

Gapanalys avseende byggnadssektorns energieffektivisering och relaterad miljöpåverkan i Västra Götaland

Beställt av:

Johanneberg Science Park

Utfört av:

Karin Glader, Helena N Lantz & Åsa Wahlström

Datum:

2018-10-29

Sammanfattning

Syftet med föreliggande analys är att visa på var det finns potential för att nå klimatmålen i sektorn för bostäder och lokaler inom Västra Götaland. I projektet har potentialen i form av minskad energianvändning med dess relaterade emissioner av växthusgaser undersökts för renovering och nyproduktion. En litteraturstudie har genomförts för att analysera hur stor del av klimatpåverkan som kan relateras till driftskedet i förhållande till klimatpåverkan relaterat till materialtillverkning och produktion av byggnaden i byggprocessen. I litteraturstudien har även klimatpåverkan från materialval studerats samt klimatpåverkan från renovering i förhållande till att riva och bygga nytt.

År 2017 finns i Västra Götaland ungefär 101 Mm² byggnader inom sektorn bostäder och lokaler. Tillsammans används cirka 18 TWh energi för drift och verksamhet vilket genererar utsläpp på cirka 1,15 miljoner ton CO₂-ekv.

I samband med renovering av byggnader finns stora möjligheter att minska byggnadens energianvändning. Med den ambitionsnivå för energieffektivisering som sker idag i samband med renovering och dagens renoveringstakt finns en potential att minska energianvändningen årligen med 1 TWh och utsläpp av växthusgaser med 0,06 miljoner ton CO₂-ekv år 2030. Med en mer ambitiös energieffektivisering är det möjligt att halvera energianvändningen vid varje renovering inom rimliga ekonomiska ramar. Detta skulle innebära en potential att årligen minska energianvändningen med 2,9 TWh och utsläppen av växthusgaser med 0,18 miljoner ton CO₂-ekv år 2030. Om alla byggnader hade varit byggda enligt dagens byggregler hade energianvändningen uppgått till ungefär 12 TWh det vill säga 6 TWh lägre än idag. Samtidigt kommer energianvändningen öka till följd av nyproduktion, med minst 2,9 TWh fram till år 2030. Fördjupade studier behövs för fördelning av olika kategorier av lokalbyggnader i Västra Götaland samt hur och i vilken takt de renoveras med möjlig energibesparingspotential.

Litteraturstudien av genomförda livscykelanalyser visar att klimatpåverkan från materialtillverkning och produktion i byggprocessen är antingen i samma storleksordning som driftskedet eller har till och med gått om och är numera större än användnings- och driftskedet. Gemensamt för alla studier som utvärderats i projektet är att det största klimatpåverkan kan relateras till materialtillverkning, produktion och driftskedet, d.v.s. rivning och kvittbildning har liten påverkan. Det går inte att bedöma vilket material som generellt har en högre eller mindre klimatpåverkan. De analyser som undersökts här har en något större tendens till att biobaserat material har mindre klimatpåverkan i förhållande till att använda betongmaterial, men förhållandet kan ändras beroende av vilket biomaterial och vilken betong som används. Energimixen, d.v.s. vilken systemgräns som använts vid bedömning av el och värme är en avgörande faktor både för hur stor klimatpåverkan blir och förhållandet mellan klimatpåverkan från driftskedet och produktionsskedet. Det är därmed relevant att insatser för att minska klimatpåverkan genomförs både i driftskedet och i produktionsskedet.

Från den litteratur som studerats går det inte att säkert avgöra om det är mer fördelaktigt ur ett klimatperspektiv att renovera en befintlig byggnad än att riva och bygga nytt med bättre standard. För att bedöma miljöpåverkan finns två kritiska aspekter: materialval samt val av systemgräns för den energimix som beaktas nu och i framtiden. Här behövs fortsatt utredning.

Förord

Projektet har genomförts av Karin Glader, Helena N Lantz och Åsa Wahlström på CIT Energy Management. Klimat 2030 – Västra Götaland ställer om är ett projekt där västsvenska aktörer tillsammans agerar för en hållbar framtid. Genom att analysera var den största potentialen för förbättring finns kan huvudprojektet, Klimat 2030, planera för de särskilda insatser som kan behöva genomföras. Ansvarig från beställaren Johanneberg Science Park, JSP, har varit Peter Selberg.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	i
Förord.....	ii
Innehållsförteckning.....	iii
1 Bakgrund.....	1
2 Syfte och mål.....	1
3 Genomförande.....	1
4 Förutsättningar för analysen av energianvändning och energieffektivisering vid renovering.....	2
4.1 Västra Götalands fastighetsbestånd.....	2
4.2 Renovering av Sveriges fastighetsbestånd.....	3
4.3. Energianvändning vid nybyggnad.....	5
5 Analys av klimatpåverkan vid nybyggnad och renovering.....	7
5.1 Jämförelse av klimatpåverkan i byggprocessen och driftsfas vid nybyggnad.....	7
5.1.1 Jämförelse av LCA mellan byggprocess och driftskedet.....	9
5.1.2 Jämförelse av LCA och materialval.....	12
5.1.3 Jämförelse av energianvändning mellan dagens bebyggelse och nybyggnad.....	14
5.2 GAP-analys av klimatpåverkan vid renovering.....	15
5.2.1 Klimatpåverkan från materialval vid renovering.....	17
6 Förslag till mer omfattande analyser inom klimat 2030.....	20
Bilaga A - HEFTIG - Husens EnergiFramTid I Genomlysning.....	I
Bilaga B - Sammanfattning av åtgärder vid renovering.....	II
Renovering av flerbostadshus.....	II
Renovering av lokaler.....	III
Renovering av småhus.....	IV
Bilaga C - Lista referenser på LCA.....	V
Bilaga D - Resultatet från simuleringen i HEFTIG.....	VI
Förändring av energianvändning i småhus.....	VI
Förändring av energianvändning i flerbostadshus.....	VIII
Förändring av energianvändning i skolor.....	X
Förändring av energianvändning i kontor.....	XII
Förändring av energianvändning i övriga lokaler.....	XIV

1 Bakgrund

Västra Götalandsregionen och Länsstyrelsen i Västra Götalands län driver projektet ”*Klimat 2013 – Västra Götaland ställer om*”. Projektet syftar till att samla aktörer i Västra Götalands län som tillsammans agerar för en hållbar framtid och där målet är att till 2030 ska Västra Götaland vara en fossil oberoende region. Projektet har fyra fokusområden, *Hållbara transporter, Klimatsmart och hälsosam mat, Förnybara och resurseffektiva produkter och tjänster* samt *Sunda klimatsmarta bostäder och lokaler*. Genom att analysera var den största potentialen för förbättring finns i sektorn för bostäder och lokaler inom Västra Götaland så kan huvudprojektet, *Klimat 2030*, planera för de särskilda insatser som kan behöva genomföras.

2 Syfte och mål

Syftet med gapanalysen är att visa på var det finns potential för att nå klimatmålen i sektorn för bostäder och lokaler inom Västra Götalands län, i fortsättningen benämnt Västra Götaland. Studien avser att kartlägga hur stor potentialen är för energieffektivisering vid nyproduktion och vid renovering om fastighetsägare fortsätter på samma sätt som de gjort de senaste åren, d.v.s. ”business as usual” och hur långt man kan nå om styrmedel sätts in för att öka ambitioner hos fastighetsägare. Vidare ställs minskad växthuspåverkan genom besparing i driftfasen i relation till ökad växthuspåverkan i byggfasen med fokus på materialanvändning. Analysen avser att ge ett första underlag till *Klimat 2030* som visar på olika potentiella möjligheter av energieffektivisering i byggnader inom länet och var fortsatt analys behöver genomföras.

3 Genomförande

Studien baseras främst på tidigare material för liknande analyser som har genomförts på nationell nivå, men som i detta projekt kombineras på ett nytt sätt för att besvara frågeställningen. I projektet har en kartläggning av hur stor energianvändningen är idag för bostäder och lokaler inom Västra Götaland utförts. Även planerad nyproduktion av bostäder och lokaler i Västra Götaland samt vilka energinivåer som nyproduktion sker till idag och hur mycket energianvändning reduceras vid renovering har kartlagts. Med det som bas har en bedömning av hur långt det är tekniskt och ekonomiskt rimligt att nå i energieffektiviseringsarbetet med ökade ambitioner hos fastighetsägare utförts. Gapet har illustrerats med hjälp av analysverktyget HEFTIG, se *bilaga A*. På så sätt beskrivs en ögonblicksbild av hur långt det är sannolikt att en energieffektivisering sker vid de förhållanden som råder idag. Denna bild har jämförts med den tekniska potential som finns om alla fastighetsägare skulle realisera en mer omfattande, men fortfarande realistisk, energirenovering vid varje renoveringstillfälle och nyproduktion av lågenergibygnader.

I projektet har det även en litteraturstudie genomförts för hur stor del av miljöpåverkan som är från driftskedet i förhållande till byggprocessen med val av material vid nyproduktion. En litteraturstudie av klimatpåverkan från renovering i förhållande till att riva och bygga nytt har också genomförts. För att belysa vikten av livscykelanalyser har klimatpåverkan från val av isolermaterial vid renovering undersökts. Resultaten från litteraturstudien avser att vara underlag för hur och var mer omfattande analyser bör genomföras.

4 Förutsättningar för analysen av energianvändning och energieffektivisering vid renovering

Nedan presenteras några av de grundförutsättningar, avgränsningar och basdata som använts eller tagits fram för projektet. Analysen av energianvändningen för fastigheterna och hur renovering påverkar energianvändningen görs via en programvara kallad HEFTIG¹.

4.1 Västra Götalands fastighetsbestånd

Det finns ingen bra sammanställd statistik över fastighetsbeståndet för Västra Götalands län. SCB tillhandahåller statistik över bostäder i Sverige medan information om lokaler hämtas från Energimyndigheten.

I SCB:s statistik finns information om total antal bostadsarea i Sverige och bostadsarea i Västra Götaland för småhus. För att kunna göra simuleringarna behövs även information om hur ytan fördelas mellan olika byggår. I statistiken finns information om totalt antal lägenheter inom varje grupp i Sverige. Det har antagits att fördelningen mellan olika byggår anses vara lika i Västra Götaland som i hela riket. Total yta presenteras i *Tabell 1*.

Principen för flerbostadshus är den samma som för småhus men här behövs även information om ägarfördelningen mellan privata aktörer, offentliga aktörer och BRF. I SCB:s statistik finns information om total antal bostadsarea i Sverige och bostadsarea i länet. Det har antagits att fördelningen mellan olika byggår och ägarkategorier anses vara samma i Västra Götaland som i hela riket. Total yta presenteras i *Tabell 1*.

SCB samlar inte längre in statistik för lokaler utan det görs av Energimyndigheten² i samband med insamling av energistatistik. Senast insamlingen gjordes 2016 och ger data för total lokalyta i Västra Götaland samt lokalytan i Sverige fördelad på byggår, ägarkategorier samt typ. Siffrorna används för att uppskatta andelen kontor, skolor och övriga lokaler i VG där andelen inom olika byggår och ägarkategorier antas vara samma. Total yta presenteras i *Tabell 1*.

Det totala fastighetsbeståndet i Västra Götaland uppgår till ca 101 Mm².

Tabell 1: Fastighetsbeståndet i Västra Götaland i Mm²

	Småhus	Fler-bostadshus	Skolor	Kontor	Övriga lokaler
Yta i Sverige	292,9	208,9	48,2	37,1	92,1
Yta i VG	41,8	28,4	8,4	6,5	16,0
Andel av Sveriges bestånd i VG	14,3 %	13,6 %	17,4 %	17,4 %	17,4 %

Informationen används sedan för att beräkna energianvändning samt hur mycket energi som kan sparas vid renovering.

¹ Programvara för simulering av energiscenarier på Sveriges fastighetsbestånd. Se bilaga A.

² <http://www.energimyndigheten.se/statistik/bostader-och-lokaler/?currentTab=1#mainheading>
[Hämtad:2018-0627]

Energianvändning hos fastighetsbeståndet i Västra Götaland

Utifrån insamlad information om fastighetsbeståndets storlek kan energianvändningen uppskattas. Uppskattningen görs från data i HEFTIG vilken sedan jämförs med siffror från Energimyndighetens statistik². I *Tabell 2* nedan presenteras energianvändning för byggnaderna inklusive verksamhets respektive hushållsel. Informationen ovan används för att beräkna miljöpåverkan genom minskad energianvändning vid renovering. Se mer i *avsnitt 5.2*.

Tabell 2: Energianvändning hos fastighetsbeståndet i Västra Götaland

	Småhus	Flerbostadshus	Skolor	Kontor	Övriga lokaler	Totalt
Energianvändning i Sverige [GWh]	47 860	35 710	8 840	5 690	20 570	118 670
Energianvändning i VG [GWh]	6 830	4 850	1 540	990	3 580	17 790

I Västra Götaland köps ca 18 TWh energi för drift och verksamhet i bostäder och lokaler varje år, var av 12 TWh används för uppvärmning samt varmvatten. Det kan räknas om till utsläpp motsvarande ca 1,15 miljoner ton CO₂-ekv, med hjälp av förutsättningarna som beskrivs i *avsnitt 5.2*.

4.2 Renovering av Sveriges fastighetsbestånd

För att kunna analysera miljöpåverkan hos befintliga byggnader behövs information om hur dessa renoveras. 2017 presenterade CIT Energy Management tillsammans med WSP ett uppdrag för energimyndigheten där energieffektiviseringen vid renovering av flerbostadshus skolor och kontor kartlagdes.³ Den information som togs fram används som grund i denna studie.

Syftet med uppdraget var att ta reda på hur Sveriges fastighetsägare renoverar idag och hur det påverkar energianvändningen. Även incitament och påverkan vid en ökad renovering analyserades. Småhus ingick inte i studien men information för dessa hämtas ur ett tidigare uppdrag från Energimyndigheten.⁴

För flerbostadshus, kontor och skolor togs ett renoveringspaket fram med olika andel renovering enligt följande nivåer:

- Löpande underhåll: som står för daglig drift och underhåll och ger 4 procent energieffektivisering.
- Nivå 1: som motsvarar underhåll/lätt renovering med cirka 15 procent energieffektivisering.
- Nivå 2: som står för standardförbättring med cirka 30 procent energieffektivisering.
- Nivå 3: som representerar en totalrenovering med en energieffektivisering på minst cirka 50 procent för flerbostadshus och skolor och 40 procent för kontor.

En sammanfattning av åtgärderna som ingår återfinns i *bilaga B*.

För flerbostadshus och skolor renoveras byggnader från 1950- under den kommande 20-årsperioden. Byggnader från miljonprogrammet (1961-1975) antas renoveras under den kommande 10-årsperioden och övriga byggnader antas ha en renoveringscykel på 40 år. Det medför att byggnader uppförda 1981 eller senare inte antas börja renoveras förrän efter år 2020.

³ Å. Wahlström, A. Persson, K. Glader, K. Westerbjörk, A. Göransson. 2017 *Energieffektiviseringen vid renovering av flerbostadshus skolor och kontor. En intervjustudie och analys i HEFTIG.*

⁴ Å. Wahlström, A. Persson, K. Glader, K. Westerbjörk, A. Göransson. 2016 *Fallstudier till HEFTIG.*

För kontor och universitetslokaler är siffrorna något annorlunda. Äldre lokaler med byggår tidigare än år 1961 antas renoveras på samma sätt som flerbostadshus från samma tidsperiod. Kontor byggda under perioden 1961 - 1980 antas renoveras i en takt på 10 procent per år, medan takten avtar något för kontor byggda under perioden 1981 - 1990. Nyare kontor antas inte renoveras under de första 20 åren av sin livslängd, därefter antas de renoveras 5 procent per år.

Övriga lokalbyggnader i Sverige ingick inte i studien³. I föreliggande projekt antas att de i snitt renoveras på liknande sätt som lokalbyggnader och kan nå samma grad av energieffektivisering. Antagandet kommer överskatta potentialen inom vissa lokaltyper och underskatta potentialen inom andra.

Småhusägare antas oftare än flerbostadshusägare genomföra enskilda åtgärder snarare än stora åtgärdspaket och renovering sker oftast i samband med köp eller försäljning. År 2013 var försäljningen av småhus 55 000, vilket ger en omsättningstakt på ca 3 procent per år.⁵

I uppdraget⁴ togs tre kombinationer av åtgärder, åtgärdspaket, fram var av två år av intresse för detta projekt. Det ena är ett mer normalfall där upp till 27 % energieffektivisering kan nås och det andra är ett extra allt där upp emot 52 % energieffektivisering nås. Några av dessa småhus kan antas säljas flera gånger under en förhållandevis kort tidsperiod, utan att energieffektiviseringsåtgärder genomförs varje gång. Men detta antas vägas upp av att vissa småhusägare genomför åtgärder utan koppling till överlåtande av huset. En sammanfattning av åtgärderna som ingått återfinns i *bilaga B*.

Renovering av Västra Götalands fastighetsbestånd

Grunddata för hela riket i projekten^{6,7} ovan anpassas till att bara gälla för Västra Götaland genom att inkludera hur stor del av beståndet inom olika byggår och ägarkategorier som återfinns inom länet. Resultatet från HEFTIG⁸ justeras sedan så att endas fastighetsbestånd i Västra Götalands län presenteras.

Endast befintliga byggnader beaktas i detta projekt, därmed ingår inte de byggnader som uppförts efter år 2011, då dessa inte kommer renoveras inom perioden. De två renoveringssnariorna som valts för GAP-analysen är renovering enligt dagens renoveringstakt och nivå samt vid en ökad ambitionsnivå. En jämförelse med renovering vid ökad renoveringstakt, d.v.s. en större andel genomförd renovering tas inte med i analysen då det skulle kunna innebära att renoveringar görs även om behovet inte finns, vilket i sin tur skulle kunna medföra onödig materialanvändning vilket då behöver analyseras med livscykelanalys.

⁵ Svenska mäklarhuset 2013, *Ny statistik – Privatbostäder till ett värde av 274 miljoner bytte ägare under 2013*

⁶ Å. Wahlström, A. Persson, K. Glader, K. Westerbjörk, A. Göransson. 2017 *Energieffektiviseringen vid renovering av flerbostadshus skolor och kontor. En intervjustudie och analys i HEFTIG.*

⁷ Å. Wahlström, A. Persson, K. Glader, K. Westerbjörk, A. Göransson. 2016 *Fallstudier till HEFTIG.*

⁸ Programvara för simulering av energiscenarier på Sveriges fastighetsbestånd. Se bilaga A.

4.3. Energianvändning vid nybyggnad

För att uppskatta hur många byggnader som byggs i Västra Götaland varje år har beviljade bygglov och antalet färdigställda lägenheter från SCB-statistik använts. I *Tabell 3* visas en uppskattning av byggd yta per år.

Tabell 3: Antalet bygglov per år, medel för perioden 2015-2017

	Bygglov [antal/år]	Bygglov [m ² /år]
Småhus	1 972	380 009
Flerbostadshus		760 018
Lokaler	443	607 149

Utredningar för klimats 2030⁹ att det behöver byggas närmare 10 000 nya bostäder (lägenheter) varje år i Västra Götaland den kommande tioårsperioden, vilket innebär att bostadsbyggandet måste öka med cirka 60 procent.

Nya fastigheter byggs oftast enligt kraven i BBR men vissa fastigheter byggs med en lägre energianvändning, så kallade lågenergihus. För att uppskatta hur mycket energi som nybygga fastigheter kommer att ha, har uppgifterna för specifik energianvändning (kWh/m²) i BBR 24¹⁰ använts. Värdena motsvarar samma värden som finns i nu gällande BBR utan omskrivningen till primärenergi. Värden presenteras i *Tabell 4* nedan.

Tabell 4: Specifik energianvändning kWh/m² enligt BBR 22

	Klimatzon III		Klimatzon IV	
	Elvärme	Annan värme	Elvärme	Annan värme
Småhus	55	90	50	80
Flerbostadshus	50	80	45	75
Lokaler	50*	70*	45*	65*

*Utan tillägg som får göras vid höga luftflöden av hygienskäl.

För att klassas som en Lågenergibyggnad ska en byggnad använda minst 25 % mindre energi än kravet i BBR. I *Tabell 5* nedan visas hur många lågenergihus som byggts i Västra Götaland enligt den sammanställning som LÅGAN presenterade för 2017¹¹. Bland lokalerna som byggts är det främst förskolor, skolor och kontor men även handel och vårdlokaler förekommer.

Tabell 5: Antalet identifierade lågenergihus enligt LÅGAN

	Perioden 2015-2017	Totalt sedan 2001
Småhus	2st (123 m ²)	30st (44 463 m ²)
Flerbostadshus	19st (60 557m ²)	60st (244 812 m ²)
Lokaler	13st (51 127 m ²)	46st (173 411 m ²)

Med antagande att byggtakten i *Tabell 3* och andelen lågenergihus i *Tabell 5* bibehålls under hela perioden, 2017 till 2030, kan energianvändningen i den tillkommande nyproduktionen efter 2017 beräknas, dock utan hänsyn till ambitionen om ökad nyproduktionstakt

⁹ <http://klimat2030.se/content/uploads/2017/10/klimat-2030-strategiska-vagval.pdf>

¹⁰ BFS 2016:13, BBR24

¹¹ H. N. Lantz, Å. Wahlström. 2018. *Sammanställning av lågenergibyggnader i Sverige, 2017*

Eftersom majoriteten av alla byggnader har annan uppvärmning än el och många ligger i klimatzon III har dessa data använts för alla byggnader. Alla lågenergihus antas även vara 25 % bättre än kravet i BBR även om vissa av de hus som byggs kommer vara ännu bättre. Resultatet visas i *Tabell 6*.

Tabell 6: Ökad energianvändning till följd av nybyggnation i VG i GWh

	Ökad energianvändning per år	Total ökning år 2030
Småhus	34	479
Flerbostadshus	60	846
Lokaler	42	591
Totalt	136 GWh/år	1 916 GWh

Användningen av hushålls- och verksamhetsel kan uppskattas med hjälp av Svebys brukarindata¹². För bostäder är hushållselen 30 kWh/m² och kontor har en verksamhetsel på 50 kWh/m². För skolor avgörs nivån från vilken typ av skola det är d.v.s. förskola, grundskola eller universitet vilket beräknas med hjälp av fördelningen till 57 kWh/m². För övriga lokalbyggnader är ett rimligt medel 63 kWh/m². Det ger en hushålls- och verksamhetselanvändning på ca 1 TWh år 2030.

Om nuvarande nybyggandstakt bibehålls så kommer energianvändningen i Västra Götaland vara ca 2,9 TWh högre år 2030, inklusive hushålls- och verksamhetsel. Samtidigt så kommer byggandet i länet troligen öka mer än vad som antagits i analysen för att möta behovet av nya bostäder och lokaler.

¹² *Brukarindata för bostäder, Brukarindata Kontor 1.1 och Brukarindata Undervisning 1.0* finns på <http://www.sveby.org/>

5 Analys av klimatpåverkan vid nybyggnad och renovering

Förutom att kartlägga hur stor potentialen är för energieffektivisering vid nyproduktion och vid renovering behöver även växthuspåverkan från fastighetssektorn undersökas. Flera studier ur ett livscykelperspektiv har på senare år belyst att byggprocessen kan stå för en betydande andel av byggnaders klimatpåverkan vid nyproduktion¹³. För att nå målen i projektet *Klimat 2030* måste byggnaders miljöpåverkan inte bara minskas under användnings- och driftskedet utan även under byggprocessen. Andelen av byggnaders klimatpåverkan från byggprocessen blir större i relation till användnings- och driftskedet i takt med att energianvändningen i driftsfasen effektiviseras. I följande avsnitt undersöks hur stor del av klimatpåverkan som är från användnings- och driftskedet i förhållande till klimatpåverkan i byggprocessen med val av material för nybyggnad samt klimatpåverkan från materialval vid renovering.

5.1 Jämförelse av klimatpåverkan i byggprocessen och driftsfas vid nybyggnad

För att undersöka hur stor del av miljöpåverkan som är från användnings- och driftskedet i förhållande till miljöpåverkan i byggprocessen med val av material, har en utredning genomförts baserat på tidigare genomförda livscykelanalyser. Studier där användning av biobaserat material, som träkonstruktion, har jämförts med betongkonstruktion har analyserats för att undersöka om resultatet blir annorlunda beroende av huvudsakligt material, d.v.s. i stommen.

Livscykelanalys, LCA, används för att bedöma resursanvändning och miljöpåverkan under en produkts hela livscykel. I miljöpåverkan ingår flera indikatorer som, *klimatpåverkan, försurning i mark och vatten, övergödning, miljöskadlig utarmning av fossila resurser och icke fossila resurser samt nedbrytning av ozonskiktet i stratosfären*.¹⁴ De genomförda livscykelanalyserna som sammanställts och använts i denna utredning har endast fokuserat på klimatpåverkan och uttryckts i utsläpp av CO₂-ekvivalenter, därmed har påverkan inom de andra indikatorerna inte heller inkluderats i denna analys.

Livscykelanalyserna har alla utgått från de europeiska standarderna, EN 15804 och EN 15978 vilket medfört ett mer enhetligt sätt att utföra beräkningar, och därmed till viss grad har de olika analyserna kunnat jämföras. Standarderna delar upp och definierar byggnadens systemgränser i olika moduler, vilket visas i *Figur 1*. Dock bör det noteras att trots det har standarderna ett visst tolkningsutrymme och deras metodik följs i olika grad. Därmed är det inte möjligt att rakt av jämföra en LCA mot en annan. Resultatet är beroende på val av systemgränser och scenario som använts och det är därför viktigt att tydliggöra att livscykelanalyser ger främst vägledning om trender och storleksordning på klimatpåverkan.

¹³ C. Liljenström, T. Malmqvist, M. Erlandsson, J. Fredén, I. Adolfsson, G. Larsson, M. Brogren. (2015). *Byggandets klimatpåverkan - Livscykelberäkning av klimatpåverkan och energianvändning för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus i betong*. Rapport nr. B2217.

¹⁴ Boverket. 2018. *Vägledning om LCA för byggnader*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/> (Hämtad 2018-10-01)

Livscykelinformation byggnad														Övrig info	
Byggprocessen														D Kompletterande information utöver systemgränsen	
A 1-3 Produktskede			A 4-5 Byggskede/Byggprocess		B 1-7 Användningsskede/ Driftskede							C 1-4 Slutskede			
A1 - Råmaterial	A2 - Transport	A3 - Tillverkning	A4 - Transport	A5 - Byggproduktion	B1 - Användning	B2 - Underhåll	B3 - Reparation	B4 - Utbyte	B5 - Renovering	B6 - Energianvändning	B7 - Vattenanvändning	C1 - Rivning	C2 - Transport		C3 - Avfallshantering
Potential för återanvändning och material- och energiaterrvinning															

Figur 1: Moduler enligt EN 15978, svensk översättning av figur 6 i EN 15978.

I bilaga C presenteras livscykelanalyserna som ligger till grund för utredningen. Varje analys har fått ett ID från [1] till [7], och det är till dessa referenser i texten syftar till. De analyserna som använts har avgränsats till:

- LCA där olika materialval jämförts för samma byggnad. Analyser där olika byggnader jämförts har uteslutits då det inte går att jämföra dessa rakt av och ger därmed stora osäkerheter.
- LCA för byggnader i Sverige och med fördel Västra Götalands län. Analyser för andra länder där träkonstruktioner jämförts mot betongkonstruktioner har granskats för att undersöka hur trender ser ut i andra länder och för andra fall. Dock bedöms dessa analyser inte vara representativa för Västra Götaland då bland annat systemgränser, transportsträckor och energimixen ser annorlunda ut varför de har uteslutits ur analysen.
- LCA utförda på senare år för att få en representativ bild av dagsläget då utvecklingen både inom branschen i sig varit stor och i hantering av LCA.
- LCA som använt standardiserade metoder för beräkningarna.

Att hitta studier där jämförelser och analyser gjorts för samma typ av byggnad men där bara materialvalen ändrats var begränsade. Även LCA för småhus och lokaler var begränsade och representativa fall med de avgränsningar som listas ovan var svåra att hitta.

Från studierna som sammanställts är det tydligt att när det gäller trä- och betongkonstruktioner är två omdiskuterade aspekter, frågan om hur beräkningarna av klimatpåverkan hanterar karbonatisering¹⁵ av betong samt biogent koldioxidutsläpp¹⁶ för trämaterial i LCA. Problem kan uppstå om enbart byggprocessen, modul A1-A5, redovisas eller om endast byggprocessen och användnings-/driftskedet, modul A-B, redovisas utan modul C. Beroende på hur man hanterat frågorna kan skenbara resultat av

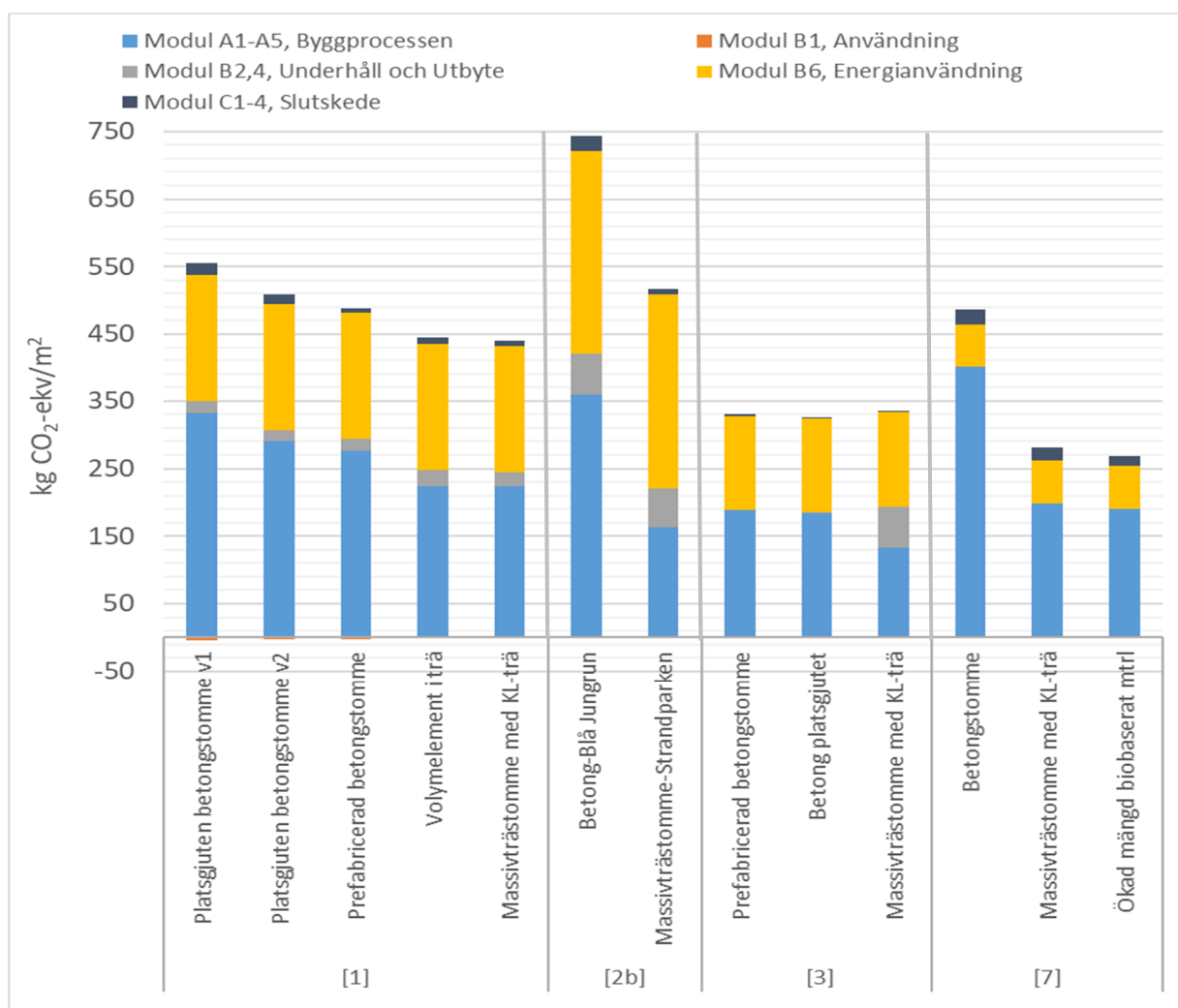
¹⁵ Betong kan reagera kemiskt med CO₂ i luften och binda denna. Hur mycket som kan bindas beror på ett antal faktorer men sedan 2017 finns en standardiserad metod som kan användas för att beräkna detta (SS-EN 16757:2017). [2b]

¹⁶ Biogent kol är koldioxidutsläpp kopplade till den naturliga kolcykeln. Klimatpåverkan av träprodukter kan visa negativa värden då bindning av kol i skogen redovisas i tillverkningsprocessen, medan motsvarande kolmängd som släpps som CO₂ redovisas i slutet av livstiden. [7]

klimatpåverkan ges.¹⁷ Därför har endast livscykelanalyser där alla moduler A-C redovisas använts i utredningen. Därefter har klimatpåverkansandelen från byggprocessen jämförts mot användnings- och driftskedet.

5.1.1 Jämförelse av LCA mellan byggprocess och driftskedet

I *Figur 2* nedan har resultat från fyra av studierna från *bilaga C* sammanställts. Observera att resultaten inte kan jämföras mellan de olika studierna. Siffror för klimatpåverkan, kg CO₂-ekv/m², har hämtats från rapporterna för studierna [1] och [2b] medan för studierna [3] och [7] redovisas inga siffror i rapporterna och värden är istället avlästa ur figurer och ger därmed endast en översikt av resultaten. Analysperioden för de resultat som presenteras nedan är på 50 år med undantag för studie [3] där analysperioden är på 100 år. Livscykelanalyserna innehåller även alternativa förfaranden som exempelvis på energiprestanda och känslighetsanalyser. Dessa har inte tagits med i *Figur 2* men diskuteras i texten nedan.



Figur 2: Sammanställning av LCA resultat för fyra studier där träkonstruktioner jämförts med betongkonstruktioner

¹⁷ M. Larsson, M. Erlandsson, T. Malmqvist, J. Kellner. (2016). *Byggandets klimatpåverkan - Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat flerbostadshus med massiv stomme av trä*. ISBN 978-91-88319-03-06. Rapport nr. B 2260.

Som nämnts tidigare har flera studier på senare år belyst att byggprocessen kan stå för en betydande andel av byggnaders klimatpåverkan vilket är något som skiftat från äldre studier där användnings- och driftskedet stod för den betydande delen av klimatpåverkan.¹⁸ Senare livscykelanalyser, bland annat studierna [1], [2a], [3], [4] och [7] men även Brown et al. (2014)¹⁹ visar på att klimatpåverkan från byggprocessen är antingen i samma storleksordning som användnings- och driftskedet eller har till och med gått om och är större än användnings- och driftskedet. Det anses till störst del bero på att byggnader blivit mer energieffektiva, då fokus har legat på att minska energianvändningen under en byggnads användnings- och driftsskede. Gemensamt för alla studier är att de alla visar på att det största bidraget till klimatpåverkan kommer från byggprocessen samt användnings- och driftskedet. *Tabell 7* presenterar andel klimatpåverkan som kommer från byggprocessen samt från användnings- och driftsskede för de fyra livscykelanalyserna presenterade i *Figur 2*.

Tabell 7: Andel klimatpåverkan från byggprocessen samt från driftsskedet.

Studie	Material	Klimatpåverkan från byggprocessen	Klimatpåverkan från driftsskedet
[1]	Platsgjuten betongstomme v1	60 %	34 %
	Platsgjuten betongstomme v2	57 %	37 %
	Prefabricerad betongstomme	57 %	39 %
	Volymelement i trä	50 %	42 %
	Massivträstomme med KL-trä	51 %	43 %
[2b]	Betong-Blå Jungfrun	48 %	40 %
	Massivträstomme-Strandparken	32 %	56 %
[3]	Prefabricerad betongstomme	57 %	42 %
	Betong platsgjutet	57 %	42 %
	Massivträstomme med KL-trä	40 %	42 %
[7]	Betongstomme	82 %	13 %
	Massivträstomme med KL-trä	70 %	23 %
	Ökad mängd biobaserat mtrl	71 %	24 %

Figur 2 och *Tabell 7* visar att för de fyra studier är klimatpåverkan från byggprocessen i samma storleksordning som användnings- och driftskedet med några undantag. Anledningen till det beror på studiernas använda scenario för driftens energianvändning. I studie [7] antogs det att energianvändningen hade ett *nära noll CO₂ avtryck* och därmed antogs det att byggnaden använde el från solceller och värme från värmepumpar. Därmed blir klimatpåverkan som kommer från driftskedet betydligt lägre än klimatpåverkan från byggprocessen. I studie [2b] och alternativet med massivträstomme gjordes en anpassning och teoretiska modifieringar för att kunna jämföra två olika byggnader, den ena med träkonstruktion, Strandparken från [2b] och den andra med betongkonstruktion, Blå Jungfrun från [2a]. I denna jämförelse blev klimatpåverkan från byggprocessen i samma storleksordning eller lägre än användnings- och driftskedet på grund av det använda scenariot för driftens energianvändning. Det använda energiscenariot var baserat på svensk medelfjärrvärme och

¹⁸ C. Liljenström, T. Malmqvist, M. Erlandsson, J. Fredén, I. Adolffson, G. Larsson, M. Brogren. (2015). *Byggandets klimatpåverkan - Livscykelberäkning av klimatpåverkan och energianvändning för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus i betong*. Rapport nr. B2217.

¹⁹ N. Brown, S. Olsson, T. Malmqvist. (2014). *Embodied greenhouse gas emissions from refurbishment of residential building stock to achieve a 50 % operational energy reduction*. Building and Environment. Vol. 79, s. 46-56. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.04.018>

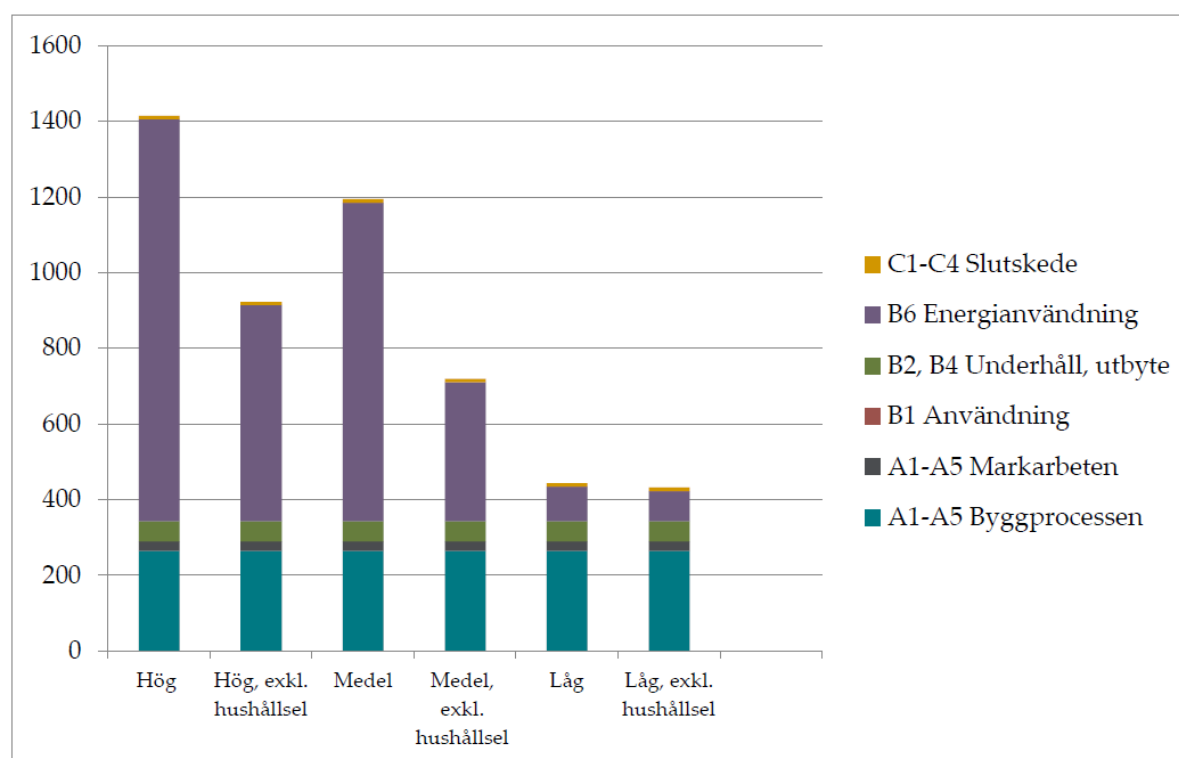
nordisk medelelmix och är utförligt beskrivet i studien [2a] från vilken studien [2b] hämtat scenariona ifrån.

Värden som presenteras i *Figur 2* från studie [2b] är för den anpassade och teoretiska modifierade versionen av Strandparken. I studien har man för originalbyggnaden, d.v.s. träkonstruktion i icke modifierad form, tittat på olika scenarier för driftens energianvändning. Här har tre scenarion för energianvändning i driften studerats för olika kombinationer av el- och fjärrvärmemixer i kombination med scenarion för inklusive och exklusive hushållsel. Följande alternativ, presenterade i *Tabell 8*, har använts. I scenariona ingår nätförluster samt växthusgasutsläpp från avfallsförbränning av fossilt material. De olika el- och fjärrvärmescenarierna är utförligt beskrivna i studien [2a] från vilken studien [2b] hämtat scenariona ifrån.

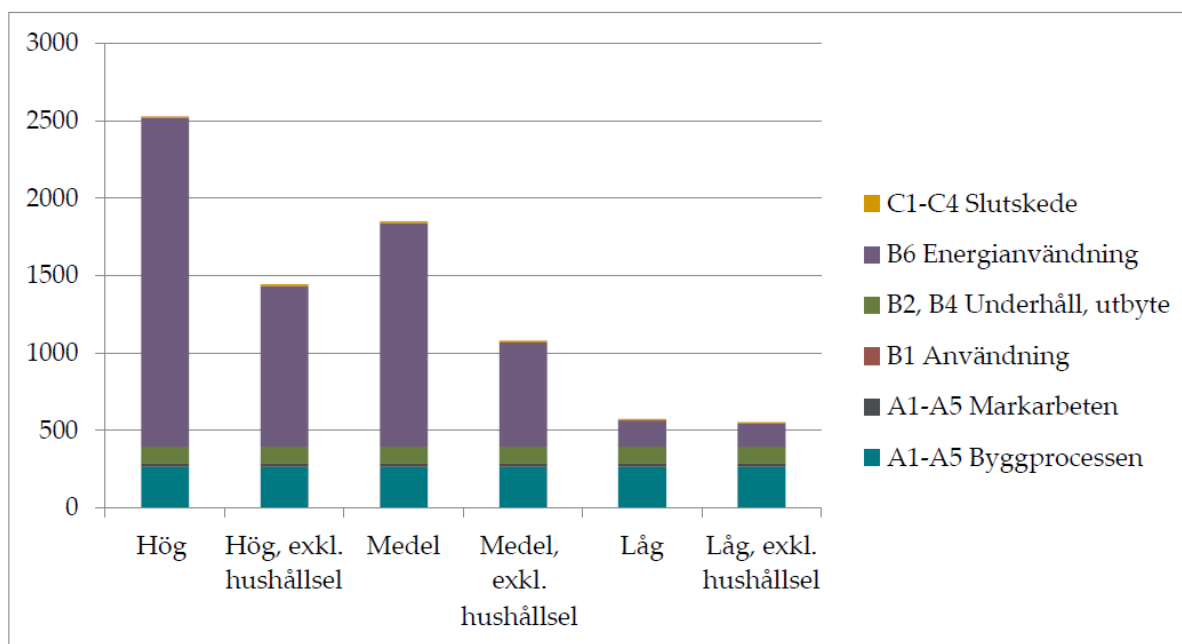
Tabell 8: Scenarier för energianvändning i driften som använts i beräkningar för studie [2b], hämtad ur rapport. Tabell 11 i [2b].

Scenario	Beskrivning
Scenario låg	Fjärrvärme med hög andel förnybart bränsle och el med hög andel förnybart bränsle
Scenario medel	Svensk medelfjärrvärme och nordisk medelelmix
Scenario hög	Storstadsfjärrvärmenät och el med låg andel förnyelsebara bränslen

Figur 3 och *Figur 4* nedan illustrerar resultaten från LCA med de olika scenarierna för driftens energianvändning för en analysperiod på 50 respektive 100 år.



Figur 3: Hämtad ur rapport, figur 18 i [2b]. Fördelning av klimatpåverkan över livscykeln vid en analysperiod på 50 år med olika scenarier för driftens energianvändning. Där Y-axeln visar kg CO₂-ekv/m², A_{temp}.



Figur 4: Hämtad ur rapport, figur 19 i [2b]. Fördelning av klimatpåverkan över livscykeln vid en analysperiod på 100 år med olika scenarier för driftens energianvändning. Där Y-axeln visar kg CO₂-ekv/m², A_{temp}.

Livscykelanalysen genomförd i studie [2b] där man använt olika scenarion för driftens energianvändning visar att det varierar vilket skede som den största klimatpåverkan kan relateras till, om det är i driftsskedet eller byggprocessen, kan variera kraftigt. Variationerna är beroende på scenarier av el- och fjärrvärmemixens framtida innehåll av fossila bränslen. Därmed är val av scenario för driftens energianvändning högst betydande för resultatet av en LCA. Skillnaderna i förhållande av klimatpåverkan från olika skeden kan öka ytterligare beroende på om hushållsel inkluderas. Värt att notera är att i LCA-beräkningar exkluderas oftast hushållsel.

Vilket skede som har den största klimatpåverkan beror även på om analysperioden antas vara 50 år eller ökas till 100 år. Vid den längre analysperioden står driftsskedet för den betydande klimatpåverkan. För långa analysperioder ökar dock osäkerheterna när det gäller hur framtida processer kommer se ut både vad gäller reoveringar men även energianvändningen och el- och fjärrvärmemixer. Studien [2b] anser dock att ett relevant antagande är att svensk fjärrvärme innehåller fossila andelar fram till 2030 och därmed är klimatpåverkan från driftsskedet och byggprocessen i samma storleksordning.

Studien [2a] har på liknande sätt använd olika scenarion för driftens energianvändning och från vilken samma slutsats dras.

5.1.2 Jämförelse av LCA och materialval

I och med att klimatpåverkan från byggprocessen fått större fokus på senare år har detta resulterat i sin tur att det börjar komma studier som undersökt hur man kan minska klimatpåverkan under byggprocessen genom att titta på materialvalet. Att fokusera på materialvalet till att minska klimatpåverkan får stöd från studier, som de nämnda ovan, som visat på att just materialvalen får

betydelse i en LCA både i byggprocessen och i slutfasen.^{20, 21} Förutom studien [4], där effekterna av en ökning av biobaserat material i byggprocessen i Sverige analyserats, har studierna [1], [2b], [3] och [7] jämfört olika materialval och deras klimatpåverkan i en LCA.

Ett sätt att minska klimatpåverkan från byggprocessen är genom att identifiera och ändra till material med minde klimatpåverkan jämfört med de material som normalt används. I föreliggande litteraturstudie har studier studerats som har jämfört användning av biobaserat material, som träkonstruktion, med betongkonstruktion. Vid utförandet av en LCA vid användning av biobaserat material kan resultaten skilja sig signifikant beroende på hur systemgränser sätts och hur bedömning av klimatpåverkan på grund av skogsbruk och skörd fram till produktion av biomassa sett ut. Bedömningen av klimatpåverkan från biobaserade material är en komplex analys just på grund av dess koppling till skogssystemet. Det är därför inte en självklarhet att ökning av biobaserat material i byggandet ur ett livscykelperspektiv har en självklar mindre klimatpåverkan än användandet av annat material.^{22, 23}

I majoriteten av studierna som analyserats, [1], [2b], [7] och [4], har livscykelanalyserna resulterat i en lägre klimatpåverkan när biobaserat material används i byggandet. Ett undantag är studie [3] där betong med mindre klimatpåverkan har använts vilket skiftat resultaten till att inga signifikanta skillnader mellan betong och träkonstruktioner kan fastställas. I studie [3] blir det tydligt att val av betong har betydelse för hur stora skillnaderna kan bli mellan materialvalen. Därmed gäller det att vid nyproduktion ställa krav på mer klimatneutral betong ur ett livscykelperspektiv vilket också är i linje med cementindustrins arbete i dagsläget. Cementindustrin arbetar för att nå klimatneutral betong med målsättningen att nå noll koldioxidutsläpp under betongens livscykel redan till 2030, och att inom 5 år ska klimatpåverkan halveras för betong till byggnadsproduktion.²⁴ Betong med mindre klimatpåverkan har diskuterats av Larsson et al.²⁵, som menar på att den minskade klimatpåverkan är ett resultat av hur allokeringmetoder använts som exempelvis vart man allokerar miljöpåverkan från restprodukter som används som cementsättningsprodukter. Många analyser fokuserar på att endast titta på klimatpåverkan och CO₂-utsläpp för systemgränser kring produktion, konstruktion och användningsfasen och för att få en representativ bild behövs en LCA på den miljöpåverkan göras²⁶.

Som nämnts är resultat högst beroende av antaganden i analyser, metodval, systemgränser, tidshorizonten och allokeringmetoder. Både studie [3] och [7] visar att skillnader mellan materialvalens klimatpåverkan är störst vid produktionsskedet och vid transportskedet. Betong har störst klimatpåverkan vid produktionsskedet medan trämaterial har störst klimatpåverkan vid transportskedet. Detta resultat skulle även kunna bedömas vara representativt för Västra Götalands län då nuvarande

²⁰ N. Heeren, C. L. Mutel, B. Steubing, Y. Ostermeyer, H. Wallbaum, S. Hellweg. (2015). *Environmental Impact of Buildings - what Matters?*. Environmental Science & Technology, Vol. 49, 9832-9841. DOI: 10.1021/acs.est.5b01735

²¹ A. Takano, S. K. Pai, M. Kuittinen, K. Alanne, M. Hughes, S. Winter. (2015). *The effect of material selection on life cycle energy balance: A case study on a hypothetical building model in Finland*. Building and Environment. Vol. 89. s.192-202. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.03.001>

²² D. Peñaloza. (2017). *The role of biobased building materials in the climate impacts of construction. Effects of increased use of biobased materials in the Swedish building sector*. Doctoral Thesis. KTH. ISBN 978-91-7729-418-4.

²³ Klein, D., Wolf, C., Schulz, C., Weber-Blaschke, G. (2015). 20 years of life cycle assessment (LCA) in the forestry sector: state of the art and a methodical proposal for the LCA of forest production. The International Journal of Life Cycle Assessment, 20:556-575. DOI 10.1007/s11367-015-0847-1.

²⁴ Svensk betong. (2017). *Betong och klimat – en rapport om klimatneutral betong*.

²⁵ M. Larsson, M. Erlandsson, T. Malmqvist, J. Kellner. (2016). *Byggandets klimatpåverkan - Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat flerbostadshus med massiv stomme av trä*. ISBN 978-91-88319-03-06. Rapport nr. B 2260.

²⁶ D. Peñaloza. (2017). *The role of biobased building materials in the climate impacts of construction. Effects of increased use of biobased materials in the Swedish building sector*. Doctoral Thesis. KTH. ISBN 978-91-7729-418-4.

produktion av trämaterial sker i andra delar av Sverige medan betongproduktion sker närmare. Dock är det inte självklart att den betong man använder när man bygger i Västra Götaland kommer från närliggande produktionsområden. Studie [5] tar upp hur den största drivkraften till materialval är kostnad, hållfasthet- och funktionskrav. Det finns med andra ord andra skäl till val av material än att ta hänsyn till att minska klimatpåverkan.

Värt är även att notera att via studierna som ingått i denna analys framgår det att det även finns osäkerheter kring modul C, slutskedet av byggnader, då detta skede sker i en framtid och därmed har antaganden om återvinning och tekniker större osäkerheter. Nuvarande tekniker för återvinning och återanvändning av material har sina begränsningar. Däremot påbörjas nya samarbeten och satsningar för att en mer hållbar återvinning av material ska ske, som exempelvis samarbetet mellan Rockwool och Ragn-Sells där Rockwool kommer börja ta tillbaka stenullsisolering från stora byggprojekt.²⁷ Troligtvis kommer denna typ av samarbeten bli vanligare vilket säkerligen kommer ändra på klimatpåverkansresultat från slutskedet. I denna analys har fokus legat på att kartlägga miljöpåverkan från drift- och produktionsfas i förhållande till varandra med val av material. Andra hinder och drivmedel för val av material mellan exempelvis betong och trä har inte analyserats men bör beaktas. Livscykelanalyser behöver göras för varje enskilt projekt för att på ett rättvist sätt jämför materialval och där man även inkluderar känslighetsanalyser som exempelvis hur olika transportsträckor eller materialsammansättningar och prefabricerade element påverkar klimatpåverkan, då dessa är av betydelse för LCA resultat.^{28,29}

5.1.3 Jämförelse av energianvändning mellan dagens bebyggelse och nybyggnad

I Västra Götaland köps ca 18 TWh energi för drift och verksamhet i bostäder och lokaler varje år, var av 12 TWh används för uppvärmning samt varmvatten. Det motsvara utsläpp på ca 1,15 miljoner ton CO₂-ekv.

Om istället all bebyggelse hade ersatts med ny enligt förutsättningarna i *avsnitt 4.2.3 Energianvändning vid nybyggnad* hade energianvändningen minskat till ca 12 TWh totalt. Energianvändningen för varje byggnadstyp år 2030 återfinns i *Figur 5*. Energianvändningen skulle kunna minskas ännu mer om alla byggnader som byggdes var lågenergihus, d.v.s. minst 25 % bättre än kraven i BBR, vilket också ses i *Figur 5*.

²⁷ Ragn-Sells. 2018. *ROCKWOOL i samarbete med Ragn-Sells för ökad återvinning inom byggindustrin*. https://www.ragnsells.se/om-ragn-sells/pressrum/?mc_cid=7c00fa3827&mc_eid=a617c7b0f8#/pressreleases/rockwool-i-samarbete-med-ragn-sells-foer-oekad-atervinning-inom-byggindustrin-2712002. (Hämtad 2018-10-08).

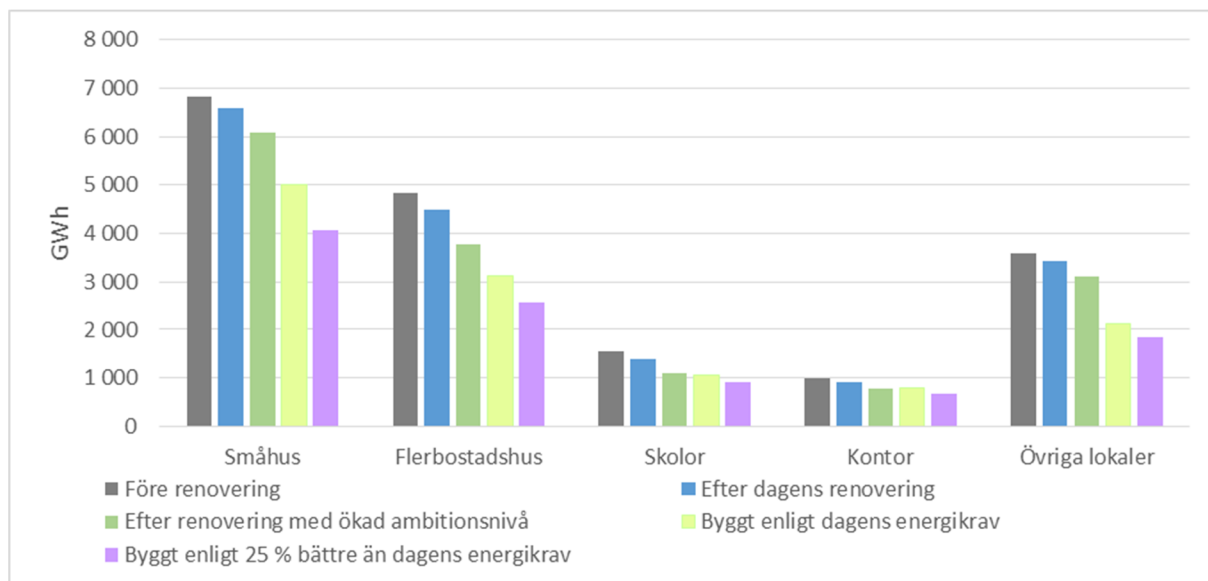
²⁸ M. Sandanayake, W. Lokuge, G. Zhang, S. Setunge, Q. Thushar. (2017). *Greenhouse gas emissions during timber and concrete building construction – A scenario based comparative case study*. Sustainable Cities and Society. Vol. 38. S. 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.12.017>

²⁹ T. Malmqvist, M. Erlandsson, N. Francart, J. Kellner. (2018). *Minskad klimatpåverkan från flerbostadshus – LCA av fem byggsystem*. Sveriges Byggindustrier.

5.2 GAP-analys av klimatpåverkan vid renovering

Gapanalysen av klimatpåverkan vid renovering görs utifrån renovering enligt dagens renoveringstakt och nivå samt vid en ökad ambitionsnivå. Den renoveringsgrad som används vid ökad ambitionsnivå är fortfarande ekonomiskt rimlig. I *bilaga D* återfinns resultatet från körningarna i HEFTIG³⁰.

I *Figur 5* nedan presenteras den energibesparing som kan fås vid renovering av de olika byggnadskategorierna samt motvarande energianvändning om byggnaderna skulle vara byggda enligt kraven i BBR eller som lågenergihus. Besparingen utgår från att byggandernas energianvändning är kvar på 2017 års nivå om ingen renovering genomförs, samt görs endast på befintliga byggnader.



Figur 5: Energianvändning 2030 efter renovering av fastighetsbeståndet i Västra Götaland under perioden 2017-2030

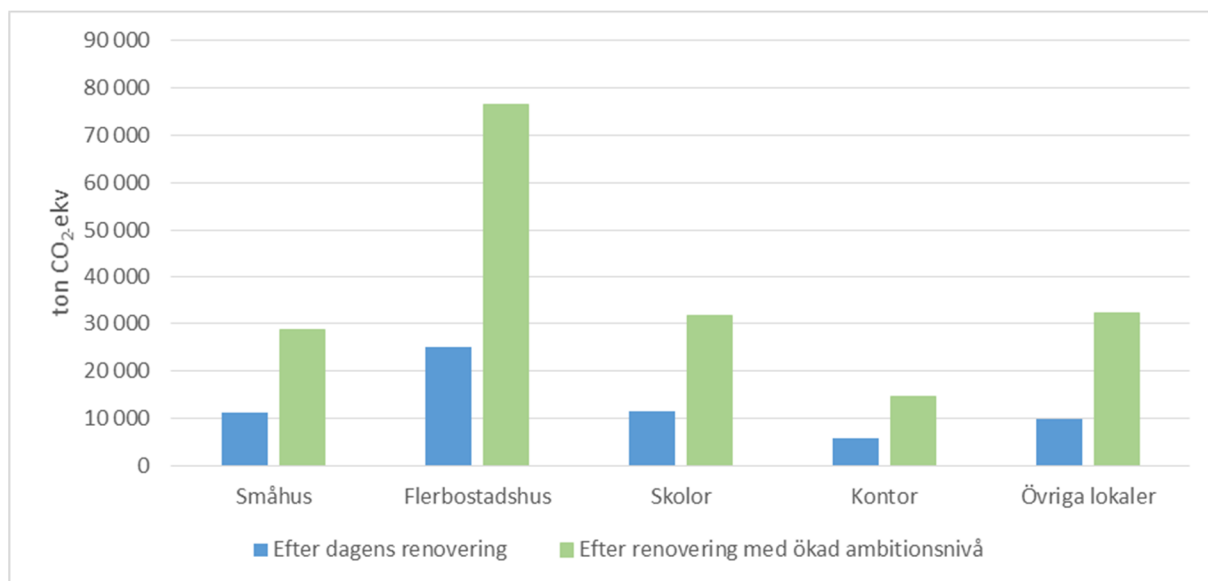
Fortsätter vi i Västra Götaland (VG) att renovera som idag kommer den årliga energianvändningen i sektorn att ha minskat med ca 1 TWh år 2030, vilket motsvarar ca 6 % av sektorns energianvändning. Skulle i stället all renovering i VG göras med en högre ambitionsnivå, med upp emot 50 % energibesparing per genomförd renovering, skulle den årliga energianvändningen i länet ytterligare ha minskat med 1,9 TWh år 2030. Den årliga användningen blir då 2,9 TWh lägre år 2030, vilket motsvarar 16 % av den totala energianvändning år 2017.

För att utvärdera minskad miljöpåverkan på växthuseffekten från ändrad energianvändning behövs värden på mängden emissioner av koldioxidekvivalenter för olika bränslen. CO₂-ekvivalenterna har beräknats utifrån värdena i standarden SS_24300-3:2014. Tillsammans med statistik från Energiföretagen 2016 om bränsletillförsel för olika fjärrvärmenät har en Västra Götalands mix tagits fram på 72 g CO₂-ekv/kWh. För el används ett femårsmedelvärde för nordisk elmix³¹, 2011-2016, på 62,9 g CO₂-ekv/kWh.

³⁰ Programvara för simulering av energiscenarier på Sveriges fastighetsbestånd. Se bilaga A.

³¹ C. Porsö 2018, *Rapportering av energianvändningen och växthusgasutsläppen 2018*, Dnr. 2018-10114

I Figur 6 visas minskningen av koldioxidutsläpp för de olika byggnadsklasserna. Vid simuleringen i HEFTIG har fördelning per energislag för energianvändningen i Sverige och fördelningen mellan olika bränslen antas vara densamma i Västra Götaland.



Figur 6: Minskade utsläpp av CO₂ år 2030, efter renovering av fastighetsbeståndet i Västra Götaland under perioden 2017-2030

I Västra Götaland köps 2017 ca 18 TWh energi för drift och verksamhet i bostäder och lokaler varje år vilket motsvara utsläpp på ca 1,15 miljoner ton CO₂-ekv/år. Fortsätter vi i Västra Götaland att renovera som idag skulle minskningen av energianvändningen i sektorn ha minskat utsläppen med ca 0,06 miljoner ton CO₂-ekv år 2030. Skulle i stället alla renovering i Västra Götaland göras med en högre ambitionsnivå skulle den årliga minskningen av utsläpp bli 0,18 miljoner ton CO₂-ekv år 2030 vilket motsvarar 16 % av sektorns totala utsläpp år 2017.

2012 var de totala utsläppen av koldioxid 11,2 miljoner ton CO₂-ekv/år i Västra Götaland³². Om denna nivå skulle vara konstant till 2030 skulle renovering av bostäder och lokaler i VG kunna bidra med en sänkning av utsläppen med nästan 2 % från minskad energianvändning. Därtill kan komma minskning från förbättrad energimix.

Vid beräkning av klimatpåverkan i form av koldioxidutsläpp är val av vilken elmix och fjärrvärmemix som används av stor betydelse. I projektet har nordisk elmix och västsvensk fjärrvärmemix använts. Skulle istället svensk elmix³³, som släpper ut 47 g CO₂-ekv/kWh och Göteborgs Energis fjärrvärme bra miljöval³⁴, som släpper ut 14 g CO₂-ekv/kWh, användas fås ett annat resultat. Utsläppen år 2017 skulle då vara 0,62 miljoner ton CO₂-ekv/år och att renovera som idag skulle leda till att utsläppen i sektorn kommer ha minskat med ca 0,03 miljoner ton CO₂-ekv år 2030. Ett tankeexperiment som då kan göras är att anse att energimixen även kommer förändras under perioden. Att år 2017 har vi den sämre energimixen och år 2030 den bättre. Det skulle göra att den totala minskningen av utsläpp av koldioxid skulle vara ännu större. Sektorn bostäder och lokaler kan också påverka minskning av koldioxidutsläpp genom bra val av material vid renovering och nyproduktion.

³² <http://klimat2030.se/content/uploads/2017/10/faktaunderlag-med-klimatutmaningar-uppdatering-feb-2016.pdf>

³³ <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/drivmedelslagen/vaxthusgasutslapp/>

³⁴ https://www.goteborgenergi.se/DxF-43014664/Miljovarden_for_fjarrvarme_markt_Bra_Miljoval_2017.pdf

5.2.1 Klimatpåverkan från materialval vid renovering

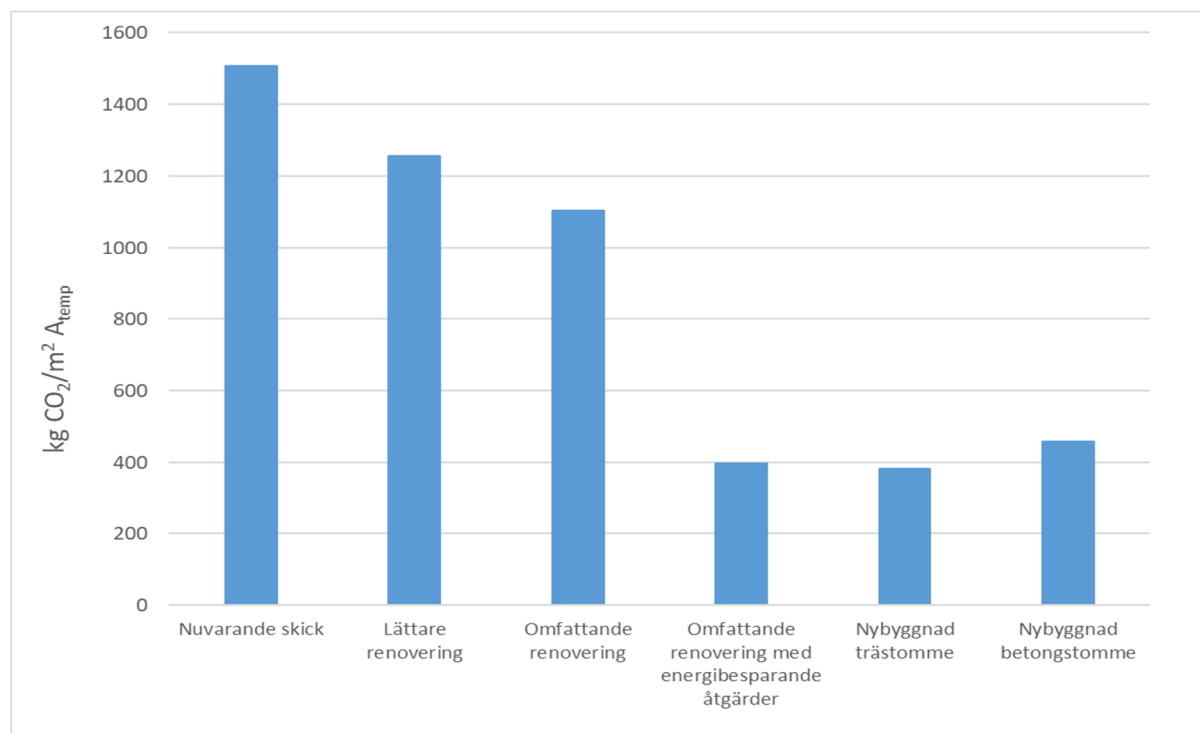
Dagens kunskap om skillnaden i miljönytta mellan att prioritera mellan nyproduktion och renovering har undersökts.

Litteraturstudien har enbart identifierat en svensk studie som jämför klimatpåverkan mellan nyproduktion och renovering. Det är ett examensarbete utfört på Högskolan i Gävle, J. Jonsson et al.³⁵.

Studien från J. Jonsson et al. (2015)³⁵ undersökte sex alternativ och deras klimatpåverkan, fyra renoveringsalternativ där olika scenarier för omfattningen på renoveringarna skiljer sig åt och två nybyggnationsalternativ, ett med trästomme och ett med betongstomme. Renoveringen som benämns *omfattande renovering* motsvarar en energibesparing på 28 % och den som benämns *omfattande renovering med energibesparande åtgärder* motsvarar en energibesparing på 73 %. Resultat från denna studie presenteras i *Figur 7*; där den första stapeln är byggnaden i nuvarande skick med nuvarande specifik energianvändning i 50 år, de tre följande staplarna är de olika renoveringsalternativen för nuvarande byggnad och som resulterar i förbättrad specifik energianvändning i olika nivåer. De två sista nybyggnationsalternativen inkluderar klimatpåverkan från att riva och bygga nytt med ytterligare förbättrad specifik energianvändning jämfört med renoveringsalternativen. I alla alternativ ingår klimatpåverkan från materialåtgång vid renovering och nybyggnation, transport av material från leverantör till byggarbetsplats. Transport av material till deponi och/eller återvinning samt byggnadens specifika energianvändning. Studien visade att för att minska klimatpåverkan behöver det satsas på att renovera energieffektivt och nå låg specifik energianvändning för att klimatpåverkan inte ska skilja sig avsevärt mellan att renovera eller bygga nytt. Renoveringsalternativet som innebar *omfattande renovering med energibesparande åtgärder* var det enda scenariot som nådde samma nivåer på klimatpåverkan som nybyggnationsalternativen. Skillnaderna beror på driftskedet där de tre första renoveringsalternativen använder mer energi än de nybyggda husen. Notera är att i studien, där även avgränsningarna är närmare beskrivna, har förenklade beräkningar utförts och fullständig LCA har inte gjorts. Exempelvis har den förenklade analysen inte tagit hänsyn till transporter för råvaror till materialproduktion och inte heller från fabrik till leverantör, vilket är faktorer som skulle belasta nyproduktionsscenarioerna mer då mycket mer råvaror behövs för att bygga ett nytt hus än att renovera.

Viktigt att tänka på är att resultaten säkerligen ser annorlunda ut om en fullständig LCA skulle utföras. Resultaten är högst beroende av bland annat antaganden i analyser, systemgränser och allokeringmetoder vilket gör den förenklade LCA-beräkningen svår att använda för att dra konkreta slutsatser gällande prioritering av nybyggnation framför renovering. Även ekonomiska aspekter som inte beaktats i analysen kan påverka prioriteringsresultatet då budget för renovering och nyproduktion skiljer sig avsevärt. Om samma budget skulle antas vid renovering som nybyggnation skulle energieffektiviseringsåtgärderna kunna ökas till mer än 50 % vilket då skulle resultera i att klimatpåverkan inte skiljer sig avsevärt mellan renovering och nyproduktion. I analysen som utförts tidigare i *avsnitt 5.2* har renoveringsalternativen baserats på vad som är ekonomiskt försvarbart att utföra.

³⁵ J. Jonsson, M. Karlsson. (2015). *Nybyggnation eller ombyggnation, vilket alternativ genererar minst växthusgaser? Fallstudie för ett mindre hyresradhus i Gävle*. Högskolan i Gävle



Figur 7: Resultat från analysen av J. Jonsson, M. Karlsson.³⁶

Som en jämförelse kan en tysk studie från Weiler et al. (2016)³⁷ användas där LCA-beräkningar utförts baserade på generiska data istället för byggnadsspecifika data och där man analyserat om det är bättre att renovera en byggnad eller riva ner denna och bygga nytt. I denna studie antogs två renoveringsscenarior, ett som motsvarar en energibesparing på 47 % och en som motsvarar en energibesparing på 57 %. Båda dessa renoveringsalternativ skulle motsvara att renovera till lågenergihusstandard i Sverige. I scenariot antogs det nybyggda huset ha 52 % lägre energianvändning än det befintliga huset. Klimatpåverkan från att riva och bygga nytt hamnar mitt emellan de två renoveringsalternativen. Studien har även granskat tiden för att energieffektiviseringsåtgärdernas utsläpp ska ha avtjänats på grund av energibesparingen. Avskrivningstiden för rivning och nybyggnation är längre än för renoveringsfallen där avskrivningstiden är relativt kort. Därmed visar studien på att om stor energieffektivisering sker vid renovering så är det mer fördelaktigt ur ett energiperspektiv att renovera en befintlig byggnad än att riva och bygga nytt med bättre standard.

Studien har dock inte tagit någon hänsyn till ekonomiska aspekter utan endast tittat på att renovera med mål att nå så hög energieffektivisering som möjligt. Ytterligare en del som studien lyfter är att trots att klimatpåverkan från driftsskedet minskar/hamnar i samma storleksordning vid nyproduktion som vid renoveringsfallen får nyproduktionsfallet en högre klimatpåverkan under byggprocessen på grund av den högre andelen material som behövs i jämförelse med en renovering.

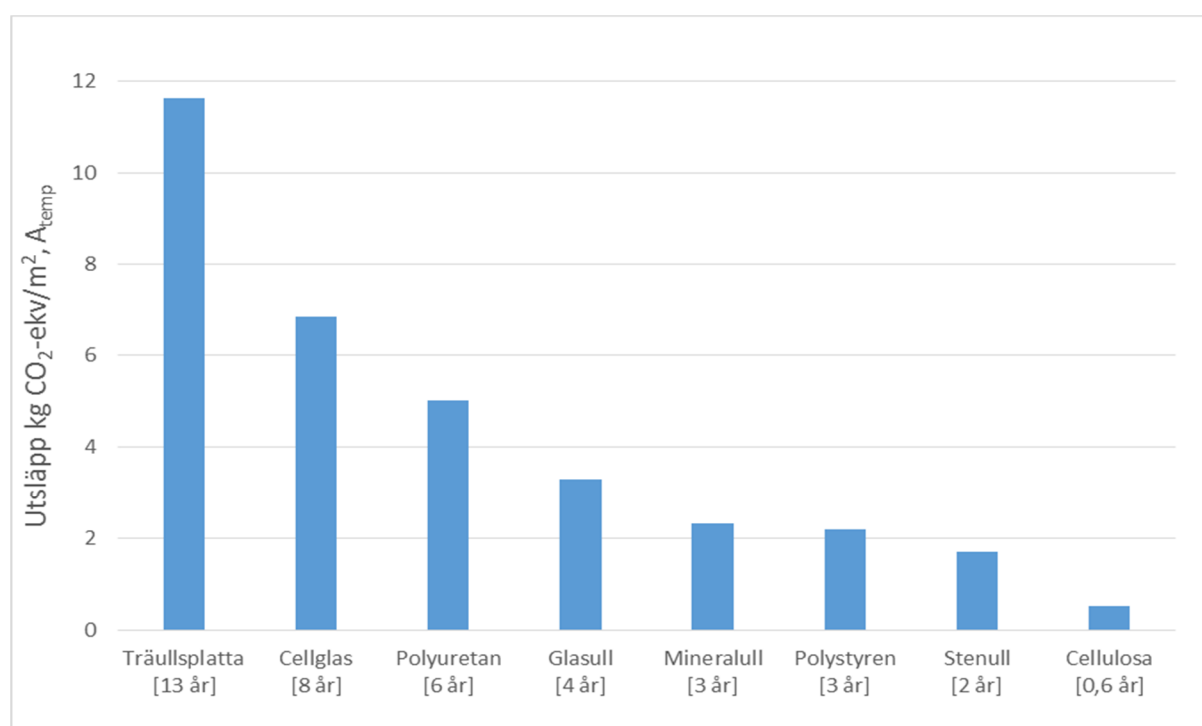
På grund av det lilla material som går att hitta är det inte möjligt att bedöma skillnaden i miljönytta mellan att prioritera mellan nyproduktion och renovering.

³⁶ J. Jonsson, M. Karlsson. (2015). *Nybyggnation eller ombyggnation, vilket alternativ genererar minst växthusgaser? Fallstudie för ett mindre hyresradhus i Gävle*. Högskolan i Gävle.

³⁷ V. Weiler, H. Harter, U. Eicker. 2016. *Life cycle assessment of buildings and city quarters comparing demolition and reconstruction with refurbishment*. *Energy and Buildings*. Vol. 134. S. 319-328. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.11.004>

För att visa på hur viktigt det är att genomföra specifika LCA studier vid materialval har koldioxidutsläpp från olika isoleringsmaterial studerats för renovering av ett flerbostadshus. I analysen jämförs CO₂-utsläpp från olika isoleringsmaterial och är utförd genom att titta på vilken mängd tilläggsisolering som krävs för att få samma energibesparing för samma flerbostadshus. Därefter med hjälp av materialens CO₂-ekvivalenter räkna fram utsläpp från dessa. Beräkningar har även genomförts för att se på antal år som krävs för att utsläpp från isoleringen ska ha avtjänats på grund av energibesparingen.

Flerbostadshuset som använts i beräkningarna antas använda fjärrvärme för uppvärmning, ha en A_{temp} på 3900 m² och att mängden tilläggsisolering som behövs är 1750 m². Energibesparingen antas vara 12 kWh/m².år. För beräkningen har kgCO₂-ekv/kg för de olika materialen hämtats från tillverkarens EPD-deklarationer samt Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg BM³⁸. Densiteten för material är hämtade från tillverkarens websidor. Resultatet presenteras i *Figur 8* där siffror inom hakparenteserna är antalet år som det tar för att uppnå koldioxid neutralitet som på grund av energibesparingen.



Figur 8: Utsläpp från olika isoleringsmaterial, kg CO₂-ekv/m², A_{temp}, som åstadkommer samma energibesparing för samma flerbostadshus. Antal år som krävs för att utsläpp från isoleringen ska ha avtjänats på grund av energibesparingen presenteras inom hakparenteserna.

En slutsats är att materialval har betydelse och att det inte nödvändigtvis är isoleringsmaterial med lägst värde på kgCO₂-ekv/kg som ska prioriteras för att minska klimatpåverkan. Trällsplattan har en lägre kgCO₂-ekv/kg än majoriteten av de andra materialen men då densiteten är betydligt högre blir också materialåtgången större och därmed fås höga utsläpp från detta material. Mindre materialåtgång går åt för att uppnå samma energibesparing vid användning av glasull, mineralull, polystyren, stenull och cellulosa där även avskrivningstiden för att utsläppen ska ha avtjänats på grund av energibesparingen för dessa material är relativt kort. Ytterligare analyser behövs för hur materialvalen påverkar klimatpåverkan när hänsyn även tas till slutskedet och återanvändning av material. Även ekonomiska och tekniska aspekter behöver beaktas vid jämförelserna. Till exempel om tjocklek på isoleringen innebär att takfoten måste flyttas.

³⁸ Byggsektorns miljöberäkningsverktyg BM Version 1.0. IVL Svenska Miljöinstitutet.

6 Förslag till mer omfattande analyser inom klimat 2030

Från de studerade livscykelanalyserna har det framgått att generella livscykelanalyser för att bedöma klimatpåverkan är osäkra. Detta på grund av att många specifika aspekter måste beaktas och varierar för varje byggprojekt. Det är därför viktigt att utföra specifika livscykelanalyser för varje enskilt projekt och analysera just den byggnadens egenskaper och vilka förbättringsåtgärder som är möjliga för minskad klimatpåverkan.

Från litteraturstudien går det inte att säga med klarhet vilket det bästa byggnadsmaterialet är ur klimatsynpunkt. Fler analyser, där fler aspekter beaktas, behövs för att i varje specifikt projekt fastställa om biobaserat material kan leda till minskningar i koldioxidutsläpp i förhållande till att använda betongmaterial. De största drivkrafterna till materialval har identifierats till att vara kostnad, hållfasthet- och funktionskrav. Fler studier behövs för att etablera att också val för att minska klimatpåverkan genomförs.

Systemgräns för energimixen är en avgörande faktor vid beräkning av klimatpåverkan från en byggnad och om driftsskedet eller produktionskedet har störst påverkan. Det kan konstateras att det är viktigt att fortsättningsvis både arbeta med att minska klimatpåverkan i produktionskedet och driftsskedet.

För att förbättra underlaget för denna studie avseende energianvändning i bebyggelsen och renovering behövs:

- Bättre analys av byggnadsbeståndet i länet och kännedom om renoveringstakt för olika byggnadskategorier inom länet.
- Analys av hur övriga lokalbyggnader renoveras och vilken energibesparing det ger.

För att öka kunskapen om materialval och klimatpåverkan har följande områden identifierats:

- En mer omfattande LCA på byggnader för att jämföra materialval. Här bör fler byggdelar ingå än bara olika stomalternativ och fler materialval inte bara betong och trämaterial.
- Betong med mindre klimatpåverkan bör undersökas vidare med fler LCA-beräkningar och känslighetsanalyser.
- LCA behöver göras för samma byggnad men där man även tittar på att samma energianvändning och prestanda uppnås. D.v.s. inte att även studera tekniskt utförande för de olika materialen.
- LCA där man tittar på en byggnads hela miljöpåverkan och inte bara på klimatpåverkan, för att få en heltäckande bild av olika materialval.

Vidare kvarstår frågan om det ur klimatsynpunkt är bättre att riva och bygga nytt eller att renovera. Här behövs fler och mer omfattande LCA-analyser.

För att få upp intresset och kunskapen att arbeta med LCA i byggprocessen behövs fler goda exempel. Lokalförvaltningen i Göteborg (LF) genomför just nu ett pilotprojekt Hoppet- en fossilfri förskola. I projektet samlas flera erfarenheter som även kan användas för mindre projekt. Genom att sprida dessa inom länet kan fler få upp intresset att arbeta med klimatpåverkan och LCA.

LF medverkar även i Energimyndighetens projekt Demonstrationsprojekt livscykelanalysberäkningar, där de tillsammans med Stockholms kommun ska testa och utvärdera BM³⁹ ett beräkningsverktyg för klimatprestanda i ett livscykelperspektiv för byggnader, vars resultat även bör spridas.

³⁹ Byggsektorns miljöberäkningsverktyg BM Version 1.0. IVL Svenska Miljöinstitutet.

De grupper som renoverar minst och till lägst energieffektivisering är främst småhusägare och bostadsrättsföreningar. Insatser för att öka kunskapen om energieffektiv renovering i dessa grupper och på så sätt öka intresset för renovering är värdefullt.

För att en mer hållbar återvinning av material ska kunna uppnås i högre skala behöver intresset från flera aktörer öka för att hänga på liknande samarbeten som exempelvis det mellan Rockwool och Ragn-Sells. Ett sätt att uppnå detta är genom att lyfta denna typ av samarbeten och sprida dessa.

För att lyckas med att minska materialsvinnet behövs fler olika lösningar. Ett alternativ är Loop Rocks⁴⁰, vilket är en digitaltjänst för hantering av överskotts-, underskottsmassor, transportbehov och olika anläggningar i ditt område. Skulle liknande initiativ skapas för andra material lokalt inom länet skulle det bidra till ett effektivare materialutnyttjande samt minskade transporter i form av samordningsmöjligheter.

⁴⁰ <https://www.looprocks.se/>

Bilaga A - HEFTIG - Husens EnergiFramTid I Genomlysning

HEFTIG (**H**usens **E**nergi**F**ram**T**id **I** **G**enomlysning) är en programvara som utvecklats tillsammans av CIT Energy Management, Profu och WSP Sverige AB på uppdrag av Energimyndigheten. Programvarans syfte är att användas för att simulera hur stor påverkan olika energieffektiviseringsåtgärder får på den svenska bebyggelsens totala energianvändning.

I prograndet finns information om Sveriges byggnadsbestånd och deras energianvändning 2011 samt Energimyndighetens prognoser fram till 2050. Åtgärdsförslag läggs in som en energibesparing per kvadratmeter Atemp i kategorierna värme, varmvatten, fastighetsel samt verksamhets-/hushållsel. Sedan anges för hur stor del av det totala fastighetsbeståndet inom en kategori åtgärden ska gälla.

Kategorierna är småhus, flerbostadshus samt lokaler, där lokaler är uppdelad på 12 olika kategorier. Ytan inom varje kategori är sedan fördelad på åtta olika byggårsintervaller.

Bilaga B - Sammanfattning av åtgärder vid renovering

Nedans presenteras kortfattat det åtgärds paket som använts i analysen. Mer information hittas i de två tidigare genomförda uppdragen *Energieffektiviseringen vid renovering av flerbostadshus skolor och kontor kartlagdes. En intervjustudie och analys i HEFTIG⁴¹* och *Fallstudier till HEFTIG⁴²*.

Renovering av flerbostadshus

Vid renovering av flerbostadshus ingår följande åtgärder för de olika renoveringsnivåerna. Hänsyn tas till att tilläggsisolering inte är möjlig av alla fasader på grund av bevarandekrav.

Tabell B1: Paketerade åtgärder för de olika renoveringsnivåerna i flerbostadshus

	Löpande underhåll	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3
Målning + tätning fönster/dörrar	Ja	Ja	Ja	-
Fönsterbyte, U<1 W/m ² K	-	-	-	Ja
Vindsisolering, 300 mm lösull	-	-	Ja	Ja
Fasadisolering 100 mm	-	-	-	Ja
Nya entré-/källardörrar	-	-	Ja	Ja
Byte till lågenergilampor	Ja	Ja	-	-
Närvarostyrd LED	-	-	Ja	Ja
Nya fläktar	Ja	Ja	-	-
Byte termostater/ventiler	-	Ja	Ja	Ja
Injustera värme	Ja	Ja	Ja	Ja
FVP 3,0	-	-	Ja	-
FTX η85 %	-	-	-	Ja
Injustera ventilationssystem	Ja	Ja	Ja	Ja
Snålspolande armaturer	-	Ja	Ja	Ja
Energieffektiv tvättstuga	-	Ja	Ja	Ja
IMD VV	-	-	-	Ja
Avlopps-VVX	-	-	-	Ja
Summa energibesparing:	4 %	10 %	30 %	50 %

⁴¹ Å. Wahlström, A. Persson, K. Glader, K. Westerbjörk, A. Göransson. 2017 Energieffektiviseringen vid renovering av flerbostadshus skolor och kontor. En intervjustudie och analys i HEFTIG.

⁴² Å. Wahlström, A. Persson, K. Glader, K. Westerbjörk, A. Göransson. 2016 Fallstudier till HEFTIG.

Renovering av lokaler

Vid renovering av flerbostadshus ingår följande åtgärder för de olika renoveringsnivåerna för skolor och kontor. Övriga lokaler antas renoveras till samma energieffektivisering men för dessa presenteras inga åtgärder.

Tabell B2: Paketerade åtgärder för de olika renoveringsnivåerna för skolor.

	Löpande underhåll	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3
Byte av FT till FTX med η 80 %, SFP<2	-	-	Ja	Ja
Byte av F till FTX med η 80 %, SFP<2	-	-	Ja	Ja
Byte av FTX med η 80 %, SFP<2	-	-	-	Ja
Behovsstyrd ventilation	-	Delvis	Delvis	Ja
Byte till energieffektivare fönster, $U \leq 1$ W/m ² K	-	-	-	Ja
Tilläggsisolering tak/vind med 500 mm lösull	-	Ja	Ja	Ja
Modern belysning i klassrum/ grupprum/korridorer mm	Ja	Ja	Ja	Ja
Byte av termostater samt injustering av värmesystemet	Ja	Ja	Ja	Ja
Installation av strålsamlare	Ja	Ja	Ja	Ja
Modern utomhusbelysning	-	Ja	Ja	Ja
Summa energibesparing:	4 %	10 %	30 %	50 %

Tabell B3: Paketerade åtgärder för de olika renoveringsnivåerna för kontor.

	Löpande underhåll	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3
Uppgradering av ventilationssystemen med η 80 %, SFP<2	-	-	Ja	Ja
Behovsanpassad och styrning av ventilation	-	Delvis	Ja	Ja
Byte till energieffektivare fönster, $U \leq 1$ W/m ² K	-	-	Ja	Ja
Driftoptimering av kylan	-	-	Ja	Ja
Uppgradering av belysningen i allmänna utrymmen	Ja	Ja	Ja	Ja
Uppgradering av belysningen i kontorsytor	Ja	Ja	Ja	Ja
Tilläggsisolering av vind/tak med 500 mm lösull	-	-	-	Ja
Åtgärder för entréer	-	-	-	Ja
Solavskärmning	-	-	-	Ja
Åtgärder för tappvarmvatten	-	-	-	Ja
Summa energibesparing:	4 %	10 %	30 %	40 %

Renovering av småhus

Renovering av flerbostadshus görs i främsta i samband med försäljning eller köp. Till skillnad från flerbostadshus och lokaler så genomförs inte alla åtgärder samtidigt utan varje enskild åtgärd får en egen genomförande takt likt de olika nivåerna för flerbostadshus och lokaler.

Tabell B4: Paketerade åtgärder för de olika renoveringsnivåerna för kontor.

	Dagen renovering	Renovering vid ökad ambition
Isolering väggar	-	Ja
Isolering tak	-	Ja
Byte fönster, U<1,2	-	Ja
Reglersystem för innetemp.	Ja	Ja
Kyl/frys	Ja	Ja
Diskmaskin	-	Ja
Snålspolande dusch	Ja	Ja
Luft/luft-VP	Ja	-
Glödlampor > lågenergilampor	-	Ja
Bergvärmepump	-	Ja
Summa energibesparing:	Upp till 27 %	Upp till 52 %

Bilaga C - Lista referenser på LCA

Tabell B5: Lista på livscykelanalyser som ligger till grund för denna utredning.

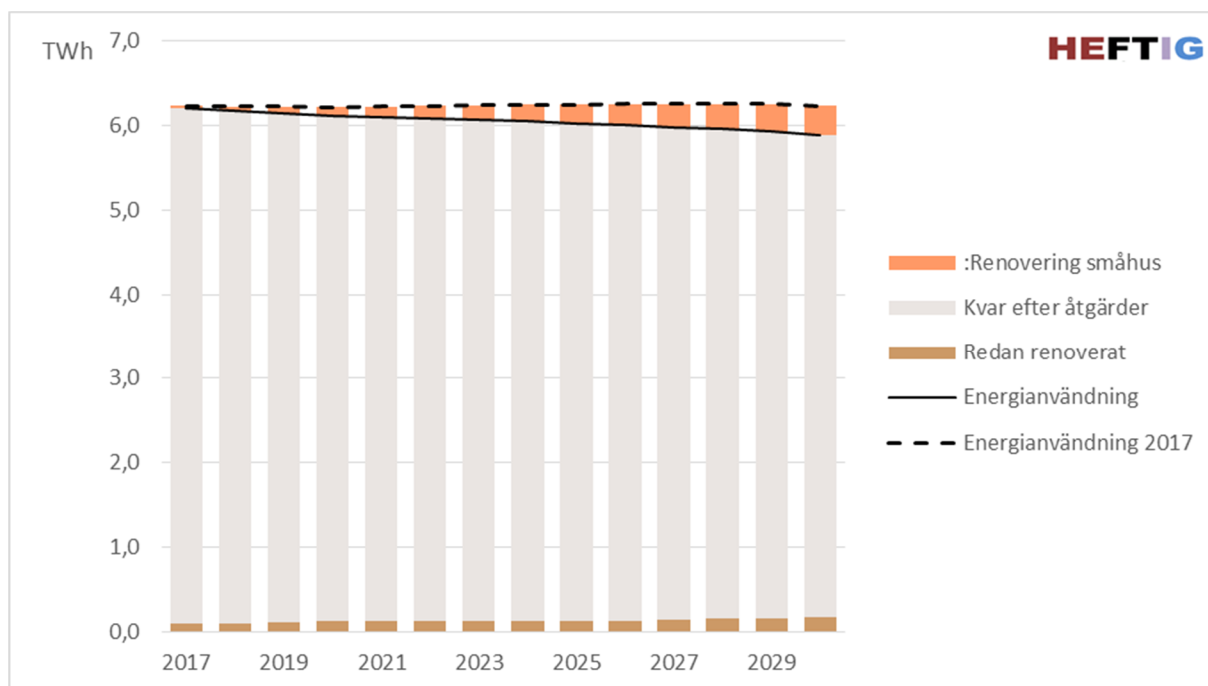
Studiens ID	Referens	Kommentar
[1]	T. Malmqvist, M. Erlandsson, N. Francart, J. Kellner. (2018). <i>Minskad klimatpåverkan från flerbostadshus – LCA av fem byggsystem</i> . Sveriges Byggindustrier.	Flerbostadshus i Stockholm. Analysperiod: 50 år
[2]	C. Liljenström, T. Malmqvist, M. Erlandsson, J. Fredén, I. Adolfsson, G. Larsson. (2014). <i>Byggproduktionens miljöpåverkan i förhållande till driften – Livscykelberäkning av klimatpåverkan och energianvändning av ett nyproducerat flerbostadshus i betong med lågenergiprofil</i> . ISBN 978-91-7595-218-5. IVL Rapport C32.	Flerbostadshus i Stockholm, Blå Jungfrun Analysperiod: 50 år & 100 år
[2a]	C. Liljenström, T. Malmqvist, M. Erlandsson, J. Fredén, I. Adolfsson, G. Larsson, M. Brogren. (2015). <i>Byggandets klimatpåverkan - Livscykelberäkning av klimatpåverkan och energianvändning för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus i betong</i> . Rapport nr. B2217.	Flerbostadshus i Stockholm, Blå Jungfrun Analysperiod: 50 år & 100 år
[2b]	M. Larsson, M. Erlandsson, T. Malmqvist, J. Kellner. (2016). <i>Byggandets klimatpåverkan - Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat flerbostadshus med massiv stomme av trä</i> . ISBN 978-91-88319-03-06. Rapport nr. B 2260.	Flerbostadshus i Stockholm, Strandparken Analysperiod: 50 år & 100 år
[3]	E.L. Kurkinen, J. Norén, D. Peñaloza, N. Al-Ayish, O- During. (2015). <i>Energi och klimateffektiva byggsystem – Miljövärdering av olika stomalternativ</i> . SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. SP Rapport 2015:70	Flerbostadshus i Göteborg, Brf Viva Analysperiod: 100 år
[4]	D. Peñaloza. (2017). <i>The role of biobased building materials in the climate impacts of construction. - Effects of increased use of biobased materials in the Swedish building sector</i> . Doctoral Thesis. KTH. ISBN 978-91-7729-418-4.	
[5]	E. Markström, A. Bystedt, M. Fredriksson, D. Sandberg. (2016). <i>Drivers and Barriers for an increased use of bio-based building materials in Sweden</i> . In: Proceedings of the 12th meeting of the Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE). Wood science and engineering – a key factor on the transition to Bioeconomy. Andersons B. & Kokorevics A. (Eds.) (pp. 15-21) Riga, September 12-13.	
[6]	M. Sandanayake, W. Lokuge, G. Zhang, S. Setunge, Q. Thushar. (2017). <i>Greenhouse gas emissions during timber and concrete building construction – A scenario based comparative case study</i> . <i>Sustainable Cities and Society</i> . Vol. 38. S. 91–97. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.12.017	
[7]	D. Peñaloza, M. Erlandsson, A. Falk. (2016). <i>Exploring the climate impact effects of increased use of bio-based materials in buildings</i> . <i>Construction and Building Materials</i> . Vol.125. s. 219–226. http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.041	Flerbostadshus i Stockholm Analysperiod: 50 år

Bilaga D - Resultatet från simuleringen i HEFTIG

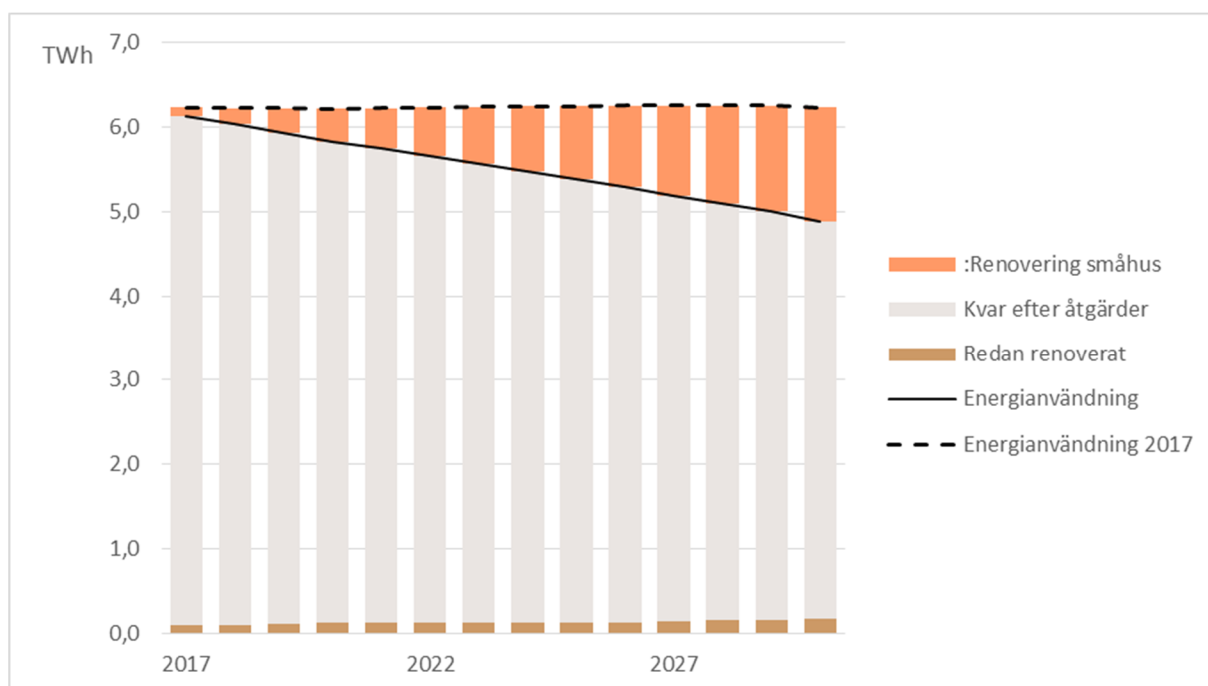
Vid renovering sparas energi. I figurerna nedan visas förändringen i energianvändning från 2017 till 2030 på befintligt fastighetsbestånd.

Förändring av energianvändning i småhus

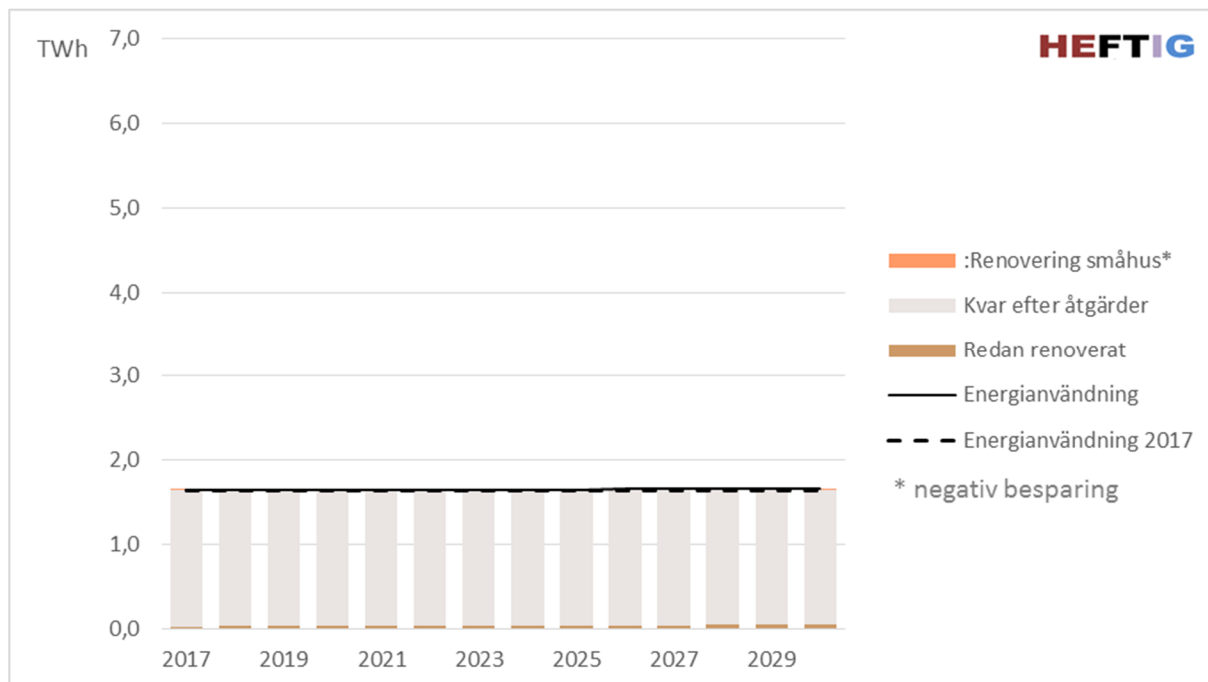
I figurerna nedan visas förändringen av elanvändning respektive värmeanvändning vid dagens renoveringstakt och nivå samt vid en ökad ambitionsnivå.



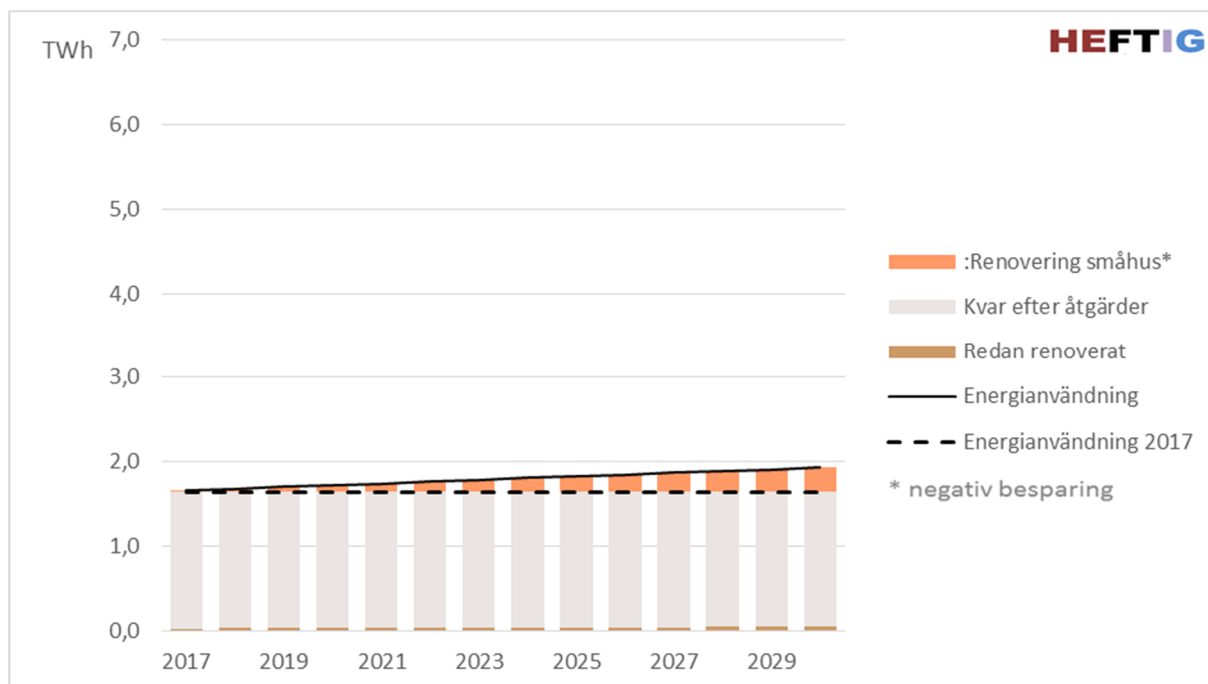
Figur B1: Förändring av värmeanvändning i befintliga småhus vid dagens renoveringstakt och nivå



Figur B2: Förändring av värmeanvändning i befintliga småhus vid dagens renoveringstakt och ökad ambitionsnivå



Figur B3: Förändring av elanvändning i befintliga småhus vid dagens renoveringstakt och nivå

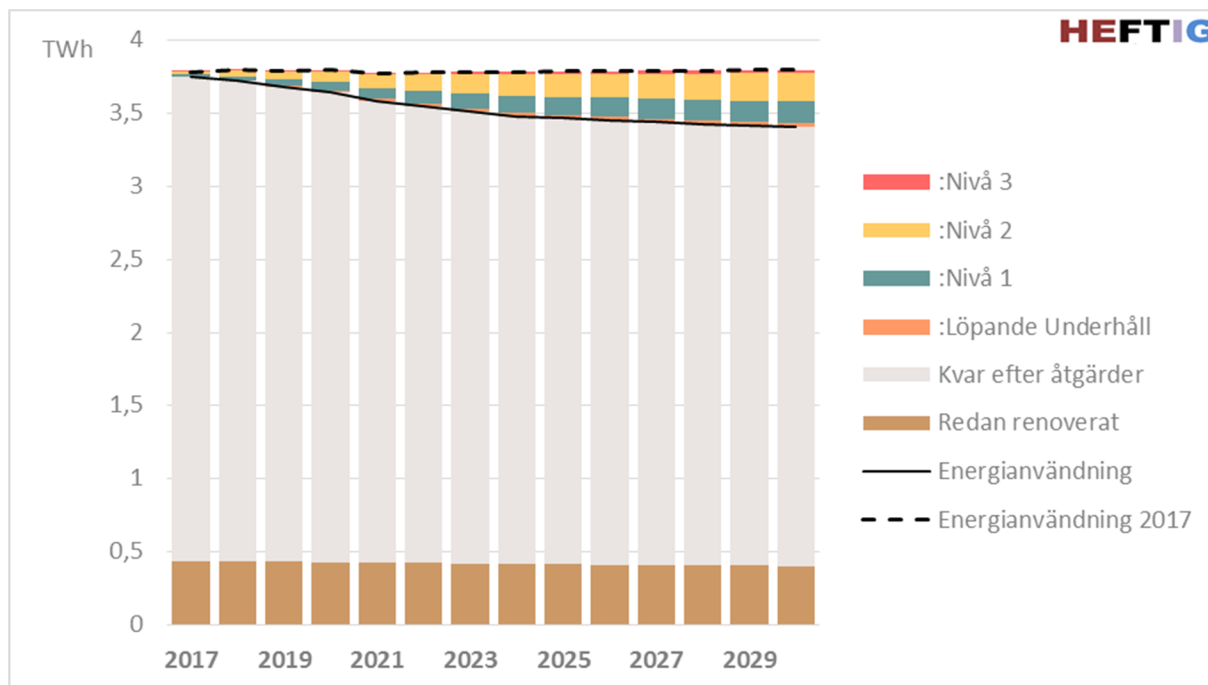


Figur B4: Förändring av elanvändning i befintliga småhus vid dagens renoveringstakt och ökad ambitionsnivå

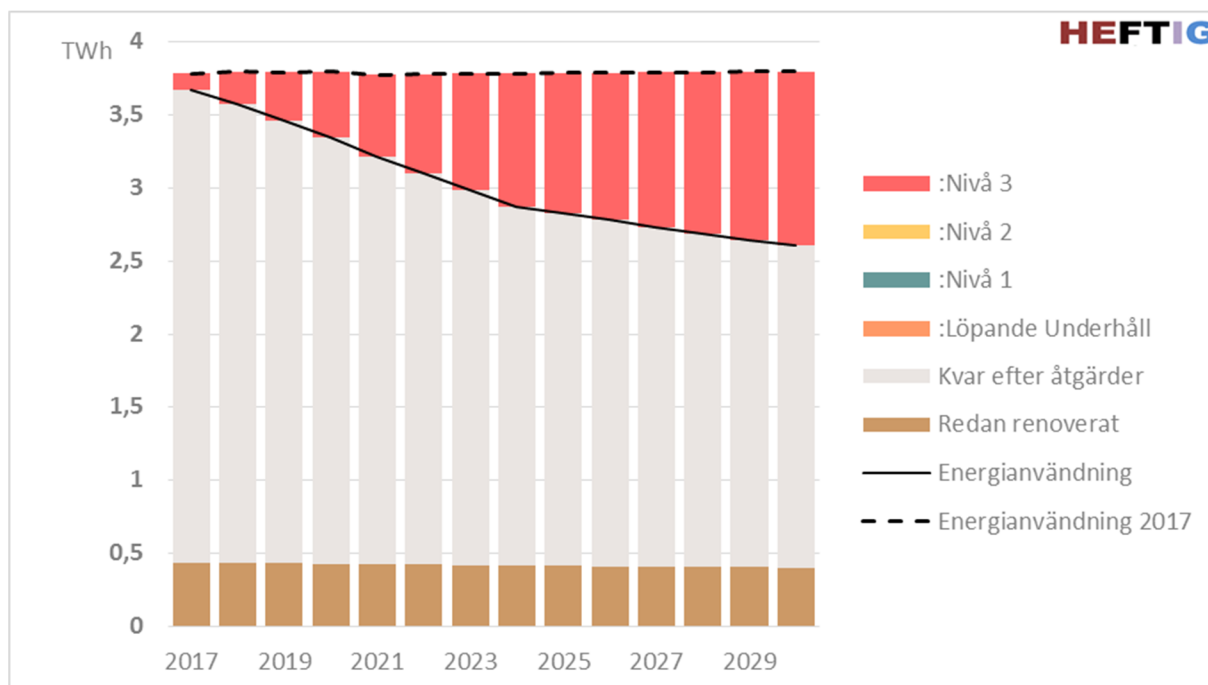
Från *Figur B3* och *Figur B4* kan ses att elanvändningen ökar för båda fallen men främst vid ökad ambitionsnivå. Ökningen beror på installation av FTX-ventilation och nyinstallerade värmepumpar. Ökningen av fastighetselanvändning är lägre än minskningen av värmeanvändning så totalt minskar energianvändningen.

Förändring av energianvändning i flerbostadshus

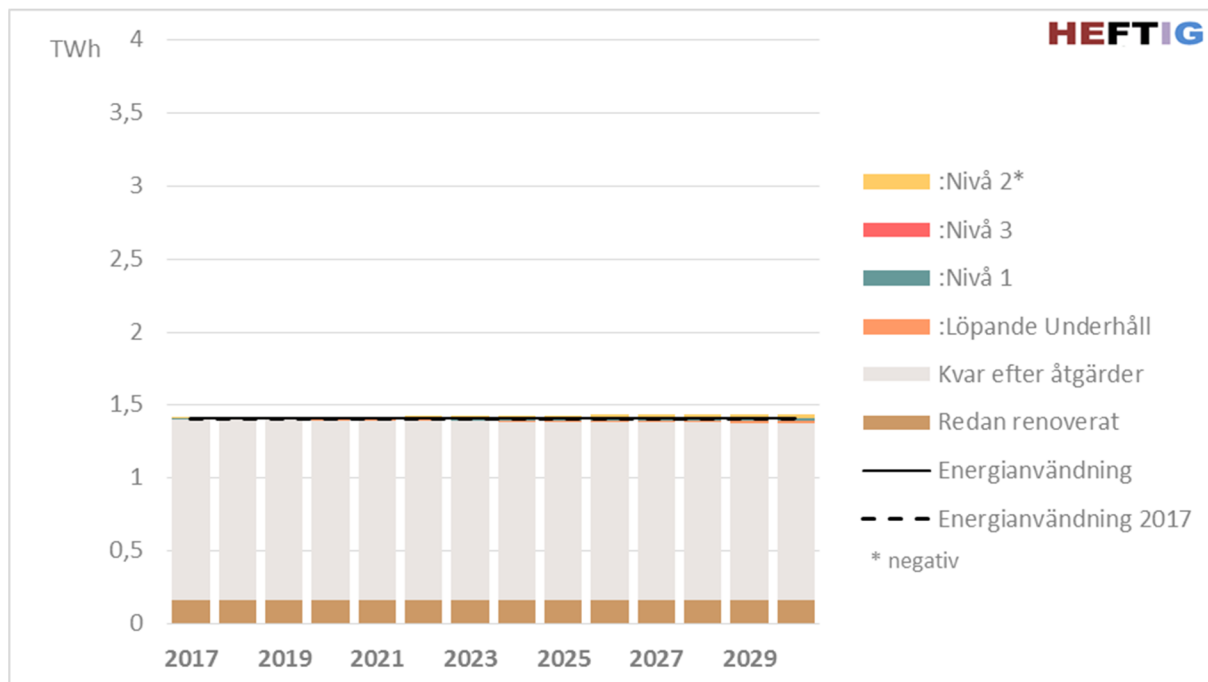
I figurerna nedan visas förändringen av elanvändning respektive värmeanvändning vid dagens renoveringstakt och nivå samt vid en ökad ambitionsnivå.



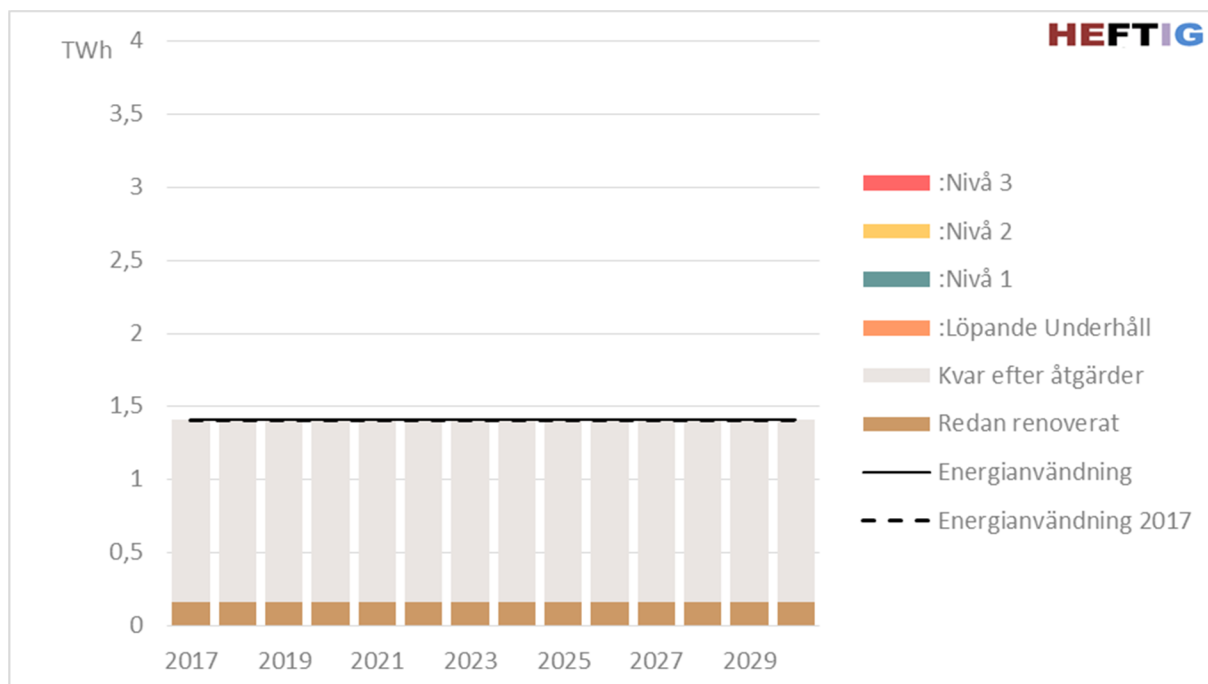
Figur B5: Förändring av värmeanvändning i befintliga flerbostadshus vid dagens renoveringstakt och nivå



Figur B6: Förändring av värmeanvändning i befintliga flerbostadshus vid dagens renoveringstakt och ökad nivå



Figur B7: Förändring av elanvändning i flerbostadshus vid dagens renoveringstakt och nivå

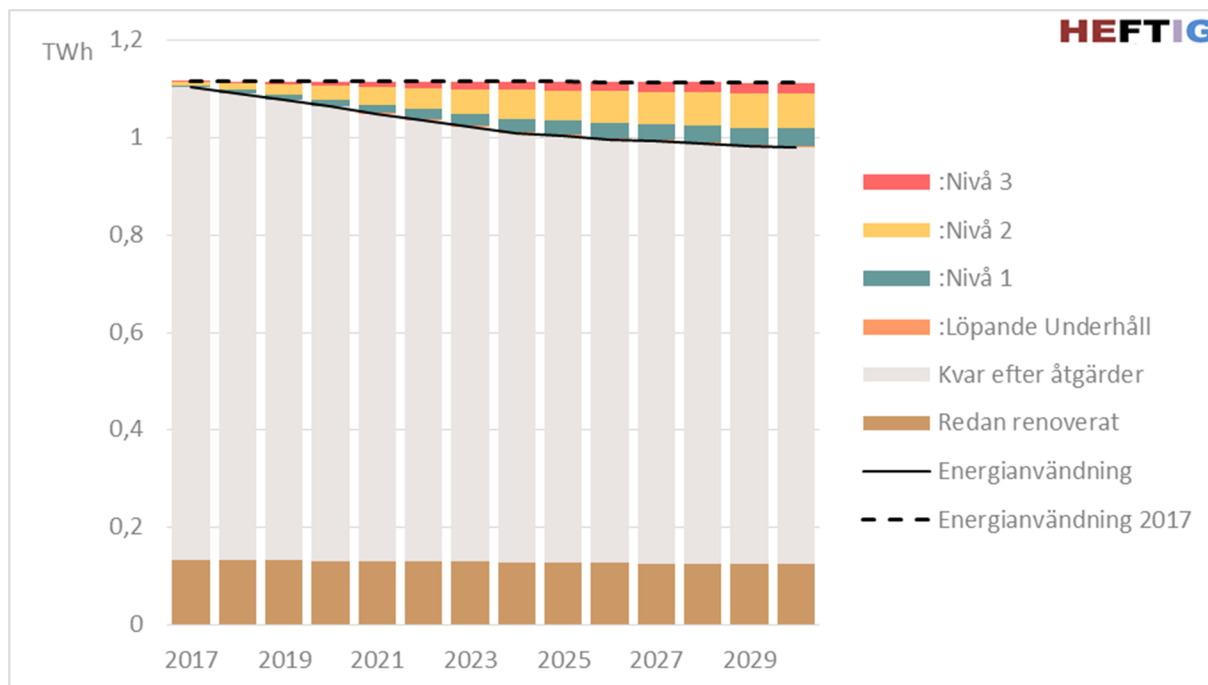


Figur B8: Förändring av elanvändning i flerbostadshus vid dagens renoveringstakt och ökad nivå

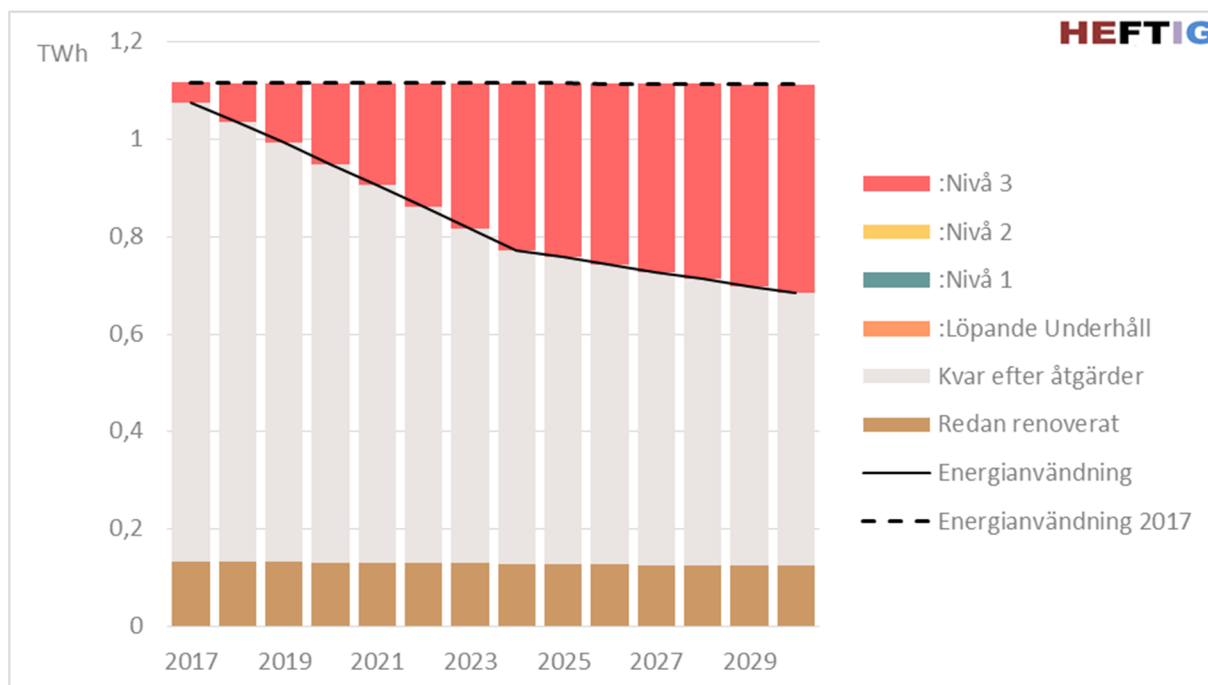
Från Figur B7: Förändring av elanvändning i flerbostadshus vid dagens renoveringstakt och nivå. Figur B7 och Figur B8 kan ses att elanvändningen är oförändrat för båda fallen. För dagens renovering tas besparingen för de som renoverar ut av den ökning för de som renoverar enligt nivå 2. För fallet med ökad ambition så tar summan av åtgärderna ut varandra vid skapandet av renoveringspaketet där belysningsåtgärder minskar elanvändningen och ventilationsåtgärder ökar. Användningen av värme minskar.

Förändring av energianvändning i skolor

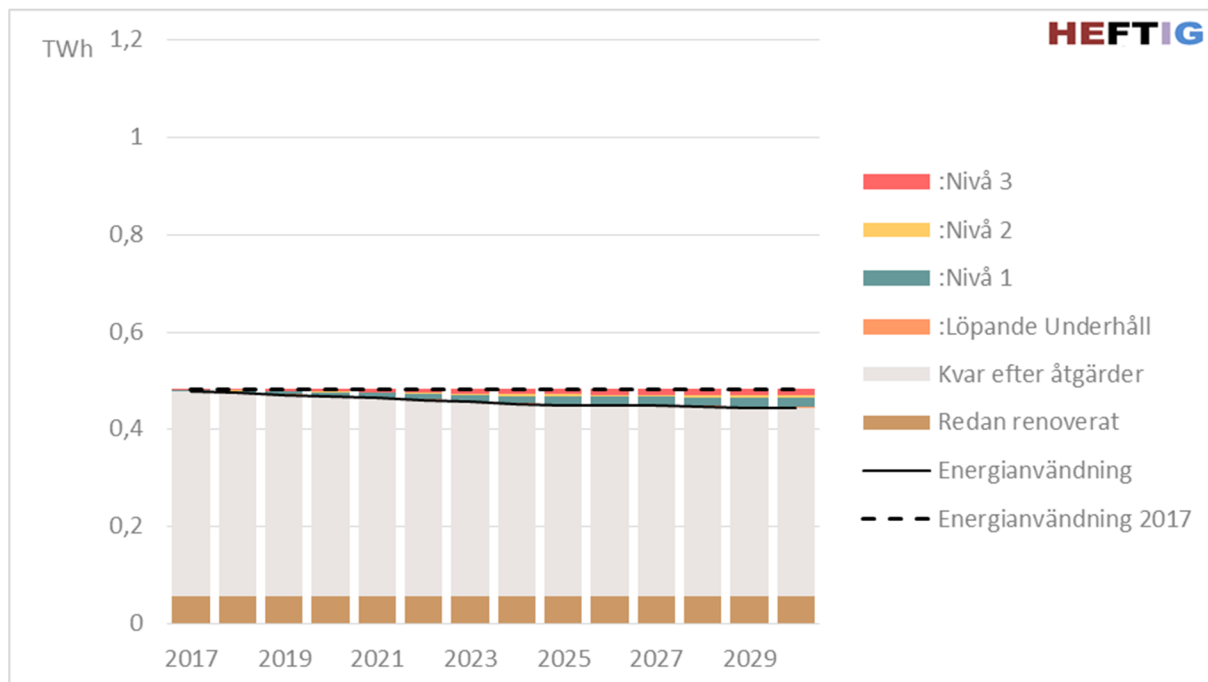
I figurerna nedan visas förändringen av elanvändning respektive värmeanvändning vid dagens renoveringstakt och nivå samt vid en ökad ambitionsnivå.



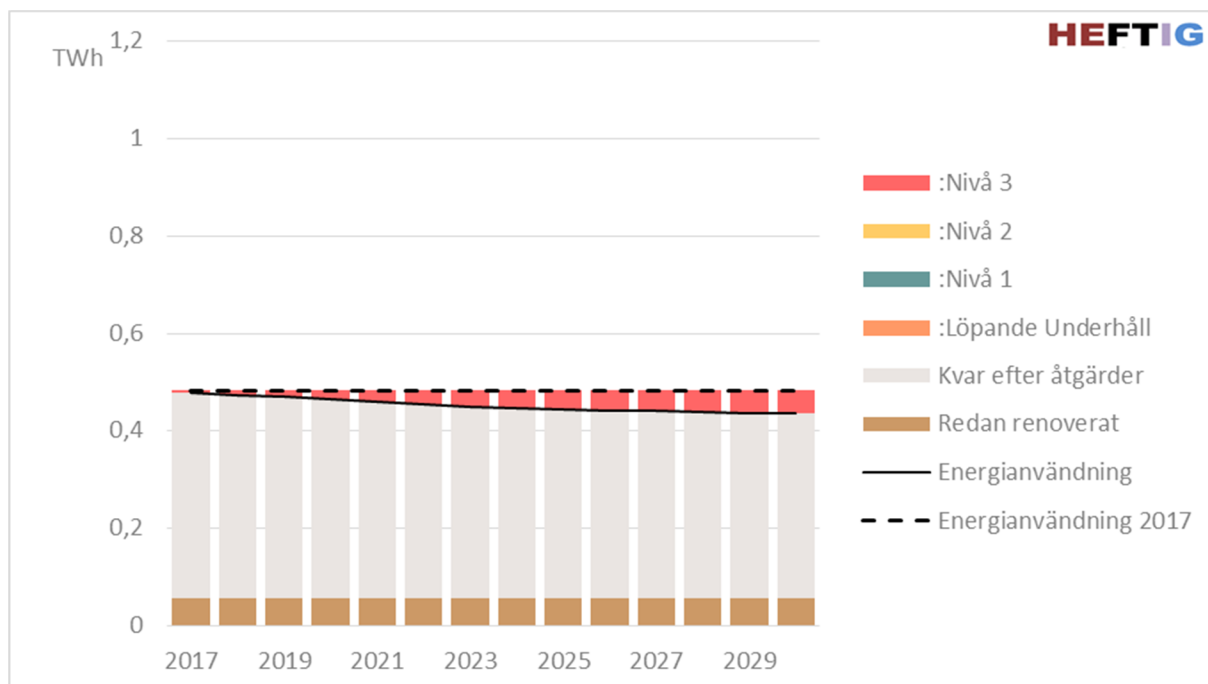
Figur B9: Förändring av värmeanvändning i befintliga skolor vid dagens renoveringstakt och nivå



Figur B10: Förändring av värmeanvändning i befintliga skolor vid dagens renoveringstakt och ökad nivå



Figur B11: Förändring av elanvändning i befintliga skolor vid dagens renoveringstakt och nivå

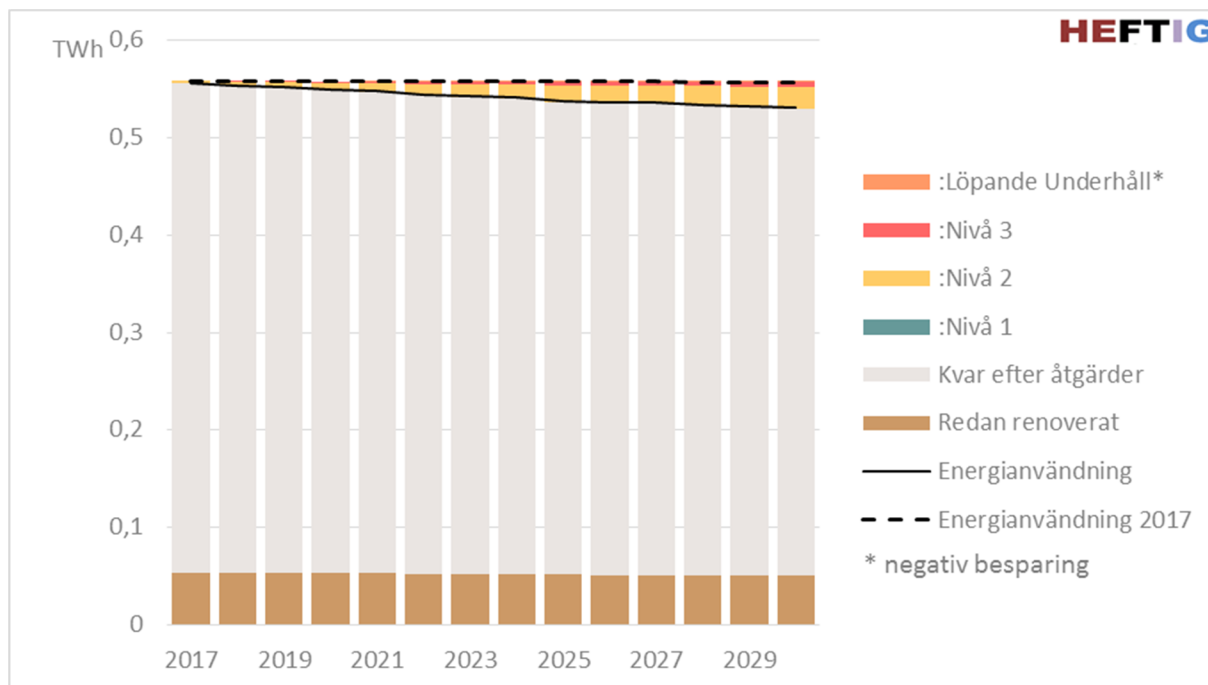


Figur B12: Förändring av elanvändning i befintliga skolor vid dagens renoveringstakt och ökad nivå

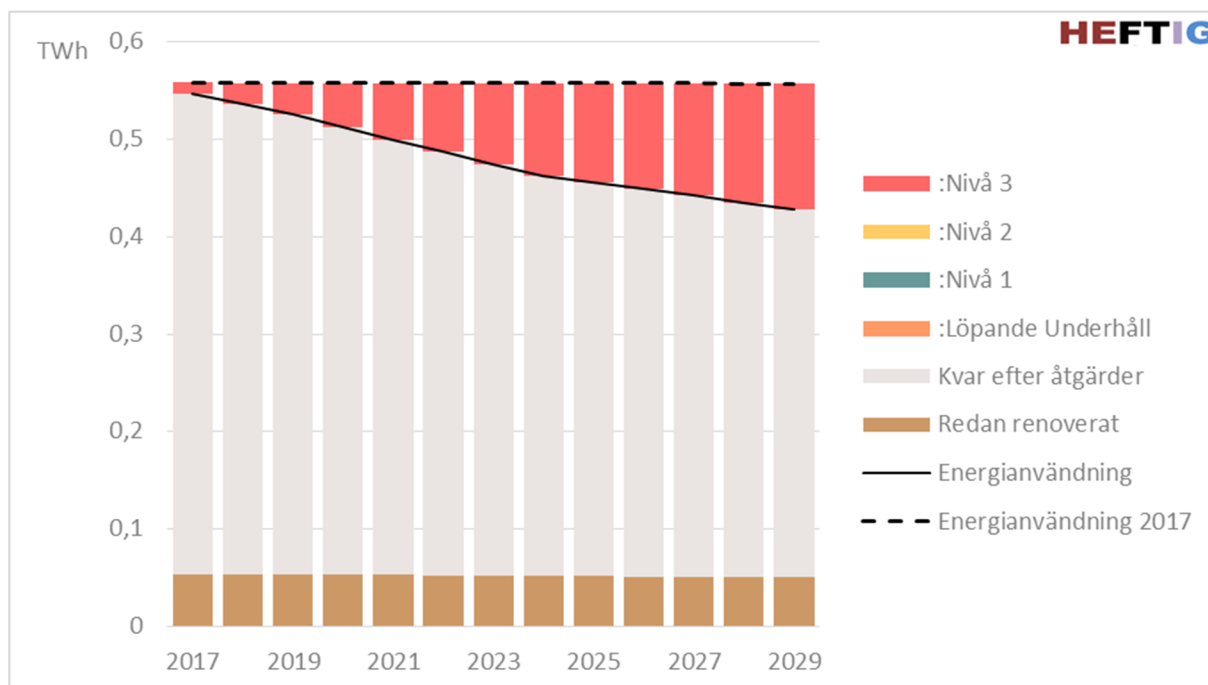
Både värmeanvändningen och elanvändningen minskar i båda renoveringsfallen.

Förändring av energianvändning i kontor

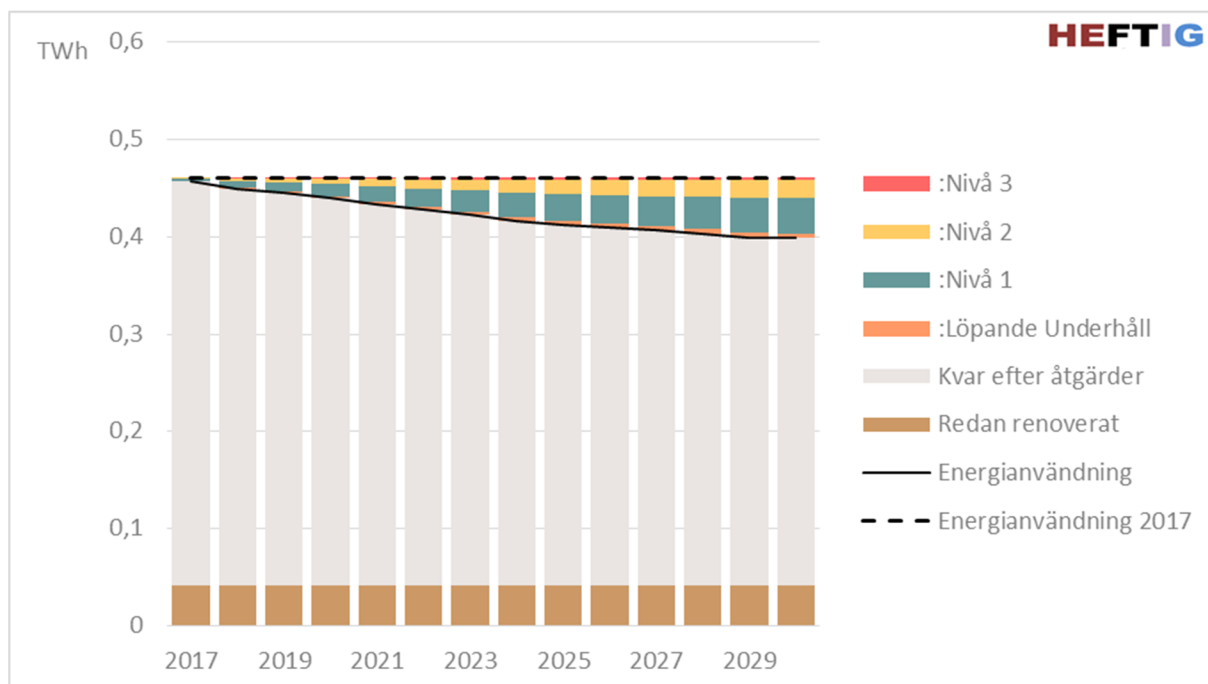
I figurerna nedan visas förändringen av elanvändning respektive värmeanvändning vid dagens renoveringstakt och nivå samt vid en ökad ambitionsnivå.



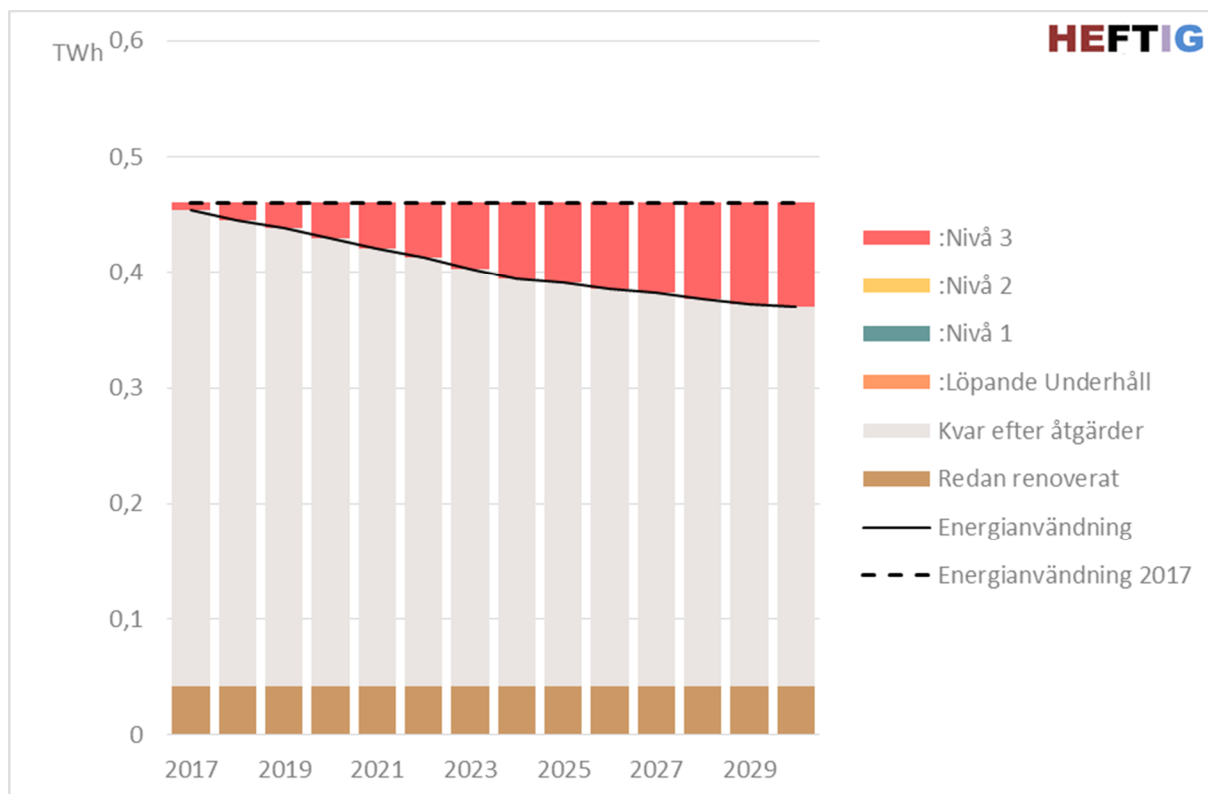
Figur B13: Förändring av värmeanvändning i befintliga kontor vid dagens renoveringstakt och nivå



Figur B14: Förändring av värmeanvändning i befintliga kontor vid dagens renoveringstakt och ökad nivå



Figur 9 Förändring av elanvändning i befintliga kontor vid dagens renoveringstakt och nivå

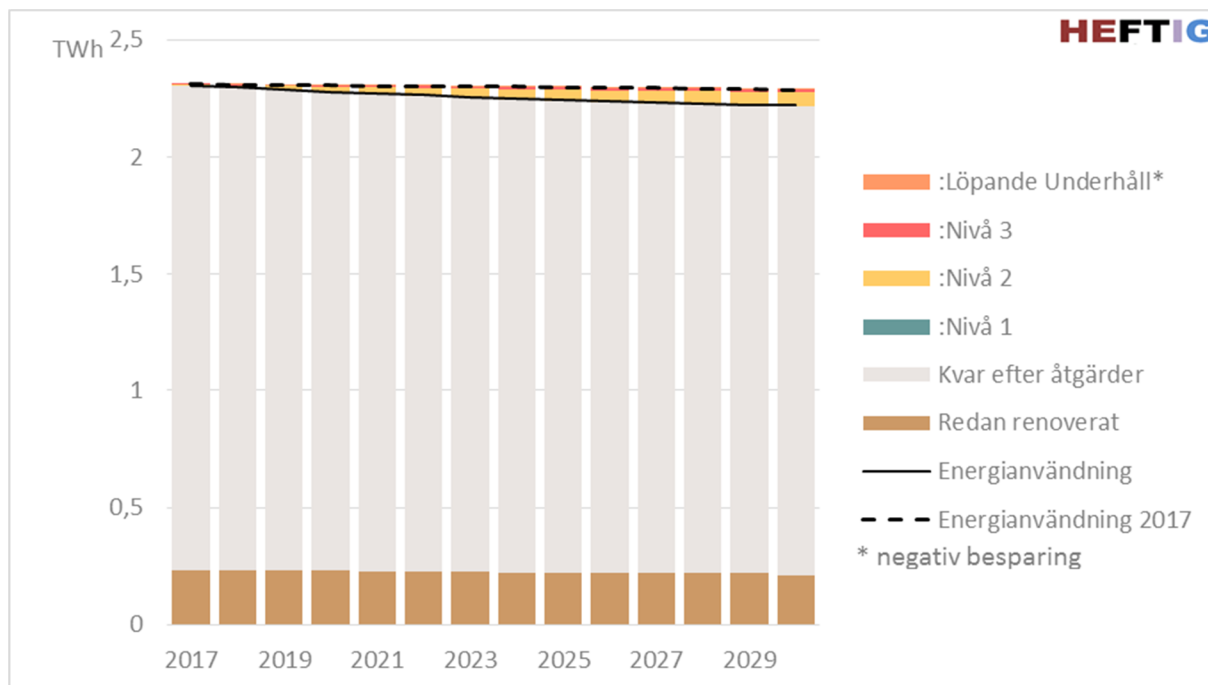


Figur 10 Förändring av elanvändning i befintliga kontor vid dagens renoveringstakt och ökad nivå

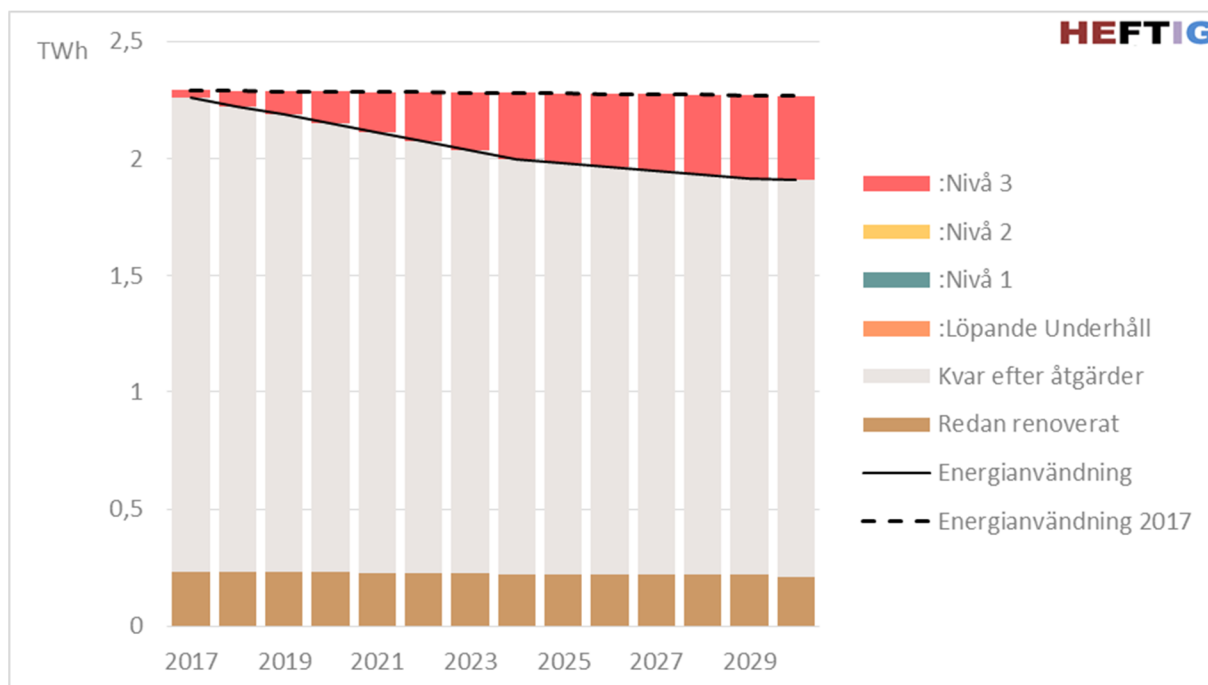
Vid renovering av kontorslokaler kommer elanvändningen minska, främst genom åtgärder på belysning och ventilation. För värmen har vi en ökning av användningen vid löpande underhåll medan en minskning vid renovering enligt nivå 2 samt 3. Vid renoveringen enligt nivå 1 blir det ingen nettobesparing.

Förändring av energianvändning i övriga lokaler

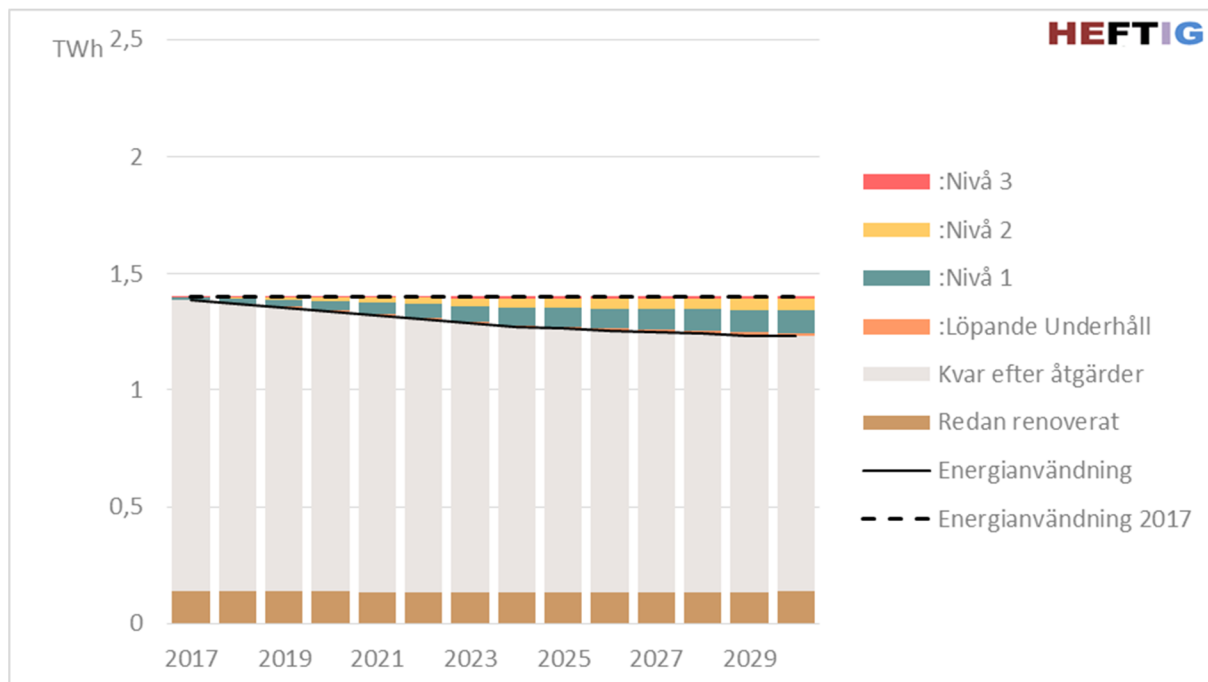
I figurerna nedan visas förändringen av elanvändning respektive värmeanvändning vid dagens renoveringstakt och nivå samt vid en ökad ambitionsnivå.



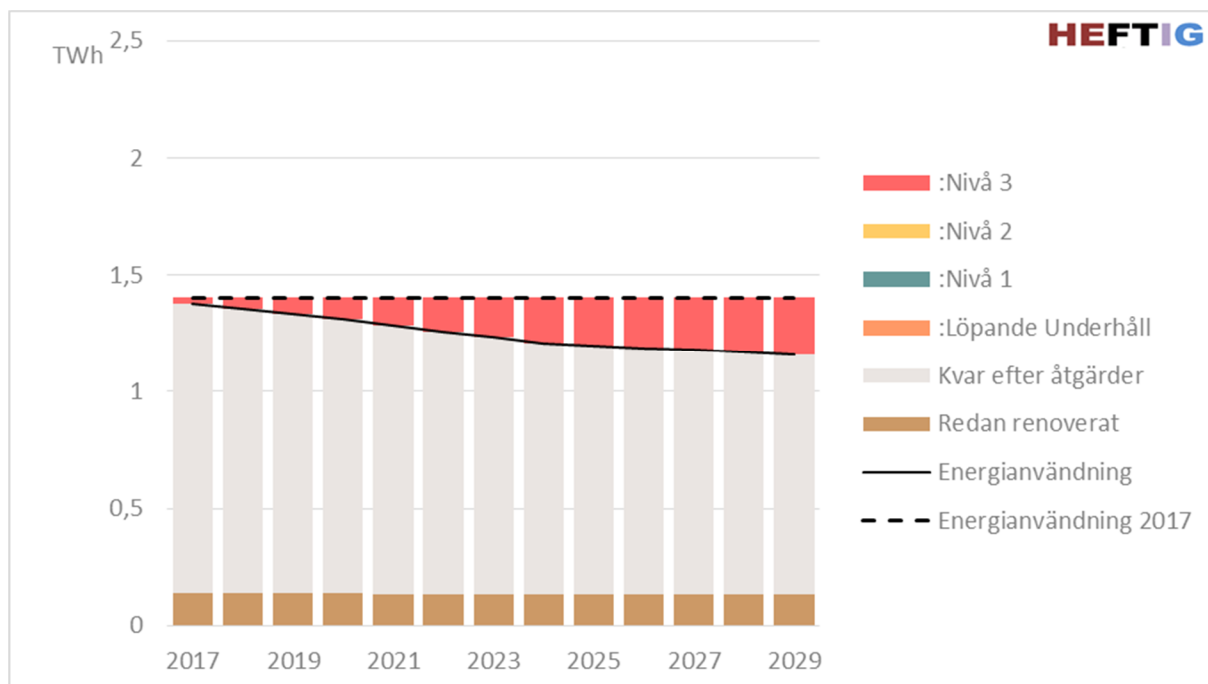
Figur 11: Förändring av värmeanvändning i övriga befintliga lokaler vid dagens renoveringstakt och nivå



Figur B18: Förändring av värmeanvändning i övriga befintliga lokaler vid dagens renoveringstakt och ökad nivå



Figur B19: Förändring av elanvändning i övriga befintliga lokaler vid dagens renoveringstakt och nivå



Figur B20: Förändring av elanvändning i övriga befintliga lokaler vid dagens renoveringstakt och ökad nivå

Vid renovering av övriga lokaler kommer elanvändningen minska. För värmen har vi en ökning av användningen vid löpande underhåll medan en minskning vid renovering enligt nivå 2 samt 3. Vid renoveringen enligt nivå 1 blir det ingen nettobesparing.