

Utvärdering av lågenergibyggnader - bilagor

Bilagor till rapporten

Utvärdering av lågenergibyggnader -
en fallstudie.

Dnr: 10150-213/2014

Bilaga 1 – Uppdragstexten

Regeringsbeslut II 1 2014-01-09 N2014/74/E

Näringsdepartementet

Uppdrag att utarbeta underlag till kontrollstation avseende nära-nollenergibyggnader

Regeringens beslut

Regeringen uppdrar åt Boverket och Statens energimyndighet (Energimyndigheten) att tillsammans utarbeta underlag till kontrollstationen avseende nära-nollenergibyggnader med utgångspunkt i regeringens skrivelse till riksdagen Vägen till nära-nollenergibyggnader

(skr. 2011/12:131) och bestämmelserna i Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU av den 19 maj 2010 om byggnaders energiprestanda (omarbetning).

Boverket och Energimyndigheten ska i enlighet med vad som anges under rubriken "Närmare om uppdraget" utvärdera befintliga och nya lågenergibyggnader, samt redogöra för hur andra nordiska länder arbetar med nära-nollenergibyggnader. Boverket och Energimyndigheten ska inhämta synpunkter från fastighetsägar- och hyresgästorganisationer, byggindustri, energileverantörer samt andra relevanta aktörer. Uppdraget ska redovisas i en gemensam rapport till Regeringskansliet (Näringsdepartementet) senast den 9 juni 2015.

Bakgrund

Enligt artikel 9 i Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU av den 19 maj 2010 om byggnaders energiprestanda (omarbetning) ska medlemsstaterna se till att alla nya byggnader senast den 31 december 2020 är nära-nollenergibyggnader, och att nya byggnader som används och ägs av offentliga myndigheter är nära-nollenergibyggnader efter den 31 december 2018. Vidare ska medlemsstaterna enligt direktivet upprätta nationella planer för att öka antalet nära-nollenergibyggnader.

Regeringen överlämnade i mars 2012 skrivelsen 2011/12:131 Vägen till nära-nollenergibyggnader till riksdagen. I skrivelsen redovisades Sveriges handlingsplan för att öka antalet nära-nollenergibyggnader, vilken bl.a. inkluderar regeringens bedömning kring svensk tillämpning av begrep-

pet nära-nollenergibyggnad. I skrivelsen gjorde regeringen bedömningen att en svensk tillämpning av begreppet nära-nollenergibyggnad bör innebära skärpta krav på energihushållning jämfört med de krav som gäller enligt dagens byggregler. Regeringen bedömde även att det då inte fanns tillräckligt underlag för att ange en kvantifierad riktlinje för hur långtgående skärpning som skulle kunna bli aktuellt, utan detta ska bedömas på ett gediget underlag baserat på bl.a. utvärdering av befintliga lågenergibyggnader, vissa demonstrationsprojekt av nya energieffektiva byggnader, ekonomiska analyser m.m. Mot bakgrund av detta konstaterade regeringen att en kontrollstation för Sveriges genomförande av direktivets krav avseende nära-nollenergibyggnader finns år 2015.

Närmare om uppdraget

Om utvärdering av lågenergibyggnader

Boverket och Energimyndigheten ska med utgångspunkt i vad regeringen uttalat i skrivelse 2011/12:131 utarbeta och därefter tillämpa en metod för att på ett enhetligt sätt följa upp och utvärdera såväl befintliga som nybyggda och renoverade lågenergibyggnader i olika delar av landet. Uppföljningen och utvärderingen ska omfatta byggprojekt som initierats i bygg- och fastighetssektorn och, så långt det är möjligt givet tidsramarna, demonstrationsprojekt som initierats inom ramen den särskilda satsning på främjandeåtgärder som regeringen aviserade i budgetpropositionen för 2013 (prop. 2012/13:1, utg.omr. 21) och beskriver närmare i budgetpropositionen för 2014 (prop. 2013/14:1, utg.omr. 21). Uppföljningen och utvärderingen ska omfatta byggnader som ägs av såväl offentliga som privata fastighetsägare.

Utvärderingen ska belysa hur olika energiprestandanivåer för olika byggnadstyper i olika delar av landet, och de tekniska lösningar som används för att nå dem, påverkar bl.a. övriga tekniska egenskaper för byggnader, byggkostnader och drifts- och underhållskostnader sett över den ekonomiska livslängden och byggnadens livscykel, olika miljöaspekter, däribland utsläpp av växthusgaser på lång sikt, samt försörjningstrygghet för energi och andra energisystemfrågor.

Om arbete med nära-nollenergibyggnader i andra nordiska länder

Myndigheterna ska redogöra för hur andra nordiska länder arbetar med nära-nollenergibyggnader. Av redogörelsen ska det framgå hur energihushållningskrav för nära-nollenergibyggnader är definierade, vilka

energiprestandanivåer som gäller för olika typer av byggnader, samt vilka främjandeåtgärder som genomförs.

På regeringens vägnar

Anna-Karin Hatt

Fredrik von Malmborg

Bilaga 2 Metod för att utvärdera befintliga lågenergibyggnader

För att svara på hur olika energiprestandanivåer ($\text{kWh/m}^2\text{A}_{\text{temp}}$) i lågenergibyggnader påverkar:

- övriga tekniska egenskaper för byggnader,
- bygg-, drifts- och underhållskostnader med hänsyn till åtgärdernas ekonomiska livslängd och byggandens livscykel,
- olika miljöaspekter, däribland utsläpp av växthusgaser på lång sikt,
- försörjningstrygghet för energi och andra energisystemfrågor

har ansatsen varit att använda en kostnads-nyttoanalys.

I en kostnads-nyttoanalys ska alla nyttor och kostnader för de olika alternativen värderas, kvantitativt eller kvalitativt. I kostnads-nyttoanalysen beräknas skillnaden mellan olika parametrar för en lågenergibyggnad och en byggnad som uppnår energihushållningskraven i BBR19¹. Byggnadernas specifika energianvändning enligt BBR är det enda skillnaden mellan byggnaderna (och de skillnader i byggnaderna som följer med olika specifik energianvändning som t.ex. isolering, täthet, FTX m.m.). Om det hade varit möjligt att värdera alla nyttor och kostnader monetärt skulle det sammanlagda värdet summeras med nettonuvärdesmetoden, se **Ekvation 1**.

¹ Boverket byggregler BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. BFS 2011:26, BBR

Ekvation 1 De parametrar som omfattas för att beräkna skillnaden i nettonuvärde mellan en lågenergibyggnad och en byggnad som uppnår energihushållningskraven i BBR19.

$$\begin{aligned}
 NPV_{låg\text{energi}} - NPV_{BBR19} &= \sum_{n=1}^N (-C_n) \\
 &+ \left(\frac{(-C_{d\&u}) + (-C_{krav}) + (-C_{miljö}) + (-C_{system})}{(1+r)^t} \right) \\
 &+ \sum_{t=1}^T \frac{R}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^T \frac{\text{\AA}}{(1+r)^t}
 \end{aligned}$$

n = antal investeringar

t = antal år

r = ränta

$-C_n$ = investeringskostnader år n

$B_x - C_x$ = skillnaden mellan nytta och kostnad för parameter x

bk = byggkostnader

$d\&u$ = drift- och underhållskostnader

energi = kostnad för byggnadens energianvändning

krav = påverkan på övriga tekniska egenskaper

miljö = utsläpp till luft

system = påverkan på energisystemet

R = restvärde i de fall den tekniska livslängden är längre än den ekonomiska livslängden

\AA = återinvesteringskostnad i de fall den tekniska livslängden är kortare än den ekonomiska livslängden

Ekvation 1 ovan omfattar parametrarna byggkostnader (omfattas i investeringskostnader C_n), drift- och underhållskostnader ($d\&u$), kostnad för byggnadens energianvändning för uppvärmning och varmvatten samt fastighetsel (energi), påverkan på övriga tekniska egenskaper (krav), utsläpp till luft (miljö) och påverkan på energisystemet (system). Även åtgärdernas restvärden och återinvesteringskostnader i de fall en åtgärds tekniska livslängd var kortare/längre än byggnadens ekonomiska livslängd ingår.

Alla förändringar beskrivs i kostnader eftersom nyttan av en förändring innebär minskade kostnader. Om nettonuvärdet i **Ekvation 1** är negativt

är nyttan större än kostnaden för att bygga en lågenergibyggnad i jämförelse med en byggnad som uppnår energihushållningskraven i BBR19. Om nettonuvärdet är positivt innebär det att det är en fördel att bygga en byggnad som uppnår BBR 19-kraven i jämförelse med en lågenergibyggnad. Utifrån beräkningsresultatet går det också att utläsa hur mycket byggnadernas livscykelkostnader skiljer sig åt.

I den här fallstudien har beräkningar endast genomförts för parametrarna byggkostnader (omfattas i investeringskostnader, Cn), drift- och underhållskostnader (d&u) och kostnad för byggnadens energianvändning (energi). Det innebär att beräkningen har mer av fastighetsekonomisk karaktär (än en samhällsekonomisk). Vid beräkningarna har även följande antaganden använts:

- Kalkylperioden är 30 år för bostadshus och 20 år för kommersiella byggnader.
- Kalkylräntan sätts till 6 respektive 4 procent².
- Kalkylen görs i fasta priser (2015 års priser)
- Energipriserna antas vara reellt oförändrade i grundalternativet och årligen öka med 2 procent i känslighetsberäkningarna.
- Klimatskalsåtgärder: Livslängd 40 år.
- FTX: Livslängd 20 år.
- eleffektiva fläktar: Livslängd 20 år

Restvärdena i kalkylerna beräknas med en linjär värdeminskning.

² I rapporten "Optimala kostnader för energieffektivisering" (Boverket Rapport 2013:2) används 6 respektive 4 procent. En högre kalkylränta leder till att framtida värden på kostnader och energibesparingar blir lägre när de nuvärdesberäknas.

Bilaga 2.1 Energiberäkningar i lågenergibyggnader

Metod

Uppmätta värden behövs

Metoden baseras på att det finns minst ett års uppmätta värden för att kunna kalibrera byggnadens energianvändning enligt definitionen i BBR 19. Uppmätta värden gör att felkällor kan reduceras och att det beräknade resultatet, för en lågenergibyggnad och motsvarande BBR19-byggnad, får en högre precision än teoretiska metoder baserade på schablonvärden.

Lågenergibyggnad jämförs med BBR19-byggnad

För att utvärdera skillnaderna mellan att bygga en lågenergibyggnad med en byggnad som uppnår energihushållningskraven i BBR19, allt annat lika, jämförs en verklig lågenergibyggnad med en teoretisk modell av sig själv med BBR19-nivå. Den teoretiska byggnaden kallas för BBR19-byggnad eftersom energianvändningen på grund av de sämre energihushållningskvalitéerna gör att energianvändningen exakt överensstämmer med kravnivån i Boverkets Byggregler, BBR 19. Den teoretiska BBR19-byggnaden och lågenergibyggnaden är lika, med undantag för att BBR19-byggnaden har sämre energihushållningskvaliteter. Det kan innebära att isoleringen är tunnare, fönster har högre U-värde, värmeåtervinning eller värmepump har sämre verkningsgrad m.m. Det sammanlagda resultatet av de försämrade energihushållningskvaliteterna gör att de teoretiska byggnadernas energianvändning är högre än den verkliga lågenergibyggnaden.

För att ta reda på hur mycket en lågenergibyggnad måste försämrats för att bli en BBR 19-byggnad måste ett omfattande simulerings- och beräkningsarbete genomföras. Flera olika åtgärder, för att se hur mycket lågenergibyggnaden måste försämrats, behöver testas för att byggnaden ska få energiprestanda som överensstämmer med BBR19-kravet. Till exempelvis kan man prova att minska isoleringstjockleken i väggarna för att se om detta är tillräckligt för att nå BBR19-nivån.

Åtgärdens nuvärde

Alla olika åtgärder testas (teoretiskt i energibalansberäkningar) för att det ska vara möjligt att avgöra vilket nuvärde åtgärden har. De möjliga åtgärderna kan därefter rangordnas så att den med högst nuvärde kan

plockas bort först, därefter görs en ny energiberäkning och den åtgärden med näst högsta nuvärde plockas bort och så vidare till byggnaden motsvarar kravnivån i BBR19.

Beräkningskapacitet och beräkningsnoggrannhet

Metoden innebär att ett stort antal energibalansberäkningar (ofta kallat "energiiberäkningar") måste genomföras.

Som indata till energiberäkningar behövs till exempel klimatskalsdelarnas uppbyggnad och delareor, klimatskalets omslutningsarea A_{om} , uppvärmd area A_{temp} , uppgifter om de installationstekniska systemen, uppgifter om användare/brukande och data för till exempel inomhustemperatur, luftomsättning, klimatskalets lufttäthet, geografiskt läge för klimatdata, BBR19-krav beroende av uppvärmningssätt etc.

Beräkningsnoggrannheten måste vara god eftersom en avvikelse får stor betydelse för beräkningsresultatet. En högsta avvikelse, av beräknad energiprestanda enligt BBR19, får vara ± 10 procent jämfört med normalårskorrigerad uppmätt energianvändning för den aktuella byggnaden. Normalt innebär detta att en beräkningsmodell med 1 timmas tidsupplösning eller kortare tidsintervall, måste väljas. En timmas upplösning väljs i första hand då det överensstämmer med de klimatfiler som erhålls från SMHI. Beräkningsnoggrannheten ska visas genom validering mot de referensbyggnader som Boverket och Energimyndigheten redovisar i sin gemensamma rapport 2013:2 (Regeringsuppdrag N2012/2823/E Slutrapport, "Optimala kostnader för energi effektivisering").

Det valda systemet ska förutom energibalansberäkning kunna beräkna U-medel enligt BBR19 och måste därmed kunna beräkna sammansatta konstruktioner, exempelvis väggar med reglar, som ett medelvärde av U-värdes och lambdavärdesmetoden. U-värde med hänsyn till markens värmemotstånd vid platta på mark ska kunna beräknas enligt SS EN-ISO 13370:2007 samt ska hänsyn tas till köldbryggor enligt BBR avsnitt 9:12. Solenergitillskott genom fönster och eventuellt kylbehov av byggnaden ska kunna beräknas och redovisas med den typ av fönster och fönsterorienteringar/lutningar som gäller för respektive byggnad och soldatafil från SMHI. Programmet ska kunna hantera indata för valfri värmepump där data för denna ska kunna anges för minst 5 olika driftsituationer som representerar olika tidpunkter på året där avgiven effekt och värmefaktor är typiska. Detta gäller särskilt egenskaperna vid DVUT alternativt

värmepumpens lägsta användbara utetemperatur som är högre än DVUT då detta påverkar byggnadens effektbehov. DVUT ska bestämmas för att ingå som parameter vid beräkning av byggnadens effektbehov så att uppvärmningssättet och kravet på specifik energianvändning enligt BBR19, kan fastställas.

Energibalansberäkningen ska kunna kalibreras så att överensstämmelse med uppmätt normalårskorrigerad energiprestanda uppnås. Kalibrering görs efter det att uppmätta värden för t.ex. innetemperatur, ventilationsflöde, tappvarmvatten, hushålls- respektive verksamhetsenergi lagts in som indata i programmet. I de fall uppmätta värden saknas används schablonvärden enligt Sveby, i första hand.

Strukturerad informationshantering behövs

Indata och beräknat resultat per byggnad och beräkningsalternativ ska levereras på så sätt att det är möjligt att använda och tillgängligt som information och som underlag för ytterligare beräkningar, för behöriga användare.

Energiberäkningsmetod steg för steg

- Förteckna uppmätta parametrar som byggnadens: areor, energianvändning per uppvärmningssätt, energiprestanda, fastighetsenergi, hushållsenergi, verksamhetsenergi, kylenergi, klimatskalsdelar, innetemperatur, ventilationsflöden, antal personer, och andra uppmätta data och förutsättningar som påverkat energianvändningen under mätåret.
- Normalårskorrigera uppmätt specifik energianvändning.
- Gör en energibalansberäkning där uppmätta parametrar enligt ovan används som indata.
- Kalibrera beräkningen så att beräknad energiprestanda överensstämmer med normalårskorrigerad, uppmätt energiprestanda. De icke direkt mätbara förlusternas (transmission, infiltration, distribution, regler, vädring) effektbehov ökas eller minskas proportionellt genom att temperaturförutsättningarna för dessa justeras något så att normalårskorrigerad, uppmätt energiprestanda uppnås i beräkningsresultatet.
- Rangordna tänkbara åtgärder
Prova en åtgärd som försämrar husets energikvalitéer. Exempelvis en

åtgärd som ökar U-medel som resultat av en minskning av mineralisoler i ytterväggar. Beräkna ny energiprestanda.

Prova ytterligare tänkbara åtgärder på samma sätt.

Förteckna och rangordna åtgärderna i en lista där den med högst nuvärde kommer först.

- Slutlig beräkning genom att addera åtgärder
Beräkna byggnadens energiprestanda genom att ta bort energispar-kvalitéer med början med den som finns först på den rangordnade listan. Gör energibalansberäkning. Förteckna åtgärd och beräknad energianvändning för el, fjärrvärme eller annat uppvärmningssätt. Ange differens i förhållande till ursprunglig lågenergibyggnad. Fortsätt med nästa åtgärd på listan till den beräknade energiprestandan överensstämmer med kravnivån i BBR19.
Notera att U-medelkravet för bostad respektive lokal inte får överskridas. Detta gäller även effektkravet i eluppvärmd byggnad.
- Andra egenskaper
Undersökningen av byggnaderna i den här fallstudien omfattar även att belysa om det finns brister i att uppfylla övriga egenskapskrav i BBR19. Sådana brister som beror på att lågenergibyggnaden försämrats i förhållande till BBR-huset ska noteras och värderas. Om sådan brist finns och är kopplad till en åtgärd enligt ovan ska den beräknade årliga kostnaden för bristen redovisas tillsammans med åtgärden.

Bilaga 2.2 Metod för beräkning av hur olika energiprestandanivåer påverkar bygg-, drift- och underhållskostnader

Avsnittet beskriver metoden som använts för att analysera variablerna drift- och underhållskostnader (d&u) och kostnad för byggnadernas energianvändning (energi), för mer information se Ekvation1.

För att ta fram skillnaden i bygg-, och drift- och underhållskostnader mellan en lågenergibyggnad och en BBR19-byggnad har utgångspunkten varit en lågenergibyggnad som görs om till en teoretisk BBR19-byggnad. Beräkningarna omfattar endast skillnaden i energianvändning och investering för energieffektiviseringsåtgärd.

Kostnader och rangordning av energieffektiviseringsåtgärder i lågenergibyggnaderna

För att få reda på vilka åtgärder som bör genomföras och i vilken ordning de bör genomföras för att en lågenergibyggnad ska bli en teoretisk BBR19-byggnad har utgångspunkten varit åtgärdernas nuvärdeskostnad. Åtgärdens nuvärdeskostnad omfattar åtgärdens kostnad med hänsyn tagen till dess ekonomiska livslängd och diskonteringsränta. Genom att jämföra olika investeringars nuvärde går det att bedöma vilken åtgärd som kostar minst/mest att genomföra.

I andra sammanhang, när en bedömning av vilken/vilka energieffektiverande åtgärd/åtgärder som ska genomföras, baseras åtgärdsordningen på deras kvot mellan kostnad och energieffektivisering, kr/kWh. Den billigaste åtgärden, den med lägst kvot i kr/kWh genomförs först. När utgångspunkten är en lågenergibyggnad till en BBR19-byggnad (innebär det tvärtom i jämförelse med det "vanliga" fallet) är det den minst kostnadseffektiva åtgärden som tas bort först.

Istället för att åtgärdsordningen baseras på kvoten åtgärdens kostnad och effektivisering baseras den på åtgärdens nuvärdeskostnad. Det beror på att det har varit svårt att beräkna åtgärdskostnaden på ett sätt som tar hänsyn till att det kan behöva göras fler investeringar än att t.ex. endast byta till mindre energieffektiva fönster, och att investeringarna kan ha olika livslängd.

Genomförande

Energibalansberäkningar enligt beskrivning i bilaga 2.1 Energiberäkningar i lågenergibyggnader har även använts för att ta fram skillnaden i bygg-, och drift- och underhållskostnader mellan en exempelbyggnad som är 50 procent bättre än BBR19-byggnaden.

Det som skiljer framtagandet av energieffektiviseringsåtgärder åt mellan lågenergibyggnader och exempelbyggnaderna är på vilka premisser åtgärderna har valts.

I den här fallstudien har det varit omöjligt att hinna få uppmätta värden under ett år och istället har befintliga mätvärden för lågenergibyggnaderna använts. Det innebär att det slutliga resultatet som kommer att redovisas under år 2016 kan skilja sig från den här fallstudiens preliminära beräkningsresultat.

I den här fallstudien har beräkningar av kostnader för energieffektiviseringsåtgärder gjorts för åtgärds paket, istället för att redovisa per åtgärd som var ambitionen från början.

Kostnader och rangordning av energieffektiviseringsåtgärder i exempelbyggnader

På grund av tidsbrist användes en omvänd metod för att ta fram energieffektiviseringsåtgärder i exempelbyggnaderna.

Utgångspunkten var att utgå från en exempelbyggnad som uppfyller BBR19 och därefter genomföra energiberäkningar på så sätt att en lågenergibyggnad med 25 procent bättre energiprestanda och en lågenergibyggnad med 50 procent bättre energiprestanda togs fram. För att få fram vilka åtgärder som skulle genomföras användes ett energisimuleringsprogram.. Beräkningarna genomfördes av experter på området, som bedömde vilka åtgärder som skulle genomföras för att få fram önskat resultat. Därefter togs åtgärdernas kostnader fram. Även i de här beräkningarna har paket av åtgärder beräknats utan att redovisa beräkningar för enskilda åtgärder.

Bilaga 2.3 - Metod för utvärdering av skillnad i påverkan på inomhusmiljö och på övriga tekniska egenskaper

Denna bilaga beskriver påverkan på övriga tekniska egenskaper i ekvation 1.

I uppdraget står det att utredningen ska beskriva hur övriga tekniska egenskaper påverkas i lågenergibyggnader. Enligt byggreglerna ska alla tekniska egenskaper vara uppfyllda i den färdiga byggnaden. Det vill säga när energi effektivisering görs så ska det ske med beaktande av att övriga tekniska egenskaper fortfarande uppfylls.

I de fall en egenskap inte uppfyller Boverkets byggregler behöver byggnaden justeras så att denna uppnår BBR krav med den alternativa lösningen. Detta kan innebära ökad energi eller tillkommande kostnader för alternativa lösningar för att uppnå rätt kvalitet. Ambitionen i denna utredning var att redovisa denna justering i en tabell 2.3.1 enligt nedan.

Tabell 2.3.1

	Problem	Lösning	Kostnadsuppskattning
Dagsljus	Otillräckligt ljusinsläpp/ för små fönster	Öka fönsterarea och kompensera någon annanstans i klimatskärmen	X
Osv			Y
Summa			X+Y

För att ta reda på hur inomhusmiljö och övriga tekniska egenskaper påverkas i byggnader med olika energiprestanda har en enkätstudie genomförts.

Resultaten från enkäterna kan ge indikationer på vilka tekniska egenskaper som påverkas positivt eller negativt av lågenergibyggnader. Genom att sätta dessa indikationer i relation till byggnadens utformning, dess installationssystem samt teknisk mätdata är det möjligt att fastställa vilka tekniska egenskaper som särskilt behöver beaktas.

Nedan följer en kort beskrivning av de tekniska egenskaperna i BBR samt resultat från enkätundersökningen, för mer information se bilagor³.

- Säkerhet vid brand/Brandskydd
- Hygien, hälsa och miljö
 - o Luftkvalitet
 - o Dagsljus
 - o Termisk komfort
 - o Fuktsäkerhet
- Bullerskydd/Ljud
- Energihushållning och värmeisolering

³ Se rapporten "Kvalitativ utvärdering av inomhusmiljön i lågenergibyggnader: enkätundersökning i bostäder och lokaler", 2015, SP samt rapporten "Inomhusmiljön i lågenergibyggnader – en enkätstudie ingående i energiprojektet "Kontrollstation"", Miljömedicin MM konsult AB, 2015.

Säkerhet vid brand

Olika material har olika brandegenskaper och detta kan ge begränsning i möjligheten att använda dem.

En förutsättning för lågenergibyggnader är att tätheten är god så att inte läckage kan ge oönskat hög energianvändning. Täta hus kan ge effekter på rökgaser i eldade anläggningar när ventilationen forceras i annan del av byggnaden t.ex. badrums- eller köksfläkt med inrykning som följd. Byggnadens ventilationssystem behöver dimensioneras så att tillräcklig mängd uteluft kan komma in i byggnaden utan att rök dras in i utrymmet.

Forcering av ventilationen kan också få till följd att utrymning kan försvåras.

- Stora övertryck uppmättes i några av byggnaderna med utrymningsproblem som följd.

Hygien, hälsa och miljö

I avsnittet om hygien, hälsa och miljö finns flera olika aspekter som kan påverkas.

I inledningen av avsnittet står det att byggnaden ska byggas så att inte olägenhet för människors hälsa uppstår. Materialval är viktigt så att inte onödiga kemiska emissioner uppstår och att de emissioner som ändå uppstår inte påverkar människans hälsa i oacceptabel utsträckning.

Luftkvaliteten med ett minsta tillåtna uteluftsflöde behöver dimensioneras så att den energi som åtgår blir effektivt använd. Vintertid ger ökad mängd luft upphov till ökad energianvändning då den byts ut mot kall uteluft och minskad mängd uteluft ger upphov till oacceptabel luftkvalitet. Sommartid kan ökat luftflöde bidra till att minska effekterna av övertemperaturer.

- Luktproblem relaterade till roterande värmeväxlare respektive kortslutning mellan avluft/ luftintag upplevdes i några byggnader.
- I några av byggnaderna rapporterades inrykning från eldstaden vid forcering av ventilationen. Detta kan ge luftkvalitetsproblem
- Vid mätning i de luftvärmade byggnaderna konstaterades att omblandningen av rumsluften inte blev rätt på grund av att donen inte var rätt dimensionerade/injusterade.

Ljusavsnittet handlar om att kunna få in tillräcklig mängd direkt dagsljus. Skulle kombinationen av fönsterarea och ljusgenomsläpplighet vara för låg så behöver dessa justeras så att ljusinsläppet blir tillräckligt. Om detta ger upphov till minskad energieffektivitet måste denna lösas på annat sätt, antingen genom att använda energieffektivare fönster eller genom att kompensera med mer isolering någon annanstans. Byggnadens utformning spelar stor roll i sammanhanget och det kan också bli kollisioner mellan kraven på solavskärmning för att minska värmelasterna sommartid och kravet på ljusinsläpp. Enligt Ljusavsnittet ska även direkt solljus kunna komma in genom något fönster i lägenheten.

- I några fall har problem med dagsljus iakttagits. Både för "lite" och för "mycket" ljus har konstaterats. Beräkningar av dagsljus- och solvärmelasttal visar att inga av de undersökta bostäderna uppnår angivna nivåer enligt det allmänna rådet i BBR 19.

Krav på att **termisk komfort** ska kunna uppnås i vistelsezonen i byggnaden och i övriga utrymmen ska för användningen lämpligt termiskt klimat kunna anordnas. Detta avsnitt säger dock inget om vilken temperatur som ska upprätthållas då dessa krav får sökas i Folkhälsomyndighetens respektive Arbetsmiljöverkets föreskrifter för bostäder respektive lokaler.

- Upplevelsen av termiska komforten i flerbostadshusen var i genomsnitt för låg på vintern. Och i några av dem för hög sommartid vilket resulterade i behov av vädring. Vädring förekom också i vårdboende och förskolorna. I kontoren, där det för övrigt inte alltid var möjligt att vädra, så var man nöjda med komforten och tyckte att kylan fungerade väl.

Enligt **fuktavsnittet** i byggreglerna att, får inte den aktuella fukthalten i byggnaden och konstruktionen, överstiga den kritiska fukthalten under för lång tid. Tjockare konstruktioner gör det svårare för transport av inträngande fukt.

- Fukt är en egenskap som behöver längre tid för att följas upp, därför finns inget resultat i denna rapport. än.
- En stor del av de boende i flerbostadshusen har noterat betydande kondens på insidan av fönstren. Detta kan tyda på antingen förhöjd fukthalt inomhus, djupa dåligt ventilerade fönsternischer alternativt,

vilket är mindre troligt i lågenergibyggnader, högt U-värde på fönstren.

Bullerskydd

Buller uppstår genom energiförluster någonstans genom att lufttrycket utsätts för förändringar. När det gäller installationer så gäller det att dimensionera och montera dessa på rätt sätt så att inte störande ljud/buller ska uppstå. Fläktar och värmepumpar har rörliga delar som genererar ljud som kan fortplanta sig i byggnaden om de inte dimensioneras, installeras och sköts på rätt sätt. Även kanaliseringen från dessa installationer samt inkommande el- och fjärrvärmeledningar kan ge upphov till störande ljud. Fel utformade installationer kan ge upphov till onödiga energiförluster som dessutom övergår till att bli störande ljud.

- I förskolor och äldreboende fanns det klagomål på FTX anläggningens ljudnivå. Orsaken kanske kan härledas till annan upphandlingsform i dessa jämfört med kontorsbyggnaderna
- I något fall upplevdes att ljudstörningar kom utifrån.

För att kunna jämföra en lågenergibyggnad måste vi finna ut vilka kvaliteter som är bättre eller sämre i den aktuella byggnaden än en byggnad som precis uppfyller BBR och vad det "kostar" att "rätta till" dessa.

Vanliga byggprojekt kanske inte heller uppfyller BBR, vilket gör det särskilt viktigt att kontrollera vilka parametrar som skiljer sig från BBR.

Totalt besvarades enkätstudien av boende/arbetande i 27 byggnader (10 flerbostadshus, 7 småhus och 10 lokaler, varav 4 är kontor, 3 förskolor och 3 vårdboenden). En del av dessa byggnader följs än så länge enbart upp med enkäter, utan inventering eller teknisk mätning. Dessa bidrar ändå till att bygga upp kunskapen kring hur lågenergibyggande påverkar andra tekniska egenskaper. Urvalet av byggnader beskrivs i avsnitt 2.1.1 och varje byggnad utgör i sig en fallstudie.

Som utgångspunkt för enkätstudien har BETSI-enkäten (Boverket, 2009) till bostäder och MM-enkäten (Andersson, 2015) till lokaler använts. Till båda enkäterna finns omfattande referensmaterial. För att fylla studiens syfte kompletterades enkäterna med tilläggsfrågor gällande inomhusmiljö och energirelaterade vanor. Visst ytterligare referensmaterial från Stockholmsenkäten har då blivit aktuellt att jämföra med. De tekniska

egenskaper som följdes upp med enkäten var luftkvalitet, ljusmiljö, termisk komfort, fukt, brandskydd och energihushållning.

Grundläggande frågor om byggnadens utformning har dessutom dokumenterats vid inventeringar och har därför i jämförelse med referensmaterialet tagits bort från enkäterna för att inte tynga denna med onödigt många frågor.

Totalt användes åtta olika enkäter i studien:

- Tre olika personenkäter till vuxna, ungdomar och barn i bostäder, innehållande frågor kring hälsa och upplevd inomhusmiljö.
- Två bostadsenkäter till småhus respektive lägenheter, innehållande frågor kring bostadens utformning, utrustning och energirelaterade vanor.
- Tre personenkäter till anställda vid kontor, förskolor och vårdboenden, innehållande frågor kring hälsa, upplevd inomhusmiljö och energirelaterade vanor.

I småhus, förskolor och vårdboenden mottog samtliga hushållsmedlemmar/personal var sin personenkät. I flerbostadshus och kontor gjordes ett slumpmässigt urval, med viss styrning för att uppnå en jämn spridning mellan olika våningsplan i byggnaden. Hälften av de boende i lägenheterna respektive kontorspersonalen mottog personenkäter. Förutom personenkäterna sändes även en bostadsenkät per hushåll i varje småhus och lägenhet.

Generellt kan vi konstatera att respektive byggnad blir en undersökningsenhet och resultatet som framkommer bara kan användas som ett instrument för att se om just den byggnaden skulle dra på sig extra kostnader/energianvändning för att upprätthålla BBR kraven.

Utvärderingen är en fallstudie där mätningar, resultat och analyser baseras på de utvalda byggnaderna och därför är det inte möjligt att dra generella slutsatser om lågenergibyggnader. De utpekade parametrarna kräver viss försiktighet vid projektering och utformning av lågenergibyggnader. Vissa människor är mer känsliga än andra (allergiker, astmatiker etc.). På grund av det begränsade underlaget i den här studien är det inte möjligt att dra några slutsatser gällande hur dessa extra känsliga personer upplever lågenergibyggnader. Det kan vara så att personer i denna grupp är under eller överrepresenterade i underlaget.

Bilaga 2.4 – Metod för bedömning av olika miljöaspekter

Denna bilaga beskriver variabeln miljö, utsläpp till luft i ekvation 1.

Syftet med beräkningarna är att analysera och jämföra miljöpåverkan vid byggande av byggnader som byggs enligt energihushållningskraven i BBR19 och byggande av lågenergibyggnader med bättre energiprestanda än BBR-kraven.

Grundläggande förutsättningar

Metoden bygger på att det finns minst ett års uppmätta värden för byggnadens energianvändning. Att en energibalansberäkning finns och att den är kalibrerad med uppmätta värden samt att byggnaden skalats av energibesparande åtgärder till en fiktiv BBR19-nivå enligt metod för energiberäkningar.

Lågenergibyggnader jämförs med BBR19-hus på två sätt

Givet de grundläggande förutsättningarna sker bedömning av olika miljöaspekter för byggnader med olika energiprestanda på två sätt. Byggnadens klimatprestanda för både den verkliga lågenergibyggnaden och den teoretiska BBR19-versionen bestäms och byggnadens miljöåterbetalningstid beräknas.

Klimatprestanda för både lågenergi- och BBR19-version av byggnaden bestäms genom att total klimatpåverkan för byggnadens livscykel "från vaggan till graven" analyseras. Livscykelanalysen synliggör byggnadens klimatpåverkan för olika skeden under livscykeln, bland annat byggskede och driftskede. För beräkningarna har en livscykel på 50 år analyserats. Skillnaden i klimatpåverkan mellan den befintliga lågenergibyggnaden och den fiktiva BBR19-versionen redovisas för byggnadens olika livscykelskeden.

De två byggnader som valts ut är ett flerbostadshus med betongstomme samt ett småhus med lätt konstruktion och platta på mark. Beräkningsunderlaget för småhusets BBR 19-version är inte identiskt med underlag för beräkning av byggkostnader, på grund av olika input av data. Diskrepansen är marginell och har inte någon avgörande betydelse på resultatet för byggnadens klimatpåverkan. Detta underlag kommer att uppdateras i kommande rapportering. LCA kommer utföras även för ett flerbostadshus med trästomme och tas med i nästa års kompletterande rapportering.

Miljöåterbetalningstid har beräknats för att synliggöra hur skillnaden i klimatpåverkan vid byggande/produktion förhåller sig till skillnaden i klimatpåverkan under byggnadens livslängd, (i huvudsak klimatutsläpp från energianvändning under driftfasen). Miljöåterbetalningstiden anger ett mått som liknar ekonomisk pay-off, men i uttrycks i CO₂e. I beräkningarna identifieras den klimatpåverkan som åtgärderna medför för byggnaden i produkt- och byggskedet. Denna klimatpåverkan jämförs sedan med klimatpåverkan under byggnadens livstid som åtgärden medför.

För de befintliga lågenergibyggnaderna har miljöåterbetalningstiden beräknats som skillnaden mellan lågenergibyggnaden och den teoretiska BBR19-byggnaden.

För exempelbyggnaderna beräknas två miljöåterbetalningstider en för jämförelse mellan BBR19-versionen och 25 procent bättre än BBR19 och en jämförelse mellan BBR19-versionen och 50 procent bättre än BBR19.

Beskrivning av använd LCA-metodik

För bedömning av olika miljöaspekter har livscykelanalyser (LCA) genomförts av IVL nedan finns ett utdrag av beskriven metodik ur rapporten i Bilaga XX IVL-rapport U1576 Klimatpåverkan för byggnader med olika energiprestanda.

Avgränsningar

Analysen begränsas till klimatpåverkan som är en av vår generations största miljöutmaningar. Vidare ingår ingen analys av byggnadernas olika tekniska prestanda som ska hanteras vid sidan av miljöpåverkan.

Inventeringen omfattar alla byggnadsrelaterade delar samt solvärme och avloppsvärmeväxlare som ingår i analyserade åtgärder för komma i nivå med energikraven enligt BBR19. I övrigt ingår inte installationerna i de aktuella byggnaderna, det vill säga installationer för el och VVS (värme, ventilation och sanitet).

Endast yttre underhåll av byggnaderna har beaktats. Rengöring av externa ytor som ofta föreskrivs av materialleverantörer inkluderas inte då det saknas information om hur detta görs i praktiken och, om så är fallet, med vilken periodicitet.

Karbonatiering av betong och lagring av förnybart kol (det vill säga träbaserade produkter) under driftstiden ingår inte i LCA-beräkningarna,

då allmänt accepterade metoder för detta som accepterats saknas för närvarande.

Livscykelanalys (LCA)

LCA-beräkningar är standardiserade

Reglerna för en LCA är väldigt flexibla och metodval kan göras av slutanvändaren. Under de senaste åren har utvecklingen gått ut på att ta bort denna flexibilitet, med syftet att en LCA ska ge samma svar oavsett vem som gör beräkningarna. Detta har man löst genom att ta fram kompletterande regelverk till den generella LCA-standarden där alla betydande metodval och andra val som kan göras styrs upp.

I Sverige har ett nationellt projekt genomförts där LCA-metodiken för enskilda produkter, energivaror och tjänster har analyserats. I projektet, kallat "Robust LCA", har de metodval som är betydande för resultat och som därför måste styras upp för att en LCA ska ge entydiga resultat[1] gått igenom.

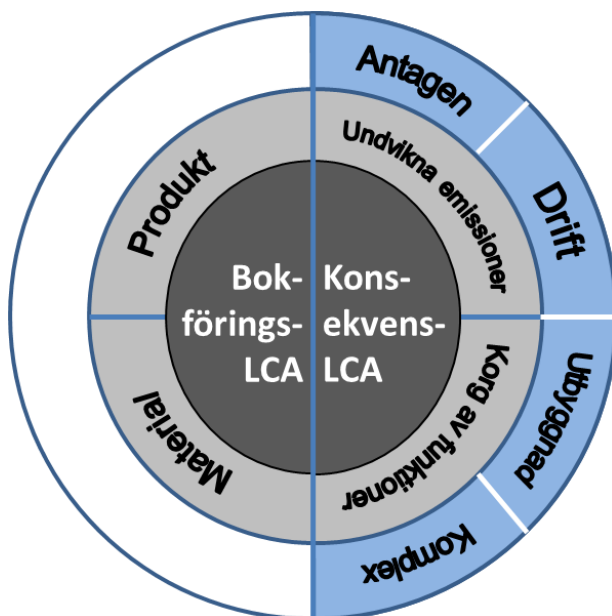
I projektet ingick en branschöverskridande grupp som bearbetat ett antal betydande förslag till metodval för robusta LCA:er. Dessa metodval har sedan hanterats på dialogmöten och gått på extern remiss och kan på så vis anses beskriva bästa praxis just nu. I en policyförklaring från projektet, representerat av entreprenadföretag, olika materialbolag och forskarna, skriver man att det nu finns en LCA-metodik som är mogen att användas för att ställa utvecklingsbefrämjande och materialneutrala miljökrav[2].

Val av systemperspektiv

Användningen av livscykelanalys kan delas in i utvärderingar av enskilda produkter och utvärderingar av bredare system som inkluderar flera produkter. I det första fallet talar vi i detta projekt om en bokförings-LCA och i det andra fallet om en konsekvens-LCA, se Figur XX. I en LCA används begreppet produkt för alla nyttigheter som en process genererar oavsett om det är en tjänst, enskilt material eller en komplex produkt såsom ett byggnadsverk.

En bokförings-LCA kännetecknas av att den beräknade miljöbelastningen för alla världens produkter ska kunna summeras och överensstämmer med de globala utsläppen, det vill säga den så kallade hundraprocentregeln. I en konsekvens-LCA analyseras vad som händer vid en förändring och vilka konsekvenser det har på ett bredare, mer sammansatt system

och dess miljöpåverkan. Hundraprocentregeln gäller inte för en konsekvens-LCA. I projektet Robust LCA[3] och i tidigare vetenskapliga studier konstateras att dessa två systemsyner svarar på olika frågor och därmed kan existera parallellt, givet att det är tydligt vilken systemsyn som har använts.



Figur 2.4.1 Två olika systemsyner tillämpliga inom ramen för ISO 14044, det vill säga bokförings-LCA och konsekvens-LCA. Beräkningar som görs här är en bokförings-LCA enligt typen "Produkt" det vill säga all miljöpåverkan allokeras till produkter och tjänster och summeras dessa på global nivå så överensstämmer detta med de utsläpps som sker. Notera att alternativen "Antagen", "Drift", "Utbyggnad" och "Komplex" är varianter som kan användas för alla slags konsekvenslivscykelanalyser¹³.

Vid valet av systemsyn kan det konstateras att det råder konsensus om att bokförings-LCA lämpar sig bäst för de frågor som hanterar produktperspektivet, det vill säga för att beskriva enskilda produkters miljöprestanda. I andra sammanhang ställs ibland frågan vilka konsekvenser en förändrad (ökad eller minskad) produktionsvolym kan ge i ett bredare systemperspektiv. I detta fall måste en konsekvens-LCA användas.

En bokförings-LCA har förutsättningar att bli robust i den mening att oavsett vilken person som gör den så ger analysen samma svar. Detta kräver att metodiken (systemgränser, allokeringsmetoder med mera) specificeras i detalj på ett sätt som blir allmänt accepterat för alla produkter, vilket ofta uppnås genom en konsensusprocess. Resultatet från konsensusprocesser kan dokumenteras exempelvis som internationella standarder, handböcker eller andra regelverk. Sedan kan det finnas be-

hov av att specificera dessa generella regler för specifika produkttyper eller tillämpningar.

I denna studie används bokförings-LCA. Bokförings-LCA är den metod som ska användas om resultatet skall användas för att följa upp bidragen till våra miljö kvalitetsmål.

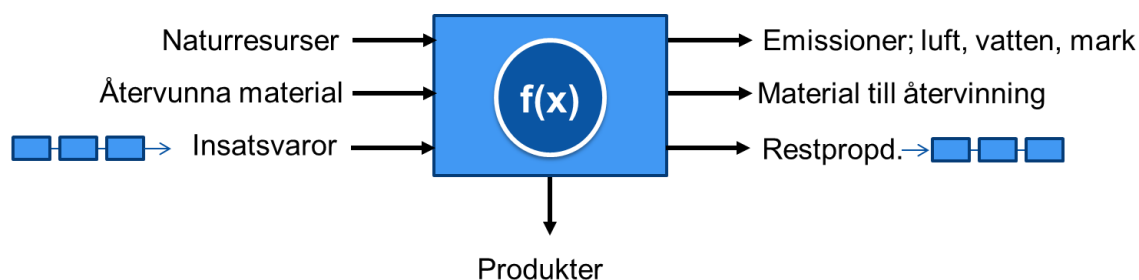
Vi följer branschens standarder

För byggprodukter har så kallade "produktspecifika regler" tagits fram som kopplar till EU:s byggproduktförordning. Dessa regler har tagits fram som en Europeisk standard för byggprodukter (EN15804) och byggnader (EN15978), och arbete pågår för att ta fram en standard för andra byggnadsverk (infrastruktur). Vi följer de metodval som gjorts i dessa standarder. De beräkningar som görs, enligt allmänt accepterade samt tillämpade standarder, är på så sätt framtidssäkrade och har en bred acceptans.

En LCA börjar med en inventering

Mycket förenklat kan man säga att grunden för en systemanalys är att man delar in alla mänskliga aktiviteter i olika processer. Alla processer använder olika resurser och ger upphov till olika utsläpp som vi sammantaget benämner miljöbelastning. Processerna drivs för att vi ska få fram olika nyttigheter, det vill säga produkter och tjänster. Kärnan i en LCA är sedan att miljöbelastningen fördelas mellan de nyttigheter som uppstår, det vill säga produkterna och tjänsterna. Denna fördelning kallas allokering och är ett av de metodval som styrs upp i de regler som gör LCA:n entydig.

Processteg



Figur 2.4.2 Grunden i en LCA är att inventera alla flöden in och ut från alla processer och fördela dem mellan de produkter som genereras och i dessa sammanhang benämns allokering. Naturresurser är alla flöden som utvinns från naturen medan insatsvaror har processats och måste följas i flera steg innan inventeringen kan slutföras, det vill säga alla inflöden har följts till utvinning från naturen.

Nästa steg i en systemanalys är att inventera samtliga processer i alla livscykelkedan. För att kunna jämföra resultatet mellan olika beräkningar är livscykeln indelad i olika skeden som innehåller ett antal moduler, se Tabell 2.4.3.

Tabell 2.4.3 Byggnadens livscykel uppdelad i branschgemensamma informationsmoduler, det vill säga skede A till C och skede D som utgör en återvinningsdeklaration⁴

Produktskedet	Product stage
A1) Råvaror	A1) Raw material supply
A2) Transport	A2) Transport
A3) Tillverkning	A3) Manufacturing
Byggskedet	Construction process stage
A4) Transport	A4) Transport
A5) Bygg-, installationsprocessen	A5) Construction, installation process
Användningsskedet	Use stage
B1) Användning	B1) Use
B2) Underhåll	B2) Maintenance
B3) Reparation	B3) Repair
B4) Utbyte	B4) Replacement
B5) Ombyggnad	B5) Refurbishment
B6) Driftsenergi	B6) Operational energy use
B7) Driftens vattenanvändning	B7) Operational water use
Slutskedet	End-of-life stage
C1) Demontering, rivning	C1) De-construction, demolition
C2) Transport	C2) Transport
C3) Restprodukthantering	C3) Waste processing
C4) Avfallshantering	C4) Disposal
Återvinning	Benefits and loads beyond the system boundary
D) Återvinningspotentialer	D) Reuse, recovery and/or recycling po-

⁴ förslag till svensk översättning av Martin Erlandsson mars 2015 till SIS TK 209

Produktskedet**Product stage**

tentials, expressed as net impacts and
benefits

Modul A1 till A3 behöver inte särredovisas i standarden och är de skeden som är minsta redovisningskrav för en deklaration av en byggprodukt. Detta kan motiveras med att det är dessa moduler och dess miljöpåverkan, som används likt legoklossar för att lägga samman miljöpåverkan för ett helt byggnadsverk, varför de benämns informationsmoduler. För en hel byggnad är det vanligt att man beräknar hela byggskedets miljöpåverkan (A1 till A5) samt minst lägger på energianvändningen under drift (skede B6).

Inventeringsdata räknas om till miljöpåverkan

En viktig del för en underbyggd miljöjämförelse är att alla betydande miljöaspekter beaktas. Det betyder att bidraget till flera slags (potentiella) miljöeffekter måste hanteras. Inventeringsresultatet, det vill säga utsläpp av olika ämnen som exempelvis koldioxid till luft, svavel och kväve till vatten räknas om till miljöpåverkan i miljöbedömningsdelen av en LCA. För att göra detta tas olika omräkningsfaktorer fram som gör det möjligt att beskriva på vilket sätt inventeringsresultatet bidrar till olika slags miljöpåverkan, vilka benämns som miljöpåverkanskategorier i en LCA. Exempel på miljöpåverkanskategorier som kan ingå i en LCA är:

- Klimatpåverkan
- Försurning
- Övergödning
- Marknära ozon
- Ozonnedbrytning
- Toxicitet
- Resursanvändning

Det råder allmän konsensus om hur alla de uppräknade miljöpåverkanskategorierna ovan ska bedömmas i en LCA, utom för toxicitet. Vidare anger regelverket för byggprodukter och byggnader (det vill säga EN15804 och EN15978) att de metoder som används idag för att värdera resursanvändning är bristfälliga och bör utvecklas. I en miljöjämförelse ska alla betydande miljöaspekter tas med oavsett om de går att hantera i en LCA eller inte. Det betyder att om det finns en betydande miljöaspekt som inte tagits med redovisas detta med en beskrivande text i deklarationen som ett komplement till LCA-resultatet för att läsaren ska få en

korrekt helhetsbild. De miljöpåverkanskategorier som inte hanteras i LCA, men som utgör betydande miljöaspekter ska ingå i varje fallstudie på något annat kvantitativt sätt eller med en beskrivande text.

I denna utredning redovisas LCA-resultatet som en klimatdeklaration, det vill säga alla utsläpps bidrag till klimatpåverkan (se även "Förslag på tillkommande analyser"). Bidraget från klimatpåverkan från olika växthusgaser räknas samman till en koldioxidekvivalent (CO_2e). Den modell som används för att göra detta är tidsberoende och vanligast är att klimateffekten under 100 år används som grund för koldioxidekvivalenterna (förkortas ofta GWP100).

Status av LCA för bedömning av byggnadsverks miljöprestanda

EU:s Byggproduktförordning har införlivats i svensk lagstiftning och där anges miljödeklarationer som den metod som kan användas för att beskriva och ställa krav på miljöprestanda. Den typ av miljödeklarationer (eng. Environmental Product Declarations) som direktivet syftar på, är deklarationer som innehåller miljöprestanda beräknat med en LCA.

Trafikverket är den myndighet i Sverige som ligger längst fram i utvecklingen med att ställa miljökrav med hjälp av LCA. Boverket har fått i uppdrag att titta på branschens mognad att formulera miljökrav och ta emot redovisning av byggnaders miljöpåverkan under livscykeln med hjälp av LCA och miljödeklarationer. LCA är ett verktyg som tidigt anammades av forskningsvärlden, men som nu även börjat tillämpas av marknadsdrivna initiativ.

Idag krävs det att man gör en LCA för att få de högsta betygen i de marknadsledande miljöklassningssystemen för byggnader (ex. LEED, BREEAM) och för anläggningar (ex. CEEQUAL).

Genomförande

Från kalkyldata till LCA-resultat

För att kostnadseffektivt göra en LCA i byggsektorn måste beräkningen utgå ifrån ett strukturerat sätt att inventera de underlagsdata som behövs för alla resurser som används under byggnadsverkets livscykel. Lite förenklat kan man generalisera att det mest kostnadskrävande är att samla in data för byggskedet, i jämförelse med driftsskedet och en tänkt demontering/rivning av byggnadsverket och den restprodukthantering som då måste göras. Detta beror på att det är så stort antal resurser som krävs under byggprocessen till skillnad från de andra tidsskedena. Å

andra sidan är det relativt enkelt att verifiera vad som faktiskt använts i byggprocessen till det färdiga byggnadsverket, jämfört med användnings- och slutskedet. Osäkerheten ökar då alla händelser som sker i framtiden måste baseras på antagande, det vill säga scenarier. Detta hanteras normalt genom att det finns färdiga drift- och underhållsdata som accepteras av alla i branschen (IVL har ett sådant projekt som kommer redovisas under våren 2015).

Klimatberäkningarna i denna rapport har gjorts med Anavitor-konceptet⁵. Tanken med konceptet är att företag enkelt ska kunna göra miljöberäkningar baserat på redan tillgänglig information om projektet, till exempel CAD-ritningar, ekonomiska kalkyler eller mängdförteckningar. Genom korsreferering till IVL:s Miljödatabas Bygg behöver inte företagen själva ha detaljerad kunskap i LCA. För de LCA-beräkningar som gjorts här har indata varit projektets kostnadskalkyl. För att alla kalkyler skulle vara genomförda på samma sätt har en fristående extern konsult (Kalkylhjälp) anlåtats. Kalkylhjälp har utifrån ritningsunderlag och beskrivningar mängdat upp byggnaderna.

De data som företaget har tillgång till korsrefereras sedan till IVL Miljödatabas Bygg. Databasen innehåller generiska miljödata (det vill säga en typisk produkt och inte leverantörsspecifik) för cirka 1 000 olika varugrupper, vilka kan användas för att göra miljöberäkningar om inte leverantörsspecifika data finns att tillgå. Det är således möjligt att använda leverantörsspecifika data som granskats, dokumenterats och kvalitetsklassats av IVL istället för de generiska data som finns i databasen. Exempelvis finns det generella data för betong i IVL:s Miljödatabas Bygg, men om företaget har LCA-data från den specifika tillverkaren eller kännedom om den faktiska betongkvaliteten som används, så kan dessa data användas i stället. Om det går att säkerställa att denna typ av specifika data används när byggnaden uppförs så kan detta driva på att den leverantör som har ledande miljöprestanda också får marknadsfördelar.

Kalkylen innehåller kalkylposter med enheter som m², löpmeter, kronor, etc. Dessa olika enheter behöver omvandlas till de enheter som används i miljödatabasen (kg för byggmaterial samt MJ för processer). Vidare be-

⁵ Anavitor-konceptet utvecklades av IVL år 2007 och består idag utav två delar, ett datorprogram, Anavitor (som ägs av det privata företaget Åkej AB) samt en miljödatabas med LCA-data som tillhandahålls av IVL (IVL Miljödatabas Bygg)

höver alla kalkylresurser kopplas mot mer generella varugrupper för att beskriva miljöprestanda för respektive resurs. Detta är ett tidsödande arbete och har här gjorts i kalkylverktyget Anavitor av konsultföretaget Informationsbyggarna. I kalkylverktyget kopplas de cirka 35 000 unika kalkylposter i ett första steg till ungefär 2 500 "enkla byggmaterial". Dessa enkla byggresurser kopplas i sin tur till ett gemensamt resursregister. Samtidigt som detta sker hanteras enhetsomvandlingen mellan kalkylposten och resursregistret. På så sätt får alla kalkylposter en miljöprestanda kopplat till sig via det branschgemensamma livscykelresursregistret, som omfattar runt 1000 olika varugrupper och fått miljöprestanda genom IVLs Miljödatabas Bygg.

När korsreferering görs finns risken att datakvaliteten blir lägre, eller att miljödata är bristfälliga (t.ex. då det saknas bra data för den exakta produkt som används och man därför använder miljödata för en likande produkt). Anavitor har ett unikt semi-kvantitativt kvalitetssystem som bedömer den sammanlagda datakvaliteten på alla de korsreferenser som görs och som beskrivits ovan. På så sätt är det möjligt att göra en bedömning av dataosäkerhetens inverkan på slutresultatet och hur säkra slutsatser som kan dras⁶. Det kan noteras att sådana kalkylposter som inte skall ha någon miljöbelastning i en LCA, såsom lönekostnader, klassas och hanteras som "ej miljöbelastande" i denna korsreferering.

IVL Miljödatabas Bygg innehåller miljödata som är relevanta för den svenska marknaden och anpassade för byggsektorn. IVLs miljödatabas Bygg innehåller miljödata för olika varugrupper och är dokumenterade enligt LCA standarden ISO 14044 och följer de standarder som gäller i Europa för LCA inom byggsektorn, det vill säga EN15804.

Miljödata för olika produkter

Eftersom beräkningarna ska avspegla dagens produktionsteknik och de betongrecept, cement osv som används idag så används generiska data. Dessa data är hämtade ifrån IVL Miljödatabas Bygg och finns tillgängliga i Anavitorverktyget för att beräkna klimatpåverkan från byggprodukter som är representativa för den svenska och nordiska marknaden. IVL Miljödatabas bygg har utvecklats då databasdata inte har ansetts anpassade till den svenska marknaden. Detta gäller för exempelvis svenska cement-, stål- och trävaror.

IVL:s miljödatabas innehåller LCA-data för de flesta byggprodukter som används inom den svenska bygg- och anläggningssektorn samt data för

transporter, maskiner, arbetsfordon, el, värme och andra energirelaterade processer. För elanvändning i byggproduktionen (modul A5) har nordisk elmix använts och för fjärrvärme svensk mix som den ser ut idag. För vissa byggresurser samt arbetsfordon finns publicerade faktablad vilka beskriver hur IVL har tagit fram dessa LCA-data. De LCA-data som IVL har tagit fram har beräknats i LCA-mjukvaran GABI.

När det gäller LCA-data för byggprodukter är dessa representativa för de byggprodukter som används i Sverige och på den nordiska marknaden. För material som köps på en större internationell spotmarknad, till exempel plaster och metaller såsom koppar och mässing, innehåller IVL: s miljödata bas bygg data från publika databaser. I första hand har data från Ecoinvent och PE International använts, eller olika publika källor och IVLs interna databaser från olika projekt.

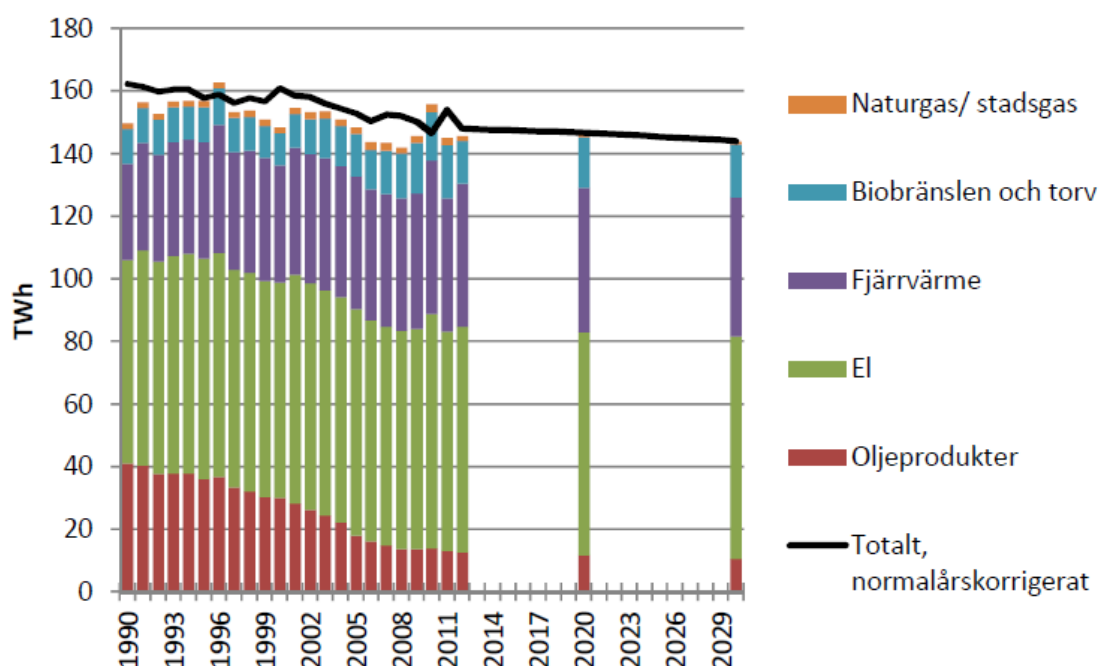
Framtida energisystem

Energiscenarier för 2030

För att bedöma framtida energisystem så kan olika scenarion ställas upp. I vårt fall är idealet att det finns sådana scenarion som sträcker sig 50 år in i framtiden. I detta projekt har ett systemval gjorts att det är svensk energiproduktion[ET4] (inklusive eventuell import) som är utgångspunkten. Rapporten "scenarier över Sveriges energisystem"⁶ har denna utgångspunkt och beskriver energisystemets utveckling fram till år 2030 utifrån dagens styrmedel och förutsättningar.

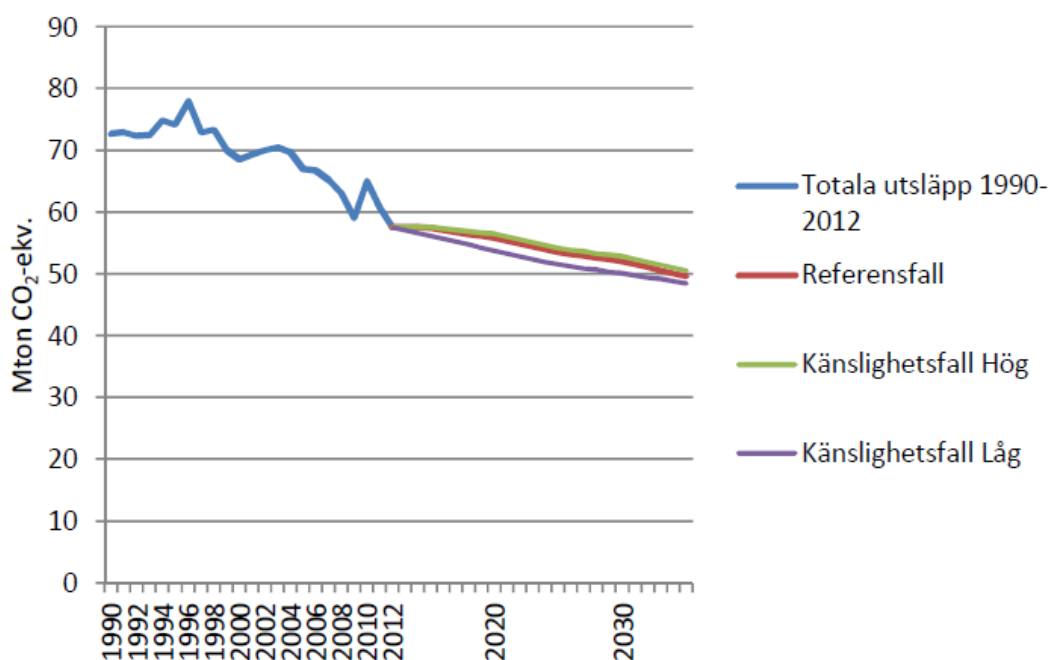
Scenarierna utgår från basåret 2011 och redovisar sedan situationen 2020 och 2030. Om man antar en någorlunda jämn utveckling av energiläget så är 25 år in i framtiden en bra utgångspunkt för det scenario som skall användas i miljöbedömningen, det vill säga omkring år 2040. Det scenario som används här sträcker sig till 2030 och uppgifterna för detta enskilda år används för att representera byggnadernas energianvändning under driftsskedet på 50 år. Den förväntade utvecklingen för den del av energisystemet som används till bostäder framgår av Figur 3.[ET5]

⁶ Energimyndigheten ER 2014:19



Figur 2.4.4 Energianvändning i TWh för bostads- och servicesektorn 1990–2012 samt 2020 och 2030 i referensfallet (Energimyndigheten ER 2014:17)

Energiscenarierna följer de krav som ställs på utsläppsrapporteringen till Europeiska kommissionen och inkluderar därmed också kravet på att det ska finnas minst tre olika fall; ett referensfall och två känslighetsfall. Känslighetsfallen utgörs av ett scenario som förutsätter en högre ekonomisk utveckling och ett med högre priser på fossila bränslen. Dessa scenarion har utarbetats av Energimyndigheten i samråd med Naturvårdsverket som samordnar den svenska utsläppsrapporteringen som levereras till Europeiska kommissionen. Skillnaderna mellan de olika energiscenarierna är beroende av de antaganden som görs. Denna skillnad mätt i klimatpåverkan har en i sammanhanget försumbar betydelse, se Figur 2.4.5. Av denna anledning används bara referensfallet för 2030 och dess miljöprestanda för att beskriva miljökonsekvenserna under byggnadens drift som funktion av köpt energi.



Figur 2.4.5 Utsläpp av växthusgaser i Sverige och dess bidrag till klimatpåverkan mätt i koldioxidekvivalenter 1990-2012 och scenario till 2035 (Energimyndigheten ER 2014:17)

Beräkning av energins miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv

Miljöansvar för olika slags flöden

För att kunna bedöma energianvändningens miljöpåverkan i en LCA är utgångspunkten hur mycket energi som tillförs en process sett i ett livscykelperspektiv. Denna energi, i form av energivaror, el eller värme har processats på något sätt, vilket innebär att den som gör LCA:n måste studera alla processer från det att energin används tillbaks till när resursen utvanns ur naturen (det vill säga uppströms) och inkludera de emissioner som denna förädlingskedja genererar. För traditionella bränslen är det inget problem, men för sådana bränslen som vi dagligen betraktar som ett avfall eller spill är det inte lika uppenbart hur uppströms miljöpåverkan ska betraktas, det vill säga vilka processteg från användning hela vägen tillbaks till utvinning av en naturresurs som ska inkluderas. I de LCA-standarder som används i byggsektorn finns regler framtagana för hur detta ska hanteras. Vi kan här skilja på följande fall:

- produktionsspill⁷ (eng. pre-consumer recycling). — Ett flöde ut från en process som sedan används som råvara för ett bränsle eller till en produkt (utanför tillverkningsstället som generade spillet). I detta fall ska uppströms miljöpåverkan belastas den produkt i vilken produktionsspillet används, då det annars inte finns någon som skulle ta miljöansvaret för detta flöde, som ofta har en jämn och hög kvalitet.
- externt produktionsspill — Del av en produkt som köpts för ett specifikt ändamål och där delar av hela produkten blir ett avfall. Till skillnad från det interna spillet ovan så har ett extern spill i ett första skede köpts av någon, men bara en del av den har sedan byggts in i konstruktionen. I vårt fall betyder det att precis som betongspillet på en byggarbetsplats kommer träspill och liknande att belastas den del av byggprodukten som byggts in och som genererade spillet/avfallet. Externt produktionsspill har således ingen miljöryggsäck.
- returprodukter (eng. post-consumer recycling). — Ett flöde som uppstår från en restprodukthantering. I detta fall har uppströms miljöpåverkan redan belastat den ursprungliga produkten. En sådan råvara som används till bränsle eller råvara till en ny produkt behöver därför (bara) belastas med miljöpåverkan som uppstår efter det att produkten hamnat på en återvinningsstation.
- biprodukter (eng. co-products) med lågt ekonomiskt värde. — I en process uppstår användbara flöden men det ekonomiska värdet (per viktenhet eller som del av den totala omsättningen) är låg. Detta är ett invecklat fall och flera tolkningar finns, varför rekommendationen just nu är att använda ett konservativt sätt att fördela miljöpåverkan vid denna typ av produkter/avfall/biprodukter. Detta konservativa angreppssätt betyder att man förenklat dubbelbokför miljöpåverkan.[8]

Utöver de fall som beskrivs ovan finns det nedströms processer kopplat till hanteringen av uttjänta produkter som ska bokföras på den egna produkten, såsom deponering eller destruktion. Till det senare hör avfallsförbränning med en termisk verkningsgrad sämre än 60 procent (om verkningsgraden är större än 60 procent fördelas miljöbelastningen en-

⁷ Ett specialfall är om en sluten loop (eng. close loop recycling) finns i värdekedjan, där exempelvis mattspill från läggningen av en plastmatta på byggarbetsplatsen tas tillbaka till tillverkningen av nya golvmattor.

ligt ovan). Oavsett det som beskrivs ovan kan inte inneboende egenskaper allokeras bort. I praktiken betyder detta att inneboende energi och utsläpp av biogena eller fossila utsläpp alltid är en del av det miljöansvar som den som använder resurserna måste ta ansvar för (känt som principen att förorenaren betalar).

Underlagsdata från energistatistiken

Energistatistiken omfattar både tillförda energivaror och producerad energi. I energistatistiken används olika sätt att fördela (allokera) energin mellan el och värme. Dessutom finns det ett behov av att kunna fördela bränsleanvändning mellan olika slutanvändningsalternativ eller sektorer. Till detta ska läggas att de som rapporterar in uppgifter inte alla gånger redovisar uppgifterna på det sätt som efterfrågas. Som ett exempel på osäkerhet i statistikunderlaget, så kan man beräkna verkningsgraden för att producera el från fasta bränslen och finner då att denna är 70 procent (beräkningar baserade på uppgifter i 18 ER 2012 och EN20 2012). Fördelas energianvändningen i kraft-värmeproduktion enligt energiprincipen, det vill säga utifrån hur många MWh el respektive värme som genererats i kraftvärmeverket vid samtidig produktion av värme och el, erhålls en verkningsgrad på 29,8 procent år 2011. Tillämpas däremot alternativproduktionsmetoden (som utgår ifrån en allokering där verkningsgraden för att bara producera el eller värme är utgångspunkten) ökar elproduktionens verkningsgrad till 45,3 procent medan värmeproduktionens andel minskar från 70,2 procent till 54,7 procent⁹. Värt att notera är att ingen av dessa verkningsgrader för el ligger på de framräknade 70 procent.

Vår bedömning är därför att det säkraste sättet att få kontroll och minska osäkerheterna är att utgå ifrån nettoproduktionen. Det första steget att studera den köpta energin i ett livscykelperspektiv är därför att lägga till framlednings- och distributionsförlusterna. Förbränningsprocessen och miljöpåverkan för de olika bränslen som används analyseras sedan i den LCA-modell som används.

9) El-, gas- och fjärrvärmeförsörjningen 2011. Definitiva uppgifter. SCB på uppdrag av Energimyndigheten, meddelande EN 11 SM 1301, februari 2013.

Framtida utsläpp från el och fjärrvärme

El

LCA-data för produktion av el från olika energivaror har främst hämtats från databasen Ecoinvent. Alla LCA-beräkningar har sedan utförts i LCA-verktyget Gabi. De LCA-data som har använts innehåller uppgifter om miljöpåverkan vilken kombineras med här framtagna statistik över olika elmixer. I LCA databasen Ecoinvent räknas all miljöpåverkan från el som produceras vid avfallsförbränning som noll (produkten som genererade avfallet får bära miljöbelastningen oavsett hur detta avfall uppstår). Detta förenklade tankesätt följer inte den metodik som anges i EN 15804, som följer ramdirektivet för avfall, och som anger att alla fjärrvärmeverk med mera med en verkningsgrad över 60 procent ska betraktas som energiproducenter. Dess produkter, det vill säga fjärrvärme och el, ska belastas med de utsläpp och resursanvändning som sker vid denna anläggning. Data för avfallsförbränning används därför istället från PE International, som även inkluderar utsläpp från sådan avfallsförbränning. I praktiken innebär detta att andelen fossilt kol som avfallet innehåller, 40-50 procent, belastar den el och värme som produceras. I länder som Sverige med hög andel avfallsförbränning är detta en betydande del av elens fossila utsläpp. I många äldre uppgifter är dessa utsläpp antingen satt till noll eller så antas att avfallet bara innehåller runt 10 procent material av fossilt ursprung. Tabell 2.4.6 visar fördelningen mellan olika energibärare för den svenska medel-elmix år 2030 som används i beräkningarna för elanvändning under byggnadernas driftsskede (och för jämförelse även 2011 och 2020).

Tabell 2.4.6 Nettoproduktion i Sverige enligt statistik för 2011 samt scenarion för 2020 och 2030, TWh (Referens för år 2020 och 2030: tabell 6 i ER 2014:19, år 2011 tabell 5 i ER 2014:19 och tabell 19 i EN20:2013, samt förluster enligt EN 11 SM 1301)

TWh	2011	2020	2030
(ET9) Kärnkraft	58,8	73	57
Vattenkraft	65,8	69	69
Vind	6,1	16	17
Solcell	0,01	0,1	0,1
Gas	1,5	1,6	1,2
Biobränsle	9,7	14,1	14,4
Torv	0,4	1,6	0,3

TWh	2011	2020	2030
Avfall	3,3	3	3,3
Kol	1,6	0,9	0,9
Nettoproduktion	147	179	163
Distributionsförluster	11	13	12

Baserat på hur energimixen fördelas baserat på ovanstående scenario för år 2030 räknas har klimatpåverkan för svensk elmix beräknats till 11 g CO₂e/MJ (40 g CO₂e/kWh) med den LCA-metodik som tillämpas. Notera att detta värde inte bara inkluderar emissionsfaktorer från förbränningen, utan har även ett livscykelperspektiv som inkluderar hur energivarorna producerats.

Fjärrvärme

För att beräkna fjärrvärmens miljöpåverkan rekommenderas att beräkningarna grundar sig på de insatta bränslena som använts vid fjärrvärmeproduktionen. Beräkningarna ska i denna studie avspegla ett genomsnittligt svenskt fjärrvärmenät, varför den svenska mixen används som underlag för att beräkna fjärrvärmens miljöpåverkan, istället för det lokala nät där huset är lokaliserat.

I ett kraftvärmeverk, vilket finns i cirka 2/3 av Sveriges avfallsförbrännings-anläggningar, produceras både el och värme samtidigt. Enligt avfallsdirektivet betraktas samtliga fjärrvärmeanläggningar i Sverige som anläggningar för energiåtervinning och inte för destruktion (det vill säga verkningsgraden räknat på värmeproduktion är större än 60 procent). I praktiken betyder det att i en fjärrvärmeanläggning är det den el och fjärrvärme som uppstår i processen som får bära ansvaret för emissioner och miljöpåverkan, enligt principen om att förorenaren betalar (eng. Polluter Pays Principle), och inte det avfall som används som bränsle.

Det finns olika sätt att dela upp bränsleanvändning och utsläpp mellan el- respektive fjärrvärmeproduktionen, där alternativproduktionsmetoden är den metod som är vanligast i miljövarudeklarationer (EPD). Alternativproduktionsmetoden innebär att man räknar ut hur mycket bränslen som skulle ha krävts för motsvarande produktion av el och värme separat¹⁰. Metoden resulterar i att primärenergien för levererad

¹⁰) Environdec (2011). Product category rules: Electrical energy (CPC 171), Steam and hot water (CPC 173). PCR 2007:08, version 2.01, The international EPD® system, 2011-12-05.

fjärrvärme ofta blir lägre än den levererade energin. Detta kan motiveras med att el har en högre energimässig kvalitet.

På grund av osäkerheter i underlaget har spillvärmens miljöpåverkan tillsvidare satts till noll (motsvarande äkta spillvärme). Värt att notera är att torv hanteras som ett fossilt bränsle i LCA-beräkningarna¹¹. Vidare antas avfall innehålla omkring 1/3 fossilt kol vilket på ett betydande sätt bidrar till att öka fjärrvärmens klimatpåverkan.

LCA-data för utvinning och förbränning av olika bränslen har främst hämtats från databasen PE Internationals egna uppströmsberäkningar och Naturvårdsverkets emissionsfaktorer, vilka sedan modellerats i LCA-verktyget Gabi. De använda dataseten innehåller uppgifter om miljöpåverkan baserat på ett livscykelperspektiv.

Tabell 2.4.7 Nettoproduktion i Sverige enligt statistik för 2011 samt scenarion för 2010 och 2030, TWh (Referens ER 2014:19, frånsett ansatt 12 procent förluster för 2020 baserat på dagens situation enligt EN 11 SM 1301 samt ansatt 14 procent för 2030)

TWh	2011	2020	2030
Kol	1,7	0	0
Biobränsle	28,3	24,6	19,3
Torv	1,7	3,4	4,7
Avfall	12	18	18
Oljor, inkl. gasol	2,5	1,2	0,6
Naturgas	5,1	1,4	1,1
Kok- och masugns-gas	1	1	0,9
Insatt el till elpannor	0,1	0	0
Värmepumpar, stora	5,1	3,9	5,4
Spillvärme	3,6	5,4	5,6
Nettoproduktion	61,1	58,9	55,6
Distributionsförluster	6,3	6,8	7,8

11) Torv är allmänt sett ett fossilt i klimatrapporteringssammanhang, men hanteras som ett förnybart bränsle i elcertifikatsystemets sammanhang.

Baserat på ovanstående bränslescenario för år 2030 har klimatpåverkan för svensk elmix beräknats till 28 g CO₂e/MJ (101 g CO₂e/kWh) med den LCA-metodik som tillämpas.

Beräkningsantaganden

Produktskedet (modul A1-3)

Alla byggresurser som används i byggprocessen ingår i inventeringen (det vill säga allt ovanför dränerande lager ingår). Undantag är installationer typ VVS. Inventeringen omfattar inte grundläggning och markarbeten på fastigheten.

Byggproduktionsskedet (modul A4-5)

Transporter för alla byggresurser som byggs in redovisas i modul A4.

I modul A5 ingår bygg- och installationsprocessen med el och fjärrvärme samt diesel för byggarbetsplatsens fordon såsom hjullastare och kran. Dessutom ingår det spill som uppstår, det vill säga den klimatpåverkan som gått åt för att tillverka allt material som köps in till bygget, samt att ta hand om avfallet/spillet.

Underhåll och utbyte (modul B2 och B4)

Underhåll och utbyte har beaktats för de material som finns väderexponerat i klimatskalet, vilket innebär ganska begränsade åtgärder (se Tabell 2.4.8).

Tabell 2.4.8 Underhåll och utbyte av material i klimatskalet

Material	Underhåll (år)	Insats byte
Armerat putssystem Sto-Lotusan	Ommålning (25), åtgång 0,5 l/m ² (=0,75 kg)	Livslängd > 50
Tätskikt TY 4522 (ytpapp)	Takmassa (15), åtgång 0,08 l/m ²	Omläggning takpapp efter 30 år
Betongtakpannor, ytbehandling svarta	Rengörning	Byte av 5 procent under livslängden
Förzinkad-lackade plåtytor	Målning (15)	
22 profilsponsad panel	Målning (12)	Utbyte panel 25 % efter 30 år
Steni Coulor	Rengörning	Livslängd > 50
Förzinkad-lackad band-	Målning (15)	

Material	Underhåll (år)	Insats byte
täckning		

Driftsenergi (modul B6)

Byggnadens miljöprestanda bedöms med hjälp av en livscykelanalys (LCA). Den LCA-metodik som används utgår ifrån de standarder som är kopplade till byggproduktförordningen (det vill säga EN 15804 och EN 15978 för byggprodukter respektive byggnader). I en LCA ansätts vanligtvis en teoretisk livslängd som i denna studie är satt till 50 år. Det är sedan möjligt att bedöma miljöpåverkan för en byggnad som byggs, används och därefter rivs. Detta scenario betyder inte att det är så det kommer att se ut i framtiden, men skapar förutsättningar för att kunna analysera olika byggnader utifrån lika förhållande. För många byggnader är det mer realistiskt att anta att byggnaden kommer att byggas om efter en viss tid. I Sverige saknas sådan statistik på ombyggnader till samma eller en annan byggnadsfunktion och omfattande reparation (med syfte att använda byggnaden för samma ändamål men med en modern standard).

En byggnad har en lång livslängd och speciellt stommen och klimatskalet. Hade det funnits statistik som beskriver ombyggnad och reparationscykler skulle dessa kunna ligga till grund för att bedöma sådana investeringars analysperioder för olika byggdelar. I brist på sådan statistik bedömer vi att 50 år är en realistisk avskrivningsperiod.

Slutskedet (modul C1, C2)

Det är ganska vanligt att rivningsskedet inte beaktas i en LCA för ett byggnadsverk och om det ingår så är det oftast en begränsad del av den faktiska miljöpåverkan som inkluderas. Enklast är att ta hänsyn till transporterna och ett schablonvärde på rivningen i form av fordonsdiesel utslaget per m². För att inte underskatta rivningsskedets miljöpåverkan har IVL tagit fram och sammanställt nyckeltal för en tänkt framtida rivning av byggnaden (se Tabell 2.4.9). Dessa nyckeltal är uppdelade på olika material och beror på vikt eller på hur stort byggnadsobjektet är. Även energi för att mekaniskt bearbeta de mest betydande materialslagen har tagits fram. Enligt gällande LCA-praxis belastas byggnadsverket med denna typ av upparbetning och transport till en återvinningsstation. Därefter är det nya produktsystem som tar över miljöansvaret.

Tabell 2.4.9 Energianvändning för maskiner och arbetsfordon för rivning av byggnader¹².

Delmoment	Enhet	kWh/m ² BTA	kWh/ton
Förberedande rivningsarbete	El	0,1	
	Diesel	1	
Nedbrytning (krossning) av konstruktionen, oavsett typ av stomme 1)	El	8	
	Diesel	10	
Tillkommande för stomme av,			
betong	Diesel		10
murverk	Diesel		5
stål	Diesel		1,1
trä	Diesel		1,1
Tillkommande kran för bjälklag över sex meter ovan mark 2)			
betong	Diesel		4,1
murverk	Diesel		4,1
stål	Diesel		2
trä	Diesel		2
Upparbetning för att kunna sälja returprodukter av 3),			
betong (krossning)	Diesel		2,0
tegel (krossning)	Diesel		1,5
stål (fraggning)	Diesel		7,4
trä (flisning)	Diesel		6
övriga material	Diesel		0,8
Deponering och utfyllnad av rivningsmassor (eng. backfilling) 4)	Diesel		1,6

1. Detta är en allmän post oavsett byggnadens material och kompletteras sedan med olika tillägg som tillkommande energianvändning utöver den allmänna posten.

12) Erlandsson M: Generell byggproduktinformation (BPI) för bygg- och fastighetssektorn: Miljödata för maskiner och arbetsfordon för rivning av byggnader. IVL Svenska miljöinstitutet, rapportnummer CX, mars 2015.

2. I de fall källare förekommer antas att ingen kran behövs.
3. I grundfallet antas att denna upparbetning görs på rivningsplatsen för att minimera transportarbetet.
4. Posten inkluderar utläggning och kompaktering.

Referenser

- [1] Erlandsson M, Ekvall T, Jelse K, Lindfors L-G, Gustavsson M, Karlsson P-E, Strippel H, Zetterberg L (2014): Robust LCA: PCR guide for construction products and works – specifications to and evaluation of EN 15804. IVL Swedish Environmental Research Institute, report No B 2101, juni 2013.
- [2] Bingel E, Erlandsson M, Iverfeldt Å, Andersson R, Eliasson M, Gyllenram R, Öberg M: Behov av robusta verktyg för miljöbedömning inom byggsektorn - en projektsammanfattning. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport B2192 juni 2014.
- [3] Erlandsson M, Ekvall T, Lindfors L-G, Jelse K.: Robust LCA: Typologi över LCA-metodik – två kompletterande systemsyner. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport B 2122, januari 2014.
- [4] (förslag till svensk översättning av Martin Erlandsson mars 2015 till SIS TK 209
- [5] Anavitorkonceptet utvecklades av IVL år 2007 och består i dag utav två delar: ett datorprogram, Anavitor (som ägs av det privata företaget Åkej AB), samt en miljödatabas med LCA-data som tillhandahålls av IVL (IVL Miljödatabas Bygg).
- [6] Energimyndigheten, ER 2014:19.
- [7] Ett specialfall är om en sluten loop (eng. close loop recycling) finns i värdekedjan, där exempelvis mattspill från läggningen av en plastmatta på byggarbetsplatsen tas tillbaka till tillverkningen av nya golvmattor.
- [8] Konceptet håller på att vidareutvecklas i utvecklingen av den internationella standarden för byggprodukter ISO21930.
- [9] El-, gas- och fjärrvärmeförsörjningen 2011, Definitiva uppgifter. SCB på uppdrag av Energimyndigheten, meddelande EN 11 SM 1301, februari 2013.
- [10] Environdec (2011). Product category rules: Electrical energy (CPC 171), Steam and hot water (CPC 173). PCR 2007:08, version 2.01, The international EPD® system, 2011-12-05.
- [11] Torv är allmänt sett ett fossilt i klimatrapporeringssammanhang, men hanteras som ett förnybart bränsle i elcertifikatsystemetsammanhang.

[12] Erlandsson M: Generell byggproduktinformation (BPI) för bygg- och fastighetssektorn: Miljödata för maskiner och arbetsfordon för rivning av byggnader. IVL Svenska miljöinstitutet, rapportnummer CX, mars 2015.

Bilaga 3 - Data om verkliga lågenergibyggnader

I denna bilaga redovisas väsentliga energirelaterade data samt beräkningsresultat för respektive byggnad som utgör underlag för huvudrapporten. De redovisade byggnaderna är de tre verkliga lågenergibyggnader som inventerats avseende mätresultat och byggnadstekniska data, och har följande beteckning - småhuset S2, flerbostadshuset F1 och kontoret L8.

Generellt för samtliga beräkningar är att fastställa vilka energiåtgärder som skiljer lågenergihuset från ett motsvarande hus som precis uppfyller kravnivån på specifik energianvändning enligt BBR 19. Kravnivåerna i klimatzon III som är aktuellt för samtliga här redovisade byggnader är 80 respektive 90 kWh/m² och år för fjärrvärme och 55 kWh/m² och år för elvärme. Med elvärme avses här värmepump med elspets enligt BBR:s definition av elvärme. Noterbart är att kravnivån för lokal är 80 kWh/m² och år men med möjlighet att addera till ett tillägg som baseras på en högre ventilationsgrad som kan motiveras med hygieniska skäl.

BBR ställer även krav på högsta tillåtna U-medelvärde som är 0,4 respektive 0,6 för bostad och lokal. För elvärmda hus finns även ett begränsande effektkrav som varierar med byggnadens storlek och i lokalfallet även med ventilationsgraden. När en lågenergibyggnad förändras mot att nå kravet på specifik energianvändning i BBR måste hänsyn tas till att något av de andra kraven kan vara dimensionerande. Klimatskalet kan därför inte förenklas obegränsat eftersom det finns ett tvingande krav i BBR vars kravnivå inte får överskridas. Detsamma gäller för effektkravet som riktar sig mot elvärmda byggnader i BBR.

Redovisningarna av de tre verkliga lågenergibyggnaderna (S2, FP1 och L8) är principiellt lika men skiljer sig något åt i detaljerna från varandra. Detta beror på att en byggnad beräknats av Boverket och de andra två av anlitate konsulter. I beräkningarna har två olika dynamiska beräkningsverktyg använts: www.energiberakning.se för S2 och FP1 samt IDA ICE för L8. Dessa har olika sätt att presentera indata och beräknat resultat varför redovisningen layoutmässigt varierar mellan de tre redovisningarna.

Småhuset S2

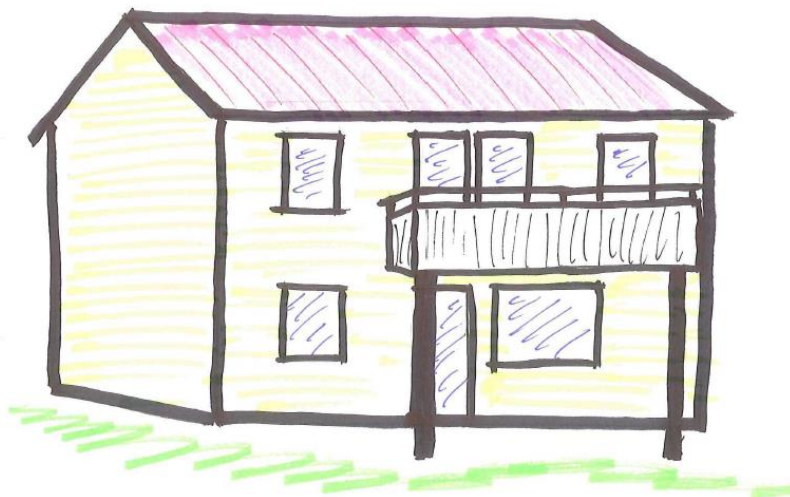


Illustration: Peter Johansson, Boverket

Objektbeskrivning

S2 är ett småhus i södra Sverige som värms med fjärrvärme. Detta är ett hus som har följts upp mycket ingående avseende energianvändning, av leverantören. Huset har byggts enligt vad man i dagligt tal kallar passivhusstandard. Det betyder i praktiken att man satsat på att bygga ett tätt och välisolerat hus som använder förhållandevis lite energi för uppvärmning.

Småhuset består av två plan där invändiga måtten i båda planen är 8,38 x 8,38 m och den sammanlagda golvarean för hela huset är 140 m². Huset har platta på mark med underliggande isolering, träregelstomme med mellanliggande isolering och träfasad, sadeltak med lösullsisolering, mekanisk från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning (FTX). Byggnaden har fjärrvärme och den interna värmedistributionen i huset sker med hjälp av ventilationssystemet (luftburet värmesystem).

Energirelaterade data för byggnaden (lågenergibyggnad S2, 140 m², fjärrvärme)

Byggår	Nytt
Längd (m)	8,38
Bredd (m)	8,38
Antal våningar	2

Byggår	Nytt
Våningshöjd (m)	2,5 resp. 2,4
Antal lägenheter	1
Ort	
Klimatzon enligt BBR	III
DVUT (°C)	-14,6
Tidskonstant (h)	24
Uppvärmningssätt	Fjärrvärme
Atemp (m ²)	140
Aom (m ²)	314,8
Inomhustemperatur (°C)	21
Antal personer	25
Tappvarmvatten (kWh/ år)	2 898
Hushållsel (kWh/m ² och år)	30
Verksamhetsel (kWh/år)	0
Energitillskott från solinstrålning genom fönster (kWh/år)	1 266
Energitillskott från kontorsutrustning (kWh/år)	0
Reglerförluster (% av uppvärmningse- nergin)	5
Vädning (kWh/m ² och år)	4
Takisolering tjocklek (mm)	720
Takisolering area (m ²)	70
Takisolering Ui (W/m ² K)	0,058
Väggisolering tjocklek (mm)	370
Väggisolering area (m ²)	147,2 (inv137,1)
Väggisolering Ui (W/m ² K)	0,10
Golvisolering tjocklek (mm)	400
Golvisolering area (m ²)	70
Golvisolering Ui (W/m ² K)	0,082
Fönster Ui (W/m ² K)	0,75
Fönster g-värde	0,37
Fönsterarea (m ²)	17,9 (13%)

Byggår	Nytt
Fönsterriktning S, N, V, Ö	7,0/10,3/0,4/0
Ytterdörr U_i ($W/m^2 K$)	0,8
Ytterdörrarea (m^2)	4,1
Ytterdörrriktning S, N, V, Ö	2,1/0/2,1/0
Fönsterdörr U_i ($W/m^2 K$)	0,8
Fönsterdörrarea (m^2)	4,2
Fönsterdörrriktning S, N, V, Ö	0/4,2/0/0
Köldbryggor (%)	19
Um klimatskärm ($W/m^2 K$) inkl. köldbryggor	0,168
Ventilation (l/s) inkl. forcering	48,3 (55)
Värmeåtervinning FTX (systemverkningsgrad %)	70% (80 % tempvgr)
Infiltration (l/s m^2 vid 50 Pa)	0,25
Fastighetsenergi (kWh/år)	652
SFP	1,34
Byggnadens specifika energianvändning (kWh/m^2 och år)	59
Byggnadens energianvändning enl. BBR ($kWh/år$)	8 194

Specifikation av byggnadsdelar för S2

Horisontellt vindsbjälklag 720 mm lösull

Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Gipsskiva	13	0,22		
Glespanel	28	R=0,2		
Plastfolie	0,2	-		
Lösull	720	0,039	Träreglar, 5 %,	0,140
Yttertak	Taktäckning, underlagspapp, 22 råspont			R = 0,30

Beräknat U-värde	0,058
------------------	-------

Yttervägg 370 mm mineralull

Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Gipsskiva	13	0,22		
Spikläkt	28			
Plastfolie	0,2	R=0,20		
Mineralull	95	0,033	Träreglar 15 %	0,140
Mineralull	195	0,0,33	Träreglar 15 %	0,140
Styv glasull hel skiva	80	0,031	Träreglar 0 %	0,140
Spikläkt	28			
Träpanel	22	R=0,20		
Beräknat U-värde	0,098			

Platta på mark, betong plus underliggande isolering 400 mm

Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Ytskikt, trägol	14	0,14		
Plastfolie	0,2			
Betong	100	1,2		
Cellplast 15 kg/m ³	400	0,036		
Makadam	150			
Beräknat U-värde	0.082			

Fönster, vägg

Storlek	U-värde	Antal	Area
1,2x1,3	0,75	4	6,24
1,8X1,3	0,75	2	4,68
2,7X1,3	0,75	2	7,02
0,6X0,6	0,75	3	1,08
Totalt			17,9

Fönsterdörr

Storlek	U-värde	Antal	Area
1,0x2,1	1,0	2	4,2

Ytterdörr

Storlek	U-värde	Antal	Area
1,0x2,1	1,0	2	4,1

I denna areasammanställning finns inte konstruktionen för vindfånget med.

Åtgärder och beräkningar

U-medel för S2 i BBR 19-utförande

Calculate building mean U-value										SS-EN ISO 13789:2007 and SS 02 42 30 (2)	
		Isolering m.m.			Reglar		Clear		Default		
Envelope member	Area	U-value		λ	Thick-ness		λ	Joists area share			
ID	m ²	W/m ² K		W/m K	mm		W/m K	%			
vägg 1	1		mineralull	0.036	95	trä - furu	0.14	15	OK		
<div> <div>Compensation for linear and point shaped thermal bridges, add [%]</div> <div>19</div> <div>Calculate U-value</div> </div> <div> <div>Calculated thermal bridges, add [W/K]</div> <div>0</div> <div>version: 2014-02-0</div> </div>											
U-value calculation, By: Stefan Norrman Object: SP2, enligt byggarens data i Excelfil Calculated at www.energiberakning.se 2015-05-10 09:11											
[Vind horisontell]	[70]	[]	[Gipsskiva]	[0.22]	[13]	[]	[]	[]			
[Vind horisontell]	[70]	[]	[Glespanel]	[0.005]	[1]	[]	[]	[]			
[Vind horisontell]	[70]	[]	[Plastfolie]	[1]	[0.2]	[]	[]	[]			
[Vind horisontell]	[70]	[]	[Lössull - Mineralull]	[0.039]	[720]	[trä - furu]	[]	[]			
[Vind horisontell]	[70]	[]	[Yttertak inkl 22 mm trä]	[0.00333]	[1]	[]	[]	[]			
[Vägg ytter]	[147.2]	[]	[Gipsskiva]	[0.22]	[13]	[]	[]	[]			
[Vägg ytter]	[147.2]	[]	[Spikläkt + plastfolie]	[0.005]	[1]	[]	[]	[]			
-[Vägg ytter]	[147.2]	[]	[Mineralull + reglar]	[0.035]	[95]	[trä - furu]	[0.14]	[]			
[Vägg ytter]	[147.2]	[]	[Mineralull + reglar]	[0.035]	[195]	[trä - furu]	[0.14]	[]			
-[Vägg ytter]	[147.2]	[]	[Styv glasull hel skiva]	[0.031]	[80]	[]	[]	[]			
[Vägg ytter]	[147.2]	[]	[Spikläkt+träpanel]	[0.005]	[1]	[]	[]	[]			
[platta på mark]	[70]	[0.082]									
[fönster 11 st]	[17.9]	[1.4]									
[fönsterdörr]	[4.2]	[1.4]									
[ytterdörr]	[4.1]	[0.8]									
Calculated Ui-values: Ui for Vind horisontell, [W/m ² K]: 0.05829006 Ui for Vägg ytter, [W/m ² K]: 0.189652 Ui for platta på mark, [W/m ² K]: 0.082 Ui for fönster 11 st, [W/m ² K]: 1.4 Ui for fönsterdörr, [W/m ² K]: 1.4 Ui for ytterdörr, [W/m ² K]: 0.8 Building envelope, [m ²]: 313,4 Thermal bridges included generally by adding 19 % Thermal bridges included specifically by 0 W/K Mean U-value [W/m ² K]: 0.2732257											

Prova enskilda åtgärder för rangordning

Den använda metoden bygger på att den minst kostnadseffektiva energihushållningsåtgärden ska tas bort först från lågenergihuset. En rangordning av möjliga åtgärder måste därför göras. I detta fall jämförs fyra olika åtgärder. Dessa framgår av tabellen nedan.

Byggnadens energianvändning i originalutförande är 8 194 kWh/år vilket inkluderar både fjärrvärme och el.

Åtgärderna som redovisas i tabellen nedan påverkar endast fjärrvärmens och energipriset för fjärrvärme användes således för samtliga åtgärder.

Byggnadens U-medel i originalutförande har teoretiskt beräknats till 0.1682492 W/m² K.

U-medel för S2 i lågenergiutförande

Calculate building mean U-value										SS-EN ISO 13789:2007 and SS 02 42 30 (2)	
		Isolering m.m.			Reglar		Clear		Default		
Envelope member	Area	U-value		λ	Thick-ness		λ	Joists area share			
ID	m2	W/m2K		W/m K	mm		W/m K	%			
vägg 1	1		mineralull	0.036	95	trä - furu	0.14	15	OK		
Compensation for linear and point shaped thermal bridges, add [%] <input type="text" value="19"/> <input type="button" value="Calculate U-value"/>											
Calculated thermal bridges, add [W/K] <input type="text" value="0"/> version: 2014-02-02											
U-value calculation, By: Stefan Norrman Object: SP2, enligt byggarens data i Excelfil Calculated at www.energiiberakning.se 2015-05-10 09:11											
[Vind horisontell]	[70]	[]	[Gipsskiva]	[0.22]	[13]	[]	[]	[]			
[Vind horisontell]	[70]	[]	[Glespanel]	[0.005]	[1]	[]	[]	[]			
[Vind horisontell]	[70]	[]	[Plastfolie]	[1]	[0.2]	[]	[]	[]			
[Vind horisontell]	[70]	[]	[Lössull - Mineralull]	[0.039]	[720]	[trä - furu]	[]	[]			
[Vind horisontell]	[70]	[]	[Yttertak inkl 22 mm trä]	[0.00333]	[]	[]	[]	[]			
[Vägg ytter]	[147.2]	[]	[Gipsskiva]	[0.22]	[13]	[]	[]	[]			
[Vägg ytter]	[147.2]	[]	[Spikläkt + plastfolie]	[0.005]	[1]	[]	[]	[]			
[Vägg ytter]	[147.2]	[]	[Mineralull + reglar]	[0.035]	[95]	[trä - furu]	[0.14]	[]			
[Vägg ytter]	[147.2]	[]	[Mineralull + reglar]	[0.035]	[195]	[trä - furu]	[0.14]	[]			
[Vägg ytter]	[147.2]	[]	[Styv glasull hel skiva]	[0.031]	[80]	[]	[]	[]			
[Vägg ytter]	[147.2]	[]	[Spikläkt+träpanel]	[0.005]	[1]	[]	[]	[]			
[platta på mark]	[70]	[0.082]									
[fönster 11 st]	[17.9]	[0.75]									
[fönsterdörr]	[4.2]	[0.8]									
[ytterdörr]	[4.1]	[0.8]									
Calculated <u>U</u> -values: Ui for Vind horisontell, [W/m2 K]: 0.05829006 Ui for Vägg ytter, [W/m2 K]: 0.09799608 Ui for platta på mark, [W/m2 K]: 0.082 Ui for fönster 11 st, [W/m2 K]: 0.75 Ui for fönsterdörr, [W/m2 K]: 0.8 Ui for ytterdörr, [W/m2 K]: 0.8 Building envelope, [m2]: 313,4 Thermal bridges included generally by adding 19 % Thermal bridges included specifically by 0 W/K Mean U-value [W/m2 K]: 0.1682492											

Varje åtgärd i tabellen nedan har U-värdesberäknats och energibalansberäknats var för sig för att möjliggöra rangordning av åtgärderna. Utgångspunkten för varje sådan beräkning har varit lågenergihuset. För vanliga beräkningar är det normalt tillräckligt att ett U-värde preciseras med två decimaler. Av praktiska skäl redovisas fler decimaler här. För beräkningarna har www.energiberakning.se använts.

Enskilda åtgärder beräknade var för sig, för rangordning

Åtgärd	Före	Efter	Mängd	Kostnad	kWh/år efter	kWh, diff	kr/kWh	Kr, diff
Fasadskiva 80 mm	0.1682492	0.1886628	147.2 m ²		9 062	868	0.89	773
Mineralull + reglar 95 mm	0.1682492	0.1834333	147.2 m ²		8 838	644		
Fönster + fönsterdörrar	U=0.75 0.1682492	U=1.4 0.2219966	17.9 + 4.2 m ²		10 500	2 306		
FTX värmeåtervinning	Roterande 70 %	Korsströms 40 %	1		10 652	2458		

Åtgärder inklusive kalibrerade indata (tabell nedan)

Beräkning av S2 som ändrats till ett BBR 19-hus med:

- uppmätta data och areauppgifter enligt byggföretag
- kalibrering genom införande av följande uppmätta värden

	Ursprunglig schablon	Uppmätt värde som används för beräkningen
Inomhustemperatur, luft	22	21
Antal personer	3	3,5
Tappvarmvatten	2 800	2 898
Fastighetsenergi	900	652
Ventilation	50,3	48,3

- kalibrerad utetemperatur -17,1 procent för att proportionellt fördela det extra uppmätta energibehovet på övriga energianvändande parametrar, för att nå 59 kWh/m² år. Detta är det uppmätta, normalårskorrigerade värdet för byggnaden totalt, i överensstämmelse med BBR 19

- åtgärder för att försäkra klimatskalet till $U=0,271 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ för att nå kravnivån i BBR 19, som är 90 kWh/m^2 och år.

För att nå 90 kWh/m^2 och år måste följande tre åtgärder tas bort:

Åtgärd	Före Umedel	Efter Umedel	mängd	kostnad	kWh/år efter	kWh, diff	kr/kWh	Kr, diff
Fasad-skiva 80 mm	0.1682492	0.271	147,2 m ²		12 645	4 451	0.89	3 961
Mineralull + reglar 95 mm	0.1682492		147,2 m ²					
Fönster + fönsterdörrar	U=0.75 0.1682492		17.9 + 4.2 m ²					

Energimodell BBR 19-byggnad, 90 kWh/m^2 år

Energiberäkning som visar att 90 kWh/m^2 och år uppnås genom att öka U-värdet till 0,271. Detta görs genom att skala av de åtgärder som redovisas i tabellen ovan.

Beräkna energi - och effektbehov för ett nytt hus. Kontrollera om det kan godkännas enligt Boverkets byggregler, BBR. [BBR 19] Användaren ansvarar själv för det beräknade resultatet. [version: 2015-01-15]
--

BBR-version, klimat, temperatur			
BBR version: BBR 19 ▼	Län: Västra Götalands län ▼	Klimatzon enl BBR:	III
	Klimatdata för: Göteborg ▼	Dimensionerande utetemperatur:	-14,6
		Klimatkorrigering [%]:	-17.1
	<input type="checkbox"/> Använd egen klimatfil	Inomhustemperatur [°C]:	21
	<input type="button" value="Bläddra..."/> <input type="button" value="Ladda upp"/>		

Hustyp, area, lägenheter och personer		
småhus ▼		
Atemp m2, uppvärmd (>+10°C) golvarea (ej garage)	Antal lägenheter	Antal personer
140	1	3.5

Hushållsel och tappvarmvatten - samt "gratiseffekt" från dessa och personer				
Använd schablonvärden enligt:				
SVEBY 2012 ▼		<input type="checkbox"/> Individuell mätning av tappvarmvatten		
			"gratis"	
		Personvärme	163	Watt
		Hushållsel/verksamhetsel kWh/år	4200	336 Watt
		Tappvarmvatten [W]	500	
		Tappvarmvatten kWh/år	2898	66 Watt
Soltillskott genom fönster		Processer i lokal, kWh/år	0	Watt
<input type="radio"/> Dynamiskt beräknat <input checked="" type="radio"/> Annan metod		Solfångare, solceller kWh/år		
kWh/år 1400		<input type="button" value="Beräkna indata"/>		

Förluster: Transmission, ventilation, infiltration, tappvarmvatten, fastighetsenergi, kyla				
			Watt / °C	Watt
Fördefinierade byggnader	Omslutande area[m2]	314.52		
<input type="text" value="Valj byggnad"/>	Isolering: Um [W/m2 °C]	0.271 U?	85,23	3 034
	Infiltration vid 50 Pa [l/s m2]	0.25	4	134
	Totalt ventilationsflöde [l/s]	48.3	58	2 063
	Vädring [kWh/m2 år]	4		
	Fastighetsenergi, el [kWh/år]	652		
	Kyla [kWh/år]			

Tidskonstant för byggnadens värmetröghet och DVUT		
Lätt eller tung byggnad	Tidskonstant [timmar]	Dim VinterUteTemperatur [°C]
<input type="text" value="Lätt"/>	24 <input type="button" value="Beräkna ny DVUT"/>	-14.6

Ventilationsvärmeväxlare - värmepump - energislut			
	Årsmedelenergiverkningsgrad	Watt / °C	Watt
Värmeåtervinning, FTX	70 % netto	41	1 460
Värmepump		Värmefaktor	Watt
<input type="text" value="_Valj värmepump"/>			
<input type="checkbox"/> Jag vill ange egna siffror för värmepumpens prestanda, eftersom den inte finns i listan ovan.			
Spetslast med:	Reglerförluster [%]		
<input type="text" value="Fjärrvärme"/>	5		

Effekt [W] vid DVUT - Beräknat resultat

Husets effektbehov			
	Watt	Produktion	Watt
Byggnad (U+V+I)	5 232	Värmepump (el in, DVUT)	0
Tillskott ("gratis")	625	El	
		Fjärrvärme	3 648
Återvunnet från ventilationen	1 460	Totalt behov av eleffekt	0
		Specifik eleffekt Watt/m ²	0,0
		BBR el-krav, fast del	
Radiatorsystem	3 148	BBR el-krav, Atemp>130	
Tappvarmvatten	500	BBR el-krav, vent>0.35 l/s	
Summa värme + vv	3 648	BBR el-krav, totalt	

Energi [kWh/år] - Beräknat resultat

Energibehov för byggnaden:			
[Regler: BBR 19] [Län: Västra Götalands län] [Klimatzon: III] [Klimatfil: Göteborg] [Uppvärmning: Fjärrvärme]			
Beräknat 2015-05-10 11:47:52 med www.energiberakning.se , version 2015-01-15.			
Balanstemperatur [°C]	15,2	Tappvarmvatten	2 898
Gradtimmar baserade på klimatfil [Kh]	78 344	Byggnadsuppvärmning	9 095
Tillgodogjord solenergi genom fönster	1400	Solfångare, solcell el.dyl.	-
Verkningsgrad uppvärmning [%]	97	Köpt värmeenergi	11 993
Transmission, brutto	11 360	Fastighetsenergi	652
Ventilation + Infiltration, brutto	8 264	Kylenergi	
Atemp [m ²]	140	Köpt energi enligt BBR	12 645
Krav enligt BBR, max [kWh/m ² år]	90	Specifik enegianvändning, [kWh/m ² år]	90 [max 90]
		Hushållsel	4200
		Total energi	16845

Resultatsammanställning

S2 Energibehov, före och efter att åtgärder tagits bort

S2	Fjärrvärme kWh/år	El kWh/år	Summa kWh/år	specifik energi-användning kWh/m ² år
Lågenergihus	7 542	652	8 194	59
BBR19-hus	11 993	652	12 645	90

Flerbostadshuset F1

Objektbeskrivning

Klimatzon: III, Flerbostadshus Byggår: 2008 och 2010 Yta A-temp: Uppvärmningssätt: Annat än elvärme (fjärrvärme)

Orientering

FP1 består av 4 hyreshus á 8 våningar och med 27 lägenheter per huskropp. De har uppförts i två etapper med två huskroppar per etapp. Husen värms med fjärrvärme och är byggda som passivhus. Individuella vattenburna eftervärmningsbatterier till varje lägenhet finns i fläktrummet. Den individuella debiteringen baseras på vald temperatur utöver +21°C i varje lägenhet.

Byggnadsfysik

Husen är grundlagda med betongplatta på mark. Mellanbjälklag och bärande innerväggar är av betong. Ytterväggar och tak är av lätt och välisolerad konstruktion med små köldbryggor. Treskiktisolerings i yttervägg. Mittenskikt med bärande stålpelare men i övrigt utan reglar. När det gäller täthet så är denna bättre än 0,2 l/s m² omslutande yta vid ±50 Pa.

Installationer

Husen har FTX-ventilation med plattvärmväxlare. Två centrala aggregat per huskropp är placerade på bottenplan. Individuella vattenburna eftervärmningsbatterier till varje lägenhet finns i fläktrummet. Den individuella debiteringen baseras dock inte på levererad energimängd utan på vald temperatur utöver +21°C i varje lägenhet. Därutöver finns vintertid även vattenbaserad golvvärme i varje badrum. Varje hus är även utrustat med en enklare 75 m² luftsolfångare vilken vid behov används för förvärmning av den friskluft som tas in i byggnaden.

Energianvändning

Målsättningen har varit att med marginal klara de svenska passivhuskriterierna enligt FEBY09, vilket innebär mindre än 60 kWh/m², år. Enligt energiberäkningar skulle man hamna på 50 kWh/m² år och uppföljning av verklig energianvändning visar att man hamnar strax över detta värde. Detta kan jämföras med nuvarande krav i BBR för en icke elvärmad bostadsbyggnad på 90 kWh/m² år, samt krav i BBR vid uppförandet 2008 och 2010 på 110 kWh/m² år.

Energirelaterade data för byggnaden

Data för byggnad FP1		Grundfall
1	Byggnadstyp	Flerbostadshus
2	Byggår	2010
3	Längd (m)	28
4	Bredd (m)	20
5	Konstruktion, huvudsaklig	Trästomme med mineralull och träpanel
6	Antal våningar	8
7	Vånings-/takhöjd (m)	2,5
8	Ort	Falkenberg
9	Klimatzon enligt BBR19 (BBR22)	III (IV)
10	DVUT (°C)	(redovisas endast för elvärmda byggnader)
11	Inomhustemperatur (°C)	21
12	Tidskonstant (h)	(redovisas endast för elvärmda byggnader)
13	Uppvärmningssätt	Elvärme
14	A_{temp} (m ²)	2740
15	A_{om} (m ²)	2765
16	Antal lägenheter (för bostad)	27
17	Antal personer	71
18	Hushållsenergi, tot/el/fjv (kWh/ m ² och år)	30/30/0
19	Tappvarmvatten (kWh/m ² och år)	26,6
20	Energitillskott från kontorsutrustning (kWh/år)	Redovisas inte
21	Verksamhetsenergi, tot/el/fjv (kWh/år)	0/0/0
22	Energitillskott från solinstrålning genom fönster (kWh/år)	Redovisas inte
23	Reglerförluster (% av uppvärmningsenergin eller kWh/år) Kan man få ut detta ur IDA? Inget indatal	Redovisas inte

24	Distributionsförluster (kWh/år)	Ej beaktat
25	Vädring (kWh/m ² och år)	4 (Sveby-schablion) tillägg efter simulering
26a	Takyta 1, isolering tjocklek (mm)	620
27a	Takyta 1, isolering area (m ²)	334 skiljer sig från golvytan pga olika zonytor.
28a	Takyta 1, isolering U _i (W/m ² K)	0,06
29a	Väggyta 1, tjocklek (mm)	385
30a	Väggyta 1, area (m ²)	1400
31a	Väggyta 1, U _i (W/m ² K)	0,12
32a	Golvtyta 1, tjocklek isolering (mm)	300
33a	Golvtyta 1, area (m ²)	350 skiljer sig från tak pga olika zonstorlekar
34a	Golvtyta 1, längd (m) * bredd (m) / kantbalk (m)	28*20 / 96
35a	Mark, värmekonduktivitet W/m K	Redovisas inte
36a	Golvtyta 1, U _i (W/m ² K)	0,09 inkl mark
37a	Fönstertyp 1, U _i inkl. karm (W/m ² K)	0,9
38a	Fönstertyp 1, antal glas / lutning (°)	3, 90
39a	Fönstertyp 1, g-värde glasdel (-)	0,37
40a	Fönstertyp 1, area inkl. karm / glasarea (m ²)	333 / 300
41a	Fönstertyp 1, S, N, V, Ö inkl. karm(m ²)	110,104,103,70
37b	Fönstertyp 2, U _i inkl. karm (W/m ² K)	1,01
38b	Fönstertyp 2, antal glas / lutning (°)	3, 90
39b	Fönstertyp 2, g-värde / LT-värde (-/-)	0,37
40b	Fönstertyp 2, area inkl. karm / glasarea (m ²)	95/ 86
41b	Fönstertyp 2, S, N, V, Ö inkl. karm(m ²)	-,53,42,-
42a	Dörtryp 1, U _i inkl. karm (W/m ² K)	Dörrar redovisas som fönster
43a	Dörtryp 1, area inkl. karm / glasarea (m ²)	Dörrar redovisas som fönster

44a	Dörrtyp 1, riktning S, N, V, Ö inkl. karm (m ²)	Dörrar redovisas som fönster
45	Köldbryggor, %-påslag eller W/K	71 W/K
46	U _m klimatskärm (W/m ² K) [tillåtet enl. BBR 19-22]	0,27 [0,40]
47	Ventilation, årsgenomsnitt av normal och forcering (l/s)	996 l/s
48	Värmeåtervinning FTX, temp.verkn.grad (%) / lägsta avluftstemperatur (°C)	75 / 5
49	Infiltration (l/s m ² vid 50 Pa)	0,16
50	Fastighetsenergi, tot/el/fjv (kWh/år)	34646/34646/0
51	Kyla, tot/el/fjärrkyla (kWh/år)	0/0/0
52	Värmepump (typ)	Finns ej
53	VP installerad märkeffekt kompressor (kW)	Finns ej
54	SPF (seasonal performance factor), inkl. ev. brinepump och/eller fläkt i uteluftsdel (-)	Finns ej
55	VP prestanda detaljerat enligt EN 14511 Driftpunkt(B/W):kW _{värme} :COP	Finns ej
56	SFP kW/(m ³ /s), [S, F, FT, FTX, FVP]	2,7 FTX, 2 F
57	Byggnadens specifika energianvändning, kWh/m ² och år [kravnivå enl. BBR 19-21/22 inkl. ev. tillägg]	56,5 [90/80]
58	Tillägg för höga luftflöden enl BBR 19, (kWh/m ² år)	-
59	Byggnadens energianvändning enl. BBR 19-22, kalibrerad IDA-beräkning ² , tot/el/fjv (kWh/år)	154946/34646/120300
60	Installerad eleffekt för uppvärmning (kW), [tillåtet enl BBR 19-22]	

- 1) El till komfortkyla multiplicerat med 3 enligt BBR 19-22
- 2) Korrigerad till normaliserad användning enligt Sveby

Detaljerade indata

Wind driven infiltration airflow rate			901.014 l/s at 50.000 Pa	
Building envelope	Area [m ²]	U [W/(K m ²)]	U*A [W/K]	% of total
Walls above ground	1402.72	0.12	171.47	24.86
Walls below ground	0.00	0.00	0.00	0.00
Roof	333.88	0.06	19.05	2.76
Floor towards ground	349.55	0.09	32.21	4.67
Floor towards amb. air	0.00	0.00	0.00	0.00
Windows	428.43	0.92	396.05	57.41
Doors	2.12	0.12	0.26	0.04
Thermal bridges			70.81	10.26
Total	2516.70	0.27	689.85	100.00

Thermal bridges	Area or Length	Avg. Heat conductivity	Total [W/K]
External wall / internal slab	1255.16 m	0.005 W/(K m)	6.276
External wall / internal wall	610.00 m	0.005 W/(K m)	3.050
External wall / external wall	360.85 m	0.060 W/(K m)	21.651
External windows perimeter	1175.83 m	0.020 W/(K m)	23.517
External doors perimeter	6.22 m	0.020 W/(K m)	0.124
Roof / external walls	95.84 m	0.070 W/(K m)	6.709
External slab / external walls	95.28 m	0.080 W/(K m)	7.622
Balcony floor / external walls	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
External slab / internal walls	125.11 m	0.005 W/(K m)	0.626
Roof / internal walls	247.44 m	0.005 W/(K m)	1.237
External walls, inner corner	124.46 m	0.000 W/(K m)	0.000
Total envelope area	2514.43 m ²	0.000 W/(K m ²)	0.000
Extra losses	-	-	0.000
Sum	-	-	70.812

Windows	Area [m ²]	U Glass [W/(K m ²)]	U Frame [W/(K m ²)]	U Total [W/(K m ²)]	U*A [W/K]	Shading factor g
NE	103.67	0.90	1.46	0.96	99.10	0.37
SE	109.73	0.90	0.90	0.90	98.75	0.37
SW	144.93	0.90	1.22	0.93	135.10	0.37
NW	70.11	0.90	0.90	0.90	63.10	0.37
Total	428.43	0.90	1.05	0.92	396.05	0.37

Air handling unit	Pressure head supply/exhaust [Pa/Pa]	Fan efficiency supply/exhaust [-/-]	System SFP [kW/(m ³ /s)]	Heat exchanger temp. ratio/min exhaust temp. [-/°C]
AHU	840.00/780.00	0.60/0.60	1.40/1.30	0.75/5.00
Frånluftsfläkt	0.00/400.00	0.00/0.60	0.00/0.67	0.00/0.00

Osäkerheter

Det saknas information om styrsystemet, t ex styrning av tilluftstemperaturen.

Energimodell FP1

FP1 ursprunglig 50,8 kWh/m² (140 345 kWh, varav el 37 400):

http://www.energiberakning.se/Effekt_och_Energi_i_hus/Effekt_och_Energi_i_hus.aspx?job=EEB&ver=20150115&Lang=sv&1=BBR_19&2=19&3=III&4=0.0&5=Göteborg&6=-14,6&7=21&10=flerbostadshus&11=2765&12=27&13=81&14=Egnauppgifter&15=0&16=2765&17=58065&18=4640&19=13500&20=80185&21=1831&22=&23=0&24=5000&62=1&63=27650&25=2865&26=0&27=0,298&28=853,77&29=0,2&30=28&31=1035,3&32=1242&33=4&34=37400&36=0&37=165000&38=62&39=-13.4&40=80&41=994&42=34194&43=0&44=&45=&46=0&47=ExempelV P;-30;2.34;2;7;3.45;3;15;4.56;4&48=1&49=5

Enskilda åtgärder

Försämring klimatskärm, Um från 0,3 till 0,4

Borttagning av 210 mm ytterväggisolering (skikt med reglar 145 och 70 tas bort, 1 223,4 m²). Försämrade lufttätethet från 0,2 till 0,6.

Resultatlänk FP1 försämrade klimatskärm 64,0 kWh/m² (177 068 kWh varav el 37 400):

http://www.energiberakning.se/Effekt_och_Energi_i_hus/Effekt_och_Energi_i_hus.aspx?job=EEB&ver=20150115&Lang=sv&1=BBR_19&2=19&3=III&4=0.0&5=Göteborg&6=-14,6&7=21&10=flerbostadshus&11=2765&12=27&13=81&14=Egnauppgifter&15=0&16=2765&17=58065&18=4640&19=13500&20=80185&21=1831&22=&23=0&24=5000&62=1&63=27650&25=2865&26=0&27=0,398&28=1140,27&29=0,6&30=83&31=1035,3&32=1242&33=4&34=37400&36=0&37=165000&38=62&39=-13.4&40=80&41=994&42=34194&43=0&44=&45=&46=0&47=ExempelV P;-30;2.34;2;7;3.45;3;15;4.56;4&48=1&49=5

Borttagen solfångare

Resultatlänk FP1 borttagen solfångare 52,6 kWh/m² (145 345 kWh varav el 37 400):

http://www.energiberakning.se/Effekt_och_Energi_i_hus/Effekt_och_Energi_i_hus.aspx?job=EEB&ver=20150115&Lang=sv&1=BBR_19&2=19&3=III&4=0.0&5=Göteborg&6=-14,6&7=21&10=flerbostadshus&11=2765&12=27&13=81&14=Egnauppgifter&15=0&16=2765&17=58065&18=4640&19=13500&20=80185&21=1831&22=&23=0&24=5000&62=1&63=27650&25=2865&26=0&27=0,398&28=1140,27&29=0,6&30=83&31=1035,3&32=1242&33=4&34=37400&36=0&37=165000&38=62&39=-13.4&40=80&41=994&42=34194&43=0&44=&45=&46=0&47=ExempelV P;-30;2.34;2;7;3.45;3;15;4.56;4&48=1&49=5

[1831&22=&23=0&24=5000&62=1&63=27650&25=2865&26=0&27=0,29&28=853,77&29=0,2&30=28&31=1035,3&32=1242&33=4&34=37400&36=0&37=165000&38=62&39=-13.4&40=50&41=621&42=21362&43=0&44=&45=&46=0&47=ExempelVP;-30;2.34;2;7;3.45;3;15;4.56;4&48=1&49=5](http://www.energiberakning.se/Effekt_och_Energi_i_hus/Effekt_och_Energi_i_hus.aspx?job=EEB&ver=20150115&Lang=sv&1=BBR_19&2=19&3=III&4=0.0&5=Göteborg&6=-14,6&7=21&10=flerbostadshus&11=2765&12=27&13=81&14=Egnauppgifter&15=0&16=2765&17=58065&18=4640&19=13500&20=80185&21=1831&22=&23=0&24=5000&62=1&63=27650&25=2865&26=0&27=0,29&28=853,77&29=0,2&30=28&31=1035,3&32=1242&33=4&34=37400&36=0&37=165000&38=62&39=-13.4&40=50&41=621&42=21362&43=0&44=&45=&46=0&47=ExempelVP;-30;2.34;2;7;3.45;3;15;4.56;4&48=1&49=5)

Försämrad värmeåtervinning

Resultatlänk FP1 försämrad värmeåtervinning från 80 procent till 50 procent, 65,3 kWh/m² (180 588 kWh varav el 37 400):

http://www.energiberakning.se/Effekt_och_Energi_i_hus/Effekt_och_Energi_i_hus.aspx?job=EEB&ver=20150115&Lang=sv&1=BBR_19&2=19&3=III&4=0.0&5=Göteborg&6=-14,6&7=21&10=flerbostadshus&11=2765&12=27&13=81&14=Egnauppgifter&15=0&16=2765&17=58065&18=4640&19=13500&20=80185&21=1831&22=&23=0&24=5000&62=1&63=27650&25=2865&26=0&27=0,29&28=853,77&29=0,2&30=28&31=1035,3&32=1242&33=4&34=37400&36=0&37=165000&38=62&39=-13.4&40=50&41=621&42=21362&43=0&44=&45=&46=0&47=ExempelVP;-30;2.34;2;7;3.45;3;15;4.56;4&48=1&49=5

Åtgärds paket

Resultatlänk FP1 alla åtgärder 81,2 kWh/m² (224 574 kWh):

http://www.energiberakning.se/Effekt_och_Energi_i_hus/Effekt_och_Energi_i_hus.aspx?job=EEB&ver=20150115&Lang=sv&1=BBR_19&2=19&3=III&4=0.0&5=Göteborg&6=-14,6&7=21&10=flerbostadshus&11=2765&12=27&13=81&14=Egnauppgifter&15=0&16=2765&17=58065&18=4640&19=13500&20=80185&21=1831&22=&23=0&24=0&62=1&63=27650&25=2865&26=0&27=0,398&28=1140,27&29=0,6&30=83&31=1035,3&32=1242&33=4&34=37400&36=0&37=165000&38=62&39=-13.4&40=50&41=621&42=21362&43=0&44=&45=&46=0&47=ExempelVP;-30;2.34;2;7;3.45;3;15;4.56;4&48=1&49=5

Resultatsammanställning

Tabell 3.1 Jämförelse av olika energihushållningsnivåer

	BBR-hus			Energieffektivt hus		Passivhus	
				Bra klimatskärm		Bra klimatskärm och energi-effektiva installationer	
	224 574 kWh/år			185 588 kWh/år		140 345 kWh/år	
	81 kWh/m ² år			67 kWh/m ² år		51 kWh/m ² år	
	Area m ²	U-värden, mm	Mer-kostnad, kr	U-värden, mm	Merkostnad, kr	U-värden mm	Merkostnad, kr
Yttervägg	1223	0,23	0	0,11	1 430 000 ^w	0,11	1 430 000 ^w
Fönster, fönster-dörrar	449	1,1	0	0,9	Ingår i ovan	0,9	Ingår i ovan
Lufttäthet	-		0		95 000 ^w		95 000 ^w
Solfångare	-	Utan	0	Utan	0	Med	100 000 ^s
Värmeåtervinning	-	50 %	0	50 %	0	80 %	270 000 ^w
Summa			0		1 525 000		1 895 000

^w = Wikells tidigare utförda prissättning från 2014-09-03.

^s = Priser från SP 2015.

Kontoret L8

Objektbeskrivning

Lokal i klimatzon: III, Verksamhet: Kontor, Byggår: 2011, A-temp: 11 919 m².

Nybyggd kontorsbyggnad. Byggnaden uppfördes av ett byggföretag för en specifik hyresgäst.

Fastigheten såldes sedan till ett fastighetsbolag som äger och förvaltar byggnaden. Den är byggd som en lågenergibyggnad från början med mål att få Leed platina certifiering, vilket den har.

I bottenvåningen finns reception, lunchrestaurang samt ett bankkontor med egen ingång. I mitten på byggnaden finns hissar och en mindre yta med ljus gård med fri höjd till yttertak av glas.

Byggnadsfysik

Dubbla fasader på långsidor med glas i ytterskikt. På kortsidor är det putsad fasad med fönster i. Bottenvåningen har till större delen glas som fasad. Byggnaden har två våningar under mark med bland annat garage.

Installationsteknik

Byggnaden är ansluten till fjärrvärme och fjärrkyla. Kontoren och övriga utrymmen har konvektorer vid fasaden med

Ett stort ventilationsaggregat försörjer hela byggnaden. Ventilationsaggregatet har vätskekopplad värmeåtervinning med dubbla batterier. Verkningsgraden låg på 84 procent vid besöket. Det finns batterier för värme och kyla i tilluften.

Ljusgården har ett separat återluftsaggregat som håller klimatet i denna del.

Kontorslandskapen ventileras och kyla med tilluftsbaflar. Rum med dörrar har överluft. Det finns centralt placerade frånluftsdon på varje plan.

Det finns ett övergripande styrsystem med öppet protokoll, där energimätare också är anslutna.

Även debiteringsmätare för el, fjärrvärme och fjärrkyla är uppkopplade. Det är garantitid kvar på byggnaden, så inga installationer kan göras utan entreprenörens medverkan.

Energirelaterade data för byggnaden

Data för byggnad L8 Stockholm – Grundfall


1	Byggnadstyp	Lokal (Kontor)
2	Byggår	2011
3	Längd (m)	41 (ovan mark)
4	Bredd (m)	46 (ovan mark)
5	Konstruktion, huvudsaklig	
6	Antal våningar	7 ovan mark, 3 under mark
7	Vånings-/takhöjd (m)	3.3 (sockelvåning 4.2)
8	Ort	Stockholm
9	Klimatzon enligt BBR19 (BBR22)	III
10	DVUT (°C)	(redovisas endast för elvärmda byggnader)
11	Inomhustemperatur (°C)	21
12	Tidskonstant (h)	(redovisas endast för elvärmda byggnader)
13	Uppvärmningssätt	Fjärrvärme
14	A _{temp} (m ²)	13061
15	A _{om} (m ²)	12088

16	Antal lägenheter (för bostad)	inte applicerbart
17	Antal personer	324 (normal användning)
18	Hushållsenergi, tot/el/fjv (kWh/ m ² och år)	inte applicerbart
19	Tappvarmvatten (kWh/m ² och år)	2 (exkl VVC-förlust)
20	Energitillskott från kontorsutrustning (kWh/år)	Redovisas inte
21	Verksamhetsenergi, tot/el/fjv (kWh/år)	48.4/48.4/0
22	Energitillskott från solinstrålning genom fönster (kWh/år)	Redovisas inte
23	Reglerförluster (% av uppvärmningsenergin eller kWh/år) Kan man få ut detta ur IDA? Inget indata!	Redovisas inte

24	Distributionsförluster (kWh/år)	Ej beaktat
25	Vädring (kWh/m ² och år)	Nej
26a	Takyta 1, isolering tjocklek (mm)	173 (plus betong, undertak)
27a	Takyta 1, isolering area (m ²)	2983 (yttertak + garagetak som vetter mot mark)
28a	Takyta 1, isolering U _i (W/m ² K)	0,196
29a	Väggyta 1, tjocklek (mm)	126-296
30a	Väggyta 1, area (m ²)	1969
31a	Väggyta 1, U _i (W/m ² K)	0,202 (medel)
32a	Golvtyta 1, tjocklek isolering (mm)	0 (garagegolv 600 mm betong)
33a	Golvtyta 1, area (m ²)	3024 (garagegolv under mark)
34a	Golvtyta 1, längd (m) * bredd (m) / kantbalk (m)	59.5*50.8 / 220.6
35a	Mark, värmekonduktivitet W/m K	Redovisas inte
36a	Golvtyta 1, U _i (W/m ² K)	0,121 inkl mark enligt ISO 13370
37a	Fönstertyp 1, U _i inkl. karm (W/m ² K)	1.08/1.12/1.33
38a	Fönstertyp 1, antal glas / lutning (°)	2/3, 90
39a	Fönstertyp 1, g-värde glasdel (-)	0.22/0.3/0.32/0.35/0.5/0.57/0.6
40a	Fönstertyp 1, area inkl. karm / glasarea (m ²)	2079 / 1713
41a	Fönstertyp 1, riktning Sö, Nö, Sv, Nv inkl. karm (m ²)	394, 636, 654, 395
37b	Fönstertyp 2, U _i inkl. karm (W/m ² K)	1,45
38b	Fönstertyp 2, antal glas / lutning (°)	2, 0 (atrium)

42a	Dörrtyp 1, U_i inkl. karm ($W/m^2 K$)	Ingår i fönster
43a	Dörrtyp 1, area inkl. karm / glasarea (m^2)	Ingår i fönster
44a	Dörrtyp 1, riktning S, N, V, Ö inkl. karm (m^2)	Ingår i fönster
45	Köldbryggor, %-påslag eller W/K	504 W/K
46	U_m klimatskärm ($W/m^2 K$) [tillåtet enl. BBR 19-22]	0,415 [0,60]
47	Ventilation, årsgenomsnitt av normal och forcering (l/s)	5600 l/s (viktat med drifttider).
48	Värmeåtervinning FTX, temp.verkn.grad (%) / lägsta avluftstemperatur ($^{\circ}C$)	81 / -20 (avfrostning aldrig i drift)
49	Infiltration ($l/s m^2$ vid 50 Pa)	0,6
50	Fastighetsenergi, tot/el/fjv ($kWh/år$)	229927 / 229927 / 0
51	Kyla, tot ¹ /el/fjärrkyla ($kWh/år$)	135883 / 0 / 135883 (exkl processkyla)
52	Värmepump (typ)	-
53	VP installerad märkeffekt kompressor (kW)	-
54	SPF (seasonal performance factor), inkl. ev. brinepump och/eller fläkt i uteluftsdel (-)	-
55	VP prestanda detaljerat enligt EN 14511 Driftpunkt(B/W): $kW_{värme}$:COP	-
56	SFP $kW/(m^3/s)$, [S, F, FT, FTX, FVP]	1.9 $kW/m^3/s$ vid 20 m^3/s (FTX). 0.73 $kW/m^3/s$ vid 6.9 m^3/s (ÖF)
57	Byggnadens specifika energianvändning, kWh/m^2 och år [kravnivå enl. BBR 19-21/22 inkl. ev. tillägg]	52 [86]
58	Tillägg för höga luftflöden enl BBR 19, (kWh/m^2 år)	6
59	Byggnadens energianvändning enl. BBR 19-22, kalibrerad IDA-beräkning ² , tot ¹ /el/fjv ($kWh/år$)	677313 / 229927 / 311503 / 135883
60	Installerad eleffekt för uppvärmning (kW), [tillåtet enl BBR 19-22]	- [-]

Detaljerade indata

		Input data Report	
Project		Building	
Customer	Aktea/SP/Energimyndigheten	Model floor area	13061.0 m ²
Created by	Pär Carling	Model volume	65785.1 m ³
Location	Stockholm - Bromma_024640	Model ground area	3023.7 m ²
Climate file	Stockholm-Bromma_024640(IWEC2)	Model envelope area	12087.6 m ²
Case	Gångaren16_Kalibrerad_47_v5d_bas	Window/Envelope	19.0 %
Simulated	2015-04-23 00:25:23	Average U-value	0.4151 W/(m ² K)
		Envelope area per Volume	0.1837 m ² /m ³

Wind driven infiltration airflow rate

7273.145 l/s at 50.000 Pa

Building envelope	Area [m ²]	U [W/(m ² K)]	U*A [W/K]	% of total
Walls above ground	1969.12	0.20	396.94	8.07
Walls below ground	1737.74	0.37	648.37	13.18
Roof	2982.82	0.13	375.79	7.64
Floor towards ground	3023.68	0.12	366.40	7.45
Floor towards amb. air	73.40	0.93	68.16	1.39
Windows	2225.16	1.15	2556.73	51.99
Doors	7.06	0.26	1.84	0.04
Thermal bridges			503.57	10.24
Total	12019.00	0.41	4917.81	100.00

Thermal bridges	Area or Length	Avg. Heat conductivity	Total [W/K]
External wall / internal slab	2873.76 m	0.060 W/(m K)	172.425
External wall / internal wall	448.90 m	0.060 W/(m K)	26.934
External wall / external wall	138.80 m	0.120 W/(m K)	16.656
External windows perimeter	3369.66 m	0.040 W/(m K)	134.786
External doors perimeter	11.08 m	0.040 W/(m K)	0.443
Roof / external walls	409.32 m	0.200 W/(m K)	81.864
External slab / external walls	232.52 m	0.200 W/(m K)	46.505
Balcony floor / external walls	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
External slab / Internal walls	323.08 m	0.025 W/(m K)	8.077
Roof / Internal walls	635.37 m	0.025 W/(m K)	15.884
External walls, inner corner	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
Total envelope (incl. roof and ground)	11963.71 m ²	0.000 W/(m ² K)	0.000
Extra losses	-	-	-0.000
Sum	-	-	503.575

Windows	Area [m ²]	U Glass [W/(m ² K)]	U Frame [W/(m ² K)]	U Total [W/(m ² K)]	U*A [W/K]	Shading factor g
NE	635.74	1.14	1.06	1.12	713.30	0.30
SE	394.09	1.14	1.06	1.13	443.81	0.34
SW	654.00	1.14	1.06	1.13	737.69	0.30
NW	394.95	1.15	1.07	1.14	449.67	0.57
R	146.38	1.45	-	1.45	212.25	0.22
Total	2225.16	1.17	1.06	1.15	2556.73	0.35

Air handling unit	Pressure head supply/exhaust [Pa/Pa]	Fan efficiency supply/exhaust [-/-]	System SFP [kW/(m³/s)]	Heat exchanger temp. ratio/min exhaust temp. [-/°C]
AHU*	570.00/570.00	0.60/0.60	0.95/0.95	0.81/-20.00
Frånluftsfläkt	0.00/360.00	0.00/0.60	0.00/0.60	0.00/0.00
Cirkulation atrium	648.00/0.00	0.80/0.00	0.81/0.00	0.00/0.00

*) Överluftfläkt till garage finns inte med i tabellen.

DHW use	kWh/year	Total, [l/s]
	26122.000	0.014

Occupant schedules in zones (click to expand/contract)

Schedule name	Percentage of zones with this schedule (% of total zone area).
9h vardag, ej helg och semester, 0% juli	100.00

Lighting schedules in zones (click to expand/contract)

Schedule name	Percentage of zones with this schedule (% of total zone area).
Drift garagebelysning	40.31
Anpassad mot mätdata1	59.69

Equipment schedules in zones (click to expand/contract)

Schedule name	Percentage of zones with this schedule (% of total zone area).
ALWAYS_ON	0.05
Anpassad mot mätdata1	99.95

Controller setpoints in zones (click to expand/contract)

Setpoints Max/Min	Percentage of zones with these setpoints (% of total zone area).
30.00/10.00	33.50
23.00/21.00	66.50

Konstruktioner för grundmodell

Material

Name	Heat conduct., W/(m K)	Density, kg/m³	Specific heat, J/(kg K)
/@ [Default furniture material]	0.13	1000	1300
/@ [Default soil]	2	2000	1000
/@ [Default ground insulation]	0.036	32	750
Floor coating	0.18	1100	920
L/W concrete	0.15	500	1050
@ Concrete	1.7	2300	880
Render	0.8	1800	790
Gypsum	0.22	970	1090
@ Air in 30 mm vert. air gap	0.17	1.2	1006
@ Light insulation	0.036	20	750
@ Air in 45 mm vert. air gap	0.25	1.2	1006
Aluminium	218	2700	900
Wood	0.14	500	2300
@ Air in 95 mm vert. air gap	0.53	1.2	1006

Konstruktioner

Name	U, W/(m ² K)	Thickne ss, m	Layer material	Layer thickne ss, m	Layer material	Layer thickne ss, m	Layer material	Layer thickne ss, m	Layer mater ial	Layer thickne ss, m
Ground without insulation	1.493	1	© [Default soil]	1						
Yttertak U=0,124	0.124	0.6289	Aluminium	0.002	© Light insulation	0.2769	© Concrete	0.35		
Element i Plan 2 U=0,26	0.26	0.30582	© Concrete	0.15	© Light insulation	0.12582	© Air in 45 mm vert. air gap	0.02	Rende r	0.01
Bröstningselem ent Puts U=0,196	0.196	0.3848	© Concrete	0.2	© Light insulation	0.1728	Render	0.012		
Sned Lättvägg i plan 2 U=0,23	0.23	0.17975	Render	0.01	© Light insulation	0.14475	Wood	0.012	Gypsu m	0.013
Lättvägg i plan 2 U=0,117	0.117	0.331	Render	0.01	© Light insulation	0.296	Wood	0.012	Gypsu m	0.013
Bröstning i Plan 9 U=0,233	0.233	0.34612	Aluminium	0.002	© Light insulation	0.14412	© Concrete	0.2		
Fasad Plan 8 U=0,3	0.3	0.3211	© Concrete	0.2	© Light insulation	0.1091	Render	0.012		
Fasad SW NE Plan 3-7 U=0,15	0.15	0.4411	© Concrete	0.2	© Light insulation	0.2291	Render	0.012		
Mellanbjälklag med ljudabsorbent	1.093	0.3	Floor coating	0.005	© Concrete	0.275	© Light insulation	0.02		
Betong 600	1.912	0.6	© Concrete	0.6						
Betong 300	2.886	0.3	© Concrete	0.3						
Isolering 1.3 m överst	0.576	0.35	© Concrete	0.3	© Light insulation	0.05				
Dubbelgips utan isolering	1.708	0.147	Gypsum	0.026	© Air in 95 mm vert. air gap	0.095	Gypsum	0.026		
Mellanbjälklag utan ljudabsorbent	2.781	0.28	Floor coating	0.005	© Concrete	0.275				
Golv överhäng	0.576	0.35	© Concrete	0.3	© Light insulation	0.05				
Intern massa (default xX)	2.093	0.04	© [Default furniture material]	0.04						

Resultatsammanställning

Resultatsammanfattning

Åtgärd1: Värmeåtervinningsgrad (frånluft till tilluft) sänkt från 81 till 60%

Åtgärd2: Frikylbatteri borttaget.

Åtgärd3: Klimatskalets U-värden är höjda så de U_m blir 0.60 W/m²,°C (tidigare var $U_m=0.41$ W/m²,°C).

Nedanstående värden skall jämföras med BBR-kraven:

- ✓ Energi: 86 kWh/m²,år
beräknat enligt $(80 + 70 \times (0.43 - 0.35))$ där 0.43 l/s,m² Atemp är tilluftsmedelflödet som baseras på normala drifttider för ventilationen.
- ✓ Klimatskal: $U_m=0,6$ W/K,m².

Enstaka åtgärder

Köpt energi	Fastighetsel, kWh/m ² ,år	Max effekt el, kW ¹	Komfortkyla, kWh/m ² ,år	Max effekt kyla, kW ²	Fjärrvärme, kWh/m ² ,år	Max effekt värme, kW ³	Summa, kWh/m ² ,år	U_m W/K,m ²
Utan	17.6	65	10.4	350	23.9	240	51.9	0,41
1	17.7	65	10.5	390	34.0	390	62.1	0,41
2	17.6	65	15.1	350	23.9	240	56.6	0,41
3	17.6	65	8.6	330	42.2	320	68.3	0,6

Åtgärder i serie

Köpt energi	Fastighetsel, kWh/m ² ,år	Max effekt el, kW	Komfortkyla, kWh/m ² ,år	Max effekt kyla, kW	Fjärrvärme, kWh/m ² ,år	Max effekt värme, kW	Summa, kWh/m ² ,år	U_m W/K,m ²
2+1	17.6	65	15.2	390	35.4	390	68.3	0.41
2+3	17.6	65	12.0	330	42.1	320	71.7	0.6
2+3+1	17.6	65	12.1	380	53.7	490	83.4	0.6

Maxeffekter kan vara svåra att bestämma eftersom det kan uppstå kortvariga effekttoppar (precis som i verkligheten). I rapporten finns (för värme och kyla) energisignaturer redovisade där kontroller kan göras.

Bilaga 4 Data om de teoretiska byggnaderna

I denna bilaga redovisas väsentliga energirelaterade data samt beräkningsresultat för de fyra teoretiska lågenergibygnaderna, kallade exempelbyggnader.

Exempelbyggnader, 2 småhus och 2 flerbostadshus

Fyra stycken exempelbyggnader har hämtats från Boverkets och energimyndighetens tidigare rapport 2013:2 "Optimala kostnader för energieffektivisering". Dessa byggnader som är teoretiska modeller av byggnader som representerar dagens byggande, finns detaljerat redovisade med måttsatta ritningar i ovan nämnd rapport. Rapporten kan nås via länken:

<http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2013/optimala-kostnader-for-energieffektivisering.pdf>

De fyra byggnaderna uppfyller i sitt grundutförande precis de energihushållningskrav som gäller i BBR 19 för bostäder i klimatzon III. Byggnaderna är parvis lika men med den skillnaden att det ena värms med fjärrvärme och det andra värms med el vilket i praktiken betyder att det elvärmda huset har en värmepump.

Dessa teoretiska byggnader har använts för att prova vilka åtgärder som behövs för att komma ner i en energianvändning som ligger 25 procent respektive 50 procent lägre än kravnivåerna på specifik energianvändning i BBR 19. Ett flertal förbättringar behövs i form av ytterligare energibesparande åtgärder för att gå från BBR-nivå till lågenergihus. Dessa åtgärder redovisas för varje byggnadsalternativ tillsammans med kostnader för åtgärderna.

Nytt småhus med fjärrvärme, klimatzon III (SmNFjvIII)

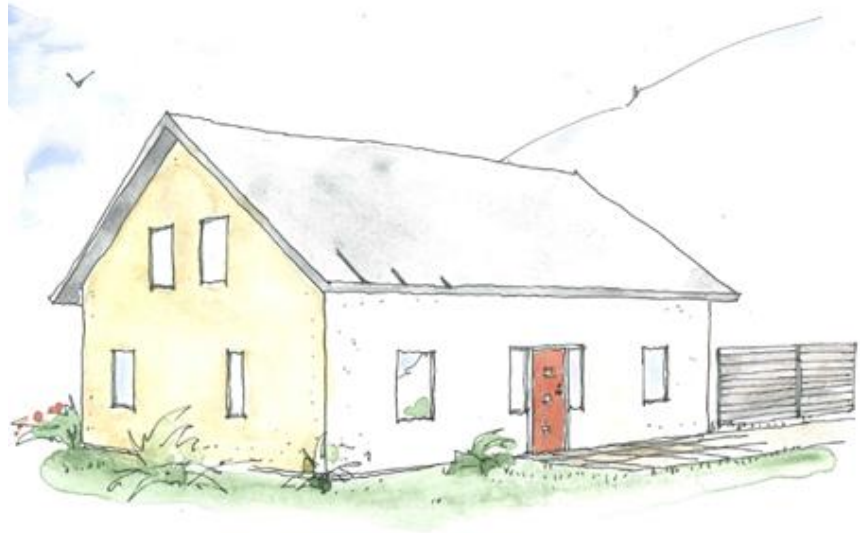


Illustration: Agilis

Objektbeskrivning

Det nya småhuset som analyserats med avseende på energiåtgärder och kostnader är ett 1½ plans hus. Invändigt mått i bottenplan är 11x8 m och den sammanlagda golvarean för hela huset är 154 m². Platta på mark med underliggande isolering, träregelstomme med mellanliggande isolering och träfasad, sadeltak med lösullsisolering, mekanisk från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning (FTX). Byggnaden har fjärrvärme.

Energirelaterade data för byggnaden enligt BBR 19-nivå

SmNFjvIII	Referensbyggnad
Byggår	Nytt
Längd (m)	11
Bredd (m)	bv.8, öv. 6
Antal våningar	1,5
Våningshöjd (m)	2,4
Antal lägenheter	1
Ort	Stockholm
Klimatzon enligt BBR	III

SmNFjvIII	Referensbyggnad
DVUT (°C)	-17,1
Tidskonstant (h)	24
Uppvärmningssätt	Fjärrvärme
Atemp (m ²)	154
Aom (m ²)	324,2
Inomhustemperatur (°C)	22
Antal personer	4
Tappvarmvatten (kWh/m ² och år)	20
Hushållsel (kWh/m ² och år)	30
Verksamhetsel (kWh/år)	0
Energitillskott från solinstrålning genom fönster (kWh/år)	1540
Energitillskott från kontorsutrustning (kWh/år)	0
Reglerförluster (% av uppvärmningse- nergin)	5
Vädring (kWh/m ² och år)	4
Takisolering tjocklek (mm)	500
Takisolering area (m ²)	34,5
Takisolering Ui (W/m ² K)	0,087
Snedtak isolering (mm)	350
Snedtak isolering area (m ²)	56,9
Snedtak isolering Ui (W/m ² K)	0,108
Väggisolering plan 1, tjocklek (mm)	315
Väggisolering plan 1, area (m ²)	98,3
Väggisolering plan 1, Ui (W/m ² K)	0,148
Väggisolering plan 2 långsida, tjocklek (mm)	350
Väggisolering plan 2 långsida, area (m ²)	15,7
Väggisolering plan 2 långsida, Ui (W/m ² K)	0,122
Golvisolering tjocklek (mm)	300
Golvisolering area (m ²)	88

SmNFjvIII		Referensbyggnad
Golvisolering U_i (W/m ² K)		0,102
Fönster U_i (W/m ² K)		1,1
Fönster g-värde		0,57
Fönsterarea (m ²)		16,7
Fönsterriktning S, N, V, Ö		4,2/4,5/4,7/3,4
Tak-fönster U_i (W/m ² K)		1,2
Tak-fönster g-värde		0,57
Tak-fönsterarea (m ²)		7,8
Takfönsterriktning S, N, V, Ö		
Ytterdörr U_i (W/m ² K)		1,2
Ytterdörrarea (m ²)		4,2
Ytterdörrriktning S, N, V, Ö		2,1/0/0/2,1
Fönsterdörr U_i (W/m ² K)		1,2
Fönsterdörrarea (m ²)		2,1
Fönsterdörrriktning S, N, V, Ö		0/2,1/0/0
Köldbryggor (%)		20
Um klimatskärm (W/m ² K) inkl. köldbryggor	0,259	
Ventilation (l/s) inkl. forcering		55,15
Värmeåtervinning FTX (systemverkningsgrad %)		63
Infiltration (l/s m ² vid 50 Pa)		0,3
Fastighetsenergi (kWh/år)		1000
SFP		(FTX) 2
Byggnadens specifika energianvändning (kWh/m ² och år)		90
Byggnadens energianvändning enl. BBR (kWh/år)		13834

Detaljerade indata (specifikation av byggnadsdelar)

SmNFjvIII				
Horisontellt vindsbjälklag 500 mm lösull				
Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Gipsskiva	13	0,22		
Glespanel	28	R=0,20		
Plastfolie	0,2	-		
Lösull	500	0,042	Träreglar, 5 %	0,140
Yttertak	Btg.takpannor, bärläkt 28x45, ströläkt 25x25, underlagspapp, 22 råspont			R = 0,30
Beräknat U-värde				0,087
Snedtak 350 mm lösull				
Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Glespanel	28	R=0,20		
Plastfolie	0,2	-		
Lösull (0,036 i vägg)	350	0,036	Träreglar, 5 %	0,140
Yttertak	Btg.takpannor, bärläkt 28x45, ströläkt 25x25, underlagspapp, 22 råspont			R = 0,30
Beräknat U-värde				0,108
Yttervägg på långsidor plan 2, 350 mm lösull				
Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Glespanel	28	R=0,20		
Plastfolie	0,2			
Lösull (0,036 i vägg)	350	0,036	Träreglar 10 %	0,140
Spikläkt	28	R=0,20		
Träpanel	22			
Beräknat U-värde				0,122
Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Gipsskiva	13	0,22		
Spikläkt	28	R=0,20		
Plastfolie	0,2			
Mineralull	120	0,037	Träreglar 15 %	0,140
Mineralull	195	0,037	Träreglar 15 %	0,140
Spikläkt	28	R=0,20		
Träpanel	22			
Beräknat U-värde				0,148
Platta på mark, betong plus underliggande isolering				
Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Ytskikt, trägolv	14	0,14		
Plastfolie	0,2			
Betong	100	1,2		
Cellplast 15 kg/m3	300	0,036		
Makadam	150			
Beräknat U-värde				0,102

Fönster, vägg			
Storlek	U-värde	Antal	Area
1,0x1,3	1,1	7	9,1
1,0x1,5	1,1	3	4,5
0,6x1,3	1,1	4	3,1
		Totalt	16,7
Fönster, tak, lutning 34 grader			
Storlek	U-värde	Antal	Area
1,0x1,3	1,2	6	7,8
Fönsterdörr			
Storlek	U-värde	Antal	Area
1,0x2,1	1,2	1	2,1
Ytterdörr			
Storlek	U-värde	Antal	Area
1,0x2,1	1,2	2	4,2

Åtgärds paket

Åtgärds paket som ger 25 procent reduktion:

1. Byte fönster/fönsterdörrar till $U=0,9$ samt reduktion av köldbryggor från 20 till 15 procent, ($U_m 0,221$)
 2. Minskad luftläckning från 0,3 till 0,2 l/sm²
 3. Värmeåtervinning ventilation från 63 till 78 procent
 4. SFP 2,0 till 1,2 (Fast-el från 1 000 till 650 kWh).
- Sammanlagt resultat från 90 till 67 kWh/m² och år (10 320 kWh).

Energimodell

http://www.energiberakning.se/Effekt_och_Energi_i_hus/Effekt_och_Energi_i_hus.aspx?job=EEB&ver=20150115&Lang=sv&1=BBR_19&2=16&3=III&4=0.0&5=Stockholm1977CostOptimal2012&6=-17,1&7=22&10=småhus&11=154&12=1&13=4&14=SVEBY2012&15=0&16=187&17=4620&18=369&19=500&20=3080&21=70&22=&23=0&24=0&62=1&63=1540&25=324.2&26=20&27=0.221&28=71,65&29=0.2&30=3&31=55.2&32=66&33=4&34=650&36=&37=110000&38=24&39=-17.1&40=78&41=51&42=1994&43=0&44=&45=&46=0&47=ExempelVP;-30;2.34;2;7;3.45;3;15;4.56;4&48=1&49=5

Um:

U-value calculation, By: Per Levin + Per Kempe Object: SmNFjvIII

Calculated at www.energiberakning.se 2015-03-18

Calculated Ui-values:

Ui for hahnbjälklag, [W/m ² K]:	0.08730336
Ui for snedtak, [W/m ² K]:	0.1081358
Ui for vägg ytte pl2, [W/m ² K]:	0.1216161
Ui for vägg ytte pl1, [W/m ² K]:	0.1478417
Ui for platta, [W/m ² K]:	0.102
Ui for fönster, [W/m ² K]:	0.9
Ui for takfönster, [W/m ² K]:	0.9
Ui for dörr, [W/m ² K]:	0.9
Ui for fönsterdörr, [W/m ² K]:	0.9
Building envelope, [m ²]:	324,2
Thermal bridges included generally by adding 15 %	
Thermal bridges included specifically by	0 W/K
Mean U-value [W/m ² K]:	0.2210011

Åtgärds paket som ger 25 procent reduktion:

Åtgärd nr	Åtgärd	Apparat/material före	Apparat/material efter	Prestanda före	Prestanda efter	Kostnads diff
1	FTX-ventilation	Platt-vvx Fabrikat: FläktWoods Modell: RDKG	Motströms vxv Fabrikat: FläktWoods Modell: RDKS	63 %	78 %	
2	Eleffektiva fläktar	AC ingår i aggregat	EC ingår i aggregat	1000 kWh	650 kWh	
3	Minskade köldbryggor		Extra detaljprojektering	20 %	15 %	
2	Luftläckning	Tejp/klämning	Tejp/klämning + tryckprovning+extra omsorg i utförande	0,3 l/s m ²	0,2	
4	Fönster			U=1,1	U=0,9	
5	Takfönster			U=1,2	U=0,9	
6	Fönsterdörr			U=1,2	U=0,9	

Åtgärd nr	Åtgärd	Apparat/material före	Apparat/material efter	Prestanda före	Prestanda efter	Kostnads diff
7	Ytterdörr			U=1,2	U=0,9	

Anm: Båda aggregaten får plats ovanför spisen i kök.

Resultatsammanställning

Sammanlagt resultat från 90 till 67 kWh/m² och år (10 320 kWh).

Åtgärds paket som ger 50 procent reduktion:

5. Minskad luftläckning från 0,3 till 0,15 l/sm²
6. Värmeåtervinning ventilation från 63 till 85 procent
7. SFP 2,0 till 1,2 (Fast-el från 1000 till 650 kWh på grund av effektivare fläktar).
8. Byte fönster/fönsterdörrar till U=0,7
9. Ökad isolering på snedtak och YV plan 2 till 400 mm.
10. Nya skikt i YV plan 1 från insida: 120 minull mellan reglar, 195 heltäckande isol, 95 minull mellan reglar, 80 mm heltäckande minull
11. Byte isoler kvalitet för YV plan 1 och 2, hanbjälklag och snedtak till 0,033 (Slutligt Um=0,165).

Sammanlagt resultat 45 kWh/m² och år (6 936 kWh).

http://www.energiberakning.se/Effekt_och_Energi_i_hus/Effekt_och_Energi_i_hus.aspx?job=EEB&ver=20150115&Lang=sv&1=BBR_19&2=16&3=III&4=0.0&5=Stockholm1977CostOptimal2012&6=-17,1&7=22&10=småhus&11=154&12=1&13=4&14=SVEBY2012&15=0&16=187&17=4620&18=369&19=500&20=3080&21=70&22=&23=0&24=0&62=1&63=1540&25=324.2&26=20&27=0.165&28=53,49&29=0.15&30=2&31=55.2&32=66&33=4&34=650&36=&37=110000&38=24&39=-17.1&40=85&41=56&42=2190&43=0&44=&45=&46=0&47=ExempelVP;-30;2.34;2;7;3.45;3;15;4.56;4&48=1&49=5

Um:

U-value calculation, By: Per Levin + Per Kempe 2015-02-18

Calculated Ui-values:

Ui for hahnbjälklag, [W/m ² K]:	0.07203625
Ui for snedtak, [W/m ² K]:	0.08925654
Ui for vägg ytte pl2, [W/m ² K]:	0.1014511
Ui for vägg ytte pl1, [W/m ² K]:	0.06891387
Ui for platta, [W/m ² K]:	0.102

U _i for fönster, [W/m ² K]:	0.70
U _i for takfönster, [W/m ² K]:	0.70
U _i for dörr, [W/m ² K]:	0.70
U _i for fönsterdörr, [W/m ² K]:	0.70
Building envelope, [m ²]:	324,2
Thermal bridges included generally by adding 15 %	
Thermal bridges included specifically by	0 W/K
Mean U-value [W/m ² K]:	0.1648273

Åtgärds paket som ger 50 procent reduktion:

Åtgärd nr	Åtgärd	Apparat/material före	Apparat/material efter	Prestanda före	Prestanda efter	Kostnads diff
1	FTX-ventilation	Platt-vvx Fabrikat: FläktWoods Modell: RDKG	Motströms vx Fabrikat: FläktWoods Modell: RDAS	63 %	85 %	
2	Eleffektiva fläktar	AC ingår i aggregat	EC ingår i aggregat	1000 kWh	650 kWh	
3	Minskade köldbryggor		Extra detaljprojektering	20 %	15 %	
4	Luftläckning	Tejp/klämning	Tejp/klämning+tryckprovning+extra omsorg i utf.+utbildning för hantverkare 1 dag	0,3 l/s m2	0,15	
5	Fönster			U=1,1	U=0,7	
6	Takfönster			U=1,2	U=0,7	
7	Fönsterdörr			U=1,2	U=0,7	
8	Ytterdörr			U=1,2	U=0,7	
9	Tilläggsisol. snedtak och yv plan2	Minullskivor	Ökad tjocklek och ändrat lambda	350 mm lambda= 0,036	400 mm lambda= 0,033	
10	Hanbjälklag	Lösull	Minullsskivor	Lambda= 0,042	Lambda= 0,033	
11	Yttervägg plan 1	Totalt 315 mm minull mellan reglar (ospec. skikt)	120 minull mellan reglar, 195 heltäckande isol, 95 minull mellan reglar, 80 mm heltäckande minull	Lambda= 0,037 U= 0,148	Lambda= 0,033 U= 0,069	

Anm. Fönster med $U=0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (karmyttermått) kan hittas i Passivhussortimentet. Aggregat efter får placeras i tvättstuga.

Resultatsammanställning

Sammanlagt resultat 45 kWh/m^2 och år (6 936 kWh).

Nytt småhus med elvärme i klimatzon III, SmNELIII

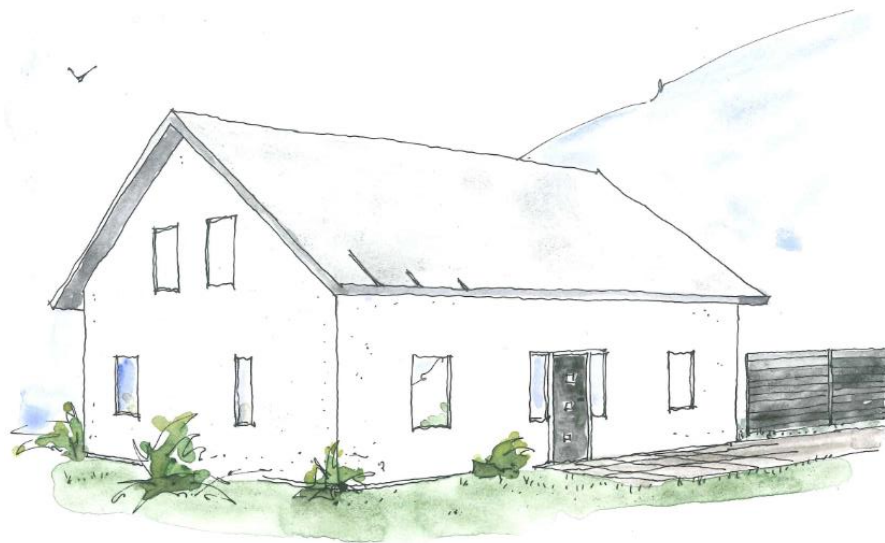


Illustration: Agilis

Objektbeskrivning

Det nya småhuset som analyserats med avseende på energiåtgärder och kostnader är ett 1½ plans hus. Invändigt mått i bottenplan är 11x8 m och den sammanlagda golvarean för hela huset är 154 m². Platta på mark med underliggande isolering, träregelstomme med mellanliggande isolering och träfasad, sadeltak med lösullsisolering, mekanisk frånluftsventilation med värmeåtervinning. Byggnaden har frånluftsvärmepump (FVP).

Energirelaterade data för byggnaden

SmNELIII	Referensbyggnad
Byggår	Nytt
Längd (m)	11
Bredd (m)	Bv. 8 öv. 6
Antal våningar	1,5
Våningshöjd (m)	2,4
Antal lägenheter	1
Ort	Stockholm
Klimatzon enligt BBR	III
DVUT (°C)	-17,1
Tidskonstant (h)	24

SmNELIII	Referensbyggnad
Uppvärmningssätt	Elvärme
A_{temp} (m ²)	154
A_{om} (m ²)	324,2
Inomhustemperatur (°C)	22
Antal personer	4
Tappvarmvatten (kWh/m ² och år)	20
Hushållsel (kWh/m ² och år)	30
Verksamhetsel (kWh/m ² och år)	0
Energitillskott från solinstrålning genom fönster (kWh/år)	1 540
Energitillskott från kontrosutrustning (kWh/år)	0
Reglerförluster (% av uppvärmningse- nergin)	5 %
Vädring (kWh/m ² och år)	4
Takisolering, tjocklek (mm)	400
Takisolering area (m ²)	34,5
Takisolering U, (W/m ² K)	0,107
Snedtak isolering (mm)	250
Snedtak isolering area (m ²)	56,9
Snedtak isolering U (W/m ² K)	0,147
Väggisolering plan 1, tjocklek (mm)	215
Väggisolering plan 1, area (m ²)	98,3
Vägg isolering plan 1, U (W/m ² K)	0,206
Väggisolering plan 2 långsida, tjocklek (mm)	250
Väggisolering plan 2 långsida, area (m ²)	15,7
Väggisolering plan 2 långsida U (W/m ² K)	0,165
Golvisolering tjocklek (mm)	200
Golvisolering area (m ²)	88,0
Golvisolering U (W/m ² K)	0,14
Fönster U, (W/m ² K)	1,2

SmNELIII	Referensbyggnad
Fönster g-värde	0,57
Fönsterarea (m ²)	16,7
Fönsterriktning S, N, V, Ö	4,2/4,5/4,7/3,4
Takfönster U (W/m ² K)	1,2
Takfönster g-värde	0,57
Takfönster (m ²)	7,8
Takfönsterriktning S, N, V, Ö	
Ytterdörr U (W/m ² K)	1,2
Ytterdörrarea (m ²)	4,2
Ytterdörrriktning S, N, V, Ö	2,1/0/0/2,1
Fönsterdörr U (W/m ² K)	1,2
Fönsterdörrarea (m ²)	2,1
Fönsterdörrriktning S, N, V, Ö	0/2,1/0/0
Köldbryggor (%)	20
U _m Klimatskärm (W/m ² K)	0,312
Ventilation (l/s) inkl. forcering	55,15
Värmeåtervinning FTX (systemverks- ningsgrad %)	
Infiltration (l/s m ² vid 50 Pa)	0,3
Fastighetsenergi (kWh/år)	500
Värmepump (typ)	FVP (N750)
Effekt (kW)	3,7
COP	2,6-4,7
Byggnadens specifika energianvänd- ning (kWh/m ² och år)	55
Byggnadens energianvändning enligt BBR (KWh/år)	8 406
Installerad effekt för uppvärmning (kW)	4,3 (BBR max 5,1)

Detaljerade indata (specifikation av byggnadsdelar)

SmNELIII				
Horisontellt vindsbjälklag 400 mm lösull				
Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Gipsskiva	13	0,22		
Glespanel	28	R=0,20		
Plastfolie	0,2	-		
Lösull	400	0,042	5%	0,140
Yttertak	Btg.takpannor, bärläkt 28x45, ströläkt 25x25, underlagspapp, 22 råspont			R = 0,30
Beräknat U-värde				0,107
Snedtak 250 mm lösull				
Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Glespanel	28	R=0,20		
Plastfolie	0,2	0		
Lösull (0,036 i vägg)	250	0,036	5%	0,140
Yttertak	Btg.takpannor, bärläkt 28x45, ströläkt 25x25, underlagspapp, 22 råspont			R = 0,30
Beräknat U-värde				0,147
Yttervägg på långsidor plan 2, 250 mm lösull				
Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Glespanel	28	R=0,20		
Plastfolie	0,2			
Lösull (0,036 i vägg)	250	0	Träreglar 10 %	0,140
Spikläkt	28	R=0,20		
Träpanel	22			
Beräknat U-värde				0,165
Yttervägg plan 1, 215 mm mineralull				
Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Gipsskiva	13	0,22		
Spikläkt	28	R=0,20		
Plastfolie	0,2			
Mineralull	45	0,037	Träreglar 15 %	0,140
Mineralull	170	0,037	Träreglar 15 %	0,140
Spikläkt	28	R=0,20		
Träpanel	22			
Beräknat U-värde				0,206
Platta på mark, betong plus underliggande isolering				
Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Ytskikt, trägolv	14	0,14		
Plastfolie	0,2			
Betong	100	1,2		
Cellplast 15 kg/m3	200	0,036		
Makadam	150			
Beräknat U-värde				0,14

Fönster, vägg			
Storlek	U-värde	Antal	Area
1,0x1,3	1,2	7	9,1
1,0x1,5	1,2	3	4,5
0,6x1,3	1,2	4	3,1
		Totalt	16,7
Fönster, tak, lutning 34 grader			
Storlek	U-värde	Antal	Area
1,0x1,3	1,2	6	7,8
Fönsterdörr			
Storlek	U-värde	Antal	Area
1,0x2,1	1,2	1	2,1
Ytterdörr			
Storlek	U-värde	Antal	Area
1,0x2,1	1,2	2	4,2

Åtgärds paket

Åtgärds paket som ger 25 procent reduktion:

12. Byte fönster/fönsterdörrar till $U=1,0$ samt reduktion av köldbryggor från 20 till 15 procent,
 13. Minskad luftläckning från 0,3 till 0,2 l/sm²
 14. Byte av isoleringskvalitet i yttervägg plan 1 från $\lambda 0,037$ till 0,033, (Slutligt $U_m=0,229$)
- Sammanlagt resultat 41 kWh/m² och år (6 368 kWh).

Energimodell

http://www.energiberakning.se/Effekt_och_Energi_i_hus/Effekt_och_Energi_i_hus.aspx?job=EEB&ver=20150115&Lang=sv&1=BBR_19&2=16&3=III&4=0.0&5=Stockholm1977CostOptimal2012&6=-17,1&7=22&10=småhus&11=154&12=1&13=4&14=SVEBY2012&15=0&16=187&17=4620&18=369&19=500&20=3080&21=70&22=&23=0&24=&62=1&63=1540&25=324.2&26=19&27=0.229&28=74,24&29=0.2&30=3&31=55.15&32=66&33=4&34=500&36=&37=110000&38=24&39=-17.1&40=&41=0&42=0&43=0&44=2,6&45=3700&46=1&47=FLVPCO3,7kW;-18;3.7;2.6;-7;3.7;2.6;20;3.7;4.7&48=0&49=5

Um:

U-value calculation, By: Per Levin och Per Kempe 2015-03-18 Object:
SmNELIII, Calculated at www.energiberakning.se

Calculated Ui-values:

Ui for hahnbjälklag, [W/m ² K]:	0.08730336
Ui for snedtak, [W/m ² K]:	0.1081358
Ui for vägg ytte pl2, [W/m ² K]:	0.1216161
Ui for vägg ytte pl1, [W/m ² K]:	0.1386628
Ui for platta, [W/m ² K]:	0.102
Ui for fönster, [W/m ² K]:	1.0
Ui for takfönster, [W/m ² K]:	1.0
Ui for dörr, [W/m ² K]:	1.0
Ui for fönsterdörr, [W/m ² K]:	1.0
Building envelope, [m ²]:	324,2
Thermal bridges included generally by adding 15 %	
Thermal bridges included specifically by	0 W/K
Mean U-value [W/m ² K]:	0.2287259

Åtgärds paket som ger 25 procent reduktion:

Åtgärd nr	Åtgärd	Apparat/material före	Apparat/material efter	Prestanda före	Prestanda ef- ter	Kostnads diff
1	Byte fönster och takfönster			U=1,2	U=1,0	
2	Byte fönster- dörr			U=1,2	U=1,0	
3	Minskade köldbryggor		Extra detaljpro- jektering	20 %	15 %	
4	Minskad luftläckning	Tejp/klämning	Tejp/klämning + tryckprovning + extra omsorg i ut- förandet	0,3 l/sm ² vid 50 Pa	0,2 l/sm ² vid 50 Pa	
5	Byte isolerkva- litet i yttervägg plan 1	Minullsskivor	Minullsskivor	Lambda= 0,037	Lambda= 0,033	

Resultatsammanställning

Sammanlagt resultat 41 kWh/m² och år (6368 kWh).

Åtgärds paket som ger 49 procent reduktion:

15. Byte fönster/fönsterdörrar till $U=0,8$ samt reduktion av köldbryggor från 20 till 15 procent,
 16. Minskad luftläckning från 0,3 till 0,2 l/sm²
 17. Byte av isoleringskvalitet i yttervägg plan 1 från λ 0,037 till 0,033, (U_m 0,207)
 18. (Samma klimatskrämsåtgärder som för det fjv-värmda småhuset – 30 procent)
 19. Installation av FTX 75 procent och Uteluftsvärmepump mellanstor 50 (i stället för FVP).
- Sammanlagt resultat 28 kWh/m² och år (4 333 kWh).

Energimodell

http://www.energiberakning.se/Effekt_och_Energi_i_hus/Effekt_och_Energi_i_hus.aspx?job=E&ver=20150115&Lang=sv&1=BBR_19&2=16&3=III&4=0.0&5=Stockholm1977CostOptimal2012&6=-17,1&7=22&10=småhus&11=154&12=1&13=4&14=SVEBY2012&15=0&16=187&17=4620&18=369&19=500&20=3080&21=70&22=&23=0&24=&62=1&63=1540&25=324.2&26=19&27=0.207&28=67,11&29=0.2&30=3&31=55.15&32=66&33=4&34=650&36=&37=110000&38=24&39=-17.1&40=75&41=50&42=1955&43=43&44=1,6&45=3748&46=0&47=FLVPCO3,7kW;-18;3.7;2.6;-7;3.7;2.6;20;3.7;4.7&48=0&49=5

U_m :

U-value calculation, By: Per Levin och Per Kempe 2015-03-18 Object: SmNELIII, Calculated at www.energiberakning.se 2013-01-09 11:09:14

Calculated U_i -values:

U_i for hahnbjälklag, [W/m ² K]:	0.08730336
U_i for snedtak, [W/m ² K]:	0.1081358
U_i for vägg ytte pl2, [W/m ² K]:	0.1216161
U_i for vägg ytte pl1, [W/m ² K]:	0.1386628
U_i for platta, [W/m ² K]:	0.102
U_i for fönster, [W/m ² K]:	0.80
U_i for takfönster, [W/m ² K]:	0.80
U_i for dörr, [W/m ² K]:	0.80
U_i for fönsterdörr, [W/m ² K]:	0.80
Building envelope, [m ²]:	324,2
Thermal bridges included generally by adding 15 %	

Thermal bridges included specifically by 0 W/K
Mean U-value [W/m² K]: 0.2068752

Åtgärds paket som ger 49 procent reduktion:

Åtgärd nr	Åtgärd	Apparat/material före	Apparat/material efter	Prestanda före	Prestanda efter	Kostnads diff
1	Byte fönster och takfönster			U=1,2	U=0,8	
3	Byte fönster- dörr			U=1,2	U=0,8	
3	Minskade köldbryggor		Extra detaljpro- jektering	20 %	15 %	
2	Minskad luftläckning	Tejp/klämning	Tejp/klämning + tryckprovning + extra omsorg i ut- förande	0,3 l/sm ² vid 50 Pa	0,2 l/sm ² vid 50 Pa	
4	Byte isolerkva- litet i yttervägg plan 1	Minullsskivor	Minullsskivor	Lambda= 0,037	Lambda= 0,033	
5	Installation av FTX från F	Frånluftsfläkt, väggventiler	FTX-aggregat, FläktWoods RDKS tilluftska- naler	-	75 %	
6	Byte FVP till UVP	FrånluftsVP NIBE F750	UteluftsVP luft vatten, Panaso- nic WHUD05EE5 och acktank (cy- linderenhet)			

Anm. Fönster med U=0,8 kan bl.a. hittas i Passivhussortimentet.

Resultatsammanställning

Sammanlagt resultat 28 kWh/m² och år (4 333 kWh).

Nytt flerbostadshus med fjärrvärme i klimatzon III, FbNFjvIII



Illustration: Agilis

Objektbeskrivning

Det nya flerbostadshuset som har analyserats med avseende på energiåtgärder och kostnader är ett 4-våningshus med 16 lägenheter. Invändigt mått i bottenplan är 36x10 m och den sammanlagda golvarean för hela byggnaden är 1 440 m². Golv av betong på makadam med mellanliggande isolering, ytterväggar av träkonstruktion med isolering, takbjälklag av betong med lösullsisolering, uppstolpat tak av trä och betongtakpannor, mekanisk från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning (FTX). Byggnaden har fjärrvärme.

Energirelaterade data för byggnaden

FbNFjvIII	Referensbyggnad
Byggår	Nytt
Längd (m)	36
Bredd (m)	10
Antal våningar	4
Våningshöjd (m)	2,5

FbNFjvIII	Referensbyggnad
Antal lägenheter (16 st 3:or)	16
Ort	Stockholm
Klimatzon enligt BBR	III
DVUT (°C)	-17,1
Tidskonstant (h)	24
Uppvärmningssätt	Fjärrvärme
A_{temp} (m ²)	1 440
A_{om} (m ²)	1 640
Inomhustemperatur (°C)	22
Antal personer	35
Tappvarmvatten (kWh/m ² och år)	25
Hushållsel (kWh/m ² och år)	30
Verksamhetsel (kWh/m ² och år)	0
Energitillskott från solinstrålning genom fönster (kWh/år)	14 400
Energitillskott från kontrosutrustning (kWh/år)	0
Reglerförluster (% av uppvärmningse- nergin)	5
Vädring (kWh/m ² och år)	4
Takisolering, tjocklek (mm)	400
Takisolering area (m ²)	360
Takisolering U, (W/m ² K)	0,109
Väggisolering tjocklek (mm)	265
Väggisolering area (m ²)	642,4
Vägg isolering U (W/m ² K)	0,18
Golvisolering tjocklek (mm)	200
Golvisolering area (m ²)	360
Golvisolering U (W/m ² K)	0,126
Fönster U, (W/m ² K)	1,2
Fönster g-värde	0,57
Fönsterarea (m ²)	268,8
Fönsterriktning S, N, V, Ö	112/112/22,4/22,4

FbNFjviii	Referensbyggnad
Dörr U (W/m ² K)	1,2
Dörrarea (m ²)	8,8
Dörriktning S, N, V, Ö	8,8/0/0/0
Köldbryggor (%)	25
U _m Klimatskärm (W/m ² K)	0,407
Ventilation (l/s) inkl. forcering	524
Värmeåtervinning FTX (systemverks- ningsgrad %)	55
Fastighetsenergi (kWh/år)	21 600
SFP	(FTX) 2
Byggnadens specifika energianvänd- ning (kWh/m ² och år)	90
Byggnadens energianvändning enligt BBR (KWh/år)	131 750

Detaljerade indata (specifikation av byggnadsdelar)

FbNFjvIII				
Tak				
Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Betong	200	1,2		
Plastfolie	0,2			
Lösull	400	0,042	5%	0,140
Yttertak	Btg.takpannor, bär läkt 28x45, ströläkt 25x25, underlagspapp, 22 råspont			R = 0,30
Beräknat U-värde				0,109
Yttervägg				
Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Gipsskiva	13	0,22		
Plastfolie	0,2			
Mineralull	170	0,037	Träreglar 15 %	0,140
Mineralull	95	0,037	Träreglar 15 %	0,140
Board	10	R=0,20		
Ventilerad luftspalt	28			
Fasadskiva med puts (sto)				
Beräknat U-värde				0,180
Golv mot mark				
Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Ytskikt - lamellträ	14			
Plastfolie	0,2			
Betong	200	1,2		
Sundolitt XPS 200 SL	200	0,035		
Makadam	150			
Beräknat U-värde				0,126
Fönster, vägg				
Storlek	U-värde	Antal	Area	
1,0x1,4	1,2	32		44,8
2,0x1,4	1,2	80		224,0
		Totalt		268,8
Ytterdörr				
Storlek	U-värde	Antal	Area	
1,0x2,1	1,2	2		8,8

Åtgärdspaket

Åtgärdspaket som ger 25 procent reduktion:

- 20. Minskad luftläckning från 0,6 till 0,3 l/sm²
 - 21. Byte fönster till U=0,9
 - 22. Byte dörr till U=1,0
 - 23. Byte ytterväggsisolering från lambda 0,037 till 0,033 (slutligt Um=0,338).
 - 24. Värmeåtervinning FTX-ventilation från 55 till 72 procent
- Sammanlagt resultat 68 kWh/m² och år (97 718 kWh).

Energimodell

http://www.energiberakning.se/Effekt_och_Energi_i_hus/Effekt_och_Energi_i_hus.aspx?job=EED&ver=20150115&Lang=sv&1=BBR_19&2=16&3=III&4=0.0&5=Stockholm1977CostOptimal2012&6=-17,1&7=22&10=flerbostadshus&11=1440&12=16&13=35&14=SVEBY2012&15=0&16=1633&17=43200&18=3452&19=8000&20=36000&21=822&22=&23=0&24=&62=1&63=14400&25=1640&26=7&27=0.338&28=554,32&29=0.3&30=24&31=524.0&32=629&33=4&34=21600&36=&37=110000&38=24&39=-17.1&40=72&41=453&42=17712&43=0&44=&45=&46=0&47=ExempelV P;-30;2.34;2;7;3.45;3;15;4.56;4&48=1&49=5

Um:

U-value calculation, By: Per Levin och Per Kempe 2015-03-18

Calculated Ui-values:

Ui for yttertak, [W/m ² K]:	0.1084503
Ui for vägg ytter, [W/m ² K]:	0.1682174
Ui for platta, [W/m ² K]:	0.126
Ui for fönster, [W/m ² K]:	0.9
Ui for dörr, [W/m ² K]:	1.0
Building envelope, [m ²]:	1 640
Thermal bridges included generally by adding 15 % - ska vara 25 % för Um=0,338	
Thermal bridges included specifically by	0 W/K
Mean U-value [W/m ² K]:	0.3107699

Åtgärds paket som ger 25 procent reduktion:

Åtgärd nr	Åtgärd	Apparat/material före	Apparat/material efter	Prestanda före	Prestanda efter	Kostnads diff
1	Bättre ventilationsaggregat	Platt-vvx std-Fabrikat: IV Modell: Flex 100	Platt-vvx plus Fabrikat: IV Modell: Flex 100	55 %	72 %	
3	Minskad luftläckning		Klämning/tejpning/fogmassa+tryckprovning	0,6 l/sm ² vid 50 Pa	0,3	
2	Byte fönster			U= 1,2	U= 0,9	
4	Byte dörr			U= 1,2	U= 1,0	
5	Byte isoler kvalitet i yttervägg	Minullsskivor	Minullsskivor	Lambda= 0,037	Lambda= 0,033	

Resultatsammanställning

Sammanlagt resultat 68 kWh/m² och år (97 718 kWh).

Åtgärds paket som ger 50 procent reduktion:

25. Minskad luftläckning från 0,6 till 0,2 l/sm²

26. Byte fönster till U=0,8

27. Byte dörr till U=1,0

28. Byte ytterväggsisolering från lambda 0,037 till 0,033 (alla skikt)

29. Ökad vindsisolering till 500 mm

30. Tilläggsisolering ytterväggs insida 70 mm lambda 0,033 och 15 procent reglar

31. Mellanskiktet utökat till 195 mm med reglar

32. Ytterväggs yttre isolerskikt utbytt till heltäckande fasadskiva 100 mm (slutligt Um= 0,259).

33. Värmeåtervinning FTX-ventilation från 55 till 80 procent.

34. Effektivare fläktar och pumpar (spar 5 000 kWh fastighetsel)

35. Installation av avloppsvärmeväxlare (spar 6 000 kWh tappvarmvatten, ca 16 procent)

Sammanlagt resultat 45 kWh/m² och år (64 847 kWh).

Energimodell

http://www.energiberakning.se/Effekt_och_Energi_i_hus/Effekt_och_Energi_i_hus.aspx?job=EEB&ver=20150115&Lang=sv&1=BBR_19&2=16&3=III&4=0.0&5=Stockholm1977CostOptimal2012&6=-

[17,1&7=22&10=flerbostadshus&11=1440&12=16&13=35&14=SVEBY201
2&15=0&16=1633&17=43200&18=3452&19=8000&20=30000&21=822
&22=&23=0&24=&62=1&63=14400&25=1640&26=7&27=0.259&28=424
,76&29=0.2&30=16&31=524.0&32=629&33=4&34=16600&36=&37=110
000&38=24&39=-
17.1&40=80&41=503&42=19667&43=0&44=&45=&46=0&47=ExempelV
P;-30;2.34;2;7;3.45;3;15;4.56;4&48=1&49=5](#)

Um:

U-value calculation, By: Per Levin och Per Kempe 2015-03-18

Calculated Ui-values:

Ui for yttertak, [W/m ² K]:	0.08806769
Ui for vägg ytter, [W/m ² K]:	0.1071496
Ui for platta, [W/m ² K]:	0.126
Ui for fönster, [W/m ² K]:	0.8
Ui for dörr, [W/m ² K]:	1.0
Building envelope, [m ²]:	1 640
Thermal bridges included generally by adding 15 %	
Thermal bridges included specifically by	0 W/K
Mean U-value [W/m ² K]:	0.2592669

Åtgärds paket som ger 50 procent reduktion:

Åtgärd nr	Åtgärd	Apparat/material före	Apparat/material efter	Prestanda före	Prestanda efter	Kostnads diff
1	Bättre ven-taggregat	Platt-vvx std Fabrikat: IV Modell: Flex 100	Motströms-vvx Fabrikat: IV Modell: Flex 100	55 %	80 %	
	Eleffektivare fläktar & pumpar		EC (ingår i aggregat)		-5 000 kWh	
2	Minskad luftläckning		Klämning/tejpning/fogmassa+ tryckprov. +extra omsorg i utf.	0,6 l/sm2 vid 50 Pa	0,2	
3	Byte fönster			U= 1,2	U= 0,8	
4	Byte dörr			U= 1,2	U= 1,0	
5	Byte isolerkvalitet i yttervägg	Minullsskivor	Minullsskivor	Lambda= 0,037	Lambda= 0,033	

Åtgärd nr	Åtgärd	Apparat/material före	Apparat/material efter	Prestanda före	Prestanda efter	Kostnads diff
6	Ökad vindsisolerings	Lösull	Lösull	400 mm	500 mm	
7	Inst. av avloppsvv	-	Modell se lista		-6 000 kWh	

Resultatsammanställning

Sammanlagt resultat 45 kWh/m² och år (64 847 kWh).

Nytt flerbostadshus med elvärme i klimatzon III, FbNELIII



Bild: Agilis

Objektbeskrivning

Det nya flerbostadshuset som har analyserats med avseende på energiåtgärder och kostnader är ett 4-våningshus med 16 lägenheter. Invändigt mått i bottenplan är 36x10 m och den sammanlagda golvarean för hela byggnaden är 1 440 m². Golv av betong på makadam med mellanliggande isolering, ytterväggar av träkonstruktion med isolering, takbjälklag av betong med lösullsisolering, uppstolpat tak av trä och betongtakpannor, mekanisk frånluftsventilation. Byggnaden har bergvärmepump.

Energirelaterade data för byggnaden

FbNELIII	Referensbyggnad
Byggår	Nytt
Längd (m)	36
Bredd (m)	10
Antal våningar	4
Våningshöjd (m)	2,5
Antal lägenheter	16

FbNELIII	Referensbyggnad
Ort	Stockholm
Klimatzon enligt BBR	III
DVUT (°C)	-17,1
Tidskonstant (h)	24
Uppvärmningssätt	Elvärme/VP
A_{temp} (m ²)	1 440
A_{om} (m ²)	1 640
Inomhustemperatur (°C)	22
Antal personer	35
Tappvarmvatten (kWh/m ² och år)	25
Hushållsel (kWh/m ² och år)	30
Verksamhetsel (kWh/m ² och år)	0
Energitillskott från solinstrålning genom fönster (kWh/år)	14 400
Energitillskott från kontrosutrustning (kWh/år)	0
Reglerförluster (% av uppvärmningse- nergin)	5
Vädring (kWh/m ² och år)	4
Takisolering, tjocklek (mm)	400
Takisolering area (m ²)	360
Takisolering U, (W/m ² K)	0,109
Väggisolering tjocklek (mm)	265
Väggisolering area (m ²)	642,4
Vägg isolering U (W/m ² K)	0,18
Golvisolering tjocklek (mm)	200
Golvisolering area (m ²)	360
Golvisolering U (W/m ² K)	0,126
Fönster U, (W/m ² K)	1,2
Fönster g-värde	0,57
Fönsterarea (m ²)	268,8
Fönsterriktning S, N, V, Ö	112/112/22,4/22,4
Dörr U (W/m ² K)	1,2

FbNELIII	Referensbyggnad
Dörrarea (m ²)	8,8
Dörriktning S, N, V, Ö	8,8/0/0/0
Köldbryggor (%)	25
U _m Klimatskärm (W/m ² K)	0,407
Ventilation (l/s) inkl. forcering	524
Värmeåtervinning FTX (systemverkningsgrad %)	0
Infiltration (l/s m ² vid 50 Pa)	0,6
Fastighetsenergi (kWh/år)	14 400
Värmepump (typ)	Bergvärmepump
Effekt (kW)	26
COP	3,0
SFP	(F-ventilation) 0,6
Byggnadens specifika energianvändning (kWh/m ² och år)	55
Byggnadens energianvändning enligt BBR (KWh/år)	79 293
Installerad eleffekt för uppvärmning (kW)	36 (BBR max 37,2)

Detaljerade indata (specifikation av byggnadsdelar)

FbNELIII				
Tak				
Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Betong	200	1,2		
Plastfolie	0,2			
Lösull	400	0,042	5%	0,140
Yttertak	Btg.takpannor, bärträ 28x45, ströträ 25x25, underlagspapp, 22 råspont			R = 0,30
Beräknat U-värde				0,109
Yttervägg				
Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Gipsskiva	13	0,22		
Plastfolie	0,2			
Mineralull	170	0,037	Träreglar 15 %	0,140
Mineralull	95	0,037	Träreglar 15 %	0,140
Board	10	R=0,20		
Ventilerad luftspalt	28			
Fasadskiva med puts (sto)				
Beräknat U-värde				0,180
Golv mot mark				
Material (inifrån - utåt)	Tjocklek (mm)	Lambda	Material	Lambda
Ytskikt - lamellträ	14			
Plastfolie	0,2			
Betong	200	1,2		
Sundolitt XPS 200 SL	100	0,035		
Makadam	150			
Beräknat U-värde				0,126
Fönster, vägg				
Storlek	U-värde	Antal	Area	
1,0x1,4	1,2	32	44,8	
2,0x1,4	1,2	80	224,0	
		Totalt	268,8	
Ytterdörr				
Storlek	U-värde	Antal	Area	
1,0x2,1	1,2	2	8,8	

Åtgärdspaket

Åtgärdspaket som ger 25 procent reduktion:

- 36. Minskad luftläckning från 0,6 till 0,3 l/sm²
 - 37. Byte fönster till U=0,9
 - 38. Byte dörr till U=0,9
 - 39. Byte ytterväggsisolering och vind från lambda 0,037 till 0,033
 - 40. Ny yttervägg inifrån 45 mm m. reglar 15 procent, 195mm reglar 12 procent, 100 mm heltäckande (slutligt Um=0,272).
- Sammanlagt resultat 41 kWh/m² och år (59 080 kWh).

Energimodell

http://www.energiberakning.se/Effekt_och_Energi_i_hus/Effekt_och_Energi_i_hus.aspx?job=EED&ver=20150115&Lang=sv&1=BBR_19&2=16&3=III&4=0.0&5=Stockholm1977CostOptimal2012&6=-17,1&7=22&10=flerbostadshus&11=1440&12=16&13=35&14=SVEBY2012&15=0&16=1633&17=43200&18=3452&19=8000&20=36000&21=822&22=&23=0&24=&62=1&63=14400&25=1640&26=6&27=0.272&28=446,08&29=0.3&30=24&31=524.0&32=629&33=4&34=14400&36=&37=110000&38=24&39=-17.1&40=&41=0&42=0&43=0&44=3,0&45=26000&46=1&47=BVP26kW;-30;26;3;20;26;3&48=0&49=5

Um:

U-value calculation, By: Per Levin och Per Kempe 2015-03-18

Calculated Ui-values:

Ui for yttertak, [W/m ² K]:	0.0725854
Ui for vägg ytter, [W/m ² K]:	0.1032905
Ui for platta, [W/m ² K]:	0.126
Ui for fönster, [W/m ² K]:	0.9
Ui for dörr, [W/m ² K]:	0.9
Building envelope, [m ²]:	1 640
Thermal bridges included generally by adding 15 %	
Thermal bridges included specifically by	0 W/K
Mean U-value [W/m ² K]:	0.2718519

Åtgärds paket som ger 25 procent reduktion:

Åtgärd nr	Åtgärd	Apparat/material före	Apparat/material efter	Prestanda före	Prestanda efter	Kostnads diff
1	Minskad luftläckning		Klämning/tejpning/fogmassa+ tryckprovn.	0,6 l/s m ² vid 50 Pa	0,3	
2	Byte fönster			U=1,2	U=0,9	
3	Byte dörr			U=1,2	U=0,9	
4	Byte isolerkerlighet på vind	Lösull	Minullsskivor	Lambda= 0,042	Lambda= 0,033	
5	Ny ytterväggstjocklek och isolerkerlighet	170+95 mm isolerskikt mellan reglar	45+195 mm isolerskikt mellan reglar+100 heltäckande utvändigt	Lambda= 0,037	Lambda= 0,033	

Resultatsammanställning

Sammanlagt resultat 41 kWh/m² och år (59 080 kWh).

Åtgärds paket som ger 50 procent reduktion:

41. Minskad luftläckning från 0,6 till 0,3 l/sm²

42. Byte fönster till U=0,9

43. Byte dörr till U=0,9

44. Byte ytterväggisolerering och vind från lambda 0,037 till 0,033

45. Ny yttervägg inifrån 45 mm m. reglar 15 procent, 195 mm reglar 12 procent, 50 mm heltäckande (slutligt Um=0,280).

46. Värmeåtervinning FTX-ventilation 72 procent, SFP 1,5

Sammanlagt resultat 28 kWh/m² och år (39 745 kWh).

Energimodell

http://www.energiberakning.se/Effekt_och_Energi_i_hus/Effekt_och_Energi_i_hus.aspx?job=EEB&ver=20150115&Lang=sv&1=BBR_19&2=16&3=III&4=0.0&5=Stockholm1977CostOptimal2012&6=-17,1&7=22&10=flerbostadshus&11=1440&12=16&13=35&14=SVEBY2012&15=0&16=1633&17=43200&18=3452&19=8000&20=36000&21=822&22=&23=0&24=&62=1&63=14400&25=1640&26=6&27=0.281&28=460,84&29=0.3&30=24&31=524.0&32=629&33=4&34=18400&36=&37=110000&38=24&39=-17.1&40=72&41=453&42=17712&43=0&44=3,0&45=26000&46=1&47=BVP26kW;-30;26;3;20;26;3&48=0&49=5

Um:

TWh	2011	2020	2030
Avfall	3,3	3	3,3
Kol	1,6	0,9	0,9
Nettoproduktion	147	179	163
Distributionsförluster	11	13	12

Baserat på hur energimixen fördelas baserat på ovanstående scenario för år 2030 räknas har klimatpåverkan för svensk elmix beräknats till 11 g CO₂e/MJ (40 g CO₂e/kWh) med den LCA-metodik som tillämpas. Notera att detta värde inte bara inkluderar emissionsfaktorer från förbränningen, utan har även ett livscykelperspektiv som inkluderar hur energivarorna producerats.

Fjärrvärme

För att beräkna fjärrvärmens miljöpåverkan rekommenderas att beräkningarna grundar sig på de insatta bränslena som använts vid fjärrvärmeproduktionen. Beräkningarna ska i denna studie avspegla ett genomsnittligt svenskt fjärrvärmenät, varför den svenska mixen används som underlag för att beräkna fjärrvärmens miljöpåverkan, istället för det lokala nät där huset är lokaliserat.

I ett kraftvärmeverk, vilket finns i cirka 2/3 av Sveriges avfallsförbrännings-anläggningar, produceras både el och värme samtidigt. Enligt avfallsdirektivet betraktas samtliga fjärrvärmeanläggningar i Sverige som anläggningar för energiåtervinning och inte för destruktion (det vill säga verkningsgraden räknat på värmeproduktion är större än 60 procent). I praktiken betyder det att i en fjärrvärmeanläggning är det den el och fjärrvärme som uppstår i processen som får bära ansvaret för emissioner och miljöpåverkan, enligt principen om att förorenaren betalar (eng. Polluter Pays Principle), och inte det avfall som används som bränsle.

Det finns olika sätt att dela upp bränsleanvändning och utsläpp mellan el- respektive fjärrvärmeproduktionen, där alternativproduktionsmetoden är den metod som är vanligast i miljövarudeklarationer (EPD). Alternativproduktionsmetoden innebär att man räknar ut hur mycket bränslen som skulle ha krävts för motsvarande produktion av el och värme separat¹⁰. Metoden resulterar i att primärenergien för levererad

10) Environdec (2011). Product category rules: Electrical energy (CPC 171), Steam and hot water (CPC 173). PCR 2007:08, version 2.01, The international EPD® system, 2011-12-05.