

2023-02-24

Driftskedets klimatpåverkan och dess relation till värmeförlusttalet

**Ett delprojekt inom E2B2 projektet:
LFM30-Värmeförlusttal - Metoder och användning av värmeförlusttal i praktiken**

Februari 2023

**Eje Sandberg
Aton Teknikkonsult**

2023-02-24

Förord

Denna delrapport är framtagen inom ramen för Energimyndighetens forsknings- och innovationsprogram E2B2. Hela projektet är avrapporterat i rapporten LFM30 – Värmeförlusttal, metoder och användning av värmeförlusttal i praktiken och finns att hämta från E2B2s hemsida (E2B2.se).

Utredningen har sammanställts av Eje Sandberg, Aton Teknikkonsult och resultaten har stämts av i LFM30 Energiutskott och E2B2 - projektets referensgrupp.

Innehåll

| | |
|--|----|
| 1. Orientering | 5 |
| 1.1 Styrning mot klimatneutralt byggande..... | 5 |
| 1.2 Olika metoder för klimatvärdering – bokföring och framåtblickande perspektiv ... | 5 |
| 1.3 LFM30 metodiken..... | 6 |
| 1.3 LCA-metodik för värdering av klimatpåverkan för driftskedet..... | 7 |
| 2. Värmeförlusttal. Driftskedets klimatpåverkan (B6)..... | 9 |
| 2.1 Värmeförlusttal som indikator på LCA-påverkan från byggnaden | 9 |
| 2.2 Utetemperaturkorrelation för fjärrvärme baserad på produktionsmix..... | 11 |
| 2.4 Slutsatser vad avser utetemperaturkorrelation | 16 |
| 3. LCA krav för driftskedet - ett tveksamt styrmedel | 18 |
| 4. Slutsatser och förslag | 22 |

2023-02-24

Sammanfattning

Syftet med denna rapport var att hitta användbara samband mellan byggnadens värmeförlusttal och utetemperatur och om möjligt ta fram ett lämpligt korrelationstal. Våra analyser visar att det inte finns något säkert och generaliserbart samband mellan utetemperatur och energins klimatpåverkan (g CO₂/kWh) under byggnadens uppvärmningsperiod för de el- och fjärrvärmesystem som analyserats i denna studie. Som underlag för en klimatdeklaration borde därmed ett årsmedelvärde för energislagets klimatpåverkan också för framtida drift och uppvärmning vara väl så användbart för dessa system om bara relevanta och robusta värden går att få fram.

Tanken att kombinera LCA för byggskedet med LCA också för byggnadens drift är lockande, kanske även som huvudsakligt styrmedel för hållbart byggande? Den tanken får inget stöd i denna rapport. Det finns många andra viktiga aspekter som vi även fortsättningsvis måste beakta, så som biodiversitet och resursbegränsningar och krav på energieffektivitet och effektreduktion är fortsatt ett centralt styrmedel.

Vad gäller metodval och värden för att beskriva byggnadens klimatpåverkan från driftsfasen ges i denna rapport en tydlig illustration av svårigheterna med att alls basera investeringsbeslut på resultat från LCA analyser för driftskedet. Svårigheterna beror på att resultaten får stora skillnader i utfall beroende på metodval, systemgränser och tidshorisonter. Den konsekvensbaserade metoden ger inledningsvis väsentligt högre emissionstal för el än för fjärrvärme. Därefter ökar osäkerheten påtagligt för el beroende på valt framtidsscenario. Detta ger betydande osäkerheter för långsiktiga beslut. För fjärrvärme saknas konsensus vad gäller värdering av avfallens plastinnehåll vilket är olyckligt då det får stor påverkan på värderingen och här bör LFM30 ta ställning till metodval för egen del. Även osäkerheten för elenergis framtidsscenarios påverkar fjärrvärmens emissionstal för värme från stora värmepumpar och indirekt via kraftvärme.

Den ekonomiska kalkylen bör normalt vara basen för investeringsbeslut, men beslutets konsekvenser för miljön bör samtidigt beaktas. Då tillämpas vanligen en konsekvensbaserad LCA analys. LFM30 har valt en LCA metod baserat på bokföring även för driftskedet. Den är enklare att få fram data till, men möjliggör också synkning med klimatberäkning för andra LCA-skeden. Men det vore olyckligt om LCA beräkningen leder till att felaktiga beslut fattas. Med ett målgränsvärde för byggnadens värmeförlusttal minskar risken för taktiska investeringsbeslut som ger lägre byggkostnad men högre driftkostnader (större värmeförluster). Den kvarstående risken bör dock uppmärksammas i den fortsatta processen baserat på utvärderingar framöver för ett antal byggprojekt. Vilka beslut har påverkats av LFM30 metodiken som gäller byggnadens drift (el- och värmebehov) och val av försörjningssystem? Driver de mot ökat eller minskat behov av eleffekt?

Risken för felbeslut, som rör byggnadens drift och val av energiförsörjning, är beroende av vilken betydelse LCA för driftskedet får relativt kompletterande åtgärder (solceller), kompenserande åtgärder (CCS avtal) och initial belastning från byggskedet. Den kommer också påverkas av de scenariovärden som läggs in för el och fjärrvärme i driftskedet. Hur påverkar detta de teoretiska resultaten och hur har det påverkat de faktiska besluten?

I senaste versionsförslaget (ver 1.7) har systemgräns för el föreslagits bli nordisk istället för svensk. Här kan även andra alternativ som europeisk nivå eller för Malmös del en avgränsning till elområde syd övervägas. Vilken betydelse sådana justeringar kan få på totalresultatet bör analyseras, liksom hur resultatet påverkas av LCA profilen för andra fjärrvärmesystem.

2023-02-24

Flera samhällssektorer vill använda biobaserade material för drivmedel och ersättning för fossila råvaror. Europa ska avveckla fossil energi. Knapphet på biobaserade bränslen kan därmed påverka omställningstakten. Det innebär att om jag väljer biobränsle och får en låg LCA minskar möjligheterna för andra att ersätta sin fossila energianvändning. Knapphet är en aspekt inte ingår i LCA. En metodik som också tar hänsyn till systemeffektivitet och resurspåverkan (knapphet) behövs. Ett sådant upplägg ges i IVL-rapporten Resursindex för energi¹.

Förslag

1. Fokusera på energieffektivisering. Först när byggnaden säkrats för låga värmeförluster har val av försörjningssystem och dess utformning också betydelse för klimatpåverkan. Skarp målgränsvärdet inom LFM30 för värmeförlusttalet senast 2025.
2. Test av LFM30 metod 2023-2025 för nyproduktion och ROT för byggherrar och fastighetsförvaltare. Ett test dels i form av parameterstudier och dels vad gäller tagna beslut i olika projektskedan ger erfarenhetsunderlag för översyn av metod/kriterier, utbildningsbehov och målgränsvärde framåt. Är den risk som beskrivs i denna utredning, att osäkerheten i LCA-metodiken för driftskedet leder till felaktigt beslut försumbart eller överhängande?
3. LCA metodiken hanterar inte allt, varken biodiversitet eller resursförbrukning. Biobränsle kan förväntas bli en allt mer begränsad resurs. Någon form av resursindikator kan behöva utvecklas, där knapphet och uthållighet beaktas.
4. Om LCA-data även för driftfasen ska ingå i en klimatdeklaration bör deklaraationsvärdet för elenergi baseras på den systemgräns som är mest relevant. Det kan vara nordisk elmix, en europeisk elmix eller möjligen elområde SE 4 eftersom effektsituationen inom SE 4 motiverar en metodik som minimerar ytterligare effektbelastning på elsystemet.
5. Driftoptimering och val av försörjningssystem bör baseras på kostnadsanalyser. Kompletterande LCA bör göras med vetskap om de osäkerheter detta ger på mer långsiktiga åtgärder.

¹ Fjärrsyn Rapport 2011:7

2023-02-24

1. Orientering

1.1 Styrning mot klimatneutralt byggande

Vi är på väg mot en allvarlig klimatkris med globala effekter som även påverkar Sverige direkt (värmeböljor, torka, brandrisk, skyfall) och indirekt (matpriser, flyktingströmmar, mm). Detta ställer stora krav på en omedelbar omställning inom samtliga samhällssektorer. För att byggsektorn ska på sikt kunna uppnå ett helt klimatneutralt byggande och en klimatneutral förvaltning krävs styrmedel och indikatorer som ger vägledning vid systemutformning och systemval.

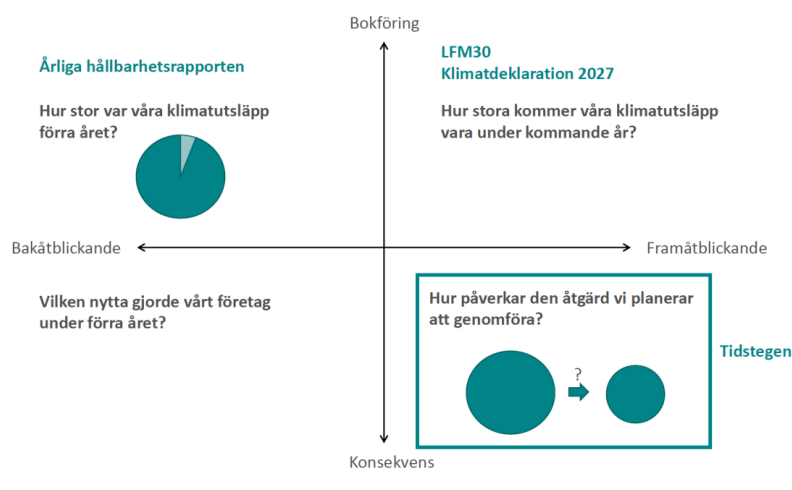
Den naturliga styrningen sker via prismekanismer, dvs skatt, energi- och miljöavgifter och utsläppsrättigheter. Men marknadens mekanismer har också svaga punkter och hinder, t.ex. i form av skilda plånböcker för investering och driftkostnad.

Boverkets Byggregler är ett kompletterande styrmedel för att med minimikrav förhindra allt för låg prestandanivå på nyproduktion och vid större renovering. Kraven har dock kritiserats för att främja elbaserade värmepumpslösningar, vilket delvis åtgärdats med införandet av viktningfaktorer².

EUs direktiv om obligatoriska klimatdeklarationer ger ytterligare press på byggnadernas klimatpåverkan. För byggskedet har en metodik baserad på bokförings LCA etablerats och det finns tillgängliga beräkningsstöd som kan kopplas till materialdatabaser. Den nu aktuella frågan är hur dessa data från byggskedet ska kunna jämföras eller summeras med data från driftskedet (B6).

1.2 Olika metoder för klimatvärdering – bokföring och framåtblickande perspektiv

Det finns etablerad metodik för klimatvärdering via livscykelanalyser (LCA), men det finns också en stor variation mellan dessa. I valet mellan dessa är den frågeställning som analysen ska ge svar på, en utgångspunkt. I figur 1 visas skillnaden mellan bokförings- och konsekvensmetodik.



Figur 1. Principiell skillnad mellan bokförings- och konsekvens – LCA. Källa IVL

² <https://www.feby.se/files/rapporter/remissvar-om-bbr-sept-2019-.pdf>

2023-02-24

Medan bokförings LCA baseras på faktiska emissioner från en byggnad, verksamhet eller ett visst byggnadsbestånd så ska svarar en konsekvens LCA på frågan om vilken påverkan denna byggnad på t.ex den globala klimatbelastningen. En konsekvensanalys kan inkludera konsekvenser i flera steg om det är relevant. I energisammanhang avser konsekvensanalysen den förändring en byggnadsåtgärd ger på marginalen. Den energi som sist tillkom i energisystemet. Den är oftast den mest kostsammaste och som därför också kopplas bort först. Enkelt i teorin men svårt i praktiken där en anpassning måste göras till vad som är relevant utifrån den fråga som ställts och på vilka data som är gångliga. Metodfrågan avgör också hur stor del av marginalen som ska ingå, om det är en kortsiktig effekt vi analyserar eller en långsiktig där också investeringskostnader ska beaktas?

För bägge huvudalternativen är frågan om systemavgränsning relevant. T.ex. är det byggnadens utsläpp i Sverige eller globalt som vi vill veta? Bägge metoderna kan också vara bakåtblickande med historiska data som grund, eller framåtblickande och baseras på tänkta scenarios vars effekter vi då önskar analysera. Om framtiden utvecklas åt ett visst håll, vad innebär det om min byggnad väljer systemalternativ x?

1.3 LFM30 metodiken

LFM30 är en plattform för att testa metoder och åtaganden och syftar till ett klimatneutral byggande i ett snabbare tempo än i det nationella åtagandet. Metodiken omfattar byggnadens olika faser i livscykel. Förutom åtagandet om stark reduktion av byggnadens klimatpåverkan vid nyproduktion och idrifttagande, ska klimatpåverkan från byggnadernas framtida energianvändning också minimeras. Neutralitet kan erhållas via kompenserande åtgärder både vid produktion och i drift, men med utgångspunkten att först minimera i alla led.

Byggskede

I LFM30 ska klimatpåverkan från material och transporter i byggskedet om möjligt baseras på deklarerationer (EPD) som därmed redovisar en bokförd klimatpåverkan (LCA), dvs de emissioner som redan släppts ut. Ett målgränsvärde för byggnadens påverkan från material och uppförande fram till färdig byggnad finns fastslaget.

Driftskede

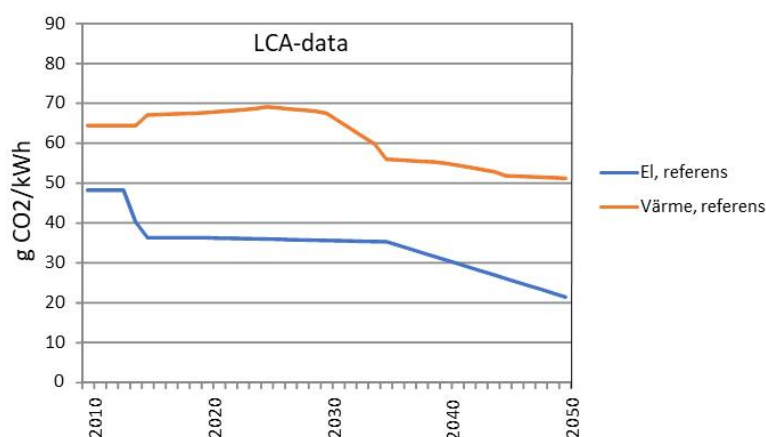
För byggnadens drift finns ett målgränsvärde angivet i form av ett minimikrav på byggnadens värmeförlusttal (VFT). Detta för att säkra att byggnaderna under drift ska få en låg påverkan på klimatet och därtill en låg belastning av försörjningssystemen när dessa är som mest ansträngda. En förutsättning för att målet klimatneutralt byggande ska lyckas är ett fungerande samspel mellan byggnad och försörjningssystem, så att behovet av energiresurser reduceras till en så låg nivå att de kan klaras med förnybar energi. Hur byggnadens värmelast samspelar med försörjningssystemen påverkar t.ex hur spillvärme från olika processer och kraftvärme som genererar högvärdig energi (elenergi) kan tas tillvara. Även för byggnader som värms med elenergi är det gynnsamt med låga värmelaster under årets kallare period. Det möjliggör låga temperaturer i byggnadens distributionssystem vilket ger högre värmefaktor (SCOP) för värmepumpar. I detta delprojekt inom E2B2 uppdraget ska vi visa en koppling mellan VFT och dess konsekvenser på LCA för driftenergi, om nu en sådan koppling finns.

För att komma ner till en klimatneutral nivå för byggnadens hela livscykel förutsätts att de utsläpp som uppstår vid byggandet kan balanseras med klimatkompenserande åtgärder och gärna med negativa utsläpp från driftfasen, t.ex. kopplat till CCS-teknik, där koldioxid samlas in och lagras.

2023-02-24

1.3 LCA-metodik för värdering av klimatpåverkan för driftskedet

I Boverkets LCA-handbok finns en databas, där värdet för elenergi anges till 37 g CO₂e/kWh. Det utgör ett medelvärde från 2015 till 2017 för svensk elmix med hänsyn taget till import och export, dvs det är ett värde baserat på ett tillbakablickande bokförings-LCA som kan användas i byggfasen. Motsvarande bokföringsvärde för svensk fjärrvärmemix anges till 65 g CO₂e/kWh. Boverket har i sin deklarationsrapport också angivit en metodik baserat på en framåtsyftande bokförings LCA och en referens till den modell IVL³ tagit fram. Den redovisar ett framtidsscenario och dess klimatpåverkan, se figur 2. Scenariot baseras på idag befintliga styrmedel. IVLs analys har som syfte att på nationell nivå redovisa möjligheterna att leva upp till nationella åtaganden och är alltså inte framtagen som en metod för en miljövalssituation för en enskild byggnad.



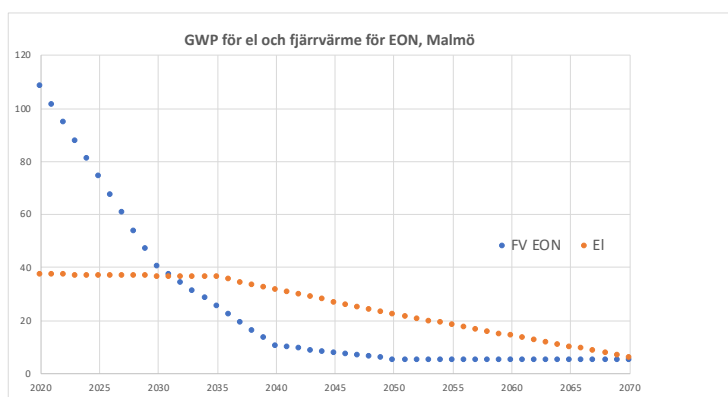
Figur 2 Referensscenariots klimatpåverkan per kWh tillförd el respektive fjärrvärme baserat på bokföringsmetodik (källa; IVL rapport C433, reviderad 2020)

Syftet med Boverkets metodik förefaller syfta till en metod som möjliggör uppföljning mot de nationella miljömålen, dvs bokföring med en tydlig territoriell systemgräns. Det innebär att olika nationers åtaganden kan följas upp och jämföras, samt aggregeras på europeisk nivå. För europeiska länder med påtagliga inslag av fossil energi så synliggör metoden de klimatutsläpp som användning av bränslen och elenergi för med sig, dvs konsekvenserna blir tydliga även med bokförings-LCA. Men det är inte självklart att denna metodik som speglar de nationella utsläppen är relevant också för svenska förhållanden och när den ska tillämpas i beslutsprocesser på projektnivå. För LFM30 borde syftet vara att visa byggnadens effekter på global nivå, dvs vad blir miljökonsekvenserna av det val för uppvärmning som övervägs? Utsläpp av klimatgaser är ett globalt problem och inte ett nationellt. På projektnivå borde frågan utgå från den skada valet av åtgärd innebär på miljön och inte på huruvida Sverige uppfyller sina nationella åtaganden eller inte. Detta pekar på behovet av en metodik som är framåtsyftande och konsekvensbaserad. Därmed ställs också frågor som; lämplig systemgräns och om konsekvenserna från energianvändningen varierar under året.

För LFM30-projektet utgår metodiken från det lokala fjärrvärmesystemet. Det motiverar den lokala fjärrvärmeproducenten att minimera sina utsläpp och därtill få en bättre anpassning mellan producent och byggnadens systemdesign. De bokföringsvärden för el och fjärrvärme som för närvarande används inom LFM30 visas av figur 3 illustrerar också hur snabbt vissa lokala fjärrvärmesystem har, eller avser att ställa om mot mindre klimatbelastande produktionssystem. I detta nät (Malmö) genom utsortering av plastfraktionen för ökad recirkulering.

³ IVL rapport C433

2023-02-24



Figur 3 Lokalt fjärrvärmeverk (Malmö) och dess klimatpåverkan (g CO2 per kWh) baserat på bokföringsmetodik (källa fjärrvärme; EON)

El, fjärrvärme, kraftvärme och CCS

Den konsekvensbaserade metodiken ger en lägre klimatbelastning för värme som produceras i ett kraftvärmeverk jämfört med bokföringsmetoden då nyttan med producerad el beaktas motsvarande den påverkan alternativ elproduktion skulle åstadkommit. Därtill värderas fossilinslaget vid avfallsförbränning beroende på aktuellt scenario för dess alternativa hantering⁴ (förbränning utan att ta vara på värme, påverkan på elproduktion, minskad deponering för importerat avfall). Med bokföringsmetoden däremot bokförs vanligen klimatgaserna i LCA-kalkylen enligt överenskommelsen i Värmemarknadskommittén. Men här kan en ganska dramatisk förändring tillkomma om den tolkning av EN 15804 som EPD International valt, där allt avfall man betalar för att bli av med, allokeras uppströms. Detta även vid tillämpning enligt bokföringsmetodiken. Även EPD Norge överväger denna princip. Detta gör att den fossilbaserade plasten allokeras på avfallsgenereraren och inte på fjärrvärmerna.

Om CO₂ omhändertages i en CCS-anläggning så uppstår t.o.m. negativa utsläpp för de biogena delarna av avfallsbränslet, se tabell 1.

För såväl primära som sekundära (restprodukter, returträ) biobaserade bränslen är koldioxidutsläppen vid förbränning mycket låga då de betraktas som cirkulär energi. Även här ska dock läggas på klimatpåverkan vid framtagning och eventuell förädling (biogas, bioolja), men blir fortfarande lågt relativt fossila energislag och kallas i tabellsammanställningen nedan för "nära noll". Om avgaserna omhändertages i en CCS-anläggning så ger det negativa utsläpp. Med konsekvensmetoden för LCA ger CCS negativa utsläpp även för den avfallsfraktion som utgörs av plast, men kommer den nya tolkningen enligt EPD International slå igenom så kommer avfallsförbränningen ge negativa utsläpp även för bokföringsmetoden för avfall man får betalt för att ta om hand.

⁴ IVL Rapport B2282

2023-02-24

| Emission av CO ₂ e (GWP) | Bokförings LCA | Konsekvens LCA |
|-------------------------------------|---|--|
| Biobaserade bränslen | nära noll | nära noll |
| Biogen CCS | negativa utsläpp | negativa utsläpp |
| Biobaserad kraftvärme | nära noll för värmedelen | negativa utsläpp från eldelen ⁵ |
| Avfallsbränsle | 0% / 40% fossil ⁶ | 0% / 40% |
| CCS på avfallsbränsle | 60 – 100% negativt, beroende på tolkning av standarden. | 100% negativt |

Tabell 1. Sammanfattning av metodskillnader bokförings- och konsekvensmarginal vad avser GWP.

| Geografisk systemgräns | Bokförings LCA | Konsekvens LCA |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| Elenergi Boverket | Sverigemix + import | |
| Elenergi "Tidsstegen" (IVL) | | Sverige marginal + exportmarg |
| Fjärrvärme Boverket | Sverigemix | |
| Fjärrvärme, LFM30 | Lokal | - |
| Fjärrvärme "Tidsstegen" (IVL) | | Lokal marginal |

Tabell 2. Sammanfattning av metodskillnader vad avser geografisk systemgräns

Konsekvens-LCA baseras på mixen av de på marginalen tillkommande energislagen. CCS är en teknik kopplad till infångning av koldioxid ur avgaserna ut till skorstenen. CCS-reduktionen per kilowattimme hanteras därför separat från marginalanalysen. Tabellen återger bara principerna. CCS är energikrävande och som ett illustrerande exempel så minskar ett gaskraftverk sina egna klimatutsläpp med mellan 57 – 82% om den förses med CCS⁷.

2. Värmeförlusttal. Driftskedets klimatpåverkan (B6)

Klimatpåverkan från driftskedet har en betydande roll för dess totala påverkan, men de är alltid svårare att uttala sig om framtiden och byggnadens livslängd är mellan 50 och 100 år. Olika scenarios har utarbetats av bl.a. energimyndigheten med betydande skillnader i utfall. Därtill påverkas resultatet av vilka systemgränser som ansätts och inte minst av den LCA-metodik som används⁸. Ett värmeförlusttal (VFT) visade sig vara en betydligt mer robust indikator. LFM30 har för nyproduktion antagit ett målgränsvärde för VFT motsvarande FEBY Silver⁹.

2.1 Värmeförlusttal som indikator på LCA-påverkan från byggnaden

Bakgrund

IVL har utvecklat en metodik i projektet Tidsstegen för en konsekvens-LCA baserat på tidsupplösta data för el och fjärrvärme och kan därför vara en tänkbar utgångspunkt i studien.

⁵ Detta om alternativproduktionsmetoden tillämpas

⁶ Baserat på fossil andel av bränslevärdet i hushållsavfall. Värmevärden 2017 Energimyndigheten.

⁷ UNECE, Life Cycle Assessment of Electricity Generation Option <https://unece.org/sites/default/files/2021-10/LCA-2.pdf>

⁸ Betydande skillnader erhöles beroende på vald metodik i rapporten Byggnaders klimatpåverkan, IVL 2018.

⁹ FEBY kriteriedokument, www.feby.se/kriterier.

2023-02-24

Om tidsstegen visar på högre klimatpåverkan vid lägre utetemperatur (mer belastade försörjningssystem) kan kanske ett samband också kopplas till byggnadens VFT.

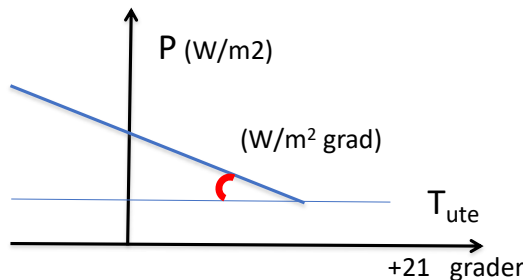
Boverkets LCA -metodik kopplar till årsmedelvärde för en bokförings-LCA. Om en tidsuppdelad bokföringsmetod skulle ge väl så goda signaleffekter hade det kanske varit enklare att få acceptans på metoden jämfört med en konsekvensbaserad. Det kan motivera en inledande analys även av detta alternativ.

Definition och orientering om VFT

VFT baseras på den utetemperaturberoende delen av byggnadens värmebehov och anges vid den dimensionerande utetemperaturen (DVUT).

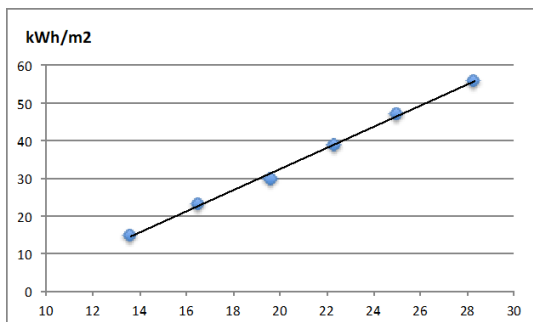
$VFT_{DVUT} = H_T \cdot (21 - DVUT) / A_{temp}$ [W/m² A_{temp}], där
H_T är byggnadens värmeförlustkoefficient [W/K]

Värmeeffektbehovet ökar i direkt korrelation med utetemperaturen enligt följande figur 4. där linjens lutning ger värdet på byggnadens värmeförlustkoefficient [W/K].



Figur 4. Principfigur för byggnadens värmeeffekt i relation till utetemperaturen.

För en given byggnad så påverkas byggnadens värmebehov på årsbasis relativt linjärt mot byggnadens VFT.

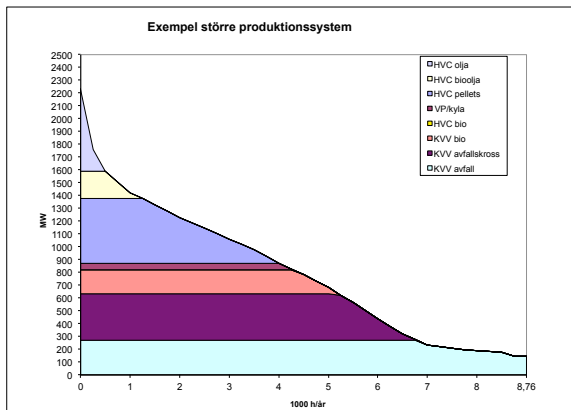


Figur 5. Värmebehov som funktion av värmeförlusttalet (W/m²) för en given byggnad.

Om byggnadens värmeförluster är proportionell mot utetemperauren varje given timme är förlusterna därmed kopplade till ortens klimat (utetemperaturprofil) medan värmebehovet också påverkas av intern spillvärme och solinstrålning.

Hur byggnadens värmebehov ser varierar under ett år kan enklast illustreras med en fjärrvärmeproducents produktion under året, som då motsvarar variationen i hela det anslutna byggnadsbeståndets värmebehov, se figur 6. Det som då också inkluderats är kulvertförlusterna, som brukar ligga på nivån 10% på årsbasis och som ligger ganska jämnt i botten på figuren.

2023-02-24



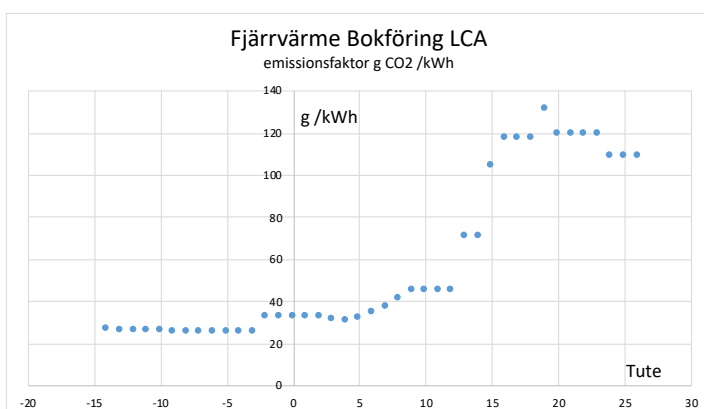
Figur 6. Exempel på ett varaktighetsdiagram (effekt under årets timmar) för ett större fjärrvärmesystem. (Källa Resursindex för energi, Fjärrsyn Rapport 2011:7)

Ska det vara möjligt att beskriva ett samband mellan talet för VFT och byggnadens klimatpåverkan så förutsätter det att det aktuella energislagets klimatpåverkan också har ett utetemperaturberoende oavsett om det sen är elenergi eller fjärrvärme som ska analyseras.

2.2 Utetemperaturkorrelation för fjärrvärme baserad på produktionsmix

Baserat på tillgängliga data för ett större fjärrvärmesystem erhålls en utetemperaturprofil för klimatpåverkande gaser (GWP) enligt figur 7 för data baserat på bokföringsmetoden, dvs varje värde representerar den produktionsmix för fjärrvärme vid aktuell utetemperatur. Totalt ingår mer än 30 olika produktionsenheter i detta fjärrvärmesystem. En del av dessa, t.ex kondensationsvärme från avgaser producerar energi men har ingen koldioxidemission. Data för klimatpåverkan har hämtats från Miljöfaktaboken 2011 och elenergens klimatpåverkan har satts till 46,8 g/kWh (ref EM) som ingångsvärde för drift av värmepumpar i systemet. För el har årsgenomsnittsvärden använts i avsaknad av data, men vi visar i senare avsnitt 2.3 att variationen under året är högst måttlig varför detta inte bedöms ha någon avgörande betydelse.

Hänsyn har tagits till produktionssystemens verkningsgrad, men redovisade värden gäller för producerad energi. För byggnadsanalyser tillkommer en justering för kulvertförluster fram till byggnaden som inte har gjorts här.



Figur 7. Emissionsvärden i g CO₂ per kWh energi producerat för respektive utetemperatur.

Detta resultat ger inget stöd för att fjärrvärmens skulle ge en större klimatpåverkan per producerad energienhet under årets kalla period jämfört med den varma. Snarare är korrelationen den motsatta med större utsläpp per enhet ju varmare det är ute. Att sedan mer

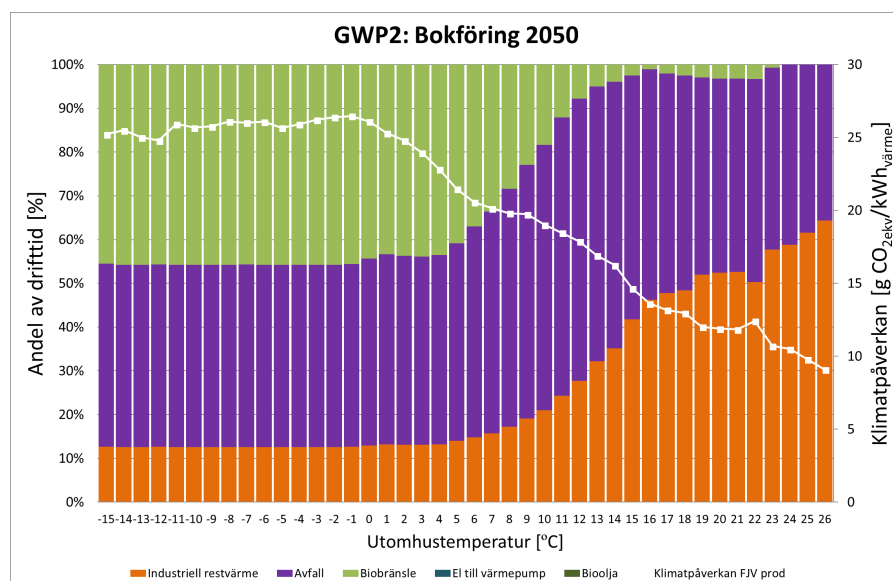
2023-02-24

energi omsätts vid de lägre temperaturerna är en annan fråga än emissionsprofilen per producerad enhet. Förklaringen till resultatet ligger i att dominerande produktionssystem i detta system är kraftvärme baserad på avfallsbränsle och den har en hög påverkan (130 g/kWh) som slår igenom tydligare ju varmare det är och att färre andra energislag med lägre påverkan då inte är i drift. Spetslast som ligger ovanpå baslasten utgörs av bioolja, som ju har låga klimatpåverkande emissioner i en bokföringskalkyl. Det viktade årsgenomsnittliga värdet för detta fjärrvärmenät hamnar på 41 g/kWh (bokförings LCA). Notera att en annan värdering av avfallens fossildel skulle platta ut kurvan.

Produktionssystemet i detta system kan översiktligt beskrivas i form av en baslast bestående av en kombination av kraftvärmepannor som eldas med avfall och i nästa steg (mellan + 12 grader och minus 2 grader) med biobaserade bränslen av olika slag. Även inslag av externa energislag och värme från värmepumpar kan ingå. En spetslast baserad på biooljepannor utan elproduktion startar vid - 3 grader kompletterat med biogas och först vid utetemperaturer under - 14 grader går pannor in med fossil olja.

För att inte dra förhastade slutsatser från ett enstaka produktionssystem finns i en tidigare rapport från 2018 en analys baserat på nationella fjärrvärmedata från 2015 och med bokföringsmetoden, där hela produktionsmixens utsläpp ingår. I denna var klimatpåverkan högre under sommarperioden än under vinterperioden beroende på avfallsbränslets plastinnehåll. Årsvärdet för denna analys låg på nivån 90 g CO₂/kWh.

Motsvarande figur med nationella fjärrvärmedata och en framåtsyftande bokföring till 2050 ger en väsentligt lägre klimatpåverkan med nivån 20 g CO₂/kWh, men här kan vi se ett samband relativt utetemperaturen, men på en låg nivå, se figur 8. I figuren anges andel bränsle av respektive typ i procent på den vänstra Y-axeln och med olika färgmarkeringar. Den genomsnittliga klimatpåverkan framgår av den vita linjen och dess nivå avläses i den högre Y-axeln. Av figuren framgår att andel biobränsle (inklusive bioolja) ökar vid de lägre utetemperaturerna. Det beror på att baslast i form av avfallseldning och restvärme inte räcker till för att klara det totala värmebehovet.

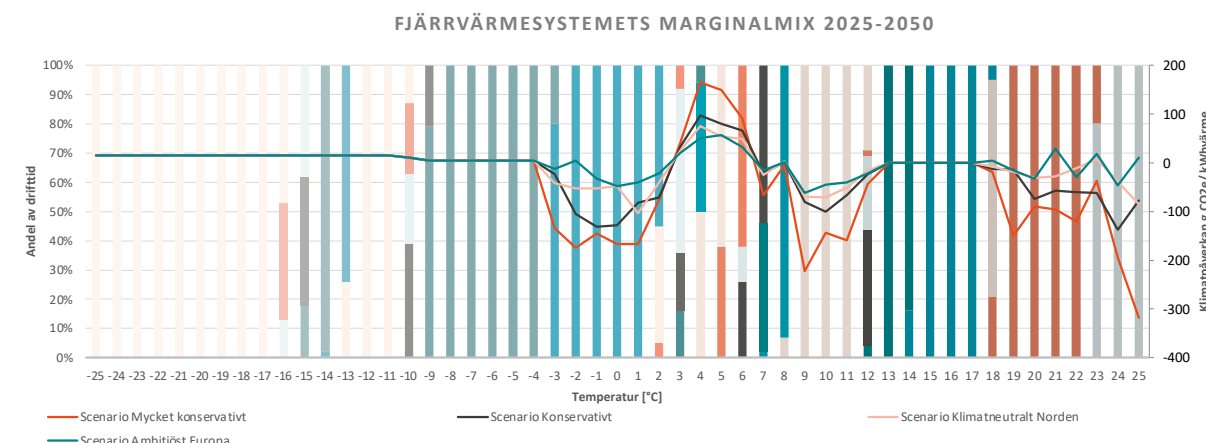


Figur 8. Emissionsvärden i g CO₂ per kWh för respektive utetemperatur baserat på nationella data för 2050 och en bokföringsmetod. Andelen produktion av olika slag framgår av färgkartan och med en andel i procent på vänstra y-axeln. Klimatpåverkan per kWh värme framgår av den vita linjen och med värden i figurens högra y-axeln. (källa; Byggnaders klimatpåverkan, IVL 2018).

2023-02-24

Förklaringen till lägre klimatpåverkan vid de högre temperaturerna 2050 ligger i att det fossila inslaget i avfallets plast antas minska genom återanvändning eller utbytt till biobaserad plast.

För en konsekvensbaserad metod tillämpas en marginalmixanalys, dvs vilka produktionssystem ses i marginalen för respektive utetemperatur. I figur 9 ges resultatet för samma produktionssystem som i figur 7, men med en konsekvensbaserad marginalmix och där avfallets fossildel allokerats uppströms i kedjan.



Figur 9. Emissionsvärden i g CO₂ per kWh energi producerat för respektive utetemperatur baserat på konsekvensbaserad LCA metodik enligt Tidsstegen och med eldata för fyra olika scenarios

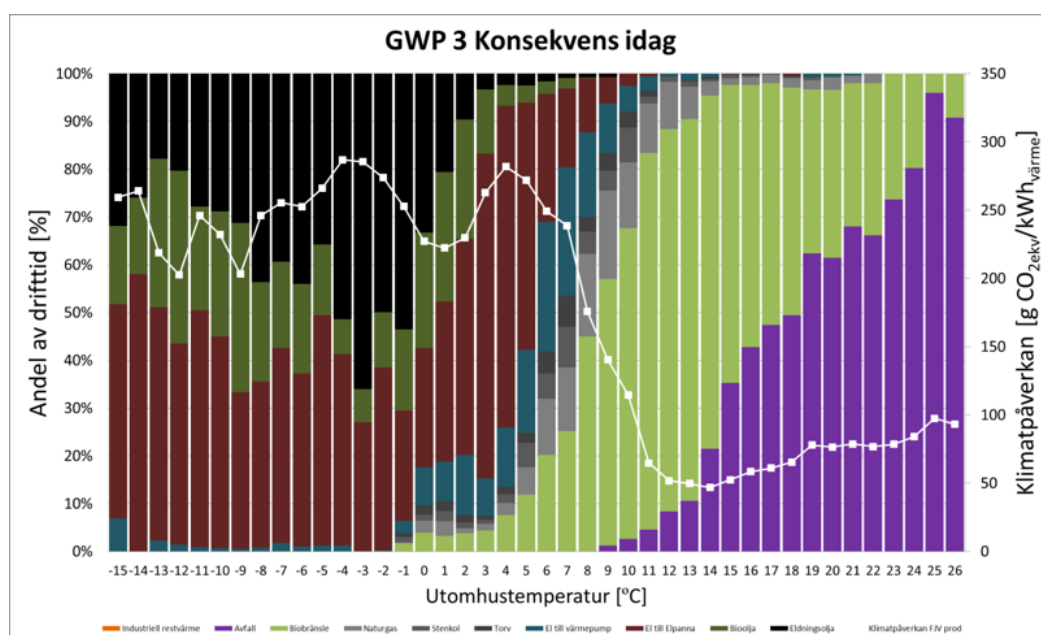
I detta resultat är korrelationen till utetemperaturen ganska svag för elscenariot "klimatneutralt Norden" (ljusröd linje) och "ambitiöst Europa" (grön linje). För det mycket konservativa scenariot (röd linje) med stora fossila inslag för elproduktionen inom Europa ser vi betydande variationer under året under perioden med måttliga utetemperaturer. Då är inslaget av värmepumpar i marginalproduktionsdelen stor, dvs ingående el påverkar utfallet. Variationen beroende på elscenariot slår åt båda hållen, dvs ingen tydlig trendlinje kan erhållas mellan utsläpp och utetemperatur.

Negativa värden erhålls under perioder då kraftvärmen ligger på marginalen i produktionssystemet och då fossilbaserad el på kontinenten trängs undan från el producerad i kraftvärmeverket. Om det nu är så att scenariot med mycket fossil energi också belastas med mycket höga elpriser så kommer vi i en framåtsyftande LCA se en produktionsoptimering som ändrar på hela grafen. Värmepumpar blir t.ex. kostsamma att då ha i drift under de tidsperioder på året då fossilenergin ligger på marginalen och därmed prissätter.

I genomsnitt ligger emissionsvärdena i denna anläggning på en låg nivå även för marginalproduktionen och det viktade årsgenomsnittliga värdet med en konsekvensbaserad metodik hamnade här på -28 g/kWh för scenariot konservativt. Det ingående elpriset till analysen för figur 8 varierar ganska lite under året, vilket diskuteras nedan i avsnitt 2.3.

En tidigare LCA-analys (IVL 2018) baserad på nationella genomsnittsvärden för svensk fjärrvärmeproduktion gav ett resultat enligt figur 10.

2023-02-24



Figur 10. Emissionsvärden för fjärrvärme Sverige i g CO₂ per kWh energi producerat för respektive utetemperatur baserat på nationella data för 2015. Andelen produktion av olika slag framgår av färgkartan och med procent i vänstra y-axeln. Klimatpåverkan per kWh värme framgår av den vita linjen och med värden i figurens högra y-axel. (källa; Byggnaders klimatpåverkan, IVL 2018).

I denna graf ökar kraftvärmens sin andel i marginalen vid högre utetemperaturer och därmed sänks klimatpåverkan genom att mer el kan exporteras. Men inom hela intervallet -15 grader till + 7 grader är det ett svagt, eller inget, samband mellan utetemperatur och klimatpåverkan.

Att den totala nivån ligger högre i grafen med svenska medelvärden relativt det enskilda fjärrvärme-bolaget kan ha fler förklaringar. Den främsta anledningen är att den fossila andelen i avfallet här har antagits utgöra 40% och är inkluderade i emissionsvärdet. Det svenska medelvärdet har också förbättrats de senaste åren och nu används mindre fossilt kol (t.ex. i Stockholm, Västerås). Genomsnittsvärdet för den levererade årsvärmen blir 173 g CO₂/kWh för denna konsekvensbaserade LCA¹⁰ dvs väsentligt högre än det lokala produktionssystemet (fig 9) och där avfallets fossildel utelämnats. Motsvarande graf för bokförings LCA för 2015 och nationella medeldata gav små variationer under året och med ett medelvärde på ca 76 g CO₂/kWh också här belastat med avfallets fossila inslag.

Vad vi kan se av denna genomgång är att data för fjärrvärme baserat på bokföringsvärden har en svag eller ingen korrelation till utetemperaturen i dessa fall.

För konsekvensmetoden är resultatet för exemplet med det lokala produktionssystemet utan korrelation, medan resultatet med nationella genomsnittsvärden ger en mer splittrad bild. Här är klimatpåverkan högre under vinterperioden men då förklarar av fossila bränsle som kol och olja ännu inte har fasats ut för att ersättas med biobaserade bränslen vilket däremot är fallet för det lokala produktionssystemet. Notera dock att valet av bioolja här styrts utifrån miljöpolitiska kriterier och inte speglar prisrelationen till fossil olja.

Under sommarperioden är det värderingen av avfallets fossilinslag som avgör och vi kan få en brant skillnad mellan sommar och vinter (figur 10) som än mer skulle förstärkts utan avfallets fossilinslag. En ganska snabb förflyttning från fossila bränslen under vinterperioden ger helt

¹⁰ Byggnaders klimatpåverkan, IVL 2018

2023-02-24

andra lokala värderingsnivåer (exempel fig 9) medan sommarperiodens värdering i stor utsträckning påverkas av elenergens fossilkoppling inom Europa.

Även om sommarperioden har en väsentligt lägre klimatpåverkan eller tom ger negativa värden (via elexport) är detta inte relevant för att hitta en koppling till byggnadens värmeförlusttal. Värmeförlusttalet påverkar inte varmvattenbehovet (sommartid) utan endast värmesäsongens utetemperaturberoende värmebehov.

Om nu fjärrvärmens klimatpåverkan för befintliga produktionssystem under vintersäsongen inte korrelerar till utetemperaturen idag på ett tydligt sätt vare sig för en bokföringsmetod eller en konsekvensbaserad metod (baserat på vår begränsade studie) så väcks frågan om hur detta kan komma att förändras framöver inom en 20-årsperiod? Finns framtida förändringar som kan tänkas ge helt andra utfall? Vi kommer antagligen ha perioder med överskottsel från vindkraftverk som då ger låga elpriser och nyttjas av värmepumpar, men de kommer inträffa stokastiskt utan koppling till utetemperaturen. Om vi får en konsensus för en ändrad allokering av avfallets fossilinslag så kommer det påverka bokföringsmetodens resultat för årets varmare period. Sannolikt är det dock biobränsle som ersatt fossilolja under den kalla vinterperioden som minskat utetemperaturkorrelationen mest. Biooljan i spetslasten är kostsam och kan möjligen komma att ifrågasättas av kostnadsskäl, t.ex. om konkurrensen från trafiksektorn tilltar. Att låga utetemperaturer ger kostsammare fjärrvärmeproduktion (kapacitetskostnad) har dock ingen korrelation till klimatpåverkan, men motiverar byggande med låga värmebehov.

CCS-tekniken kommer självklart innebära betydande förändringar i fjärrvärmens emissionsdata. De kommer också kräva betydande kapitaltunga investeringar och därför inte självklart finansieras via fjärrvärmekollektivet. Så här återstår att se på vilka villkor de kan allokeras till kunderna. Kapitaltunga anläggningar brukar också dimensioneras för att få långa drifttider. Vi kan därför förvänta oss att vi vid en viss brytpunkt (utetemperatur) så kommer utsläppsvärdena på marginalen att rusa upp till nuvarande nivåer från en nivå med negativa utsläpp, men vi har inget underlag för att kunna ange när och om det får en betydande roll.

2.3 Utetemperaturkorrelation för elenergi

I IVLs studie från 2018 analyserades också elsystemets tidsmässiga variationer under året. Aggregerade värden till månadsmedelvärde visade på en endast mycket svag korrelation till årstid för såväl bokföringsmetoden och konsekvensmetoden år 2015. Värdena för konsekvensmetoden låg dock sex gånger högre än bokföringsmetoden. För år 2050 var sambandet snarare det omvända, men samtliga värden ligger väsentligt lägre.

Mycket har hänt inom elmarknaden sedan denna studie har genomförts, där prognosen för svenskt elbehov ger en radikal ökning och med mycket större elutbyten med omvärlden vilket ökar det fossila inslaget för marginalproduktionen (konsekvens – LCA). Detta har mer detaljerat analyserats i den senaste analysen från Tidsstegenprojektet del 5¹¹. Även denna rapport ger en motsvarande bild för elenergi; *"Jämför man med marginalelens klimatpåverkan år 2020 med framtida marginalel, återfinns inte riktigt samma mönster för skillnaderna i klimatpåverkan mellan exempelvis sommar och vinter. Det är generellt sett svårt att se några mönster mellan natt och dag eller mellan årstider desto längre fram i tiden vi kommer."*

Resultaten från dessa två studier angående elenergens årstidsvariation motiverar årsmedelvärden som val för enklare analyser också för elenergi.

¹¹ Klimatbedömning av el, fjärrvärme och fjärrkyla - delrapport inom Tidstegen 5. IVL B2440 maj 2022

2023-02-24

I den sista delrapporten inom Tidsstegenprojektet har 4 nya scenarios simulerats med en konsekvensmetodik och inkluderat dess effekter på ett delvis sammankopplat nät (effektbegränsade överföringar) med 18 europeiska länder och med 4 zoner i Sverige. Val av scenario påverkar resultatet tiofaldigt för år 2050, se tabell 3.

| (g CO ₂ /kWh) | 2020 | 2050 |
|--------------------------|------|------|
| Mkt konservativt | 650 | 375 |
| Konservativt | 650 | 200 |
| Klimatneutral norden | 650 | 70 |
| Ambitiöst Europa | 650 | 40 |

Tabell 3. Årsmedelvärden för svensk el baserat på konsekvens LCA (källa; Tidstegen 5. IVL B2440 maj 2022).

Val av scenario blir avgörande för utfallet. Används ett genomsnittsvärde (170 g CO₂/kWh) till 2050 minskar risken för riktigt stora avvikelser, men graden av osäkerhet är fortfarande betydande. För t.ex en systemvalsanalys minskar dock osäkerheten om samma systemval får det bästa utfallet oavsett val av scenario.

Intressant att notera är att den årstidsberoende delen varierar idag med +/- 15 – 20% i jämförelse mellan hela årstider, för att helt plana ut desto längre fram i tiden vi kommer, både mellan årstider och mellan natt och dag.

2.4 Slutsatser vad avser utetemperaturkorrelation

En sammanställning vad gäller korrelation mellan utetemperatur och klimatpåverkan under uppvärmningssäsongen för ovan redovisade analyser ges i tabell 4.

| Emission av CO ₂ e/kWh | Bokförings LCA | Konsekvens LCA |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Fjärrvärme < 2020 | Negativ | Nej inom +7 – (-15) |
| Fjärrvärme 2050 | Ja, men mkt låga nivåer | Underlag saknas |
| El < 2020 | Nej/mkt svag | Nej |
| El 2050 | Nej/negativt | Nej |

Tabell 4. Sammanfattning av förekomst av korrelation mellan utetemperatur och klimatpåverkan för bokföringsmetod och konsekvensmarginal.

En slutsats av ovanstående analyser är att vi inte kan se något tydligt och användbart samband mellan klimatpåverkan och utetemperatur vare sig för elenergi eller fjärrvärme oavsett metodval och tidsperspektiv. Det finns ett samband ner till – 1 grad i figur 7 för fjärrvärme år 2050 med bokföringsmetoden, men då ligger dessa värden på en så låg nivå (+/- 5 g/kWh inom uppvärmningsintervallet) att resultatet blir ointressant för en tillämpning. För marginalproduktion med framtida fjärrvärme saknas bra referenser, men de fossila bränslelagen bör ha fasats ut och kvar finns möjliga negativa värden för kraftgenererad el sommarperioden men med de osäkerheter som elscenarierna ger.

Med användningsbart avses vårt syfte att hitta en korrelation mellan värmeförlusttal och utetemperatur under uppvärmningssäsongen. En förklaring till detta resultat är att fossil energi som spetslast ersatts eller förväntas ersättas med biobaserad olja under den kalla årstiden. En annan är att stora fjärrvärmesystem med avfallsbränsle värderas utifrån sitt inslag av fossilbaserad plast vid tillämpning av bokföringsmetoden, men inte alltid vid tillämpning av konsekvensmetoden.

2023-02-24

Att vi inte ser något användbart samband i denna rapport utesluter inte att det finns lokala fjärrvärmenät där sådana samband finnas. Därtill finns i flera fall en skillnad mellan uppvärmningssäsongen och sommarperioden, som t.ex. kan utnyttjas vid säsongslagring i mark. Denna rapport utgör alltså inte ett ställningstagande mot att tillämpa tids- eller utetemperaturuppdelade analyser för de försörjningssystem där de kan motiveras och för åtgärder med en tidshorisont som kan motiveras utifrån förändringstakten i försörjningssystemet. Många försörjningssystem förändras snabbare än byggnadens system vilket då bör beaktas. T.ex. överväger Stockholm Exergi en ökad användning av värmepumpar i fjärrvärmenätet i en framtid med volatila och stundtals låga elpriser¹².

Med denna brist på ett användbart samband är det svårt att motivera en uppdelning på årstider i samband med klimatdeklarationer. Ett årsmedelvärde bör därför vara en enklare utgångspunkt. Det innebär också att vi i sambandet mellan ett värmeförlusttal och ett emissionsvärde kan välja ett årsmedelvärde oavsett om det ska baseras på ett framåsyftande bokföringsvärde eller på en konsekvensmetodik beroende på syftet.

Denna slutsats hindrar inte att optimeringsanalyser för olika driftfall baserat på tidsupplösta data för lokala system kan användas för att t.ex. minimera klimatpåverkan inom ramen för redan givna byggnadssystem och produktionssystem, t.ex. genom ökad driftsflexibilitet och dygnsvärmelagring. Slutsatsen att genomsnittsvärden duger bra gäller snarare klimatdeklarationer, men vi vet inte hur framtiden ser ut i denna så snabbt förändrande omvärld.

Emissionsdata per utetemperatur enligt ovan säger inget om byggnadens emissionsdata per kvadratmeter, eftersom den är beroende på byggnadens värmebehov vid olika utetemperaturer. Det gör däremot byggnadens värmeförlusttal. Alltså får vi ett enkelt samband för byggnadens utsläpp;

$$GWP_{\text{drift}} = ((A + B \times VFT) \times K \times A_{\text{temp}} + E_{\text{VV}}) \times GWP_{\text{fjv}} + E_{\text{drift}} \times GWP_{\text{el}}, \text{ där}$$

A, är en byggnadsspecifik konstant påverkat av vädringspåslag, VVC-förluster och spillvärme och kan därför uttryckas som: 20 +/- 10

B, är en generell konstant som går att någorlunda bra hämta empiriskt och ligger på nivån 3 +/- 0,2

E_{VV} är byggnadens varmvattenbehov (kWh)

GWP_{fjv} är fjärrvärmens klimatpåverkan (g CO₂/kWh)

GWP_{el} är fjärrvärmens klimatpåverkan (g CO₂/kWh)

Om det är den areaspecifika klimateffekten divideras resultatet med A_{temp} .

Det går naturligtvis att istället för VFT ekvationen inom parentesen utgå från levererad energi av respektive energislag och kan vara ännu enklare. Då erhålls

$GWP_{\text{drift}} = (E_{\text{Värme}} + E_{\text{VV}}) \times GWP_{\text{fjv}} + E_{\text{drift}} \times GWP_{\text{el}}$, där värden för klimatpåverkan från el och fjärrvärme ges enligt LFM30 redovisningsmall. Detta förutsätter förstås att det finns relevanta och pålitliga värden för framtida emissionsdata att tillgå.

¹² Skogliga biobränselns roll i Stockholm Exergis framtida strategi, juni 2021

2023-02-24

3. LCA krav för driftskedet - ett tveksamt styrmedel

Normativa skrivningar som att byggnaden under sin totala livstid ska ligga på nollutsläpp förutsätter att det finns mekanismer för att kompensera för de utsläpp som uppstått under byggskedet och som tillkommer under driftfasen. Det förutsätter också att vi har en gemensam bild av framtiden och en accepterad metod för driftskedets beräkning. Detta diskuteras i det här avsnittet.

LCA-kalkylen för driftskedet påverkas av

1. Scenariobeskrivningen – hur ser framtiden ut?
2. Systemgränser
3. Tidsindelning – dvs hur samspelet mellan behov och produktion varierar under året
4. Datainventering – tillgänglighet på data
5. Metodik

1. Scenarios

Osäkerheten om hur framtiden ser ut kan delvis hanteras med alternativa scenariobeskrivningar även om vi inte vet vilken av dem som kommer närmst verkligheten. Ska vi basera analysen på en önskad framtid eller på en trendframskrivning? Det senare ger större miljöbelastning för driftfasen och motiverar mer långtgående effektiviseringsåtgärder, men till en högre byggkostnad. Det blir ett val mellan ett säkrare utfall vad gäller klimatpåverkan, men till en högre initiala kostnad.

Om frågan däremot handlar om systemval, t.ex. anslutning till fjärrvärme eller värmepumpar, kan resultaten från olika scenarios ge oss en bild av hur robust resultatet är. Resultaten i tabell 2 för elenergi år 2050 indikerar en faktor tio i utfall mellan bästa och sämsta utfall, dvs en stor osäkerhet. Något de sista två årens omvärldsförändring också belyst.

2. Systemgränser

Val av systemgräns är en högst relevant fråga för elsystemet som delvis är uppkopplat inom stora delar av Europa och även vidare ut till dess grannländer (t.ex. Ukraina). Här finns flaskhalsar men inte heller inom Sverige är elsystemet till hundra procent integrerat. Därav uppdelning i fyra elnätsområden.

Då LFM30 tillämpar lokala fjärrvärmedata väcks frågan om inte också lokala, eller snarare regionala eldata, borde användas? En regional avgränsning för elsystemet skulle då kunna vara elområde 4 (SE4). Sett till totalt installerad produktionskapacitet i förhållande till förväntad maximal elanvändning ligger SE4 sämst till av 50 europeiska elområden enligt en ENTSO-E rapport¹³. Elområdena SE3 och SE4 och även Finland och Danmark hör till de få elområden i Europa där elproduktionen från all planerbar el sammantaget inte räcker till för att generera den el som behövs i områdena. Det innebär att de är beroende av intermittent elproduktion och import. Nuvarande och förväntad omvärldsutveckling som bland annat innebär ökad import från Tyskland / Polen till SE4 och minskad export från SE1 kan innebära att elmixen inkl export/import till SE4 ger högre klimatvärden än Nordisk mix, vilket bör undersökas. Den svaga effektsituationen inom detta elområde motivera också en metodik som minimerar ytterligare effektbelastning på elsystemet och som beaktar konsekvenserna vid valet mellan fjärrvärme och värmepumpar eller komplettering med värmepumpar.

¹³ The ENTSO-E Winter Outlook report

2023-02-24

Systemgränsfrågan är också relevant för vår syn på bioenergi. Förbränning av bioenergi betraktas i princip som fri från klimatbelastning om bränslet kommer från ett hållbart jord- och skogsbruk. Frågan om uttag av bioenergi från skogsavverkningar ökar eller minskar koldioxidcykeln för skogens upptag och utsläpp är relevant för primära biobränslen, dvs uttag för att användas som bränsle. Mer än 90% av använt biobränsle inom Europa har europeiskt ursprung. Ungefär 50% av biobränslena kommer från sekundära träprodukter (t.ex. spillvirke, virkesavfall), 17% från trädtoppar, grenar och annat spill i skogsbruket och 20% från gallringsvirke och insektsangripna träd som inte kan användas i sågverk, eller pappersproduktion. EU's expertpanel inom IEA Bioenergy¹⁴, argumenterar för att ett hållbart skogsbruk kontinuerligt kan absorbera koldioxid från atmosfären och ändå tillåta uttag av trävaror, massafiber och därtill lågkvalitativa träprodukter lämpliga som energibränsle. Andra ifrågasätter dock om inte ökad användning för förbränning också leder till ökade uttag av biomaterial ur skogen och därmed försvårar den redan så besvärande klimatpåverkan genom ytterligare tillskott¹⁵. Men denna diskussion lägger vi här åt sidan, liksom frågan om vad som definierar ett hållbart skogsbruk. Istället ser vi på bioenergifrågan utifrån ett systemperspektiv, om den påverkar fossilbränslemarknaden och om en avgränsning till Sverige är rimlig, när klimatfrågan är global?

I Sverige har vi tidigare ansetts ha en outnyttjad tillgång på bioenergi och att även en ökad användning kan harmoniera med resonemanget om förnybar energi som alltså inte adderar klimatpåverkan. Men gäller detta om systemgränsen expanderar till hela Europa? Detta är relevant om vi kan se att bioenergi som bränsle passerar nationsgränserna mellan Sverige och Europa. Transportradien för skogsflis är normalt begränsad till något eller några tiotals mil, men med fartyg importerade Stockholm Exergi 23% av sina biobränslen från Lettland år 2020. Vanligen är det i komprimerad form som längre transporter av biobränsle hanteras. Om import av biobränsle från t.ex. baltländerna påverkas av deras tillgång på olika energislag (fossilgasimport) så kan frågan alltså vara relevant. Under 2019 importerade Sverige 443 tusen ton pellets, enligt branschorganisationen Svenska Pelletsförbundet. Också om övriga europeiska länder som idag exporter avfall till Sverige önskar ersätta nuvarande fossila energianvändning med sitt egna avfallsbränsle så ökar trycket på tillgängligt biobränsle för Sveriges del. Om tillgång på biobränsle är eller blir knapp inom Europa så kommer det att påverka takten i omställningen från fossil energi. Då är det besvärande att bioenergi inte anses ha någon klimatpåverkan ens i en konsekvensbaserad LCA – metodik. Åtgärder som syftar till att minska biobaserad driftenergi (B6) men som kräver en liten insats i byggskedet missgynnas om det inte ges ett stöd i LCA- metodiken. Nu kan denna frågeställning vara för tidigt väckt. Merparten av det biobaserade bränslet är som redan nämnts sekundära biomaterial, spill i skogsbruket eller träd som av olika skäl inte kan användas för virkesproduktion. Först när efterfrågan även på detta material ställs från spånskivefabriker, tillverkare av biobaserade drivmedel och biobaserade kemikalier kommer resursfrågan att bli mer relevant, men detta behov kanske uppstår i närtid?

Här finns alltså ett framtida utvecklingsbehov. Kan inte knapphetsfrågan hanteras via LCA-metodikens kanske det finns andra lösningar som hanterar tillgänglighet och knapphet. Ett första steg till en sådan metodik finns redan framtagen i IVL-rapporten: Resursindex för energi¹⁶. En metodik som kan vara väl värd att utveckla vidare.

¹⁴ The Joint Research Centre of the European Commission

¹⁵ Greenhouse gas emissions from burning US-sourced woody biomass in the EU and UK, chathamhouse.org 2021.

¹⁶ Resursindex för energi, Fjärrsyn Rapport 2011:7.

2023-02-24

En annan lösning vore att med input/output-analyser visa hur de ekonomiska sambanden i form av priselasticitet mellan bioråvaror och fossila råvaror ser ut. Men analysen skulle bli komplex och beroende av tidsperspektiv, systemavgränsningar, klimatskatter mm.

3. Tidsindelning av data - årsvariation

För elsystemet ökar komplexiteten med ellagringsystem som flyttar el i tiden. Samspel mellan produktion och konsumtion kan underlättas med ökad flexibilitet och motivera tidsuppdelade analyser för system med stora variationer. Problemet för elsystemet är att dessa är så kopplade till väder (nederbörd, sol och vind) och oplanerade avbrott (driftavbrott t.ex. i kärnkraftverk). Dvs vi vet att det sker men inte när, men det kan utgöra underlag för driftflexibla system hos både producent och byggnadsägare.

En annan tidsaspekt i samspelet mellan produktion och konsumtion är att försörjningssystemen har en ganska stor förändringstakt vad avser val av bränsle och produktionssystem, medan konsumentensida har vissa mycket tröga systemdelar (byggnaden och ventilationssystem) men här finns också kortare åtgärdsinvesteringar (styrutrustning för flexiblare drift, kompletterande värmepumpar). Osäkerheten i de långsiktiga scenarierna är så stora att LCA-metodiken idag inte förefaller mogen för att skapa underlag för långsiktiga investeringsbeslut, dvs de som avser byggnadens värmeförluster, men kan mycket väl motiveras för kortsiktigare driftsstrategier.

4. Datainventering – tillgänglighet på data

Tillgång på data för bakåtblickande bokföringsbaserad LCA borde inte vara ngt hinder för val av systemgräns utanför Sverige. Går vi från Nordpol till hela Europa blir datamängderna större, men de finns. Avgörande för val av systemgräns borde vara dess relevans för att kunna fatta bra beslut.

5. Metodval

Det finns en uppsjö ideér om hur driftskedets LCA ska hanteras metodmässigt:

- Boverket; Framåtsyftande bokförings LCA, men med ett nationellt perspektiv.
- Framåtblickande konsekvensperspektiv vid investeringsbeslut (IVL C619, 2021).
- LFM30; Värmeförlusttal för att säkra en energieffektivitet till en nivå som kan försörjas med förnybar energi.
- ZeroNoll (SGBC); Bokföringsmetodik, men för utlevererad solel och för energieffektivisering utöver kravnivån tillämpas konsekvens-LCA för el. Dock inte för fjärrvärme
- Tidsstegen. Utetemperaturbaserad konsekvensanalys med lokala fjärrvärmedata och scenarier för elproduktionen i Sverige med dess import/export. (Tidsstegen 6. IVL Nr B 2440. Maj 2022)
- Bra miljöval, nivå Guld. Anger ingen metod själv, men ber byggherren beskriva gjorda antaganden för B1–B7.

Av listan framgår att vi ännu är långt ifrån en koncensus vad avser LCA metodik för driftskedet. Till detta kommer problemet att från litteraturen välja data på årsmedelvärden ur framtagna sammanställningar. En sammanställning av värden ges i tabell 5.

2023-02-24

| (g CO ₂ /kWh) | Konsekvens | Bokförings | Källa |
|----------------------------------|------------|------------|--------------------------------|
| Fjärrvärme nationell 2020 | x | 68 | IVL rapport C433 |
| Fjärrvärme nationell 2050 | x | 52 | IVL rapport C433 |
| Fjärrvärme nationell 2020 | 220 | 90 | IVL 2018 |
| Fjärrvärme nat. konservativ 2050 | x | 20 | IVL 2018 |
| Fjärrvärme lokal LFM30 2020 | x | 101 | LFM30 |
| Fjärrvärme lokal LFM30 2050 | x | 5 | LFM30 |
| Fjärrvärme lokal 2021 | - 28 | 41 | egen |
| Fjärrvärme Zero Noll | | 60 | SGBC |
| El 2015-17 Sverige | - | 37 | IVL rapport C433 |
| El 2050 Sverige | - | 22 | IVL rapport C433 |
| El Nordisk 2020 | 650 | - | Tidsstegen 5, IVL B2440 |
| El Nordisk 2050 | 40-375 | - | Tidsstegen 5, IVL B2440 |
| El Nordisk 2015 -17 | x | 90 | IVL C619 |
| El Nordisk 2072 | x | 5 | IVL C619 |
| El Nordisk 2021 | x | 190 | Energimarknadsinspektionen |
| El Europa 2019 | x | 268 | EEA ¹⁷ + 7,5% distr |
| El Zero Noll 2018 | 820 | 22 | SGBC |

Tabell 5. Årsmedelvärden för el och fjärrvärme med två metodalternativ och två tidpunkter från olika källor.

Värdena i denna tabell belyser de problem vi diskuterat i tidigare avsnitt.

För elenergi får vi en avsevärt högre emissionsnivå med konsekvensbaserad metodik (marginalproduktion) och då påverkat av fossilbaserad elproduktion på kontinenten. För framtida el får vi upp till en tiofaldig skillnad beroende på vilket framtidsscenario som väljs. För bokföringsmässig metod (genomsnittsvärden) är det den geografiska systemavgränsningen som påverkar.

För fjärrvärmens klimatpåverkan har vi redan låga värden hos producenter som avvecklat fossila bränslen. En snabb förändring har skett de senaste åren för flera stora producenter vilket påverkar genomsnittsdata för Sverige. För kraftvärmeproducenter ger konsekvensmetoden lägre värden om klimatpåverkan från plastinnehåll i avfallsbränsle allokeras uppströms (t.ex. förpackningar). Därtill kan negativa värden uppstå för nyttan med utgående elenergi och som tränger undan fossilbaserad el. Detta påverkas indirekt också av vilket elscenario som tillämpas.

Bokföringsmetoden ger lägre emissionsvärden för svensk elenergi jämfört med fjärrvärme idag, medan fjärrvärme ger lägre emissionsvärden relativt elenergi om konsekvensmetoden tillämpas och t.o.m negativa värden kan erhållas.

För framtida energiförsörjning finns inte så många studier om hur fjärrvärmens kommer förändras, men vi kommer se lägre emissionsvärden. Trenderna är mot mer spillvärme och mer kraftvärme. Periodvisa elöverskott från sol och vindkraft kan användas i större värmepumpar, samtidigt som kraftvärme kan flexas över till ren värmeproduktion om elpriserna då är låga. Ska samverkan mellan byggnadens system och fjärrvärmeleverantörens system fungera kan fjärrvärmemetoden behöva vara nära på timprisbaserad på motsvarande sätt som eltaxan. Fastigheter med eget värmepumpssystem kommer annars växla över till VP-drift vid de låga timpriserna för el om inte de kortsiktiga produktionskostnaderna hos fjärrvärmeleverantören återspeglas i taxekonstruktionen.

¹⁷ <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1>

2023-02-24

Lokalisering av framtida produktionssystem för elbaserade transportbränslen kan ge användbar spillvärme i fjärrvärmesystemet. I mindre och medelstora fjärrvärmesystem kan ny solvärmeteknik producera ånga med 120 grader. I kombination med stora markvärmelager kan detta ersätta biobränsleanvändning sex månader per år¹⁸. Med dagens LCA-metodik finns bara små incitament för en sådan insats.

För elenergi är det omställningstakten i det europeiska produktionssystemen som avgör framtida klimatpåverkan.

Framtida CCS-teknik kan komma bli aktuell för att kompensera för utsläpp i driftskedet, men begränsas av ekonomiska skäl till de stora utsläppspunkterna. För CCS finns en del kvar att klara ut: Vilka insatser av el krävs och hur ska de värderas? Ska nyttan med CCS finansieras via fjärrvärmekollektivet och alltså ge negativa fjärrvärmevärden eller finansieras via en handelsplattform för att klimatkompensera för den som betalar? CCS-kopplingen lämnas därför utanför i denna rapport.

4. Slutsatser och förslag

Syftet med denna rapport var att hitta användbara samband mellan byggnadens värmeförlusttal och utetemperatur och om möjligt ta fram ett lämpligt korrelationstal. Våra analyser visar att det inte finns något säkert och generaliserbart samband mellan utetemperatur och energins klimatpåverkan (g CO₂/kWh). Detta gäller under byggnadens uppvärmningsperiod för de system vi analyserat och oavsett metodval för de vanligt förekommande LCA-metoderna. Slutsatsen gäller både el och fjärrvärme. Det finns flera förklaringar till resultatet. Bioolja har ofta ersatt fossil olja som spetsplastbränsle. Om avfallsbränslets fossilinnehåll ska beaktas eller inte får stor påverkan, liksom vindkraftens mer oförutsägbara fluktuationer. Med konsekvensmetoden för fjärrvärme kan det finnas både säsongsmässiga skillnader och tidsmässiga fluktuationer kopplade till vindförhållanden kvar och som kan vara av intresse för t.ex. driftoptimering. Som underlag för en klimatdeklaration baserad på bokföringsmetoden borde däremot ett årsmedelvärde för energislagets klimatpåverkan kunna vara väl så användbart. Då kan också ett korrelationstal till byggnadens klimatpåverkan utgå från byggnadens årsenergibehov.

Vad gäller metod och vilka värden som kan användas för att beskriva byggnadens klimatpåverkan från driftfasen har en spretig bild (tabell 5) erhållits både vad avser metodval, systemgränser och tidshorisonter. Till det ska läggas att syftet med LCA – analysen bör vara utgångspunkten för val av metod. Om man som förvaltare överväger investeringar i energisparande åtgärder eller vill byta system för att minska sin påverkan, så är det en miljövalssituation. Den kan påverka även andra system. En konsekvensbaserad metod ger då ett i teorin mer rättvisande resultat. Boverkets anvisningar och värden refererar till en bokföringsmetod och med ett nationellt perspektiv. Till vad den kan användas bör diskuteras.

I vår översiktliga analys ser vi att den konsekvensbaserade metoden inledningsvis ger väsentligt högre emissionstal för el än för fjärrvärme, men framtida emissioner för el varierar med en faktor tio mellan bästa och sämsta scenario. Dvs här råder betydande osäkerheter om de används för långsiktiga beslut.

För fjärrvärme verkar konsensus saknas kring var påverkan från avfallets plastinnehåll ska allokeras. Det finns dock olika lösningar på problemet och en konsensus i hur bränslet ska

¹⁸ Absolicons anläggning i Härnösand, Absolicon.se.

2023-02-24

värderas framgent vore önskvärt. Men även osäkerheten för elenergins framtidsscenarios slår tillbaka på fjärrvärmens emissionstal. Detta via kraftvärmeproduktion och värmepumpsdrift. Sammantaget ger detta osäkerhet även för fjärrvärmens framtids LCA-värden.

Om konsekvensbaserad LCA används för investeringsbeslut bör de därför begränsas till åtgärder med relativt kort tidshorisont och för driftoptimering. Men vanligen utgör den ekonomiska kalkylen basen för investeringsbeslut. Detta förutsatt att taxekonstruktioner och miljöstyrande skatter och avgifter återger dess verkliga kostnader om den ska styra rätt.

Med bokföringsmetodik erhålls stora skillnader i emissionsvärden för el beroende också på var den geografiska systemgränsen läggs. Om en framåtsyftande bokföringsmetod väljs som deklaraionsdata för driftsskedet och påverkar investeringsbeslut, då bör elsystemets LCA data väljas från det system som ger högst påverkan. Om systemgränsen för el flyttas upp till europeisk nivå ändras relationen mellan el och fjärrvärme. Möjligen kan en avgränsning till elområde SE 4 förändra bilden ytterligare.

För LFM30 är målet att byggnadens totala klimatpåverkan från vagg till grav ska kunna beräknas och nå en klimatneutral nivå. Inledningsvis bokförings LCA på material mm i byggfasen och som då ska klara ett angivet målgränsvärde. Byggnadens LCA ska halveras genom kompensationsåtgärder redan i byggfasen så som hänsyn till förnybart kol i byggnaden, biokol i marken, inköp av CCS intyg. Byggnaden ska därtill klara målgränsvärdet för byggnadens värmeförlusttal för att hålla nere byggnadens behov av energiresurser. Byggnadens LCA för driftsskedet beräknas med angivna värden baserade på framåtsyftande bokföringsmetodik och nivån för kompensationsåtgärder beräknas. Med de LCA-värden för el och fjärrvärme som tidigare valts (LFM30 ver 1.6 med bokföringsmetod) ger en elbaserad uppvärmning lägre LCA avtryck än med fjärrvärme. En konsekvensbaserad metodik skulle motiverat fjärrvärme. Systemgränsen för el föreslås i version 1.7 (på remiss i skrivande stund) ändras till nordisk elmix. Den hamnar då för Malmös del på nästan samma nivå som för fjärrvärme år 2020, men där avfallets fossilinslag är medräknat. Det vore olyckligt om resultatet från LCA kalkylen påverkar valet av försörjningssystem med tanke på de osäkerheter vi diskuterat. Om resultatet påverkar nivån för kostsamma kompensationsåtgärder är denna risk problematisk och bör diskuteras. För miljöval rekommenderas vanligen konsekvens LCA men inte i kombination med bokförings LCA (byggfasen). Val av Europeisk elmix med bokföringsmetodik ligger dock närmre de värden som erhålls med konsekvens-LCA och bör därför övervägas.

När utvecklingen går mot allt lägre klimatpåverkan för den rörliga energin blir LCA analyser för driftsskedet allt mindre motiverat att arbeta med. Istället är det systemeffektivitet på byggnadnivå, hur mycket energi som behöver tillföras och systemeffektivitet i försörjningssystemen som blir mest relevant. Detta då de speglar de globala möjligheterna att förse oss med dessa på ett hållbart sätt, att de förnybara energiflödena räcker till. Tillgången på biobaserat material för drivmedel och för ersättning av fossila råvaror kommer vara avgörande också för hur Europa i övrigt ska kunna minska sin fossila energianvändning. Denna knapphetsaspekt ingår inte i LCA-metodik idag, men ett utkast till en sådan ges i IVL-rapporten Resursindex för energi¹⁹ som också tar hänsyn till systemeffektivitet (primärenergital) och tillgänglighet.

Den problematik som redovisats i denna rapport motiverar större utvecklingsinsatser för LCA-metodik om resultaten ska kunna användas för investeringsbeslut som påverkar byggnadernas driftsfas. Tills vidare bör grundstommen för en minskad klimatpåverkan i driftsskedet vara en långt driven energieffektivitet. Detta gäller inte minst för nyproduktion där

¹⁹ Fjärrsyn Rapport 2011:7

2023-02-24

merkostnaden för energieffektiva val är låga jämfört med klimatåtgärder inom andra sektorer. Det är också grunden i EU-kommissionens byggnadsdirektiv. Först när byggnaden säkrats för låga värmeförluster har val av försörjningssystem och dess utformning också en betydelse.