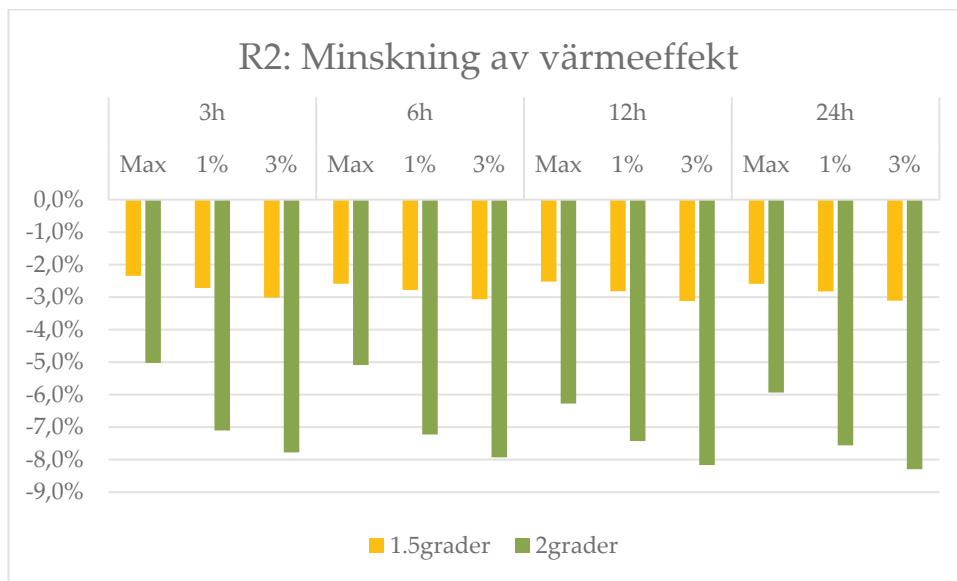
Figur 24: Minskning av värmeeffekt. Visar effekttoppar med olika längd för O3 bostäder i Västernorrland, Jämtland.



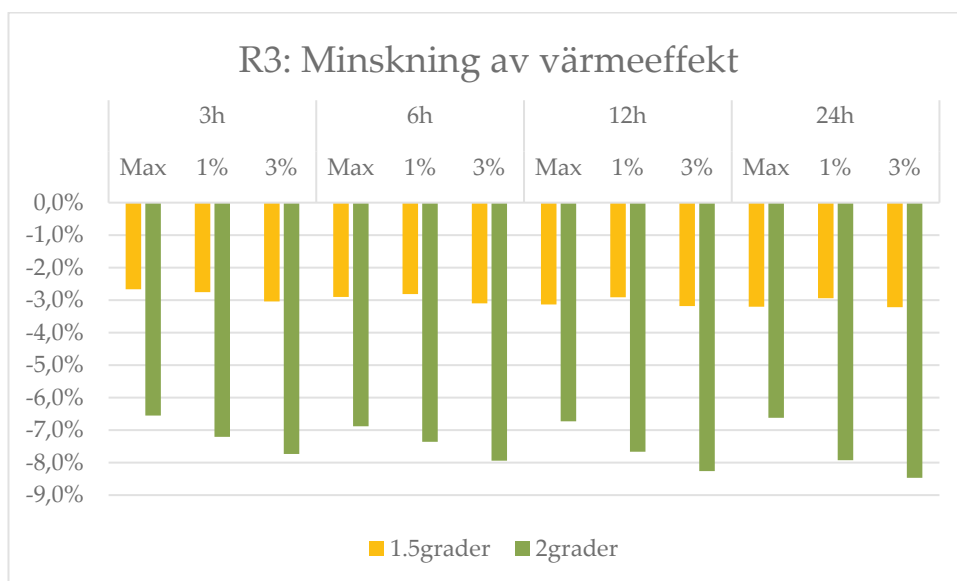
Figur 25: Minskning av värmeeffekt. Visar effekttoppar med olika längd för O4 bostäder i Västerbotten, Norrbotten.



Figur 26: Minskning av värmeeffekt. Visar effekttoppar med olika längd för R1 lokaler i Norrbotten, Västerbotten och Jämtland.



Figur 27: Minskning av värmeeffekt. Visar effekttoppar med olika längd för R2 lokaler i Västernorrland, Gävleborg, Dalarna och Värmland.



Figur 28: Minskning av värmeeffekt. Visar effekttoppar med olika längd för R3 lokaler i Västra Götaland, Jönköping, Kronberg, Kalmar, Östergötland, Södermanland, Örebro, Västmanland, Stockholm, Uppsala, Skåne, Hallands, Blekinge och Gotland.

5.2.4 Kylbehovet

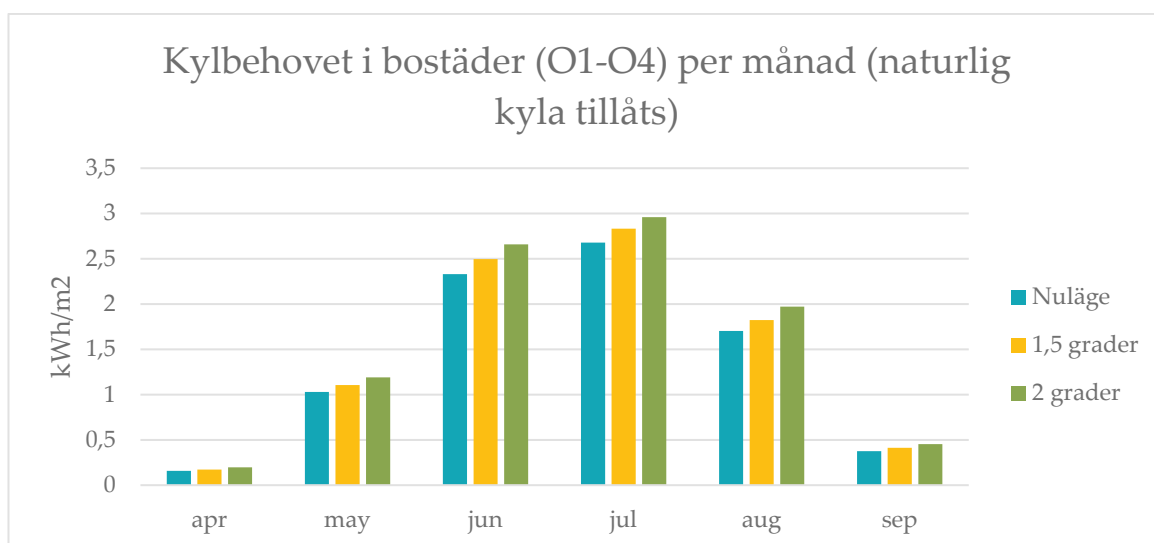
Det saknas i nuläget statistik för både det totala kylbehovet i Sverige och vilka byggnader i byggnadstocken som har någon form av kylsystem installerat. Kylbehovet och kyleffekten som presenteras nedan kommer därav helt från modellresultat. Resultaten bygger på ett antal antaganden gällande vilka byggnader som har ett kylsystem idag, när en investering i ett kylsystem tas i byggnader utan kylsystem och när byggnader med kylsystem kör dessa. Byggnader med ett installerat kylsystem antas starta sina anordningar vid en

inomhustemperatur på 26 grader (Folkhälsomyndighetens rekommendation för bekvämt inomhusklimat) och hålla denna temperatur. Byggnader utan kylsystem antas installera kylsystem vid en inomhustemperatur på 32 grader enligt WHO:s rekommendation om maximal inomhustemperatur. Vid simuleringens start antogs alla lokaler ha ett kylsystem installerat medan alla bostäder inte antogs ha något kylsystem installerat. Bostäder antogs dock installera kylsystem om kriteriet för investering beskrivet ovan infinner sig under de modellerade perioderna. Detta innebär att nulägesbeskrivningen är en teoretisk konstruktion som inte är kopplad till nuvarande mängd kylsystem eller nuvarande efterfråga på kyla i byggnadsstocken. Absolutvärdena för kyla bör dock tolkas med försiktighet då förenklingar i modelleringen gör dessa osäkra.

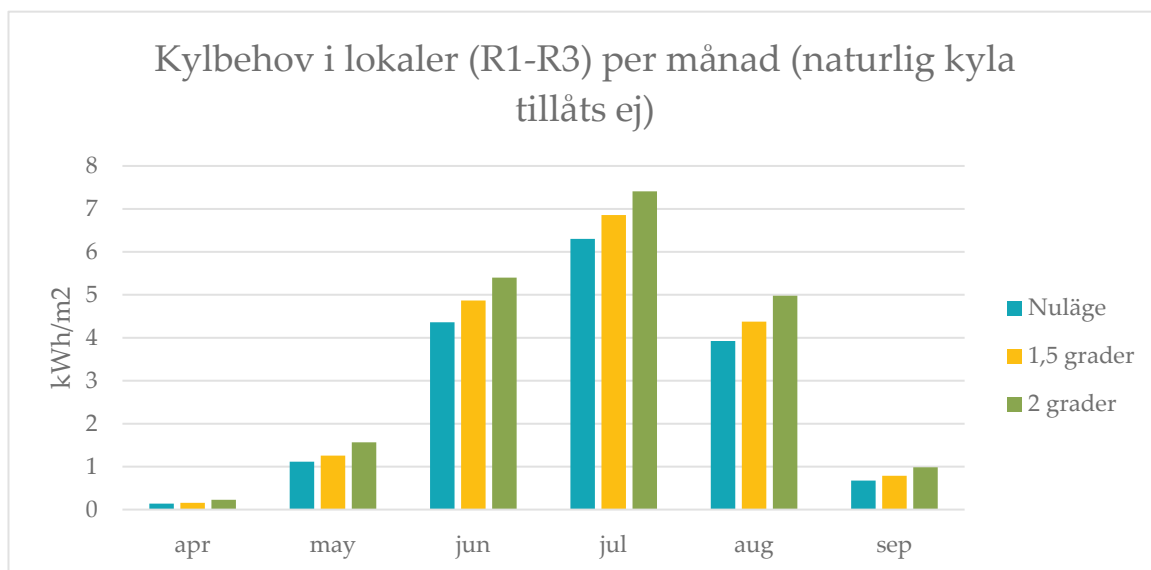
Tabell 6: Alla regioner i Sverige, ökning av kylbehov på årsbasis utifrån de två olika strategierna (med natur kyla-fönster kan öppnas och utan naturlig kyla- fönster kan inte öppnas).

Kylbehov	Teoretiskt och förenklat nuläge	1,5grader	2grader
Med naturlig kyla [TWh]	6,7	7,3	7,9
% ökning från Nuläge		+8%	+18%
Utan naturlig kyla [TWh]	8	8,6	9,2
% ökning från Nuläge		+7%	+15%

Kylbehovet redovisas nedan uppdelat för bostäder och lokaler och på en nationell nivå för sommarhalvåret. För bostäder tillåts naturlig kyla genom att fönster kan öppnas, för lokaler tillåts inte kyla genom att öppna fönster. Skillnaden om lokaler istället tillåts kyla genom att öppna fönster likt bostäder så minskar energibehovet för att kyla med mellan 5% i juli och 22% april vid 2 graders uppvärmning. Eftersom kylbehovet är som störst under sommaren och särskilt under julimånad då skillnaden mellan att tillåta och inte tillåta naturlig kyla är som minst ger skillnaden i strategi för lokaler inte så stor påverkan på totala kylbehovet i absoluta värden. Det bör beaktas att detta är snittvärden för alla modellerade byggnader. För lokaler kan kylbehovet ha en betydande variation beroende på vilken typ av verksamhet som lokalen används till.

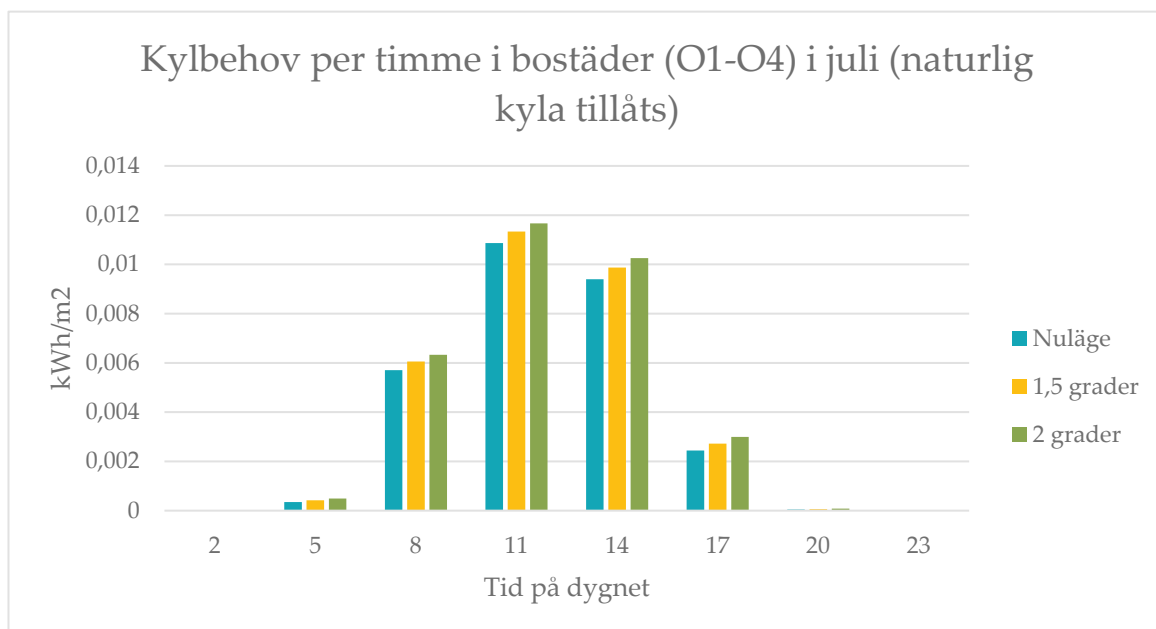


Figur 29: Kylbehovet i bostäder per månad (naturlig kyla tillåts) [kWh/m²]

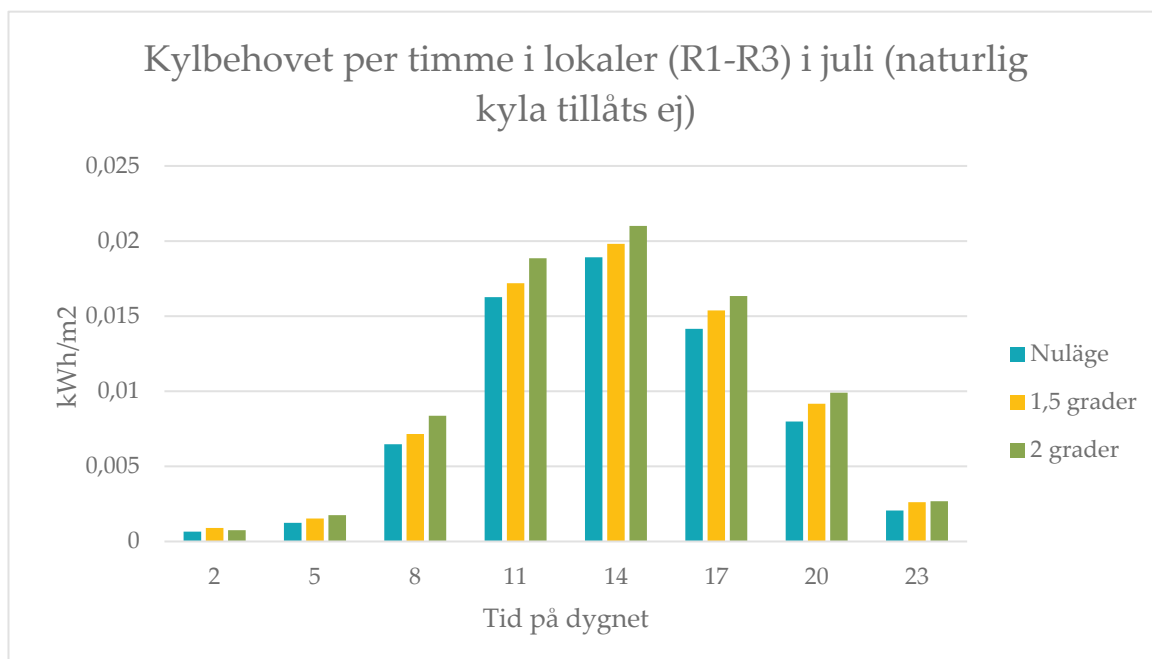


Figur 30: Kylbehovet i lokaler per månad (naturlig kyla tillåts ej) [kWh/m²]

Juli är den månad på året med störst kylbehov och Figur 30 och Figur 31 beskriver hur kylbehovet förändras under ett medeldygn i juli. Tydligt att det största kylbehovet främst uppstår mitt på dagen i bostäder som kan öppna fönster under dygnet kallare timmar medan lokaler har ett mer utspritt kylbehov över hela dagen.



Figur 31: Kylbehovet i bostäder per timme (naturlig kyla tillåts) [kWh/m²]



Figur 32: Kylbehovet i lokaler per timme (naturlig kyla tillåts ej) [kWh/m²]

Den absoluta och procentuella ökningen av kylbehovet i Sverige uppdelat per månad och bostäder (med fönsterkyla) / lokaler (utan fönsterkyla) jämfört med det teoretiska nuläget sammanfattas i Tabell 8. Som kan ses i tabellen så är bostäderna dominerande i när det kommer till det absoluta beloppet och den absoluta ökningen (denna ökning är förmodligen högre än vad som redovisas här då den teoretisk nulägesbilden överskattar nuvarande kylbehov i bostäder). Den procentuella ökningen är dock högre för lokaler.

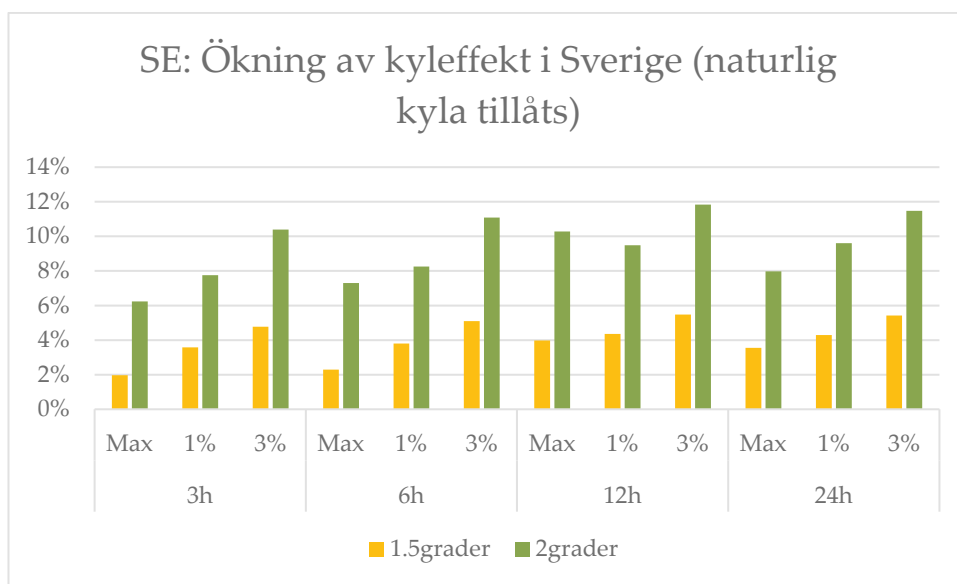
Tabell 7: Kylbehovet i Sverige i nuläget och den relativa ökningen vid 1,5 och 2 graders uppvärmning.

	Teoretiskt och förenklat nuläge		1,5 grader		2 grader	
	Bostäder	Lokaler	Bostäder	Lokaler	Bostäder	Lokaler
April [GWh]	90	20	8%	12%	24%	64%
Maj [GWh]	550	150	7%	13%	16%	41%
Juni [GWh]	1250	600	7%	12%	14%	24%
Juli [GWh]	1440	860	6%	9%	10%	18%
Augusti [GWh]	920	540	7%	12%	16%	27%
September [GWh]	200	90	10%	16%	21%	46%
Helåret [TWh]	4,5	2,3	7%	11%	14%	25%

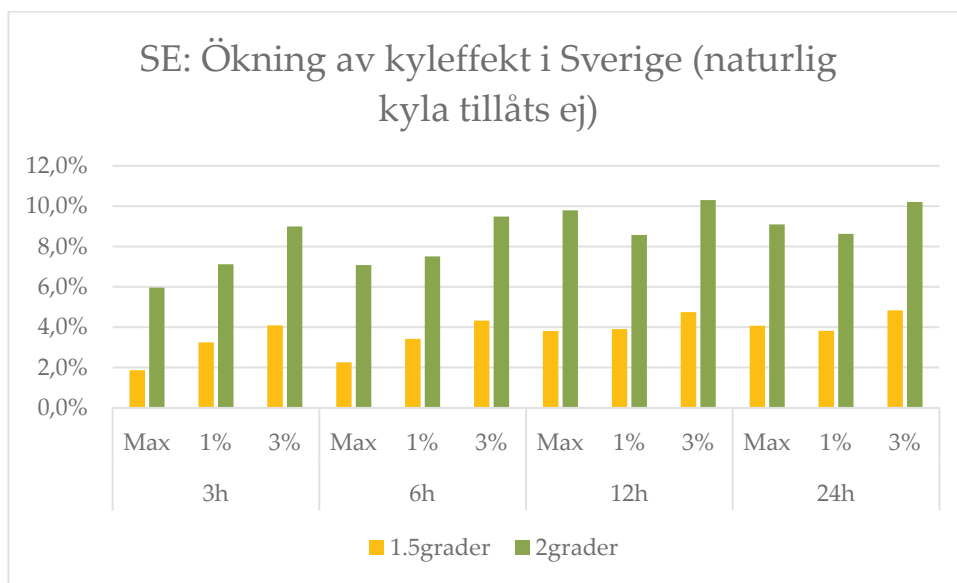
5.2.5 Kyleffekt

Ökningen av kyleffekten mellan nuläget och 1,5 respektive 2 graders uppvärmning redovisas totalt för Sverige enligt de två modellerade alternativen, 1) Tillåts öppna fönster, 2) Tillåts inte öppna fönster samt för respektive region. För bostäder (O1-O4) redovisas enbart fallet där de boende kan välja att öppna fönster och för lokaler (R1-R3) redovisas enbart fallet där fönster hålls stängda. Ökningen av kyleffekten är medelvärdet för olika längder på effekttoppen beräknat för de olika modellerna för det högsta värdet (max), 1% högsta, och 3% högsta värdena under varje modellerad 30-årsperiod. Figur 32 och Figur 33 visar resultaten för förändringen i kyleffekt. I Figurerna kan en generell trend uttydas som indikerar att en större procentuell ökning av effekten ju fler av de högsta värdena som inkluderas.

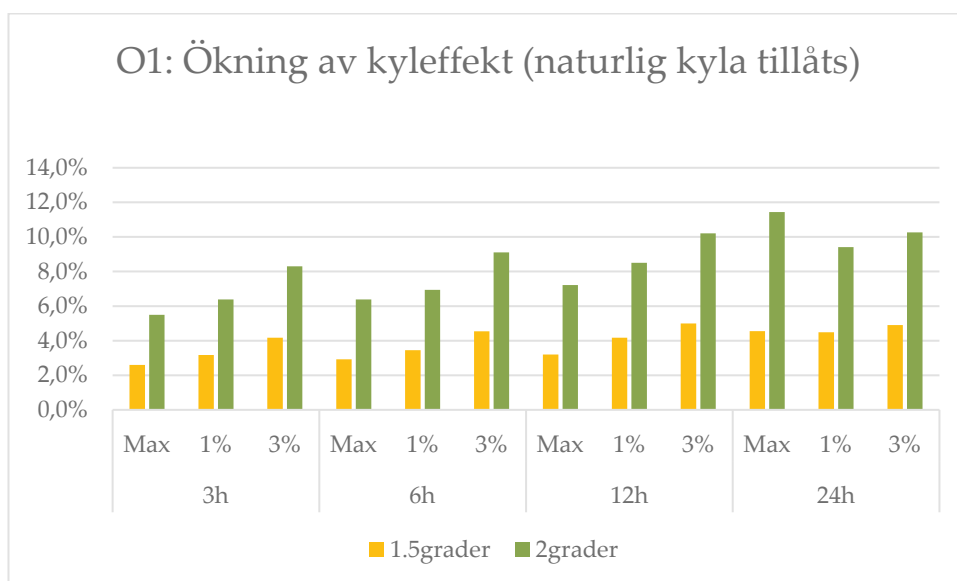
Som kan ses så är ökningen högre när naturlig kyla tillåts än när den inte tillåts. Detta beteende kan förklaras med att mer kyleffekt installeras i nuläget-fallet utan naturlig kyla, ökningen av effektbehovet blir därför procentuellt mindre för fallen utan naturlig kyla.



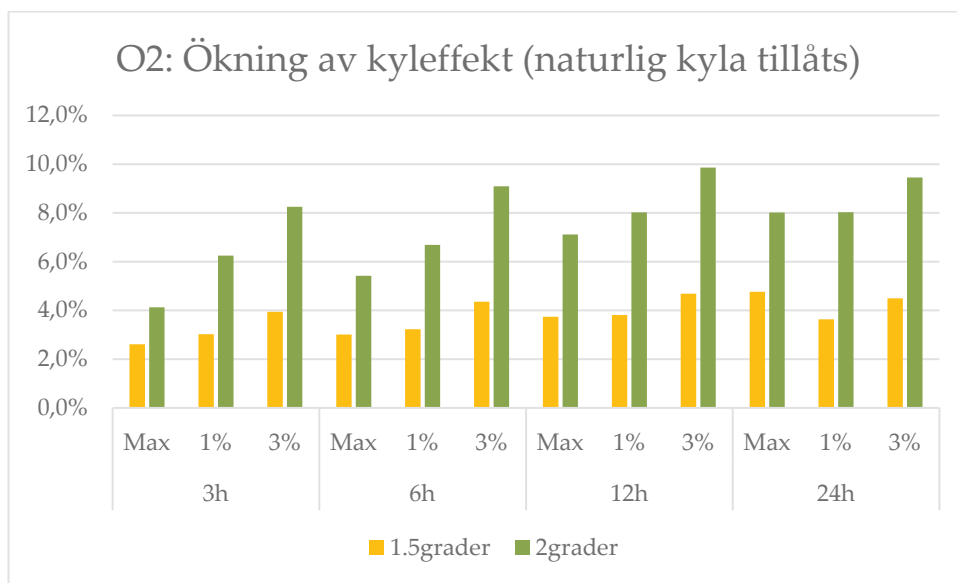
Figur 33: Ökning av kyleffekt i Sverige för effekttoppar med olika längd (naturlig kyla tillåts).



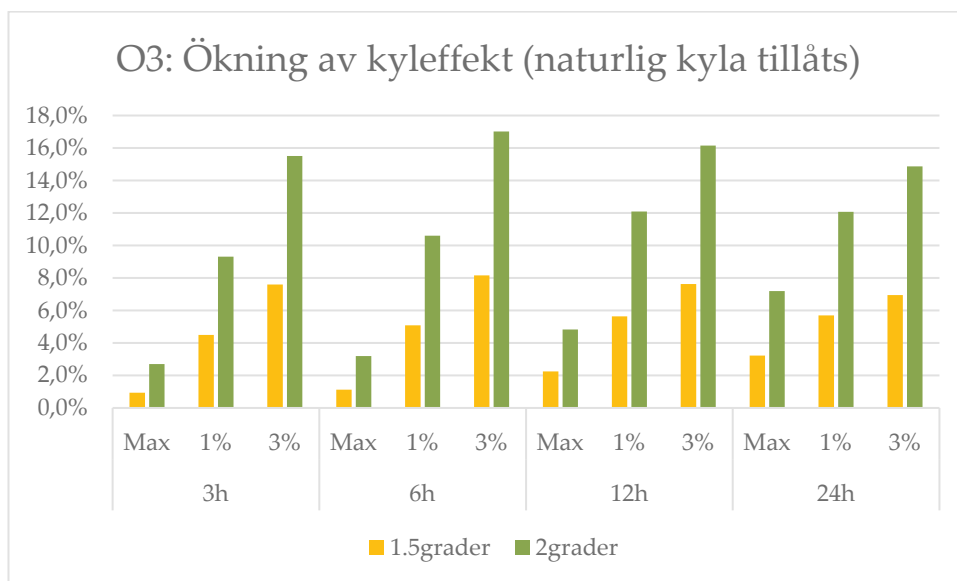
Figur 34: Ökning av kyleffekt i Sverige för effekttoppar med olika längd (naturlig kyla tillåts ej).



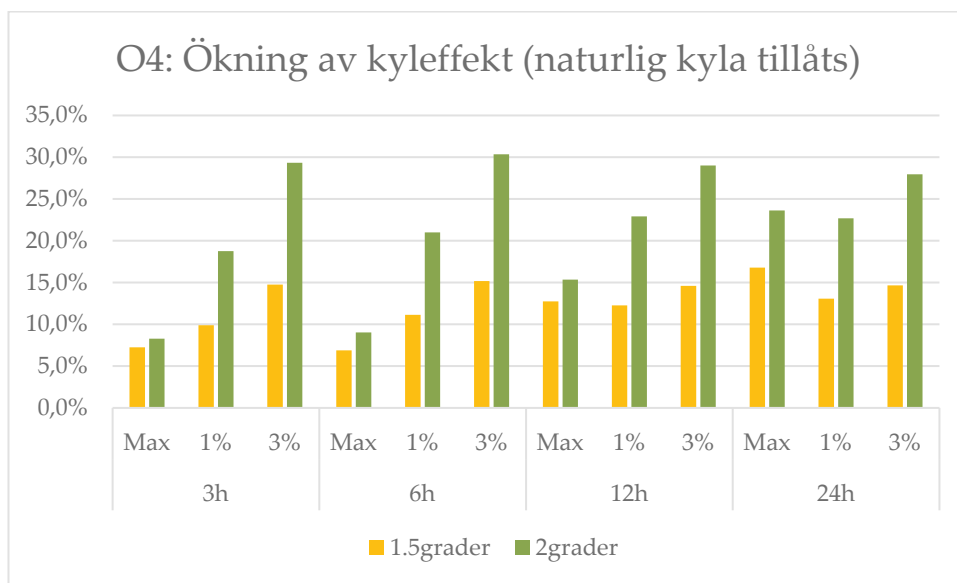
Figur 35: Ökning av kyleffekt i O1 bostäder i Blekinge, Skåne för effekttoppar med olika längd (naturlig kyla tillåts).



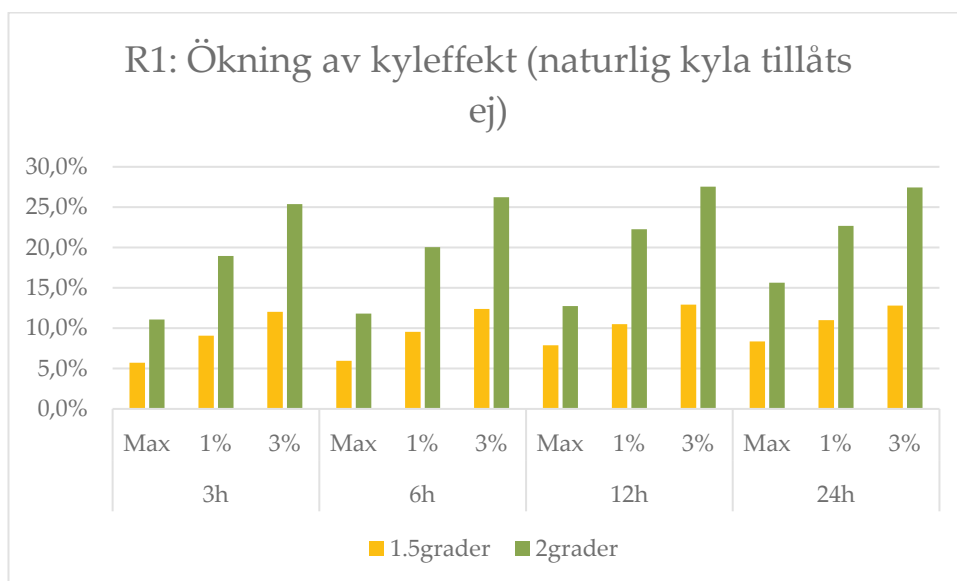
Figur 36: Ökning av kyleffekt i O2 bostäder i Jönköping, Kronobergs, Kalmar, Gotlands, Halland, Västra Götaland, Stockholm, Uppsala, Södermanland, Östergötland, Örebro, Västmanland, Stockholm, Värmland, Dalarna, Gävleborg för effekttoppar med olika längd (naturlig kyla tillåts).



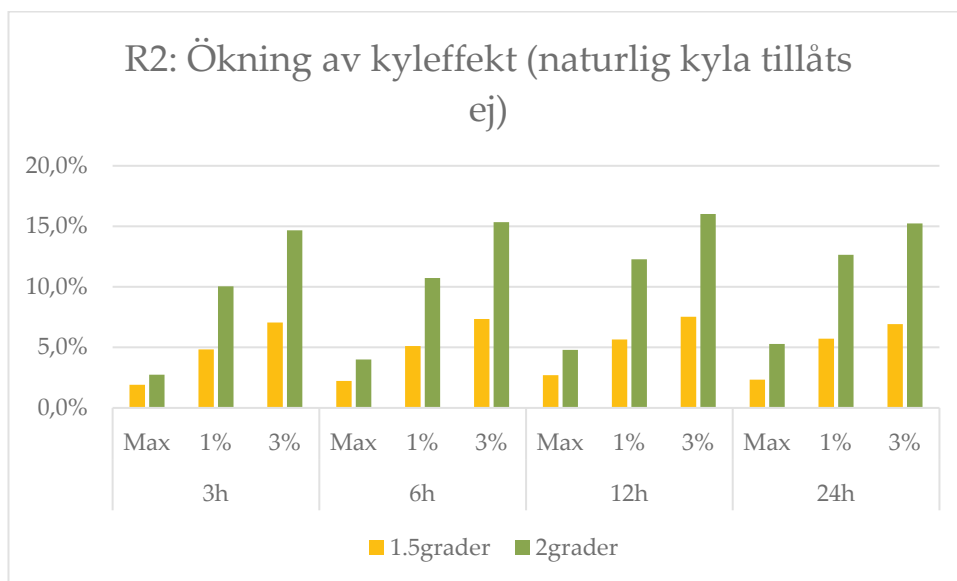
Figur 37: Ökning av kyleffekt i O3 bostäder i Västernorrland, Jämtland för effekttoppar med olika längd (naturlig kyla tillåts).



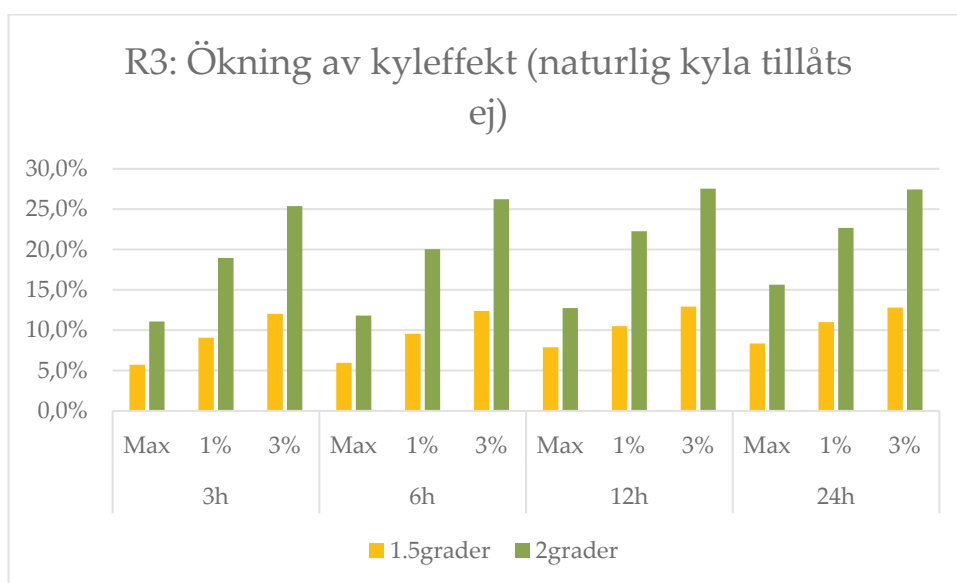
Figur 38: Ökning av kyleffekt i O4 bostäder i Västerbotten, Norrbotten för effekttoppar med olika längd (naturlig kyla tillåts).



Figur 39: Ökning av kyleffekt i R1 lokaler i Norrbotten, Västerbotten och Jämtland för effekttoppar med olika längd (naturlig kyla tillåts ej).



Figur 40: Ökning av kyleffekt i R2 lokaler i Västernorrland, Gävleborg, Dalarna och Värmland för effekttoppar med olika längd (naturlig kyla tillåts ej).



Figur 41: Ökning av kyleffekt i R3 lokaler i Västra Götaland, Jönköping, Kronberg, Kalmar, Östergötland, Södermanland, Örebro, Västmanland, Stockholm, Uppsala, Skåne, Hallands, Blekinge och Gotland för effekttoppar med olika längd (naturlig kyla tillåts ej).

5.3 KLIMATSIGNALENS PÅVERKAN PÅ UPPVÄRMNINGSBEHOVET JÄMFÖRT MED ANDRA FAKTORER KOPPLADE TILL BEBYGGELSENS UTVECKLING

När vi får en varmare värld så minskar värmeunderlaget överlag och så även i fjärrvärmesektorn. Men det finns fler faktorer som påverkar värmeunderlaget och i detta avsnitt jämförs storleksordningarna på nationell nivå. De faktorer som har

studerats rör bebyggelsens utveckling i form av bättre energiprestanda och nybyggnation då befolkningen ökar samt olika teknikval för uppvärmning.

5.3.1 Nybyggnation och förbättrad energiprestanda

Tillkommande värmebehov genom nybyggnation utgår från underlaget som Energimyndigheten använder i sina långtidsprognoser. Boverket uppskattar behovet av nya byggnader, i rapporten från 2018 uppskattades detta behov fram till 2025, och utifrån faktiska indikatorer gör de en prognos över hur mycket nya bostäder som kommer att byggas några år framåt. Energimyndigheten gör sedan en samlad bedömning av nybyggnationen fram till 2050 baserat på befolkningsprognos från SCB och antalet personer per hushåll. Av nybyggnationerna uppskattas andelen flerbostadshus vara 74% och andelen småhus vara 26% baserat på fördelningen 2016 och 2017. Den tillkommande arean per nybyggt småhus uppskattas till 149 kvm och för en lägenhet 65 kvm också baserat på statistik över nybyggnation från SCB. Energiåtgången i nybyggda bostäder bedöms utifrån Boverkets byggregler vara 85 kWh/m² för småhus med elvärme och 70 kWh/m² för flerbostadshus med fjärrvärme. Tillkommande värmebehov på grund av nybyggnation mellan Nuläget–2040 uppskattas till 6,3 TWh fördelat på; småhus (2,4 TWh), flerbostadshus (2,4 TWh) och lokaler (1,5 TWh). För lokaler görs antagandet att nybyggnationen uppgår till 65% av utvecklingen av arean i flerbostadshus. Tillkommande värmebehov på grund av nybyggnation mellan 2040–2050, då nybyggnationstakten antas öka värmebehovet lika mycket varje år, uppskattas till 1,6 TWh. Antas nybyggnationstakten fortsätta i samma takt till 2065 (cirka 2 graders uppvärmning) blir tillkommande värmebehov 2040–2065 4 TWh. I Energimyndighetens senaste publicerade långtidsprognos från 2019 med slutår 2050 bedömdes värmebehovet för nybyggnation uppgå till 8 TWh till 2050. Energieffektiviseringar uppskattas i långtidsprognosen uppgå till 12 TWh och utförs till största delen fram till 2035 och är till exempel tilläggsisolering, fönsterbyten, varmvattenbesparande åtgärder (Energimyndigheten, 2019). Nybyggnation av lokaler påverkar också kylbehovet framöver. Utifrån fördelningen av energi till värme och kyla i lokaler vid 1,5 graders uppvärmning (Abrahamsson, 2020) uppskattas tillkommande kylbehov i lokaler utifrån det tillkommande värmebehovet till +0,25 TWh.

Tabell 8. Förändringar i uppvärmningsbehov på grund av nybyggnation, energieffektivisering och högre temperaturer.

Påverkansfaktor	Förändrat uppvärmningsbehov		
	Nuläge till 2040	Nuläge till 2050	Nuläge till 2065
Tillkommande värmebehov p.g.a. nybyggnation enligt Energimyndigheten ⁵	+6,3 TWh	+8 TWh	+10,3 TWh
Minskat värmebehov p.g.a. energieffektiviseringar enligt Energimyndigheten ⁶	-12 TWh	-12 TWh	-12 TWh
Minskat värmebehov p.g.a. klimatförändringarna enligt beräkningar i projektet ⁷	-3 TWh		-6,5 TWh

5.3.2 Teknikval

I Energimyndighetens långtidsprognos (Energimyndigheten, 2019) för hur värmebehovet kommer att utvecklas i Sverige är utvecklingen av uppvärmningstekniker i både befintlig byggnadsstock och nybyggnation inkluderad. Småhus som i dag värms med direktverkande el kommer i majoritet övergå till värmepumpar. I flerbostadshus och lokaler kommer fjärrvärmens fortsatt att vara stark även om värmepumpar ökar något. Utvecklingen av elpriset i olika scenarier påverkar hur stor konkurrensen från värmepumpar kommer att bli för fjärrvärmesektorn. Exakt hur stort bortfallet av värmeunderlag i fjärrvärmesektorn blir på grund av konvertering från fjärrvärme till värmepumpar har ej enskilt kvantifierats i rapporten.

5.4 KLIMATSIGNALENS INVERKAN PÅ PRODUKTION AV FJÄRRVÄRME OCH KRAFTVÄRME

Det förändrade värmeunderlaget innebär ändrade marknadsförutsättningar för kraftvärmeproduktionen. Ett minskat underlag kan få följder som lokal effektbrist där nätöverföringskapaciteten är låg och på vissa platser hämma utbyggnaden av sol- och vindkraft då dessa kan behöva kompletteras med regional styrbar elproduktion. Det kan också innebära minskat utrymme för att ta hand om avfall och spillvärme. I detta avsnitt redogörs för modelleringar som gjorts för framtidens fjärrvärme där också hänsyn har tagits till klimatsignalens påverkan.

⁵ För 2050 är det värdet hämtat från Energimyndighetens långtidsscenarier (Energimyndigheten, 2019). För 2040 och 2065 är värdet uppskattat från underlag överskickat från Energimyndigheten.

⁶ Det mesta uppskattas ha realiserats till 2035. För 2050 är det värdet hämtat från Energimyndighetens långtidsscenarier (Energimyndigheten, 2019). För 2040 och 2065 är värdet uppskattat från underlag överskickat från Energimyndigheten.

⁷ Uträknat på en oförändrad byggnadsstock och antaget att 1,5 graders global uppvärmning nås år 2040 och 2 grader vid år 2065.

5.4.1 Metod

Fjärrvärmemodelleringen i detta projekt har fokuserat på effekterna av en global uppvärmning på 1,5 grader vilket antas inträffa omkring år 2040.

Modelleringen utförs med modellen EPOD som är en optimeringsmodell för el och fjärrvärme med en geografisk systemgräns som motsvarar Nordeuropa (Norden, Tyskland, Polen och Baltikum). I modellen finns hela Sveriges fjärrvärmesektor representerad. Totalt modelleras 22 fjärrvärmesystem detaljerat, resten av fjärrvärmesektorn beskrivs med en uppsättning av tre typsystem i varje elprisområde, totalt 12 typsystem. De detaljerade systemen består av data från 39 verkliga fjärrvärmesystem som på grund av lokala sammankopplingar reduceras till 22 system. De detaljerade systemen står för 65 % av levererad fjärrvärme⁸, resterande andel täcks upp av typsystemen.

Det omvärldsscenario som bestämmer viktiga indata så som installerade effekter i elsystemet, energi- och utsläppspriser samt elbehov, utgörs av NEPPs⁹ elektrifieringsscenario. I scenariot ses ökad efterfrågan på el som ett resultat av elektrifiering i främst industrier och transporter. Det ökade behovet av el möts av en utbyggnad i ej styrbar förnyelsebar produktion från vind och sol samtidigt som kärnkraften finns kvar. Priset på utsläppsrätter är högre än dagens nivåer, 80 euro/ton.

För att förstå resultaten följer här en kort beskrivning av analysmetodiken. Enkelt uttryckt utförs en scenarioanalys där ett referensscenario skapas med vilket resultaten från utvecklingsscenarier sedan jämförs. Referensscenariot skapas genom att ta data för det verkliga året (2016) som modellen är avstämd mot och normalårskorrigerade fjärrvärmebehovet samt el till uppvärmning. På det normalårskorrigerade nuläget appliceras sedan effekten av energieffektiviseringar och nybyggnationer (- 3 TWh)¹⁰ fram tills den globala uppvärmningen på 1,5 grader förväntas inträffa, uppskattningsvis runt 2040. Det normalårskorrigerade året 2016 med effekten från energieffektiviseringar och nybyggnationer blir därmed referensscenariot för denna analys.

På referensscenariot appliceras sedan effekten av den globala uppvärmningen vid 1,5 grader, det vill säga "klimatsignalen", och resultatet från denna klimatrelaterade förändring på det framtida värmebehovet jämförs mot referensscenariot. Vi kan därför analysera: "Ett normalårskorrigerat nuläge med hänsyn till bebyggelsens utveckling *med och utan* klimatsignalen vid 1,5 graders global uppvärmning".

Vidare har två känslighetsanalyser utförts för ett "kallt" och ett "varmt" år. Dessa baseras på värmeeffekter och årsvolymerna från år 2010 (kallt) och 2015 (varmt).

⁸ Baserad på Energiföretagens statistik över tillförda bränslen

⁹ NEPP = ett stort forskningsprojekt kring utvecklingen av energisystemet, se www.nepp.se

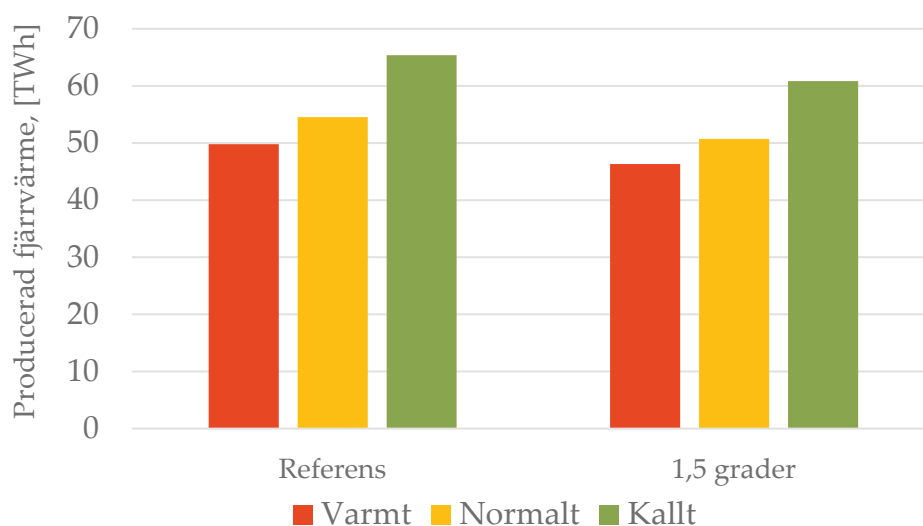
¹⁰ Här avses förändring i fjärrvärmebehov. I Tabell 9 avser förändringen det totala värmebehovet, inte bara fjärrvärme.

5.4.2 Resultat

I detta avsnitt presenteras resultaten från modellberäkningarna där tyngdpunkten av materialet fokuserar på modellkörningar för det normala väderåret med och utan global uppvärmning till 1,5 grader. Resultat som avhandlas i detta avsnitt omfattar följande: producerad el och värme inom fjärrvärmesektorn i Sverige, förändringen av toppeffekt och årsenergi, nyttan av effekt från kraftvärme samt klimatsignalens påverkan på det beräknade elpriset och dess påverkan på kraftvärme.

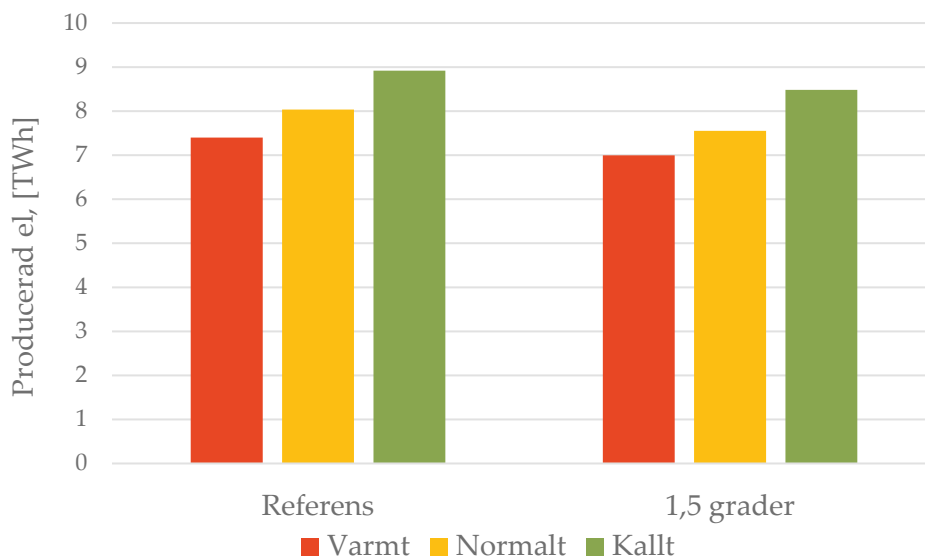
Produktion av el och värme i fjärrvärmesystemen

Den producerade mängden fjärrvärme minskar med mellan 3 och 5 TWh beroende på väderår på grund av klimateffekten vid 1,5 graders uppvärmning, se Figur 41. Den relativa minskningen i uppvärmningsbehov är densamma för alla väderår vilket medför att det kalla året minskar mer i absoluta tal än det normala och det varma året minskar mindre än det normala.



Figur 42: Total produktion av fjärrvärme. Referensscenariot ("Referens") speglar ett normalårskorrigerat nuläge klimatmässigt, men där hänsyn tagits till framtida energieffektiviseringar samt nybyggnation motsvarande ett framtida år runt 2035-2040.

Med lägre total värmeproduktion fås effekter på mängden el som samproduceras med värme i kraftvärmeverk i fjärrvärmenäten. I Figur 37 visas den producerade mängden el från kraftvärme för alla scenarier.



Figur 43: Total produktion av el från kraftvärme i fjärrvärmesystemen.

Den minskade elproduktionen som ett resultat från ett varmare klimat uppgår till 0,5 TWh med viss spridning (0,1 TWh) mellan väderåren (det vill säga "kallt", "normalt" och "varmt"). För en total elproduktion på 8 TWh i referensscenariot blir det därmed en minskning med drygt 6 % på grund av klimatsignalen vid 1,5 graders global uppvärmning. Skillnaden i elproduktion mellan ett varmt och kallt år vid 1,5 graders uppvärmning är ungefär 1,5 TWh (7 – 8,5 TWh). Lägst elproduktion blir det i beräkningsfall "Varmt år" på grund av det relativt lilla värmeunderlaget som kraftvärmen till stor del styrs av. Det motsatta gäller för beräkningsfall "Kallt år" då elproduktionen blir som störst till följd av det jämförelsevis stora värmeunderlaget med en större produktionspotential för kraftvärmen.

Generellt så produceras el från kraftvärmeverk i fjärrvärmesystem om elpriset överstiger den rörliga produktionskostnaden av el så länge effektsituationen i det lokala fjärrvärmenätet är god. Vid höga laster i fjärrvärmenätet görs en avvägning mellan att använda mer av panneffekten i kraftvärmeverk till värme (och förlora intäkt från elproduktion, så kallad "backad elproduktion") mot att köra spetsproduktion för fjärrvärme som använder dyra bränslen. Detta medför att högre laster under uppvärmningssäsongen inte alltid medför mer elproduktion från kraftvärme då det motsatta kan vara mest lönsamt för enskilda fjärrvärmeleverantörer. Valet beror på förhållandet mellan alternativkostnaden för värmen och elpriset vid varje enskilt tillfälle.

Med ett minskande värmeunderlag kommer elproduktion generellt att minska då det finns färre timmar som kraftvärmeverket kan dra nytta av att generera två intäkter. Även vid låga värmelaster som tvingar kraftvärmeverk till dellastssituationer kan det fortfarande vara intressant att köra kraftvärme med fokus på elproduktion så länge elpriset är tillräckligt högt. Detta kräver dock att det finns kylning av processen på plats.

Baserat på våra simuleringar har det visat sig att det "backas" mer el i det kalla scenariot jämfört med de andra scenarierna. Men bortfallet i produktion på grund av backad el vägs upp av att det över hela året finns fler tillfällen att producera el. Däremot förstärks alltså eleffektproblematiken under ansträngda perioder ytterligare under kalla år eftersom en något mindre eleffekt från kraftvärmen är tillgänglig på grund av "backningen".

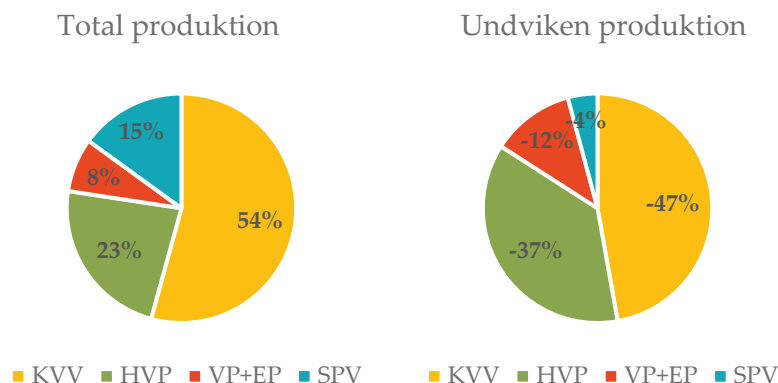
Priset på el och relaterande produktion av el från kraftvärme

Klimatsignalen påverkar även det beräknade elpriset och de produktionsprofilvägda elpriserna för kraftvärmen. Det beräknade elpriset bestäms av den dyraste anläggningen som för tillfället producerar, eller nästa anläggning som står på tur, och motsvaras alltså av spotpriset på el. Våra modellberäkningar visar att elprisskillnaden mellan de fyra elprisområdena SE1-SE4 ökar. SE3 och SE4 som har högst elbehov får högre och mer varierande elpriser än SE1 och SE2.

Klimatsignalen bidrar till att sänka priset på el då en del av elbehovet försvinner till följd av att mindre el används till uppvärmning. Baserat på den klimatsignal som vi analyserat här (och som uppskattningsvis motsvarar en global uppvärmning på 1,5 grader) så minskar elpriset (årsmedel) med omkring 1 – 3%, beroende på elprisområde. För kraftvärmen är det intressant hur denna minskning är fördelad över året. Om alla tider med lägre elpris inträffar i juli skulle kraftvärmens intäkter från såld el bli i princip oförändrade då produktion från kraftvärmen under denna period är liten. Simuleringarna visar att det produktionsviktade elpriset för kraftvärme i referensfallet är 10 – 50% högre än det tidsmedelvärderade, vilket signalerar att kraftvärmen producerar el när elpriset generellt är högre än medelpriset över året. Klimatsignalen vid 1,5 grader slår främst mot uppvärmningsperioden då största delen av elen produceras. Detta medför att det produktionsviktade elpriset för kraftvärmen minskar mer än det tidsmedelvärderade, nämligen 2 – 5%.

Bränslen och typ av produktion som förändras på grund av klimatiförändringen

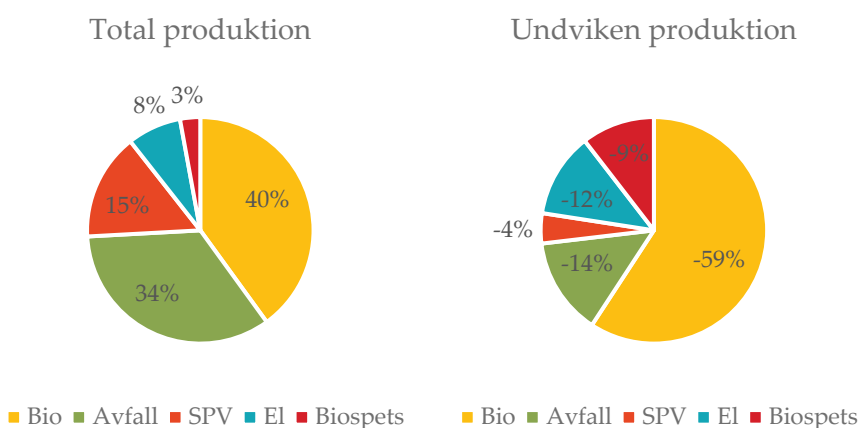
Total fjärrvärmeproduktion och vilken typ av produktion som minskar till följd av klimatsignalen vid normalt väderår presenteras i Figur 43 (modellår 2040). Majoriteten av fjärrvärmeproduktionen kommer från kraftvärme följt av knappt en fjärdedel från hetvattenpannor (HVP). Resterande produktion kommer från spillvärme och eldriven fjärrvärme (värmepumpar och elpannor).



Figur 44: Fördelning av fjärrvärmeproduktion per produktionstyp år 2040 (till vänster) och fördelning av undviken produktion per produktionstyp (till höger). KVV = kraftvärmeverk, HVP = hetvattenpannor, VP = värmepumpar, EP = elpannor, SPV = spillvärme.

Fjärrvärmeproduktion som kan klassas som baslastproduktion minskar i mindre utsträckning än fjärrvärmeproduktion som generellt klassas som mellan- och spetslast. Exempelvis har hetvattenpannor en andel av total produktion på 23 % men står för 37 % av reduktionen till följd av ett varmare klimat. I kraftvärme- och hetvattengruppen ingår alla bränslen och kostnadsspannet är därför stort för dessa grupper.

I Figur 39 är total och minskad fjärrvärmeproduktion uppdelad efter bränsle. Biobränsle står för det största bortfallet, detta är ett bränsle som främst återfinns som bas- och mellanlastproduktion i både kraftvärme- och hetvattenanläggningar. Bortfallet av biobränslebaserad fjärrvärmeproduktion som utgör bas- och mellanlast står för knappt 60 % vilket motsvarar lite drygt 2 TWh.



Figur 45: Fördelning av fjärrvärmeproduktion per bränsleslag. I diagrammet till vänster visas den totala fjärrvärmeproduktionen i referensfallet, och i diagrammet till höger visas bränslefördelningen för minskningen i fjärrvärmeproduktion till följd av ett varmare klimat. SPV = spillvärme

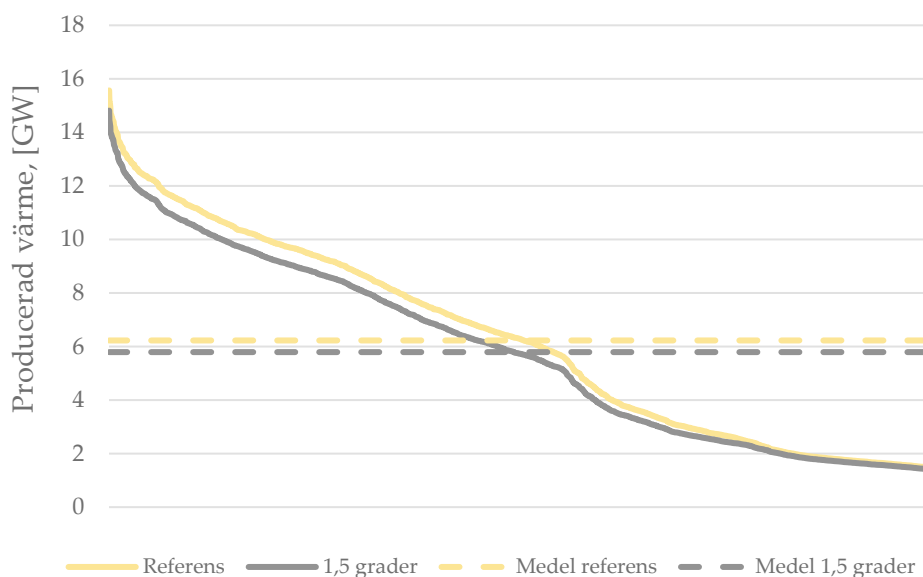
Från Figur 39 ses att fjärrvärmeproduktion från spillvärme och avfallsförbränning minskar proportionellt sett mindre då dessa produktionsslag har mycket låga rörliga kostnader och därför agerar baslastproduktion i fjärrvärmesystemen. En minskning innebär ändå att fjärrvärmenät inte kan ta tillvara lika mycket

spillvärme från industrier och att värme från avfallsförbränning inte kan nyttiggöras i fjärrvärmenätet i samma utsträckning.

Maxeffekt och årsbehov

Beroende på hur den globala uppvärmningen slår över tid på uppvärmningsbehovet erhålls olika resultat för årsbehov och maxeffekter. Om den maximala värmeeffekten minskar relativt mindre än vad årsenergin gör betyder det att den installerade produktionseffekten för värme kommer att utnyttjas färre timmar över året.

I Figur 38 illustreras ett varaktighetsdiagram där producerad fjärrvärmeeffekt har sorterats i fallande storleksordning dels för referensfallet, dels med ett fall där klimatsignalen inkluderats (motsvarande 1,5 graders uppvärmning). I samma diagram har även medeleffekten över året infogats.



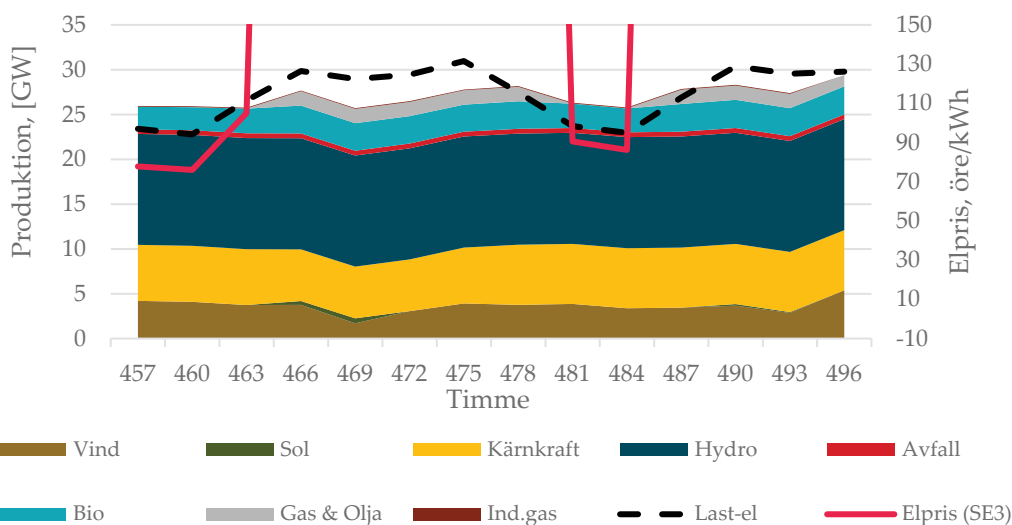
Figur 46: Varaktighetsdiagram över total värmeeffekt i samtliga fjärrvärmesystem för normalt år med och utan klimatsignal 1,5 grader.

Resultaten i Figur 40 är inte ett modellresultat utan är ett resultat från indataarbetet till modelleringen där Chalmers arbete utgör en del av underlaget. Genom att jämföra fjärrvärmeeffekten med och utan klimatsignal i figuren kan vi konstatera att den maximala effekten minskar med knappt 1 GW (-5 %) och medeleffekten (årsenergi/antalet timmar under ett år) minskar med 0,4 GW (-7%). Förhållandet mellan maxeffekt och årsenergi (arean under grafen) ger en indikation på hur mycket den använda effekten används över året. Då årsenergi minskar relativt mer än toppeffekten fås en lastprofil som blir något "spetsigare". Detta betyder att man i absoluta mått behöver en mindre installerad effekt i framtiden, men den effekten som är installerad kommer användas färre timmar. Minskningen i utnyttjningstid blir lite drygt 2 %, knappt 100 timmar.

Kraftvärmens eleffektnytta vid ansträngda situationer och påverkan från klimatsignalen vid 1,5 graders uppvärmning.

Syftet med detta avsnitt är att titta närmare på hur kraftvärmeverken kör vid ansträngda lägen gällande balansen mellan behov och produktion av *el*. För att identifiera ansträngda situationer har vi utgått från den så kallade nettolasten. **Nettolasten** beräknas genom att reducera elbehovet i varje timme med den aktuella produktionen av ej styrbar kraft så som vind och sol. Under timmar med hög nettolast ställs därmed relativt höga krav på leverans från resten av elsystemets produktionsslag, det vill säga de styrbara kraftslagen (bland annat kraftvärme).

I Figur 41 visas en tidsperiod som innehåller den högsta nettolasten vilket inträffar i mitten på januari. Nettolasten uppgår till drygt 27 GW. I denna timme är det ingen produktion från sol och den installerade vindkraften producerar på knappt 20 % av den installerade kapaciteten samtidigt som elförbrukningen är hög (> 30 GW; vi påminner om att vi utgått från ett scenario med omfattande elektrifiering till 2040). Då resten av systemet inte fullt ut kan tillgodose nettolasten **uppstår en** brist på cirka 3 GW som måste hanteras med import eller annan flexibilitetsåtgärd.



Figur 47: Produktion i hela Sverige vid period med max nettolast.

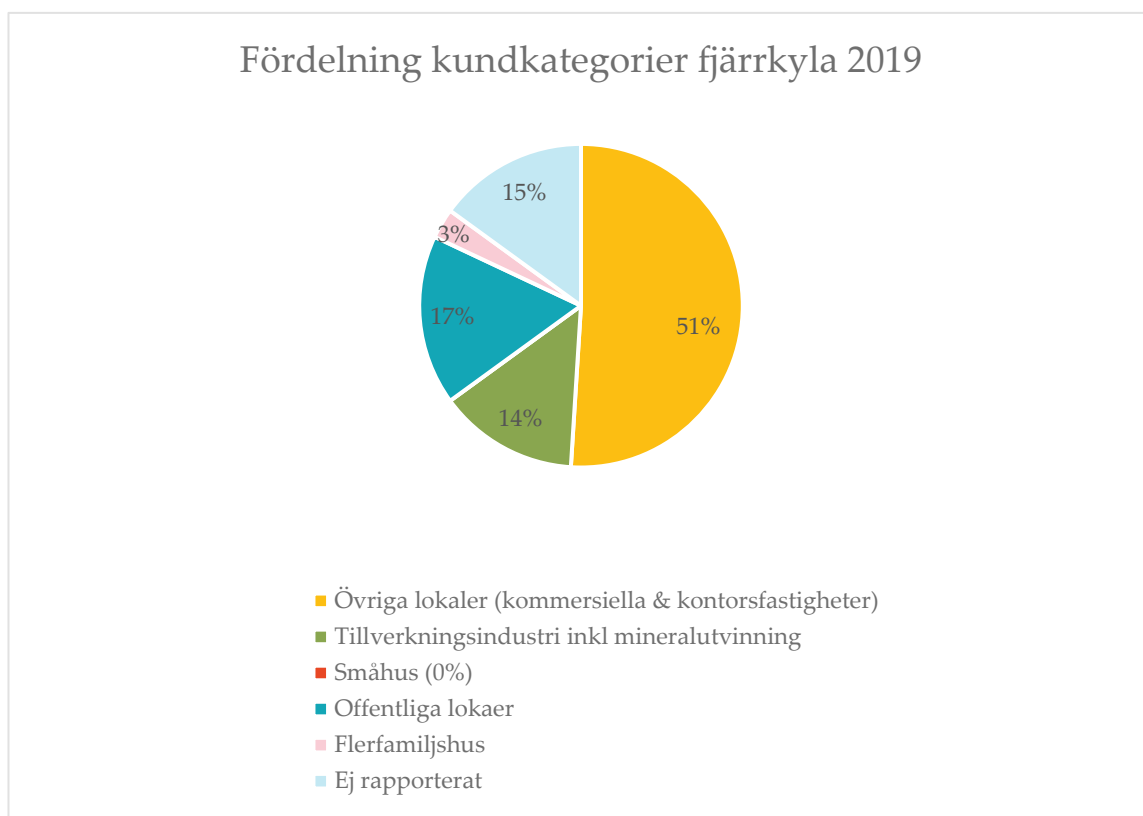
Intressant att notera i den elbalanssituation som redovisas i figuren är att trots väldigt höga elpriser så nyttjas bara 90% av all installerad eleffekt i kraftvärme, alltså inte all kraftvärme. Detta beror på två saker: 1. att denna tidpunkt för högsta nettolast inte sammanfaller med tillräckligt högt fjärrvärmebehov för att kunna köra kraftvärme fullt ut och 2. att det i vissa system är så hög fjärrvärmelast att man avstår elproduktion för att göra mer värme.

Resultaten indikerar dock att den resulterande effekten av klimatsignalen som motsvarar en uppvärmning på 1,5 grader "underlättar" för eleffektbalansen, allt annat lika. Detta beror på att el till uppvärmning minskar ytterligare till följd av ett

varmare klimat. Lite förenklat kan vi konstatera att klimatsignalen leder till ett minskat bidrag från kraftvärmeverken med avseende på producerad eleffekt men att detta mer än väl kompenseras av en sänkt effektförbrukning för elbaserad uppvärmning. Värmemarknaden som helhet bidrar därmed till ett positivt bidrag till eleffektbalansen på ca 0,3 GW till följd av ett varmare klimat, allt annat lika.

5.5 FRAMTIDA KYLMARKNADEN I SVERIGE

Fjärrkylaleveransen i Sverige 2019 uppgick till drygt 1 TWh och fjärrkylanät finns i nästan 40 städer. Statistiken visar på en stabil ökning sett till ökande nätlängder. Majoriteten av kunderna är kommersiella lokaler och kontorsfastigheter och enbart en liten andel rapporteras gå till bostäder (Energiföretagen, 2020). Fjärrkyla uppskattas ha en marknadsandel om 25% inom kommersiella och offentliga lokaler (Devvco, 2019). Prognoser baserade på energiföretagens expansionsplaner för fjärrkyla visar på att fjärrkylaleveransen kan öka med 50% till 2030 (Devvco, 2019).



Figur 48: Fördelning kundkategorier fjärrkyla 2019 (Energiföretagen, 2020)

Komfortkyla i lokaler (exkl. industrilokaler) skattades 2015 till mellan 3200–4100 GWh varav drygt 20% beräknas vara fjärrkyla (Rydén, o.a., 2017). Resterande beräknas kylas med kompressorkyla. Data kommer från underliggande studier STIL-undersökningar (statistik i lokaler där man genom statistiska urvalsstudier samlar in data som ska representera samtliga lokaler i Sverige). Denna siffra kan

ställas mot att lokalernas totala värmebehov uppgick till 23 100 GWh. Kyla är fortfarande en liten del av värme- och kylmarknaden även sett till lokaler. Köpt kyla (då energi tillförs) har ökat de senaste decennierna men genom bättre byggnadsutformning och passiva lösningar är det inte entydigt att efterfrågan på köpt komfortkyla kommer att öka framöver (Rydén, o.a., 2017). Heat Roadmap Europe uppskattade en dubbling av komfortkyla till 2050 och en klar majoriteten av ökningen uppskattades ske i lokaler. Heat Roadmap Europe uppskattade dock en dubbling från 1,3 till 2,2 TWh (Paardekooper, o.a., 2018) medan svenska rapporter enligt ovan visar att utgångsvärdet 2015 för komfortkyla borde vara högre.

Statistik över komfortkyla i bostäder är bristfälligt, för flerbostadshus uppskattas ett fåtal GWh köpt kyla med en viss möjlighet till ökning i betalningsstarka bostäder. För småhus anses typiskt att ökningen av köpt kyla kan komma att öka marginellt och av de drygt 340 000 småhus som har luft-luftvärmepump installerad tros bara ett fåtal nyttja möjligheten till köpt kyla (Rydén, o.a., 2017). En studie som analyserade det framtida kylbehovet på ett statistiskt urval av bostadshus i Stockholmsområdet genom att analysera olika klimatmodeller fann att det mesta behovet kan tillgodoses genom naturlig kyla och fortfarande bibehålla en inomhustemperatur inom acceptabla nivåer enligt svenska standarder. Behovet i dagens klimat är lågt och även om det kan öka i framtiden kommer nivåerna fortfarande vara låga (M. Nik & Sasic Kalagasidis, 2013). I en vidare studie stärktes resultatet och det bedömdes att naturlig kyla kommer att räcka för att bostäder ska behålla en inomhustemperatur under 26 grader till 2100 (Yang, Javanroodi, & M. Nik, 2020). Heat Roadmap Europe uppskattade en niodubbling av kyla till bostäder, men från väldigt låga nivåer, och behovet uppskattas 2050 uppgå till 0,1 TWh och kommer framför allt förses med kyla från eldriven produktion (Paardekooper, o.a., 2018).

6 Diskussion

Denna studie undersöker hur klimatförändringarna påverkar fjärrvärme- och fjärrkylasektorn. Projektresultaten indikerar till exempel att värmeeffektbehovet minskar mindre än värmeenergibehovet. I ett framtida energisystem kan kraftvärmen komma ha en viktig roll för att säkra eleffekten i våra tillväxtregioner och bidra med styrbar fossilfri kraft. Men för att säkerställa styrbar eleffekt lär det krävas nya typer av styrmedel och incitament.

6.1 GÅR DET ATT DIMENSIONERA FÖR MILDARE VINTRAR?

Ökade temperaturer gör att värmebehovet minskar, både energibehovet och effektbehovet. Resultaten från energimodelleringarna indikerar att värmeeffektbehovet minskar mindre än värmeenergibehovet. Att energibehovet minskar kommer antagligen vara lättare att hantera rent praktiskt då det är något som hanteras redan idag (att det blir varmare, byggnaders förbättrade energiprestanda och nybyggnation är faktorer man har relativt bra koll på). Det är antagligen svårare för branschen att förhålla sig till att effektbehovet minskar. Kommer sektorn våga lita på att det går att dimensionera sin spets för mildare vintrar? För att detta ska kunna göras kräver det att antagligen att anvisningar och riktlinjer uppdateras.

6.2 DET LÄR KRÄVAS NYA STYRMEDEL FÖR ATT SÄKRA LOKAL STYRBAR ELEFFEKT

Att efterfrågan på fjärrvärme minskar är ännu en anledning¹¹ för energiföretagen att inte satsa på kraftvärme. Dessutom indikerar resultaten att värmeeffektbehovet minskar mindre än värmebehovet, vilket innebär att fjärrvärmeföretagen kan komma att sälja färre kWh i relation till tillhandahållen effekt. Det kan leda till att tillgången på el minskar och framförallt att eleffekten i vissa regioner minskar.

Kraftvärmens har redan idag svårt med lönsamheten och det uppskattas att cirka 1500 MW, en tredjedel av den installerade effekten, kan läggas ner inom de närmsta åren. Förnyelseinvesteringarna i verken går inte att räkna hem under rådande förutsättningar som ett lågt elpris till följd av kraftig utbyggnad av vindkraften i Sverige (Bengtsson, 2020). Det förefaller inte finnas några betydande prismässiga (för kunden) eller ekonomiska fördelar (för ägarna) med kraftvärmeproduktion. Kraftvärme ökar dock risken för verksamheten (Sandoff & Williamsson, 2020).

Då elnätutbyggnaden har svårt att hålla jämn takt med tillväxten i några av våra tillväxtregioner är förnybar kraftvärme är en av få styrbara fossila kraftslag som

¹¹ Andra anledningar skulle exempelvis kunna vara låga elpriser, högre bränslepriser och sviktande värmeunderlag.

kan säkra tillgången på eleffekt lokalt. Men för att säkerställa styrbar eleffekt lär det krävas nya typer av styrmedel och incitament.

6.3 KLIMATOMSTÄLLNINGEN PÅVERKAR OCKSÅ SEKTORN

I denna studie analyseras hur klimatförändringen påverkar fjärrvärmen och fjärrkylan och det kan konstateras att påverkan är betydande även på relativt kort sikt. Vad som inte studerats i det här projektet är hur själva omställningen till ett klimatneutralt samhälle kan tänkas påverka energisystemet eller mer specifikt värme- och kylsektorn. Detta görs dock i många andra studier och projekt, och något som ofta lyfts är ett ökat elbehov då industrin och transportsektorn ska bli fossilfria. En annan aspekt är införandet av mer variabel kraftproduktion i form av vindkraft och solkraft vilket gör att nya flexibilitetslösningar behövs som energilagring och laststyrning. Sammantaget gör detta att fossilfri kraftvärme kan komma ha en viktig roll framöver som ett av få lokala alternativ till styrbar och förnybar kraftproduktion. Då fler sektorer tar sig an klimatutmaningen kan det också påverka bränsletillgången och bränslesammansättningen. Till exempel förväntas konkurrensen om biomassa öka och om plastindustrin ställer om kan avfallsbränslenas fossila andel minska. En möjlig utveckling är införandet av koldioxidavskiljning och -lagring. Nyttjandet av urbana restflöden, lågtempererade lösningar samt en ökad sammankoppling mellan olika delar i energisystemet är ännu en möjlig utveckling. Alla ovan nämnda aspekter kommer i någon grad påverka fjärrvärme- och fjärrkylasektorn. Utöver detta kommer den direkta påverkan från klimatsignalen.

6.4 OSÄKERHETER I ENERGIMODELLERINGARNA

Klimatsignalens påverkan på värme och kylbehovet som används i studiens energimodeller i kapitel 5 bygger på underlag från fem stycken klimatmodeller. Detta är begränsat jämfört med de totala antalet modeller som används i projektet som helhet. Detta medför en större osäkerhet i resultaten gällande hur värme- och kylbehovet utvecklas jämfört med övriga resultat presenterade i rapporten. Detta är som tydligast när det gäller absolutbeloppen för kylbehovet där det kan variera med en faktor 2 mellan de olika klimatmodellerna som användes för byggnadsstocksmodelleringen. Detta innebär att resultaten som helhet och absolutbeloppen i synnerhet för både kylbehovet och uppvärmningsbehovet bör tolkas med försiktighet. För mer detaljer kring variationer i resultaten se Chalmers rapport (Abrahamsson, 2020).

Byggnadsstocksmodelleringen innebär ett antal förenklingar av beskrivningen i energitransporten i byggnader. En betydande del är att byggnader med lokaler behandlas som en enda zon, klimatskalet och de inre delarna av byggnaden antas alltså ha samma temperatur. Som en konsekvens av detta överskattas den termiska trögheten i byggnaderna. Denna överskattning får störst konsekvenser för kylbehovet då temperaturhöjningen av inomhusluften som resulterar från solinstrålning underskattas. Detta kan alltså ha en betydande effekt på det absoluta kylbehovet hos lokaler. Då klimatmodellerna inte visar någon stor förändring för solinstrålningen på grund av klimatförändringarna så borde det dock inte ha en stor påverkan på de relativa förändringarna. Påverkan på värmebehovet på grund

av den förenklade modelleringen av lokalerna är dock begränsad då energitillskottet från solinstrålningen är den viktiga faktorn där. För vidare beskrivning av modellerna se Chalmers rapport (Abrahamsson, 2020).

För lokalerna användes också endast 3 olika geografiska positioner för modelleringen. Detta innebär att modelleringen av dessa inte kan fånga regionala skillnader och att resultaten för de geografiska positioner som används riskerar att förstoras. För bostäderna används 30 olika geografiska positioner och är därmed bättre på att representera Sverige som helhet. Eftersom resultaten aggregeras på de 4 områdena så fångar dock inte de resultat som presenteras i denna rapport skillnader inom dessa områden. Som kan ses på resultaten från SMHI kan det finnas betydande skillnader inom dessa områden för vissa klimatparametrar.

Det beräknade kylbehovet bygger också på ett antal antaganden om var i byggnadsstocken kylsystem finns installerade. Detta då det saknades underlag för detta i den data som beskriver byggnadsstocken. De absoluta värdena för kylbehovet som presenteras bygger alltså på teoretiska antaganden och innehåller inte några djupare analyser vilka byggnader som troligen skaffar kyla. Att många fler byggnader än i dagsläget har kyla i modellen innebär att det finns en risk att för att den procentuella förändringen för kylbehovet i existerande byggnader överskattas. Detta givet att de byggnader som har kyla idag består av de byggnader som har störst kylbehov. Vidare så innebär förenklingen av modelleringen av lokaler att delar av heterogeniteten som finns hos lokaler underskattas. Detta leder i sin tur till att kyl- och värmebehovet för dessa underskattas. Detta då medelvärden för interna värmelaster används samt att dessa antas vara jämnt utspridda inom de lokaler som modelleras.

7 Sammanfattande slutsatser

Högre temperaturer och ökad nederbörd är de aspekter av klimatförändringen som har störst betydelse för fjärrvärmen och fjärrkylan. Högre temperaturer innebär att uppvärmningsbehovet minskar och kylbehovet ökar vilket leder till minskad efterfrågan på fjärrvärme och minskad kraftvärmepotential. Samtidigt behövs styrbar effekt alltmer i vårt framtida energisystem. Ökad nederbörd och fukt ökar risken för plötsliga händelser.

Slutsats 1 – Högre temperaturer innebär att uppvärmningsbehovet minskar och kylbehovet ökar

Den klimatförändring som påverkar fjärrvärmen och fjärrkylan mest är högre temperaturer. Sannolikheten för att detta kommer att ske är mycket hög och konsekvenserna är betydande. Energiföretagen har redan upplevt att vintrarna blir mildare och säsongen kortare och denna förändring är stadig och kommer att fortsätta. Konsekvensen av ökade temperaturer är främst att uppvärmningsbehovet minskar och kylbehovet ökar. Denna konsekvens kommer vara betydande för fjärrvärme och fjärrkylasektorn även om mänskligheten lyckas undvika två graders global uppvärmning.

1,5 graders global uppvärmning bedöms nås omkring 2040. Det är mer osäkert när (och om) 2 graders uppvärmning nås men med den nuvarande uppvärmningstakten på 0,2°C/årtionde inträffar det någon gång mellan 2050-2080.

Projektets energimodelleringar visar att uppvärmningsbehovet kommer minska i storleksordningen med 3 TWh från idag fram till 1,5 graders global uppvärmning. Det kan jämföras med Energimyndighetens bedömning om att nybyggnation kommer leda till ett tillkommande uppvärmningsbehov på drygt 6 TWh från idag till 2040 och ett minskat uppvärmningsbehov på 12 TWh på grund av energieffektiviseringar från idag till 2040. Vid två graders global uppvärmning beräknas uppvärmningsbehovet på grund av klimatsignalen minska med drygt 6 TWh från dagens läge.

Slutsats 2 - Efterfrågan på fjärrvärme minskar vilket riskerar leda till färre nyinvesteringar i kraftvärme, samtidigt behövs styrbar effekt alltmer

Minskad efterfrågan på fjärrvärme sätter ytterligare press på incitamenten för att investera i ny kraftvärme eller att reinvestera i befintlig kraftvärme. Dessutom indikerar resultaten att fjärrvärmeeffektbehovet minskar mindre än fjärrvärmebehovet, vilket innebär färre sålda kWh i relation till tillhandahållen effekt. Samtidigt behövs lokalt styrbar effekt alltmer eftersom takten i elnätsutbyggnaden har svårt att hålla samma nivå som tillväxten i våra städer vilket leder till lokal brist på effekt. Till detta kommer den förväntat kraftiga ökningen av elbehov för omställningen av transportsektorn och vissa industrisektorer.

Projektets energimodelleringar visar att vid 1,5 graders global uppvärmning minskar fjärrvärmeproduktionen med mellan 3 och 5 TWh jämfört med dagens ca 55 TWh vid ett normalår. Detta minskar i sin tur underlaget för kraftvärme, vilket innebär att kraftvärmeproduktionen enligt projektets beräkningar minskar med ca 0,5 TWh jämfört med dagens ca 8 TWh ett normalår.

Slutsats 3 - Fjärrkyla kan bli ett viktigt komplement till fjärrvärmen

Kylbehovet kommer öka och detta riskerar att öka elanvändningen i samhället. Fjärrkyla kan vara ett mindre elintensivt alternativ än eldrivna kyllösningar och det kan även vara ett viktigt komplement till energiföretagens fjärrvärmeaffär då fler byggnader kommer behöva både värme och kyla.

Slutsats 4 - Ökad nederbörd och fukt ökar risken för plötsliga händelser men förändringarna kan komma att döljas av naturliga variationer

De aspekter av klimatförändringen som, förutom ökad temperatur, bedöms påverka fjärrvärmen och fjärrkylan mest är ökad nederbörd och fukt. Sannolikheten för att dessa förändringar inträffar är relativt stor. Ökad nederbörd och fukt ökar risken för plötsliga händelser som översvämningar, markförskjutningar och brand i bränslelager (på grund av ökad mikrobiell aktivitet). Det är troligt att nederbörden ökar och att det blir fuktigare. Dock är den naturliga variationen för dessa parametrar så pass stor att även om förändringen är trolig så kan den naturliga variationen trumfa klimatsignalen under flera år. Översvämningar och skyfall är något som branschen upplevt och vidtagit viss beredskap för. Bränder i bränslelager förekommer också och man arbetar aktivt för att förebygga detta. Men nu när dessa risker förväntas öka kan ytterligare förberedelser, beredskap och förändrade arbetssätt behövas. Den största klimatkonsekvensen för ledningsnäten bedöms vara förändrade markförhållanden till följd av ökad nederbörd och höjda grundvattennivåer, vilket kan öka risken markförskjutningar som medföra ledningsbrott.

KLIMATFÖRÄNDRINGARNAS INVERKAN PÅ FJÄRRVÄRME OCH FJÄRRKYLA

Ökande temperaturer leder till att uppvärmningsbehovet minskar och att kylbehovet ökar. Även om mänskligheten lyckas undvika två graders global uppvärmning kommer detta att påverka värmesektorn.

Efterfrågan på fjärrvärme minskar vilket riskerar att leda till färre investeringar i kraftvärme. Samtidigt behövs allt mer eleffekt som går att styra i energisystemet i framtiden. Ökad nederbörd och fukt leder till att risken för plötsliga händelser som översvämningar, markförskjutningar och brand i bränslelager ökar när den mikrobiella aktiviteten ökar.

Det finns beredskap för denna typ av händelser redan idag, men riskarbetet behöver uppgraderas. Särskilt med tanke på att klimatförändringar kopplat till nederbörd och fukt under flera år kan döljas av naturliga variationer.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se



Energiforsk