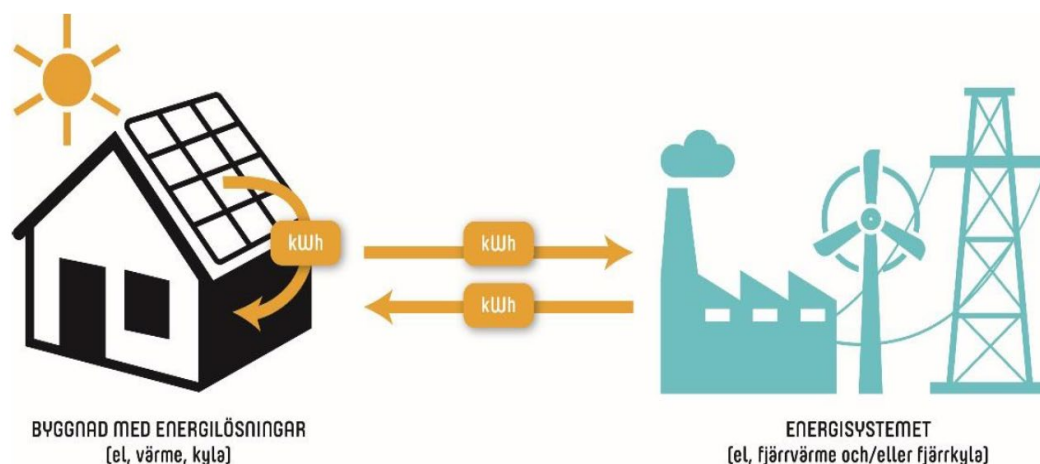


MILJÖVÄRDERING AV ENERGILÖSNINGAR I BYGGNADER

TIDSTEGEN ETAPP III



IVL: Ambjörn Lätt, Jenny Gode, Anders Sidvall, Nils Boberg, Johanna Nilsson och Ragnhild Berglund

Jonas Gräslund, Skanska, Johnny Kellner, egen konsulterande verksamhet och Hannes Schmied, NCC.

2019-03-25



Nr B
Mars 2019

Miljövärdering av energilösningar i byggnader

Tidstegen etapp III

Ambjörn Lätt, Jenny Gode, Anders Sidvall, Nils Boberg, Johanna Nilsson och Ragnhild Berglund

SBUF®

SVENSKA BYGGBRANSCHENS UTVECKLINGSFOND
The development fund of the Swedish construction industry

 **ivl**
SVENSKA
MILJÖINSTITUTET

I samarbete med Jonas Gräslund, Johnny Kellner och Hannes Schmied

Författare:

IVL: Ambjörn Lätt, Jenny Gode, Anders Sidvall, Nils Boberg, Johanna Nilsson och Ragnhild Berglund
I samarbete med Jonas Gräslund, Johnny Kellner och Hannes Schmied via SBUF

Medel från: Energiforsk, SBUF och SIVL via Naturvårdsverket och Formas

Fotograf: Klicka och ange text

Rapportnummer B

ISBN Klicka här för att ange ISBN nr

Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© **IVL Svenska Miljöinstitutet 2019**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Förord

Arbetet har utförts av forskare vid IVL Svenska Miljöinstitutet och har finansierats av fjärrvärmebranschen genom Energiforsk, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) samt Naturvårdsverket och Formas via Stiftelsen IVL (SIVL). Projektets arbetsgrupp har bestått av experter på IVL samt Jonas Gräslund, Johnny Kellner och Hannes Schmied, via SBUF. Ett nära samarbete mellan forskning och utveckling och näringsliv har möjliggjort att projektet fått god förankring både i byggbranschen och i energibranschen samt mycket god spridning.

I projektets referensgrupp har följande personer deltagit: Jonas Gräslund och Björn Berggren, Skanska, Erik Dotzauer, Stockholm Exergi, Lars Holmquist, Göteborg Energi, Sofie Lagerblad, E.ON, Anna Jarnehammar, IVL, Johnny Kellner, Energikonsult, Raziye Khodayari, Energiföretagen Sverige, Johan Lundén och Anders Moritz, Tekniska Verken Linköping, Hannes Schmied och Elsa Fahlén, NCC, Hans Söderström, Installatörsföretagen, Kjell-Åke Henriksson, JM, Linda Nylén, Vattenfall, Mari-Louise Persson, Riksbyggen, Johan Tjernström, Akademiska hus samt Johan Svensson, Peab.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	5
Summary	7
1 Inledning	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Syfte.....	9
1.3 Avgränsningar och systemgränser	10
1.4 Rapportens upplägg	11
2 Verktuget Tidstegen.....	12
2.1 Användare av verktuget	13
2.2 Energibolagens beskrivning av energisystemet	14
2.3 Marginalproduktion i nordeuropeiska elsystemet	15
2.4 Klimatbedömning Fjärrvärme och fjärrkyla.....	16
2.5 Klimatbedömning av el.....	16
2.6 Klimatbedömning av bibränslen, fossila bränslen och avfall	16
2.7 Verktugets resultatrapport	17
3 Diskussion	18
3.1 Reflektioner från bygg- och fastighetsbranschen.....	20
3.2 Reflektioner från energibranschen.....	21
4 Slutsatser	22
5 Referenser.....	23
6 Bilagor	24
6.1 Bilder från verktuget.....	24

Sammanfattning

Byggnaders energianvändning påverkar hela energisystemet. Att välja klimatmässigt gynnsamma energilösningar och renoveringsstrategier i byggnadsbeståndet är därför en viktig del i omställningen till ett mer hållbart energisystem. Det har länge saknats praktiska verktyg som bygg- och fastighetsbranschen kan använda för att analysera klimatprestanda för olika energilösningar och som tar hänsyn till interaktionen med energisystemet.

Projektet har utvecklat ett verktyg för att beräkna hur en förändring i byggnadens energianvändning (el, värme, kyla, bränslen) påverkar utsläpp av växthusgaser med hänsyn tagen till interaktionen med energisystemet. Verktyget kallas Tidstegen och bygger på en metod som har utvecklats i olika forskningsprojekt. Metoden tar hänsyn till när i tiden byggnaden använder och/eller producerar el, värme och kyla och energisystemets utveckling över tid. Det är konsekvensen av en förändring som analyseras. Detta brukar kallas miljöbedömning i beslutsperspektiv eller konsekvensanalys och är en vedertagen metodik i livscykelanalys. Analysen av energisystemet inkluderar konsekvenser som uppstår både i det lokala fjärrvärmesystemet och i det nordeuropeiska elsystemet.

Verktyget innebär att det nu finns ett hjälpmedel för klimatmässigt mer välgrundade beslut vid renovering och nybyggnation av fastigheter. Det kan användas av t.ex. fastighetsägare, konsulter, kommuner eller byggherrar som ett av flera beslutstödsverktyg vid planering av både energieffektiviseringsåtgärder och lösningar för egen produktion av förnybar el, värme eller kyla i eller på byggnaden. I verktyget Tidstegen jämförs energiåtgärder för en byggnad mot en referensbyggnad utan åtgärderna installerade. Verktyget kan även användas av energiföretag för klimatbedömning av exempelvis olika investeringar i fjärrvärmesystemet.

Konkret går beräkningen till så att användaren matar in energidata (producerad och använd el, värme och kyla) i verktyget, dels för en referensbyggnad och dels för ett antal fallstudier som ska analyseras. Referensbyggnad kan vara befintlig byggnad vid upprustning och basalternativet vid nybyggnad och läggs in av användaren i verktyget. Dessa data bör vara timupplösta. Om byggnaden är kopplad till ett fjärrvärmesystem, väljer användaren detta fjärrvärmesystem om det finns inlagt i verktyget. Annars är tanken att det lokala energibolaget matar in sina fjärrvärmedata enligt en särskild metod. Initialt kommer det även att finnas tre typnät med fjärrvärme, litet, medelstort och stort, att välja om det saknas lokala data. Elsystemet (Nordeuropa) är redan inlagt i verktyget med tre framtidsscenarioer och uppdateras centralt. Verktyget beräknar sedan skillnaden i klimatpåverkan mellan varje fallstudie och referensbyggnaden och redovisar resultaten i siffror, diagram och staplar.

Beräkningarna beaktar i nuläget enbart energianvändning och energiomvandling under driftfasen. Energianvändning för produktion av byggnadsmaterial och liknande har inte ingått i projektet. För detta finns andra verktyg, såsom Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg BM (IVL, 2019).

Det pågår just nu ett flertal aktiviteter där ett verktyg likt Tidstegen skulle vara mycket användbart. Nyttan för bygg- och fastighetsbranschen är bland annat att i tidigt skede kunna planera energilösningar ur klimatperspektiv och att de bättre kan se konsekvenserna av olika val, även om energiomvandlingen sker utanför Sveriges gränser. Energibolagen ser nyttan i att klimatsmarta beslut i bebyggelsen kommer att hjälpa energisystemet att också utvecklas i rätt riktning, och som hjälp behövs verktyg och miljöbedömningsmetoder som Tidstegen.

De faktiska konsekvenserna av en åtgärd är alltid osäkra. Tidstegen uppskattar konsekvenserna med hjälp av modeller, vilka alltid är förenklingar av den komplexa verkligheten. Resultat från verktyget Tidstegen kommer också för vissa troligen uppfattas som kontroversiella och resultaten är inte alltid intuitiva. Den här typen av systemeffekter bör hellre ses som indikativa och användas för att få ökad förståelse för de system som byggnaden är kopplad till, snarare än att räkna exakt vad olika energilösningar innebär för klimatpåverkan.



För bred användning av verktyget krävs samtidigt att det är så användarvänligt och buggfritt som möjligt. Nästa steg är därför att testa verktyget i några pilotprojekt. I takt med att ny kunskap och nya data genereras kommer verktyget också att behöva uppdateras för att inte bli inaktuellt. Efter att pilotprojekten genomförts kommer verktyget att finnas tillgängligt på IVL:s hemsida.

Summary

The energy use of buildings affects the entire energy system. Choosing climate-friendly energy solutions and renovation strategies in the building stock is thus an important part of the transition to a more sustainable energy system. The construction industry and the real-estate sector have been lacking practical tools to assess the climate implications of different energy solutions in buildings, accounting for the interaction with the energy system.

We developed a tool for calculating the climate impact of a change in a new or rebuilt building, taking into account the interaction between the building and the overall energy system, regarding greenhouse gas emissions. The tool is called Tidstegen and is based on a methodology that has been developed through several research projects. The methodology takes into account the point in time when the building uses and/or produces electricity, heat and cooling, and also the development of the energy systems over time. It analyzes the consequences of changes. This is usually referred to as an environmental assessment from the decision perspective or consequential assessment. It is an established approach in life cycle assessment. The calculations include consequences that occur in the local district heating system and also in the North European electricity system.

The Tidstegen tool allows for making more informed decisions when renovating and building new properties. It can be used by, e.g., property owners, consultants, municipalities or builders as one of several decision-support tools when making decisions on energy efficiency measures or investments to produce renewable electricity, heating or cooling at, on, or in the building. In the tool Tidstegen you compare a building with energy measures to a reference building, which is similar but without the measures being installed. The Tidstegen tool can also be used by energy companies for the climate assessment of, for example, different investments in their district-heating networks.

The user of the tool feeds it with energy data (on produced and used electricity, heating and cooling) for the reference building and for each of the case studies to be analyzed. The reference building, which could be a current building in the case of retrofitting or a base alternative in the case of new construction, is entered by the user. Energy data should have a high time resolution, where hourly data is preferred. If the building is connected to a district-heating network, the user selects this district-heating system if it is available in the tool. Otherwise, the idea is that the local energy company adds new district-heating data in the tool according to a specified method. Initially there will be three modelled district-heating grids available in the tool, a small, a middle-sized and a large, if local data is not available. Data on the electricity system (North European) is already in the tool with three future scenarios that are updated by the coordinators of the tool. The tool then calculates the difference in climate impact between each case study and the reference building and presents the results in numbers, diagrams and bars.

The calculations currently only consider energy use and energy conversion during the operational phase. Energy used to produce building materials has not been included in the project. For this there are other tools available.

There are currently several activities where a tool like Tidstegen would be very useful. The benefits for the construction and real estate industry are, among other things, that they are able to plan energy solutions from a climate perspective at an early stage and that they can better see the consequences of different choices, even if the consequences of energy conversion occur beyond the borders of Sweden. Energy companies see the benefit in that climate-smart decisions in buildings will help the energy system to develop in a sustainable direction. To accomplish that, tools and environmental assessment methods like the Tidstegen are needed.

The actual consequences of a measure are always uncertain. Tidstegen estimates the consequences with models, which are always simplifications of the complex reality. Results from the tool Tidstegen will also probably be considered controversial for some, and the results are not always intuitive. This type of system



effects should rather be seen as indicative and used for increased understanding of the systems to which the building is connected, rather than counting the exact climate impact for different energy solutions.

A widespread use of the tool, however, requires that it is user-friendly and free of bugs. Our next step is therefore to test the tool in several pilot projects. As new knowledge and new data are generated, the tool will also need to be updated to avoid becoming outdated. After the pilot projects have been carried out the tool will be available on IVL:s webpage.

1 Inledning

Verktyget Tidstegen har utvecklats för att beräkna klimatprestanda av byggnaders energianvändning vid ny- eller ombyggnation. Byggnaders energianvändning påverkar inte bara byggnadens klimatprestanda utan inkluderar också effekter på energisystemet. Att välja klimatmässigt gynnsamma energilösningar och renoveringsstrategier i byggnadsbeståndet är därför en viktig del i omställningen till ett mer hållbart energisystem.

1.1 Bakgrund

Bakgrunden till utvecklingen av verktyget Tidstegen är att det länge saknats praktiska verktyg som bygg- och fastighetsbranschen kan använda för att analysera miljö- och klimatprestanda av olika energilösningar vid projektering av ny- eller ombyggnation. De verktyg som finns sedan tidigare baseras på bokföringsperspektivet, är fokuserade på att beräkna prestanda för befintliga byggnader och tar inte hänsyn till hur energianvändning och energitillförsel varierar över året. De beaktar sällan sektorsövergripande effekter och antalet åtgärder som kan analyseras är begränsat. Verktyget Tidstegen bygger på en metodik som har utvecklats i olika forskningsprojekt sedan 2013. Det kan användas vid projektering av ny- och ombyggnation för att ge underlag för bra energilösningar och energitillförsel till byggnader. Det unika med verktyget är att det tar hänsyn till när i tiden byggnaden använder (eller producerar) el, värme och kyla samt att det beaktar konsekvensen av en förändrad energianvändning, i förhållande till hur el, värme och kyla produceras i de energisystem som är kopplade till byggnaden. På så sätt strävas efter att identifiera verkliga effekter av olika beslut och val. Verktyget Tidstegen och bakomliggande metodik har med andra ord ett konsekvensperspektiv.

Tidigare har investeringar i byggnaders energilösningar ofta skett utan beaktande av om det ur systemperspektiv är lönsamt ur miljö- och klimatsynpunkt. Istället har hänsyn endast tagits till byggnadens energiprestanda i form av köpt energi. Detta kan leda till att investeringar sker utan att en verklig energi- och miljövinst uppnås ur systemperspektiv. Som ett exempel kan nämnas en fjärrvärmeansluten byggnad som även har egen värmeproduktion (t.ex. solvärme), men där värmen produceras vid en annan tidpunkt än den behövs i byggnaden. Hittills har system för bedömning av byggnaders energilösningar inte tagit hänsyn till denna tidsaspekt utan utgått från årsdata. Traditionella klimatbedömningar bygger dessutom på historiska genomsnittsvärden medan vår metod bygger på konsekvenser av en förändrad energianvändning samt scenarier för framtida energisystem.

Denna rapport redovisar resultat från projektet *Verktyg för klimatbedömning av byggnaders energilösningar*. Projektet har finansierats av Energiforsk, SBUF samt av Naturvårdsverket och Formas genom Stiftelsen IVL och bygger på resultat från de två tidigare forskningsprojekten *Miljövärdering av energilösningar i byggnader* (Gode m.fl., 2015) respektive *Miljövärdering av energilösningar i byggnader (etapp 2)* (Hagberg m.fl., 2017).

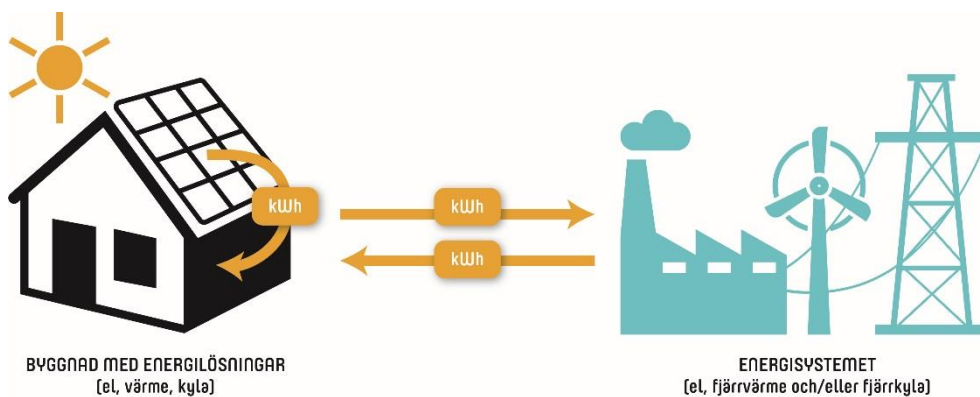
1.2 Syfte

Projektet har syftat till att utveckla, implementera och lägga grunden för en bred praktisk tillämpning av ett verktyg för klimatbedömning av byggnaders energilösningar. Arbetet utgår från en metod som utvecklats i två tidigare forskningsprojekt och fokuserar på att utveckla ett användarvänligt verktyg och lägga grunden för en bred praktisk tillämpning genom nära samverkan med användare. I användarvänlighet inkluderas att ta fram manual, anpassa gränssnittet samt förenkla datahantering och metod. Verktyget ska kunna användas för både nybyggnad och ombyggnad samt för byggnader med egen energiomvandling på eller vid byggnaden.

Genom detta projekt skapas hjälpmedel för hur Tidstegens nyutvecklade metod i praktiken ska användas för att bedöma vilka energilösningar eller renoveringsstrategier som är klimatmässigt gynnsamma.

1.3 Avgränsningar och systemgränser

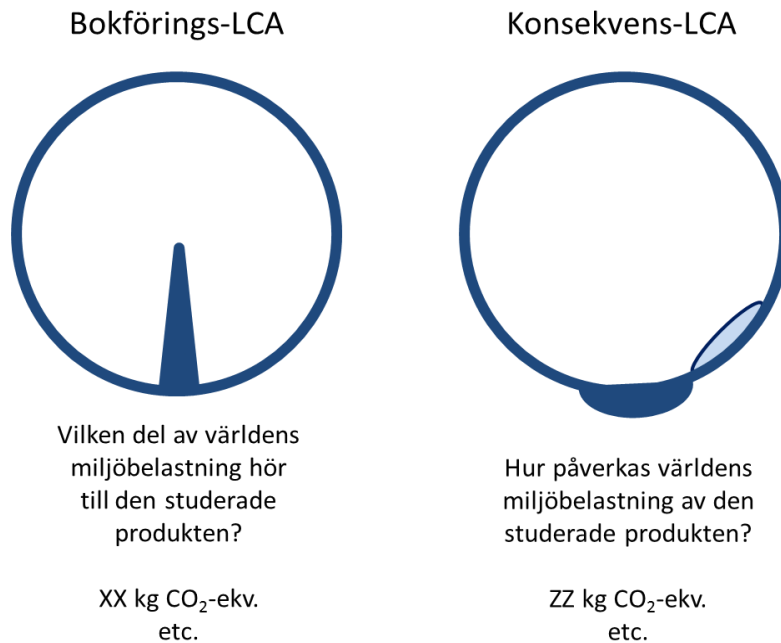
Tidstegen-metoden ger en uppskattning av konsekvenser i systemperspektiv av olika energilösningar i en byggnad där utbytet av energi (el/värme/kyla) mellan byggnaden och energisystemet är i fokus, se Figur 1. Metoden kan användas för att utvärdera olika energilösningar i byggnader i Sverige. Analysen inkluderar effekter som uppstår i det lokala fjärrvärmesystemet och i det nordeuropeiska elsystemet. För elsystemet innebär det att beräkningarna mycket väl kan inkludera konsekvenser av en åtgärd i Sverige som uppstår utanför Sverige och Norden.



Figur 1. Illustration av energiutbyte mellan en byggnad och energisystemet

Beräkningarna beaktar i nuläget enbart energianvändning och -omvandling under driftsfasen. Energianvändning för produktion av byggnadsmaterial och liknande har inte ingått i projektet. För detta finns andra verktyg, såsom Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg BM (IVL, 2019).

Projektet tar fram ett verktyg som används för att bedöma klimatkonsekvenser av att installera eller inte installera olika energilösningar i en byggnad. Verktöget kan likväl användas för att bedöma renoveringsstrategier och energieffektiviseringsåtgärder vid planering av ombyggnad eller val av byggnadsdelar vid nyproduktion. Verktöget ska visa på effekterna av olika val och på så sätt ge underlag för planering av byggnaders utformning. En av utgångspunkterna har därför varit att analysera konsekvenser av förändrad energianvändning, det vill säga en jämförelse av olika fallstudier mot en referens. I livscykelanalys (LCA) brukar detta kallas konsekvensanalys och ska inte förväxlas med bokföring som syftar till att fördela emissioner och/eller resursanvändning mellan olika system, se Figur 2 (Ekvall, 2018).



Figur 2: Konceptuell skillnad mellan bokförings-LCA och konsekvens-LCA

Tidstegens metod har ett tidsperspektiv som kan anses motsvara livslängden för energilösningar i byggnader, vilket har antagits vara ca 20 år. I många fall, t. ex. i flerfamiljshus, kan installationerna ha betydligt längre livslängd än så men att ha alltför långt tidsperspektiv i energisystemscenarier ger också mer osäkra resultat.

Metoden kan i princip användas för att analysera många olika resurs- och miljöaspekter (försurning, övergödning, luftföroreningar, biologisk mångfald med mera). Projektets referensgrupp har dock valt att just detta verktyg endast ska beakta klimatpåverkan i CO₂-ekvivalenter.

1.4 Rapportens upplägg

Huvudsyftet med projektet har varit att utveckla ett verktyg för klimatbedömning av energilösningar i byggnader (verktyget Tidstegen). Denna rapport är därför relativt kortfattad och fokuserar på att sammanfatta bakomliggande metodik och ge en översikt av verktyget.

Kapitel 1 är en inledning där bakgrunden till projektet beskrivs och syfte och avgränsningar redovisas.

Kapitel 2 beskriver översiktligt, ur ett användarperspektiv hur verktyget Tidstegen är uppbyggt samt ger en grundläggande information om metoden bakom verktyget. För mer detaljer om metoden hänvisas till två tidigare rapporter: *Miljövärdering av energilösningar i byggnader* (Gode m.fl., 2015) respektive *Miljövärdering av energilösningar i byggnader (etapp 2)* (Hagberg m.fl., 2017). Verktogsstöd publiceras i separat dokument och inte i denna rapport för att möjliggöra regelbunden uppdatering.

I kapitel 3 förs en diskussion om projektets resultat, branschnytta och användbarhet.

I kapitel 4 anges projektets slutsatser.

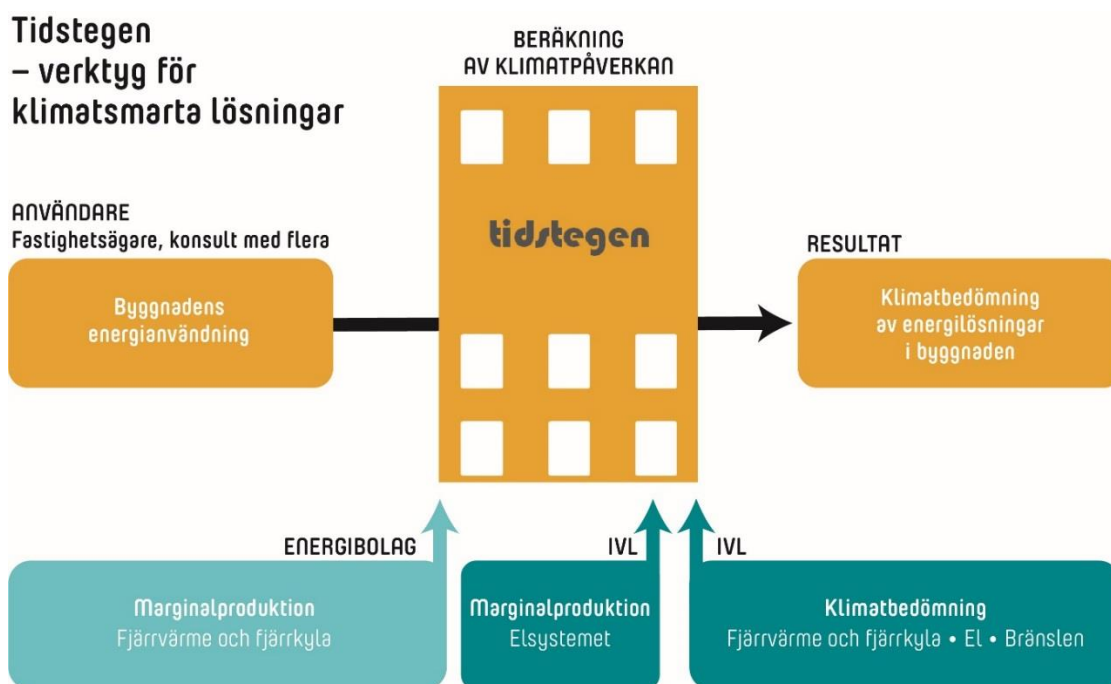
2 Verktøget Tidstegen

Detta avsnitt beskriver verktøget Tidstegens grundläggande funktionalitet samt bakomliggande metodik för klimatbedömning av energi ur ett konsekvensperspektiv. Verktøget och metodiken benämns Tidstegen då en av de aspekter som utmärker dem är att de beaktar att byggnaders energirelaterade klimatpåverkan i många fall varierar mellan årets säsonger, dagar och timmar och också kan förändras från närtid till framtida år.

Produktion av el, fjärrvärme, och fjärrkyla kan vara förknippade med stora skillnader i klimatpåverkan beroende på när produktionen sker (t.ex. om det är sommar eller vinter, om det är nutid eller framtid). För att på ett representativt sätt kunna bedöma klimatkonsekvensen av en förändrad energianvändning i en byggnad är därför tidsaspekten central. Verktøget och metoden hanterar två olika tidsdimensioner. Den ena avser den framtida utvecklingen av energisystemet, från nu och cirka 20 år framåt i tiden. Den andra dimensionen är tidsupplösning över året som avser att fånga variationer mellan säsonger, månader, dygn och timmar. De faktiska framtida konsekvenserna av en åtgärd är förstås osäkra. Verktøget hanterar osäkerheten bl.a. genom att utgå från olika scenarier.

Verktøgets framåtblickande beslutsperspektiv skiljer sig från gängse verktyg som bygger på årsmedelvärden av alla produktionsanläggningar, ofta begränsade till nationella eller nordiska elproduktionsanläggningar, med historiska värden som många gånger inte är aktuella längre och som inte tar hänsyn till när under året produktionen faktiskt sker.

I Figur 3 visas en konceptuell översikt av verktøget Tidstegen.



Figur 3: Översikt av verktøget Tidstegen

2.1 Användare av verktyget

En förutsättning för att analysera klimatpåverkan av potentiella energilösningar i en byggnad är att beräkna deras förändring av byggnadens effekt- och energibehov. Energilösningar kan vara både energieffektiviseringsåtgärder och lösningar för produktion av förnyelsebar el, värme eller kyla på byggnaden. I verktyget Tidstegen jämförs energiåtgärder för en byggnad mot en referensbyggnad utan åtgärderna installerade.

Verktyget är utformat för att vara användarvänligt ur ett byggnadsperspektiv. Användaren kan vara en fastighetsägare eller konsult som vill förstå och visa klimatpåverkan av olika val av energilösningar vid en kommande renovering, eller en byggherre som vid projektering av nya bostäder har intresse av att kunna visa klimatpåverkan ur ett systemperspektiv.

Byggnadens totala energianvändning matas in på samma format som en av resultatfilerna från energisimuleringsprogrammet IDA ICE (Equa Solutions AB, 2016), det vill säga energibehov timme för timme uppdelat på energibärarna, el, fjärrvärme och fjärrkyla. Även andra energisimuleringsprogram som ger timvisa resultat kan användas som indata i form av en Excel-fil. Eftersom energibehovet anges med timupplösning (kWh/h) beaktas även effektbehovet i klimatbedömningen.

Användaren matar in data för en referensbyggnad och för ett antal fallstudier med olika energiåtgärder. Verktyget beräknar endast skillnaden i klimatpåverkan mellan referensbyggnaden och fallstudierna, inte den totala klimatpåverkan för olika byggnadslösningar. Därför är det en god idé att tänka igenom hur referensbyggnaden väljs. Referensbyggnaden kan till exempel vara ett befintligt flerfamiljshus byggt under miljonprogrammet, och fallstudierna kan då vara olika mer eller mindre ambitiösa renoveringsstrategier. Referensbyggnaden kan också vara ett planerat kontorsbygge. Då kan fallstudierna göras antingen för olika alternativa utformningar på byggnaden eller för olika val av energilösningar i byggnaden. Referensbyggnadens klimatpåverkan visas inte i verktygets resultatrapport eftersom det är förändringen som man vill studera i detta fallet. Vi utgår ifrån att referensbyggnaden hade byggts alternativt redan är byggd, även om ingen särskild energiåtgärd genomförs och att det är byggnadens utformning och energilösningar som vi kan påverka.

Användaren väljer vilka energisystem som byggnaden ska vara kopplad till. Grundinställning för elsystemet är "Nordeuropeiska elsystemet", vilket innebär att vi tar hänsyn till att det svenska elsystemet är fysiskt sammanlänkat med kontinenten och bedömer att en marginell behovsförändring i Sverige ger upphov till en marginell produktionsförändring i det sammanlänkade elsystemet i Nordeuropa (Hagberg m.fl., 2017). Boverket har i en konsekvensutredning från mars 2018 redovisat en parallell syn på det sammanlänkade elsystemet, där kallat "Östersjöperspektivet". Systemsynen ligger i samma linje som Tidstegen i bemärkelsen att elsystemet inte avgränsas till Sverige eller Norden, dock har Tidstegen ett något bredare geografiskt perspektiv (Boverket, 2018).

Vad gäller fjärrvärme och fjärrkyla så kan användaren välja bland de system som lokala energibolag lagt in data för i verktyget. Antalet system att välja på kommer därmed att stiga efter hand som fler energibolag lägger in sina data. Initialt kommer det också att finnas tillgängligt tynät för fjärrvärme och fjärrkyla som man som användare kan välja om det inte finns lokala nät inlagda.

Eftersom att fjärrvärme- och fjärrkylesystem alltid är lokalt avgränsade så är varje system kopplat till en geografisk plats samt en klimatfil som beskriver klimatet på den platsen. Det är SMHI:s "klimatfiler för beräkning av byggnaders energiprestanda" 1981-2010 som används i verktyget (SMHI, 2019). Med hjälp av dessa filer beräknar och visar verktyget fjärrvärme- och fjärrkylesystemens temperaturindelade klimatprofiler, se avsnitt 2.2.

Fjärrvärme- och fjärrkylesystemens klimatprofiler gör att verktyget också kan användas av energiföretag för klimatbedömning av exempelvis olika investeringar i näten. Informationen kan även vara ett stöd i

kommunikation kring till exempel prissättning och effekttaxor eftersom som det på ett tydligare sätt kan visa vilken produktion som påverkas av förändrad energianvändning olika delar av året.

2.2 Energibolagens beskrivning av energisystemet

Energibolagen har en viktig roll i att förse verktøget med relevanta beskrivningar av fjärrvärme- och fjärrkylesystem, vilket är en grund för klimatbedömningar av byggnaders energilösningar i Tidstegen. Verktøget har ett gränssnitt för energibolag och är utformat för att underlätta beskrivningen av systemen samt göra mängden data hanterbar, utan att för den delen tappa relevans och koppling till det verkliga systemet.

Beskrivningen består av dels information om anläggningarna i systemet, som till exempel anläggningstyp, bränsle och verkningsgrader och dels hur anläggningarna används. Det finns två viktiga skillnader mellan Tidstegen och andra metoder eller verktyg vad gäller beskrivning av fjärrvärme- och fjärrkylesystem:

1. **I Tidstegen används ett konsekvensperspektiv**, det vill säga vi undersöker vad som händer vid en förändring. När energibehovet i en byggnad förändras till följd av renovering så ändras troligen inte driften av alla anläggningar i energisystemet utan endast dem som ligger längst upp i körordningen. Vi kan kalla dem marginaltekniker, alltså de anläggningar som vid varje specifikt tillfälle har högst rörlig kostnad. Denna teoretisering är som alla modeller är en förenkling av det verkliga systemet, men har bedömts vara tillräckligt bra för ändamålet. Den information som efterfrågas här gäller därför endast marginalproduktionen i systemet, inte den totala produktionen.
2. **I Tidstegen delas årets timmar in efter temperatur** för att beskriva fjärrvärme- och fjärrkylesystemet. Det finns en samvariation mellan drift av anläggningar och utomhustemperatur, eftersom behovet av värme och kyla styrs av skillnaden mellan utomhustemperatur och vald komforttemperatur inomhus. Korrelationen kan dock vara olika stark för olika system, geografiska platser, uppsättning av anläggningar, variation i elpris med mera. Temperaturindelningen kan ses som ett sätt att normalårskorrigera driften av systemet. Tillräcklig mängd driftdata och erfarenhet måste naturligtvis ligga bakom för att kunna ge en relevant beskrivning av systemet. Meningen med att temperaturindela årets timmar är också att energibolag ska kunna leverera en tillräckligt bra beskrivning av energisystemet till verktøget med en högst begränsad mängd information.

Systembeskrivningen av fjärrvärme- eller fjärrkylesystemet innebär att ta reda på vilken/vilka produktionsanläggning/ar som ligger på marginalen för varje utomhustemperatur. Marginalproduktionen tas fram genom att för varje utomhustemperatur (i intervall om en grad) se vad den totala produktionen i nätet är och vilka produktionsanläggningar som kan leverera ytterligare effekt för att tillgodose behovet. De anläggningar som har högst rörlig kostnad för varje timme med den aktuella temperaturen antas utgöra mixen av marginalproduktion för den temperaturen.

Systembeskrivningen av fjärrvärme- eller fjärrkylesystemet kommer att bestå av två delar, dels att beskriva hur den nuvarande situationen ser ut och dels att beskriva den troligaste prognosen för framtiden, fram till 2040. Prognosdelen för fjärrvärme och fjärrkyla är under utveckling i verktøget. Tillsvidare används dagens systembeskrivning för hela perioden 2020-2040.

2.3 Marginalproduktion i nordeuropeiska elsystemet

En ny energilösning i en byggnad kan påverka byggnadens efterfrågan på el. Detta påverkar elsystemets utsläpp av olika miljö- och klimatpåverkande ämnen och dess resursanvändning. Metoden för klimatbedömning av el har utvecklats i tidigare projekt och beskrivs mer detaljerat i Gode m.fl., 2015 och Hagberg m.fl., 2017.

Den marginalproduktion som påverkas i elsystemet är ur ett kortsiktigt perspektiv i regel den tillgängliga elproduktionsteknik som har högst rörlig produktionskostnad. Den tekniken kallar vi driftsmarginal. I ett långsiktigt dynamiskt perspektiv kan emellertid en förändrad elanvändning också påverka hur mycket investeringar i ny produktion som sker i systemet och även nedläggningen av gamla anläggningar. Denna effekt kallar vi byggmarginal. Konsekvensen av en förändrad elanvändning kan i många fall vara komplex och inkludera en kombination av kort- och långsiktiga konsekvenser. Verktøget Tidstegen omfattar en långsiktig tidsperiod på 20 år (2020–2040) för att hantera att många energiåtgärder i byggnader har en lång livslängd.

För analys av möjliga framtida utvecklingsvägar för elsystemet och påverkan på marginalelproduktionen i en svensk kontext, är inte ett nationellt perspektiv tillräckligt utan hänsyn behöver tas till att det svenska elsystemet är integrerat med övriga Norden och Europa. Vald systemgräns är därför Nordeuropa.

Metodiken för klimatbedömning av el följer en process som utvecklades i Hagberg m.fl., 2017 där en energisystemmodell används för att analysera hur marginalproduktionen i elsystemet kan se ut och utvecklas under den aktuella tidsperioden (2020–2040). Detta görs för olika scenarieförutsättningar för att täcka in en del av de många osäkerheter som är förknippade med den framtida utvecklingen av elsystemet. Hagberg m.fl. (2017) utvecklade tre olika scenarier för framtida marginalel: ett referensscenario, ett klimattungt scenario och ett klimatsnålt scenario. Verktøget Tidstegen omfattar alla dessa scenarier. De tre scenarierna baseras på IEA-arbetena Nordic Energy Technology Perspectives (Nordic Energy Research & IEA, 2016) och Energy Technology Perspectives (IEA, 2016).

Energisystemmodellen är en kostnadsminimerande, dynamisk, partiell jämviktsmodell. Modellen optimerar drift och investeringar i elsystemet under den aktuella tidsperioden, givet antaganden om framtida bränslepriser m.m. Modellen representerar det nordiska elsystemet som en region samt import/export med övriga Europa. Modellen har en årlig tidsupplösning med 6 tidssteg: 3 säsonger (vinter, vår/höst, sommar) samt dag/natt-uppdelning.

För varje scenario körs dels ett grundfall och ett alternativt fall där efterfrågan ändras i ett specifikt tidssteg (exempelvis vinternatt eller sommarkvällen). Det påverkar hur mycket elenergi som produceras under just detta tidssteg. Det kan dessutom påverka på vilket sätt elenergin produceras under andra tidssteg. Produktionen i det alternativa fallet jämförs sedan med produktionen i grundfallet och skillnaden mellan dessa utgör den samlade, ofta komplexa marginaleffekten på elproduktionen av en förändrad elförbrukning i just detta tidssteg och detta scenario. Med hjälp av modellen har vi på samma sätt bedömt marginaleffekten i elsystemet av ändringar i efterfrågan för varje tidssteg och de tre modellerade tidsperioderna 2015–2025, 2026–2035 och 2036–2045. Denna tidsupplösta marginalel används i Tidstegens klimatbedömning, för de tre modellperioder som finns representerat i modellen.

2.4 Klimatbedömning Fjärrvärme och fjärrkyla

Klimatbedömning av fjärrvärme och fjärrkyla är en av nyckeldelarna i metoden som verktyget Tidstegen bygger på. Metoden för fjärrvärme och fjärrkyla utvecklades i två tidigare etapper och sammanfattas kort i detta avsnitt. För detaljer hänvisas till Gode m.fl., 2015 och Hagberg m.fl., 2017. Metoden tar hänsyn till när i tiden en byggnad använder (eller producerar) värme och/eller kyla, vilket är viktigt då bränsleanvändning kan variera mycket över året i många fjärrvärme- och fjärrkylanät. Till exempel kan en energilösning som påverkar värmelasten lika mycket över hela året påverka fjärrvärmesystemet på ett helt annat sätt än en energilösning som enbart påverkar värmebehovet under en årstid, t.ex. vintern. Genom att koppla produktion av fjärrvärme och fjärrkyla till utomhustemperaturen tar metoden hänsyn till när i tiden värmen/kylan används. Metoden beskriver ett systems marginalproduktion (för fjärrvärme eller fjärrkyla) som en "marginalmix" för olika utomhustemperaturer.¹

När varje utomhustemperatur som analyseras har tilldelats en eller flera marginalproduktionsanläggningar beräknas klimatprestandan genom att använda emissionsfaktorer för klimatpåverkan för varje marginalproduktionsanläggning med hänsyn tagen till verkningsgrader och klimatprestanda för tidsupplöst marginalet (se avsnitt 2.3). En sammanvägd emissionsfaktor för marginalmixen beräknas sedan för varje temperatur utifrån fördelningen mellan marginalproduktionsanläggningarna.

2.5 Klimatbedömning av el

Varje teknik för elproduktion i energisystemmodellen kopplas till en emissionsfaktor för klimatpåverkan (i enheten kg CO_{2e}/MWh). På så sätt kan den tidsupplösta marginalet (avsnitt 2.3) användas för att beräkna hur ändrad elanvändning under ett visst tidssteg påverkar elsystemets klimatpåverkan. Dessa resultat räknas i nuläget om till timupplösta medelvärden för ett genomsnittligt år för den aktuella tidsperioden (2020–2040), istället för timupplösta värden för de tre modellperioderna (2015–2025, 2026–2035 och 2036–2045). Detta görs genom att tre timvärden för de modellperioderna viktas ihop till ett, vilket totalt ger en serie på 8760 värden. Inom kort kommer detta uppdateras så att varje tidsperiod kommer att användas i klimatbedömningen. Medeltimvärdet blir mindre representativt längre fram i tidsperioden, men så länge man ska bedöma en åtgärd som genomförs nu så blir skillnaden liten.

2.6 Klimatbedömning av biobränslen, fossila bränslen och avfall

Verktyget Tidstegen fokuserar på effekterna i ett systemperspektiv av förändrad efterfrågan på fjärrvärme/fjärrkyla och elenergi. Effekterna kan inkludera förändrad användning av flera olika bränslen. Beräkningarna inkluderar då de utsläpp av växthusgaser som sker under dessa bränslens livscykel. För biobränslen och fossila bränslen utgår verktyget Tidstegen från bokföringsdata, det vill säga utsläppsdata för de olika processerna och transportererna i bränslekedjan för det bränsle som faktiskt används. Det är en begränsning i vår konsekvensanalytiska metod, eftersom användningen av ett bränsle påverkar bränslemarknaden och därmed kan påverka produktionen av helt andra bränslen. Kunskapen om sådana effekter är dock mycket bristfällig och vi tar därför inte hänsyn till de mycket osäkra effekterna som förändrad

¹ Orsaken till att analysen kopplar till utomhustemperatur är att produktionen av fjärrvärme och fjärrkyla (effektbehovet) är mer korrelerad till temperatur än tid (t.ex. timma på året).

användning av ett visst fossilt eller förnybart bränsle kan innebära. Tänkbara konsekvenser av förändrad användning av biobränslen och fossila bränslen beskrivs av exempelvis Hagberg m.fl. (2017) och Gode m.fl. (2012, 2013, 2015).

För energiutvinning ur avfall är ett konsekvensperspektiv dock både möjligt och relevant. Systemeffekterna av en förändrad avsättning för avfallsbaserad värme varierar från plats till plats. I vissa fjärrvärmenät används förbränningsanläggningen fullt ut även då det inte finns avsättning för all värme. En förändrad efterfrågan på värme påverkar då bara hur mycket av värmen från anläggningen som kyls bort. Detta får ingen effekt alls på utsläppen av växthusgaser. I andra fjärrvärmenät kan en minskad avsättning för avfallsbaserad värme leda till att mindre avfall eldas totalt sett under året. Detta påverkar förstås utsläppen av växthusgaser från förbränningsanläggningen. En ändring i mängden eldat avfall får även systemeffekter i andra delar av avfallssystemet. Eftersom Sverige har kapacitet att utvinna energi ur mer avfall än det brännbara restavfall vi själva genererar, tar svenska anläggningar emot stora mängder avfall från andra länder. Avfallsimporten minskar om svensk avfallsförbränning minskar, vilket påverkar avfallsbehandlingen i andra länder. Dessa effekter kan vara viktigare för klimatet än utsläppen från själva förbränningsanläggningen, men de är osäkra. Ett minskat eller ökat behov av avfallsbaserad fjärrvärme kan alltså ha många olika slags systemeffekter och därför påverka klimatet på många olika sätt. De faktiska konsekvenserna är sannolikt en blandning av flera av dessa:

- Mer värme från avfallsförbränning kyls bort.
- Mindre avfall importeras för energiutvinning, vilket leder till ökad deponering av obehandlat restavfall i ursprungsländerna eller på annat håll i Europa.
- Mindre avfall importeras för energiutvinning, vilket leder till ökad deponering av MBT- och MRF²-rester i ursprungsländerna eller på annat håll i Europa.
- Mindre avfall importeras för energiutvinning, vilket leder till ökad förbränning i andra länder.
- Mindre avfall importeras för energiutvinning, vilket leder till ökad biologisk behandling i andra länder.
- Mindre avfall importeras för energiutvinning, vilket på sikt kan bidra till ökad materialåtervinning.

Hagberg m.fl. (2017) hanterade dessa osäkerheter genom att ta fram tre olika scenarier för konsekvenser av förändrad efterfrågan på värme från avfall: ett referensscenario, ett klimattungt scenario och ett klimatsnålt scenario.

För att minska antalet scenariokombinationer i verktygets resultatrapport så används referensscenariot för avfall som grund i ett första skede. Det kan komma att ändras i senare versioner av verktyget.

2.7 Verktygets resultatrapport

Det primära resultatet från verktyget är en sammanställning av klimatpåverkan för de energilösningar eller byggnadslösningar som användaren har matat in. Resultatet presenteras i form av en graf med skillnaden i klimatpåverkan jämfört med referensbyggnaden. Anledningen till att endast skillnaden visas är för att befästa att Tidstegen använder ett konsekvensperspektiv vid klimatbedömningen vilket gör att endast förändringen gentemot ett grundfall är relevant.

I resultatrapporten ges också en överblick av de energisystem som användaren valt att koppla till byggnaden och klimatpåverkan för dessa.

² MBT – mechanical biological treatment (mekanisk och biologisk avfallsbehandling), MRF – material recovery facility (materialåtervinning)

3 Diskussion

Projektet har syftat till att utveckla, implementera och lägga grunden för en bred praktisk tillämpning av ett verktyg för klimatbedömning av byggnaders energilösningar vid planering och projektering av ny- eller ombyggnation. Det har hittills saknats ett sådant verktyg. Tidigare verktyg som byggbranschen använt fokuserar på att beräkna prestanda för befintliga byggnader (t.ex. inför energideklarationer) och tar inte hänsyn till hur energianvändningen och energitillförseln varierar över året. De beaktar sällan sektorsövergripande effekter och möjligheten att analysera valfria åtgärder är begränsad. De tar inte heller hänsyn till en åtgärds livslängd och den påverkan en åtgärd har på energianvändning och energisystemet över tiden. Med verktyget Tidstegen kan nu bygg- och fastighetsbolag få beslutsunderlag inför ny- och ombyggnation (t.ex. vid val av isolering eller fönster, eller utformning). Energilösningar i byggnader har varit huvudfokus för metod- och verktygsutvecklingen, men verktyget kan även användas av energibolag till exempel för att analysera klimatpåverkan av olika lösningar i fjärrvärmenätet.

Nyhetsvärdet ligger bland annat i beaktandet av tidsupplösning för avräkning mellan använd, egengenererad och köpt energi och i att bedömningen av energitillförsel vid beräkningar av byggnaders energi- och klimatprestanda beaktar konsekvensen av en förändring.

Dagens energisystem kan förväntas utvecklas över tid, men exakt hur utvecklingen kommer att se ut är omöjligt att fastställa idag. Osäkerheten hanterar vi i metoden med hjälp av olika scenarier. Scenarierna är utformade så att de tillsammans täcker in ett förhållandevis brett utfallsrum, men som ändå är relevant och inom rimlighetens gränser. På så sätt ger de tillsammans ett resultat som kan visa på ett rimligt spann för klimatpåverkan för en byggnadslösning.

Scenarierna i Tidstegen gäller den framtida elproduktionen och avfallsbehandlingen. Hur elproduktionen påverkas av en förändrad elanvändning beror på beslut från en mängd olika aktörer. På samma sätt påverkar en stor mängd aktörer hur det europeiska avfallssystemet påverkas av en ändrad användning av avfallsbaserad värme. Den sammantagna spridning som framtidens marginaltekniker kan komma att få är därmed stor. För att minska antalet scenariokombinationer i verktygets resultatrapport så används referensscenariot för avfall som grund i ett första skede. Det kan komma att ändras i senare versioner av verktyget.

För fjärrvärmesystemen är det svårare att analysera scenarier eftersom systemgränsen fjärrvärmenätet vanligtvis endast består av en eller mycket få fjärrvärmebolag och där befintliga produktionsanläggningar, framtida värmeunderlag, lokalpolitiska miljömål, lokala förutsättningar, resurser för produktionsprognos samt kundkrav påverkar och kan se helt olika ut mellan olika fjärrvärmenät. Fjärrvärmesystemens framtida utveckling måste därför hanteras för varje enskilt fjärrvärmenät. I verktyget kommer möjligheten finnas för fjärrvärmebolagen att lägga in framtidsprognoser för marginalproduktion fram till 2040. Detta är något som är under utveckling, men verktyget omfattar inte per automatik olika scenarier för fjärrvärmeproduktionen.³ Prognoser för framtida systemutveckling och uppdatering av nuvarande system inom fjärrvärme och fjärrkyla är något som kommer att behöva uppdateras efter hand, och bör ligga i energibolagens intresse för att återge en representativ bild. Vilken uppdateringsfrekvens som är rimlig kommer att bero bland annat på systemets komplexitet, och i dagsläget finns inga generella riktlinjer.

Marginal effekter i energisystemet som en följd av en förändrad energianvändning är bara representativa i ett visst intervall. Således är verktyget endast representativt för mindre förändringar. Vid stora förändringar i efterfrågan kommer de marginalsценarier som verktyget bygger på inte längre vara representativa och i

³ Fjärrvärmeproduktion som innebär användning av el (t.ex. värmepumpar, elpannor) eller produktion av el (kraftvärme) ger dock tre olika resultat eftersom verktyget har tre elscenarier.

praktiken behöva uppdateras. Ett exempel kan vara storskaligt införande av en ny åtgärd eller stora byggnationer på liten ort med litet fjärrvärmenät.

De faktiska konsekvenserna av en åtgärd är alltid osäkra. Tidstegen uppskattar konsekvenserna med hjälp av modeller, vilka alltid är förenklingar av den komplexa verkligheten. Resultat från verktyget Tidstegen kommer också för vissa troligen uppfattas som kontroversiella och resultaten är inte alltid intuitiva. Eftersom syftet är att analysera påverkan av olika val i en beslutssituation, bör resultaten också endast användas till det. Verktyget och resultat måste således användas med sunt förnuft. Ibland kommer resultaten kanske inte vara direkt applicerbara utan istället vara underlag till en diskussion om systemeffekter (till exempel om resultaten visar på minskad klimatpåverkan av ökad energianvändning). Den typen av systemeffekter bör hellre ses som indikativa och användas för att få ökad förståelse för de system som byggnaden är kopplad till, snarare än att räkna exakt vad olika energilösningar innebär för klimatpåverkan. När resultat från Tidstegen används bör Tidstegens metod alltid beskrivas kort eller åtminstone refereras till. Då ökar transparensen och risken för att siffrorna används i fel syfte minskar. Dessutom ökar chanserna till att Tidstegen och dess resultat ger insikter om hur energisystemen fungerar och är länkade både till varandra och till byggnaden.

Det finns även andra metoder som skulle kunna användas i flera steg av analysen. Exempelvis andra typer av modeller/modellverktyg alternativt mer kvalitativa tillvägagångssätt.

Det är också viktigt att komma ihåg att resultat från Tidstegen ska ses som *en del av ett underlag inför ett beslut, ett verktyg bland flera*, eftersom det finns många andra viktiga aspekter och frågor som Tidstegen inte svarar på.

Resultat från verktyget Tidstegen bör därför ställas vid sidan om beräkningar av livscykelkostnader, klimatberäkning av byggmaterial, klimatmål, alternativa investeringar och andra relevanta aspekter. Det kommer att bli lägre värmedensitet både i befintlig byggnation och framförallt i nybyggda områden. Det är lätt att tänka att energi och -effektbehovet tappar relevans när det blir lågt, men det kommer vara fortsatt viktigt att kunna visa klimat- och resursbedömningar av energianvändningen, som ett komplement till kostnadsbedömningar av olika energisystemval för att aktivt styra i en klimatmässigt medveten riktning.

Det finns en pågående process kring hur verktyget ska förvaltas och leva vidare efter projektets slut. IVL Svenska Miljöinstitutet har inom projektet genomfört en workshop på temat affärsutveckling av Tidstegen och framtida organisation. På workshopen deltog en extern affärsutvecklare (Katarina Chowra, MapleBloom AB), projektgruppen på IVL samt representanter från organisationerna i projektets referensgrupp. Det blev en lyckad workshop med mycket engagemang som gav bra grund till projektets fortsättning. En slutsats var att vi behöver kunna visa på goda exempel för att säkerställa en bred användning på sikt.

Nästa steg kommer därför att bli en serie med pilotprojekt för att testa verktyget i verkliga (eller fiktiva) fallstudier. Pilotprojekten kommer att syfta till att ta fram resultat och tolkning av dessa, men också till att ge konstruktiv återkoppling på verktygets funktion, utformning och förslag till förbättringsåtgärder. Pilotprojekten kommer att utformas i samverkan mellan IVL, energibolag och fastighetsägare/behovsägare för att möjliggöra största möjliga nytta.

3.1 Reflektioner från bygg- och fastighetsbranschen

Jonas Gräslund (Skanska), Hannes Schmied (NCC) och Johnny Kellner (Energikonsult)⁴

Vid planering av nya kontors- och bostadsområden är det nödvändigt att planera för en tidshorisont för byggnader som beräknas stå i cirka 100 år. Planeringen måste även ta hänsyn till det europeiska energisystemet med framtida import och export av el där även effektproblematiken måste beaktas. Vad händer när den svenska kärnkraften efterhand avvecklas av både ekonomiska- och åldersskäl? Hur ser prognosen ut för biodriven kraftvärme i Sverige? Kommer avfallsförbränning att bestå i ett längre tidsperspektiv? Hur kommer den europeiska kraftindustrin klara effektbehovet när kärnkraften även avvecklas i Tyskland och ingen ny kolkondens planeras? Hur kommer elnätet se ut för att kapacitetsmässigt klara framtida överföring av el till kontinenten?

Den vanligaste analysmetoden i dag är den så kallade bokföringsmetoden. Den har fördelen att vara allmänt mer använd. Men den ger ingen långsiktig bedömning vid framtida förändring av energisystemet.

I en konsekvensanalys studeras vad som händer vid en förändring och vilka konsekvenser det har på ett bredare, mer sammansatt system och dess miljöpåverkan. En konsekvensanalys studerar de marginella förändringarna i energisystemet och vilka klimateffekter som det medför.

Tidstegen är ett projekt som inkluderar konsekvenser av möjliga framtida politiska beslut och styrmedel tillsammans med energibolagens prognoser och miljökonsekvenser av byggnaders energilösningar för en tidsperiod längre in i framtiden. Det är komplicerade samband där prognoser av energibolagen måste tas fram som ett underlag för en framtida planering av till exempel nya stadsdelar.

Målsättningen med Tidstegen är skapa möjligheter att i tidiga skeden använda tekniken som ett enkelt planeringsverktyg både hos både kommuner, byggherrar och byggbolag. Denna planering är också nödvändig för omställningen till helt förnyelsebar/klimatneutral energi. Verktöget kan antingen användas för att konkretisera tagna politiska beslut eller för att ett bolag vill ligga i framkant i sin planering avseende konsekvenserna för klimatet. För kommuner blir det ett naturligt verktyg i planprocessen.

Med införandet av en metod som Tidstegen ges branschen nu en möjlighet att ställa krav på aktörerna att de ska redovisa och känna till miljökonsekvenserna av olika val, även om konsekvenserna sker utanför landets gränser.

⁴ Detta stycke har författats av representanter från branschen, Jonas Gräslund, Hannes Schmied och Johnny Kellner, som aktivt deltagit i projektet Tidstegens referensgrupp samt genom SBUF arbetat i projektgruppen. 2019-01-07

3.2 Reflektioner från energibranschen

*Johan Lunden (Tekniska Verken Linköping) och Lars Holmqvist (Göteborg Energi) och Erik Dotzauer (Stockholm Exergi)*⁵

Det pågår en omställning av bebyggelsen och energisystemet. Fjärrvärmens bidrar till ökad resurseffektivitet och minskad användning av fossila bränslen. El är en högvärdig energiform som med fördel kan användas för drift av fordon, värmepumpar, elektronik och andra avancerade tillämpningar.

Fjärrvärmens samspelar tätt med bebyggelsen. Värmeanvändningens storlek och när i tid byggnader har behov av värme påverkar fjärrvärmeproduktionen, vilket i sin tur ger återverkningar både i elsystemet och i avfallssektorn. Bebyggelsen är även direkt kopplad till elsystemet. Beroende på byggnaders konstruktion och användning kan påfrestningen på elsystemet variera över tid. Att förstå dessa mycket komplexa samband är nödvändigt för att kunna styra omställningen av bebyggelsen och energisystemet mot ökad hållbarhet.

En del i detta är att förstå hur åtgärder i enskilda byggnader påverkar utsläppen av växthusgaser. Det handlar om att uppskatta konsekvensen för klimatet, vilket sedan kan användas som underlag för beslut om vilka åtgärder som bör genomföras. Inom ramen för Värmemarknadskommittén har energibolagen tillsammans med några kundorganisationer utarbetat principer för hur en sådan konsekvensbedömning bör göras.

För att kunna göra bedömningen i praktiken krävs ett beräkningsverktyg. Det är här som Tidstegen kommer in. Det arbete som är gjort i Tidstegens olika delprojekt ser energibolagen som mycket värdefullt. Verktöget är bra anpassat till de principer som man enats om inom Värmemarknadskommittén.

Energibolagen är övertygade om att el och fjärrvärme har en viktig roll att spela i det framtida hållbara samhället. Bara man tar rätt beslut i utvecklingen av bebyggelsen så kommer energisystemet också att utvecklas i rätt riktning. För att uppnå detta behövs Tidstegen.

⁵ Detta stycke har författats av representanter från branschen, Erik Dotzauer, Johan Lunden och Lars Holmqvist, som genom aktivt deltagande i projektet Tidstegens referensgrupp bidragit med värdefullt stöd och utveckling av såväl metoder, verktyg och kontaktnät. 2019-02-09

4 Slutsatser

Viktigaste resultatet från projektet är att ett verktyg nu finns för att analysera klimatpåverkan av olika energilösningar.

Huvudaktiviteten i projektet har varit att ta fram ett verktyg för klimatbedömning av energilösningar. Verktyget bygger på en metod som är tidsupplöst, framåtblickande och konsekvensorienterad. I jämförelse med tidigare etapper har projektet resulterat i en första version av verktyg för klimatbedömning av energilösningar i byggnader. Vidare finns nu en än mer sammanhållen metod med bättre synkning mellan metodens olika delar. Framför allt gällande länkning mellan fjärrvärme och el.

Slutsatser från projektet är bland annat att det tar tid att utveckla verktyg och att det är viktigt att noga testa verktyget innan det kan lanseras storskaligt. Det pågår just nu ett flertal aktiviteter där ett verktyg likt Tidstegen skulle vara mycket användbart. För att säkerställa att det får en bred användning är det väsentligt att verktyget är så användarvänligt som möjligt med inga, eller mycket få buggar. En slutsats är därför att nästa steg bör vara att testa det i några piloter. Efter att pilotprojekten genomförts kommer verktyget att finnas tillgängligt på IVL:s hemsida. En ytterligare slutsats är att ny kunskap hela tiden genereras och att verktyget kommer att behöva uppdateras regelbundet för att inte bli inaktuellt. Det gäller exempelvis ny kunskap om elsystemets utveckling. Behovet av uppdaterade data och utvecklingsmöjligheter ställer också krav på hur verktyget på sikt ska finansieras för att kunna fortsätta ge relevanta resultat över tid.

Hemvisten och ägarskapet av verktyget har diskuterats under projektet. Projektets referensgrupp förordar fortsatt hemvist och ägarskap hos IVL då det är en fristående organisation med tredjepartsställning. Genom sin bas för finansiering av forskning via staten (från Formas och Naturvårdsverket via stiftelsen SIVL) samt motfinansiering från privata näringslivets aktörer såsom energisektorn och byggsektorn, utgör IVL, enligt referensgruppen en opartisk och därmed neutral aktör, fristående från partsintressen.

Verktyget kommer initialt att vara kostnadsfritt att nyttja för att underlätta implementeringen av verktyget i sektorn samt för att skapa förståelse för sammanhangen och därmed minska risken för en rad felaktiga projektbeslut i framtiden. Modell för finansiering och förvaltande är under utveckling och kommer delvis befästas under pilotprojektperioden.

5 Referenser

Boverket (2018), Konsekvensutredning BFS 2018:xx.

<https://www.boverket.se/contentassets/ac528c243fed4ee4ab08cf27e04a7eeb/konsekvensutredning-bbr---remiss.pdf>. Tillgänglig 2019-03-11.

Ekvall T (2018), Miljöbedömning av energibärare - vägledning för livscykelanalyser. IVL rapport C361

Equa Solutions AB (2016), IDA ICE. 4.7. 4.7 ed.

Gode J, Lätt A, Martinsson F, Adolfsson I, Lindblom J, Ekvall T (2015), Miljövärdering av energilösningar i byggnader. IVL rapport B2240

Gode J, Martinsson F, Hagberg L, Öman A, Höglund J, Palm D (2011), Miljöfaktaboken 2011 – Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter. Värmeforsk rapport 2011:1183

Gode J, Ekvall T, Martinsson F, Särholm E, Green J (2012), Primärenergi i avfall och restvärme - Metodfrågor. Fjärrsyn rapport 2012:5

Gode J, Fredén J, Adolfsson I, Ekvall T (2013), Värdering av fjärrvärmens resurseffektivitet och miljöpåverkan – Metodfrågor. Fjärrsyn rapport 2013:3

Hagberg M, Gode J, Lätt A, Ekvall T, Adolfsson I, Martinsson F (2017), Miljövärdering av energilösningar i byggnader (etapp 2). IVL rapport B2282

IEA (2016), Energy Technology Perspectives 2016. Paris: OECD/IEA.

IVL (2019), Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg, www.ivl.se. Tillgängligt 2019.

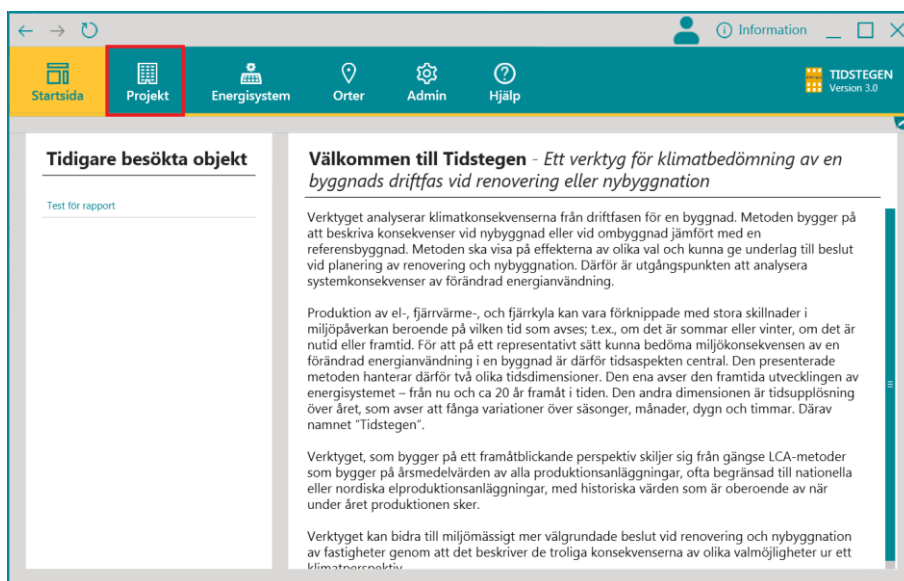
Nordic Energy Research & IEA (2016), Nordic Energy Technology Perspectives 2016 - Cities, flexibility and pathways to carbon-neutrality. OECD, IEA, Nordic Energy Research: Paris.

SMHI (2019), klimatdatafiler för beräkning av byggnaders energiprestanda. SMHI:s hemsida <http://www.smhi.se>. Tillgängligt 2019-03-11.

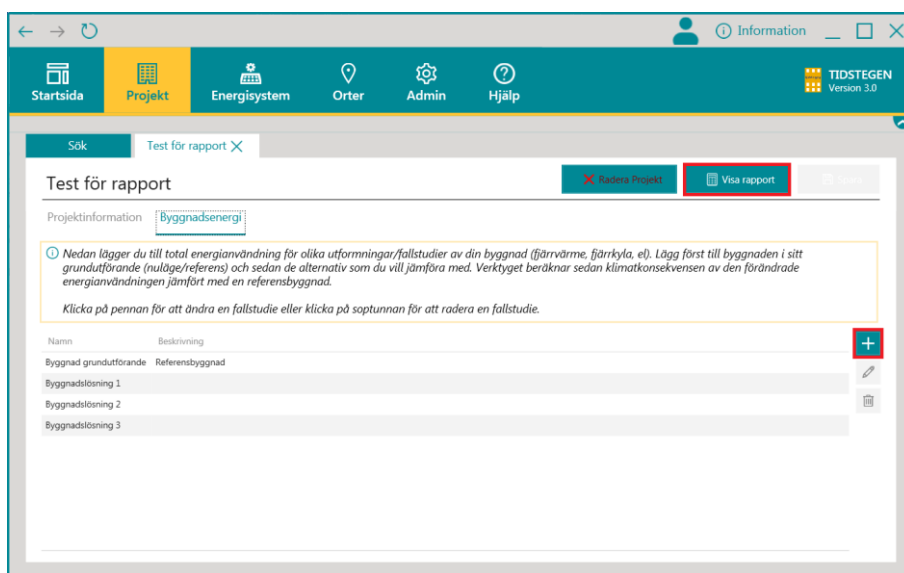
6 Bilaga

6.1 Bilder från verktyget

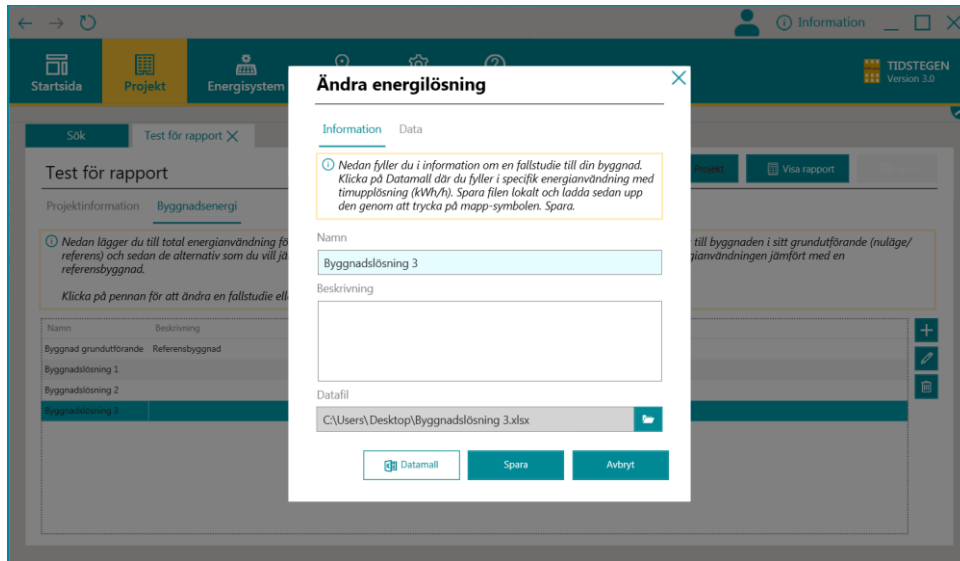
Här visas några bilder som ger en översikt av hur verktyget är uppbyggt och vilken typ av resultat det ger. Manual publiceras separat.



Figur 4: Startside i verktyget. Manual och stöddokument finns på inloggningssidan. Verktyget kommer att finnas tillgängligt på IVL:s hemsida.

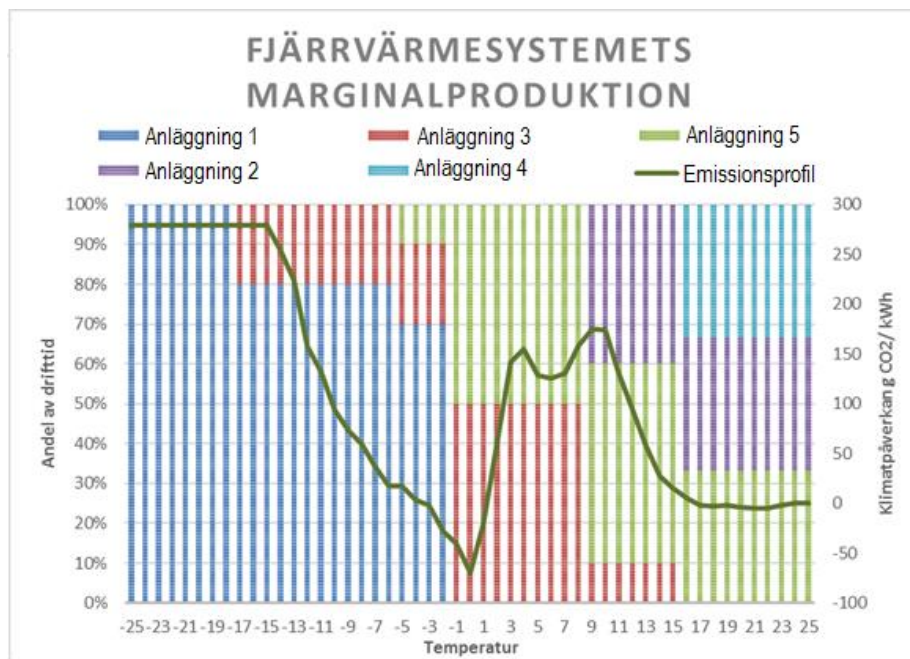


Figur 5: Här lägger användaren till en referensbyggnad samt byggnadslösningar i det nya projektet. "Visa rapport" ger en resultatrapport i form av en Excel-fil.

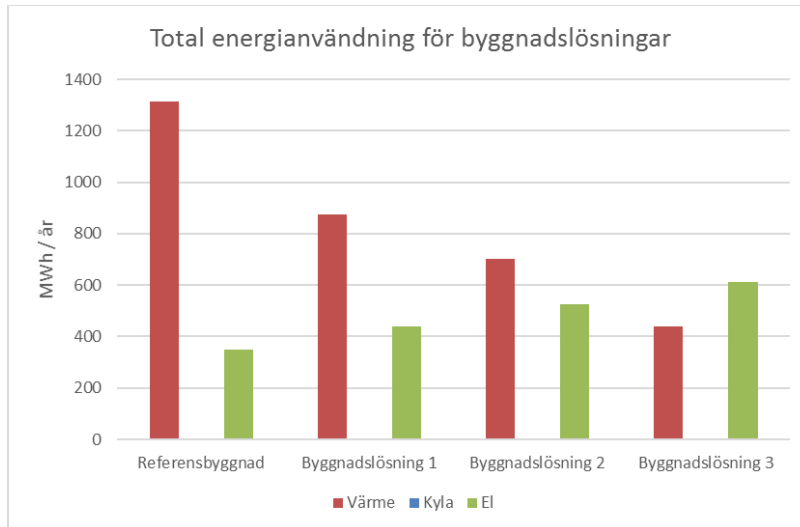


Figur 6: Här laddar användaren upp en ny energilösning

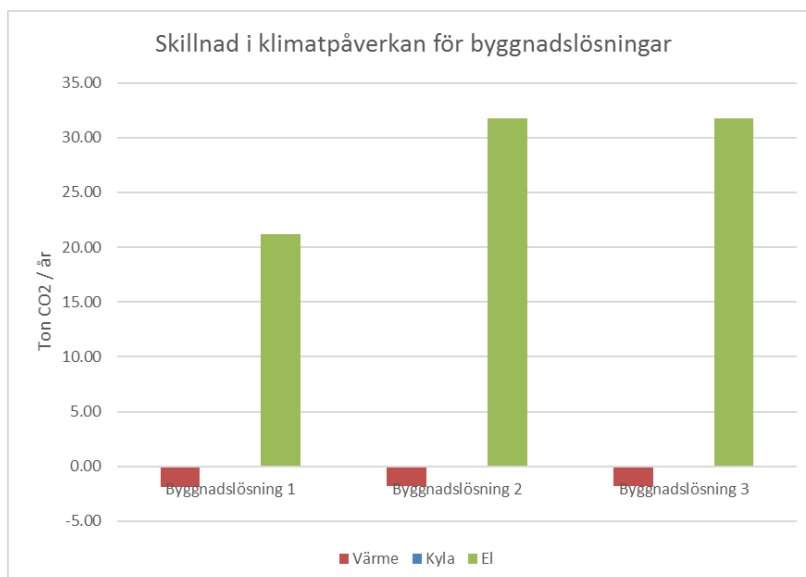
Nedan, i Figur 7- Figur 9, visas exempel på resultat som redovisas i verktygets resultatrapport.



Figur 7: Detta är en del av resultatrapporten. Det visar fördelningen av marginaltekniker för olika temperaturer för ett fiktivt nät

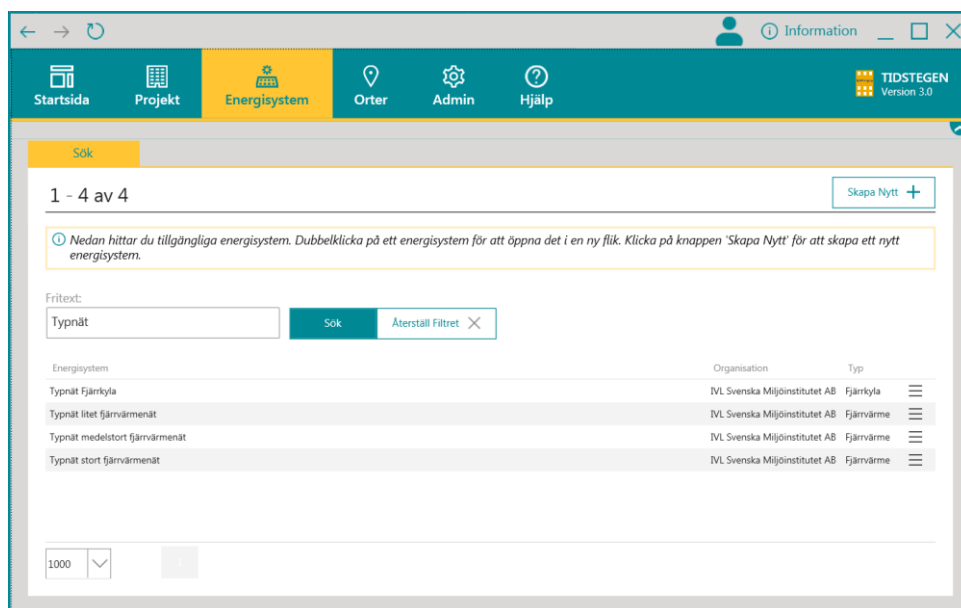


Figur 8: Detta är en del av resultatrapporten. Det visar energianvändningen för några fiktiva byggnadslösningar

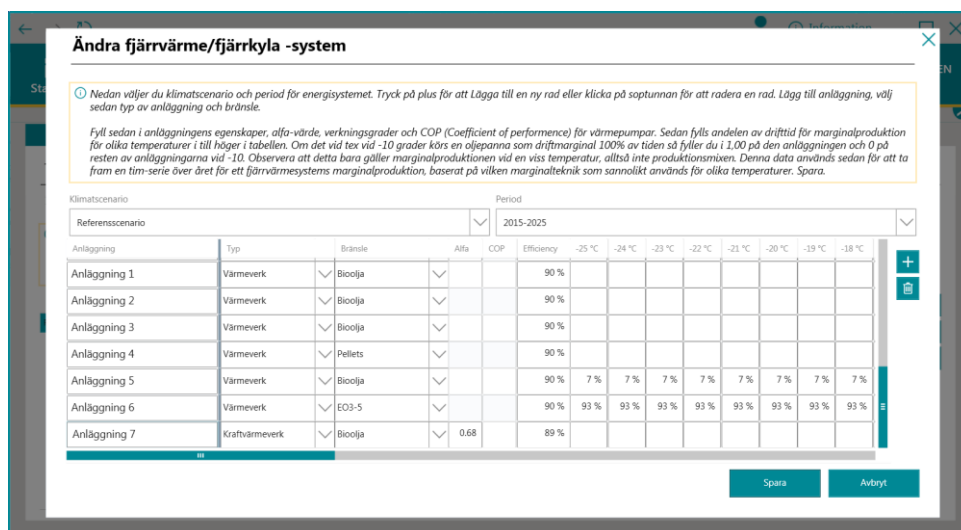


Figur 9: Detta är en del av resultatrapporten. Det indikerar skillnaden i klimatpåverkan i ett besluts perspektiv för några fiktiva byggnadslösningar

Nedan, i Figur 10 och Figur 11 visas den vy som energibolagen kommer att använda för att lägga in och definiera nya fjärrvärme och fjärrkylesystem.



Figur 10: Denna vyn kommer endast energibolagen se och syftar till att lägga in nya fjärrvärme- och fjärrkylesystem i verktyget



Figur 11: Här lägger energibolagen in information om fjärrvärme- och fjärrkylesystemens och fördelningen av marginaltekniker vid olika utomhustemperaturer

SBUF ®

SVENSKA BYGGBRANSCHENS UTVECKLINGSFOND
The development fund of the Swedish construction industry

 **ivl**
SVENSKA
MILJÖINSTITUTET

IVL Svenska Miljöinstitutet AB // Box 210 60 // 100 31 Stockholm
Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se