

Totalmetodiken

Handbok för genomförande
och kvalitetssäkring

Version 1.6
januari 2017



Totalmetodiken
STOR ENERGIBESPARING • LÖNSAM INVESTERING • BELOK



Denna guide har tagits fram som en del i projektet "The Total Concept method for major reduction of energy use in non-residential buildings", som finansierats av Intelligent Energy Europe Programme och Belok. Total Concept är det engelska namnet på Totalmetodiken.

Projektets webbplats: www.totalconcept.info

Totalmetodiken är en metod som utvecklas av **Belok** (Beställargruppen för lokaler).
BELOKs hemsida: www.belok.se

Guiden har tagits fram av: CIT Energy Management AB
Kontakt: Mari-Liis Maripuu, mari-liis.maripuu@cit.chalmers.se; asa.wahlstrom@cit.chalmers.se
www.energy-management.se

Version 1.6, januari 2017



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

Ansvarsfriskrivning

Hela ansvaret för innehållet i denna publikation ligger hos författarna. Det återspeglar inte nödvändigtvis den Europeiska Unionens åsikter. Varken EACI eller Europakommissionen ansvarar för hur informationen i publikationen kan komma att användas.

Förord

Denna guidebok har tagits fram för att öka kunskapen om metodiken och implementeringen av Totalmetodiken bland fastighetsägare, fastighetsförvaltare, konsulter, projektörer och andra nyckelaktörer som kommer vara delaktiga i genomförandet av projekt där Totalmetodiken används. Guideboken beskriver de grundläggande principerna som metodiken är baserad på och inkluderar även erfarenheter från genomförda projekt enligt Totalmetodiken i Sverige. Materialet är även anpassat för att kunna användas i utbildningssyfte och som en instruktion vid det praktiska genomförandet av Totalmetodiken.

Denna guide har tagits fram som en del i projektet "Totalmetodiken för omfattande reduktion av energianvändning i lokalbyggnader", med stöd av den Europeiska Unionens program Intelligent Energy Europe och av Beställargruppen för Lokaler (Belok). Delar av innehållet grundar sig på informationsmaterial som tagits fram av Belok som en del i utvecklingen av Totalmetodiken. Erfarenheter från Belok har samlats in och vidareutvecklats för att skapa riktlinjer för fastighetsägare, konsulter, och andra nyckelaktörer i processer för att energieffektivisera byggnader i de medverkande länderna.

Handboken har tagits fram inom CIT Energy Management AB av Mari-Liis Maripuu, Mona Norbäck, Enno Abel, Per-Erik Nilsson och Lars Ekberg. De har under flera år arbetat med utveckling och tillämpning av Totalmetodiken.

Innehåll

Förord

1 Inledning

<i>Bakgrund</i>	6
<i>Utveckling av Totalmetodiken</i>	6
<i>Om Totalmetodiken</i>	7
<i>Fördelar med Totalmetodiken</i>	9
<i>Arbetsprocessen</i>	10
<i>Medverkande aktörer i Totalmetodiken</i>	11
<i>Exempel på projekt enligt Totalmetodiken</i>	11

2 Totalmetodikens ekonomiska grunder

<i>Inledning</i>	13
<i>Grundläggande begrepp för lönsamhetsberäkningar</i>	13
<i>Lönsamhetsbedömning i Totalmetodiken</i>	20
<i>Reinvestering</i>	28
<i>Årliga kostnadsbesparingar</i>	32

3 Totalmetodikens Etapp 1 - Framtagning av åtgärds paket

<i>Inledning</i>	36
<i>Medverkande aktörer i Etapp 1, roller och ansvar</i>	37
<i>Beställarens förberedelser inför Etapp 1</i>	39
<i>Projektstart</i>	40
<i>Insamling av grunddata</i>	41
<i>Energibesiktning</i>	43
<i>Fastställ basfall</i>	47
<i>Analys av åtgärder</i>	49
<i>Energiberäkningar</i>	51
<i>Kostnadskalkyler</i>	57
<i>Framtagning av åtgärds paket</i>	59
<i>Att inkludera byte av värmeförsörjning i åtgärds paketet</i>	65
<i>Känslighetsanalys</i>	71
<i>Rapportering</i>	74

4 Totalmetodikens Etapp 2 - Genomförande av åtgärder

<i>Inledning</i>	76
<i>Medverkande aktörer i Etapp 2, roller och ansvar</i>	77
<i>Upphandling av projektörer och entreprenörer i Etapp 2</i>	79
<i>Projektering och kvalitetssäkring</i>	80
<i>Genomförande av åtgärder och funktionskontroll</i>	81
<i>Planering av mätning och uppföljning i Etapp 3</i>	82

5 Totalmetodikens Etapp 3 - Uppföljning

<i>Inledning</i>	83
<i>Medverkande aktörer i Etapp 3, roller och ansvar</i>	83
<i>Mätning av energianvändningen</i>	84
<i>Efterkontroll av lönsamhet</i>	85

BILAGA 1: Tre exempel på projekt enligt Totalmetodiken

BILAGA 2: Stödtabeller för ekonomiska beräkningar

BILAGA 3: Exempel på rekommenderade ekonomiska livslängder för olika åtgärder

BILAGA 4: Underlag för frågor till driftstekniker, förvaltare och hyresgäst

BILAGA 5: Checklistor för vanliga åtgärder på byggnadens klimatskal, byggnadstekniska system och installationer

1 Inledning

Det här kapitlet beskriver de grundläggande principerna bakom Totalmetodiken, samt metodens fördelar. De olika etapperna i metoden och medverkande aktörer redovisas även översiktligt.

Bakgrund

Att förbättra energieffektiviteten och minska energibehovet i byggnadsbeståndet har varit på dagordningen under de senaste decennierna i de flesta europeiska länder. Sveriges klimat- och energimål syftar till att öka energieffektiviteten med 20 % fram till år 2020 (jämfört med år 2008). Dessutom finns ett Europeiskt direktiv som kräver att alla nya byggnader från och med 2021 ska vara "nära-nollenergibyggander". Detta innebär att Boverkets byggregler kommer öka kraven på energihushållning framöver.

Givetvis är det viktigt att nya byggnader använder mindre energi, men det leder framförallt till en bromsning av energibehovsökningen, inte att det totala energibehovet minskar. För att minska det totala energibehovet i byggnadssektorn och nå nationella och internationella mål måste även energianvändningen i det befintliga byggnadsbeståndet minska väsentligt. Detta innebär att fler fastighetsägare behöver höja sina ambitioner att genomföra energieffektiviseringsprojekt.

En viktig drivkraft för att genomföra energieffektiviseringsprojekt i lokalbyggnader är att erbjuda attraktiva lokaler till sina hyresgäster. En allt viktigare del i att ha attraktiva lokaler är ett minskat energibehov, samtidigt som funktionaliteten bibehålls eller förbättras. Dessutom är det troligt att kraven för energianvändning även skärps för befintliga byggnader. Det innebär att fastighetsägare som inte, inom en snar framtid, genomför åtgärder för förbättrad energieffektivitet senare kan komma att tvingas utföra tillfälliga åtgärder som istället kunnat genomföras tidigare på ett mer lönsamt sätt.

Utveckling av Totalmetodiken

Tidigare genomförda energieffektiviseringsprojekt i lokalbyggnader i Sverige har visat att det är relativt enkelt att identifiera ett antal enskilda åtgärder som kan minska byggnadens energibehov. En del av åtgärderna kan genomföras utan större kostnader. Däremot kräver ofta åtgärder som avsevärt minskar energibehovet större investeringar. När det gäller lokalbyggnader, är det inte så troligt med ekonomiskt stöd för sådant från offentliga myndigheter. Därmed måste fastighetsägaren själv stå för kostnaderna kopplade till energieffektiviseringen. I praktiken innebär det att följande förutsättningar måste uppfyllas:

- Investeringarna för att genomföra nödvändiga åtgärder måste vara lönsamma. Med andra ord måste fastighetsägarens ekonomiska krav på långsiktiga investeringar uppfyllas.
- Bedömningen av kostnader och framtida årliga besparingar utgör underlag för investeringsbeslut och måste därför vara tillförlitliga.
- När energieffektiviseringsåtgärder genomförs i befintliga byggnader är det dessutom viktigt att de utförs så att kvaliteten på byggnaden och dess användbarhet bibehålls eller förbättras.

Hittills har det funnits väldigt lite stöd till fastighetsägare för att ta bra investeringsbeslut för förbättrad energiprestanda och minskade driftskostnader. Besluten baseras ofta på lönsamhet för

enskilda åtgärder och förstudier görs ofta med enkla ekonomiska metoder som inte tar hänsyn till hela investeringen/systemets ekonomiska livslängd eller energiprisändringar. Därmed genomförs oftast bara de allra mest lönsamma åtgärderna vilket leder till ganska blygsamma energibesparingar.

För att höja fastighetsägares ambitionsnivå för att genomföra större renoveringar för energieffektivisering har Energimyndighetens beställargrupp för lokaler, Belok, tagit fram en arbetsmetod som kallas *Totalmetodiken*. Belok är ett nätverk med Sveriges största lokalfastighetsägare som har initierats och understöds av Statens Energimyndighet. I Belok samverkar ledande lokalfastighetsföretag för att sprida kunskap och erfarenheter om effektiva metoder för energieffektivisering av lokalfastigheter. Alla resultat från Belok:s verksamhet är offentliga och tillgängliga för allmänheten via deras hemsida.

Totalmetodiken fokuserar på att uppnå maximal energibesparing inom ramen för fastighetsägarnas lönsamhetskrav. Metoden är inriktad på att minska befintliga lokalbyggnaders värme- och elbehov genom kostnadseffektiva åtgärdspaket. Genomförda projekt enligt Totalmetodiken visar att det i många fall är möjligt att halvera energianvändningen i befintliga lokalbyggnader på ett lönsamt sätt. I vissa fall gav det effektivisering ner mot nära-nollenergibyggnader.

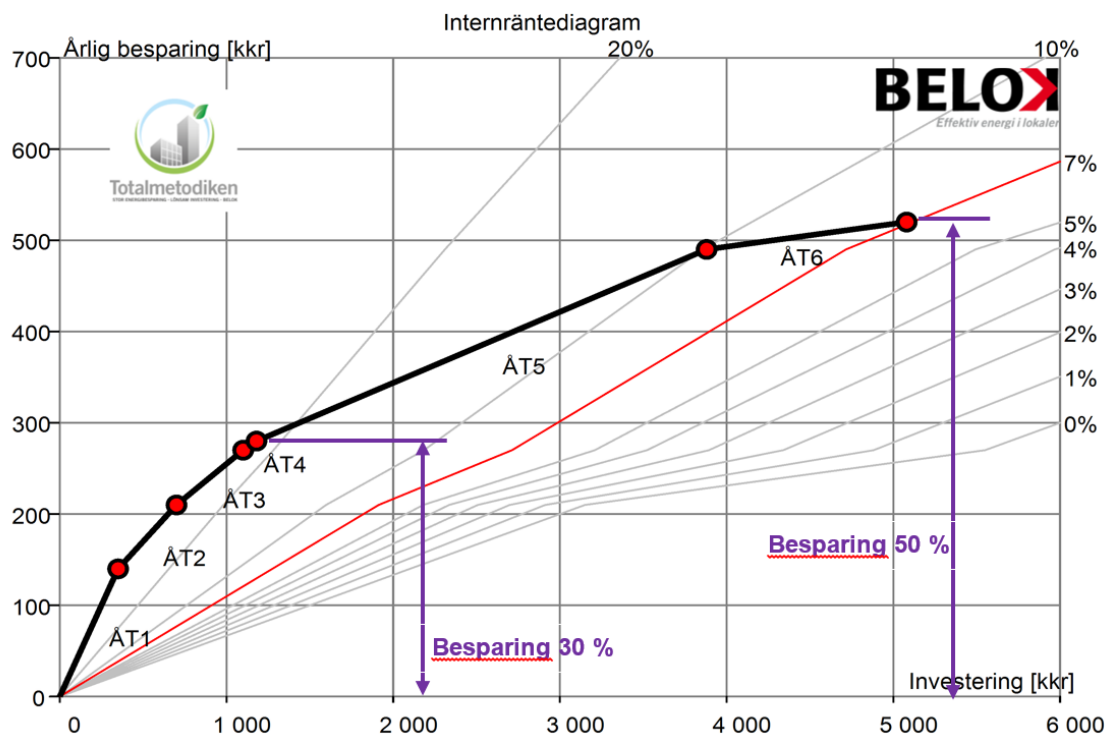
Om Totalmetodiken

Totalmetodiken är en arbetsmetod för energieffektivisering i befintliga lokalbyggnader. Metoden tar ett helhetsbegrepp om byggnadens energianvändning i syfte att uppnå maximala energibesparingar på ett lönsamt sätt.

Totalmetodiken baseras på åtgärdspaket och utgår från lättförståelig ekonomisk modell för lönsamhetsbedömningar. Det innebär kortfattat följande:

- I den byggnad som skall energieffektiviseras görs en grundlig inventering av tänkbara energisparande åtgärder. Av dessa bildas ett *åtgärdspaket* som i sin helhet uppfyller fastighetsägarens lönsamhetskrav.
- Hela åtgärdspaketet genomförs i den aktuella byggnaden.
- För erfarenhetsåterföring följs energianvändningen upp under minst ett år och jämförs med de tidigare beräknade värdena.

För att enkelt visualisera resultatet av lönsamhetsberäkningarna för beslutsfattare används internräntediagram (se figur 1.1). I ett sådant diagram, med årlig kostnadsbesparing på den ena axeln och investering på den andra, kan man för en viss ekonomisk livslängd lägga in linjer med lutningar för olika räntevärden. I diagrammet representeras varje åtgärd av en linje med en viss längd och lutning. Ju större lutningen är desto lönsammare är åtgärden. För att bilda ett åtgärdspaket rangordnas åtgärderna efter lönsamhet. Diagrammet i figur 1.1 visar ett exempel på ett åtgärdspaket med sex åtgärder. Längst till vänster visas den mest lönsammaste åtgärden. Därefter har åtgärderna lagts in i fallande lönsamhetsordning. Slutpunkten visar den gemensamma internräntan för flera samtidiga investeringar, med hänsyn till att olika åtgärder kan ha olika kalkyltid.



Figur 1.1 Exempel på ett åtgärds paket med sex åtgärder (ÅT1-ÅT6) i ett internräntediagram. Diagrammet visar att åtgärds paketet har en internränta på 7 % och en energibesparing på 50 %. Om istället endast de 4 åtgärder som är lönsamma var för sig väljs blir paketets internränta 20 % men besparingen blir då endast 30 %.

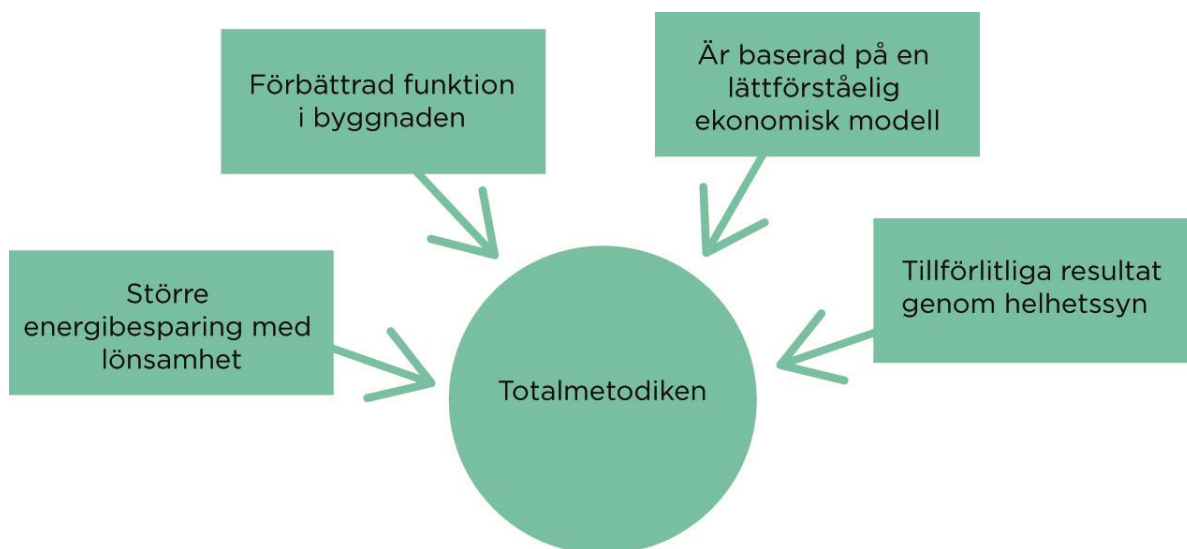
Hur många åtgärder som tas med i ett åtgärds paket väljs på så sätt att paketets internränta inte understiger fastighetsägarens krav på förräntning av investerade medel, uttryckt som kalkylränta. I exemplet i figur 1.1 är lönsamhetskravet att internräntan ska vara minst 7 %. Samtliga åtgärder utgör därmed ett åtgärds paket som uppfyller detta krav och ger då en halvering av den årliga energianvändningen. Om istället endast de åtgärder som var och en är lönsamma ingår i paketet (åtgärder 1 till 4) blir besparingen bara ca 30 %.

Detta arbetssätt, där "paket" av åtgärder genomförs i stället för endast de enskilt mest lönsamma åtgärderna, är fördelaktigt när det gäller att nå stora energibesparingar som uppfyller fastighetsägarens lönsamhetskrav. De mest lönsamma åtgärderna kommer att hjälpa de mindre lönsamma åtgärderna. På detta sätt blir det möjligt att visa att en betydande minskning av energianvändning kan vara ekonomiskt försvarbart, vilket bidrar till att öka fastighetsägarnas ambition.

Totalmetodiken är en arbetsmetodik för energieffektivisering, som går ut på att bilda ett åtgärds paket som i sin helhet uppfyller de lönsamhetsvillkor fastighetsföretaget ställer. Förutsättningen för att uppnå lönsamheten är att man genomför hela åtgärds paketet.

Fördelar med Totalmetodiken

Förutom möjligheten att på ett lönsamt sätt komma åt den stora energisparpotentialen som finns i befintliga lokalbyggnader finns det även andra fördelar med Totalmetodiken. De främsta fördelarna med Totalmetodiken illustreras i Figur 1.2 och sammanfattas nedan.



Figur 1.2 Fördelar med Totalmetodiken.

Större energibesparingar med lönsamhet

Metoden bygger på en omfattande analys av byggnaden som helhet där alla tänkbara åtgärder med energieffektiviseringspotential identifieras. Åtgärderna paketeras sedan till ett lönsamt åtgärds paket. De mest lönsamma åtgärderna hjälper de åtgärder som på egen hand inte är lönsamma, men som är viktiga ur ett energibesparingsperspektiv, vilket ger en lönsamhet på paketet som helhet.

Förbättrad funktion i byggnaden

Totalmetodiken är inriktad på att bevara eller förbättra byggnadens funktion och kvalitet. Metoden kan inkluderas i den vanliga renoveringsprocessen av en byggnad och då analyseras utökade kostnader kopplade till energieffektivisering. När man kombinerar Totalmetodiken med underhållsrenovering av byggnaden kan ofta investeringskostnaderna för energiåtgärder optimeras.

Baserad på lättförståelig ekonomisk modell

Energieffektiviseringsåtgärder i byggnader kan betraktas som långsiktiga investeringar, eftersom de ofta har lång ekonomiska livslängd. Därför bör vald ekonomisk modell ta hänsyn till detta, samtidigt som den bör vara lätt att förstå för beslutsfattarna. I Totalmetodiken används internräntemetoden för lönsamhetsberäkningar. Metoden visar investeringens faktiska avkastning uttryckt som internränta. För paket av åtgärder kan även framtida relativa energiprisökningar och olika ekonomiska livslängd för de olika åtgärderna tas i beaktning.

Tillförlitliga resultat genom helhetssyn

Totalmetodiken använder sig av en helhetssyn i arbetet med att förbättra byggnadens energiprestanda. Arbetsprocessen är väl strukturerad med tydligt definierade arbetsmoment, roller och ansvar för de olika nyckelaktörerna. Hela energieffektiviseringsprocessen kan på så sätt övervakas och kvalitetssäkras.

Arbetsprocessen

Grundtanken med Totalmetodikern är en helhetssyn på energieffektiviseringsprocessen. Ett systematiskt angreppssätt och ett professionellt genomförande är viktigt. Dessutom krävs att aktörerna har god förståelse och medvetenhet om sin roll och dess ansvarsområde.

För att säkerställa detta systematiska tillvägagångssätt i arbetsprocessen har Totalmetodikern strukturerats i tre etapper:

- **Etapp 1 – Framtagning av åtgärdspaket**

Ett projekt enligt Totalmetodikern inleds med en förstudie (analys) där en grundlig energiteknisk besiktning av byggnaden genomförs för att fastställa byggnadens status och identifiera tänkbara energiåtgärder. Energi- och lönsamhetsberäkningar och analys utifrån insamlad data resulterar i ett åtgärdspaket som ger fastighetsägaren underlag för att fatta bra beslut.

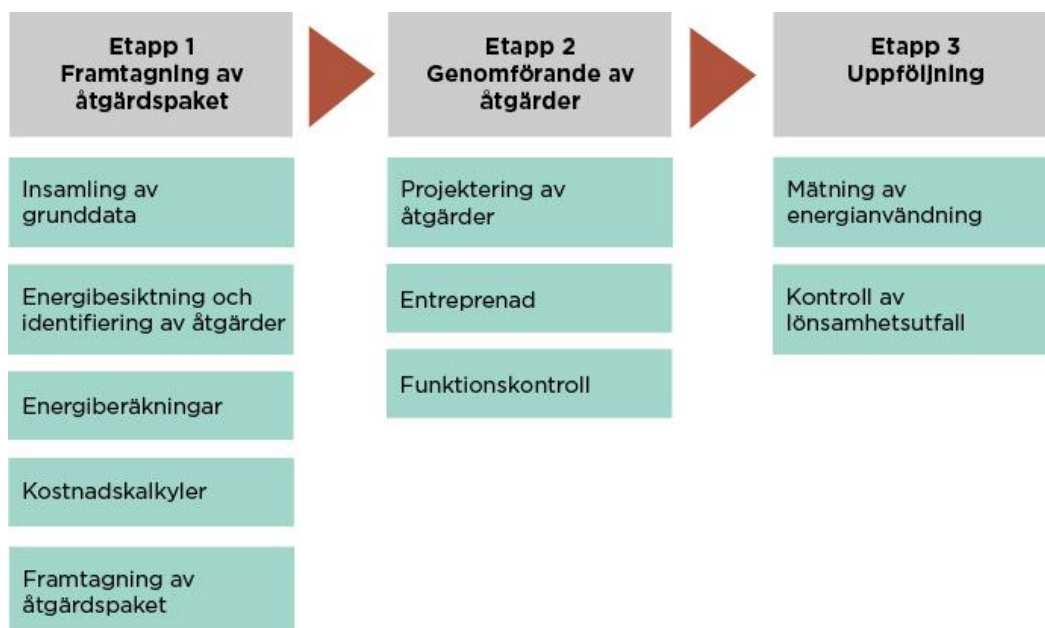
- **Etapp 2 – Genomförande av åtgärder**

Åtgärdspaketet genomförs i sin helhet. En del åtgärder kan vara så pass okomplicerade att de kan genomföras utan speciella förberedelser. Andra måste detaljprojekteras och realiseras i en entreprenad. Genomförandet avslutas med en funktionskontroll. I Etapp 2 bör fokus läggas på kvaliteten av utfört arbete och kontroll av att åtgärder som genomförts fungerar på rätt sätt för att säkerställa förväntade besparingar.

- **Etapp 3 – Uppföljning**

Det verkliga utfallet följs upp med åtminstone månadsvisa mätningar av energianvändningen. Om förväntat resultat inte uppnås utreds orsaken och eventuella fel eller brister åtgärdas. Uppföljningen bör pågå under minst ett år och därefter kontrolleras utfallet mot underlaget som togs fram i Etapp 1.

Totalmetodikerns arbetsstruktur är illustrerad i figur 1.3. Varje Etapp innefattar ett antal huvuduppgifter som ska genomföras och de kräver insatser från olika intressenter och nyckelaktörer. Dessa beskrivs närmre i kommande kapitel i denna handbok.

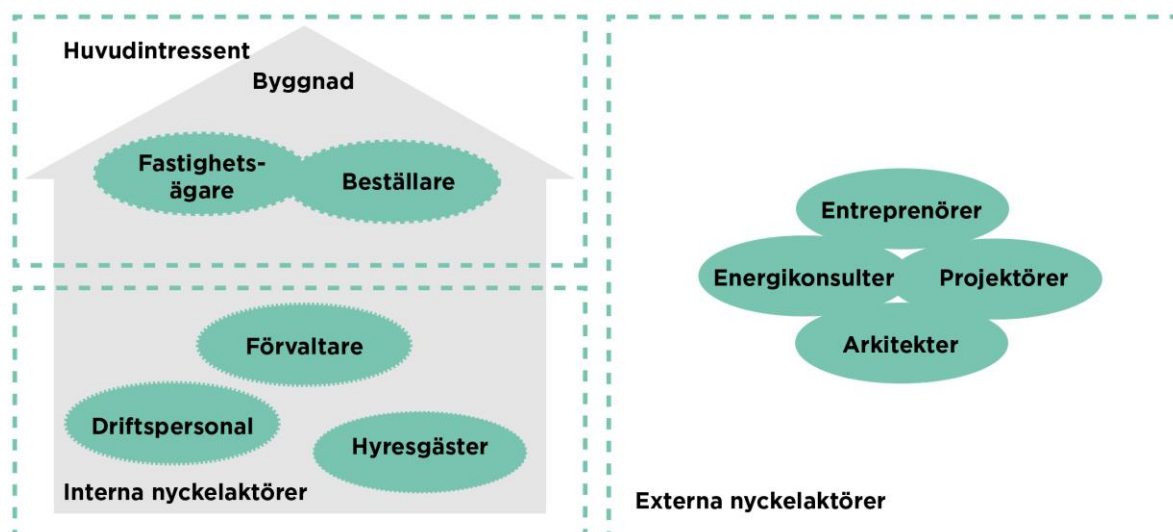


Figur 1.3 Illustrering av Totalmetodikerns arbetsstruktur. Huvudstegen är: Etapp 1-Framtagning av åtgärdspaket, Etapp 2- Genomförande av åtgärder och Etapp 3-Uppföljning.

Medverkande aktörer i Totalmetodiken

Det finns flera viktiga aktörer som alla är avgörande för resultatet av byggnadens energieffektivisering. Olika medverkande aktörer i ett projekt enligt Totalmetodiken visas i figur 1.4. Aktörerna kan delas in i följande grupper:

- **Huvudintressent** i Totalmetodiken är *beställare* av projekt som bygger på Totalmetodiken. Beställaren är oftast fastighetsägaren, men kan i vissa fall även vara hyresgäst som står för energikostnader och är beredd att investera i energieffektivisering.
- **Interna nyckelaktörer** i Totalmetodiken är personal som direkt jobbar i eller åt fastighetsägarens företag och har viktiga roller och ansvar vid genomförandet av ett projekt enligt Totalmetodiken. Exempelvis *förvaltare*, som är ansvariga för byggnaden kan ha en viktig roll vid investeringsbeslut. I interna nyckelpersoner inkluderas också *driftpersonal* som är ansvariga för byggnaden och dess tekniska system och kan ha direkt påverkan på byggnadens energianvändning i drift. Även *hyresgäster* kan vara viktiga nyckelaktörer och har en stor påverkan på energianvändningen i byggnaden. I vissa fall kan de även ha ansvar för genomförandet av vissa åtgärder. Arbetet med att genomföra åtgärderna måste därför göras med hyresgästerna i åtanke.
- **Externa nyckelaktörer** i Totalmetodiken är företag som praktiskt genomför olika etapper och aktiviteter i Totalmetodiken. De erbjuder sina tjänster och produkter till beställaren i renoveringsprocessen. Exempelvis *energikonsulter* som skall identifiera energisparåtgärder och utforma ett åtgärds paket enligt Totalmetodiken; *arkitekter* och *projektörer* som skall genomföra detaljprojektering av åtgärds paketet; och *entreprenörer* som skall genomföra åtgärds paketet.



Figur 1.4 Medverkande aktörer vid genomförande av ett projekt enligt Totalmetodiken.

Exempel på projekt enligt Totalmetodiken

De första projekten enligt Totalmetodiken startades 2007 med syftet att testa och utveckla metodiken. Den har därefter tillämpats eller är under tillämpning i flertal fastigheter runt om i Sverige. Fastigheterna är av varierande ålder och har skilda användningsområden. Den äldsta fastigheten är från mitten av 1800-talet och den yngsta från år 2000. Det är allt från kontorsbyggnader, sjukhus, skolor till järnvägsstationer och idrottshallar. Detta visar att Totalmetodiken kan tillämpas oavsett lokalbyggnadstyp och ålder.

De främsta fördelarna som fastighetsägares tekniska avdelningar upplevt med Totalmetodikern är att den ger bra underlag för att kunna övertyga beslutsfattare att genomföra större investeringar för en förbättrad energieffektivitet.

I bilaga 1 visas tre exempel på genomförda projekt enligt Totalmetodikern.

Tabell 1.1 visar storleksordningen av de kostnader som kan vara aktuella. Kostnaden per m² tenderar att bli lägre ju större byggnaden är.

Tabell 1.1 Kostnader från genomförda projekt enligt Totalmetodikern inom Belok- gruppen

Kostnadspost	Kostnad kr/m ²
Etapp 1: Framtagning av åtgärds paket	30 - 40
Etapp 2: Genomförande av åtgärder	90 – 2700 (650 medel)
Etapp 3: Uppföljning	10 - 20
Totalt (exkl. moms)	130 – 2 760 (700 medel)
Besparing	15 - 350 kr/(m² · år) (60 medel)

I projekten identifierades vanliga energibesparingsåtgärder som genomförts och en överblick över dessa finns samlade i tabell 1.2.

Tabell 1.2 Vanliga energibesparingsåtgärder som genomförts i projekt enligt Totalmetodikern.

Typ av åtgärd
Nytt luftbehandlingsaggregat med energieffektiv värmeåtervinning och fläktar
Optimering av luftflöden i ventilationssystem
Optimering av driftstider och inställda börvärden för temperaturer i ventilationssystem
Installation av värmeåtervinning i ventilationssystem
Ersätta gamla remdrivna fläktar med nya energieffektiva fläktar med frekvensstyrning
Behovsstyrning av ventilationen i specifika zoner/rum/utrymmen
Optimering av börvärden i kylsystem
Installation av frikyla
Återvinning av kondensorvärme från kylmaskinerna
Byte av radiatortermostater och injustering av värmesystem
Installation av nya energieffektiva pumpar
Byte av fönster till mer energieffektiva fönster
Tilläggsisolera tak
Installation av rörelsestyrning av befintlig belysning i vissa rum/zoner
Byte av belysningssystem till mer energieffektiv belysning

I lokalbyggnader finns ofta stor besparingspotential i de olika tekniska systemen, såsom belysning, ventilation, värme och kyla. Där är det relativt lätt att identifiera ett antal åtgärder med hög besparingspotential utan större investeringar. Detta är en av anledningarna till att goda resultat kan uppnås med Totalmetodikern i lokalbyggnader. I bostadshus däremot finns ofta färre tekniska system vilket begränsar antalet lönsamma åtgärder. Vidare kan åtgärder med hög energisparpotential, t.ex. åtgärder i klimatskalet, kräva stora investeringar. Därmed är risken att Totalmetodikern i bostadshus inte alltid leder till lika stora energibesparingar inom lönsamhetskravets ramar. Emellertid kan själva metod även tillämpas framgångsrikt i bostadshus.

2 Totalmetodikens ekonomiska grunder

Detta kapitel beskriver de ekonomiska grunderna och grundläggande begrepp för lönsamhetsberäkningar enligt Totalmetodiken. Val av indata och dess påverkan på resultatet beskrivs. Beskriver även internräntemetoden som tillämpas för lönsamhetskalkyler i Totalmetodiken.

Inledning

Lönsamhetsberäkningar inom byggnadssektorn kan göras av flera olika anledningar:

- Ge underlag för investeringsbeslut
- Välja mellan alternativa tekniska lösningar
- Dimensionera system eller delar av system i byggnaden

Den första anledningen gäller då investerare måste göra ett val om att investera eller inte. Exempelvis kan det gälla beslut om och i vilken utsträckning energieffektiviseringsåtgärder ska genomföras. Utgångspunkten blir då ett definierat lönsamhetskrav som investeringen måste uppfylla. Det finns ett antal olika ekonomiska modeller för lönsamhetsberäkningar och de flesta ger samma resultat, förutsatt att samma indata används.

Den andra anledningen gäller när beslutet om investeringen redan tagits, men det finns olika möjliga system och lösningar att välja mellan. Då är syftet istället att identifiera lönsamheten för de olika alternativen, inte att ta reda på om själva investeringen är lönsam eller inte.

I det tredje fallet när det gäller dimensionering i konstruktionsfasen gäller det att välja specifika byggkomponenter.

För Totalmetodiken är fokus den första anledningen, det vill säga att ta fram underlag för investeringsbeslut. I följande avsnitt ligger fokus på Totalmetodikens metod för lönsamhetsberäkningar.

Grundläggande begrepp för lönsamhetsberäkningar

I lönsamhetsberäkningar finns några grundläggande begrepp som har stor inverkan på resultatet, t.ex. kalkylränta, relativ energiprisförändring och kalkyltid, etc. Därför är det viktigt att ha bra förståelse för dessa grundläggande begrepp och indata och de beskrivs närmre i detta avsnitt.

Internränta, nuvärde och kapitalkostnad

För att bedöma om en investering är lönsam jämförs de kostnader som den kräver med de inkomster eller besparingar som den kommer att ge. Då måste man kunna jämföra investeringen, som sker i nutid, med inkomster eller besparingar, som sker i framtiden. Det är normalt värdefullare att ha tillgång till pengar idag än att få dem i framtiden. Ekonomiska händelser som ligger olika i tiden knyts samman av *räntan*.

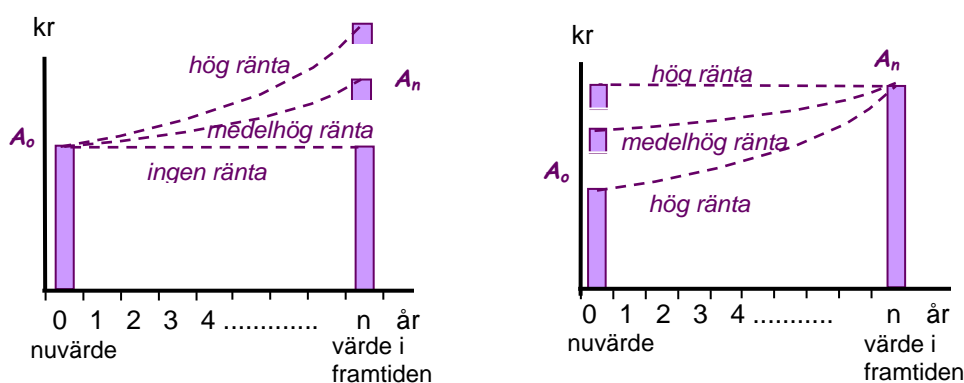
Räntans storlek uttrycker hur framtida inkomster värderas jämfört med att ha tillgång till penningmedel i dag. Ägaren av kapitalet har möjlighet att behålla sina pengar eller investera eller låna ut för att få dem lönsamt tillbaka under kommande år. Räntan måste vara tillräckligt stor för att

investeringen eller utlåningen skall vara intressant jämfört med att behålla kapitalet eller använda det för något annat.

Om det vore helt likställt mellan att ha ett visst belopp A_0 (kr) i dag eller få beloppet A_n (kr) i framtiden, exempelvis om 10 år, skulle den nominella räntan kunna vara 0 %. Är tillgång till pengar idag viktig i jämförelse med att få dem i framtiden, bör räntan vara hög.

Om ett visst belopp A_0 (kr) investeras idag så att det årligen ökar med räntan, har summan efter n år vuxit till beloppet A_n (kr). Hur stort A_n blir beror på räntans storlek. Ju större ränta desto större A_n .

Om ett visst belopp A_n (kr) fås efter n år, är dess värde idag A_0 (kr). Detta värde blir lägre ju högre ränta som valts. Värdet i dag A_0 (kr) av ett belopp A_n (kr) som faller ut om n år i framtiden kallas *nuvärdet av ett enskilda belopp*. Sambandet mellan belopp i dag och i framtiden och deras samband med räntan illustreras i figur 2.1.



Figur 2.1 Räntans påverkan på sambandet mellan enskilda belopp som faller ut vid olika tider.

Nuvärdet A_0 (kr) av de belopp A_n (kr) som faller ut om n år i framtiden beräknas enligt:

$$A_0 = A_n \cdot i(r, n)$$

där $i(r, n)$ är *nuvärdesfaktorn* vid kalkylräntan r och kalkyltiden n . Nuvärdesfaktorn hämtas enklast ur tabell, se bilaga 2.

Exempel:

Att låna pengar motsvarande $A_0 = 10\,000$ kr med en ränta på 10 % betyder att återbetalningen av lånet efter 10 år blir: $A_n = A_0 \cdot 1/i(10, 10) = 10\,000 \cdot (1/0,3855) \approx 26\,000$ kr.

Att få tillbaka beloppet $A_n = 10\,000$ kr om 10 år med en ränta på 10 % är idag värt:

$$A_0 = A_n \cdot i(10, 10) = 10\,000 \text{ kr} \cdot 0,3855 \approx 3\,900 \text{ kr}.$$

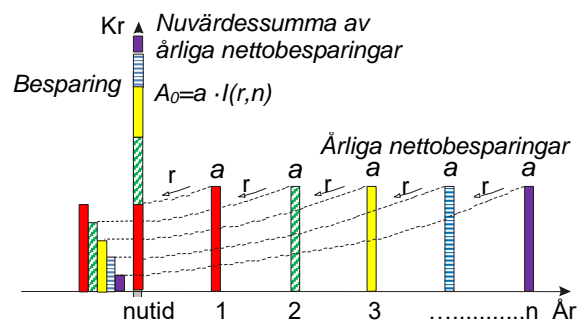
I detta exempel är nuvärdesfaktorn $i(10, 10) = 0,3855$

Energibesparande åtgärder leder till besparingar i årliga driftskostnader under den ekonomiska livslängden. För att bestämma nuvärdet av de årliga framtida besparingarna diskonteras varje årlig nettobesparing till den nuvarande tidpunkten och summeras. Det sammanlagda nuvärdet A_0 (kr) av de besparingar a (kr/år) som faller ut under n år i framtiden definieras som *Nuvärdessumma av årliga nettobesparingar* och beräknas enligt:

$$A_0 = a \cdot I(r, n)$$

där $I(r, n)$ är *nusummefaktorn* vid räntan r och kalkyltiden n . Nusummefaktorn hämtas enklast ur tabell, se bilaga 2.

Nuvärdet av de årliga framtida besparingarna illustreras i figur 2.2.



Exempel:

Befintliga fönster byts till nya treglasfönster. Besparingen beräknas bli 10 000 kr per år.

Med låg ränta, 4 %, och kalkyltiden 20 år blir nuvärdesfaktorn $I(4,20) = 13.6$

Det sammanlagda nuvärdet av de besparingarna blir:

$$A_0 = (10\,000 \cdot 13.6) = 136\,000 \text{ kr}$$

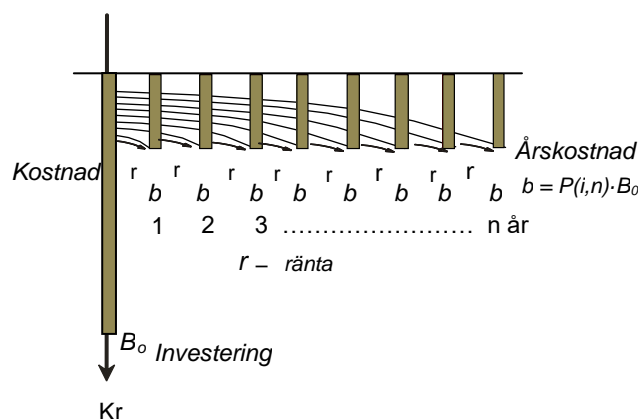
Figur 2.2 Illustrering av nuvärdessumma av årliga nettobesparingar. För varje årlig besparing, eller amortering, kan nuvärdet beräknas, eller diskonteras, till nutidspunkten.

Förutsatt att investeringen för energibesparande åtgärder sker genom ett banklån med ränta, är det vanligt att lånet betalas tillbaka löpande till banken. För att utvärdera de betalningar som görs till banken beräknas investeringen om till en årlig kapitalkostnad, jämnt fördelat över kalkyltiden. Exempelvis om man investerar ett belopp B_0 (kr) som skall återbetalas under de följande n åren kan årskostnaden (kapitalkostnaden) b (kr/år) för detta beräknas:

$$b = B_0 \cdot P(r, n)$$

där $P(r, n)$ är *annuitetsfaktorn* vid räntan r och kalkyltiden n . Annuitetsfaktorn hämtas enklast ur tabell, se bilaga 2.

Utvärdering av årlig kapitalkostnad illustreras i figur 2.3.



Exempel:

En investering på 10 000 kr måste betalas tillbaka inom 10 år med en ränta på 6 %. Vad blir den årliga kapitalkostnaden?

Annuitetsfaktorn är $P(6,10) = 0,13597$

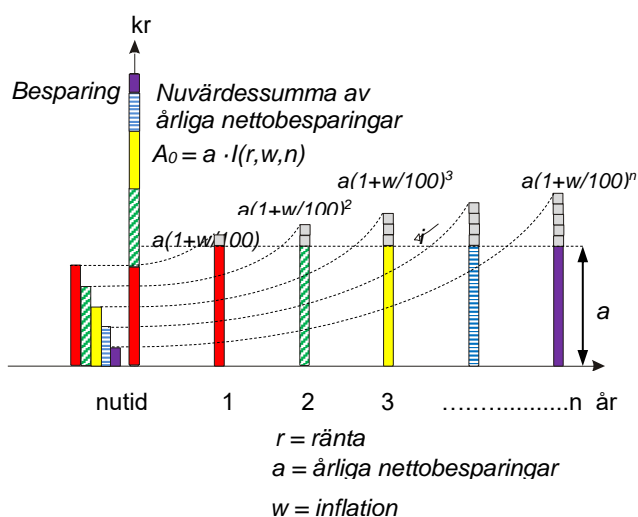
Den årliga kapitalkostnaden är då:

$$b = 10\,000 \text{ kr} \cdot 0,13597 \approx 1\,360 \text{ kr/år}$$

Figur 2.3 Illustrering av en investerings årliga kapitalkostnad. En investering B_0 (kr) omräknas till en årskostnad b (kr/år), och fördelas jämt över kalkyltiden.

Nominell ränta och real ränta

I en normalt fungerande ekonomi sker en fortlöpande prisökning på varor och tjänster och därmed en ständig sänkning av penningvärdet, en inflation. Investeringar förutsätter normalt att de skall betalas tillbaka med framtida inkomster eller besparingar. I penningmåt kommer de framtida inkomsterna eller de framtida besparingarna, räknade i pengar, att stiga på grund av inflationen. Detta illustreras i figur 2.4.



Figur 2.4 Illustration av framtida relative prisändringar, inflation. Nettonuvärdessumman A_0 ökar motsvarande den framtida prisändringen.

Kapitalkostnad, amortering och ränta, ligger emellertid fast i sitt nominella värde. Detta är medräknat i den *nominella räntan* (r_n), som således är högre än den skulle varit om det inte funnits inflation. Nominella räntan är till exempel ränta som krävs vid banklån.

Inflation kan beaktas enligt följande:

$$A_0 = \left(\frac{1 - \left(\frac{1 + r_n/100}{1 + w/100} \right)^{-n}}{\frac{1 + r_n/100}{1 + w/100} - 1} \right) \cdot a = I(r_n, w, n) \cdot a$$

Där $I(r_n, w, n)$ är nusummefaktorn som inkluderar inflation w %.

Nusummerfaktorn $I(r_n, w, n)$ ingår inte i de standardiserade tabellerna och är inte så lättillgänglig. Men för att ta hänsyn till framtida prisförändringar i det praktiska arbetet med lönsamhetsberäkningar är en god approximation:

$$I(i_n, w, n) \approx I(i_n - w, n)$$

Felet till följd av approximationen beror på storleken på den nominella räntan r_n , inflationen w och den ekonomiska kalkyltiden n . Felet är mindre än 3 % om den nominella räntan är mellan 5-15 %, inflationstakten mindre än 4 % och kalkyltiden upp till 30 år [3]. Investeringens ekonomiska begränsning blir något lägre med approximationen men skillnaden är liten i jämförelse med de allmänna osäkerheter som finns i investeringsbedömningar. När energibesparingsåtgärder i en befintlig byggnad värderas finns alltid en viss grad av osäkerhet i kostnadsbedömning och bedömning av åtgärdernas energibesparing. Därför är det rimligt att acceptera vissa förenklingar i lönsamhetsbedömningen, om de väsentligt bidrar till att förenkla bedömningen. Just en sådan förenkling är relevant när man tar hänsyn till framtida relativa prisförändringar.

Den räntan som utesluter inflation kallas *real ränta* r_r , och är ungefär den nominella räntan r_n minus den årliga genomsnittliga inflationen w uttryckt i procent:

$$r_r \approx r_n - w \%$$

Framtida relativa energiprisändringar

Resonemanget ovan stämmer bara om alla priser följer inflationstakten. Om någon del av vinsterna från en investering inte följer den allmänna inflationstakten, måste detta tas i beaktning. Det är rimligt att anta att framtida energiprisökningar kommer ändras annorlunda än den genomsnittliga inflationstakten vilket måste tas med i lönsamhetsbedömning för energibesparingsåtgärder.

Samma approximation som för inflation kan göras här. Om man antar att den årliga relativa energiprisändringen är q % över eller under den genomsnittliga inflationen så kan den reala räntan r_r korrigeras genom $r_{korr} \approx r_r \pm q\%$. Real räntan som beaktar relativ energiprisförändring utöver inflationen kallas *korrigerad real ränta* r_{korr} .

Observera: Korrigerad kalkylränta med energiprisförändring utöver inflationen kan tillämpas i situationer där majoriteten av de årliga nettobesparingarna kommer av energibesparingar, alltså då besparingar på andra årliga kostnader som underhåll, är en marginell del av de totala årliga nettobesparingarna. Men när besparingar i andra kostnader än energikostnaden utgör en viktig del av totala besparingarna, behövs mer detaljerad beräkning för att ta hänsyn till relativa energiprisändringar. Detta görs enkelt med Totalmetodikens beräkningsverktyg, *Totalverktyget*.

Antagandet om framtida relativa energiprisförändring utöver inflationen q % bestäms av fastighetsägaren. Det finns inga gemensamma nationella riktlinjer för vad relativa energiprisförändringar bör ta i beaktning. Några svenska fastighetsägare har uppskattat denna prisändring till ca +2 %.

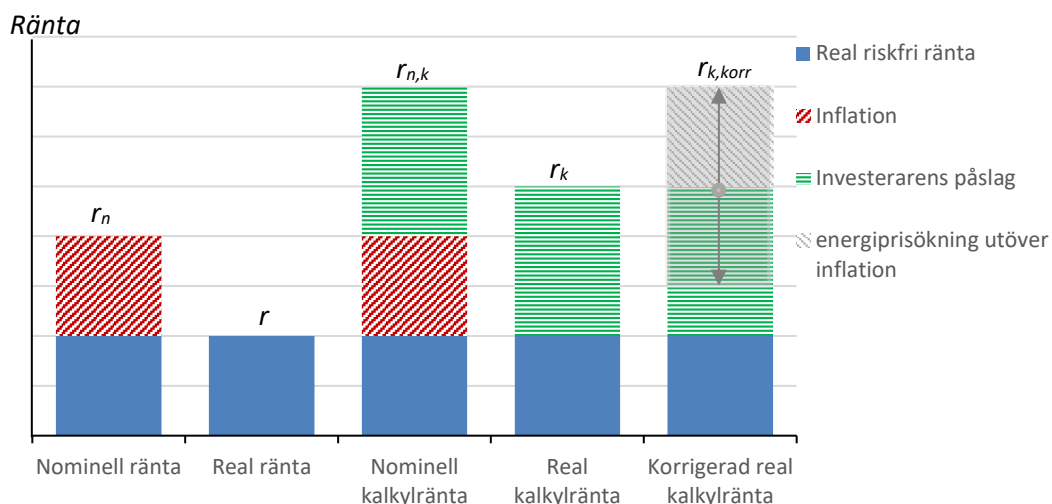
Kalkylränta

Ett sätt att uttrycka ett företags ekonomiska krav på långsiktiga investeringar är att bestämma storleken av den ränta, *kalkylränta*, som skall användas vid bedömning av lönsamheten.

Kravet på lönsamhet kan kombineras med kompletterande styrande villkor. Men valet av kalkylränta är det kanske mest grundläggande styrmedlet för att säkerställa den nödvändiga investeringsdisciplinen som tar hänsyn till företagets förutsättningar. Beslut om kalkylräntan är därför alltid en fråga för företagets ledning. Något förenklat grundas beslutet om kalkylränta dels på vilken faktisk ränta som gäller för investeringsmedel, som exempelvis banklån, dels på företagets allmänna ekonomiska situation och långsiktiga planer. Kalkylräntan blir därmed räntan man får betala på investeringsmedel med ett "investerarpåslag" som bestäms ur företagets soliditet, likviditet, låne-möjligheter, alternativa investeringsmöjligheter, ägandets långsiktighet mm.

Kalkylräntan kan vara nominell, d.v.s. inkludera inflationsantaganden, eller real, d.v.s. rensad från inflation. Väljs nominell ränta, måste inflationen tas med i en investeringsanalys. Vill man räkna med att energipriser ändras annorlunda än den genomsnittliga inflationen så kan man använda en *korrigerad kalkylränta* $r_{k,korr}$ i lönsamhetsberäkningen. Detta gäller för situationer där majoriteten av de årliga nettobesparingarna kommer av energibesparingar.

Figur 2.5 belyser hur olika räntebegrepp förhåller sig till varandra.



Figur 2.5 Olika räntebegrepp. Vid lönsamhetsberäkningar används real kalkylränta eller korrigerad real kalkylränta.

Exempel:

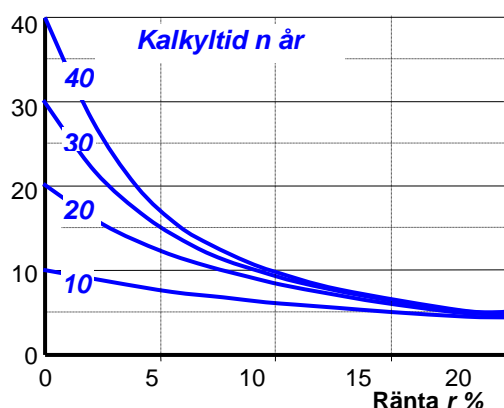
Exemplet nedan illustrerar hur de olika räntebegreppen förhåller sig till varandra. Det är beställaren, investeraren, som bestämmer storleken på dessa.

Ränta	Värde
Nominell ränta r_n , i detta fall det som krävs vid ett banklån	$r_n = 4\%$
Nominell kalkylränta $r_{n,k}$, här med investerarens påslag på 3 %	$r_{n,k} = 4\% + 3\% = 7\%$
Real ränta r som antar 2 % årlig inflation	$r = 4\% - 2\% = 2\%$
Real kalkylränta r_k med investerarens påslag på 3 %	$r_k = 2\% + 3\% = 5\%$
Korrigerad real kalkylränta $r_{k,korr}$ med 2 % framtida energiprisökning utöver inflation	$r_{k,korr} = 5\% - 2\% = 3\%$

Val av kalkylränta

Val av kalkylränta och kalkyltid har en stor inverkan i lönsamhetsberäkningar. Figur 2.6 illustrerar hur nusumfaktorn $I(r,n)$ varierar med räntan r och kalkyltiden n . Det framgår att en låg ränta innebär högt värde på framtida besparingar jämfört med om en lika stor besparing görs idag. Det syns även att kalkyltidens påverkan minskar vid höga räntor. En låg ränta gynnar investeringar med långa kalkyltider även om avkastningen är låg. En hög ränta används ofta för investeringar med hög avkastning, även om kalkyltiden är kort.

Nusumfaktorn $I(r,n)$

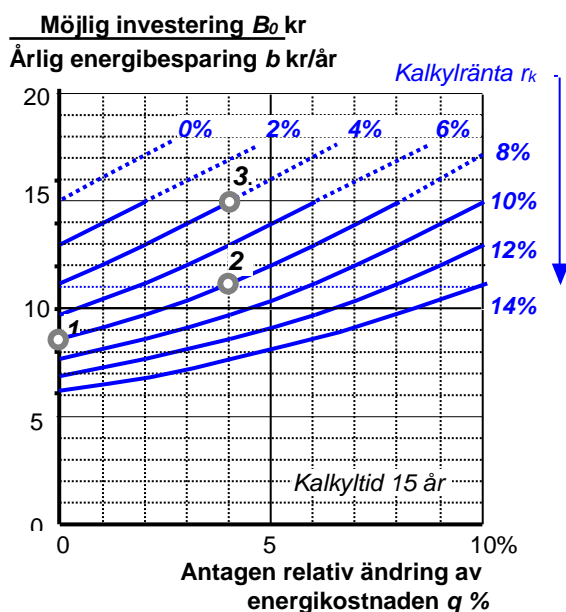


Slutsatser:

- Låg ränta innebär högt värde på framtida besparingar jämfört med om en lika stor besparing görs idag.
- Kalkyltidens påverkan minskar vid höga räntor.
- En låg ränta gynnar investeringar med långa kalkyltider även om avkastningen är låg.
- En hög ränta används ofta för investeringar med hög avkastning, även om kalkyltiden är kort.

Figur 2.6 Illustrerar hur nusumfaktorn $I(r,n)$ varierar med räntan r och kalkyltiden n .

Antagandet att en inkomst eller besparing, som används för att betala av en investering, kommer att öka mer i värde än inflationen innebär i praktiken att kalkylräntan sänks. Detta har stor inverkan vid en investerings lönsamhetsberäkning. I exemplet i figur 2.7 visas hur val av kalkylränta och antaganden om framtida relativa energiprisökningar påverkar lönsamhetsbedömning.



Exempel:

En viss åtgärd kommer att ge besparingen 20 000 kronor per år med det energipris man har just då.

Med kalkylräntan 8 %, vore det lönsamt att investera upp till

$$8,5 \cdot 20\,000 = 170\,000 \text{ kr}$$

Med samma kalkylränta 8 %, men med antagandet att energipriserna kommer att stiga 4 % mer per år än den genomsnittliga inflationen, blir det lönsamt att investera upp till

$$11 \cdot 20\,000 = 220\,000 \text{ kr}$$

Med kalkylräntan 4 %, och antagandet att energipriserna kommer att stiga med 4 % per år, blir det lönsamt att investera upp till

$$15 \cdot 20\,000 = 300\,000 \text{ kr}$$

Figur 2.7 Inverkan på en lönsamhetsbedömning av valet av kalkylränta och antagande om framtida energiprishöjning.

Diagrammet i figuren gäller för en åtgärd med kalkyltiden 15 år. För en åtgärd med längre kalkyltid blir kurvorna brantare, d.v.s. antaganden om framtida energiprisökningar har än starkare effekt. Såväl valet av kalkylränta som antaganden om framtida prishöjningar avgör den beräknade lönsamheten.

Tidsbegrepp i lönsamhetsberäkningar

Det finns olika tidsbegrepp som används vid lönsamhetsberäkningar. De olika begreppen kan ha helt olika betydelse inom byggnads- och fastighetsområdet och vid bedömning av åtgärder. Inom ramen för Beloks Totalmetodiken är det därför nödvändigt att förklara hur tidsperioderna definieras och ge råd till beställaren om vad som är viktigt att tänka på vid val av tidsperiod i lönsamhetsberäkningar.

Teknisk livslängd

Med teknisk livslängd avses den tid som en som en investering kan vara tekniskt användbar, d.v.s. så länge som investeringen fungerar på ett tillfredsställande sätt som uppfyller de funktionsmässiga krav som ställs.

Ekonomisk livslängd

Med ekonomisk livslängd avses den tid som en investering anses vara ekonomiskt lönsam. På grund av att underhållskostnaderna kan öka med tiden samt att utvecklingen kan ge bättre alternativ, är den ekonomiska livslängden ofta kortare än den tekniska livslängden. Till exempel antas den ekonomiska livslängden för ett ventilationsaggregat ofta vara 15-20 år och för ett fönster cirka 30 år.

Enligt EU-kommissionen skall medlemsstaterna sträva efter att använda standarden EN 15459 [1] när man bestämmer ekonomiska livslängder för olika energieffektiviseringsåtgärder. Standarden anger ekonomiska livslängder för en mängd komponenter och produkter men inte för t.ex. åtgärder i

byggnadens klimatskal eller för solceller. Rekommenderade livslängder för de åtgärder som saknas i standarden finns i [2]. I bilaga 3 presenteras en del rekommenderade ekonomiska livslängder för olika åtgärder.

Kalkyltid

Den tid lönsamhetsberäkningen baseras på. Kalkyltiden bestäms av beställaren. Exempelvis kan kalkyltiden för ett tekniskt system väljas till 30 år, även om den ekonomiska livslängden sätts till 15 år. En anledning kan vara att det tekniska systemet utgör en del av ett sammansatt system, där kalkyltiden för det sammansatta systemet är 30 år.

Om man väljer en kalkyltid som avviker från investeringens ekonomiska livslängd så måste behovet av reinvestering eller kvarstående restvärde tas i beaktning.

Avskrivningstid

Ett bokföringstekniskt begrepp som talar om under vilken tid en investering ska skrivas av.

Lönsamhetsbedömning i Totalmetodiken

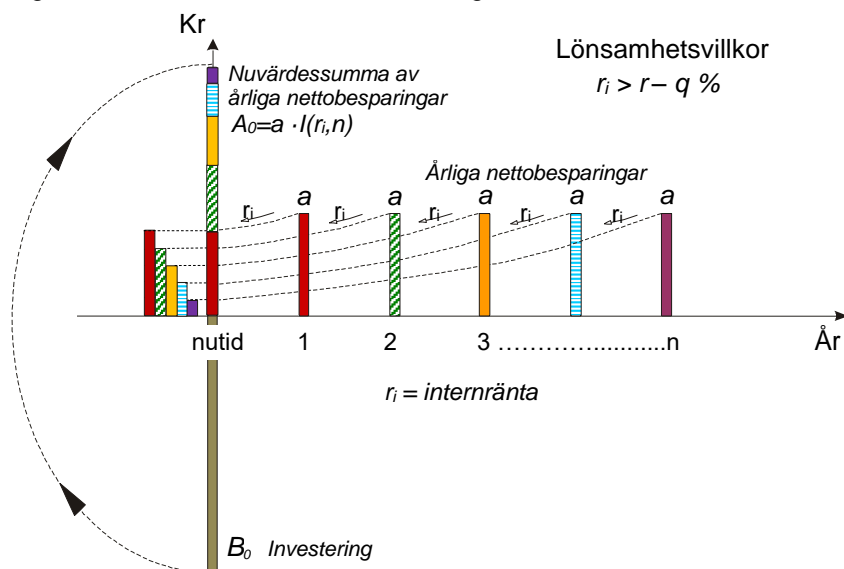
Internräntemetoden

Lönsamhetsbedömning i Totalmetodiken baseras på internräntemetoden. Ett sätt att bedöma lönsamheten av investeringskrävande åtgärder är att se på investeringens faktiska avkastning, räknad i räntemått. Då beräknas räntan, med vilken nuvärdessumman av de årliga besparingar blir lika stor som investeringen. Den räntan kallas *internränta*.

Om en investering B_0 (kr) ger en årlig driftkostnadsminskning a (kr/år), innebär detta en faktisk ränta, en *internränta* r_i , som är ett mått på investeringens avkastning. Denna *internränta* r_i fås ur:

$$a \cdot I(r_i, n) = B_0 \iff a = \frac{1}{I(r_i, n)} \cdot B_0 = P(r_i, n) \cdot B_0 \iff \frac{a}{B_0} = P(r_i, n)$$

Kriteriet på lönsamhet är då att internräntan skall vara högre än den kalkylränta som fastställts av företaget. Internräntemetoden illustreras i figur 2.8.

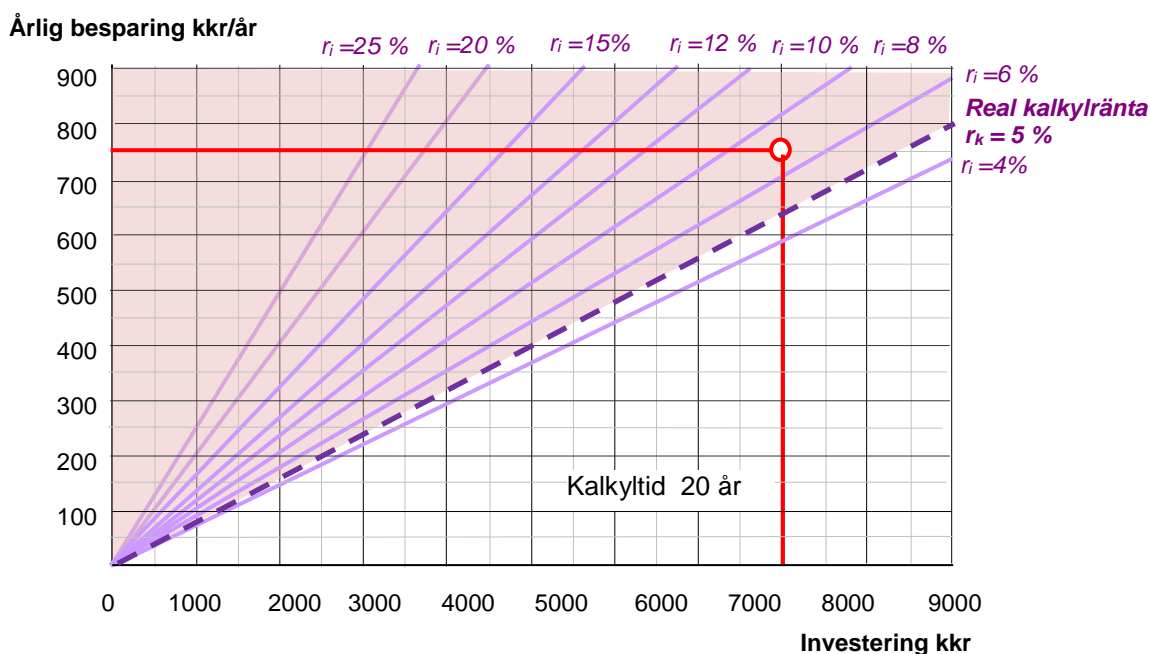


Figur 2.8 Illustrering av internräntemetoden. Enligt internräntemetoden anges den faktiska avkastningen av en investering i räntemått. Internräntan är räntan då nuvärdessumman av de årliga nettobesparingarna blir lika med investeringen

Internräntediagram

En investerings internränta kan även visas i ett diagram. I ett sådant diagram med investering B_0 på x-axeln och årliga besparingar på y-axeln samt ekonomisk kalkyltid n , representerar de olika lutande linjerna olika internräntor. Diagrammet kallas ett internräntediagram och visas i figur 2.8. Annuitetsfaktorn $P(r_i, n)$ är tangenten, d.v.s. lutningen av en linje från origo.

Om en investering och dess motsvarande årliga besparingar plottas i ett internräntediagram är det möjligt att avläsa vilken internränta investeringen resulterar i (se figur 2.9). Kriteriet för lönsamhet är att internräntan måste vara högre än fastighetsägarens lönsamhetskrav. Kravet kan i diagrammet illustreras med en internräntelinje som motsvarar den räntan. Alla investeringar som ligger ovanför denna linje anses vara lönsamma, är investeringen under denna linje anses den inte vara lönsam.



Figur 2.9 Internräntediagram. Lönsamhetskravet är 5 % real kalkylränta och är markerat med streckad linje. Alla investeringar över denna linje anses vara lönsamma och alla under anses vara olönsamma.

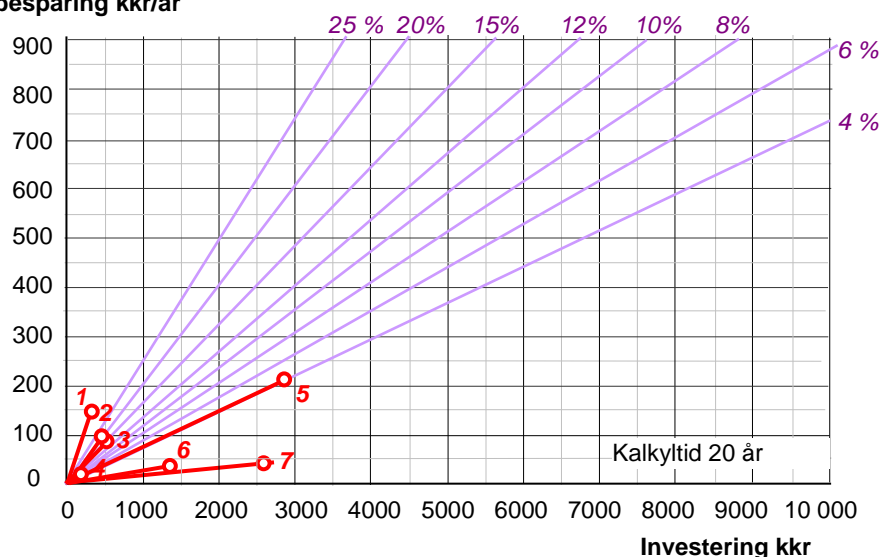
Exempel:

En investering på 8 000 kkr beräknas ge en årlig besparing på 750 kkr/år i 20 år. Detta ger en internränta på ca 7 %, som är högre än lönsamhetskravet på $r_k = 5\%$. Alltså är investeringen lönsam.

Åtgärds paket i internräntediagram

När ett antal energisparande åtgärder identifierats och deras kostnad- och energibesparing har beräknats, kan de läggas in som punkter i ett internräntediagram. Från varje sådan punkt läggs sedan en linje till origo in, där linjens lutning således representerar internränta för åtgärden. Figur 2.10 visar ett exempel på investeringskostnad och årlig besparing för sju åtgärder M1-M7.

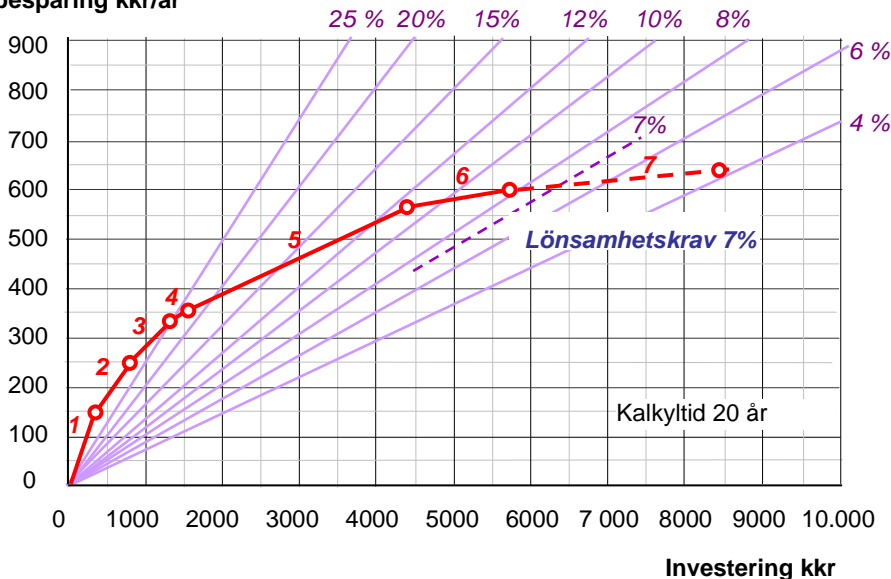
Årlig besparing kkr/år



Figur 2.10 Åtgärdernas lönsamhet presenterad i ett internräntediagram. Procentsatserna anger internräntan. Röda punkter med linjer till origo representerar olika åtgärder. Diagrammet gäller för kalkyltiden 20 år.

Genom att ordna alla dessa linjer efter minskande lutning fås ett underlag för att bilda åtgärds paketet, d.v.s. ett paket som innehåller de energieffektivaste åtgärderna som figur 2.10 visar. Kriteriet för hur många åtgärder som tas med är att internräntan för paketet som helhet skall överstiga den fastställda kalkylräntan. I exemplet på figur 2.11 har beställaren avkastningskrav 7%. Som syns i figur 2.11, kan den sista åtgärden (M7) inte tas med i åtgärds paketet.

Årlig besparing kkr/år



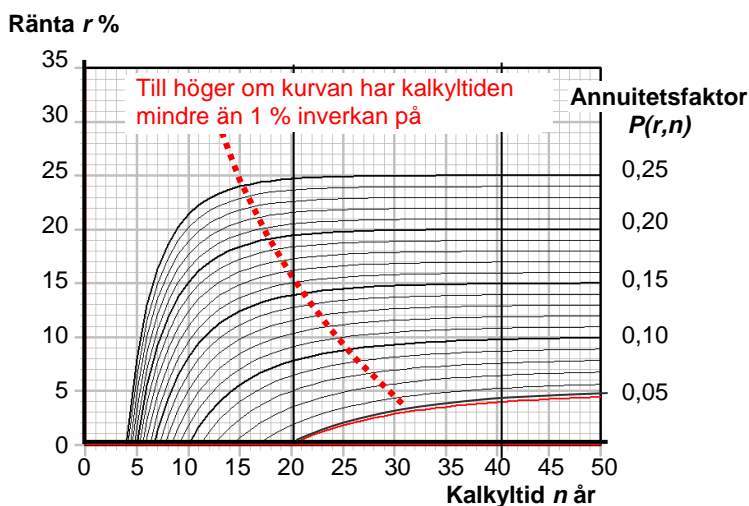
Figur 2.11 Åtgärdernas lönsamhet presenterad i ett internräntediagram och bildning av åtgärds paket. Procentsatserna anger internräntan. Beställarens lönsamhetskrav är 7%. Kriteriet för hur många åtgärder som tas med är att internräntan för paketet som helhet skall överstiga den fastställda kalkylräntan. Exempelvis den sista åtgärden (M7) kan inte tas med i åtgärds paketet. Alla åtgärder i det visade exemplet har kalkyltid 20 år.

När flera åtgärder bedöms samtidigt, måste hänsyn tas till hur de påverkar varandra. Exempelvis om en åtgärd genomförs kan besparingsutrymmet för nästa ha minskat, jämfört med om de skulle ha genomförts i omvänd ordning. Enligt Totalmetodiken ska lönsamheten för efterföljande åtgärder alltid beräknas med hänsyn tagen till de åtgärder som ligger före i diagrammet. Den åtgärd som är mest lönsam ska vara först.

Kalkyltidens inverkan

Investerings – besparingsdiagrammet, *internräntediagrammet*, som visas i figur 2.9 - 2.11, gäller för en viss kalkyltid. Denna kan vara samma som de olika åtgärdernas ekonomiska livslängd, men ibland kan fastighetsägaren välja en kortare tid. För tekniska installationer väljs ofta en tid mellan 15 och 20 år, medan byggnadsdelar kan ha en ekonomisk livslängd på 40 år.

Figur 2.12 belyser kalkyltidens inverkan på internräntan. För en given investering med en given avkastning stiger internräntan med ökad kalkyltid, men för kalkyltider längre än ca 15-20 år är inverkan på internräntan, mindre än en procentenhet.



Figur 2.12 Internräntans beroende av kalkyltiden. Till höger om den streckade kurvan har kalkyltiden försumbar ekonomisk inverkan.

Det vore opraktiskt att arbeta med flera internräntediagram för olika kalkyltider. Därför kombineras de till ett diagram där internräntelinjernas lutning anpassas till varje åtgärds kalkyltid. Om flera åtgärder med olika kalkyltid sätts samman kan det beaktas genom korrigering av de olika delarnas besparingseffekt.

Den gemensamma internräntan r_i för två samtidigt investeringar B_{01} (kr) med kalkyltiden n_1 år och B_{02} kr med kalkyltiden n_2 år, med avkastningarna a_1 (kr/år) respektive a_2 kr/år, bestäms av att summan av avkastningarnas nuvärden skall täcka hela investeringen.

$$B_{01} + B_{02} = I(r_i, n_1) \cdot a_1 + I(r_i, n_2) \cdot a_2$$

Där $I(r_i, n_1)$ och $I(r_i, n_2)$ är nusummefaktorer för de årliga avkastningarna a_1 och a_2 .

Det är ganska arbetskrävande att göra detta manuellt, men sker enkelt med hjälp ett beräkningsprogram, *Belok Totalverktyget*.

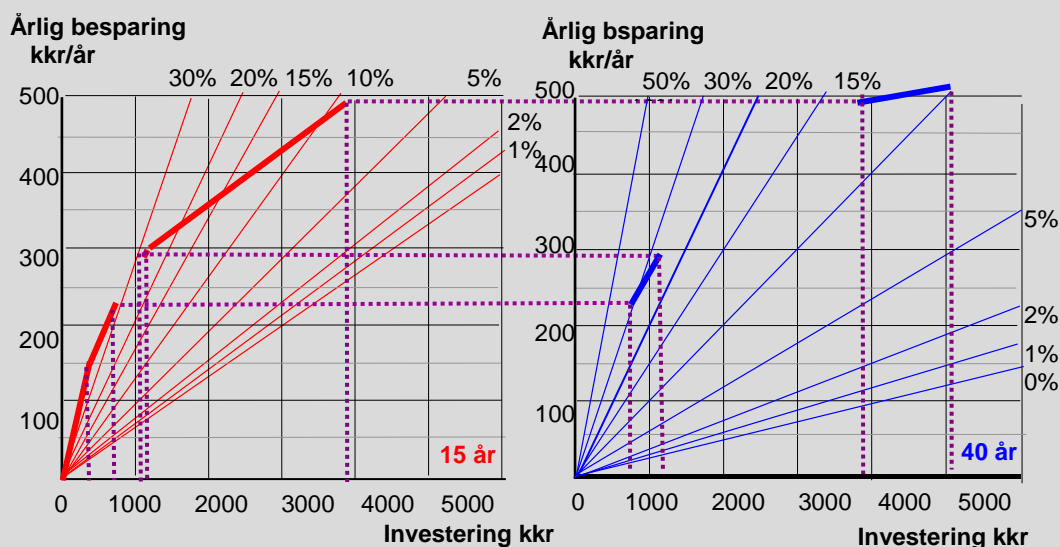
Exempel:

I en kontorsbyggnad om 7 600 m² A_{temp}, planeras en renovering enligt Totalmetodiken. I tabellen nedan visas i den aktuella byggnaden identifierade energieffektiviseringsåtgärder, deras kalkyltid, deras beräknade investeringskostnad och den förväntade kostnasabesparingen enligt Etapp 1. Åtgärderna i tabellen har 15 eller 40 års kalkyltid.

Tabell 2.1 Exempel på energisparåtgärder med olika kalkyltider

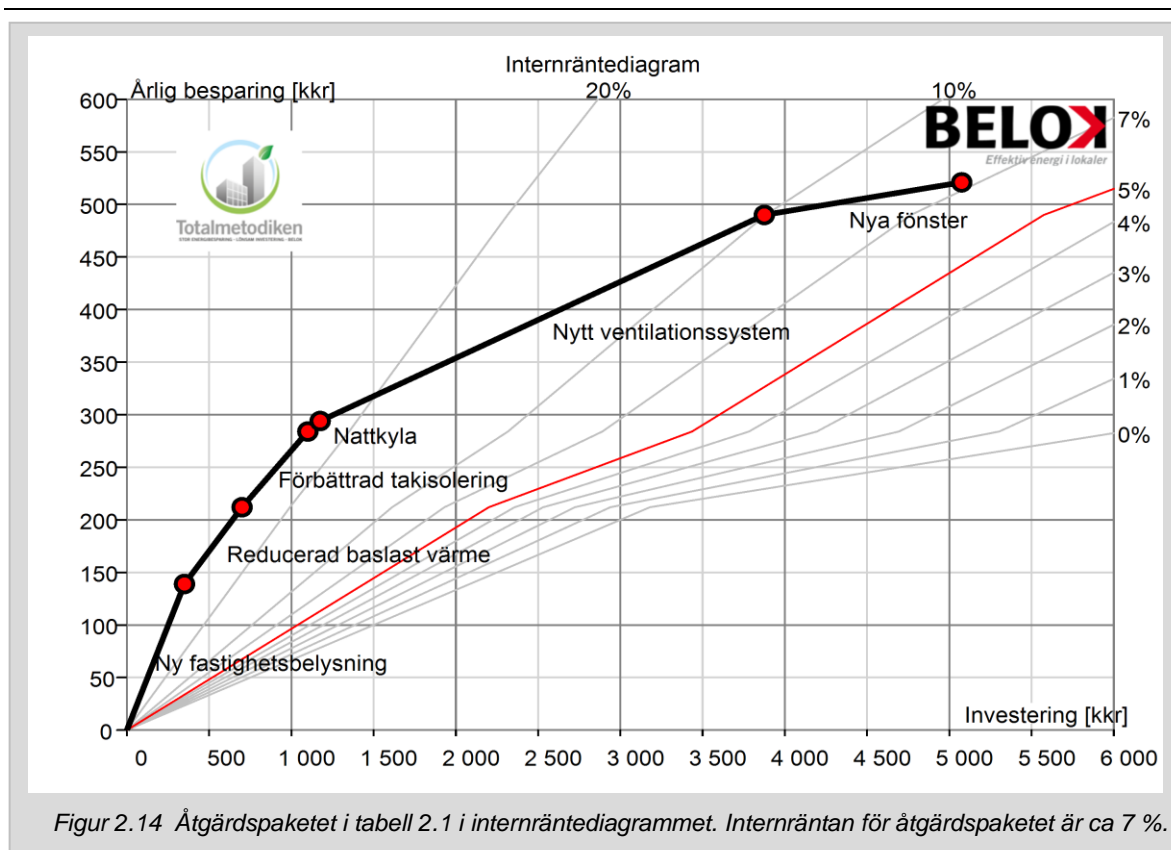
Nr	Åtgärd	Kalkyltid [år]	Investering [kkr]	Besparing [kkr/år]	Internränta [%]
1	Ny fastighetsbelysning	15	350	139	39.4
2	Reducerad baslast värme	15	350	73	19.3
3	Förbättrad takisolering	40	400	72	17.9
4	Införande av nattkyla sommartid	15	75	10	10.2
5	Nytt ventilationssystem	15	2700	196	1.1
6	Nya fönster	40	1200	31	0.1
	Summa		5 075	521	

I figur 2.13 visas de inlagda i internräntediagram för 15 år respektive 40 år.



Figur 2.13 Kombination av energisparåtgärder med olika kalkyltider på internräntediagram.

I figur 2.14 visas åtgärdspaketet beräknat med *Totalverket*. Fastighetsägarens lönsamhetskrav är 5 % real kalkylränta. Som syns i figuren är internräntan för åtgärdspaketet ca 7 % och anses därmed vara lönsamt.



Relativa energiprisändringar i internräntediagrammet

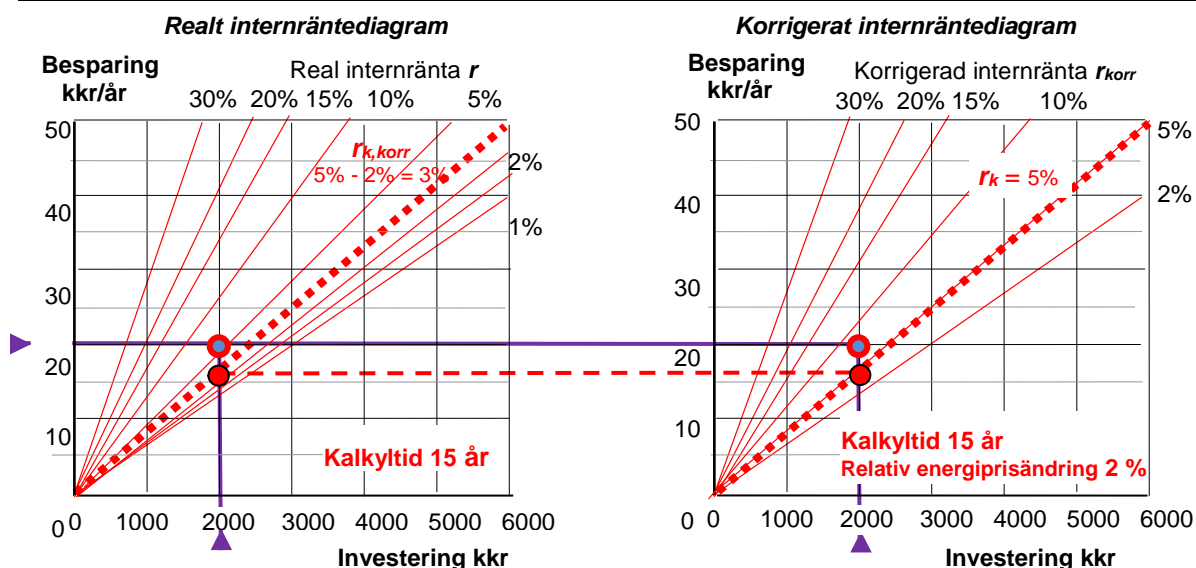
Internräntediagrammet gäller vanligen vid besparingar som följer den genomsnittliga inflationen. För att ta hänsyn till relativa energiprisökningar kan man göra på två olika sätt:

- 1) Kalkylräntan korrigeras genom att minska den med den relativa energiprishöjningen:
 $r_i > r_{k,korr} = r_k - q \%$
- 2) Diagrammet korrigeras genom att internränteskalen r_i ändras med den relativa energiprishöjningen, men kalkylräntan bibehålls som lönsamhetskriterium.

Detta illustreras i figur 2.15. Det vänstra diagrammet motsvarar ett real internräntediagram, där interräntelinjerna motsvarar real ränta. Som lönsamhetskrav används en korrigerad real ränta $r_{k,korr}$. Exempelvis har kalkylräntan r_k korrigerats med en relativ energiprisökning på 2 % utöver inflationen: $r_{k,korr} = 5 \% - 2 \% = 3 \%$.

Diagrammet till höger i figur 2.15 motsvarar ett korrigerat internräntediagram, där den relativa energiprisförändringen har tagits i beaktning i diagrammet. I detta diagram kan den korrigerade internräntan d.v.s. räntan inklusive energiprisförändringar utöver inflation, tas direkt från diagrammet. Som lönsamhetskrav används den verkliga kalkylränta r_k . I detta exempel är det $r_k = 5 \%$ som är markerat som streckad linje i diagrammet.

Observera, att de två sätten är lika tillämpbara när energibesparingsåtgärden leder till förändringar i årlig energianvändning. När en åtgärd även leder till förändringar i andra årliga driftskostnader utöver energi, t.ex. underhållskostnader, bör alternativ 2 användas. I *Totalverktyget* tas hänsyn till relativ energiprisförändring i energidelen av de årliga nettobesparingar.



Figur 2.15 Illustration om hur relativa energiprisökningar tas hänsyn till i ett internräntediagram. Det vänstra diagrammet är ett real internräntediagram och det högra är ett korrigerat internräntediagram.

Kassaflöde

Att rita in en energibesparingsåtgärds kostnader och besparingar i ett internräntediagram ger bra beslutsunderlag. Som nämnts, är lönsamhetskravet då att internräntan inte får understiga en viss nivå. Det är dock viktigt att vara medveten om att detta är ett beslutsunderlag och speglar inte i sin helhet en investerings verkliga lönsamhet. För att utvärdera denna har följande exempel tagits fram där kassaflödet visas för olika årliga beräknade kostnadsbesparingar över bestämd kalkyltid som även tar hänsyn till inflationstakt och relativa energiprisförändringar.

Exempel:

En energibesparingsåtgärd ger en årlig kostnadsbesparing på $a = 170$ kkr/år och har en ekonomisk livstid på $n = 15$ år. Åtgärden kräver en investering på $B_0 = 2\,000$ kkr som finansieras med ett banklån med en nominell ränta $r_n = 4\%$ över kalkyltiden 15 år. Den uppskattade årliga inflationen är $w = 2\%$ och en energiprisökning $q = 2\%$ utöver inflationen. Den nominella kalkylräntan är $r_{n,k} = 7\%$, inkluderat investerarens påslag på 3% . Vad blir interräntan för en sådan investering och vad blir det faktiska kassaflödet?

I faktiskt pengavärde blir den framtida årliga kostnadsbesparingen a (kkr/år) högre på grund av inflationen $w\%$. Denna ökning är ännu högre om energipriset ökar $q\%$ utöver inflationen. Tabell 3.1 visar hur kostnadsbesparingen ökar i absoluta värden med antagandet $w = 2\%$ och $q = 2\%$.

Tabell 2.2 Årlig värdeökning av kostnadsbesparing

År	w 2 % q 2 %	Årlig kostnadsbesparing a (kkr/år)	År	w 2 % q 2 %	Årlig kostnadsbesparing a (kkr/år)
0	1,000	170	8	1,369	233
1	1,040	177	9	1,423	242
2	1,082	184	10	1,480	252
3	1,125	191	11	1,539	262
4	1,170	199	12	1,601	272
5	1,217	207	13	1,665	283
6	1,265	215	14	1,732	294
7	1,316	224	15	1,801	306

Kapitalkostnaden å andra sidan (kr/år) är konstant med sitt nominella värde över kalkyltiden. När investeringskostnaden för en energibesparingsåtgärd finansieras med ett banklån med en nominell ränta $r_n = 4\%$ och kalkyltid $n = 15$ år så blir den årliga kapitalkostnaden b :

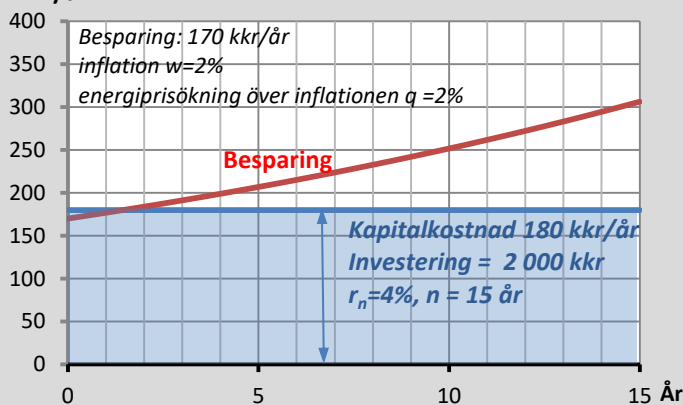
$$b = P(r_n, n) \cdot B_0 = P(4, 15) \cdot B_0 = 0,0899 \cdot 2\,000 \text{ kkr} = 180 \text{ kkr/år}$$

Med den ursprungliga investeringskostnaden $B_0 = 2\,000$ kkr och årlig kostnadsbesparing 170 kkr/år blir investeringens internräntan $r_i \approx 3,2\%$. Detta motsvarar real internränta r_i och tar inte hänsyn till relativa energiprisändringar. Om relativa energiprisändringar på 2 % utöver inflation tas i beaktning (exempelvis i beräkningen med *Totalverktyget*) så blir den korrigerade internräntan $r_{i, \text{kor}} = 5,3\%$. I detta fall används den reala kalkylräntan $r_k = r_{n,k} - w\% = 7\% - 2\% = 5\%$ som lönsamhetskrav. Resultatet visar att åtgärden är lönsam.

För att utvärdera den faktiska avkastningen som investeringen medför under kalkyltiden så visas dess kassaflöde i ett diagram i figur 2.16. I detta exempel är kostnadsbesparingarna något lägre än kapitalkostnaderna de första åren och nettokassaflödet blir då negativt. Men räknat på hela perioden ger nettokassaflödet en vinst på 840 kkr. Nuvärdet av vinsten är, med nominell kalkylränta på 7 % (inkluderat investerarens påslag samt inflation) ungefär 400 kkr.

Årlig besparing/kapitalkostnad

kk/år

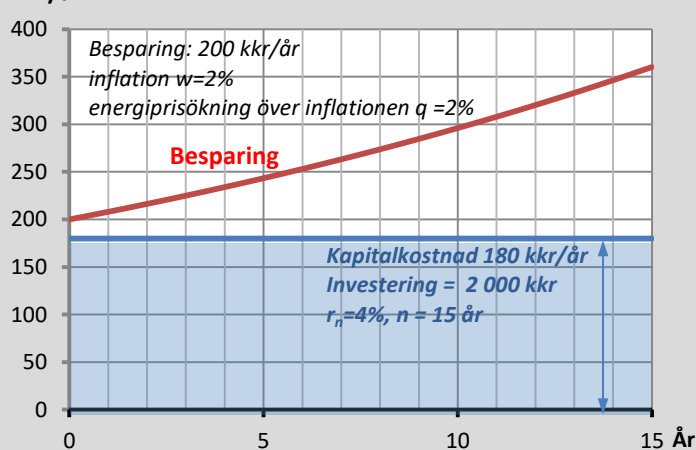


Figur 2.16 Exemplet visar kassaflödet som energibesparingsåtgärden medför när kostnadsbesparingen är 170 kkr/år och kapitalkostnaden är 180 kkr/år. Uppskattad inflation är 2 % och relativ energiprisökning utöver inflation är 2 %.

Om energibesparingsåtgärdens beräknade årliga kostnadsbesparing är 200 kkr/år blir, förutsatt samma investeringsförutsättningar som ovan, den korrigerade internräntan $r_i \approx 7,5\%$. Detta uppfyller lönsamhetskravet $r_k = 7\% - 2\% = 5\%$. Kassaflödet blir då positivt från start (se figur 2.17) och investeringen ger en total vinst på 1 460 kkr under hela kalkyltiden 15 år. Nuvärdet av vinsten är, med nominell kalkylränta på 7 % (inkluderat investerarens påslag samt inflation) ungefär 770 kkr.

Årlig besparing/kapitalkostnad

kk/år



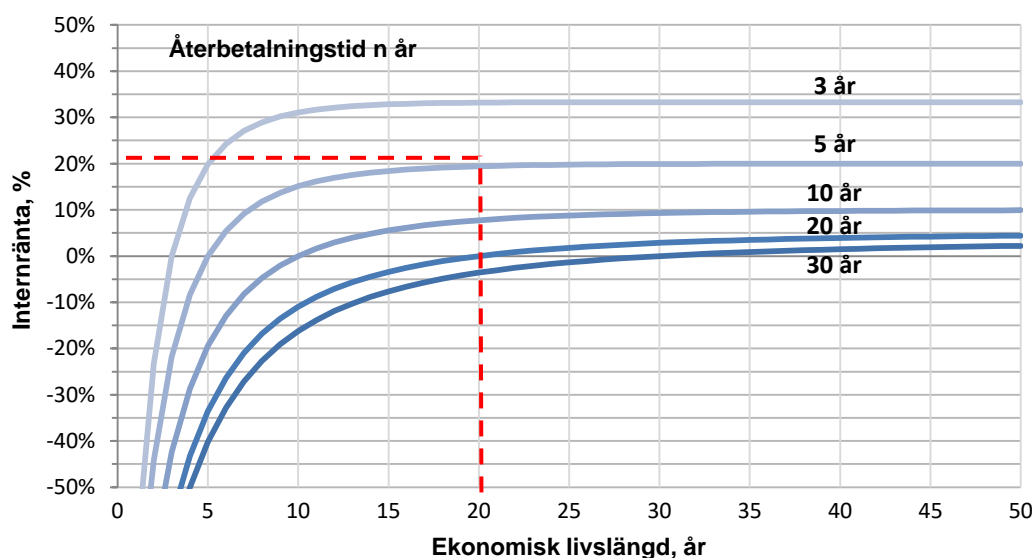
Figur 2.17 Exemplet visar kassaflödet som energibesparingsåtgärden medför när kostnadsbesparingen är 200 kkr/år och kapitalkostnaden är 180 kkr/år. Uppskattad inflation är 2 % och relativ energiprisökning utöver inflation är 2 %.

Jämförelse med återbetalningsmetoden

En vanligt förekommande ekonomisk modell som fortfarande ofta tillämpas vid lönsamhetsbedömning av åtgärder inom byggsektorn är återbetalningsmetoden. Eftersom metoden kan leda till felaktiga slutsatser är det därför viktigt att klargöra vad den innebär vid bedömningen av energibesparingsåtgärder.

Enligt återbetalningsmetoden anses en investering vara lönsam om den medför inkomster eller besparingar som betalar tillbaka investeringen inom den tillåtna återbetalningstiden. Vanligen anses en återbetalningstid snabbare än 5-10 år vara en lönsam investering. Metoden är enkel att använda och resultatet är enkelt att förstå och kommunicera. Nackdelar är att metoden gynnar kortsiktiga investeringar eftersom den inte tar hänsyn till investeringens livslängd och tidpreferensen (räntan). Till exempel bedöms två lika stora investeringar med samma besparingar alltid vara lika lönsamma oavsett livslängd och ränta.

Figur 2.18 visar sambandet mellan ekonomisk livslängd, internränta och återbetalningstid. Som exempel måste en energibesparingsåtgärd i ett tekniskt system, som har en ekonomisk livslängd på 20 år, ge en internränta på 20 % om kravet på 5 års återbetalningstid måste uppfyllas. Detta är en väsentligt högre avkastning än vad som normalt sätt förväntas för investeringar i byggnader.



Figur 2.18 Sambandet mellan ekonomisk livslängd, internränta och återbetalningstid.

Återbetalningsmetoden anses vara olämplig att använda inom byggnads- och fastighetsområdet eftersom det där är fråga om långsiktigare investeringar. En okritisk användning av återbetalningsmetoden gynnar ett kortsiktigt investering, utan hänsyn till kvaliteten.

Reinvestering

Vid tillämpning av Totalmetodiken beräknas en gemensam internränta för samtliga åtgärder i ett åtgärdspaket. Om åtgärdspaketet består av åtgärder med olika ekonomisk livslängd antas besparingar från åtgärder med kortare livslängd upphöra när deras livslängd löper ut. Detta gör att de årliga kostnadsbesparingarna gradvis minskar, om systemen eller komponenterna med kortare ekonomisk livslängd inte ersätts. I Totalmetodiken visas den faktiska lönsamheten av den investering som görs vid nutidpunkten.

Men i praktiken kommer energibesparingsåtgärder med kortare ekonomisk livslängd att bytas ut när de inte längre fungerar eller uppfyller sin funktion. Antas exempelvis de tekniska installationerna ha en ekonomisk livslängd på 15 år, medan byggnaden som sådan skall fungera i 40 år, måste installationerna ersättas efter 15 respektive efter 30 år. Det krävs alltså en reinvestering efter 15 år och en efter 30 år. Nya lönsamhetsberäkningar kan då göras med hänsyn till reinvesteringar.

Hänsyn till de framtida reinvesteringarna tas genom att addera nuvärdet av reinvesteringarna till den ursprungliga investeringen och lönsamheten beräknas sedan utifrån den sammanlagda ekonomiska livslängden. Exempelvis om det efter den första investeringen B_0 sker ytterligare investeringar B_{r1} efter n_{r1} år och B_{r2} efter n_{r2} år. Med två reinvesteringar blir nuvärdet ΣB_0 av hela investeringsprocessen:

$$\Sigma B_0 = B_0 + B_{r1} \cdot i(r, n_{r1}) + B_{r2} \cdot i(r, n_{r2})$$

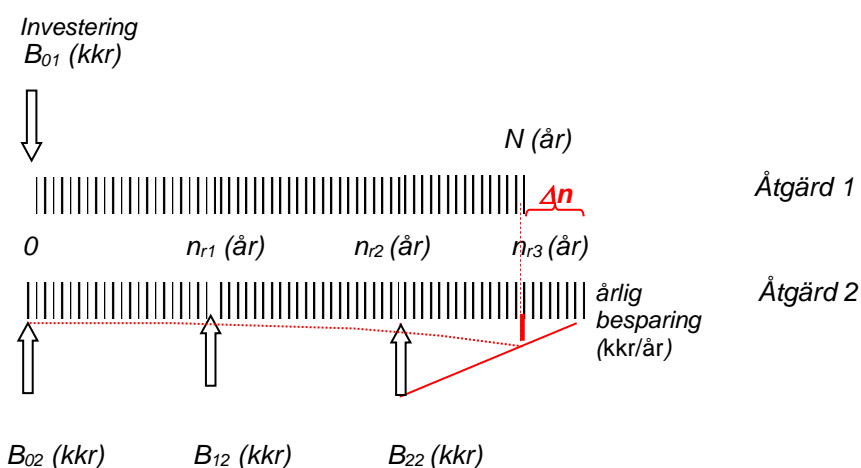
Nuvärdesfaktor $i(r, n)$, där r är real ränta och n kalkyltid, kan hittas i tabell i bilaga 2.

Vid nuvärdesberäkning av framtida investeringar används reala kalkylränta r_k . Framtida relativa energiprisändringar utöver inflationen bör inte beaktas eftersom de inte påverkar nuvärdet av framtida investeringar. De påverkar endast nuvärdet av årliga energikostnader.

När det kommer till ett åtgärds paket, där åtgärderna har olika ekonomisk livslängd, kan åtgärder med kortare ekonomisk livslängd räknas om till tidsperioden för åtgärderna med längre ekonomisk livslängd. Då kommer åtgärds paketet som helhet ha samma ekonomiska livslängd.

Dessutom kan restvärdet av reinvesterade åtgärder behöva tas i beaktning, vilket rekommenderas enligt Europeiska kommissionen [4]. Detta gäller till exempel när en reinvestering fortfarande har värde kvar vid kalkyltidens slut. Värdet av en reinvestering antas minska linjärt över tid. Det totala nuvärdet av den sista reinvesteringen minskar då med nuvärdet av restvärdet. Detta illustreras i figur 2.19. Figuren visar fallet där en åtgärd i åtgärds paketet har ekonomiska livslängden N år medan en annan åtgärd har mycket kortare livslängd och måste bytas ut två gånger, efter n_1 respektive n_2 år. Det totala nuvärdet av investeringarna kommer då att vara:

$$\Sigma B_0 = B_{01} + B_{02} + B_{12} \cdot i(r, n_1) + B_{22} \cdot i(r, n_2) - B_{22} \cdot \Delta n / (n_3 - n_2) \cdot i(r, N)$$



Figur 2.19 Hur restvärdet av reinvesterade åtgärder kan tas hänsyn. Värdet av en reinvestering antas minska linjärt över tid. Det totala nuvärdet av den sista reinvesteringen minskar då med nuvärdet av restvärdet.

Exempel 1:

Åtgärds paketet innehåller två åtgärder som kräver initial investering B_{01} och B_{02} och har en ekonomisk livslängd på 15 respektive 40 år.

B_{01} 1 000 kkr, kalkyltid 40 år.

B_{02} 500 kkr, kalkyltid 15 år.

Den årliga kostnadsbesparingen för detta åtgärds paket är $a = 140$ kkr/år.

Real kalkylränta $r_k = 8\%$

Årlig relativ energiprisökning $q = 2\%$

Lönsamhetskrav $r_i > r_{k,korr} = 8 - 2 = 6\%$

Åtgärd B_{02} behöver ersättas efter 15 år samt efter 30 år. Om det kan antas att det verkliga värdet på reinvesteringen är detsamma som den ursprungliga investeringen så blir $B_{12} = B_{22} = B_{02}$. Men bara 10 år av den andra reinvesteringen kan tas med i lönsamhetsberäkningarna. Under de sista 5 åren kommer det finnas ett restvärde. Nuvärdet av den totala investeringen för åtgärds paketet kan då beräknas på följande sätt:

$$n_1 = 15 \text{ år}, n_2 = 30 \text{ år}, n_3 = 45 \text{ år}, \Delta n = 5 \text{ år}, N = 40 \text{ år}.$$

$$i(8, 15) = 0,3152 \quad i(8, 30) = 0,0994 \quad i(8, 40) = 0,0460$$

$$\Sigma B_0 = 1\,000 + 500 + 500 \cdot 0,315 + 500 \cdot 0,0994 - 500 \cdot 5 / (45 - 30) \cdot 0,0460 = 1\,700 \text{ kkr}$$

Detta ger en internränta r_i :

$$I(r_i, 40) = 1700/140 = 11,9 \implies \text{internränta } r_i = 7,8\% > r_{k,korr} = 6\%$$

Åtgärds paketet anses lönsamt och bör genomföras.

Exempel 2:

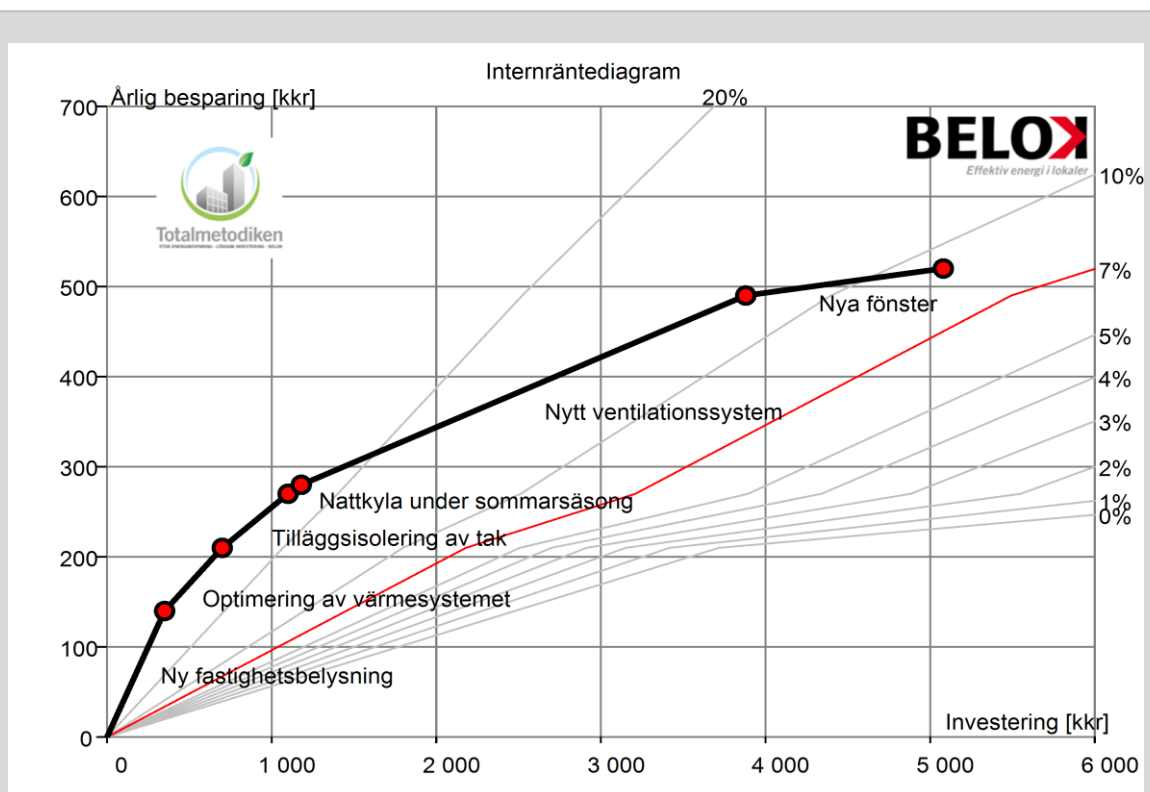
Åtgärds paketet innehåller ett antal åtgärder med en ekonomisk livslängd på 15 eller 40 år (se tabell 2.3). Lönsamhetskravet i form av real kalkylränta är $r_k = 7\%$. De årliga relativa energiprisökningarna är $q = 2\%$.

Tabell 2.3 Exempel på åtgärds paket med energibesparingsåtgärder utan reinvestering.

Nr.	Åtgärd	Kalkyltid [år]	Investering [kkr]	Besparing [kkr/år]
1	Ny fastighetsbelysning	15	350	140
2	Optimering av värmesystemet	15	350	70
3	Tilläggsisolering tak	40	400	60
4	Nattkyla under sommarsäsong	15	80	10
5	Nytt ventilationssystem	15	2700	210
6	Nya fönster	40	1200	30
	Totalt		5080	520

Åtgärds paketet i internräntediagram visas i figur 2.20, beräknat med *Totalverktiget*. Verktiget beräknar den kombinerade internräntan för åtgärderna utan att ta hänsyn till reinvesteringar. Åtgärder med en kortare ekonomisk livslängd faller bort efter att deras ekonomiska livslängd passerat. Detta innebär att de totala årliga besparingarna kommer börja minska om inte systemen eller åtgärderna ersätts, i detta fall efter 15 år.

Åtgärds paketets internräntan blir ungefär $r_i = 9\%$. Enligt lönsamhetskravet måste internräntan vara högre än den reala kalkylräntan $r_k = 7\%$. Den relativa energiprisökningen är $q = 2\%$ (används som indata i *Totalverktiget*). Därmed kan åtgärds paketet ovan anses vara lönsamt och ska genomföras.



Figur 2.20 Åtgärdspaketet i ett internräntediagram.

I samma exempel, men medräknat reinvesteringar, antas åtgärderna med kortare livslängd ersättas efter 15 samt 30 år. Nuvärdet av dessa reinvesteringar kan adderas till den första investeringen. Om det även här antas att det verkliga värdet på reinvesteringen är detsamma som den ursprungliga investeringen så blir $B_{17} = B_{12} = B_{01}$, och nuvärdet av den totala investeringen för åtgärderna med kortare livslängd blir då:

$$\Sigma B_{01} = B_{01} + B_{01} \cdot [i(r_k, n_1) + i(r_k, n_2) - \Delta n / (n_3 - n_2) \cdot i(r_k, N)]$$

$$\Sigma B_{01} = B_{01} \cdot [1 + i(r_k, n_1) + i(r_k, n_2) - \Delta n / (n_3 - n_2) \cdot i(r_k, N)]$$

$$n_1 = 15 \text{ år} \quad n_2 = 30 \text{ år} \quad n_3 = 45 \text{ år} \quad N = 40 \text{ år} \quad \Delta n = 5 \text{ år}$$

$$i(7, 15) = 0,365 \quad i(7, 30) = 0,132 \quad \Delta n / (n_3 - n_2) = 5 / 15 = 0,33 \quad i(7, 40) = 0,071$$

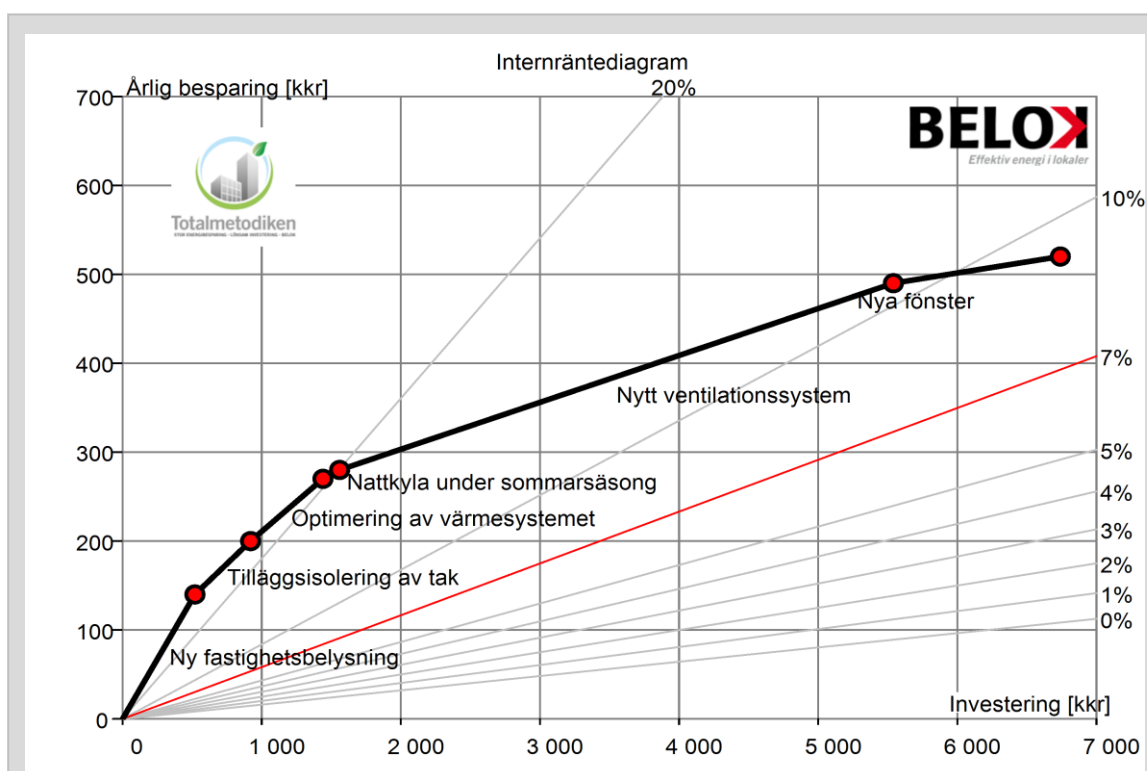
$$[1 + i(r_k, n_1) + i(r_k, n_2) - \Delta n / (n_3 - n_2) \cdot i(r_k, N)] = 1 + 0,365 + 0,132 - 0,33 \cdot 0,071 = 1,474$$

Genom att multiplicera den totala investeringen med 15 års ekonomisk livslängd med en faktor 1,474 så blir den ekonomiska livslängden omräknad till 40 år. Detta visas i Tabell 2.4.

Tabell 2.4 Exempel på åtgärdspaket med energibesparingsåtgärder inkluderat reinvesteringar.

Nr.	Åtgärd	Ny kalkyltid [år]	Ursprunglig investering [kkr]	Inkluderat nuvärdet av reinvesteringar [kkr]	Besparing [kkr/år]
1	Ny fastighetsbelysning	40	350 (15 år)	520	140
2	Optimering av värmesystemet	40	350 (15 år)	520	70
3	Tilläggsisolering tak	40	400	400	60
4	Nattkyla under sommarsäsong	40	80 (15 år)	120	10
5	Nytt ventilationssystem	40	2700 (15 år)	3980	210
6	Nya fönster	40	1200	1200	30
	Summa		5080	6740	520

Lönsamheten för åtgärdspaketet med reinvesteringar visas i figur 2.21.



Figur 2.21 Åtgärdspaketet med reinvesteringar i ett internräntediagram.

Även i detta fall blir internräntan ungefär 9 %, vilket är i princip samma som i fallet där reinvesteringar inte tagits med.

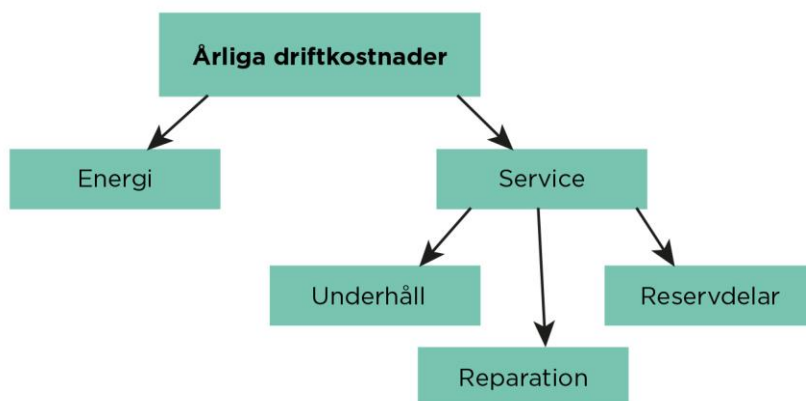
Årliga kostnadsbesparingar

Uppskattning av årliga kostnadsbesparingar till följd av genomförda energieffektivitetsåtgärder är en viktig del i tillämpning av Totalmetodiken. Minskad energianvändning räknas som en årlig besparing i driftskostnader. Det är viktigt att komma ihåg att det är den årliga nettobesparingen som ska räknas med. Dessutom kan energipriser bestå av olika komponenter som kan variera över året, t.ex. beroende på säsong. Vissa förenklingar kan då göras och dessa förklaras i kommande avsnitt.

Beräkning av årliga kostnadsbesparingar

Den årliga nettobesparingen (kr/ år), vilken motsvarar förändring i årlig driftskostnad före och efter en åtgärd, används som indata i lönsamhetsberäkningarna i Totalmetodiken. Årliga driftskostnaderna för en byggnad och dess system kan delas upp på följande sätt (se fig. 2.22):

- Energikostnader för drift av byggnadens tekniska system (värme, el).
- Servicekostnader för drift av byggnadens tekniska system/komponenter. Detta kan till exempel inkludera kostnader för planerat underhåll, utbyte och reparationer, reservdelar (byte av filter, glödlampor, rengöring, kontroll av styrning, kalibrering av sensorer, osv.).



Figur 2.22 Uppdelning av årliga driftkostnader för en byggnad och dess system.

Exempel:

Föreslagna energibesparingsåtgärder kommer att minska den årliga värmeenergianvändningen från 780 MWh/år till 580 MWh/år. Energiförbrukningen för värme är 700 kr/MWh. Dock kommer de årliga underhållskostnaderna för systemunderhåll öka med ca 5 000 kr/år. Den årliga nettobesparingen är alltså:

$$a = (780 - 580) \cdot 700 - 5\,000 = 135 \text{ kkr/år}$$

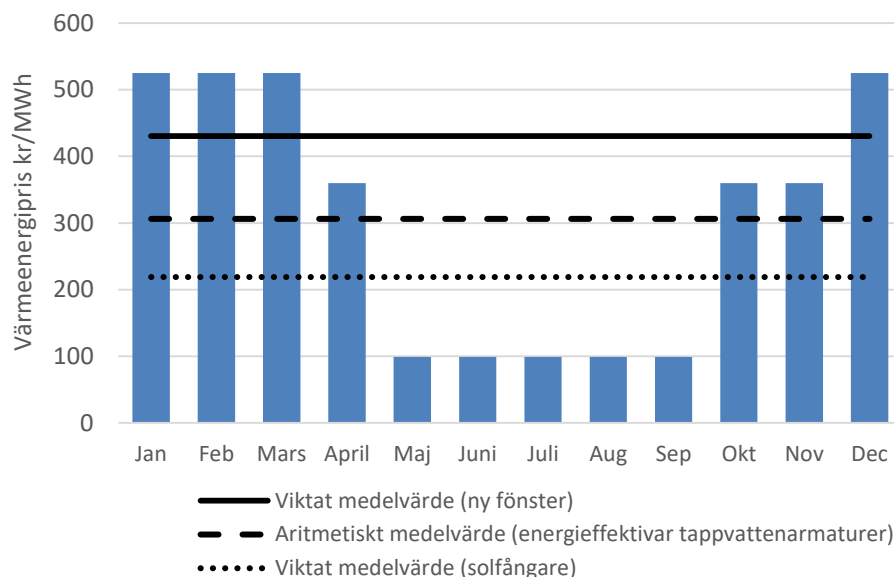
Detta används då som indata för årlig kostnadsbesparing, a (kkr/år) i lönsamhetsberäkningarna.

Komplexa energiprismodeller

Energibolagen tar inte bara betalt för hur mycket energi byggnaden använder, utan även för effektbehovet och i många fall även för hur effektivt energin distribueras. Exempelvis tar fjärrvärmebolag ofta distribuerat vattenflödet eller returtemperaturer i beaktning vid prissättning. Dessutom varierar priserna ofta efter säsong och tid på dygnet. Det finns en stor mängd olika prismodeller och de ändras och uppdateras regelbundet. Det är knappast möjligt att förutse hur situationen ser ut tio eller tjugo år i förväg. Därför är förenklingar genom antaganden ofta motiverat.

Om energisimuleringsprogrammet som används inte kan hantera säsongsvariationer i energipriset, används ett representativt årsgenomsnittligt pris. Då är det rimligt att använda ett viktat medelvärde av årliga energipriset, baserat på de senaste årens energistatistik.

Det är dock viktigt att komma ihåg att olika åtgärder spar energi under olika tider på året och då kan de årliga genomsnittspriserna behöva anpassas för olika åtgärder. Detta illustreras i exemplet i figur 2.23. Staplarna i figuren visar priset på värmeenergi från ett typiskt svenskt fjärrvärmebolag. De flesta av energieffektiviseringsåtgärderna spar mest energi under vintern. Att installera solfångare eller energibesparande vattenkranar har en annan besparingsprofil och värdet på varje sparad kWh skiljer sig därför åt.



Figur 2.23 Ett exempel på hur man tar hänsyn till komplexa prismodeller vid beräkning av kostnadsbesparing.

Exempel:

Årlig fjärrvärmeanvändning i en kontorsbyggnad i Göteborg är 1 000 MWh/år. Fjärrvärmepriset varierar över året på följande sätt (se figur 2.23):

- Januari, februari, mars, december: 525 kr/MWh;
- April, oktober och november: 360 kr/MWh;
- Maj, juni, juli, augusti och september: 99 kr/MWh

Använd värmeenergi under varje månad över ett år och tillhörande energikostnad per månad syns i tabellen nedan.

	Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Totalt
Värmeenergi användning (%)	16%	16%	14%	10%	5%	1%	0%	1%	4%	7%	11%	14%	
Värmeenergi användning (MWh)	162	162	136	99	49	14	4	7	38	71	114	145	1000
Värmeenergikostnad (kkr)	85	85	71	36	5	1,3	0,4	0,7	4	26	41	76	431

Energipriset som skall användas för energibesparingsåtgärder i klimatskalet och klimatsystemet (t.ex. nya fönster) kan beräknas på följande sätt (viktat medelvärde pris):

Årlig värmekostnad (kr)/årlig energianvändning (MWh) = 430630 kr/1000 MWh = 431 kr/MWh.

Energipris som ska användas för energisparåtgärder i varmvattensystemet kan beräknas på följande sätt (aritmetiskt medelvärdesspris):

Σ värmepris per månad (kr/MWh)/12 mån = (525 kr/MWh·4 + 360 kr/MWh·3 + 99 kr/MWh·5)/12 = 306 kr/MWh

Årlig energikostnadsbesparing med installation av solfångarsystem kan beräknas utifrån den beräknade produktionen per månad, under ett normalår. Det vägda genomsnittliga priset kan användas och beräknas utifrån den årliga produktionen.

Effektbesparingar

För flera åtgärder, kan effekttaxorna tas med i beaktning genom att integrera dem i energikostnaderna. En enkel metod är att hitta ett ekvivalent energipris (E_{peq}) där effektdelen är integrerad, på följande sätt:

$$E_{peq} = \frac{P_d \cdot P_p + E_d \cdot E_p}{E_d}$$

Där E_p är energipriset (kr/kWh), P_p är effekttaxa (kr/kW), E_d är energibehov (MWh/år) och P_d effektbehov (kW)

Detta ekvivalenta energipris används sedan för att uppskatta åtgärdens kostnadsbesparingar. Denna förenkling bör dock inte användas när man analyserar åtgärder som inte påverkar effektbehovet och energibehovet proportionellt.

I *Totalverktyget* finns möjligheter att ta hänsyn till mer komplexa effekttaxor och effektbesparingar.

Exempel:

Energipriset (E_p): 0,5 kr/kWh
 Effekttaxa (P_p): 600 kr/kW
 Energebbehov (E_d): 1 000 MWh/år
 Effektbehov (P_d): 400 kW

Ett ekvivalent energipris (E_{peq}):

$$E_{peq} = \frac{P_d \cdot P_p + E_d \cdot E_p}{E_d} = \frac{400 \cdot 600 + 1000 \cdot 1000 \cdot 0,5}{1000 \cdot 1000} = 0,74 \text{ kr/kWh}$$

Komplexa uppvärmningssystem

Ibland kan en byggnad eller en uppsättning av byggnader matas från fler än en typ av värmekälla. Detta kan komplicera beräkning av kostnadsbesparingar, eftersom olika värmekällor är associerade med olika energipriser. Ett extremt exempel skulle kunna vara en byggnad som är ansluten till fjärrvärm nätet, har solfångare på taket, en jordvärmepump som levererar baslast och en elektrisk värmare som hjälp när andra värmekällor inte kan täcka efterfrågan.

Om energisimuleringsprogrammet som används inte kan ta med denna typ av komplexa uppvärmningssystem, kan det krävas en del arbete för att hitta relationerna mellan åtgärderna och värmekällor.

Referenser

[1] Svensk Standard SS-EN 15459:2007 "Energy performance of buildings - Economic evaluation procedure for energy systems in buildings"

[2] European Commission. "Recommendations on measurement and verification methods in the framework of Directive 2006/32/EC on energy end-use efficiency and energy services."

[3] P-E Nilsson. 2003 "Achieving the requires indoor climate".

[4] 2012/C115/01.2012 Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation No.244/16.01.2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements.

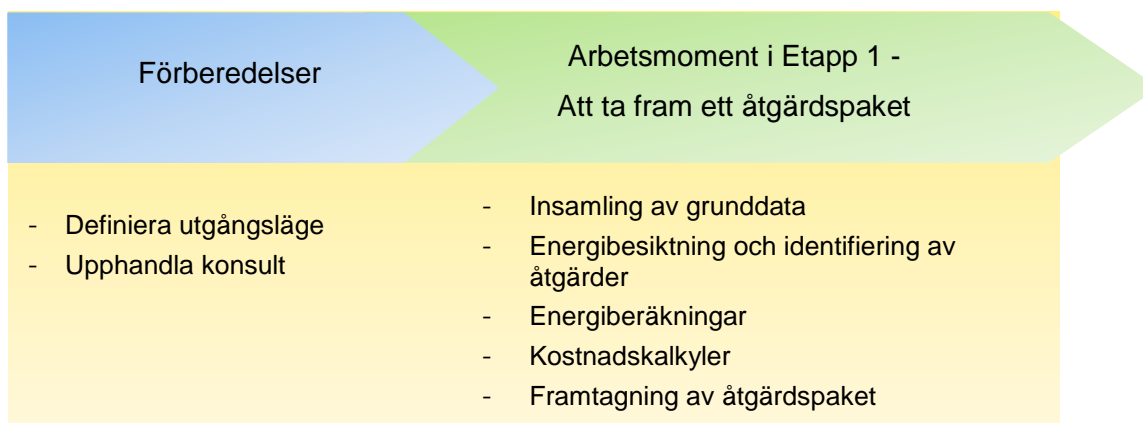
3 Totalmetodikens Etapp 1- Framtagning av åtgärdspaket

Det här kapitlet ger riktlinjer för de olika aktörerna som är inblandade i Totalmetodikens Etapp 1. Bland annat beskrivs beställaren och konsultens roll och uppgifter och grundläggande krav för konsultupphandling. De viktigaste arbetsmomenten i att ta fram ett åtgärdspaket går igenom.

Inledning

I första etappen i Totalmetodiken genomför en energikonsult en teknisk bedömning av fastigheten. Utifrån denna identifieras möjliga energieffektiviseringsåtgärder och ett åtgärdspaket föreslås. Den analys som görs är betydligt mer grundlig än den som görs i samband med energideklarationen, men energideklarationen kan användas som underlag. Resultatet från Etapp 1 utgör sedan beslutsgrund för om en investering i åtgärdspaket ska genomföras eller inte. En bra analys är avgörande för att projektet ska bli framgångsrikt. I följande avsnitt diskuteras vad som är viktigt att tänka i de olika arbetsmomenten i Etapp 1 för att uppnå goda resultat och säkerställa kvalitet.

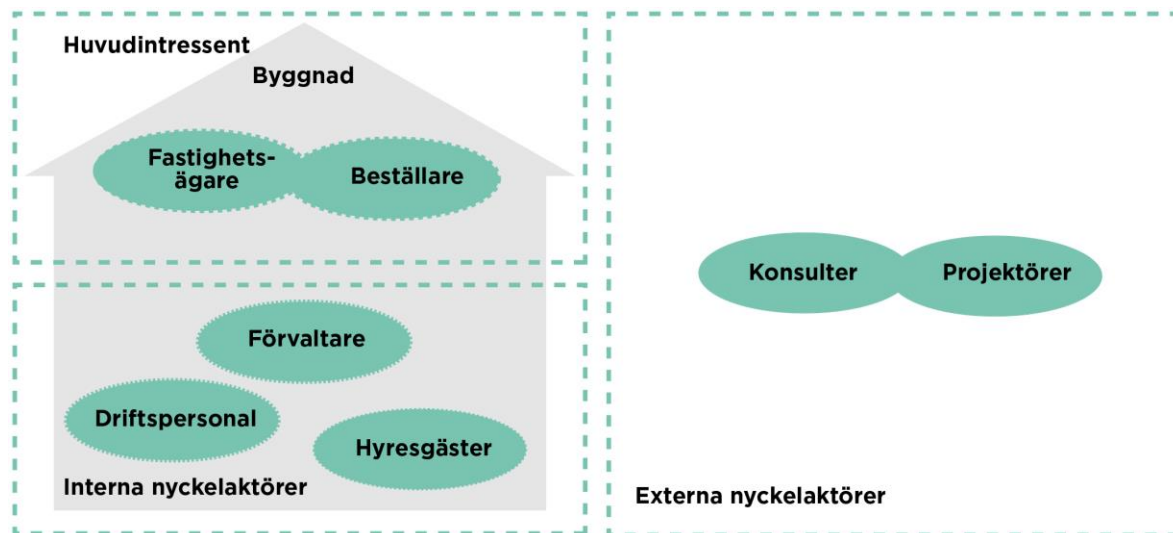
Huvudaktiviteterna i Totalmetodikens Etapp 1 illustreras i figur 3.1. Etapp 1 börjar med förberedelser som krävs från *fastighetsägaren/beställare*, och går sedan vidare till viktiga arbetsmoment som utförs av *konsulten*.



Figur 3.1 Huvudaktiviteter som ingår i Etapp 1 i Totalmetodiken.

Medverkande aktörer i Etapp 1, roller och ansvar

I figur 3.2 illustreras vilka intressenter och nyckelaktörer som är inblandade i genomförandet av Etapp 1 i Totalmetodiken. Deras roller och ansvar beskrivs sedan.



Figur 3.2 Intressenter och nyckelaktörer i Totalmetodikens Etapp 1

Beställare

Beställaren är ansvarig för att beställa det praktiska arbetet i Etapp 1 i Totalmetodiken. Det är viktigt att definiera målen och utgångsläget för energirenoveringen. Beställaren är också ansvarig för att interna resurser finns tillgängliga vid genomförandet av projektet, t.ex. inblandning av egen personal som fastighetschef och driftspersonal, etc.

Beställaren ska på tydligt sätt precisera uppdraget för alla berörda i projektet. Vanligtvis utses en person hos beställaren till projektledare. Denne skall ha huvudansvaret för projektet och ha tillräckliga befogenheter och tid. I projektledarrollen ingår bland annat att:

- Handla upp energikonsult (formulera och distribuera förfrågningsunderlag, utvärdera anbud, projektleda och samordna).
- Förse energikonsulten med all erforderlig byggnadsrelaterad information.
- Samordna interna resurser/personer för projektet, t.ex. engagera driftspersonal.
- Presentera rapport från Etapp 1 för berörda inför beslut om genomförande av åtgärds paket.
- Planera för Etapp 2, t.ex. förbereda upphandling av projektör och entreprenör.

Konsulter

Konsulter utför, utifrån avtal med fastighetsägaren/beställaren, det praktiska arbetet i Etapp 1 och bildar ett åtgärds paket med hjälp av Totalmetodiken. Energitkonsulten bör i Totalmetodikens inledande Etapp 1:

- Planera och genomföra arbetet enligt beställarens underlag.
- Inhämta och sammanställa allmän och teknisk basdata för byggnaden.
- Genomföra energibesiktning av byggnaden, fastställa basfall och ta fram åtgärdsförslag.
- Ta fram en kalibrerad beräkningsmodell för byggnaden för att genomföra energiberäkningar.
- Genomföra kostnadskalkyler.
- Genomföra lönsamhetsberäkningar och ta fram åtgärds paketet enligt Totalmetodiken.
- Leverera en rapport som ska utgöra underlag för beslut om genomförande av åtgärds paket.

Förvaltare

Förvaltaren är ansvarig för byggnaderna i fråga och har tillgång till relevant information som konsulten behöver för analysen i Etapp 1. Fastighetschefen är även ofta involverad i investeringsbeslutet. Det är mycket fördelaktigt om konsulten kan diskutera föreslagna åtgärder med fastighetsförvaltaren för att undvika åtgärder som av olika anledningar inte är tänkbara eller praktiskt möjliga att genomföra. Förvaltaren bör i Totalmetodikens inledande Etapp 1:

- Stödja energikonsulten vid inhämtande av all erforderlig byggnadsrelaterad information.
- Stödja energikonsulten vid energibesiktning på plats och i kommunikation med verksamhetsansvariga (hyresgäster)

Drifttekniker

Drifttekniker är ansvariga för driften av byggnadens alla system. Drift- och underhållspersonal har oftast en bra bild av nuvarande status av byggnaden och dess system och kan stödja konsulten med relevant information. De har även information om eventuella brister, vad de beror på och hur de kan elimineras. Deras samarbete i samband med energibesiktningen är mycket värdefullt eftersom de oftast bäst kan visa runt konsulten i byggnaden och har tillgång till de tekniska utrymmena. Drifttekniker bör i Totalmetodikens inledande Etapp 1:

- Stödja energikonsulten vid inhämtande av all erforderlig byggnadsrelaterad information.
- Stödja energikonsulten vid energibesiktning på plats och i kommunikation med verksamheten (hyresgäster)

Projektör

I vissa projekt kan det även vara relevant att redan i Etapp 1 involvera projektörer, som kommer att göra den detaljerade projekteringen av föreslagna åtgärder. Detta för att underlätta bedömning av vilket projekteringsarbete som krävs för de enskilda åtgärderna samt för uppskattning av investeringskostnaderna. Detta är naturligtvis bara möjligt om projektörer kan utses i ett tidigt skede av projektet.

Hyresgäster

I Etapp 1 krävs även visst stöd från hyresgäster när grundläggande information om byggnaden och dess användning samlas in av konsulten. De vet oftast bäst hur byggnaden används för tillfället, vad uthyrningsgraden är, vilka tider som gäller samt om eventuella ändringar planeras i framtiden. Det är viktigt att fastighetsägaren/beställaren håller hyresgästerna välinformerade om projektet och är lyhörda för deras behov. Dessutom kan vissa åtgärder kräva hyresgästens engagemang, t.ex. åtgärder i belysningsystemet och maskiner/utrustning och därför måste alternativen även diskuteras med dem.

Beställarens förberedelser inför Etapp 1

Definiera utgångsläge inför Etapp 1

För att som beställare genomföra ett projekt enligt Totalmetodiken är det viktigt att tänka på följande:

- Vad är förutsättningarna för energieffektiviseringsarbetet i den specifika byggnaden? Hur följer man upp energianvändningen idag? Finns det tillräcklig information om byggnaden för att kartlägga dess energianvändning?
- Vad är målet med energieffektiviseringsarbetet, vilka förväntningar finns från beställarens sida?
- Vilka ekonomiska förutsättningar har företaget och vilka resurser finns för att genomföra energiåtgärder?
- Hur säkerställer man informationsutbyte och kunskapsfördelning mellan olika aktörer som påverkar resultatet av energiarbetet, som hyresgäster, driftspersonal, förvaltare, konsulter, entreprenörer?
- Hur säkerställer man uppföljning och kvalitet i underhåll och drift? Vilka resurser finns och hur skall de praktiskt tillämpas?

Upphandling av en konsult för Etapp 1

Även om det finns mycket specifik kunskap om energieffektivisering inom företaget behöver man ofta anlita en energikonsult. Informationen som behövs från beställarens sida i upphandlingsfasen kan variera beroende på om det är offentlig upphandling och LOU behöver följas, eller om det är en privat upphandling.

Energikonsulten måste från början få klart för sig arbetets omfattning så att bedömningen av arbetsinsatsen blir riktig. Information som ger en bild av omfattningen bör finnas med i underlaget för upphandlingen av konsulten. Det bör klart framgå att det rör sig om en grundlig genomgång av fastigheten och identifiering av tänkbara energieffektiviseringsåtgärder samt beräkning av varje åtgärds kostnad och energibesparing. Det är fråga om ett betydligt grundligare och mer omfattande arbete än vad som gäller för exempelvis en energideklaration.

Det är viktigt att konsulten har erforderlig kunskap och erfarenhet av att genomföra projekt enligt Totalmetodiken. När det gäller befintliga lokalbyggnader ligger den huvudsakliga besparingspotentialen oftast i de tekniska systemen. Konsulten ska därför ha god kompetens om värmesystem, ventilationssystem, kylsystem, elsystem samt styr-, regler- och övervakningssystem. Beställaren bör vara tydlig och ställa rätt krav så att det inte uppstår ett gap mellan vad beställaren förväntar sig och vad konsulten levererar. Beställaren ska i förfrågningsunderlaget ange vad konsulten ansvarar för och hur avstämning av konsultens arbete skall ske.

Beställare ska tillsammans med förfrågningsunderlaget också lämna en beskrivning av byggnaden/byggnaderna i fråga.

Som beställare bör man i upphandlingsunderlaget:

- Precisera uppdraget i detalj.
- Beskriva fastigheten.
- Specificera vilka krav ställs på konsulten och på det material som skall levereras, t.ex. leveransdatum, dokumentation.

I upphandlingsunderlaget bör beställaren även ange hur anbud kommer att värderas. Utvärderingen bör innefatta viktning av åtminstone kompetens, erfarenhet och pris.

Det finns en checklista för arbetet med att ta fram ett upphandlingsunderlag för Etapp 1 i Totalmetodikens verktygslåda. Denna checklista kan användas av beställare för att ta fram underlag vid upphandling av konsult. I Totalmetodikens verktygslåda finns även en checklista i form av ett Excel-dokument, som kan användas av fastighetsägare för att ta fram/sammanställa grundläggande information om byggnaden till upphandlingsprocessen inför Etapp 1.

Det kan förekomma att den specifika byggnad som ska energieffektiviseras är komplex, och att det är oklart hur systemen och byggnaden fungerar idag. Då kan det vara svårt för konsulten att uppskatta hur mycket tid som måste läggas på förarbete, innan arbetet med att bilda åtgärdspaket kan påbörjas. Det är därför viktigt att diskutera förutsättningarna med konsulten innan projektet påbörjas och det kan i vissa fall vara bra att genomföra en mindre förstudie. Det kan undvika problem med att konsultens budgeterade tid i anbudet inte räcker till för att genomföra projektet med bra kvalitet och bra resultat, vilket är viktigt för alla parter.

Projektstart

När avtal mellan beställare och konsult har tecknats bör ett startmöte hållas där projektet diskuteras igenom. För att säkerställa effektivt informationsbyte och underlätta konsultens jobb under arbetets utförande, bör alla nyckelpersoner i projektet medverka.

Följande punkter bör tas upp vid startmötet:

- Projektets omfattning, aktivitets- och tidplan.
- Kontaktpersoner, interna och externa.
- Information som behövs från beställarens sida.
- Rapportering.

Vid genomgången av projektets aktivitets- och tidplan skall de berörda informeras om hur arbetet kommer att genomföras och vilken insats som förväntas av var och en. Vid genomgången planeras kommande möten och besiktningar in. Det bestäms även hur hyresgäster ska informeras om projektet och eventuella störningar som kan uppstå i samband med besiktning av lokaler diskuteras, exempelvis inomhusklimat-mätningar, etc.

Startmötet ger också möjlighet för konsulten att diskutera igenom alla krav som beställaren har på den aktuella byggnaden beträffande inomhusklimat och energi-effektiviseringsarbetet. Vidare bör man klarlägga de krav beställaren har på åtgärdspaketets lönsamhet och de förutsättningar som ska gälla för den ekonomiska kalkylen, t.ex. kalkyltider för byggnadstekniska respektive installationstekniska åtgärder och vilken framtida energiprisändring utöver inflationen som skall antas.

Konsulten bör upprätta en kontaktlista över alla medverkande. Även personer som inte är direkt inblandade kan behöva tas med på denna lista. Detta gäller exempelvis kontaktperson vid ritningsarkiv, teknisk personal, tidigare leverantörer, ansvariga för styr- och övervakningsystem, etc. Alla viktiga kontaktvägar bör stämmas av vid startmötet.

Slutligen bör man klargöra hur den löpande avstämningen och den slutliga rapporteringen av konsultens arbete skall ske.

Insamling av grunddata

Innan det praktiska besiktningsarbetet genomförs på plats krävs en del förarbete i form av insamling av bakgrundsinformation om byggnaden. Denna sammanställs och ligger till grund för besiktningen. Den som ska besiktiga byggnaden får därigenom en första inblick i byggnadens utformning och storlek samt byggnads- och installationsteknisk status.

I Totalmetodikens verktygslåda finns en checklista över vilken information som behövs för genomförande av Etapp 1. Den kan användas av konsulten för att samla grundläggande information om byggnaden. Informationsunderlaget kan skickas till fastighetsägaren/förvaltaren för ifyllning eller fyllas i gemensamt under startmötet och användas som underlag för diskussion.

Det är oftast naturligt att fastighetsägarens/beställarens personal tillhandahåller huvudparten av bakgrundsinformationen, eftersom de vet var informationen finns eller kan ta reda på det någorlunda enkelt. Fastighetsägaren/beställaren måste tillhandahålla kontaktinformation till de personer som kan ge stöd åt konsulten i arbetet med att samla in bakgrundsinformation och dokumentation.

I praktiken finns oftast inte all information tillgänglig med detsamma. Man bör dock sträva efter att skapa en tydlig och övergripande bild av följande:

- Byggnaden.
- Verksamheten.
- Inneklimatkraven.
- Installationerna.
- Energianvändningen.

Byggnaden

Basinformation som fastighetsbeteckning, adress, byggår (nybyggnad och ev. om-/tillbyggnad) och uppgifter om byggnadens areor (BTA, BRA eller A_{temp}) är viktig för energiutredningen, främst för jämförelser med referensvärden och i energiberäkningar.

Utöver basinformationen bör ritningar studeras. Översikts-, plan-, och fasadritningar samt sektionsritningar brukar vara tillräckligt för en översiktsbild av byggnaden. Tekniska beskrivningar av konstruktionsdetaljer kan vara av stort värde. Alla ritningar bör vara relationshandlingar. En kort beskrivning av byggnadstekniska åtgärder eller renoveringar de senaste 5-10 åren bidrar också till en bra helhetsbild.

Verksamheten

I de flesta fall kan beställaren ge tillräcklig information om verksamheterna i byggnaden. Ibland kan det dock även vara nödvändigt att kontakta hyresgästerna beträffande närvaro/arbetstider och antalet personer som brukar vistas i byggnaden. Uppgifter om personbelastning och användning av rum i olika delar av byggnaden ger en bild över ventilations- och värmebehovet idag och om det behovet tillgodoses med de befintliga tekniska systemen. I bilaga 4 finns exempel på användbara frågor som konsulten kan ställa till representanter för hyresgästerna.

Inneklimatkrav

Energieffektiviseringsåtgärder i en byggnad får inte försämra byggnadens funktion, inomhusmiljö eller tekniska kvalitet. Energibesparingar får aldrig medföra risker för människors välbefinnande eller hälsa och inte heller leda till att byggnadens användbarhet eller beständighet försämras. Detta är ett grundläggande krav som alltid måste beaktas vid energirenoveringen. Det bör alltid göras en

utredning om vilka inneklimatkrav som gäller i byggnaden och om de uppfylls. Om kraven på inneklimat inte uppfylls är det viktigt att identifiera varför och vilka åtgärder som skulle kunna förbättra detta. Det är viktigt att konsulten och beställaren diskuterar och fastställer vilket basfall som ska vara utgångspunkt för energieffektiviseringsprojektet (läs mer om basfall i kapitel "Fastställ basfall").

Installationer

Vid insamling av grunddata tas basinformation om byggnadens ventilations-, värme- och kylsystem fram. En bra början är att få en överblick utifrån principscheman för ventilation, värme och kyla. Senare kan det även behövas relationsritningar över ventilations- värme- och kylsystem för bedömning av genomförbarhet för identifierade åtgärder och kostnader.

Drift- och underhållsinstruktioner ger information om hur det är tänkt att systemen ska styras och regleras. Tillgång till driftdator ger möjlighet att kontrollera styrparametrar och driftstider för alla tekniska system, inkl. ventilation, värme, kyla och belysning. Driftdatorn kan även ge värdefull information i form av loggningar av utvalda parametrar över tid. Protokoll från obligatorisk ventilationskontroll (OVK) talar om, dels huruvida ventilationssystemen är godkända, men även hur stora luftflödena är.

En första bedömning av effekter för belysning kan göras med hjälp av belysningsritningar, där antal och typer av armaturer framgår. Information om övriga elkrävande installationer bör även samlas in.

Driftspersonalen kan lämna uppgifter om eventuella ändringar som gjorts av de tekniska systemen och bakgrund till dessa. Driftspersonalen kan även berätta om eventuella brister/problem med systemens funktion idag, och om det finns oklarheter i befintlig dokumentation, t.ex. om ritningarna inte stämmer med verkligheten. I bilaga 4 finns några exempel på användbara frågor som konsulten kan ställa till driftstekniker.

Information om tidigare energiutredningar, t.ex. energideklaration eller annan typ av utredning/analys kan vara viktig för energiutredningen.

Energianvändning

Följande uppgifter om byggnadens energianvändning behövs för energiutredningen:

- Värmeanvändning i MWh/år eller kWh/(m²·år). Om värmeenergin inte mäts separat eller lätt kan bestämmas så ska information om köpt bränsle/energi (t.ex. el, biobränsle, gas, olja) och verkningsgrader för värmeproduktionssystemet anges.
- Elanvändning i MWh/år eller kWh/(m²·år), elanvändningen delas upp i fastighetsel respektive verksamhetsel.
- Ev. fjärrkylanvändning i MWh/år eller kWh/(m²·år).
- Installerad effekt (kW), byggnadens totala effektbehov och slutanvändarnas effektbehov om tillgängligt (t.ex. kylmaskin).
- Kallvatten (m³/år eller l/s·m²·år).
- Varmvatten om separat mätning finns (m³/år eller l/s·m²·år).

Uppgifterna bör helst komma från energistatistik och det bör framgå om värmeuppgifter är normalårskorrigerade. Statistiken bör vara från åtminstone det senaste året men helst från flera år bakåt. För att kunna jämföra energianvändningen med andra liknande byggnader är det praktiskt att

använda nyckeltal av typen kWh/(m² · år). Det är viktigt att klargöra vilket areabegrepp som används för referensvärdena, normalt A_{temp}, BTA eller BRA.

Om fastigheten som ska utredas består av flera byggnader måste man normalt ta reda på den årliga energianvändningen för var och en av de olika byggnaderna. Därefter undersöker man energianvändningen på byggnadsnivå, d.v.s. kartlägger var energin används. Det är en stor fördel om det finns separat mätning av el, värme och kyla och separat mätning i olika byggnader i fastigheten. Ju mer detaljerad energistatistik, desto bättre. Finns det undermätare i huset skall värdena från dessa också redovisas. Det är viktigt att tydligt klargöra de olika mätarnas mätområde, t.ex. verksamhetsel, fastighetsel, etc.

Energibesiktning

En mycket viktig del i konsultens arbete är energibesiktning och identifiering av energieffektiviseringsåtgärder.

Generellt kan energibesiktningar delas in i tre kategorier utifrån dess nivå:

- *Kategori 1:* Är i princip endast en "skrivbordsbesiktning" där man gör en kartläggning av redan dokumenterade uppgifter, dvs. insamling och analys av grunddata. Möjligtvis görs en enkel okulärbesiktning.
- *Kategori 2:* Innefattar, förutom en "skrivbordsbesiktning", en grundlig genomgång av byggnaden och installationer. Momentana, enklare mätningar kan behöva göras.
- *Kategori 3:* Innefattar, förutom allt som ingår i Kategorier 1 och 2, även en utökad analys av byggnaden med bland annat kompletterande mätningar av systemens funktion, insamling av kompletterande detaljinformation för energiberäkning och kostnadskalkyl.

För Etapp 1 i Projekt enligt Totalmetodiken görs vanligen energibesiktning enligt *Kategori 3*.

Planering av besiktning på plats

Det är viktigt att vara väl förberedd innan besiktning på plats så genomförandet blir effektivt och av god kvalitet. En bra planering av energibesiktning bidrar även till att minska antalet nödvändiga besök i fastigheten.

Vid insamling och analys av grunddata sammanställs redan dokumenterade uppgifter som är relevanta vid en energibesiktning. Utifrån "skrivbordsbesiktningen" kan en checklista tas fram med punkter på viktiga saker att kolla upp och analysera. Checklistan kan inkludera vilka frågor som är viktiga att ställa till berörda aktörer på plats. Den ger även en första överblick över vilka mätningar som kan vara nödvändiga.

Genomförande av besiktning på plats

För att energibesiktningen och identifieringen av åtgärder ska bli effektiv och korrekt bör följande punkter beaktas:

- Utför besiktningen i samverkan med driftspersonal och förvaltare. Driftspersonal har ofta en bra bild över byggnaden och dess systems nulägesstatus och kan stödja konsulten med relevant information. De är även de som oftast bäst kan visa runt konsulten i byggnaden och som har tillgång till alla teknikutrymmen.

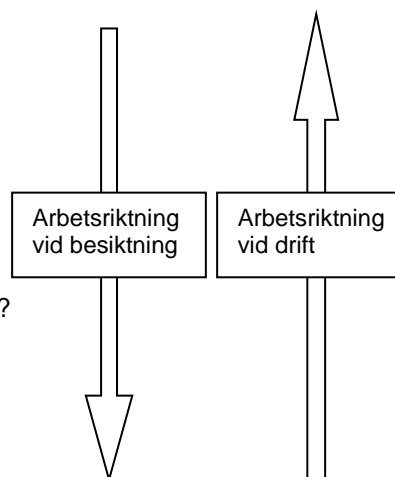
- Besiktningen i byggnaden ska genomföras med ett angreppssätt som ser till helheten. Det är byggandens funktion och användning som sätter kraven på de tekniska systemen. Använd strukturen **Behov-Distribution-Produktion** vid besiktning (se nästa delkapitel).
- Börja med att i styr- och övervakningssystemet, om ett sådant finns, gå genom de tekniska systemens verkliga funktion, temperaturförhållanden, tidkanaler etc.
- Dokumentera på plats, gärna med fotografier.
- Planera och genomför kompletterande mätningar vid behov.
- Planera i förväg vilken indata som behövs för att göra energisimuleringar och som behövs hämtas in/bekräftas på plats. Relevant indata för energisimuleringar kan exempelvis vara rumstemperaturer, effektbehov, driftstider, luftflöden, närvarotider, utvärdering av lufttäthet.
- Gör en lista på samtliga åtgärder som kan ge rimlig energibesparing: ta både med lätt genomförbara, uppenbart lönsamma åtgärder och sådana som kan synas vara energiekonomiskt tveksamma.
- Kontrollera att identifierade åtgärder verkligen kan genomföras rent tekniskt:
 - Hur stort renoveringsarbete kan behövas?
 - Finns det arkitektoniska begränsningar?
 - Finns det plats för nya system/apparater?
 - Hur påverkar åtgärden andra system och verksamheten?
- Gör en bedömning på vilka faktorer som påverkar kostnader för genomförandet av varje åtgärd.

Energibesiktning enligt strukturen: Behov – Distribution – Produktion

Den som genomför besiktningens arbetet måste ha en klar helhetsbild och samtidigt kunna identifiera och studera viktiga detaljer. Förutsättningen att klara detta ökar om man vid analys av de olika tekniska systemen arbetar enligt strukturen *Behov – Distribution – Produktion*¹. En grundläggande fråga vid energibesiktningen är: *Vilka är behoven/kraven och hur uppfyller vi dem?*

Behoven analyseras i tre steg där man kan analysera följande:

- **Behov** (tillgodoses)
 - Kvalitet?
 - Mängd?
 - Tidpunkt?
- (via) **Distribution**
 - Skiljer sig behoven "kvalitet/mängd/tidpunkt" i olika delar av byggnaden?
 - Hur energieffektiv är distributionen?
- (från) **Produktion**
 - Är den anpassad till behoven?
 - Hur energieffektiv är produktionen?



¹ Med "Produktion" avses det som sker i centrala enheter/försörjningssystem

Arbetsriktningen *Behov – Distribution – Produktion* är densamma som vanligtvis används vid projektering. Vid drift är arbetsriktningen vanligtvis den omvända. Då är det viktigt att sköta och hålla centrala försörjningssystemen i drift för att tillgodose behoven.

Behoven bestäms vanligtvis av verksamheten och inneklimatkraven som gäller för rummen i byggnaden. Undersök om luftflöden, värmeeffekter, kyleffekten är de rätta – inte för låga för att kraven skall uppfyllas och, av energiskäl, inte onödigt höga. För belysningen gäller att belysningskvaliteten skall vara rätt samtidigt som elbehovet skall vara rimligt lågt.

Vid analys av *distributionen* undersöker man om luft, värme, kyla, etc., tillförs och fördelas till olika rum efter behoven. Varierar behoven (t.ex. luftflöde, lufttillstånd, värmeeffekt, kyleffekt) med tiden i olika delar av byggnaden? Det kan till exempel hända att det i vissa delar av byggnaden förekommer värmebehov medan det samtidigt i andra delar av byggnaden behövs kyla. Är distributionen energieffektiv? Kontrollera flödes- och temperaturstyrning och reglering, spjäll- och ventilfunktioner och inställningar, isolering, pumpars och fläktars verkningsgrader.

Vid analys av *produktionen* undersöker man hur effektiv denna är. Det handlar exempelvis om produktion av ett visst luftflöde av en viss temperatur och produktion av köld- eller värmebärande flöden av viss temperatur. Frågan är om produktionen sker effektivt sätt och med effektiv styrning? Finns det exempelvis värmeåtervinning i ventilationssystem?

Exempel på analys vid besiktning:

Analys av *Behov*:

- *Kvalitet*: Har tilluften rätt temperatur och renhet² för att uppfylla kraven?
Åtgärdsförslag: Anpassa tilluftens temperatur, förbättra reningen
- *Mängd*: Tillförs tillräckligt mycket luft för att uppfylla kraven?
Åtgärdsförslag: Anpassa luftflödet alt. anpassa efter last
- *Tidpunkt*: Säkerställs rätt mängd med rätt kvalitet vid rätt tidpunkt? Undersök variationer över tid, t.ex. vid närvaro/ej närvaro, sommar/vinter etc.
Åtgärdsförslag: Anpassa driftstider

Analys av *Distribution*:

- Skiljer sig behoven av *Kvalitet*, *Mängd*, och *Tidpunkt* mellan olika delar av byggnaden?
Åtgärdsförslag: Efterbehandling med värme/kyla/filter. Sektionering med spjäll. Fler aggregat för att tillgodose varierande behov.
- Är distributionen energieffektiv? Vilka motorer, fläktar finns och hur stort är tryckfallet? Behövs isolering av kanaler?
Åtgärdsförslag: Kontrollera don och spjäll för att reducera tryckfallet och välj energieffektiva fläktar/motorer vid byte. Komplettering med varvtalsstyrning; Isolering av kanaler.

Analys av *Produktion*:

- Hur görs anpassning till behoven vid aggregaten: Temperatur, Renhet, Flöde, Drifttid?
Åtgärdsförslag: Anpassa styrning med hänsyn till behovets variationer
- Är produktionen energieffektiv? Finns det värmeåtervinning? Om så bör dess verkningsgrad alltid mätas.
Åtgärdsförslag: Roterande regenerativa växlare: kontrollera och vid behov åtgärda styrningen, otätheter och läckage. Vätskekopplade rekuperativa system: kontrollera och vid behov åtgärda anslutningar, reglerventiler, batteriernas renhet, köldbärande tillstånd. Om den verkliga temperaturverkningsgraden är låg, överväg byte av system.

² I speciella lokaler, t.ex. museer, sjukhus, behövs även fukt

Mätningar på plats

Det kan visa sig att det saknas viktig information som bara kan tas fram genom mätningar på plats. Exempelvis kan det saknas information om energianvändningen i byggnaden och det kan behövas mer detaljerad information om större energikrävande utrustning, t.ex. processkyla eller storköksutrustning. Då kan det vara rimligt att genomföra separata mätningar av dess elanvändning över en kortare tidsperiod. Dessutom behövs ofta mätningar av inneklimat för att säkerställa att krav uppfylls eller så behövs mätningar för att identifiera energieffektiviseringsåtgärder.

Några exempel på parametrar som kan bli föremål för mätningar:

- Tilluftstemperatur vid aggregat.
- Inblåsningstemperatur vid tilluftsdon.
- Rumstemperaturer.
- Radiortemperaturer.
- Temperaturer i värmesystem centralt.
- Tryckfall över komponenter i luftbehandlingssystemet.
- Fläkteffekter.
- Luftflöden.
- Eleffektbehov för byggnaden om separat mätning saknas.
- Eleffektbehov för kylmaskiner om separat mätning saknas.
- Värmeåtervinningars temperaturverkningsgrad³.

I vilken utsträckning kompletterande mätningar behövs bestäms av den information som fås från insamling av grunddata och från det första besöket på plats.

För att mätningarna ska kunna genomföras effektivt, och för att de ska ge ett användbart resultat, måste de planeras med tillräcklig omsorg. Helt kort nämns här ett antal frågor som måste besvaras i samband med sådan planering:

- Vad ska mätas? Varför?
- Hur ska mätningen gå till?
 - Kort stickprov eller loggning över längre tid, exempelvis flera dagar?
 - Typ av instrument?
- Hur kan befintligt styr- och övervakningssystem nyttjas? Detta är ofta det första alternativet.
- Hur ska data hanteras, bearbetas och presenteras?
- Vad kommer mätningarna att kosta? Ryms de inom budgeten?

³ Värmeåtervinningssystemets temperaturverkningsgrad måste mätas då det arbetar med full effekt, d.v.s. då utetemperaturen är så låg att eftervärmning av tilluften sker. Man kan även mäta vid högre utetemperatur genom att höja tilluftstemperaturen tills eftervärmningen slås på. Detta borde normalt göras utanför arbetstid.

Fastställ basfall

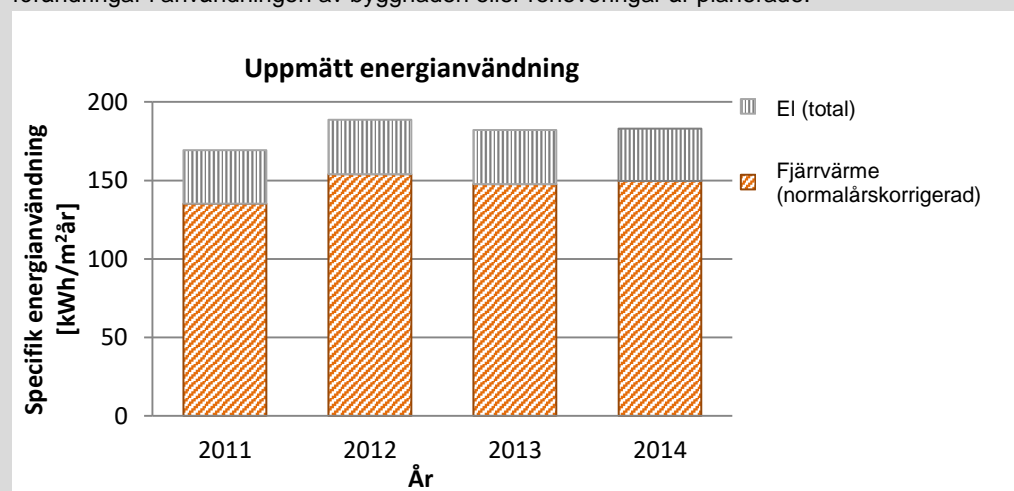
Det är viktigt att fastställa energianvändningen som energibesparingen ska jämföras mot. Detta benämns basfall. Förutsättningen är alltid att byggnaden uppfyller relevanta krav på inomhusklimat och funktion vid basfallet.

Basfall bör diskuteras i början av projektet och det bör göras en överenskommelse med beställaren om hur basfallet kommer att bestämmas. Det måste finnas en gemensam förståelse hur basfallet bestäms och hur det kommer att användas vid energiberäkningar.

Oftast används energianvändningen enligt energistatistiken som basfall. Vanligen bestäms denna typ av basfall utifrån den uppmätta energianvändningen enligt energistatistiken för de senaste åren. Om det av någon anledning inte finns tillräckligt med data för att bestämma ett basfall utifrån energistatistik så bör beställaren planera för de ytterligare resurser som krävs för att bestämma basfallet.

Exempel:

En energibesiktning har genomförts i en skola byggd i slutet av 1960-talet. Skolan har sex byggnader med en total uppvärmd area på 5 386 m² ($A_{temp.}$). Energianvändningen för fjärrvärme och el mäts månadsvis och enligt energistatistiken var byggnadens totala energianvändning 2011-2014 i genomsnitt ca 186 kWh/m² år (normalårskorrigerad). Inomhusklimatkrav är uppfyllda och inga andra större förändringar i användningen av byggnaden eller renoveringar är planerade.



Figur 3.3 Uppmätt specifik energianvändning utifrån energistatistik för byggnaden.

I detta fall utgör den genomsnittliga energianvändningen före åtgärder basfallet för energibesparingsberäkningar i Etapp 1 i Totalmetodiken.

Det kan även förekomma att ett nytt basfall fastställs med hjälp av ett energisimuleringsverktyg. Detta görs till exempel om:

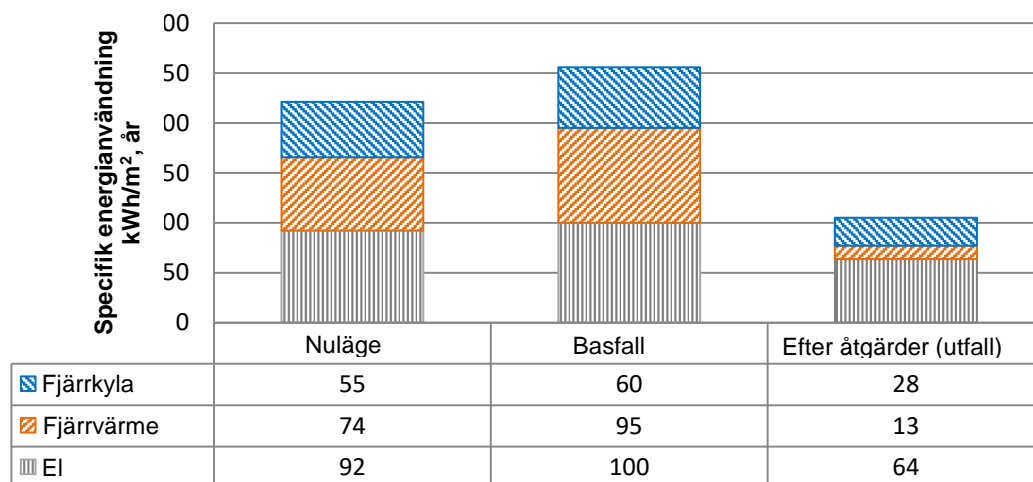
- **Minimikrav, funktionella eller juridiska, inte är uppfyllda före renoveringen**, t.ex. krav på inomhusklimat är inte uppfyllda. Om exempelvis lokalerna inte uppfyller minimikraven gällande inomhusklimatet måste byggnadens klimatsystem uppgraderas. Detta kan leda till förändringar i energianvändningen i byggnaden jämfört med den ursprungliga situationen före renoveringen och basfallet blir då efter nödvändiga uppgraderingar.
- **Byggnadens egenskaper och funktion kommer att ändras i samband med den planerade renoveringen**. Exempel på detta kan vara förändringar i användningen av en byggnad, ändrad uthyrningsgrad, nya hyresgästanpassningar, omorganisering i planritningar, ombyggnad av entréer, etc. Detta kan leda till förändringar i byggnadens tekniska

egenskaper, i dess tekniska system och i dess användning. Förändringar i byggegenskaper och dess användning leder ofta till förändringar i energianvändningen i byggnaden, vilket ska beaktas i basfallet.

- **Det finns minimikrav från byggnadsregler**, t.ex. vid en större ombyggnad kan nationella byggnormer eller andra krav kräva en viss miniminivå av kvalitet efter renovering.

I dessa fall utgår basfallet från beräknad energianvändning med de nya förhållandena, exempelvis med ändringar i uthyrningsgrad eller ventilationsluftflöden, och med uppgraderade system. Ett fiktivt basfall skapas alltså. Basfallet kan lätt bestämmas genom att först kalibreras energisimuleringsmodellen som utgår från förhållandena före renovering så att den stämmer med uppmätt data. Sedan justeras modellen utifrån den planerade användningen eller planerade nödvändiga uppgradering av systemen. Därefter kan effekterna av eventuella energibesparande åtgärder analyseras.

Denna typ av basfall illustreras i figur 3.4. Den första stapeln representerar energianvändningen före renovering och är baserad på uppmätta värden (normalårskorrigerad). Den andra stapeln representerar det nya fiktiva basfallet, till exempel beräknas energianvändning med nya luftflöden/uppgraderade system för bättre inomhusklimat. Energianvändningen efter åtgärder utgår från det nya basfallet och skillnaden är de besparingar som gjorts med energieffektiviseringsåtgärderna.



Figur 3.4 Fastställning av basfall baserat på energisimuleringar.

Exempel:

En energibesiktning har genomförts i en skola byggd i slutet av 1960-talet och har arean 9 472 m² A_{temp}. Efter genomgång på plats konstaterades att luftflödena till klassrum och grupprum var för låga för att uppfylla fastighetsägarens krav på inomhusklimat, d.v.s. uppfylla en maximal CO₂-koncentration på 1 000 ppm. För att förbättra inomhusklimatet i alla rum, måste luftflödena ökas med cirka 25 %. De befintliga tilluftsaggregaten och frånluftsfläktarna är separata enheter och har otillräcklig kapacitet för att uppnå detta. Dessutom är kanalerna inte dimensionerade för de högre luftflödena. Åtgärd 0 blir att inomhusklimatet förbättras så att det uppfyller gällande krav, men för så låg kostnad som möjligt och utan att energieffektivitet tas i beaktning. Den enklaste möjliga lösningen är att de befintliga tilluftsaggregaten och frånluftsfläktarna kommer att ersättas med större enheter. En annan del i åtgärden blir att nya kanaler och don kommer att installeras. Uppgraderingen innebär att skolans energianvändning ökar, främst på grund av de ökade luftflödena utan värmeåtervinning:

	Före uppgradering	Efter uppgradering (åtgärd 0)	
Fjärrvärme	126	138	kWh/(år·m ²) A _{temp}
EI	46	47	kWh/(år·m ²) A _{temp}

I det här fallet har energianvändning efter uppgradering i ventilationssystem (åtgärd 0) används som basfall för energiberäkningar i Etapp 1 i Totalmetodiken. Vid beräkningen av investeringskostnaderna för energieffektiviseringsåtgärder, t.ex. installation av värmeåtervinning i ventilationssystemet och behovsstyrning, inkluderas endast kostnaderna för att förbättra energieffektiviteten, inte kostnaden som krävs för uppgradering av ventilationssystemet.

Analys av åtgärder

Bestäm systemgränser

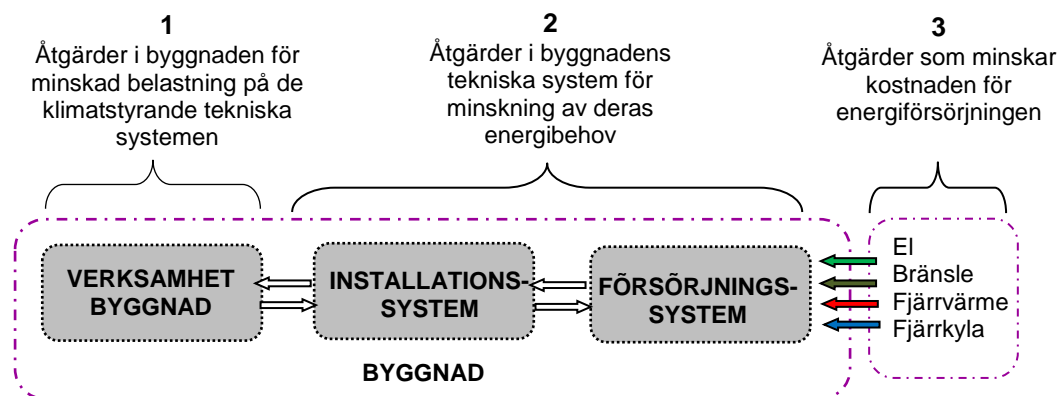
Före genomgång av byggnaden och dess energipåverkande system är det viktigt att bestämma vilka de är och hur de är avgränsade sinsemellan. Detta görs genom att definiera system och systemgränser. Systemgränsen är den gräns i eller runt byggnaden som definierar vad som ska räknas in som tillförd och bortförd energi.

De projekt enligt Totalmetodiken som har genomförts i Beloks regi har fokuserats på att minska byggnadens värme- och elbehov genom förbättringar av byggnadsdelar och installationssystem. Inriktningen har alltså varit själva *behovet*, inte hur behovet tillgodoses. Det är givetvis fritt att även välja systemgräns där man tar med "allt" inom huset. Ett val av denna systemgräns innebär att man inriktar sig på "köpt energi" och därför även tar med åtgärder såsom byte av olje- eller elpanna till värmepump. Hur systemgränserna väljs är inte det viktigaste utan det viktigaste är att de definieras. Valet av systemgränser måste alltid ske i samråd med beställaren.

Då det är fråga om att identifiera energieffektiviseringsåtgärder i en byggnad och bedöma deras inverkan på den totala energianvändningen, är en behovsinriktad systemindelning lämplig. Då kan en uppdelning i tre grupper av åtgärder göras, ordnade enligt följande efter inverkan på energianvändningen:

1. Åtgärder i byggnaden för att minska belastningen på, och därmed energibehovet för, de klimatstyrande tekniska systemen.
2. Åtgärder i byggnadens tekniska system så att dessas energibehov för att uppfylla kraven i byggnaden minskar.
3. Åtgärder som minskar kostnaden för energiförsörjningen.

Figur 3.5 åskådliggör de tre grupperna med deras systemgränser.



Figur 3.5 Fördelning i tre principiellt artskilda åtgärdsområden, ordnade efter hur de inverkar på energianvändningen.

Identifiering av åtgärder

I många byggnader går det ofta att enkelt identifiera en del åtgärder som kan ge ganska stora besparingar utan att kräva nämnvärda investeringar. Oftast är det då frågan om justering av börvärden, drifttider, injusteringar och liknande. I andra byggnader, speciellt sådana som redan har låg energianvändning, kan det vara svårare att hitta besparingsåtgärder som har förutsättningar att bli kostnadseffektiva, men sådan finns i stort sett alltid.

I lokalbyggnader återfinns ofta de stora besparingarna i de tekniska systemen, såsom belysningsystem, ventilationssystem, värmesystem, kylsystem. För att komma åt dessa besparingar kan det även vara nödvändigt med åtgärder i styr- och reglersystem.

Utformningen av byggnadens klimatskärm och den byggnadstekniska utformningen har avgörande betydelse då huset projekteras och byggs. När en byggnad väl är byggd blir det emellertid svårt att finna byggnadstekniska åtgärder som inte kostar alldeles för mycket i förhållande till dess energibesparingar. Totalmetodikern kan dock erbjuda möjligheten att även genomföra vissa sådana åtgärder, genom att den totala lönsamheten kan bäras upp av mer lönsamma åtgärder kopplade till de tekniska systemen.

Grundtanken med Totalmetodikern är att man försöker identifiera så många åtgärder som möjligt som kan ge rimlig energibesparing och inte bara fokuserar på de åtgärder som var och en är lönsamma i sig. Poängen är att man samlar många åtgärder i ett lönsamt åtgärdspaket. Därför bör inte åtgärder avskrivas redan vid besiktningen även om de i sig inte verkar lönsamma. Huruvida de faktiskt är lönsamma eller inte får den ekonomiska analysen av hela åtgärdspaket visa.

Ambitionen är alltså att hitta så många energieffektiviseringsförslag som möjligt. Förutsättningen för att lyckas med det ökar om man lyckas "tänka fritt" och ifrågasätta de befintliga lösningarna:

- Ställ ofta frågan "varför?"!
- Befintliga installationer kan antingen styras eller användas bättre (kan vara en kortsiktig effektivisering), eller så tänker man nytt och djävt och byter ut det gamla (en långsiktig effektivisering).
- Natt- eller helgvandringar kan ofta ge information om onödig energi-användning.
- Planerade underhållsåtgärder kan ofta kombineras med energi-effektiviseringsåtgärder.

En checklista på vanliga energieffektiviseringsåtgärder inom olika teknikområden presenteras i bilaga 5. Ibland kan det också vara av stort värde att anlita specialistkonsulter som kan ge synpunkter, t.ex. på lösningar för belysning, styr- och regler, storkök.

Det är viktigt att slutrapporten från Etapp 1 kan användas som underlag för Etapp 2 då projektering och byggarbeten genomförs. Därför måste varje åtgärd beskrivas tämligen noggrant. Projektören i Etapp 2 skall ha ett entydigt och klart underlag för sin detaljprojektering.

Minskning av effektbehov

Energieffektivisering handlar oftast om att minska energianvändningen, men minskning av effektbehov kan också vara viktigt, även om detta kan vara något svårare i befintliga byggnader jämfört med nya byggnader. Om det går att spara effektkostnader bidrar det till den minskning av driftkostnader som bekostar investeringen i energieffektiviseringsåtgärder.

Att minska toppeffektuttag av värme, el och eventuell fjärrkyla, kan spara en hel del kostnader. Effekttoppar består av den momentana summan av byggnadens totala effektbehov. Det är alltså viktigt att beakta samtliga effektbehov och bedöma deras samtidighet. En analys bör göras av vilka effekter som är baseffekter och vilka som är tidsvarierande effekter, som starteffekter vid start av ventilationsaggregat, belysning, maskiner etc. Minskning av topp effekter kan åstadkommas genom ändrad eller förbättrad styrning och reglering. Förändringar av rutiner kan också bidra, t.ex. undvikande av samtidig start av ventilationsaggregat och maskiner.

Minskning av topp effektuttag kräver en hel del mätning av stora effektkrävande maskiner/apparater. Mätningar under 1-2 veckor brukar avslöja hur maskiner/apparater utnyttjas och styrs/regleras.

Energiberäkningar

Grundläggande förutsättningar

Energiberäkningar är en väldigt viktig del av Etapp 1 i Totalmetodiken. En grundläggande förutsättning för att fastighetsföretag ska kunna ta beslut om att genomföra ofta ganska kostnadskrävande energibesparingsprojekt är att de kan lita på beslutsunderlaget och framförallt de beräknade energibesparingarna av rekommenderade åtgärder.

Man kan särskilja två olika slags energieffektiviseringsåtgärder:

- Sådana där energibesparingen är helt knuten till själva åtgärden och inte påverkar byggnaden och dess system i övrigt.
- Sådana där åtgärden utöver den direkta besparingen har indirekt inverkan på energianvändningen i byggnaden i övrigt.

Exempel på det första slaget är installation eller byte av värmeåtervinning för ventilationsluften. Den påverkar inte något annat än ventilationssystemets värme- och elbehov. Samma gäller byte av pumpar, byte av fläktar och liknande. Här kan man ganska enkelt beräkna den totala energibesparingen av varje åtgärd.

Exempel på det andra slaget av energieffektiviseringsåtgärder är exempelvis byte till energieffektivare belysning. Detta minskar direkt elbehovet för belysning, men kan öka värmebehovet. Är det fråga om kylbaffelsystem kan samtidigt kylbehovet under arbetstid minska. Här måste byggnadens hela energianvändning simuleras med hjälp av ett simuleringsverktyg.

Genom energisimulering av byggnaden förenklas verkligheten till en modell för att möjliggöra test av olika lösningar som i ett verkligt fall annars vore både kostsamt och svårt. En simulering med en modell är alltid förenad med viss grad av osäkerhet eftersom modellen baseras på en mängd

antaganden. Resultatet är alltid helt beroende av vilken indata som använts. Vid arbete med simuleringsmodeller är det viktigt att känna till modellens begränsningar så arbetet och analysen är inom det område som modellen är anpassad för.

Byggnaden modelleras enligt ritningar och behovet av värme, el och kyla beräknas med antagna värden om drifftider, beläggning, belysningsanvändning mm. De antagna värdena baseras på de data man fått från genomgång av handlingar och besiktning på plats.

Resultatet av beräkningarna med modellen jämförs med byggnadens energistatistik. Om beräkningarna och energistatistiken avviker markant från varandra, kan det bero på att vissa antaganden i ingångsdata inte stämmer med verkligheten. Det gäller ofta osäkra antaganden, som exempelvis interna värmelasterna från människor och kontorsmaskiner. Sådana ingångsdata måste då kontrolleras och justeras.

Målet är att avvikelsen mellan beräknad energianvändning och uppmätta energivärden inte bör vara större än ca 10 %. Genom justeringen av osäkra indata blir därmed beräkningsmodellen "kalibrerad" efter verkliga förhållanden och anpassad för att ge verklighetstroga beräkningsresultat av energieffektiviseringsåtgärder i den aktuella fastigheten.

Energieffektiviseringsåtgärderna simuleras därefter steg för steg för att säkerställa att man får med de enskilda åtgärdernas möjliga inverkan på varandra.

Viktigt för energiberäkningar är:

- Rätt bakgrundsdata, inklusive rätt bedömning av befintlig situation för byggnaden och dess system.
- Om resultat från byggnadsmodellen inte stämmer överens med energistatistiken kontrollera bakgrundsdata och bedöm vad som mest påverkar resultaten. Bedöm om det behövs fler mätningar för att korrigera antagna värden.
- Förutsättningar och antaganden för energiberäkningar måste dokumenteras, t.ex. vilka grunddata för byggnaden som använts och vilken indata som använts för beräkning av utfallet av energieffektiviseringsåtgärder.
- Jämförelse av energianvändningen före och efter genomförandet av åtgärder måste vara begriplig och rimlig. Fastställ utgångspunkten med beställaren och säkerställ att man får med den inverkan på varandra som åtgärderna kan ha.

Val av simuleringsverktyg

För att kunna bedöma effekterna av olika energieffektiviseringsåtgärder kan det krävas ganska många beräkningar eller simuleringar för att få en tillförlitlig bild över varje åtgärds inverkan på energianvändningen. Det är nödvändigt att då det gäller lokaler, använda beräkningsprogram eller simuleringsprogram som är utformade för att behandla lokaler. Det ska även gå att med rimliga arbetsinsatser analysera enskilda åtgärders inverkan.

Detaljnivån för indata, resultatredovisning, användarvänlighet och beräkningshastighet skiljer sig åt mellan olika simuleringsverktygen. Ett verktyg med många olika val och möjligheter kräver ofta god kännedom om väldigt många uppgifter för att resultatet ska bli användbart. Det är därmed viktigt att välja ett beräkningsverktyg som användaren behärskar och kan lita på.

Program som används måste vara validerade och den som genomför beräkningarna måste förstå hur beräkningsmodellen förhåller sig till den verkliga byggnad som skall simuleras.

Det kan förekomma att vissa åtgärder och system kräver speciell programvara och/eller användning av erfarenhetsvärden för att bedöma energianvändningen och besparingspotentialen, bland annat för:

- Åtgärder i centrala värme- och kylsystem.
- Åtgärder i styr- och reglersystem.
- Åtgärder i tryckluftssystem.
- Behovsstyrning i ventilationssystem.
- Åtgärder som berör minskning av infiltration, t.ex. byte av fönster, ändringar i ventilationssystem.
- Befuktning och avfuktning med ventilationssystem i speciella lokaler.

Huvudsteg vid kalibrering av energiberäkningsmodellen

Beräkningsmodellen kalibreras efter hur byggnaden används. Detta sker i ett antal olika steg där det är bra att beakta följande:

1) Insamling av indata

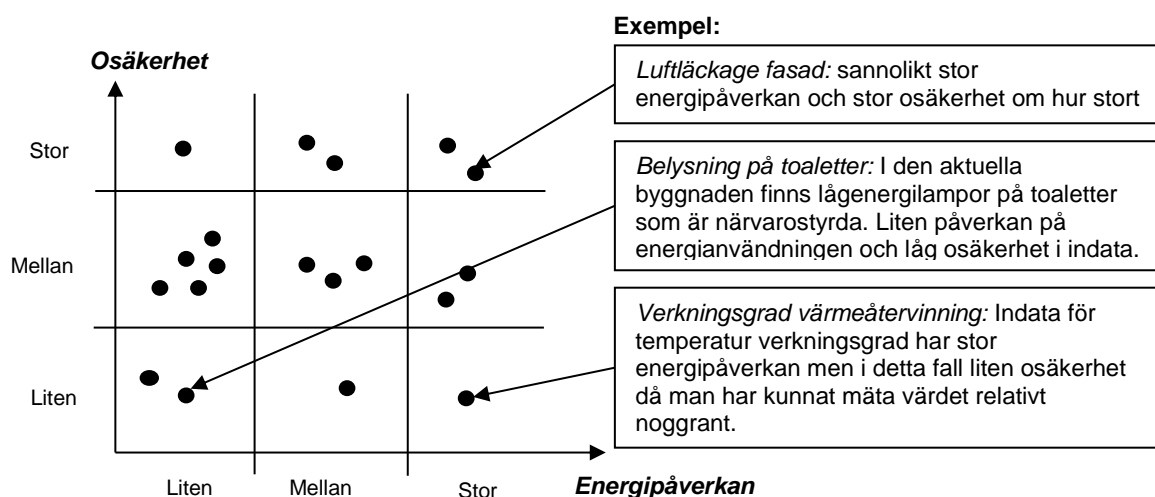
Antagna värden för energiberäkningar baseras på det data som tagits fram ur handlingar och vid besiktning på plats. Indata för energiberäkningar är också beroende av vad det valda energisimuleringsverktyget kräver. Det rekommenderas att all indata som behövs för det specifika programmet dokumenteras, t ex som Excel-tabeller, för att öka spårbarheten i hela beräkningsprocessen.

2) Värdering av indata – osäkerhetsbedömning

All indata behöver värderas för att en osäkerhetsbedömning av resultatet ska kunna genomföras. Det är bra att lägga tid på att ta fram de indataparametrar som har störst energipåverkan och störst osäkerhet. En bedömning görs utifrån frågeställningarna:

- Hur säker är den enskilda uppgiften?
- Hur stor inverkan kan ett fel i den enskilda uppgiften ha på resultatet?

För varje indatauppgift kan en bedömning göras med en matris som visar osäkerheten i en trestegsskala: *liten* – *mellan* – *stor* och motsvarande påverkan på energieresultatet (se figur 3.6).



Figur 3.6 Indata till energiberäkningar inlagd i en energipåverkan – osäkerhets matris. Punkterna i diagrammet representerar indata som har viss osäkerhet och energipåverkan.

3) Uppdelning av byggnaden (vid behov)

Ett viktigt ställningstagande inför modelleringen är hur många zoner modellen ska delas upp i. Det som är avgörande är noggrannhetskraven, tillgång till indata och hur olika delar av byggnaden skiljer sig från varandra avseende tekniska system, drifttider, klimatkrav, funktion och användning, mm. Det är alltid viktigt att först ta fram en enkel strategi för hur modellen ska byggas upp.

Till exempel, kan uppdelningen göras enligt:

- Olika användningsområden (t.ex. kontorslokaler, butik, restaurang).
- Olika krav på inomhusklimat (t.ex. olika krav på rumstemperaturer).
- Olika styrning av inneklimat (exempelvis luftkonditionerade områden och icke luftkonditionerade områden, luftburen eller vattenburen kyla).
- Olika drifttider av systemen.

Hur beräkningarna för de olika zonerna görs beror på vilket simuleringsprogram som används. Ofta görs först beräkningarna för varje zon separat och sedan samkörs de för att få resultat för hela byggnaden.

4) Inmatning av indata

Detta huvudsteg kräver stor noggrannhet, eftersom inmatning av indata också är en osäkerhetskälla. För att minska risken för felinmatning bör, som nämnts, all indata noteras separat, t.ex. i Excelmall. Detta ökar också spårbarheten i hela beräknings-processen. Då går det enkelt att kontrollera vilka grunddata som används (även i efterhand), om inmatning av indata har varit korrekt och justera indata om det behövs. *Glöm inte att dubbelkolla alla inmatade värden!*

5) Första beräkning

Genomför första beräkningen och spara resultat separat. Fastställ vad som skall ingå i värme respektive el, t.ex. fastighetsel och verksamhetsel.

6) Jämförelse mot avlästa värden

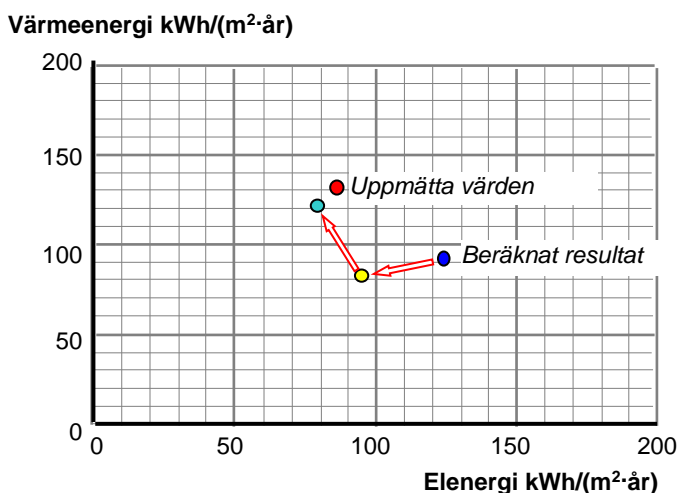
Resultaten av den första beräkningen skall jämföras med uppmätta uppgifter om byggnadens energianvändning som fås från beställaren. Kontrollera om normalårskorrigerings har använts. Första resultat berättar om beräkningsmodellen behöver justeras eller inte. Förutom det totala energibehovet behöver även delposter analyseras. Även om den totala energianvändningen stämmer överens med uppmätt värde, kan delposterna (värme, el, ev. kyla) vara fel och modellen måste därför korrigeras vidare på delpostnivå.

Det kan vara bra att jämföra beräkningsresultat med schablonvärden eller statistik baserat på uppmätta värden för den aktuella byggnadstypen. Även den tillförda värmeeffekten bör kontrolleras i modellen så att den inte ligger utanför vad som kan anses normalt för den aktuella byggnaden.

7) Justering av osäkra indata – ny beräkning

Om beräknat resultat skiljer sig mycket från avlästa värden görs en kontroll och justering av de indata som har både stor osäkerhet och stor resultatpåverkan, enligt modellen i figur 4.5. Bedöm om det behövs ytterligare kontroll av ingångsdata på plats och eventuellt någon kompletterande mätning för att korrigera antagna värden.

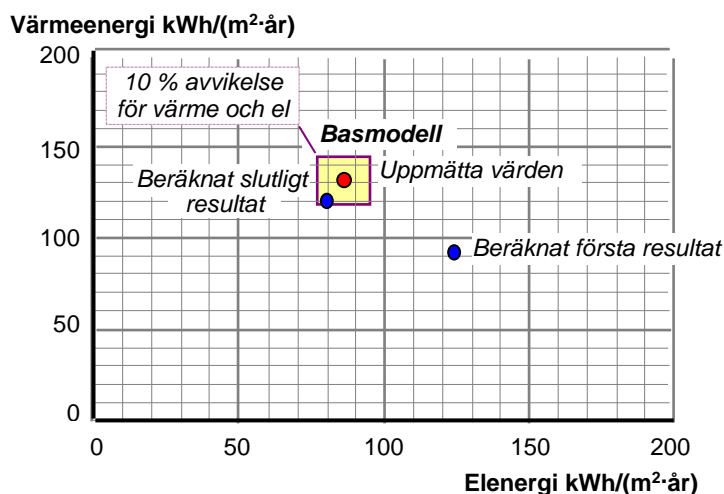
Efter att osäkra ingångsdata justerats genomförs nya beräkningar tills avvikelserna mellan beräknad energianvändning och uppmätt energistatistik inte är större än ca 10 %. Detta illustreras i figur 3.7.



Figur 3.7 Jämförelse av resultaten av energiberäkningar med uppmätt energianvändning efter justering av osäker indata.

8) Fastställ basmodell

När avvikelsen mellan beräknad energianvändning och uppmätt energistatistik inte är större än ca 10 % kan man fastställa basmodellen. Beräknings-modellen är då kalibrerad och redo att användas för att studera effekten av olika energi-besparingsåtgärder i den aktuella fastigheten. Om nytt basfalls ska fastställas görs detta med den kalibrerade modellen. Detta illustreras i figur 3.8.

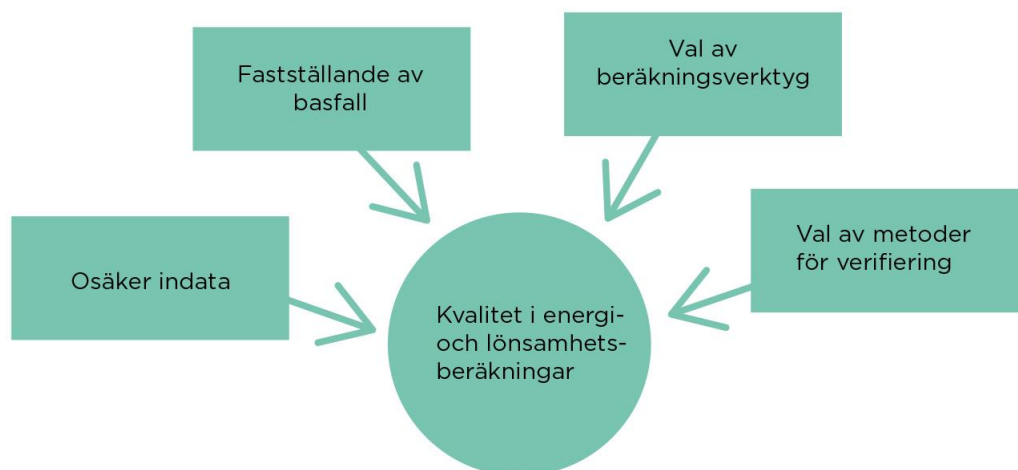


Figur 3.8 Jämförelse av resultaten av energiberäkningar med uppmätt energistatistik och fastställning av basmodell, visad i ett värme/ elenergi diagram.

Glöm inte att dokumentera förutsättningar och antaganden för slutresultaten av energiberäkningarna och för fastställandet av basmodellen. Detta skall anges i rapporten till beställaren.

Kvalitet i beräkningar

Trovärdiga beräkningar i Etapp 1 är mycket viktigt vid genomförandet av Totalmetodiken. Dålig tillförlitlighet i bedömningar av energibesparingar och nödvändiga investeringar har en direkt inverkan på projektresultaten. Det finns flera faktorer som påverkar kvaliteten på beräkningsresultat i Etapp 1 och de viktigaste visas i figur 3.9.



Figur 3.9 Faktorer som påverkar kvaliteten i energi- och lönsamhetsberäkningar.

Osäker indata

Brist på indata är ett mycket vanligt problem när man utför beräkningar för befintliga byggnader. Det är konsultens uppgift att samla in så mycket exakta uppgifter som möjligt och fastighetsägare och driftspersonal ansvarar för att information om byggnaden och dess användning finns tillgänglig för energikonsulten. Om det saknas några indata bör nödvändiga antagande anges tydligt i dokumentationen. Indata som ofta är svåra att hitta är köldbryggor, infiltrationshastigheter, vissa börvärden i klimatkontrollsystem, osv. Tabell 3.1 ger en kort vägledning i hur man ska uppskatta dessa parametrar.

Tabell 3.1 Vägledning i uppskattning av indata som saknas.

Parameter	Uppskattning
Köldbryggor	Vid svårigheter att uppskatta köldbryggor, till exempel på grund av brist på ritningar med dessa detaljer, använd termografi för att identifiera värmeläckage.
Infiltration	Infiltrationshastigheter kan uppskattas utifrån nationella riktlinjer eller genom provtryckning om det behövs. Provtryckning bör i så fall planeras under en helg för att inte störa hyresgästernas verksamhet.
Börvärden	Om uppgifter om börvärden saknas eller varierar mycket under driftstiden, exempelvis på grund av driftspersonal, kom överens med fastighetsägaren vilka börvärden som ska användas i beräkningarna.

Fastställande av basfall

Att fastställa basfall är ofta inte en lätt uppgift. Det beror på att större renovering ofta genomförs med fler syften än att spara energi, som exempelvis allmän uppgradering av byggnaden, förändringar i byggnadens utseende, förbättring av inomhusklimatet, mm. Att definiera ett nytt basfall måste göras i dialog med beställaren.

Val av beräkningsverktyg

Vilket simuleringsprogram som används för energiberäkningar beror på den enskilda utföraren. Det är viktigt att beräkningsverktyget eller simuleringsprogrammet faktiskt är avsett för den aktuella typen av byggnad, exempelvis inkluderar möjligheter att beräkna olika typer av tekniska system. Det är även viktigt att det är möjligt att analysera effekter av enskilda åtgärder med en rimlig arbetsinsats. Användning av mer komplexa simuleringsprogram är ofta mycket mer tidskrävande, exempelvis i framtagande av basmodell över byggnaden och vid stegvisa energiberäkningar för ett åtgärds paket. För att hålla den första delen av projektet (Etapp 1) på en rimlig tids- och kostnadsnivå, bör mer komplexa program undvikas om inte särskilt behov finns.

Val av metoder för verifiering

Vanligen görs energiberäkningsmodellen med hjälp av en mjukvara och verifieras sedan med verklig energistatistik för byggnaden. Klimatdata hanteras i energimodellens klimatfil som exempelvis kan vara ett typiskt klimatår. Det är därför viktigt att energistatistik som används för kalibrering av modellen är normalårskorrigerad. Standardiserade klimatfiler för typår för olika orter har tagits fram av SVEBY och SMHI. Ett kanske bättre alternativ är att använda en klimatfil bestående av uppmätt klimat för det aktuella året motsvarande energistatistiken. Sådan uppmätt klimatdata finns att köpa från olika aktörer på nätet. Efter kalibrering av modellen med uppmätta värden kan modellen för ett typår fastställas.

Kostnads kalkyler

Grundläggande förutsättningar

I kostnads kalkylen beräknas kostnad för varje enskild åtgärd, men med hänsyn till hur de olika åtgärdernas samtidiga genomförande påverkar kostnaden. Till exempel blir kostnader för projektering och bygg ibland lägre vid samordning av arbetet.

Investeringskostnader kan beräknas på olika sätt; genom egen eller inhyrd beräkningsingenjör, Sektionsfakta, offerter eller en kombination av de olika källorna.

Vid bedömning av kostnader för varje åtgärd kan följande kostnadsposter vara aktuella:

- Demonteringskostnader,
- Investeringskostnader för den specifika produkten/system,
- Arbetskostnader/ installationskostnader,
- Byggbikostnader, t.ex. håltagning, brandtätning, undertak och markarbete,
- Kabeldragning och kraftanslutning,
- Styrning och reglering och återkoppling till DUCar,
- Injusteringskostnad.

Även preliminära kostnader för mätning och uppföljning i Etapp 3 kan tas med om möjligt, t.ex. kostnader för extra mätare, installation av mätsystem, osv.

Det är alltid beställaren som bestämmer de ekonomiska villkoren och förutsättningarna för kostnads kalkylen. Bland annat måste beställaren innan arbetet påbörjas ange om projekteringskostnader skall ingå och om eventuella byggherrekostnader skall ingå i kostnads kalkylen. Det ska klart framgå i kalkylrapporten vad som ingår.

Beställaren bör vara medveten om att kostnads kalkyler är osäkra i ett tidigt skede. Etapp 1 i Beloks Totalmetodik kan liknas vid utredningsskedet i en vanlig projekteringsprocess där man genomför kravspecifikation med konsekvensanalys för identifierade åtgärder. Detaljerad projektering genomförs i Etapp 2 som resulterar i underlag som krävs för att handla upp entreprenader. Först när utrustning och entreprenad handlas upp i "skarpt" läge, går det att säkerställa hur stor kostnaden verkligen blir. Full säkerhet fås först efter upphandling av entreprenör eller kanske först när entreprenaden är avslutad.

Fastställ referensnivå för energiinvesteringskostnader

Det är inte ovanligt att fastighetsföretag genomför energieffektiviseringsåtgärder samtidigt som annan renovering eller allmän upprustning av fastigheten. I kalkylerna för Etapp 1 ska endast de kostnader som är direkt förknippade med energieffektiviserande åtgärderna tas med. Kostnader för uppgradering av fastigheten till en godtagbar kvalitetsnivå skall, som tidigare betonats, inte ingå i lönsamhetskalkylen för Projekt enligt Totalmetodikenet.

Vid framtagning av kostnader för energiåtgärder rekommenderas följande uppdelningar av kostnader:

- **När en åtgärd genomförs endast i energibesparingssyfte** ska hela investeringskostnaden ingå i kalkylen. Exempelvis om energieffektiviseringsåtgärden endast genomförs i syfte att spara kostnad för energianvändning och inte t.ex. i underhåll- eller uppgraderingssyfte. Investeringen motiveras alltså då endast som energibesparing och hela investeringskostnaden bör då ingå.
- **När en åtgärd görs delvis för att uppfylla minimikrav på byggnaden och dess system** bör endast de merkostnaderna för energieffektivisering tas med. Byggnadens tekniska system måste först uppgraderas för att uppfylla minimikrav och ett nytt basfall för energianvändningen beräknas då utifrån de tilltänkta nya (obligatoriska) förhållanden. Kostnad för energibesparing blir då den totala kostnaden minus den minsta investering som krävs för uppgradering av systemet. Endast den extra investeringskostnaden för att energieffektivisera tas alltså med.
- **När en åtgärd är en del i att uppgradera byggnaden och dess system för underhållsskäl och/eller hyresgästanpassningar** bör investeringskostnaden delas upp. Vissa åtgärder genomförs av underhållsskäl och då kan inte hela investeringskostnaden betraktas som en energieffektiviseringskostnad. Hur kostnaderna delas mellan investeringar för underhåll och investeringar i energibesparing bör diskuteras med beställaren eftersom de ofta har mer detaljerade planer och budget för underhållsåtgärder.

Exempel:

- Om byggnadens fönster ändå ska bytas på grund av att de är i dåligt skick eller på grund av att inneklimatet är dåligt vintertid, ska endast den extrakostnad som uppstår om man väljer speciellt energieffektiva fönster tas med i Totalmetodikens kostnadskalkyl.
- De befintliga systemen klarar inte uppfylla inneklimatkraven för dagens verksamhet och luftflödena måste ökas med ca 25 %. Detta innebär dels nya aggregat, dels ny kanaldragnings med nya don. Uppgraderingen innebär att inneklimatet lyfts så att det fyller dagens krav, men att det sker till lägsta kostnad utan någon hänsyn till energieffektivitet. Vid beräkning av kostnaderna för energiåtgärder är endast kostnaderna för de delar i ventilationsrenoveringen som ökar energieffektiviteten, jämfört med den uppgraderade versionen, medtagna.
- En av åtgärderna inom ett projekt enligt Totalmetodiken är att tilläggsisolera en källarvägg. Samtidigt ska husets dränering åtgärdas inom ramen för en renoveringsombyggnad. Kostnaderna måste då fördelas mellan de två projekten: renoveringsombyggnaden och energieffektivisering enligt Totalmetodiken. Kostnaden för schaktningsarbetet belastar renoveringsombyggnaden, medan kostnaderna för den extra isoleringen och arbetet för att montera isoleringen ska tas med i kostnadskalkylen i Totalmetodiken.

Framtagning av åtgärdspaket

För att genomföra lönsamhetsberäkningar för de identifierade åtgärderna är det grundläggande att veta vilket lönsamhetskrav och vilken kalkylränta beställaren har och övriga kalkylförutsättningar, t.ex. energipriser, uppskattad energiprisändring, kalkyltider, osv. Checklista för vilken information som behövs från beställarens sida finns i Totalmetodikens verktygslåda.

De möjliga energieffektiviseringsåtgärder som identifieras under energibesiktningen studeras i detalj med hjälp av den kalibrerade energiberäkningsmodellen. Som ett första steg beräknas energi- och kostnadsbesparing för varje identifierad åtgärd separat, utan hänsyn till de andra åtgärderna.

Det är viktigt att komma ihåg att det är den årliga nettobesparingen som används som indata i lönsamhetsberäkningarna. När årliga besparingar för varje åtgärd beräknas bör även andra förändringar i kostnader som åtgärden ger inkluderas i den årliga kostnadsbesparingen. Exempel på åtgärder som inte bara påverkar den årliga energianvändningen är åtgärder som rör tappvarmvatten med minskad vattenanvändning och byte av belysningsarmaturer som kan minska underhållskostnader för ljuskällor på grund av längre livslängd. Det finns tvärt om även åtgärder som leder till ökade driftskostnader, exempelvis införandet av värmeåtervinning.

Eftersom åtgärderna påverkar varandra måste detta tas hänsyn till när lönsamheten beräknas för hela åtgärdspaketet. För att undvika komplicerade beräkningar av alla möjliga kombinationer av åtgärder och dess påverkan på varandra används en förenklad metod. Denna metod har visat sig ge bra resultat i lönsamhetskalkyler för åtgärdspaket.

Metoden utgår utifrån antagandet att åtgärder med högst lönsamheten kommer att genomföras först. Detta bestämmer besparing och lönsamhet för de kommande åtgärderna, med hänsyn till att den första genomförts.

En första rangordningen av åtgärderna görs utifrån de enskilda åtgärdernas lönsamhet i form av internränta. Den beräknas för varje åtgärd utifrån beräknade årliga nettobesparing, energinvesteringskostnad (kapitalkostnad) och kalkyltid.

Därefter "läser" man den mest lönsamma åtgärden och räknar om besparingar, kostnader och lönsamhet för de övriga åtgärderna, förutsatt att den lönsammaste åtgärden genomförts. I nästa steg väljs den näst lönsammaste åtgärden ut och "läses" och de övriga åtgärder beräknas om utifrån förutsättningen att de två första åtgärderna genomförts. Samma process fortsätter fram till och med den sista åtgärden.

Det är vanligt att åtgärderna påverkar varandras årliga energibesparingar men ibland påverkas även investeringskostnaden. Detta bör tas hänsyn till på liknande sätt som vid bedömningen av kombinerade effekter på energibesparingar.

När alla åtgärder räknats igenom fås de kostnadsbesparingar, investeringskostnader och lönsamhet som varje åtgärd har med hänsyn till hur de påverkar varandra. Nästa steg är att bilda ett paket av åtgärder som i sin helhet uppfyller fastighetsägarens lönsamhetskrav. Enligt Totalmetodiken bedöms åtgärdspaketets lönsamhet genom att beräkna den gemensamma internräntan för flera samtidiga investeringar, med hänsyn tagen till att olika åtgärder kan ha olika kalkyltider. Detta görs med hjälp av programvaran *Totalverkyget*. Programmet tar hänsyn till olika kalkyltider för olika åtgärder och justerar automatiskt åtgärdspaketets kurva. Hur många åtgärder som tas med i ett åtgärdspaket väljs utifrån kriteriet att paketets internränta inte ska understiga beställarens lönsamhetskrav, uttryckt som real kalkylränta.

Exempel:

En befintlig kontorsbyggnad med uppvärmd area ca 3700 m² A_{temp} ska renoveras för att minska energianvändningen. Energikonsulten har identifierat sex åtgärder för energieffektivisering som har sammanställts i tabellen nedan. Kostnadsbesparingar har beräknats med värmeenergipris 0,7 kr/kWh och elpris 0,9 kr/kWh. Beräknad energi- och kostnadsbesparing i tabellen tar inte hänsyn hur åtgärderna påverkar varandra.

Åtgärd	Besparing värme [MWh/år]	Besparing El [MWh/år]	Övrig kostnadsbesparing [kr/år]	Årlig kostnadsbesparing [Kr/år]	Investering [Kr]	Kalkyltid [år]
Nya fönster	55	5	0	43 000	1 100 000	30
Ny belysning	-15	45	5 000	35 000	460 000	15
Värmeåtervinning för ventilation	150	-15	0	91 500	600 000	20
Behovsstyrd ventilation	75	15	0	66 000	450 000	15
Byte av termostater i värmesystem	40	0	0	28 000	50 000	10
Tilläggsisolering av tak	28	0	0	19 600	700 000	40

Fastighetsägarens lönsamhetskrav är 5 % real kalkylränta och det tas inte hänsyn till energiprisändringar över genomsnittlig inflation. Den valda kalkyltiden för respektive åtgärd är densamma som åtgärdens ekonomiska livslängd.

I första steget beräknas, med hjälp av internräntemetoden, åtgärdernas internränta var för sig, utan hänsyn till de andra åtgärderna. Den mest lönsamma åtgärden väljs ut. Byte av termostater i värmesystemet är den åtgärd som har högst internränta och är därmed den mest lönsamma åtgärden.

Åtgärd	Besparing värme [MWh/år]	Besparing El [MWh/år]	Övrig kostnadsbesparing [kr/år]	Årlig kostnadsbesparing [Kr/år]	Investering [Kr]	Kalkyltid [år]	Internränta [%]
Nya fönster	55	5	0	43 000	1 100 000	30	1,1
Ny belysning	-15	45	5 000	35 000	460 000	15	1,7
Värmeåtervinning för ventilation	150	-15	0	91 500	600 000	20	14,2
Behovsstyrd ventilation	75	15	0	66 000	450 000	15	12,0
Byte av termostater i värmesystem	40	0	0	28 000	50 000	10	55,3
Tilläggsisolering av tak	28	0	0	19 600	700 000	40	0,6

Den mest lönsamma åtgärden "läses" och kostnader, besparingar och internränta räknas om för varje av resterande åtgärden, var för sig, utifrån förutsättningen att den mest lönsamma åtgärden redan genomförts. Resultatet visas i tabellen nedan.

Åtgärd	Besparing värme [MWh/år]	Besparing El [MWh/år]	Övrig kostnadsbesparing [kr/år]	Årlig kostnadsbesparing [Kr/år]	Investering [Kr]	Kalkyltid [år]	Internränta [%]
Nya fönster	50	5	0	39 500	1 100 000	30	0,5
Ny belysning	-12	45	5 000	37 100	460 000	15	2,5
Värmeåtervinning för ventilation	145	-15	0	88 000	600 000	20	13,5
Behovsstyrd ventilation	70	15	0	62 500	450 000	15	11,0
Tilläggsisolering av tak	22	0	0	15 400	700 000	40	-0,6

Nästa steg blir att låsa den näst mest lönsamma åtgärden, som är värmeåtervinning av ventilation. De övriga åtgärder räknas om på samma sätt som tidigare, baserat på förutsättningen att de två lönsammaste åtgärden är redan genomförda.

Åtgärd	Besparing värme [MWh/år]	Besparing El [MWh/år]	Övrig kostnadsbesparing [kr/år]	Årlig kostnadsbesparing [Kr/år]	Investering [Kr]	Kalkyltid [år]	Internränta [%]
Nya fönster	50	5	0	39 500	1 100 000	30	0,5
Ny belysning	-12	45	5 000	37 100	460 000	15	2,5
Behovsstyrd ventilation	30	18	0	37 200	450 000	15	2,8
Tilläggsisolering av tak	22	0	0	15 400	700 000	40	-0,6

Behovsstyrd ventilation är sedan den tredje mest lönsamma åtgärden. De övriga åtgärdena räknas om med förutsättningen att tre lönsammare åtgärdena redan är genomförda. Som visas i resultatet ändras inte besparingen och lönsamheten av åtgärdena.

Åtgärd	Besparing värme [MWh/år]	Besparing El [MWh/år]	Övrig kostnadsbesparing [kr/år]	Årlig kostnadsbesparing [Kr/år]	Investering [Kr]	Kalkyltid [år]	Internränta [%]
Nya fönster	50	5	0	39 500	1 100 000	30	0,5
Ny belysning	-12	45	5 000	37 100	460 000	15	2,5
Tilläggsisolering av tak	22	0	0	15 400	700 000	40	-0,6

Nästa steg blir att låsa den fjärde mest lönsamma åtgärden, som är ny belysning. De sista två åtgärdena räknas om utifrån förutsättningen att de fyra lönsammare åtgärden redan är genomförda.

Åtgärd	Besparing värme [MWh/år]	Besparing El [MWh/år]	Övrig kostnadsbesparing [kr/år]	Årlig kostnadsbesparing [Kr/år]	Investering [Kr]	Kalkyltid [år]	Internränta [%]
Nya fönster	53	5	0	41 600	1 100 000	30	0,8
Tilläggsisolering av tak	22	0	0	15 400	700 000	40	-0,6

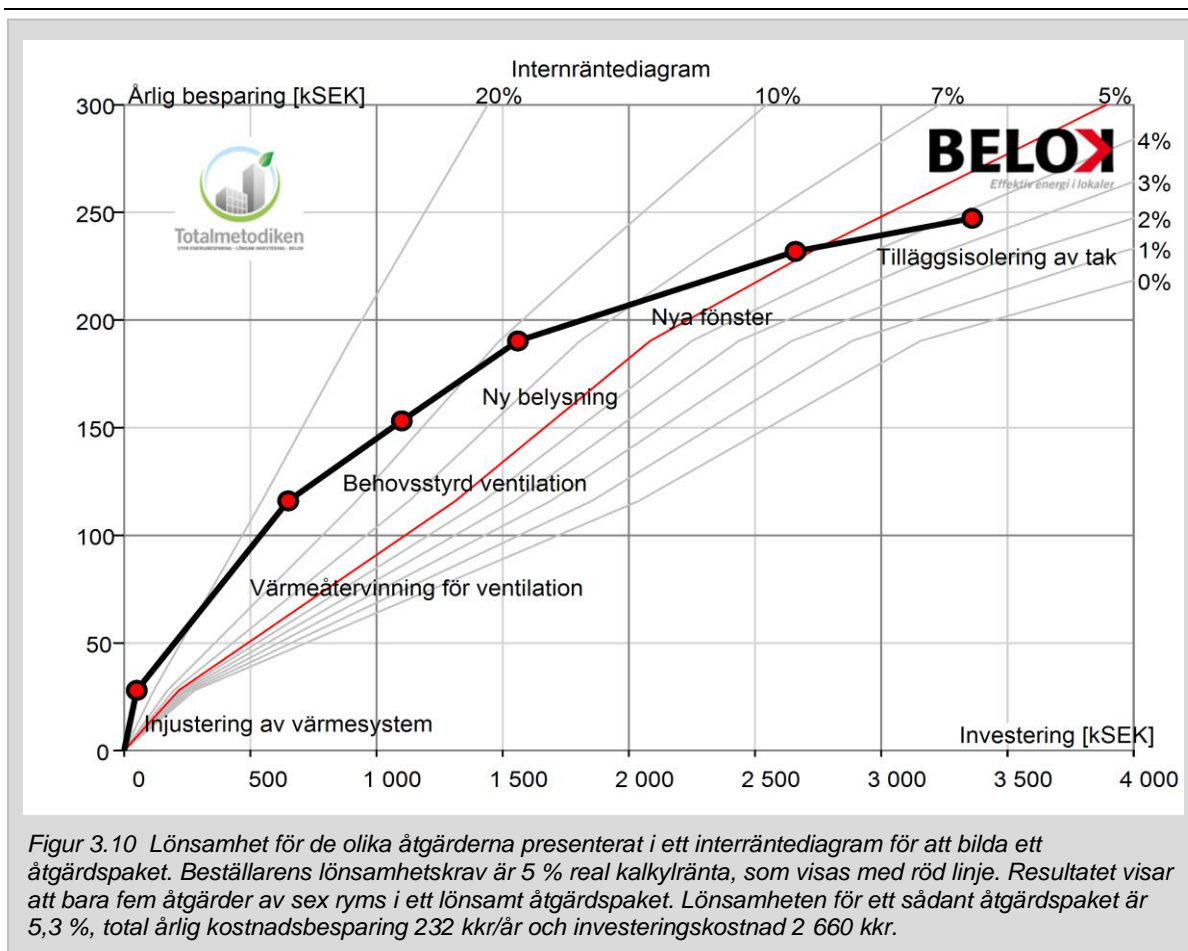
Nya fönster är den femte mest lönsamma åtgärden. Den sista åtgärden räknas om, utifrån förutsättningen att de fem lönsammare åtgärderna redan är genomförda. Som visas i resultatet ändras inte besparingen och lönsamheten av åtgärden.

Åtgärd	Besparing värme [MWh/år]	Besparing El [MWh/år]	Övrig kostnadsbesparing [kr/år]	Årlig kostnadsbesparing [Kr/år]	Investering [Kr]	Kalkyltid [år]	Internränta [%]
Tilläggsisolering av tak	22	0	0	15 400	700 000	40	-0,6

När alla åtgärder räknats igenom fås den kostnadsbesparing, investeringskostnad och lönsamhet som varje åtgärd har med hänsyn till hur de påverkar varandra.

Åtgärd	Besparing värme [MWh/år]	Besparing El [MWh/år]	Övrig kostnadsbesparing [kr/år]	Årlig kostnadsbesparing [Kr/år]	Investering [Kr]	Kalkyltid [år]	Internränta [%]
Byte av termostater i värmesystem	40	0	0	28 000	50 000	10	55,3
Värmeåtervinning för ventilation	145	-15	0	88 000	600 000	20	13,5
Behovsstyrd ventilation	30	18	0	37 200	450 000	15	2,8
Ny belysning	-12	45	5 000	37 100	460 000	15	2,5
Nya fönster	53	5	0	41 600	1 100 000	30	0,8
Tilläggsisolering av tak	22	0	0	15 400	700 000	40	-0,6

Nästa steg är att bilda ett åtgärdspaket som i sin helhet uppfyller beställarens lönsamhetskrav. Genom att lägga in värdena i tabellen ovan i *Totalverktiget* så plottas ett interräntediagram för ett paket av åtgärder. Slutpunkten visar den gemensamma internräntan för samtliga åtgärder (se figur 3.10). Hur många åtgärder som tas med i ett lönsamt åtgärdspaket väljs utifrån kriteriet att paketets internränta inte ska understiga beställarens avkastningskrav. I detta exempel var lönsamhetskravet 5 % real kalkylränta, utan hänsyn till energiprisändringar över genomsnittlig inflation. Resultatet visar att bara fem av de sex åtgärderna ryms i ett lönsamt åtgärdspaket. Lönsamhet för ett sådant paket är 5,3 %.



Åtgärds paket med största besparing

Vid bildande av åtgärds paket är utgångspunkten de enskilda åtgärdernas lönsamhet. Ett antal åtgärder kan hamna under linjen för lönsamhetskravet i internräntediagrammet och skall således inte ingå i paketet. Samtidigt kan en åtgärd hamna delvis på kravlinjen och borde då egentligen tas bort. Detta kan resultera i att hela paketet får mycket högre internränta än lönsamhetskravet men med en lägre energibesparing som följd.

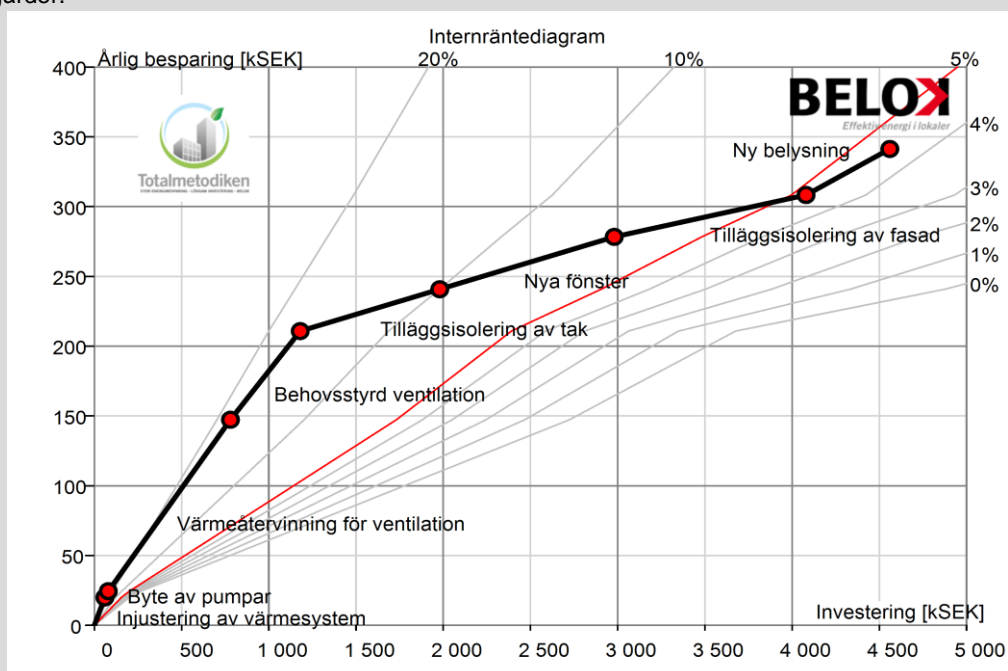
För att hitta det mest energibesparande åtgärds paketet bör man då prova att justera ordningen mellan åtgärderna något. Exempelvis kan det i slutet av åtgärds paketet ligga en kostsam åtgärd som är på gränsen att uppfylla kravet eller delvis faller utanför lönsamhetsnivån. Den kan då ersättas med åtgärder som i sig kan vara mindre lönsamma, men som tillsammans faller inom paketets lönsamhetskrav. På så vis kan man uppnå totalt större energibesparing och samtidigt uppfylla lönsamhetskravet.

Exempel:

Etapp 1 enligt Totalmetodiken har genomförts i en högstadieskola som byggdes på 1950-talet. Byggnadens golvarea är 4000 m², A_{temp} . Det fanns ingen värmeåtervinning i ventilationssystemet och byggnaden var dåligt isolerad före renoveringen. Årligt energibehov var ca 200 kWh/(m²·år) värme och 60 kWh/(m²·år) el. Ett antal energieffektiviseringsåtgärder identifierades och deras energi- och kostnadsbesparingar beräknades för att forma ett åtgärds paket. Resultatet visas i tabellen nedan. Hänsyn har tagits till hur åtgärder påverkar varandra genom en stegvis beräkning. Kostnadsbesparingar beräknades med priset för värmeenergi 0.5 kr/kWh och elenergi 0.9 kr/kWh. Fastighetsägarens lönsamhetskrav är 5 % real kalkylränta och det tas inte hänsyn till energiprisändringar över inflation.

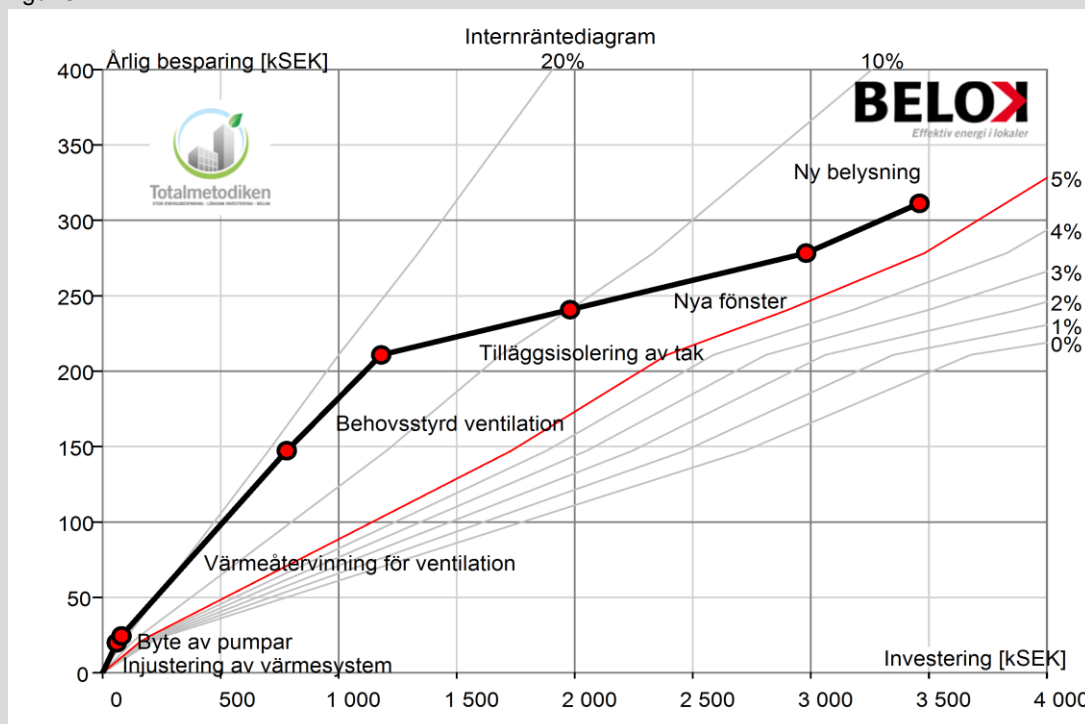
Åtgärd	Besparing värme [MWh/år]	Besparing El [MWh/år]	Övrig kostnadsbesparing [kr/år]	Årlig kostnadsbesparing [Kr/år]	Investering [Kr]	Kalkyltid [år]
Byte av termostater och injustering av värmesystem	40	0	0	20000	60 000	10
Byte av pumpar i värmesystem	0	5	0	4500	20000	15
Värmeåtervinning för ventilation	260	-8	0	122800	700 000	20
Behovsstyrd ventilation	20	60	-500	64000	400 000	15
Tilläggsisolering av tak	60	0	0	30000	800 000	40
Nya fönster	76	0	0	38000	1000000	30
Tilläggsisolering av fasad	60	0	0	30000	1 100 000	40
Ny belysning	-10	40	2000	33000	480 000	15

Genom att lägga in värdena i tabellen i *Totalverkytet* så plottas ett interräntediagram för ett paket av åtgärder.



Figur 3.11 Lönsamhet för de olika åtgärderna för en skolbyggnad presenterat i ett interräntediagram för att bilda ett åtgärds paket. Beställarens lönsamhetskrav är 5 % och energiprisändringar över genomsnittlig inflation tas inte hänsyn till.

I figur 3.11 syns att de sista två åtgärderna faller utanför lönsamhetskravet och de borde tas bort från paketet. Men för att hitta det mest energibesparande åtgärds paketet provar man att lägga åtgärderna i en annan ordning. Man finner då att det mest energibesparande åtgärds paketet inom lönsamhetskravet fås om man tar bort åtgärden "Tilläggsisolering av fasad" och håller kvar åtgärden "Ny belysning". Resultatet visas i Figur 3.12.



Figur 3.12 Slutligt åtgärds paketet för en skolbyggnad. Beställarens lönsamhetskrav är 5 %. Lönsamheten för hela paketet är ca 6,2 %. Energibesparingen för hela paketet blir 112 kWh/(m²·år) för värme och 24 kWh/(m²·år) för el. Detta innebär en minskning av hela energianvändningen med ca 50 %. Hela paketet ger total årlig kostnadsbesparing ca 310 kkr/år med en investeringskostnad 3 460 kkr.

Att inkludera byte av värmeförsörjning i åtgärds paketet

När byte av värmeförsörjning ska ingå i ett renoveringsprojekt enligt Totalmetodiken finns det finns tre möjliga angreppssätt för att göra detta:

- 1) Först och främst måste energibehovet i byggnaden minskas. Sedan kan den mest energieffektiva värmeförsörjningen väljas. Detta tillvägagångssätt kallas ofta Kyoto-pyramiden, ursprungligen formulerad av SINTEF Byggeforsk.
- 2) En ny värmeförsörjning har redan beslutats och bör betraktas som en av energieffektiviseringsåtgärderna i paketet.
- 3) Byte av värmeförsörjning ska hanteras helt materiellt och endast som en kostnadsbesparing.

Från analysynvinkel är det första angreppssättet enklaste och det tredje mest arbetskrävande. Följande exempel illustrerar de tre metoder.

Exempel:

En byggnad använder årligen 350 MWh fjärrvärme och 20 MWh el. Priset på värme är 0,8 kr/kWh och elpriset är 1,2 kr/kWh. Sex energieffektiviseringsåtgärder har identifierats. Ingen av dessa åtgärder påverkar varandra. Åtgärderna presenteras i tabellen nedan. Figur 3.13 visar lönsamhet för de olika åtgärderna i ett internräntediagram. Den valda kalkyltiden för respektive åtgärd är densamma som åtgärdens ekonomiska livslängd.

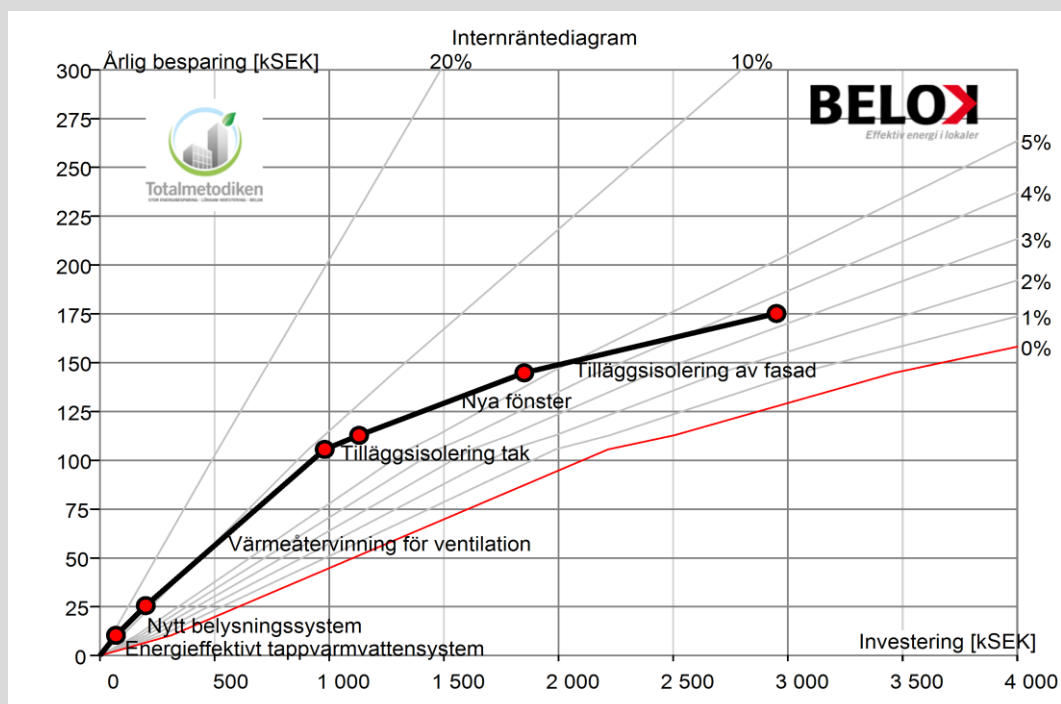
Åtgärd	Besparing värme [MWh/år]	Besparing El [MWh/år]	Årlig kostnadsbesparing [kkr/år]	Investering [kkr]	Kalkyltid [år]
Nytt belysningsystem	-2	14	15	130	20
Energieffektivt tappvarmvattensystem	13	0	10	70	30
Tilläggsisolering tak	9	0	7	150	40
Nya fönster	40	0	32	720	30
Tilläggsisolering fasad	38	0	30	1100	40
Värmeåtervinning	106	-4	80	780	20

En bergvärmepump för värmeförsörjning finns med i detta projekt. Dess specifika kostnader, prestanda och ekonomisk livslängd presenteras i tabellen nedan. SCOP är förhållandet mellan producerad värme under ett år och elbehovet över samma år.

Åtgärd	Investeringskostnad [kr/kW]	SCOP [-]	Kalkyltid [år]
Bergvärmepump	8500	3,1	25

Byggnadens värmeeffektbehov före energieffektiviseringsåtgärder är 135 kW. Åtgärderna kommer minska effektbehovet enligt tabell nedan. Detta används för att avgöra vilken storlek värmepumpen ska ha (samt varmvattentank).

Åtgärd	Värmeeffektminskning [kW]
Nytt belysningsystem	0
Energieffektivt tappvarmvattensystem	12
Tilläggsisolering tak	4
Nya fönster	11
Tilläggsisolering fasad	9
Värmeåtervinning	27

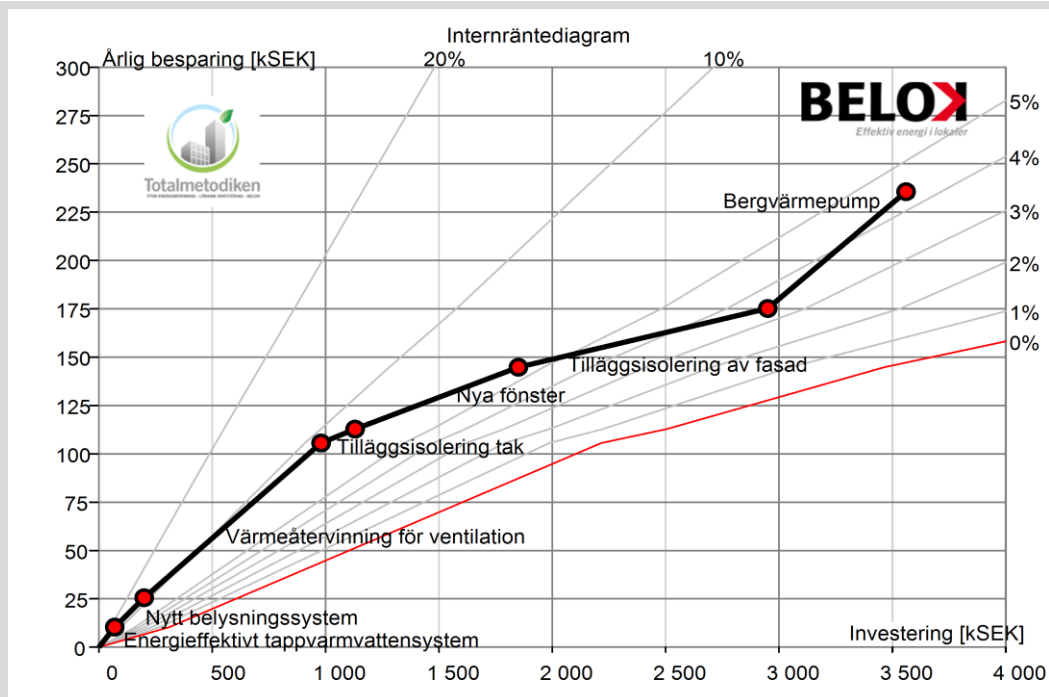


Figur 3.13 Internräntediagrammet för de sex identifierade åtgärderna. Lönsamheten för paketet är ca 3,5%.

Angreppssätt 1

Värmepumpen läggs till slutet av de övriga åtgärderna i åtgärds paketet. Vid kostnads- och besparingsberäkningar för värmepumpen hanteras det som att den sista, sjätte åtgärden har genomförts. Internräntediagrammet enligt angreppssätt 1 visas i figur 3.14.

Åtgärd	Besparing värme [MWh/år]	Besparing EI [MWh/år]	Årlig kostnadsbesparing [kkr/år]	Investering [kkr]	Kalkyltid [år]
Bergvärmepump	146	-47	60	610	25



Figur 3.14. Internräntediagram med angreppssätt 1 där en värmepump inkluderas som en åtgärd i slutet av hela åtgärds paketet, som sista åtgärd. Lönsamheten för hela paketet är ca 4,4 %.

Angreppssätt 2

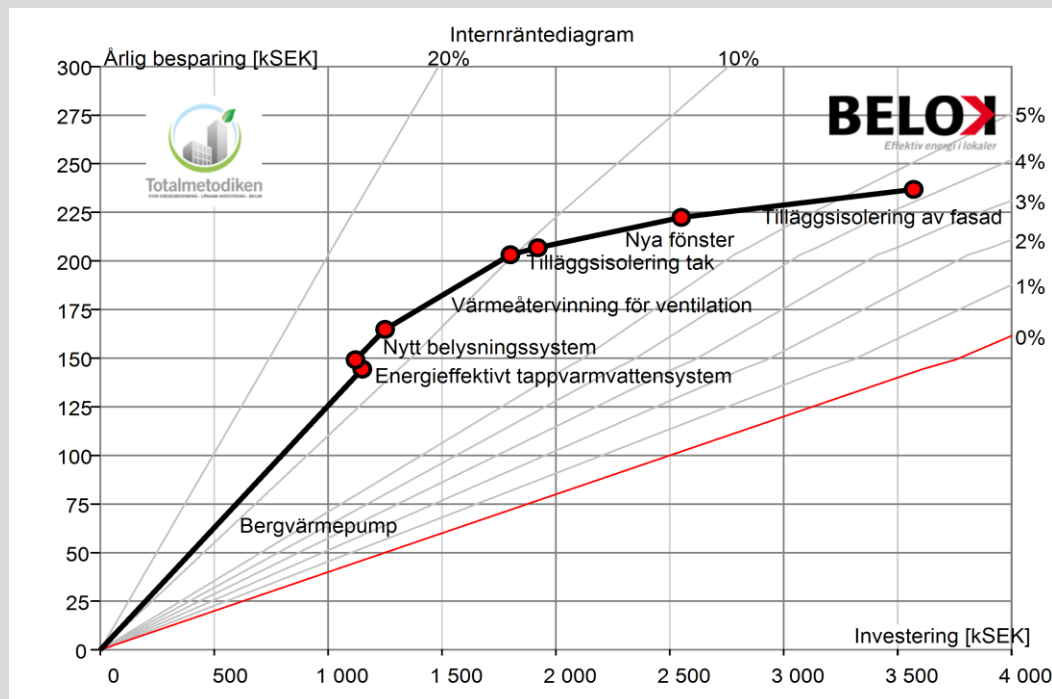
I det andra angreppssättet finns redan beslut på investering om värmepump och dess besparingar tar inte hänsyn till övriga åtgärder.

Åtgärd	Besparing värme [MWh/år]	Besparing EI [MWh/år]	Årlig kostnadsbesparing [kkr/år]	Investering [kkr]	Kalkyltid [år]
Bergvärmepump	350	-113	144	1 150	25

Istället tas minskningen i storleken på värmepump, och de besparingar det innebär, med som minskade kostnader för de övriga sex åtgärderna. Notera att åtgärderna i detta fall bara sparar el.

Åtgärd	Besparing värme [MWh/år]	Besparing EI [MWh/år]	Årlig kostnadsbesparing [kkr/år]	Kalkyltid [år]	Minskning av värmepumpkostnad [kkr]	Ny investeringskostnad [kkr]
Nytt belysningsystem	0	13	16	20	0	130
Energieffektivt tappvarmvattensystem	0	4	5	30	100	-30
Tilläggsisolering tak	0	3	4	40	30	120
Nya fönster	0	13	16	30	90	630
Tilläggsisolering fasad	0	12	14	40	80	1020
Värmeåtervinning	0	32	38	20	230	550

Minskning i värmepumpkostnader dras helt enkelt bort från investeringskostnaden och det resulterande internräntediagrammet presenteras i figur 3.15. Angående byte av tappvarmvattensystem så påverkas värmepumpskostanden något mer än kostnaden för själva tappvarmvattenåtgärden. Detta visas som en negativ investeringskostnad i internräntediagrammet.



Figur 3.15. Internräntediagrammet med angreppssätt 2 där installation av värmepumpen redan är beslutad. Lönsamheten för hela paketet är ca 4,4 %.

Angreppssätt 3

Värmepumpen behandlas som vilken energiåtgärd som helst. Detta angreppssätt garanterar rätt ordning i internräntediagrammet men kräver noggrann övervakning av hur värmepumpen påverkas av de övriga åtgärderna och vice versa. Det görs enligt den beskrivna stegmetoden i kapitel "Framtagning av åtgärds paket". Som visas i tabellen nedan blir då tappvarmvattenåtgärden den mest lönsamma åtgärden.

Åtgärd	Besparing värme [MWh/år]	Besparing EI [MWh/år]	Årlig kostnadsbesparing [kkkr/år]	Investering [kkkr]	Kalkyltid [år]	Internränta [%]
Nytt belysningsystem	-2	14	15	130	20	10
Energieffektivt tappvarmvattensystem	13	0	10	70	30	15
Tilläggsisolering tak	9	0	7	150	40	4
Nya fönster	40	0	32	720	30	2
Tilläggsisolering fasad	38	0	30	1100	40	0
Värmeåtervinning	106	-4	80	780	20	8
Bergvärmepump	350	-113	144	1150	25	12

Nästa steg blir att göra om beräkningarna med hänsyn till att den första åtgärden antas genomförd.

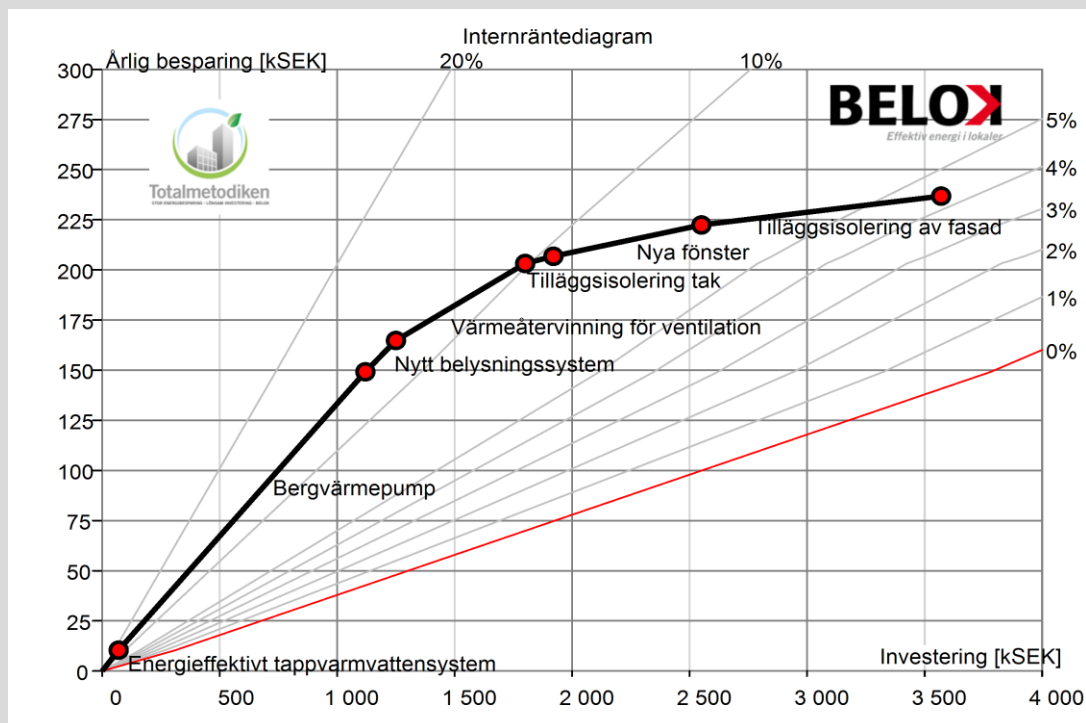
Åtgärd	Besparing värme [MWh/år]	Besparing EI [MWh/år]	Kostnadsbesparing [kkkr/år]	Investering [kkkr]	Kalkyltid [år]	Internränta [%]
Nytt belysningsystem	-2	14	15	130	20	10
Tilläggsisolering tak	9	0	7	150	40	4
Nya fönster	40	0	32	720	30	2
Tilläggsisolering fasad	38	0	30	1100	40	0
Värmeåtervinning	106	-4	80	780	20	8
Bergvärmepump	337	-109	139	1050	25	13

Värmepumpen blir den näst lönsammaste åtgärden och beräkningarna görs om. Minskning i värmepumpkostnader dras helt enkelt bort från investeringskostnaden för de övriga åtgärder.

Åtgärd	Besparing värme [MWh/år]	Besparing EI [MWh/år]	Kostnadsbesparing [kkr/år]	Kalkyltid [år]	Minskning av värmepumpkostnad [kkr]	Ny investering [kkr]	Internränta [%]
Nytt belysningsystem	0	13	16	20	0	130	10
Tilläggsisolering tak	0	3	4	40	30	120	1
Nya fönster	0	13	16	30	90	630	-2
Tilläggsisolering fasad	0	12	14	40	80	1020	-3
Värmeåtervinning	0	32	38	20	230	550	3

På detta sätt beräknas kostnadsbesparing och lönsamheten för samtliga åtgärder. Internräntediagrammet enligt angreppssätt 3 visas i figur 3.16.

Oavsett vilket angreppssätt som används hamnar slutpunkten på kurvan i internräntediagrammet på samma ställe. Om slutpunkten däremot inte uppfyller lönsamhetskravet så påverkar val av angreppssätt hur åtgärds paketet ser ut och vilka beslut som tas, vilket bör tas i beaktning vid val av angreppssätt.



Figur 3.16. Internräntediagrammet med angreppssätt 3 där värmepumpen ses som vilken åtgärd som helst. Lönsamheten för hela paketet är ca 4,4 %.

Känslighetsanalys

Innan man tar beslut om investeringar så bör man göra en känslighetsanalys. En sådan kan göras för all indata, men här exemplifieras känslighetsanalyser för energiprisutveckling och ändringar i investeringskostnader.

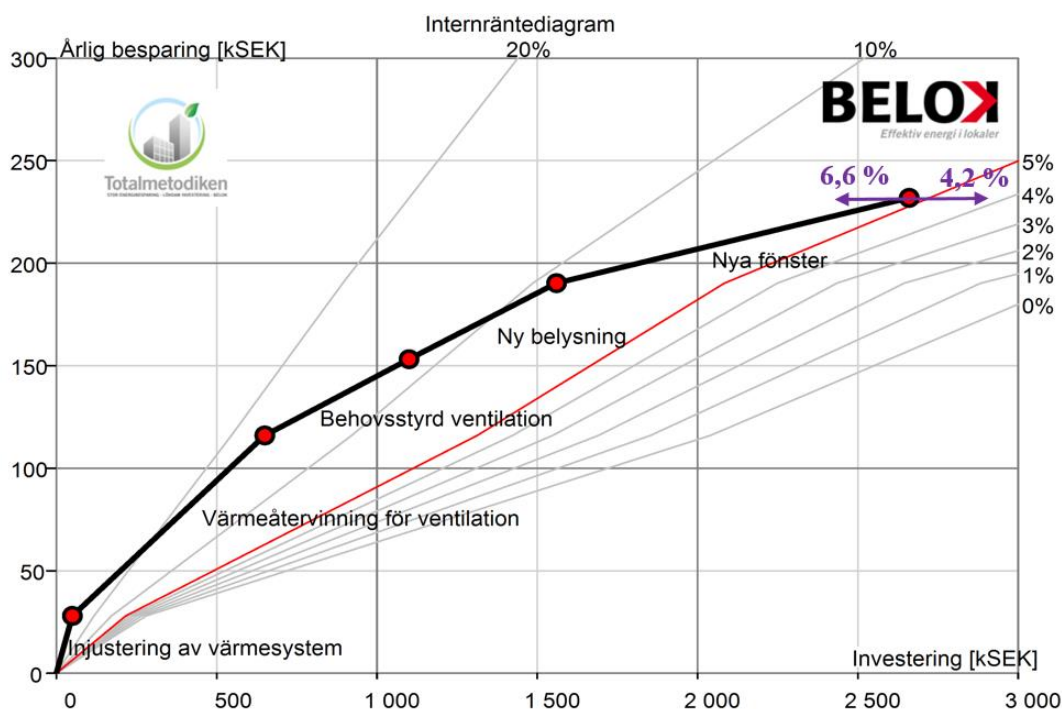
I exemplet i kapitel "Framtagning av åtgärds paket" är den beräknade lönsamheten för åtgärds paketet 5,3 %, där bara fem åtgärder av sex ryms i ett lönsamt åtgärds paket (se figur 3.10). Lönsamhetskravet är 5 % real kalkylränta. Exempel på frågeställningar som kan vara aktuella är:

- Vad händer om investeringskostnader ändras med $\pm 10\%$?
- Vad händer om energipriserna ändras med $\pm 2\%$ över årliga inflationen?

Kostnads kalkyler i ett tidigt skede kan vara mer osäkra. Först efter att man har gjort upphandlingar i produktionsskede kan verkliga kostnader fastställas. En känslighetsanalys kan hjälpa till i bedömningen av hur skillnader mellan verkliga och beräknade investeringskostnader kommer att påverka utfallet.

Investeringskostnader ändras $\pm 10\%$

En känslighetsanalys där investeringen varierar med $\pm 10\%$ resulterar i detta exempel att internräntan hamnar mellan 4,2 % och 6,6 % (se figur 3.17). Om beställaren kräver minst 5 % avkastning på investerat kapital så innebär det att åtgärds paketet måste väljas så att hänsyn tas till det att det sämsta tänkbara utfallet måste ge internränta större än 5 %. Exempelvis, om den sista åtgärden (nya fönster) tas bort ur åtgärds paketet så visar känslighetsanalysen att internräntan hamnar i intervallet 7,8 % och 11,0 % vid ändring av investeringskostnader $\pm 10\%$, vilket med säkerhet uppfyller kravet på 5 %.



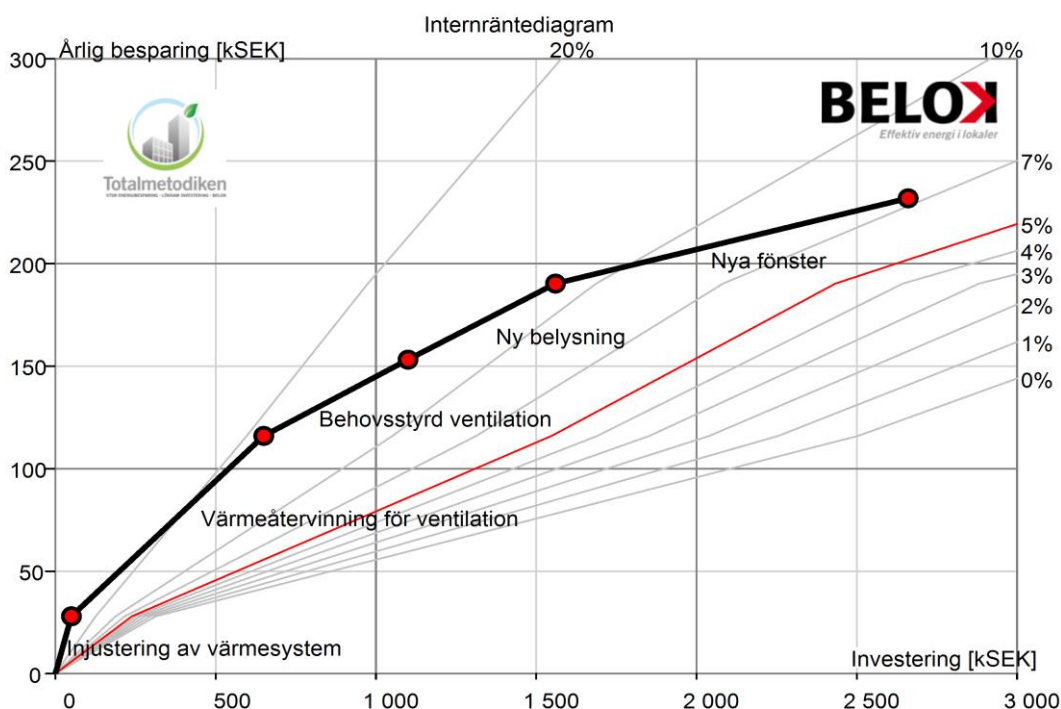
Figur 3.17 Inverkan på resultatet om investeringskostnaden skiljer sig $\pm 10\%$ från det beräknade. För att säkerställa att lönsamhetskravet 5 % uppfylls måste åtgärds paketet begränsas för att ta hänsyn till att sämsta tänkbara utfall ska ge internränta större än 5 %.

Å andra sidan kan lönsamheten bli bättre än beräknat. Eftersom syftet med Totalmetodiken är att uppnå maximal energibesparing på ett lönsamt sätt så kan man därför vara villig att ta den risk som känslighetsanalysen visar.

Energipriserna ändras med $\pm 2\%$ över årliga inflationen

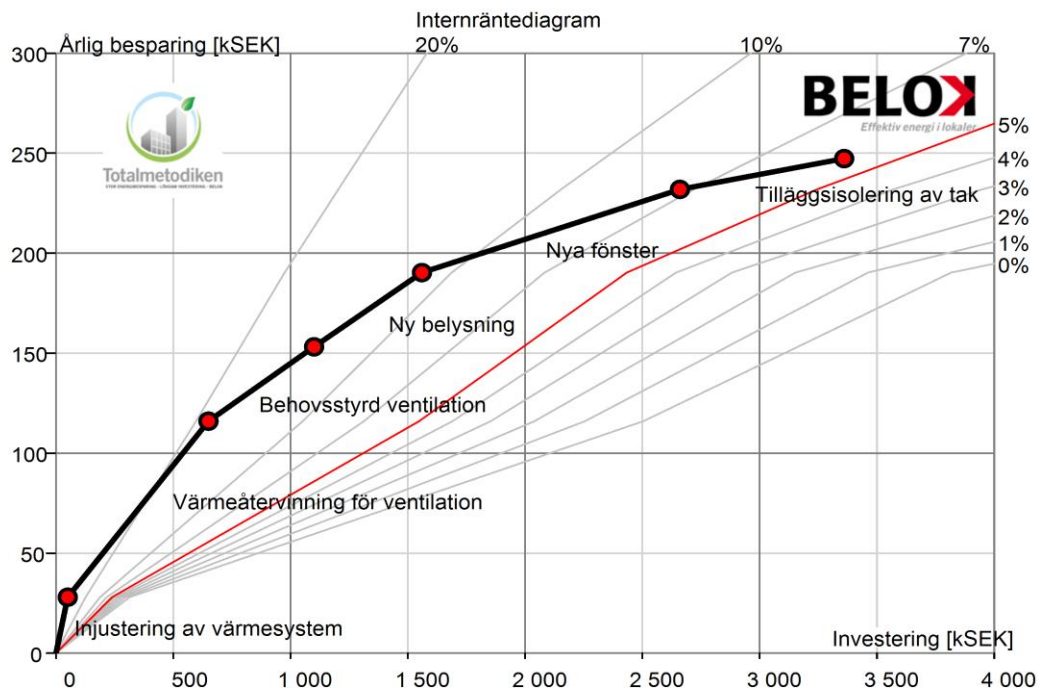
Framtida energiprisutveckling är ofta en mycket osäker parameter i beräkningarna. Hittills har vi räknat med att energipriset följer inflationen. Vill man räkna med att energipriser ändras annorlunda än den genomsnittliga inflationen kan man, lite förenklat, justera den beräknade internräntan. Energiprisändringar kan lätt tas hänsyn till i *Totalvekrttyget*.

Exempelvis när energipriserna ökar med 2 % kommer lönsamheten i detta exempel ändras och internräntan för hela paketet blir ca 7,2 %, som illustreras i figur 3.18.



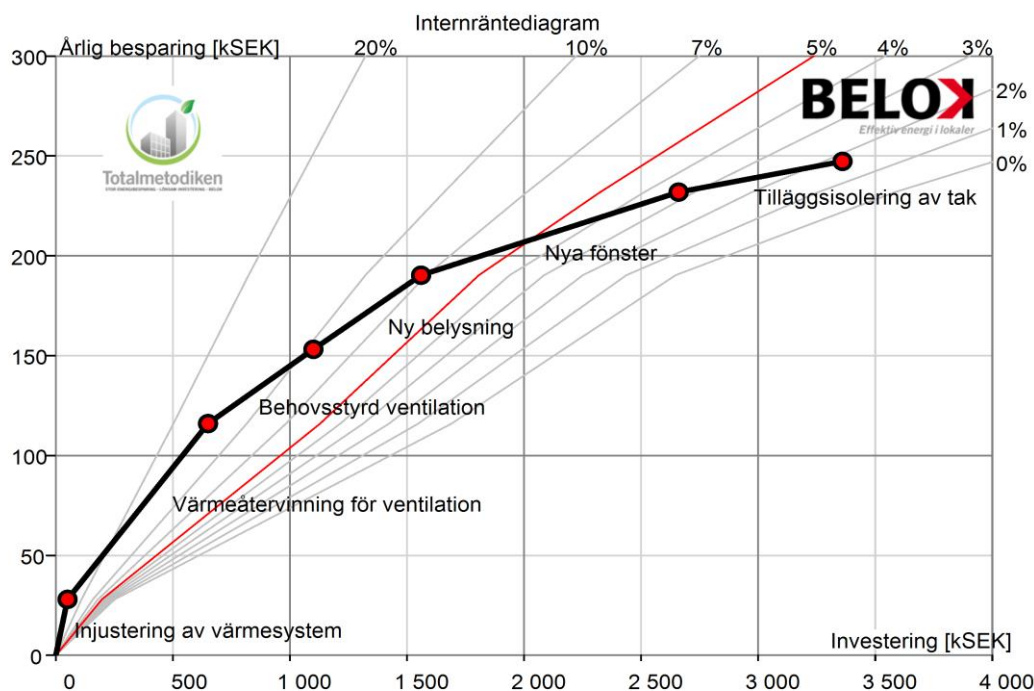
Figur 3.18 Inverkan på resultatet om energipriserna ökar med 2 % utöver årliga inflationen. Lönsamheten för hela åtgärds paketet blir 7,2 % och årlig kostnadsbesparing blir ca 230 kkr/år.

Eftersom ökning av energipriser utöver inflationen ger högre lönsamhet bör hela åtgärdslistan ses över som ursprungligen togs fram för att utvärdera om ytterligare åtgärder kan tas med i det lönsamma åtgärds paketet. I befintliga exemplet kan även tilläggsisolering av tak tas med i paketet som ska uppfylla lönsamhetskrav 5 % (se figur 3.19). Lönsamheten för ett sådant paket blir 5,7%.



Figur 3.19 Inverkan på resultatet om energipriserna ökar med 2 % utöver årliga inflationen. Ökad lönsamhet ger möjlighet att ta med även "tilläggsisolering av tak" i åtgärds paketet som ska uppfylla lönsamhetskrav 5%. Lönsamheten för ett sådant paket blir 5,7 % och årlig kostnadsbesparing blir ca 250 kkr/år.

När energipriserna minskar med 2 % kommer internräntan för hela paketet bli ca 4,5 %. De två sista åtgärder faller utanför lönsamhetskravet och borde tas bort från åtgärds paketet för att säkerställa att investerarens avkastningskrav uppfylls (se figur 3.20). Lönsamheten för ett sådant paket blir 7,3 %.



Figur 3.20 Inverkan på resultatet om energipriserna minskar med 2 % utöver årliga inflationen. De två sista åtgärder faller utanför lönsamhetskravet och borde tas bort från åtgärds paketet för att säkerställa att investerarens avkastningskrav uppfylls. Lönsamheten för ett sådant paket blir 7,3 % och årlig kostnadsbesparing blir ca 190 kkr/år.

Rapportering

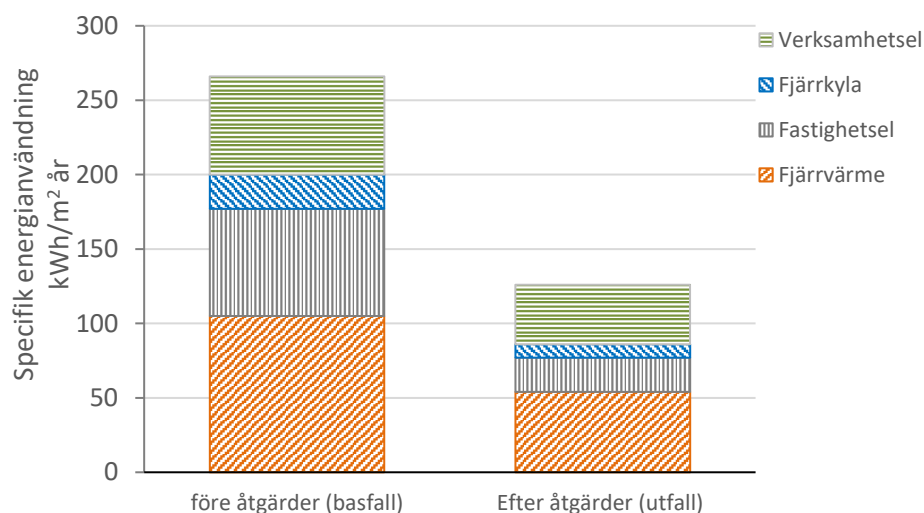
Beställaren gör upp med konsulten om vad som skall ingå i rapporten från Etapp 1. Rapporten utgör underlag för att fastighetsföretaget ska kunna ta beslut om att genomföra åtgärdspaketet och måste därför vara lättolkad, såväl tekniskt som ekonomiskt. Rapporten ska också fungera som underlag för projektering.

Rapporten från Etapp 1 bör innehålla åtminstone följande:

- Indata i form av tekniska uppgifter om fastigheten och energianvändning före åtgärder.
- Noggrann beskrivning av åtgärder.
- Delresultat i form av beräknad energi- och kostnadsbesparing för varje åtgärd.
- Kostnader samt slutresultatet av lönsamhetsberäkningen, åtgärdspaketet i internräntediagram och energianvändningen före och efter åtgärdspaketet.

Noggrannheten som resultaten redovisas med bör alltid ta hänsyn till den osäkerhet som ligger i beräkningarna.

Exempel på jämförelse med energianvändning innan och efter genomfört åtgärdspaketet visas med stapeldiagram, som kan ses i Figur 3.21. Gör separata specifikationer för energibesparingen av värme, eventuell kyla, el till fastighetsdrift och hyresgästens elanvändning jämfört med basfall. Om basfall för beräkningar skiljer sig från uppmätta värden, kan detta också illustreras i samma diagram (se figur 3.22).



Figur 3.21 Energibehov före- och efter genomfört åtgärdspaket.



Figur 3.22 Energibehov före- och efter genomfört åtgärds paket och jämfört med nuläge (energistatistik).

En mall för rapportering av Etapp 1 finns tillgänglig i Totalmetodikens verktyglåda.

4 Totalmetodikens Etapp 2 - Genomförande av åtgärder

I kapitlet diskuteras viktiga frågor som beställaren bör tänka på i samband med genomförande av åtgärder i Etapp 2. Bland annat beskrivs olika aktörernas roller och ansvar samt grundläggande krav som bör ingå i underlag för upphandling. De viktigaste arbetsmomenten i genomförandet av det beslutade åtgärdspaketet går även igenom.

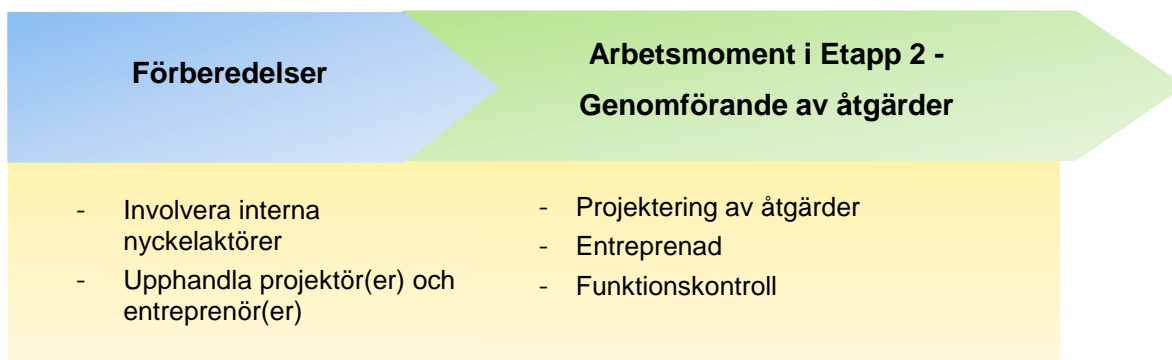
Inledning

I Etapp 1 togs ett åtgärdspaket för energibesparande åtgärder fram för att nå största möjliga energibesparingen inom fastighetsägarens lönsamhetskrav. I Etapp 2 genomförs det beslutade åtgärdspaketet i sin helhet.

Etapp 2 bygger på noggrann upphandling, projektering och genomförande. I grund och botten är dessa steg de samma som i en normal ombyggnad. Däremot är det extra viktigt att undvika misstag eftersom misstag innebär risk att förväntade energibesparingar inte nås. Det riskerar i sin tur att hela poängen med Totalmetodiken går förlorad.

Arbetet i Etapp 2 avslutas med noggrann funktionskontroll. Det är viktigt för att säkerställa att alla åtgärder har genomförts på korrekt sätt och systemen fungerar som avsett. Annars kan en stor del av de förväntade energibesparingarna gå förlorade, vilket innebär lägre kostnadsbesparingar.

Huvudaktiviteterna i Totalmetodikens Etapp 2 visas i figur 4.1. Genomförandet av Etapp 2 kräver viss förberedelse från *beställaren*, som att involvera interna nyckelaktörer i projektet och handla upp *projektör(er)* och *entreprenör(er)*.

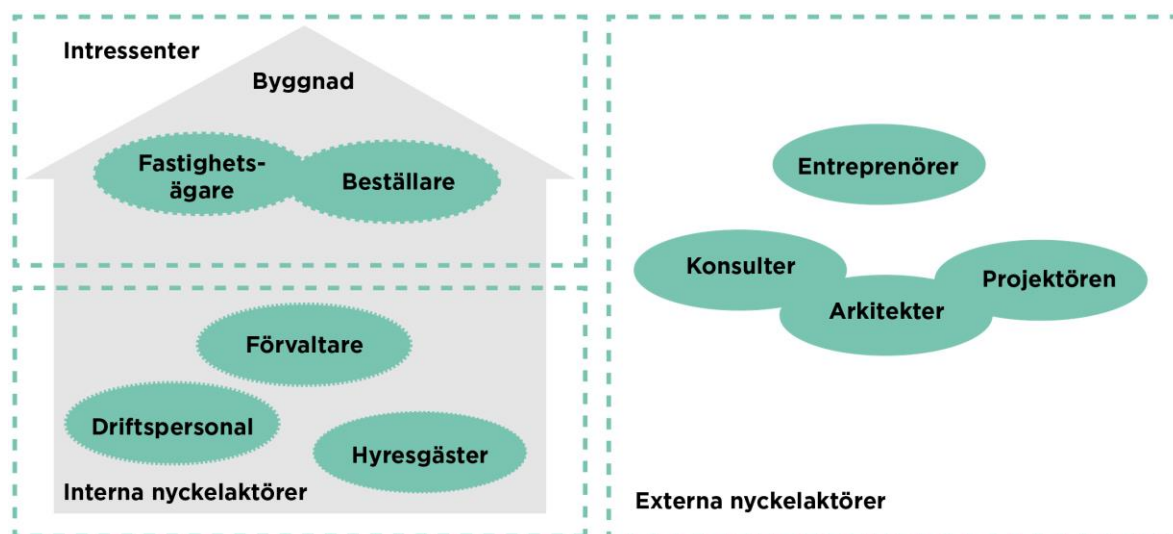


Figur 4.1 Huvudaktiviteter som ingår i Etapp 2 i Totalmetodiken.

I Etapp 2 ingår även planering av mätning och uppföljning av energianvändningen i byggnaden, som sedan görs i Etapp 3.

Medverkande aktörer i Etapp 2, roller och ansvar

I figur 4.2 illustreras vilka huvudintressenter och nyckelaktörer som är inblandade vid genomförandet av Etapp 2 i Totalmetodiken. Deras roller och ansvar beskrivs sedan.



Figur 4.2 Huvudintressenter och nyckelaktörer i Totalmetodikens Etapp 2

Beställare

Beställaren ansvarar för att beställa det praktiska utförandet av arbetet i Etapp 2 från externa aktörer samt för att samordna arbetet mellan de olika involverade parterna. Beställaren ansvarar även för att säkerställa att interna resurser finns tillgängliga under genomförandet, t.ex. intern personal som fastighetschef och driftspersonal.

Det är viktigt att beställaren, eller beställarens representant, deltar aktivt i projektet. Det är att föredra om det görs genom att en intern projektledare utses, exempelvis teknisk fastighetschef eller energi- och miljöchef. Projektledaren säkerställer att kommunikationen mellan de olika involverade parterna fungerar tillfredsställande. Om projektledare inte kan utses internt kan konsulten tilldelas detta ansvar.

Beställarens projektledares ansvar i Etapp 2 bland annat för att:

- Fungera som byggherre under hela processen.
- Engagera interna resurser/personal.
- Precisera uppdraget i detalj i upphandlingsunderlaget och handla upp projektören, entreprenören och övriga externa nyckelaktörer.
- Samordna kontakterna mellan de berörda parterna.
- Se till att arbetet kvalitetssäkras genom att granska dokument och kontrollera utförandet.
- Planera hur samordnad funktionskontroll och slutbesiktning ska genomföras.
- Planera för Etapp 3, exempelvis med ansvarsfördelning av förberedelse för mätning och uppföljning av energianvändning samt för dokumentering av faktiska kostnader för energieffektiviseringsåtgärderna.

Dessutom måste hänsyn tas till hur åtgärdernas genomförande berör hyresgäster och husets användare. Det är därför viktigt att det förs en dialog mellan hyresgäst och beställare och att man är överens om ansvarsgränser och försöker hitta möjligheter att samordna en del investeringar.

Projektörer (inklusive arkitekter)

För att praktiskt genomföra åtgärder behövs vanligen en detaljerad beskrivning av systemlösningar för specificerade åtgärder samt detaljprojektering. Projekteringen resulterar i underlag som krävs för att handla upp entreprenader.

Projektörer (inklusive arkitekter) projekterar de föreslagna åtgärderna, med utgångspunkt i det som kontrakterats med beställaren. Projektören skall ha följande uppgifter och ansvar:

- Genomföra projekteringsarbete för specificerade åtgärder enligt underlaget från Etapp 1.
- Följa beställarens kvalitetsrutiner och säkerställa att kvalitetsmålen uppnås.
- Samverka med hyresgäster, driftspersonal, entreprenörer etc. för kvalitetssäkring av projektet. Avstämning med konsulten som genomförde Etapp 1 rekommenderas för att följa upp detaljer för åtgärder och att säkerställa bra kvalitet i resultatet.
- Ta fram en mätplan för mätning och uppföljning i Etapp 3 och, om så behövs, komplettera med mätare för uppföljning av energianvändningen (värme, kyla, fastighetsel, hyresgästel).

Eftersom en stor del av energibesparingsåtgärderna är kopplade till de tekniska installationerna är det viktigt att projektören har god förståelse för hur systemen fungerar i den specifika byggnaden. Det är även viktigt att projektören är fullt införstådd med projektets mål, nämligen att minska energianvändningen.

Entreprenörer

Entreprenörens huvudsakliga roll är genomförandet av specificerade åtgärder enligt projektörens underlag, med utgångspunkt i vad som kontrakterats med beställaren. Dessutom bör entreprenören ha ansvar för att säkerställa att åtgärderna som genomförs fungerar som de ska. Beställaren bör kräva att entreprenören inte kan lämna uppdraget innan godkänd funktionskontroll av åtgärderna har genomförts.

Entreprenören skall ha följande uppgifter och ansvar:

- Praktiskt genomföra specificerade åtgärder enligt projektörens underlag.
- Säkerställa att åtgärderna som man genomfört fungerar som de ska innan slutbesiktningen.
- Följa beställarens föreskrifter för byggandet och idrifttagandet.
- Följa beställarens kvalitetsrutiner och säkerställa att kvalitetsmålen uppnås.
- Dokumentera entreprenadkostnaden för energieffektiviseringsåtgärderna.
- Vid behov komplettera drift- och underhållsrutiner, så att de innefattar eventuella tillägg eller ändringar.

Förvaltare och driftspersonal

Förvaltare ansvarar för den aktuella byggnaden och involveras vanligen i samordningen av renoveringsarbetet och vid funktionsprovningen. Driftspersonal ansvarar för driften av byggnadens system. Deras samarbete med projektörerna och entreprenörerna är värdefullt eftersom de vet hur systemen fungerar i praktiken och vad som bör tas hänsyn till. Det är även driftspersonalen som vanligen ansvarar för enklare åtgärder som berör injustering och inställningar i styr och reglersystemen. Dessutom kommer driftspersonal och fastighetsförvaltningen ansvara för att följa upp funktionen och kvaliteten på åtgärderna. Det är därför viktigt att drifts- och underhållsplaner revideras tillsammans med entreprenören för att ta hänsyn till alla förändringar.

I Etapp 2 ska fastighetsförvaltning och driftspersonal:

- Bistå vid genomförande av åtgärderna som innebär anpassning av börvärden, drifttider, ventilinställningar eller liknande.
- Samarbeta med konstruktören och entreprenörer under det praktiska genomförandet av Etapp 2 och dela med sig med erfarenhet om hur systemen fungerar.
- Se till att de åtgärder som har genomförts fungerar på lång sikt.
- Se till att energianvändningen kan mätas som önskat i Etapp 3. Nya driftsrutiner som ska tas fram vid behov.

Konsulter

Beställare kan också vid behov handla upp en lämplig konsult upp för att planera och samordna det praktiska arbetet i Etapp 2. Konsulten kan även ansvara för beställarens kontroll av driftsatt anläggning och funktionskontroller. Mätningarna av exempelvis energiprestanda och kontroll av komponenters och systemens funktion kan dock utföras av annan person, dock alltid under ledning av den ansvarige. Beställaren ska i förfrågningsunderlaget tydligt specificera vad konsulten ska göra och ansvara för.

Det är även att rekommendera att energikonsulten som använts i Etapp 1 finns tillgänglig som stöd under Etapp 2 eftersom projektören behöver bra förståelse för bakgrund och syfte med de olika åtgärderna.

Hyresgäster

I Etapp 2 behöver även hyresgästen involveras eftersom renoveringsarbetet måste koordineras med deras verksamhet. Dessutom kan hyresgästerna ha ansvar för att genomföra vissa åtgärder, som byte av belysningsystem eller utrustning.

Upphandling av projektörer och entreprenörer i Etapp 2

Erfarenheter från genomförda projekt visar att för att verkligen nå förväntad energibesparing, och därmed förutsatt lönsamhet, är det viktigt att ställa tydliga krav i upphandlingen av projektör och entreprenör. Det viktigt att ställa tydliga krav på funktion och prestanda på den färdiga anläggningen och planera hur utfallet av åtgärderna ska utvärderas.

Beställaren ska i förfrågningsunderlaget tydligt specificera vad olika nyckelaktörer, exempelvis projektören och entreprenören, ska göra, ansvara för och vilket slutresultat som förväntas. Dessutom bör beställaren ange i förfrågningsunderlaget hur avstämning av uppdragstagarens arbete skall ske.

Som beställare bör man i upphandlingsunderlaget:

- Preciserar uppdraget i detalj och vilket ansvarsområde som uppdragstagare kommer att ha, t.ex. projektledning, projektering, totalentreprenad.
- Specificera vilka krav som ställs på uppdragstagare och på det levererade resultatet, t.ex. erfarenhet, kompetens, resurser, startdatum, leveransdatum, dokumentation och redovisning.
- Ange hur slutbesiktningen med funktionskontroll ska genomföras.

Många fastighetsföretag har egna riktlinjer och krav för projektering, byggandet och kvalitetskrav som gäller för byggprocessen. De behöver beaktas vid genomförandet av åtgärdspaketet.

Allt som ingår i det genomförda åtgärdspaketet måste fungera när entreprenören lämnar över byggnaden till beställaren. För att ytterligare understryka vikten av en fullt fungerande byggnad vid slutet av Etapp 2 finns det anledning att definiera ekonomiskt ansvar kopplat till detta. På så sätt kontrolleras de förväntade energibesparingarna innan entreprenörens arbete godkänns. Det kan då vara fördelaktigt att handla upp projektering och entreprenad från samma företag, det vill säga som en typ av totalentreprenad. En kombinerad konstruktör och entreprenör kan då sedan hållas ekonomiskt ansvarig för att uppnå de förväntade besparingarna. Detta kan innebära extra kostnad för beställaren, erfarenheten är dock att denna extra kostnad ofta i själva verket är både välmotiverad och lönsam.

Vid framtagande av upphandlingsunderlag i Etapp 2 bör beställaren ta hänsyn till hur resultatet av åtgärderna ska utvärderas i Etapp 3. Det är beställarens ansvar att se till att förfrågningsunderlaget i Etapp 2 beskriver vilka förberedelser för uppföljning som de olika aktörerna behöver vidta innan Etapp 3 kan börja. Detta inkluderar bland annat mätpunkter, mätsystem, hantering av data samt dokumentation av verkliga kostnader. Kostnaden för detta bör ingå i anbudet.

Projektering och kvalitetssäkring

En del åtgärder i åtgärdspaketet är ofta så enkla att de kan genomföras utan någon speciell förberedelse, såsom att justera börvärden, drifttider, ventilinställningar eller liknande. Andra måste projekteras och planeras mer i detalj. I projekteringsfasen görs detaljerad projektering där detaljerade ritningar, systemritningar och tekniska beskrivningar tas fram. Projekteringen resulterar i de dokument som behövs som underlag för upphandling av entreprenör.

Det är viktigt att ha överblick och förståelse för samverkan mellan de olika systemen och känna till påverkan av alla åtgärdsförslag som skall projekteras. Risken för felprojektering kan vara större vid ombyggnadsprojekt än vid nybyggnad, då det är fråga om att integrera nya lösningar i befintliga system. Projektören bör undvika förenklingar eftersom detta kan leda till att åtgärderna inte får avsedd funktion och därmed ökar risken att den förväntade energibesparingen uteblir.

Exempel:

Det kan hända att endast vissa delar av ett ventilationssystem ska åtgärdas, medan andra delar lämnas oförändrade. Projektören måste exempelvis vara särskilt vaksam om nya tilluftsdon ska installeras:

- Det får inte i samma system finnas kvar några don av en typ som är avsedda för att arbeta med ett väsentligt annorlunda tryck än de nya. Om något don inte klarar det tryck som de nya donen behöver riskeras funktionen. Om något don kräver ett betydligt högre tryck riskeras såväl funktionen som energibesparingen.
- Om systemet ska uppgraderas från konstanta luftflöden (CAV) till behovsstyrda luftflöden (VAV) styrda efter temperatur, får det inte finnas kvar don som kräver väsentligt högre inblåsningstemperatur än de nya donen. Annars är det stor risk att behovsstyrningsfunktionen slås ut eftersom hela systemet kommer att arbeta med hög tilluftstemperatur och VAV-donen öppnar fullt eftersom tilluftens kyl-förmåga blir liten. Systemet riskerar då att arbeta med i stort fullt luftflöde en stor del av året och man förlorar besparingen med VAV.

Under projekteringsstadiet kan det visa sig att vissa åtgärder inte är möjliga att genomföra enligt förslaget i Etapp 1. Exempelvis kanske viss utrustning eller system inte går att installera på grund av platsbrist eller det krävs större ombyggnad än planerad och som inte är alltid möjligt. Därför är det viktigt att ha en kontinuerlig diskussion med fastighetsägaren hur sådana problem ska hanteras.

Om justeringar görs bör det även undersökas hur en eventuell justering påverkar åtgärdspaketet, om möjligt redan innan genomförandet påbörjas.

Extra mätare kan behöva installeras för mätning och uppföljning och det behöver planeras redan i projekteringsfasen. Någon form av övervakningssystem eller styrsystem finns ofta redan i bygganden. Vissa tillägg eller anpassningar kan dock behöva göras, vilket bör genomföras samtidigt som energibesparingsåtgärderna. En mätplan för mätning och uppföljning i Etapp 3 borde tas fram.

Genomförande av åtgärder och funktionskontroll

Entreprenören skall genomföra åtgärdspaketet enligt projektörens underlag och beställarens riktlinjer. Det är avgörande för åtgärdspaketets lönsamhet att alla byggnadsdelar, tekniska system och tekniska komponenter som ingår i åtgärdspaketet får de egenskaper och den funktion som förutsatts vid dess utformning. Entreprenören bör undvika ändringar/förenklingar eftersom detta kan leda till att åtgärderna inte får avsedd funktion och därmed ökar risken att den förväntade energibesparingen uteblir.

För att säkerställa bra resultat och kvalitet i projektet måste man vara mycket noggrann med att kontrollera funktionen av de genomförda åtgärderna, och vid behov rätta till eventuella fel. Detta måste göras innan utvärderingen av åtgärdspaketet i Etapp 3 kan starta. Brister i injusteringar, dålig intrimning av styr- och reglersystem, eventuella felkopplingar, etc., kan påtagligt öka energianvändningen och på det sättet helt fördärva åtgärdernas lönsamhet.

Först görs egenprovningar av system och komponenter. Med egenprovning avses de provningar som respektive entreprenör genomför under projektets gång för att säkerställa funktion och kvalitet. Entreprenörens provningar kan omfatta kontroll av funktion, täthet, verkningsgrader, temperaturer, flöden, tryck, ljud etc. Omfattningen av de olika entreprenörernas egenprovningar skall vara väl genomarbetat i de tekniska beskrivningarna och tydligt framgå i förfrågningsunderlaget.

När anläggningen är monterad och kraven för driftsatt anläggning uppfylls påbörjas provningar där bland annat kontroll av funktionskedjor över entreprenadgränserna och prestanda hos komponenter och system utförs. Syftet med funktionskontrollen är att säkerställa att samtliga komponenter och system innehar avsedd prestanda, men också att de samtidigt uppfyller samtliga funktioner som projektören avser. Vid funktionskontrollen kontrolleras styrfunktioner och prestanda på ingående system och komponenter i omfattning enligt det framtagna programmet. Kontrollen omfattar såväl samordnade funktioner över entreprenadgränserna som funktioner inom respektive entreprenad (installationsentreprenad). Personen som ansvarar för funktionskontrollen utses normalt av beställaren.

Inom Belok har ett fokusprojekt *Samordnad funktionsprovning* genomförts där man tagit fram stöd och vägledning i hur en funktionskontroll bör genomföras⁴. I dokumentationen finns mallar för mätningar och rapportering. Allt material finns tillgängligt på www.belok.se.

Driftspersonal och fastighetsförvaltning kommer att ansvara för att följa upp funktionen och kvaliteten på åtgärderna i drift. Det är därför viktigt att drifts- och underhållsplaner revideras för att ta hänsyn till alla förändringar.

⁴ Göran Andersson, GICON Installationsledning, 2015 "Samordnad funktionskontroll", <http://belok.se/samordnad-funktionsprovning/>

Planering av mätning och uppföljning i Etapp 3

En del förberedelser för Etapp 3 bör göras redan i Etapp 2. En mätplan bör tas fram där det specificeras mer i detalj hur utfallet av åtgärderna ska utvärderas. För att planera och genomföra mätningar på ett kostnadseffektivt sätt är det viktigt att ta hänsyn till följande:

- Vilka mätdata behövs?
- Hur skall mätningar ske, t.ex. vilka kompletterande mätare kan behövas, hur samlas och lagras mätdata?
- Hur skall insamlade data hanteras?

I dokumentationen om Beloks fokusprojekt *Samordnad funktionsprovning* finns en mall för planering av mätning och uppföljning av energianvändning i byggnaden. Det finns också en mall för mätplan för Etapp 3 tillgängligt i Totalmetodikens verktyglåda.

För att kunna göra efterkontroll på det genomförda åtgärdspaketets lönsamhet behöver de faktiska investeringskostnaderna dokumenteras noggrant under Etapp 2. Dokumentering är nödvändig om det i slutändan ska vara möjligt att verifiera att investeringen i åtgärdspaketet varit lyckad. Det är alltid beställaren som avgör de ekonomiska förutsättningarna samt vilka antaganden som görs i beräkning av investeringskostnader. Det måste dock tydligt framgå vad som ingår, exempelvis om projekteringskostnad eller byggherrekostnader ingår eller inte.

Oftast genomförs energieffektiviseringsåtgärder tillsammans med större renoveringar. Då är det viktigt att skilja på kostnader kopplat till energieffektivisering och kostnader för generell renovering och underhåll.

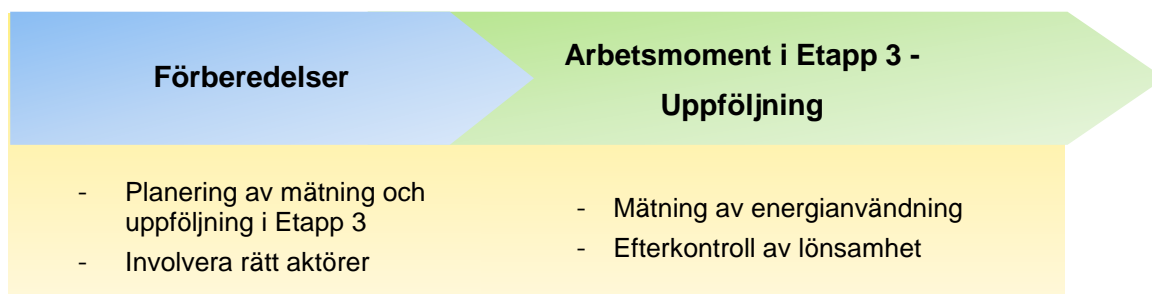
5 Totalmetodikens Etapp 3 - Uppföljning

I det här kapitlet diskuteras viktiga frågor för att genomföra uppföljningen i Etapp 3. Bland annat beskrivs olika aktörernas roller och ansvar samt de viktigaste arbetsmomenten i uppföljningskedet.

Inledning

Syftet med Totalmetodikens Etapp 3 är att följa upp energianvändning efter att paketet med energieffektiviseringsåtgärder har genomförts. Efter godkänd funktionsprovning av genomförda åtgärder i Etapp 2 kan energianvändningen följas upp genom månadsvis avläsning under minst ett års tid. Resultatet används i en slutgiltig analys av lönsamheten. Det är upp till beställaren att avgöra vad som ska ingå i uppföljningen i Etapp 3.

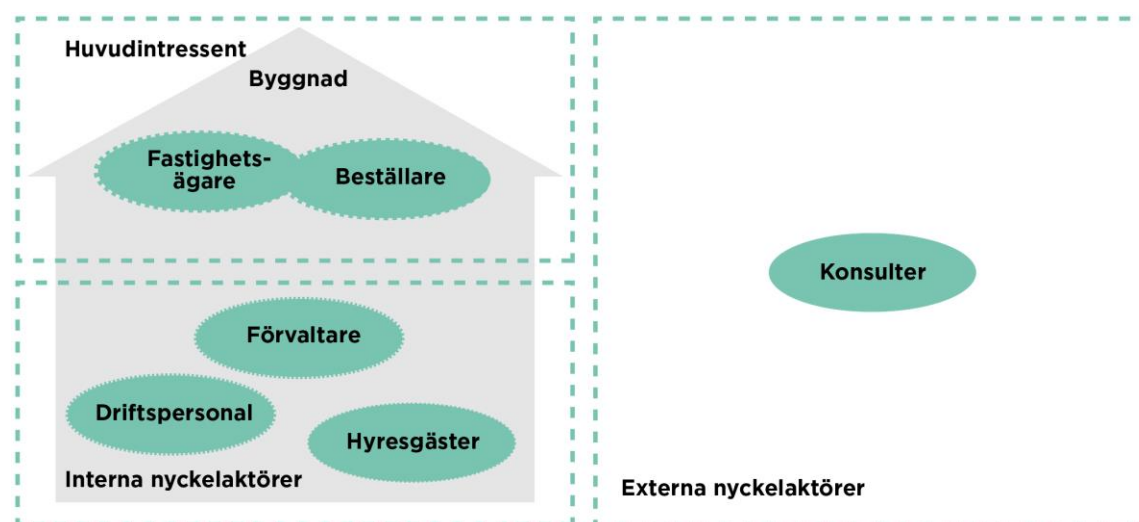
De viktigaste aktiviteterna i Totalmetodikens Etapp 3 illustreras i figur 5.1. Genomförandet av aktiviteter i Etapp 3 kräver viss förberedelse från *beställaren*, som att involvera interna nyckelaktörer i projektet och/eller handla upp externa aktörer, t.ex. *konsulter*. Planering av Etapp 3 påbörjas redan i Etapp 2 och redan vid formulering av upphandlingsunderlaget i Etapp 2 bör beställaren ta hänsyn till hur utfallet av åtgärderna ska utvärderas.



Figur 5.1 Huvudaktiviteter som ingår i Etapp 3 i Totalmetodiken.

Medverkande aktörer i Etapp 3, roller och ansvar

I figur 5.2 illustreras vilka huvudintressenter och nyckelaktörer som vanligen är inblandade i genomförandet av Etapp 3 i Totalmetodiken. Deras roller och ansvar beskrivs mer i detalj sedan.



Figur 5.2 Intressenter och nyckelaktörer i Totalmetodikens Etapp 3

Beställare

Beställare ansvarar för att involvera interna resurser för genomförandet av Etapp 3, t.ex. fastighetschef, driftspersonal, etc. Alternativt handlas lämplig konsult upp för att samordna och genomföra det praktiska arbetet i Etapp 3.

Beställarens projektledare ansvarar i Etapp 3 bland annat för att:

- Planera hur utfallet av åtgärderna i Etapp 3 ska utvärderas. Vid behov handla upp en konsult för utvärdering.
- Samordna interna resurser/personer för arbetet, t.ex. engagera driftspersonal.
- Presentera resultat från Etapp 3 för beställaren, förvaltaren, driftspersonal med flera.

Förvaltare och driftspersonal

Det är normalt den ordinarie driftspersonalen som på sikt kommer att hantera uppföljningen av anläggningarna och datahantering med hjälp av drift- och övervakningssystemet. Driftspersonalen måste därför vara väl informerad om mätpunkter, mätsystemet, hanteringen av mätdata, etc. Förvaltaren som ansvarar för den aktuella byggnaden är vanligen också involverad i uppföljningsarbetet i Etapp 3.

Förvaltare och driftspersonalen bör också i god tid förbereda rutiner för energiuppföljning. De bör även etablera nya underhålls- och driftsrutiner för att säkerställa att åtgärderna som har genomförts fungerar i drift och för att långsiktigt hålla energianvändningen på en låg nivå.

Konsulter

Beställare kan också vid behov handla upp en lämplig konsult upp för att samordna och genomföra det praktiska arbetet i Etapp 3. Konsultens uppgift är då att planera och genomföra arbetet enligt beställarens föreskrifter. Bland konsultens uppgifter kan det även ingå uppdatering av energiberäkningar från Etapp 1 för att säkerställa att jämförelse av resultat görs med rätt grunddata.

Hyresgäster

Etapp 3 kräver även en del stöd från hyresgästerna när information om byggandens faktiska användning under uppföljningsperioden ska samlas in. Då kan hänsyn tas till eventuella avvikelser i driftstider eller i användning av bygganden.

Mätning av energianvändningen

För att följa upp energianvändningen behöver användning av värme, el och eventuell kyla mätas på månadsbasis under minst ett års tid. Mätningen av energianvändningen kan påbörjas direkt efter åtgärdernas funktion har säkerställts.

För att vara säker på att datainsamlingen fungerar på rätt sätt är det mycket viktigt att kontinuerligt granska insamlad data, särskilt i början av mätperioden. Det gäller dels att verifiera att byggnaden verkligen fungerar som avsett, men även att säkerställa att mätvärden registreras på avsett vis. Om mätresultatet avviker från de värden man förväntat sig måste felen åtgärdas snarast och mätningarna startas om från början. Var alltså noga med att datainsamlingen pågår med system som fungerar korrekt under hela den tidsperiod som utvärderingen pågår.

Under datainsamlingen bör även driftsituationen och användningen av byggnaden följas upp. Syftet är att se om det finns skillnader i driftförhållanden och användning jämfört med de antaganden som

gjordes under Etapp 1 och 2. Det kan *exempelvis* hända att verksamhetstiderna ändrats eller att en del av byggnaden står oanvänd, trots att det inte var planen från början. För att kunna förklara eventuella skillnader mellan förväntat och verkligt utfall är en sådan uppföljande undersökning nödvändig.

Energiberäkningar från Etapp 1 kan behöva uppdateras för att säkerställa att jämförelse av resultat görs med rätt grunddata. Då justeras indata i modellen enligt relationshandlingar, verkliga driftparametrar och verklig användning.

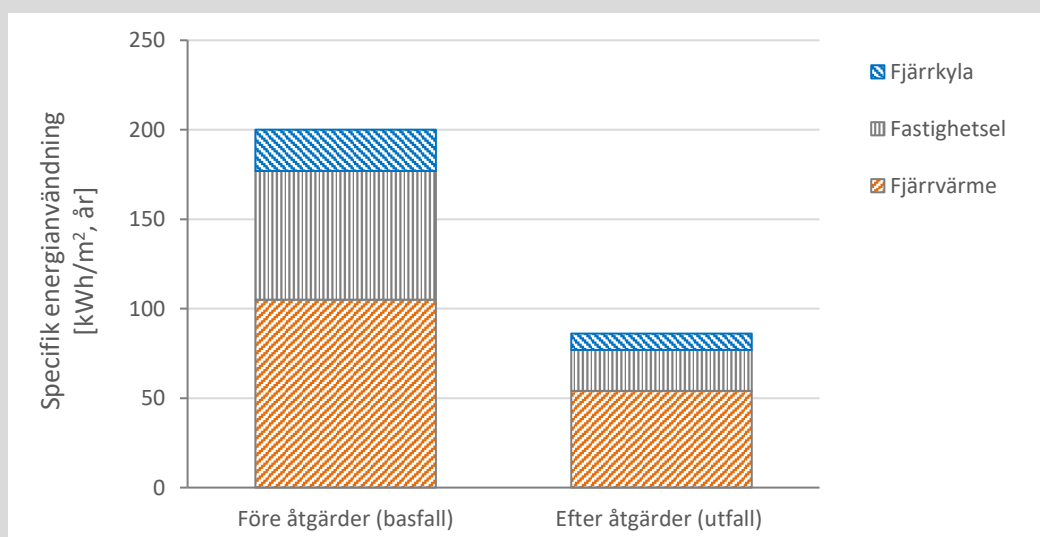
Efterkontroll av lönsamhet

Vid en uppföljande lönsamhetskalkyl används siffrorna från den uppmätta energianvändningen och de fastställda slutliga kostnaderna för åtgärdspaketet, alltså de kostnaderna som togs fram i Etapp 2. Uppmätt energianvändning används för att bedöma verklig årlig kostnadsbesparing och jämföra med beräknat.

Det verkliga lönsamhetsutfallet beräknas i form av en internränta för hela åtgärdspaketet. Denna ska jämföras med den internränta som beräknades i Etapp 1.

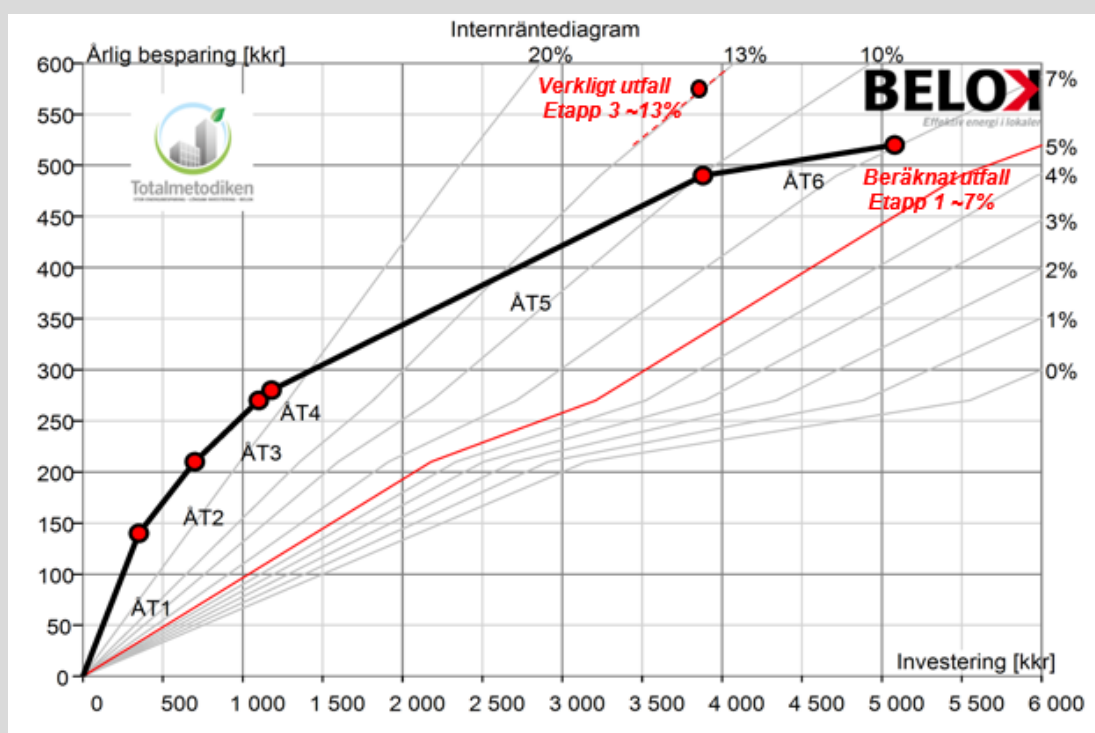
Exempel:

I en kontorsbyggnad om $7600 \text{ m}^2 A_{\text{temp}}$, har renoveringen enligt Totalmetodiken genomförts i dess helhet, d.v.s. man har bildat ett åtgärdspaket, genomfört det i byggnaden och därefter följt upp energianvändningen under ett år. I Etapp 1 beräknades att åtgärdspaketet skulle minska energianvändningen med 55 %. Stapeldiagrammet i figur 5.3 sammanfattar den uppmätta specifika energianvändningen före och efter åtgärder. Enligt uppföljningen i Etapp 3 minskade energibehovet för fastighetens drift ("BBR energi") från $200 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$ till $86 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$ och energibesparingen var således 57 %.



Figur 5.3 Uppmätt energianvändning efter genomföring åtgärdspaket, dvs. resultat från Etapp 3.

Diagrammet i figur 5.4 visar dels den i Etapp 1 beräknade lönsamheten och dels det verkliga utfallet. I Etapp 1 beräknades lönsamheten för paketet vara 7 %. Beställarens lönsamhetskrav var 7 % real kalkylränta och energipriserna har antagits att öka med 2 % utöver inflationen, dvs. korrigerad real kalkylränta var 5 %. Med den verkliga ombyggnadskostnaden och den uppmätta besparingen blev lönsamheten ca 13 %. Energikostnader för hela byggnaden minskade med ca 580 000 kr per år.



Figur 5.4 Lönsamheten enligt energi och kostnadsberäkningarna i Etapp 1 och den verkliga lönsamheten efter genomförd entreprenad och ett års mätning av energibehovet efter åtgärder.

Driftsituationen i byggnaden skilde sig från den som förutsattes i beräkningsstadiet. Ett oväntat luftläckage upptäcktes, tilläggsisoleringen av taket visade sig inte kunna genomföras fullt ut och en del av byggnaden stod outhyrd under uppföljningsperioden. Detta påverkade energianvändningen efter renoveringen. Dessutom visade sig kostnaden för åtgärds paketet vara 25 % lägre än den beräknade kostnaden i Etapp 1. Detta berodde delvis på att ombyggnaden skedde under en konjunkturedgång 2005.

Om det är avvikelser mellan det förväntade och det verkliga lönsamhetsutfallet, måsteorsaken klarläggas. Följande bör då analyseras:

- Fungerar byggnaden och de tekniska systemen som avsett? Var mycket noggrann med att kontrollera funktionen, och vid behov rätta till eventuella fel.
- Har driftsituationen och användningen av fastigheten ändrats jämfört med informationen som användes i Etapp 1?
- Skiljer verkliga kostnader mycket från det beräknade i Etapp 1? Vad kan detta bero på?
- Finns det något annat som kan ha påverkat uppskattade energibesparingarna, t.ex. om vid renoveringen genomfördes även sådant som inte är kopplat till energieffektivisering enligt Totalmetodiken?

BILAGA 1: Tre exempel på projekt enligt Totalmetodiken

Pennfäktaren

Vasagatan Stockholm

Fastigheten Pennfäktaren är ett kontorshus i Stockholm, som ägs av Vasakronan AB. Totalprojekt genomfördes i samband med ombyggnaden.

Byggår	1975
Ombyggnadsår	2008-2010
Golvarea A_{temp}	12 600 m ²
Verksamhet	Kontor, butiker
Värmeproduktion	Fjärrvärme
Kylproduktion	Fjärrkyla
Specifik energianvändning före åtgärder (BBR)	287 kWh/m ² ,år



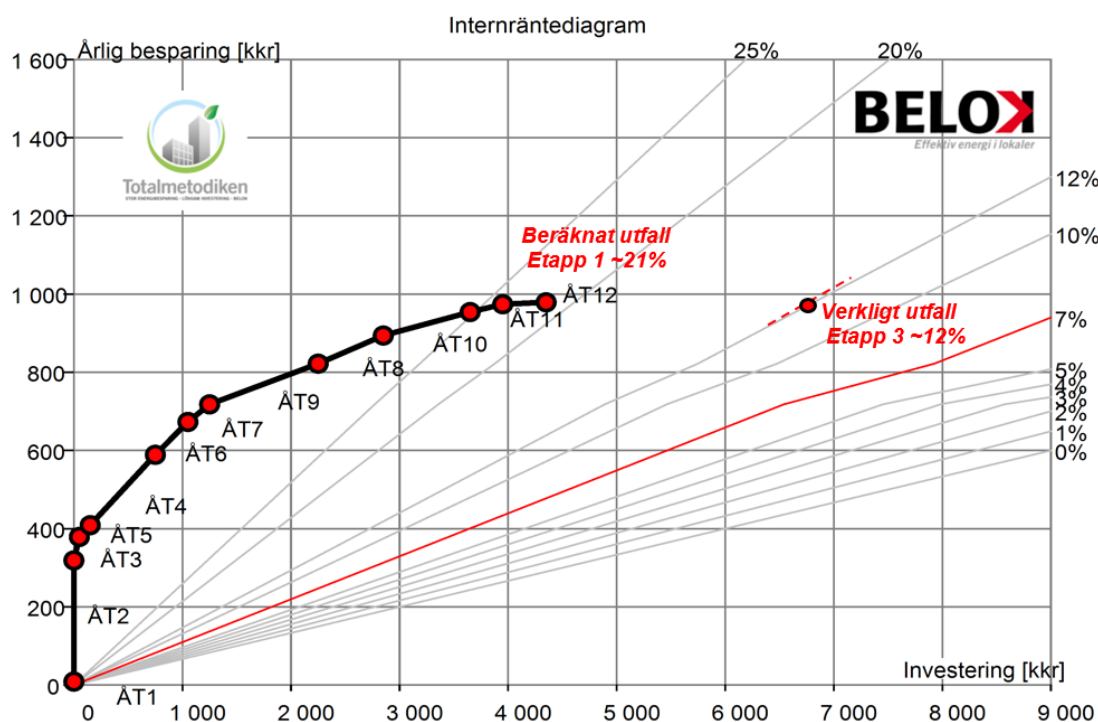
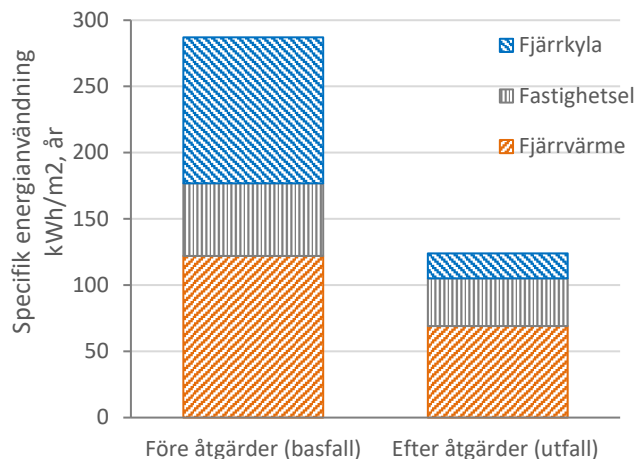
Åtgärds paketet

Följande åtgärder ingick i åtgärds paketet för energieffektivisering:

- Slopa kylbafflar, alla våningsvisa pumpar och shuntar (ÅT1)
- Installation av behovsstyrd ventilation (ÅT2)
- Nya energieffektiva varmvattenarmaturer (ÅT3)
- Sorptiv kylning i stället för konventionella aggregat och fjärrkyla (ÅT4)
- Mindre huvudpumpar för kyla och tryckstyrning (ÅT5)
- Nya aggregat med nål VVX i restaurang i stället för batteriväxling och återluft (ÅT6)
- Ny effektivare fjärrvärmecentral (ÅT7)
- Effektiv styrd belysning. Ny garagebelysning (ÅT8)
- Effektivare fönster mot gården (ÅT9)
- Solfångare för värme och tappvatten (ÅT10)
- Halogen spotlights byts mot dioder 35 W till 6W 50 st/plan (ÅT11)
- Solceller 50 m (ÅT12)

Åtgärds paketet beräknades minska energianvändningen med 55 %, och ha en internränta på ca 21 % enligt Etapp 1.

Enligt Etapp 3 var energianvändning för fastighetsdrift efter genomförda åtgärder ca 124 kWh/m², år. Energibesparingen var således 57 %. Den faktiska internräntan slutade på 12 %. Det tog dock mer än ett år tills de tekniska systemen uppnått en ur energisynpunkt acceptabel funktion. Till del berodde det på att några av de valda tekniska lösningarna var rätt framåtsyftande och krävde mer insatser än man kunnat förutse. Kostnaderna blev betydligt högre än de beräknade.



Getholmen

Skärholmen Stockholm

Fastigheten Getholmen är ett kontorshus i Skärholmen i Stockholm, som ägs av Fastighets AB Brostaden.

Byggår	1975
Ombyggnadsår	2007-2010
Golvarea A_{temp}	7 600 m ²
Verksamhet	kontor
Värmeproduktion	Fjärrvärme
Kylproduktion	Fjärrkyla
Specifik energianvändning före åtgärder (BBR)	200 kWh/m ² ,år



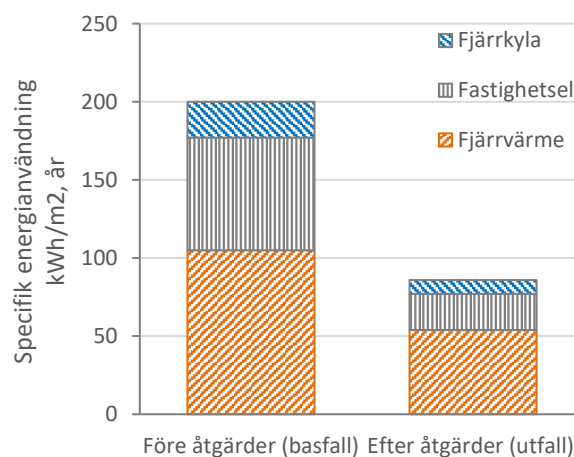
Åtgärds paketet

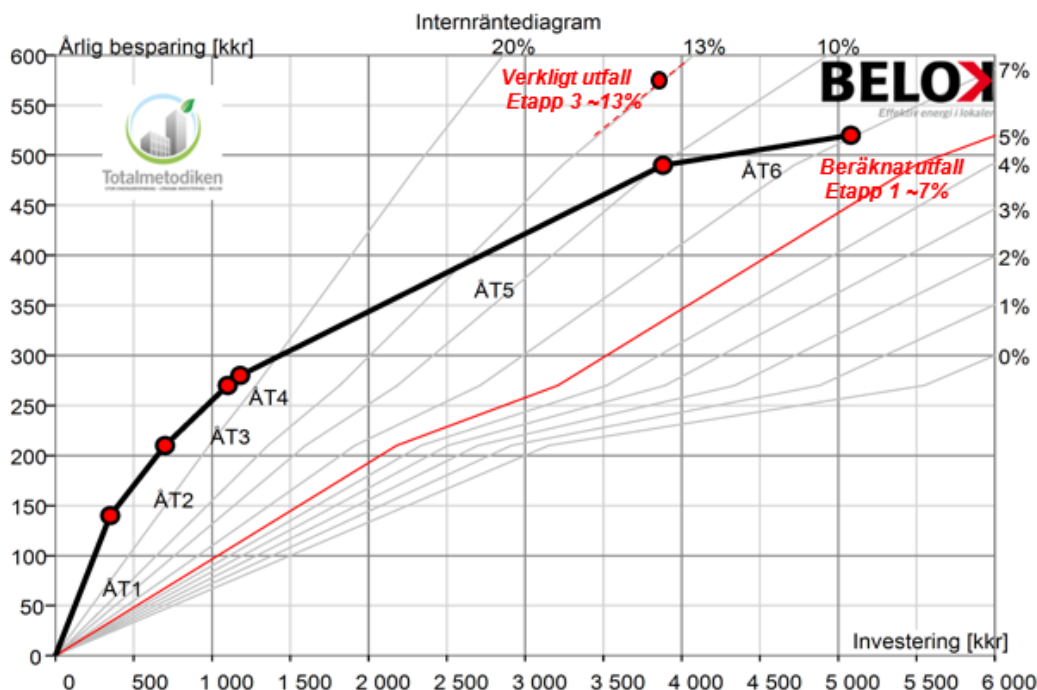
Följande åtgärder ingick i åtgärds paketet för energieffektivisering:

- Ny fastighetsbelysning (ÅT1)
- Reducerad baslast för värme (ÅT2)
- Förbättrad takisolering (ÅT3)
- Införande av nattkyla sommartid (ÅT4)
- Nytt ventilationssystem (ÅT5)
- Byte av fönster (ÅT6)

Åtgärds paketet beräknades minska energianvändningen med 55 %, och ha en internränta på ca 7 % enligt Etapp 1. Fastighetsägarens avkastningskrav var 7 % och energipriserna har antagits att öka med 2 % utöver inflationen, dvs. korrigerad real kalkylränta var 5 %.

Enligt Etapp 3 var energianvändning efter genomförda åtgärder ca 86 kWh/m², år. Energibesparingen var således 57 %. Den faktiska internräntan slutade på 13 %. Driftsituationen i byggnaden skilde sig från den som förutsattes i beräkningsstadiet. Exempelvis en del av byggnaden stod outhyrd under uppföljningsperioden. Detta påverkade energianvändningen efter renoveringen. Dessutom visade sig kostnaden för åtgärds paketet vara 25 % lägre än den beräknade kostnaden i Etapp 1.





Hägern mindre 7

Drottninggatan Stockholm

Hägern mindre 7 är ett kontorshus med 8 våningar beläget vid Drottninggatan i Stockholm och som ägs av Fabège. År 2001 skedde en renovering där delar av undercentralen byttes ut, nya aggregat installerades i fläktrum och delar av kanalsystemet byttes ut.

Byggår	1970
Ombyggnadsår	2001, 2010-2011
Golvarea A_{temp}	17 200 m ²
Verksamhet	Kontor, butiker
Värmeproduktion	Fjärrvärme
Kylproduktion	Fjärrkyla
Specifik energianvändning före åtgärder (BBR)	197 kWh/m ² A_{temp} ,år



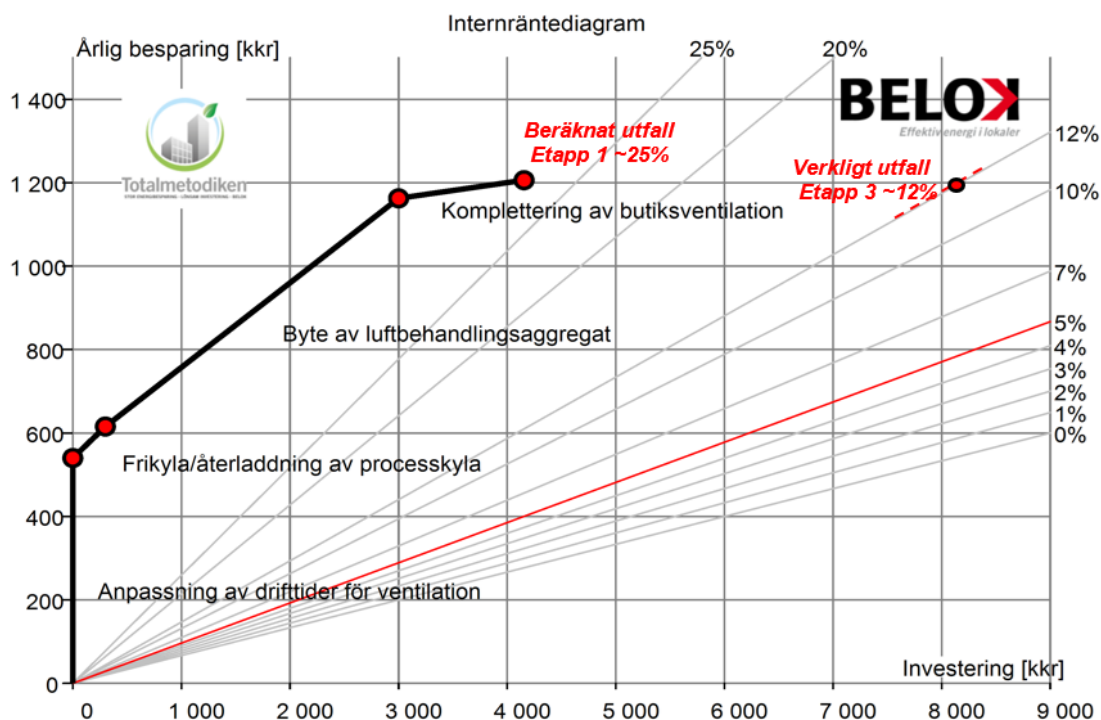
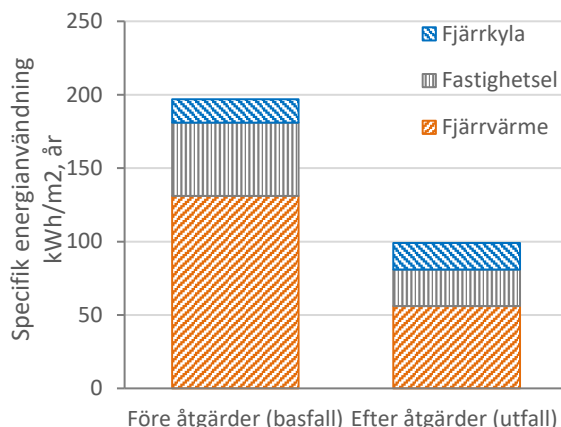
Åtgärds paketet

Följande åtgärder ingick i åtgärds paketet för energieffektivisering:

- Anpassning av drifttider för ventilationsaggregat till ny systemlösning (ÅT1)
- Ett luftbehandlingsaggregat utnyttjas för frikyllning/återladdning av processkylsystem (ÅT2)
- Byte av luftbehandlingsaggregat (ÅT3)
- Butiksventilation kompletteras med behovsstyrd ventilation (ÅT4)

Åtgärds paketet beräknades minska energianvändningen med 53 %, och ha en internränta på ca 25 % enligt Etapp 1. Fastighetsägarens lönsamhetskrav avkastningskrav var 7 % real kalkylränta och energipriserna har antagits att öka med 2 % utöver inflationen, dvs. korrigerad real kalkylränta var 5 %.

Enligt uppföljningen i Etapp 3 var energi för fastighetsdrift efter genomförda åtgärder ca 99 kWh/m²,år. Energibesparingen var således 50 %. Den faktiska internräntan slutade på 12 %. Det visade sig att arbetet med renoveringen blev betydligt mer omfattande än vad man bedömt i den inledande analysen, Etapp 1. Huvudorsaken var att renoveringen var tvungen att ske med full verksamhet i butikerna, vilket medförde installationen av ventilationskanalerna blev komplicerad och kostsam.



BILAGA 2: Stödtabeller för ekonomiska beräkningar

Tabell 1 Annuitetsfaktor $P(r,n)$

$$P(r,n) = \frac{r/100}{1 - (1 + r/100)^{-n}} \quad \text{där } r = \text{ränta och } n = \text{kalkyltid}$$

År	4 %	6 %	8 %	10 %	12 %	15 %	20 %	25 %
1	1,0400	1,0600	1,0800	1,1000	1,1200	1,1500	1,2000	1,2500
2	0,5302	0,5454	0,5608	0,5762	0,5917	0,6151	0,6545	0,6944
3	0,3603	0,3741	0,3880	0,4021	0,4163	0,4380	0,4747	0,5123
4	0,2755	0,2886	0,3019	0,3155	0,3292	0,3503	0,3863	0,4234
5	0,2246	0,2374	0,2505	0,2638	0,2774	0,2983	0,3344	0,3718
6	0,1908	0,2034	0,2163	0,2296	0,2432	0,2642	0,3007	0,3388
7	0,1666	0,1791	0,1921	0,2054	0,2191	0,2404	0,2774	0,3163
8	0,1485	0,1610	0,1740	0,1874	0,2013	0,2229	0,2606	0,3004
9	0,1345	0,1470	0,1601	0,1736	0,1877	0,2096	0,2481	0,2888
10	0,1233	0,1359	0,1490	0,1627	0,1770	0,1993	0,2385	0,2801
11	0,1141	0,1268	0,1401	0,1540	0,1684	0,1911	0,2311	0,2735
12	0,1066	0,1193	0,1327	0,1468	0,1614	0,1845	0,2253	0,2684
13	0,1001	0,1130	0,1265	0,1408	0,1557	0,1791	0,2206	0,2645
14	0,0947	0,1076	0,1213	0,1357	0,1509	0,1747	0,2169	0,2615
15	0,0899	0,1030	0,1168	0,1315	0,1468	0,1710	0,2139	0,2591
16	0,0858	0,0990	0,1130	0,1278	0,1434	0,1679	0,2114	0,2572
17	0,0822	0,0954	0,1096	0,1247	0,1405	0,1654	0,2094	0,2558
18	0,0790	0,0924	0,1067	0,1219	0,1379	0,1632	0,2078	0,2546
19	0,0761	0,0896	0,1041	0,1195	0,1358	0,1613	0,2065	0,2537
20	0,0736	0,0872	0,1019	0,1175	0,1339	0,1598	0,2054	0,2529
25	0,0640	0,0782	0,0937	0,1102	0,1275	0,1547	0,2021	0,2509
30	0,0578	0,0726	0,0888	0,1061	0,1241	0,1523	0,2008	0,2503
35	0,0536	0,0690	0,0858	0,1037	0,1223	0,1511	0,2003	0,2501
40	0,0505	0,0665	0,0839	0,1023	0,1213	0,1506	0,2001	0,2500
45	0,0483	0,0647	0,0826	0,1014	0,1207	0,1503	0,2001	0,2500
50	0,0466	0,0634	0,0817	0,1009	0,1204	0,1501	0,2000	0,2500

Tabell 2 Nusummefaktorn $I(r,n)$

$$I(r,n) = \frac{1 - (1 + r/100)^{-n}}{r/100} \quad \text{där } r = \text{ränta och } n = \text{kalkyltid}$$

År	4 %	6 %	8 %	10 %	12 %	15 %	20 %	25 %
1	0,9615	0,9434	0,9259	0,9091	0,8929	0,8696	0,8333	0,8000
2	1,8861	1,8334	1,7833	1,7355	1,6901	1,6257	1,5278	1,4400
3	2,7751	2,6730	2,5771	2,4869	2,4018	2,2832	2,1065	1,9520
4	3,6299	3,4651	3,3121	3,1699	3,0373	2,8550	2,5887	2,3616
5	4,4518	4,2124	3,9927	3,7908	3,6048	3,3522	2,9906	2,6893
6	5,2421	4,9173	4,6229	4,3553	4,1114	3,7845	3,3255	2,9514
7	6,0021	5,5824	5,2064	4,8684	4,5638	4,1604	3,6046	3,1611
8	6,7327	6,2098	5,7466	5,3349	4,9676	4,4873	3,8372	3,3289
9	7,4353	6,8017	6,2469	5,7590	5,3282	4,7716	4,0310	3,4631
10	8,1109	7,3601	6,7101	6,1446	5,6502	5,0188	4,1925	3,5705
11	8,7605	7,8869	7,1390	6,4951	5,9377	5,2337	4,3271	3,6564
12	9,3851	8,3838	7,5361	6,8137	6,1944	5,4206	4,4392	3,7251
13	9,9856	8,8527	7,9038	7,1034	6,4235	5,5831	4,5327	3,7801
14	10,5631	9,2950	8,2442	7,3667	6,6282	5,7245	4,6106	3,8241
15	11,1184	9,7122	8,5595	7,6061	6,8109	5,8474	4,6755	3,8593
16	11,6523	10,1059	8,8514	7,8237	6,9740	5,9542	4,7296	3,8874
17	12,1657	10,4773	9,1216	8,0216	7,1196	6,0472	4,7746	3,9099
18	12,6593	10,8276	9,3719	8,2014	7,2497	6,1280	4,8122	3,9279
19	13,1339	11,1581	9,6036	8,3649	7,3658	6,1982	4,8435	3,9424
20	13,5903	11,4699	9,8181	8,5136	7,4694	6,2593	4,8696	3,9539
25	15,6221	12,7834	10,6748	9,0770	7,8431	6,4641	4,9476	3,9849
30	17,2920	13,7648	11,2578	9,4269	8,0552	6,5660	4,9789	3,9950
35	18,6646	14,4982	11,6546	9,6442	8,1755	6,6166	4,9915	3,9984
40	19,7928	15,0463	11,9346	9,7791	8,2438	6,6418	4,9966	3,9995
45	20,7200	15,4558	12,1084	9,8628	8,2825	6,6543	4,9986	3,9998
50	21,4822	15,7619	12,2335	9,9148	8,3045	6,6605	4,9995	3,9999

Tabell 3 Nuvärdesfaktor $i(r,n)$

$$i(r,n) = \frac{1}{(1+r)^n} \quad \text{där } r = \text{ränta och } n = \text{kalkyltid}$$

År	4 %	6 %	8 %	10 %	12 %	15 %	20 %	25 %
1	0,9615	0,9434	0,9259	0,9091	0,8929	0,8696	0,8333	0,8000
2	0,9246	0,8900	0,8573	0,8264	0,7972	0,7561	0,6944	0,6400
3	0,8890	0,8396	0,7938	0,7513	0,7118	0,6575	0,5787	0,5120
4	0,8548	0,7921	0,7350	0,6830	0,6355	0,5718	0,4823	0,4096
5	0,8219	0,7473	0,6806	0,6209	0,5674	0,4972	0,4019	0,3277
6	0,7903	0,7050	0,6302	0,5645	0,5066	0,4323	0,3349	0,2621
7	0,7599	0,6651	0,5835	0,5132	0,4523	0,3759	0,2791	0,2097
8	0,7307	0,6274	0,5403	0,4665	0,4039	0,3269	0,2326	0,1678
9	0,7026	0,5919	0,5002	0,4241	0,3606	0,2843	0,1938	0,1342
10	0,6756	0,5584	0,4632	0,3855	0,3220	0,2472	0,1615	0,1074
11	0,6496	0,5268	0,4289	0,3505	0,2875	0,2149	0,1346	0,0859
12	0,6246	0,4970	0,3971	0,3186	0,2567	0,1869	0,1122	0,0687
13	0,6006	0,4688	0,3677	0,2897	0,2292	0,1625	0,0935	0,0550
14	0,5775	0,4423	0,3405	0,2633	0,2046	0,1413	0,0779	0,0440
15	0,5553	0,4173	0,3152	0,2394	0,1827	0,1229	0,0649	0,0352
16	0,5339	0,3936	0,2919	0,2176	0,1631	0,1069	0,0541	0,0281
17	0,5134	0,3714	0,2703	0,1978	0,1456	0,0929	0,0451	0,0225
18	0,4936	0,3503	0,2502	0,1799	0,1300	0,0808	0,0376	0,0180
19	0,4746	0,3305	0,2317	0,1635	0,1161	0,0703	0,0313	0,0144
20	0,4564	0,3118	0,2145	0,1486	0,1037	0,0611	0,0261	0,0115
25	0,3751	0,2330	0,1460	0,0923	0,0588	0,0304	0,0105	0,0038
30	0,3083	0,1741	0,0994	0,0573	0,0334	0,0151	0,0042	0,0012
35	0,2534	0,1301	0,0676	0,0356	0,0189	0,0075	0,0017	0,0004
40	0,2083	0,0972	0,0460	0,0221	0,0107	0,0037	0,0007	0,0001
45	0,1712	0,0727	0,0313	0,0137	0,0061	0,0019	0,0003	0,0000
50	0,1407	0,0543	0,0213	0,0085	0,0035	0,0009	0,0001	0,0000

BILAGA 3: Exempel på rekommenderade ekonomiska livslängder för olika åtgärder

Tabell A.1 Rekommenderade ekonomiska livslängder för energibesparingsåtgärder enligt olika källor

Åtgärd	Ekonomisk livslängd [år]		
	Referensprojekt [1]	CEN 15459 [2]	2006/32/EC [3]
Fasadisolering	40	-	25 – 30
Takisolering	40	-	25
Grundisolering	40	-	25
FTX	20	15 – 20	17 – 20
Energieffektiva fönster	40	-	30
Behovsstyrd ventilation	15	15	15
Individuell tappvarmvattenmätning	15	10 ⁵	-
Solvärme	20	15 – 25	20
Solceller	20	-	23
Tätare klimatskal	40	-	5
Frånluftsvärmepump	15	15 – 20	15
Bättre styrning värme	15	15 – 25	10
Byte av tappvarmvattenarmatur	15	-	15
Energieffektiv belysning	15	-	10 – 15
Fastighetselåtgärder (belysning och SFP)	15	-	-

[1] Livslängder baserat på Beloks referensprojekt och erfarenhetsvärden.

[2] Svensk Standard SS-EN 15459:2007 “Energy performance of buildings - Economic evaluation procedure for energy systems in buildings”

[3] European Commission. “Recommendations on measurement and verification methods in the framework of Directive 2006/32/EC on energy end-use efficiency and energy services”

⁵ Gäller mätare

BILAGA 4: Underlag för frågor till driftstekniker, förvaltare och hyresgäst

Underlag för frågor till driftstekniker och förvaltare

- Beskrivning av tekniska system och hur de systemen fungerar idag?
- Vad är byggnadens historia?
- Vilka byggnadstekniska och installationstekniska åtgärder har genomförts under den senaste tioårsperioden?
- Vilka tidigare investeringar har gjorts?
- Finns det några klagomål från hyresgäster? Varför, vilka åtgärder genomfördes?
- Har driftstekniker och förvaltare egna förslag till energiåtgärder?
- Planerade åtgärder/renoveringar?
- Hur ser verksamheten ut, uppfylls verksamhetens behov?

Underlag för frågor till verksamhetsansvarig/hyresgäst

- Hur används rummen?
- Antal personer som vistas i lokalerna? Hur många rum bedöms användas samtidigt? Användningstider (inkl. semestertider)?
- Hur upplevs inneklimatet?
- Några bekymmer som kan kopplas till huset och husets drift?
- Bedömning av status av byggnaden. Har ni förslag till åtgärder?
- Maskiner och utrustning som används av verksamheten (antal, typ, användningstider, etc.)?

BILAGA 5: Checklistor för vanliga åtgärder på byggnadens klimatskal, byggnadstekniska system och installationer

Checklistan används för att undersöka om det finns potential för effektivisering av byggnadstekniska system och installationer i byggnaden. Checklistan ger både kontrollfrågor och möjliga åtgärdsförslag. Listan är inte komplett och visar bara ett urval vanliga problemställningar och möjliga åtgärder som kan förekomma i lokalbyggnader.

Möjligheterna till åtgärder på byggnadens klimatskal är normalt rätt begränsade i lokalbyggnader, speciellt i byggnader med stora interna värmelaster. Exempelvis tilläggsisolering och byte av fönster till mer energieffektiva kan dock bli aktuellt, speciellt om fasaden behöver renoveras och fönstren behöver bytas av underhållsskäl.

Notera: Oavsett vilken åtgärd som görs måste man alltid tänka på byggnaden som helhet och att åtgärder kan ha stor påverkan på varandra och på byggnadens olika tekniska system.

Byggnadens klimatskal

- Hur ser entrédörrar ut? Typ? Isolering? Finns det portar som ej går att stänga helt?
 - Överväg tätning av otätheter.
 - Överväg byte till energieffektivare portar.
 - Överväg tillägg av automatiska dörrstängare.
 - Överväg ändring av dörrar, som många passerar, till någon form av sluss som minskar inströmningen av uteluft.
- Hur ser värmeisolering ut på vind?
 - Överväg tilläggsisolering.
- Hur ser värmeisolering ut på källarvägg, fasad?
 - Överväg tilläggsisolering.
- Hur ser fönstren ut? Typ? Isolering?
 - Överväg tätning av fönster.
 - Sätt in en tilläggsruta i befintlig fönsterbåge (*sällan motiverbar ur energisynpunkt enbart, men kan vara motiverad för förbättrat inneklimat*)
 - Överväg byte till energieffektivare fönster (*sällan motiverbar ur energisynpunkt enbart, men kan vara motiverad för förbättrat inneklimat*).

System för värmning

Värmebehovet

- Finns det möjligheter att minska värmebehovet?
 - Justera rumstemperaturer under värmeperioden.
 - Justera tilluftstemperaturer.
 - Undvika samtidig uppvärmning och komfortkyla i samma rum.
 - Effektivisera klimatskalet: tätning av otätheter, förbättring av U-värden.
 - Effektivisera ventilationssystem: förbättra värmeåtervinning.
 - Effektivisera varmvattensystemet.

Värmedistribution

- Hur fungerar rumsapparater? Finns det radiatortermostater? Fungerar termostater? *I lokaler måste en kontroll av värmesystemets funktion normalt ske utom arbetstid. Under arbetstid är det normalt värmeöverskott i många rum, vilket innebär att radiatorernas termostatventiler är stängda.*
 - Installera/byta termostater.
 - Förbättra funktionen hos rumsapparater.
- När injusterades värmesystemet senast? Finns det problem med ojämn temperaturfördelning i byggnaden? Problem med varma/kalla rum vintertid?
 - Injustera värmesystem. *Notera: Injustering av värmesystem behövs även om övriga åtgärder som påverkar värmebehovet genomförs!*
 - Justera reglerkurvan.
- Hur styrs pumpar? Motsvarar pumpens storlek behovet?
 - Byt äldre småpumpar med normalt usel verkningsgrad till nya energieffektiva pumpar.
 - Byt till frekvensstyrda pumpar förutsatt att detta skulle effektivisera värmesystemet.
 - Justera styrningen av pumpar (driftstider).
- Vad är framledningstemperaturerna i olika shuntgrupper?
 - Justera reglerkurvan.
 - Justera in vattenflödena i systemen om de skulle vara mycket fel. Har man fungerande termostatventiler kan dessa normalt bemästra rimliga injusteringsfel.
- Är värmerör isolerade? Hur ser isoleringen ut?
 - Förbättra rörisoleringen.
- Finns det markvärme? Hur styrs den? Behövs markvärmen, finns det isproblem i samband med snö?
 - Justera/ändra styrningen av markvärme.

Värmeproduktion

- Hur är produktionsenhetens status och skick? Hur stora är värmeförlusterna i systemet
 - Byt ut enheten till effektivare alternativ.
 - Konvertera till mer miljövänligt energislag om en äldre panna ändå behöver bytas.

Tappvarmvattensystem

- Hur ser vattenarmaturerna ut?
 - Installera vattensparande blandarmunstycken eller moderna tappvattenarmaturer. Moderna armaturer är mycket tätare och vattenanvändningen blir avsevärt lägre vilket kan ge besparingar både på vatten- och värmesidan.
- Är rören isolerade? Hur ser isoleringen ut?
 - Förbättra rörisoleringen för tappvarmvattenledningar.
- Kontrollera funktion av VVC-pumpen.
 - Byt till energieffektivare cirkulationspumpar i VVC-systemet.

System för kyla

Kylbehovet

- Finns det möjligheter att minska behovet av komfortkyla?
 - Minska intern värmegenerering, exempelvis genom ny allmänbelysning.
 - Öka rumstemperaturen under kylperioden.
 - Montera utvändig solavskärmning.
 - Installera solskyddsfilm på fönster.
 - Utnyttja nattkyla och frikyla.
 - Eliminera samtidig värmning och kylning i samma rum, säkerställ att radiatorer och andra värmeelementer är avslagna då det krävs kyla.
 - Justera tilluftstemperaturer. Se vidare under "System för ventilation".
- Temperaturer i datorrum, TV-rum, ställvärksrum? Vilka är kraven på börvärdena för kyla?
 - Anpassa börvärdena om möjligt.

Distribution av kyla

- Hur styrs pumpar? Motsvarar pumpens storlek behovet?
 - Justera eller byt storlek på pump. Gamla småpumpar med dålig verkningsgrad och lång drifttid bör alltid bytas.
 - Frekvensstyrning av pump, om det skulle förbättra systemets funktion.
- När injusterades kylsystemet senast?
 - Injustera kyldistributionen.
- Är köldbärarrören tillräckligt väl isolerade? Hur ser isoleringen ut?
 - Förbättra rörisoleringen.

Komfortkyla produktion

- Hur är produktionsenhetens status och skick?
 - Byt ut enheten till effektivare alternativ.
 - Anpassa maskinens drifttemperatur och drifttid efter behovet.
 - Kontrollera värmeöverförande ytors status och rengör vid behov.
- Kan kondensorvärme för förvärmning av varmvatten utnyttjas?
- Kan frikyla utnyttjas? Detta gäller vid vattenburna kylsystem med kylbafflar och liknande. *Kan kräva rätt omfattande extrainstallationer om kylsystemet inte är förberett för detta.*

System för ventilation

Ventilationsbehovet

- Vilka ventilationsflöden tillförs på rumsnivå? Uppfyller de verksamhetens behov/krav idag? Vilka är drifttiderna?
 - Anpassa drifttider.
 - Anpassa/injustera luftflödena med hänsyn till behovet.
 - Inför behovsstyrning, vilket i praktiken innebär ombyggnad från CAV- system till VAV-system⁶
 - Natt- och helgsänkning av flödena.
- Vad är tilluftstemperaturen? Hur styrs tilluftstemperaturen? Har tilluften också kylfunktion eller värmefunktion? Behövs det?
 - Anpassa tilluftstemperaturen.

Ventilation: distribution

- Hur skiljer sig ventilationsbehoven åt mellan olika delar av lokalerna? Tillgodose skilda behov?
 - Injustera ventilationsflödena.
 - Sektionera och installera ev. fler aggregat för att tillgodose skilda behov.
 - Installera efterbehandlingsenhet med värme/kyla/filter/(fukt).
- Hur ser kanalsystemet ut? Finns det stora tryckfall i kanalsystemet? Finns det möjligheter att minska tryckfallen i kanalsystemet?
 - Kontrollera don och spjäll för att reducera tryckfallet.
- Behövs isolering av kanaler? Isolera kanaler.

⁶ CAV till VAV är en rätt stor åtgärd, som dock kan vara klart lönsam. Om den görs rätt kan behovet av luftvärmning nästan elimineras och elbehovet för fläktar halveras. Förutsättningen är att lösningen är rätt.

1. Befintliga don måste bytas mot VAV-don.
2. Om flödet styrs av rumstemperaturen bör de dragfritt klara en så låg tilluftstemperatur som ca +15°C. *Alla* don i systemet måste klara detta. Om det finns ett enda don i systemet som kräver högre tilluftstemperatur, blir detta bestämmande för hela systemets tilluftstemperatur, luftens kyleffekt minskar och alla övriga don ökar luftflödet för att klara rumstemperaturen. Deplacerande don kräver i praktiken uppåt +19°C tilluftstemperatur för att inte ge drag. Finns ett enda deplacerande don i ett VAV-system kommer detta att bestämma tilluftstemperaturen. Luftens kyleffekt blir ringa och alla don i rum med verksamhet öppnar fullt. Systemet kommer att i praktiken arbeta som ett CAV-system och hela vinsten med ombyggnaden försvinner.
3. VAV-donen måste utan störande buller klara ett rätt stort tryckfall, normalt upp mot 120 Pa. Vid lågt flöde blir tryckfallet i kanalsystemet litet och trycket före donen högt. Det här är viktigt för att man skall slippa installera kompletterande spjäll i systemet.

Ventilation: produktion

- Vilka är driftstiderna för ventilationssystemet? Överensstämmer drifttiderna med arbetstiderna? Finns det olika driftslägen?
 - Anpassa driftstiderna
- Vad är uppskattat SFP-värde för fläktsystemet?
 - Minska trycknivån om möjligt.
 - Lägg till behovsstyrning av fläktar.
 - Byta till energieffektivare fläktar.
- Finns det värmeåtervinning? Används rätt typ av återvinning? Vad är temperaturverkningsgraden? Systemtemperaturer på olika årstider? Fungerar styrningen?
 - Installera värmeåtervinning om den inte finns.
 - Byt ut till bättre typ av värmeåtervinning.
 - Förbättra styrningen.
 - Rengör värmeåtervinningssystem.
- Hur styrs värmebatterier och kylbatterier? Hur är samverkan mellan dem? Kolla pumpar och läckage från ventiler.
 - Lägg till dödband för öppning mellan kyl- och värmeventiler.
 - Rengör värmebatterier och kylbatterier.
 - Injustera vätskeflöden.
 - Åtgärda läckage från ventiler och pumpar.
- Har filtren rätt klass? Kontrollera tryckfall via filtren.
 - Byt filter.
 - Ändra bytesintervall och underhållsrutiner.

Belysning

- Uppfyller belysningen verksamhetens behov/krav idag? Vad är det för typ av belysning och armaturer och i vilket skick? Vad är den installerade belysningseffekten W/m² och ljusutbyte lm/W?
 - Byt till ett energieffektivare belysningssystem (effektivare ljuskällor och armaturer).
- Finns det belysningsautomatik? Är den i funktion? Är driftstiderna anpassade till arbetstider?

Hur styrs belysningen i trapphus och korridorer?

 - Anpassa styrning och driftstider efter rummets användning.
 - Sektionera belysning, anpassa tidskanaler.
 - Lägg till närvarostyrning.
 - Lägg till dagsljusreglering, justera dagljusstyrningen (antal lux). *Notera: se upp om det tillkommer stand-by effekter.*
- Är ytterbelysning i drift dagtid?
 - Anpassa styrning och driftstider.

Maskiner

- Vilka är driftstiderna under veckodagar och helgdagar?
 - Anpassa driftstiderna.
- Finns det tryckluftssystem? Finns det problem med tryckluftsläckage?
 - Minska tryckluftsläckage.

System för styr och övervakning

- Installera separerad mätning av värme, el och kyla om det inte finns.
- Installera separerad mätning av värme, el och kyla av olika byggnader om det inte finns.
- Kontrollera larmfunktioner: Vad?, Hur?, Visning?, Loggning? Kan larmfunktioner förbättras?
- Hur sker rapportgenereringen, vecko-, månads- och årsrapporter? Kan rapporteringen förbättras?
- Hur ser visualisering ut, principalscheman och diagramritning? Behövs förbättringar?

Stand-by effekter

- Stand-by funktioner i olika apparater kräver kanske bara ett fåtal watt var, men de är många och ofta på året runt.
 - Försök få en bild av dessa och se vad kan göras för att minska dem.
 - Ersätt gamla stand-by enheter.
- En del styrande åtgärder, t.ex. vissa avancerade belysningsstyrningar kan innehålla stand-by funktioner, som kräver mer elenergi än vad som sparas genom att installera belysningsstyrningen. Kontrollera detta innan åtgärden genomförs.