

Uppdrag
Brf Lingonet

Uppdragsnummer
411133

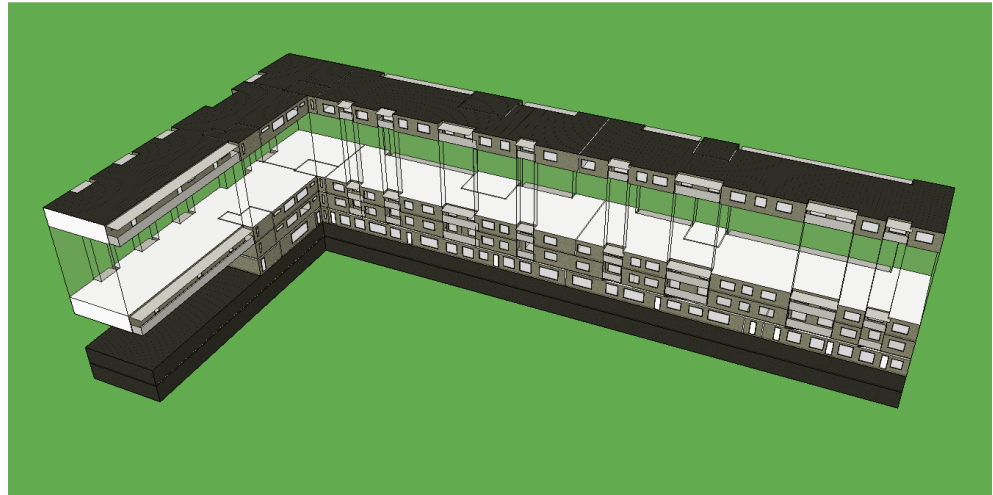
Handläggare
Anton Clarholm,
M.Sc

Per Levin, Docent

Granskad av
Per Levin

Datum
2014-06-11

Energiberäkning Brf Lingonet



På uppdrag av Brf Lingonet har en digital energiberäkningsmodell byggts i IDA ICE 4.6.1. Energibesparingsåtgärder har sedan simulerats i syfte att utvärdera potentiell besparing som underlag för investeringsbeslut.

Sammanfattning

På uppdrag av bostadsrättsföreningen Lingonet har en modell upprättats av en flerbostadsbyggnad i programmet IDA ICE 4.6.1, som fortsättning på tidigare utförd förstudie av bostadsrättsföreningens nuvarande energiläge samt möjlighet till energibesparingsåtgärder.

14 st. energibesparingsåtgärder och kombinationer har beräknats och utvärderats.

Lönsamhetskalkyler har utförts där de olika åtgärderna jämförts dels med nuvärdesberäkning med hjälpmedlet ED-kalkyl samt BELOK totalverktyg.

Innan eventuella energibesparingsåtgärder utförs behöver byggnadens ventilationssystem ställas i ordning. Fattas beslut om installation av FTX görs dock ventilationssystemet om, vilket är undantaget denna förutsättning.

Installation av frånluftsvärmepump ger störst energibesparing som enskild åtgärd. Kombineras denna med injustering av värmesystemet, tilläggsisolering av tak och yttervägg i samband med renovering, komplettering av fönster med isolerruta blir besparingen som störst.

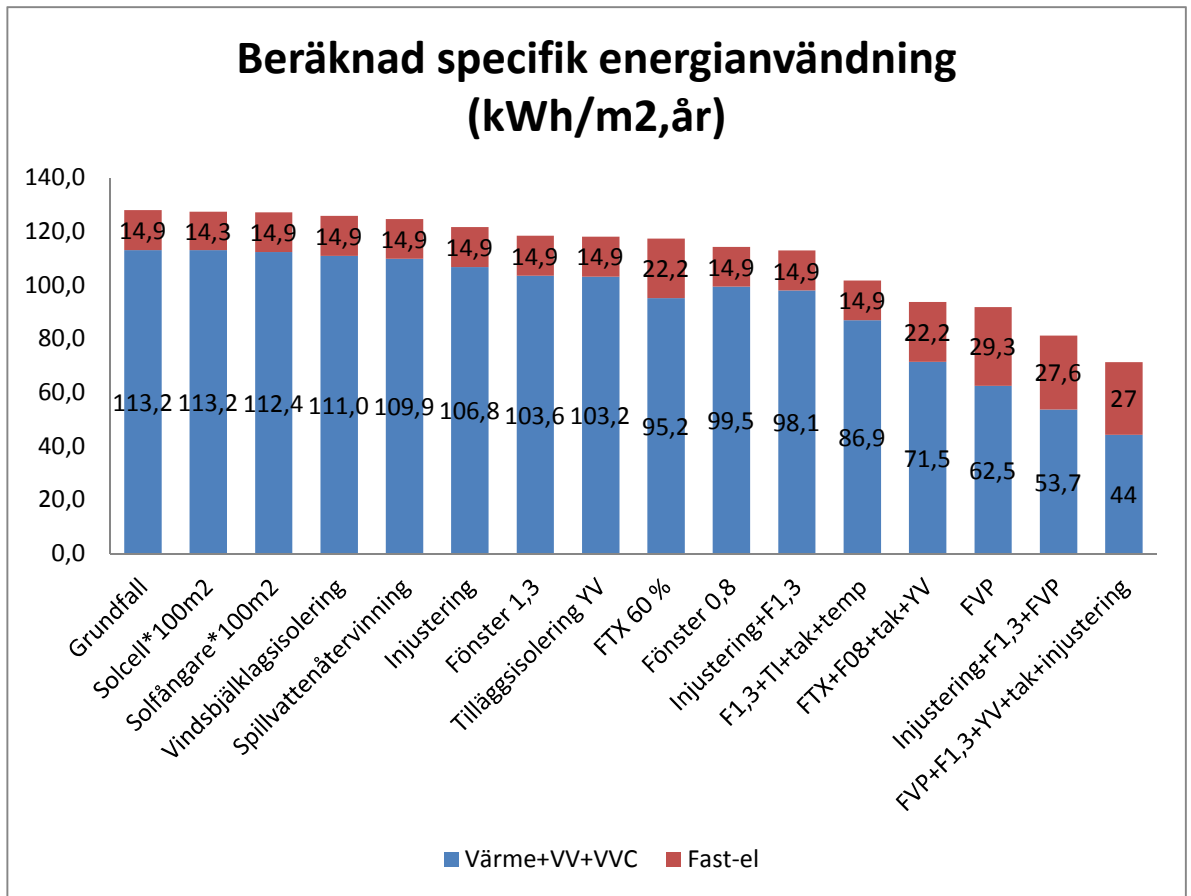
Installation av FTX-aggregat ger som enskild åtgärd en relativt liten besparing. Denna lösning förutsätter dessutom att byggnadens klimatskärm tätas, vilket bör göras tillsammans med byte av fönster och tilläggsisolering av ytterväggen i samband med den planerade omputsningen av fasaden. Kombinationen FTX, utbyte av fönster och injustering av värmesystemet ger en mindre besparing och är mindre lönsamt än kombinationen med frånluftsvärmepump. Installationen av FTX ger dock en inomhusmiljöförbättring (särskilt för lägenheterna mot Hornsgatan) i form av minskat buller, ökad termisk komfort och mindre antal partiklar. Detta kan i sin tur ge en betydande värdeökning för lägenheterna. Denna värdeökning har ej medräknats i lönsamhetskalkylen.

Tilläggsisolering av vindsbjälklaget är en relativt billig åtgärd som ger god lönsamhet. Energibesparingen totalt för byggnaden är dock marginell i förhållande till installation av frånluftsvärmepump.

Installation av spillvattenvärmeåtervinning ger en liten energibesparing men med en relativt god lönsamhet.

Solceller och solfångare kan installeras vid ambitionen att nå mycket låg energianvändning. Dessa åtgärder är dock mindre lönsamma.

Byggnadens beräknade specifika energianvändning per åtgärd/åtgärdspaket redovisas i figur 1 nedan.



Figur 1. Beräknad specifik energianvändning per åtgärd/åtgärdspaket.

Innehåll

1	Inledning	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Syfte	5
1.3	Metod	5
2	Byggnaden	6
2.1	Indata	7
3	Beräkning av grundfallet	8
3.1	Stora förluster via klimatskärmen	9
4	Beräkning av åtgärder	11
4.1	Komplettering av fönster	11
4.2	Nya fönster	11
4.3	Tilläggsisolering av yttervägg	11
4.4	Tilläggsisolering av yttertak	11
4.5	Injustering av värmesystemet och sänkning av innetemperaturen	12
4.6	Installation av frånluftsvärmepump	12
4.7	Kombination fönster och injustering av värmesystemet	13
4.8	Installation av värmeåtervinnande FTX	13
4.9	Kombination fönster, tilläggsisolering av YV och tak samt FTX	15
4.10	Kombination av fönster U-värde 1,3, injustering och FVP	15
4.11	Kombination av fönster U-värde 1,3, injustering, FVP, YV och tak	15
4.12	Värmeåtervinning från spillvatten	16
4.13	Solceller för elgenerering	16
4.14	Solfångare för värmegenerering	17
4.15	Övrigt	17
4.16	Sammanställning av energibesparingsberäkningar	18
5	Lönsamhetskalkyler	22
5.1	Nuvärdesberäkning	22
5.2	BELOK totalverktyg	23
	Bilaga 1, indata	28

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Brf Lingonet, belägen på Södermalm i Stockholm, utreder i dagsläget möjliga energibesparingsåtgärder. En förstudie har tidigare gjorts med ekonomiskt stöd av BeBo, vilken beskriver bostadsrättsföreningens energianvändning i dagsläget samt potentiella åtgärder, och om det finns potential att spara 50 % av fastighetens nuvarande energianvändning. Detta är en fortsättning på den tidigare förstudien.

1.2 Syfte

För att kunna göra en mer noggrann utredning av besparingspotentialen för olika energibesparingsåtgärder har här upprättats en digital modell av byggnaden med syfte att på ett bra sätt kunna utvärdera olika alternativ. Några olika åtgärder har även beräknats för att utreda möjlig besparing samt kostnadsbedömning.

Modellen kan även användas för att utreda andra besparingsalternativ för Brf Lingonet, i de fall då dessa blir aktuella i ett senare skede och även är lämpliga att utvärderas i IDA ICE.

1.3 Metod

Beräkningsmodellen har byggts i programmet IDA ICE 4.6.1, där byggnadens geometri, installationstekniska och brukarrelaterade aspekter förts in. Denna har sedan justerats in för att så nära som möjligt efterlikna verkligheten.

Besparingsåtgärder har sedan utvärderats genom att ändra indata i modellen i enlighet med den tänkta åtgärden.

Åtgärder som beräknats, samt kombinationspaket av dessa är enl. följande:

1. Komplettering av befintliga 2-glasfönster med energiglas.
2. Utbyte av fönster till 3-glas.
3. Utvändig tilläggsisolering av yttervägg.
4. Tilläggsisolering av vindsbjälklag.
5. Injustering av värmesystemet/sänkning av inomhustemperaturen.
6. Installation av frånluftsvärmepump (FVP).
7. Kombination av fönsterkomplettering och injustering av värmesystemet.
8. Installation av FTX aggregat med 60 % temperaturverkningsgrad.
9. Kombination av FTX, utbyte av fönster samt tilläggsisolering av yttervägg och tak.
10. Kombination av fönsterkomplettering, FVP samt injustering av värmesystemet.

11. Kombination av fönsterkomplettering, FVP, injustering av värmesystemet samt tilläggsisolering av yttervägg och vindsbjälklag.
12. Värmeåtervinning från spillvattnet.
13. Solceller för elgenerering.
14. Solfångare

2 Byggnaden



Figur 2. Den rödmarkerade byggnaden är Lingonet. Bilden är urklippt från google maps.

Brf Lingonet är ett flerbostadshus med 116 lägenheter placerad på Södermalm i Stockholm (se figur 1). Byggnaden är ett skivhus med totalt 10 plan där det förutom bostäder inryms butiker, kontor och daghem. Den södra gaveln av byggnaden är sammanbyggd med ett hus som tillhör Svenska Bostäder. Byggnaden är från sent 60-tal.

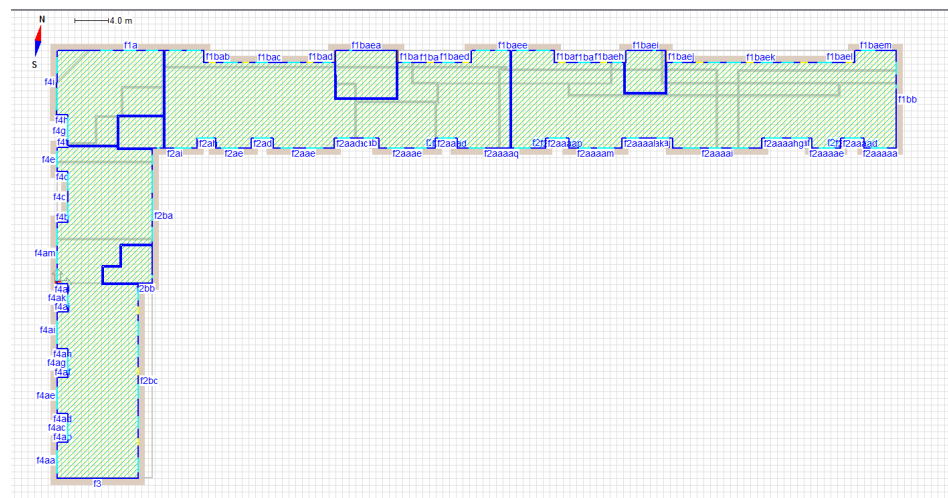
2.1 Indata

2.1.1 Geometri

Byggnadens geometriska form är baserad på arkitekturritningar. Byggnadens ytor har delats upp i zoner för lägenheter och lokaler. För att beräkningstiden ska bli rimlig har vissa lägenheter slagits ihop till större zoner. Trappuppgångar, allmänna ytor och kontor har även tilldelats egna zoner.

Byggnadens A_{temp} har beräknats utifrån arkitekturritningsunderlaget till 14 323 m².

Areor redovisas i indatatabellen i bilaga 1.



Figur 3. Zonuppdelning för ett av våningsplanen.

2.1.2 Byggnadsteknik

Ytterväggskonstruktionen består av 150 mm betong, 150 mm lättbetong och puts enligt teknisk byggnadsbeskrivning samt konstruktionsritningar.

Vindsbjälklaget är, till skillnad från Draken 12 hus B, ej tilläggsisolerat, vilket innebär ett högre U-värde.

Fönster räknas som 2-glasfönster enl. den tidigare förstudien.

Grundmurar av betong 200 mm enl. konstruktionsritningar. Markmodell enl. ISO 13370.

U-värden och köldbryggor redovisas i indatatabellen i bilaga 1.

2.1.3 Installationer och luftläckning

Byggnaden har OVK-besiktats under 2012, men ej fått godkänt. Bland annat är luftflödena lägre än förordade värden. Ventilationen är idag frånluft där uteluft i huvudsak tas in via springventiler vid fönsterna. Daghem samt några av lokalerna har utrustats med FTX-aggregat.

Eftersom luftflödena är lägre än normenligt innebär detta att en mindre luftvolym behöver värmas av radiatorerna vilket i sin tur gör att fjärrvärmeanvändningen är lägre än den skulle varit om flödena legat normenligt. För beräkningarna innebär detta att en modell först har kalibrerats in för nuvarande flöden. Sedan har åtgärderna beräknats utifrån normenliga flöden.

Tekniska indata för beräkningen redovisas i indatatabeln i bilaga 1.

Byggnadens uppvärmning och tappvarmvatten försörjs av fjärrvärme. Den normalårskorrigerade fjärrvärmeanvändningen har beräknats utifrån den betalda fjärrvärmens 2013 till 1392 MWh, eller 97,2 kWh/m²,år.

Börvärde för innetemperaturen har ställts in som 21 grader för lägenheter och lokaler samt 17 grader för övriga utrymmen.

Luftläckning har beräknats som vinddriven med tryckkoefficienter enl. IDAs förval för byggnader med medel exponering, "Semi-exposed". Täthet för klimatskärmen vid 50 Pa tryckskillnad har satts till 0,8 l/sm² vilket är normalt för byggnadstypen.

2.1.4 Brukarindata

I denna byggnad påverkar brukarna energianvändningen genom personvärme, användning av värmegenererande elapparatur och belysning, vädringsvanor mm. Brukarbeteende är generellt sett svårt att uppskatta.

Brukarparametrar såsom personnärvaro, hushålls- och verksamhetsel samt vädringsvanor är satta enligt Sveby, som är en standard för beräkning och verifiering av energianvändning i byggnader (www.sveby.org).

Tappvarmvattenanvändningen har uppskattats genom extrapolering av fjärrvärmeanvändningen med 5/12-metoden. Totalt har denna beräknats till 470 MWh, eller 32,8 kWh/m²,år inklusive VVC-förluster.

Detaljerade brukarparametrar redovisas i indatatabeln i bilaga 1.

3 Beräkning av grundfallet

Den modell som justerats in för att utgöra utgångspunkten för byggnadens energianvändning i dagsläget erhöll resultat enl. tabell 1. Denna representerar byggnaden efter det att ventilationen åtgärdats så att byggnaden erhåller luftflöden som är enligt förordade värden. Totalluftflöden för byggnaden där dessa är uppskattade enligt det senaste OVK-protokollet är 5,40 m³/s. Efter åtgärd, dvs med luftflöden enl. förordade värden, beräknas detta flöde hamna på ca 8,60 m³/s. Förändringen av flödena påverkar dels driftelen och dels värmebehovet då detta ökar pga. ett ökat intag av kallluft via springventiler.

Övrig fastighetsel såsom hissar och belysning i allmänna utrymmen är antagna enligt Sveby brukarindata för bostäder.

Exklusive vädringspåslaget hamnar modellens värmebehov på 1 563 MWh. Det uppmätta värdet för byggnadens värmebehov är 1 392 MWh baserat på köpt fjärrvärme under 2013. En energiberäkningsmodell av detta slag är alltid en förenkling av verkligheten.

Vädringspåslaget är enl. Sveby, och läggs ovanpå beräkningsresultatet, vilket innebär att denna post ej påverkas av övriga indataändringar i beräkningen. Denna kan ses som ett säkerhetspåslag på prognosticerad energianvändning.

Tabell 1. Beräkningsresultat för den kalibrerade modellen, efter korrigering av luftflöden.

	Levererad energi	
	kWh	kWh/m ²
Elutrustning & belysning fastighet	111 390	7,8
Fläktar, pumpar, m.m.	101 746	7,1
Totalt, fastighetsel	213 136	14,9
Uppvärmning fjärrvärme	1 093 482	76,4
Tappvarmvatten inkl. VVC	469 903	32,8
Vädringspåslag	57 305	4,0
Totalt, fastighet, fjärrvärme/kyla	1 620 693	113,2
Totalt	1 833 829	128,0
Hysesgästel	245 373	17,1
Totalt	2 079 202	145,2






3.1 Stora förluster via klimatskärmen

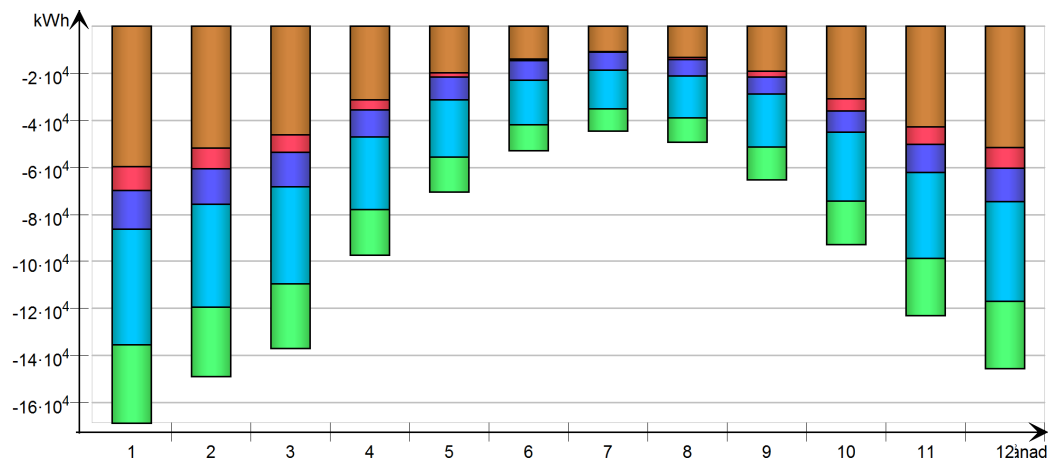
Byggnaden har relativt höga värmeförluster pga. bristande isolerförmåga i klimatskärmen. Studeras transmissionsförlusterna (se tabell 2 samt figur 3) ser vi att fönsterförluster och väggar utgör en stor del av byggnadens totala förluster.

Vindsbjälklaget består av betong samt vindsisolering. Denna är gammal och nedtrampad vilket påverkar dess isolerförmåga. Beräkningsresultatet visar dock att de totala värmeförlusterna i denna del är relativt liten pga byggandens form (liten andel tak av totala klimatskärmen), även om den är större än för Brf Draken 12, hus B.

Andelen köldbryggor är något högre för Lingonet än för Draken 12. Detta är pga. loftgångarna.

Tabell 2. Beräknade transmissionsförluster via klimatskärmen.

Månad	Väggar	Yttertak	Golv	Fönster	Köldbryggor
					
1	-59562.4	-10129.7	-16319.4	-49463.9	-33180.6
2	-51764.1	-8698.8	-14998.5	-44086.8	-29475.9
3	-46183.4	-7349.3	-14630.0	-41599.1	-27329.2
4	-31210.1	-4249.7	-11547.9	-30905.1	-19718.4
5	-19871.0	-1772.7	-9704.4	-24286.9	-14765.3
6	-13932.0	-730.4	-8332.5	-18962.2	-11088.2
7	-10856.6	-162.7	-7640.8	-16416.8	-9378.9
8	-13220.1	-795.1	-6981.1	-17724.1	-10439.5
9	-19041.0	-2555.9	-7234.6	-22527.9	-14031.2
10	-30886.4	-5204.6	-9106.0	-29231.3	-18857.9
11	-42698.3	-7369.8	-11982.3	-36885.5	-24384.5
12	-51580.1	-8836.8	-14242.4	-42676.5	-28510.7
Totalt	-390805.4	-57855.4	-132719.8	-374766.1	-241160.3
Under värming	-326211.3	-51872.6	-110167.7	-316524.1	-204470.8
Under kylning	-20136.5	-2951.5	-6296.5	-26758.2	-13670.7
Resten av tiden	-44457.6	-3031.3	-16255.6	-31483.8	-23018.8



Figur 4. Transmissionsförluster via klimatskärmen. Fönster och ytterväggar står för den största delen.

4 Beräkning av åtgärder

Beräkningarna för de olika åtgärderna samt kombinationer av dessa har utförts för att se energibesparingspotentialen för resp. åtgärd/kombination. Åtgärdsberäkningarna utförs genom att simulera energianvändningen efter att åtgärden inmatats.

Kostnadsuppskattningar för de olika investeringarna baseras på erfarenhetsvärden. Dessa används sedan i lönsamhetskalkylerna i kapitel 5.

4.1 Komplettering av fönster

I enlighet med åtgärdsförslaget i den tidigare utförda förstudien utförs en beräkning där fönster byts ut från nuvarande 2-glasfönster till ett fönster med kompletterande isolerruta vilket uppskattas sänka U-värdet från ca 2,5 till 1,3 W/m²K.

Beräknad besparing av värmebehovet: 138 MWh/år

Uppskattad investeringskostnad: 3 145 kkr.

4.2 Nya fönster

Erfarenheter har visat att det ofta är bättre att investera i helt nya fönster än att komplettera befintliga. Förutom att denna lösning är bättre ur energibesparingssynpunkt är lösningen ofta mer estetiskt tilltalande (nya fönster kan anpassas till fasadlivet vid tilläggsisolering och känns "fräschare"). En beräkning har utförts där fönster byts ut mot energieffektiva 3-glasfönster med U-värde inkl. karm på 0,8 W/m²K.

Beräknad besparing av värmebehovet: 196 MWh/år

Uppskattad investeringskostnad: 5 032 kkr.

4.3 Tilläggsisolering av yttervägg

Fasaden skall enligt underhållsplanen totalrenoveras senast 2015. I samband med detta kan tilläggsisolering utföras med 50 mm mineralullsskiva eller tjockare.

En IDA-beräkning av värmebehovet då U-värdet för ytterväggskonstruktionen sänks från nuvarande 0,66 till 0,34 W/m²K (motsvarar tillägg med 50 mm mineralull) har utförts för att se hur mycket en teoretisk besparing skulle kunna bli.

Beräknad besparing av värmebehovet: 142 MWh/år

Uppskattad investeringskostnad (exklusive omputsning): 2 188 kkr

4.4 Tilläggsisolering av yttertak

Yttertaket är idag isolerat med en relativt tunn mineralullsmatta som delvis blivit nedtrampad. Att isolera yttertaket genom att byta ut denna eller lägga en ny

värmeisolering ovanpå är en relativt enkel åtgärd, som även diskuteras i den tidigare förstudien. En beräkning har utförts där yttertakets U-värde sänkts från 0,33 till 0,14 W/m²K.

Beräknad besparing av värmebehovet: 31 MWh

Uppskattad investeringskostnad: 431 kkr.

4.5 Injustering av värmesystemet och sänkning av innetemperaturen

Denna åtgärd diskuteras i den tidigare utförda förstudien. I denna nämns även att gamla stamventiler i källarkorridoren behöver bytas ut. Injustering av värmesystemet kan spara energi då värmen fördelas mer jämt i huset.

En beräkning har utförts där börvärdestemperaturen i lägenheterna sänks med en grad. Besparingen av temperatursänkning motsvarar ungefär den besparing som kan uppnås vid injustering av värmesystemet.

En sänkning av inomhustemperaturen med en grad kan påverka komforten hos de boende. Temperatursänkning kan därför vara problematiskt för de boende som föredrar en högre inomhustemperatur. Kombineras temperatursänkning med komplettering av energiglasruta kan temperaturen sänkas utan att påverka boendekomforten lika mycket som enbart temperatursänkningen. Detta då strålningsutbytet blir lägre mellan person och fönster.

Beräknad besparing av värmebehovet: 90 MWh

Uppskattad investeringskostnad: 58 kkr.

4.6 Installation av frånluftsvärmepump

En frånluftsvärmepump använder värmeenergin ur frånluften och överför denna via brinelösning som sedan utnyttjas för uppvärmning av tappvarmvatten och/eller värmesystemet. Lösningen diskuteras i den tidigare förstudien. Frånluftsvärmepump kommer att minska byggnadens uppvärmningsbehov, men öka dess behov av fastighets-el, då denna drivs av elektricitet.

Möjlig energibesparing till följd av installation av frånluftsvärmepump har beräknats genom att ta beräkningsresultatet i IDA och tillämpa i en excelkalkyl.

Energibesparingen är beräknad utifrån COP 3,5, frånluftstemperatur 20 grader samt totalluftflöde på 4,6 m³/s.

Beräknad besparing av värmebehovet: 725 MWh

Beräknad ökning av elbehov: 207 MWh

Uppskattad investeringskostnad: 3 200 kkr.

4.7 Kombination fönster och injustering av värmesystemet

Eftersom effekten av 2 st. åtgärder ej är densamma som om man summerar besparingen för de båda så utförs även en beräkning där både fönster kompletterats med isolerruta samt att temperaturen sänks med en grad. Denna kombinationsåtgärd har förordats i den tidigare förstudien, då lågemissionsskiktet på fönsterrutan minskar strålningsutbytet och därmed möjliggör temperatursänkning utan att komfortnivån påverkas lika negativt som om enbart temperatursänkningen utfördes.

Beräknad besparing av värmebehovet: 216 MWh

Uppskattad investeringskostnad: 3 203 kkr.

4.8 Installation av värmeåtervinnande FTX

FTX innebär fläktstyrd från- och tilluft med värmeåtervinning. Denna lösning är beprövad och flitigt tillämpad vid renovering. Uteluft tas idag in genom springventiler. FTX-aggregat förutsätter att lägenheterna förses med tilluft som värms av frånluften via värmeväxlare. Kanaldragning för tilluft behövs. Antingen utnyttjas utrymmet i sopnedkastet, eller så utförs håltagning för kanaler genom garderobsutrymmen. Även eftervärmning av tilluften behövs. I Svenska Bostäders grannfastigheter, där byggnaderna är lika Draken och Lingonet, har FTX installerats. Där sker kanaldragning via klädkammare (se figur 5 till 7).



Figur 5. Kanaldragning för FTX-aggregat vertikalt i klädkammare i hallen.



Figur 6. Tilluftsdon, FläktWoods STQA. Placeras i lägenhetens rum.



Figur 7. För att göra plats för kanaldragning sänks innertaket i hallen max 20 cm. Takhöjden sjunker från 2,5 till 2,3 m.

Installation av FTX innebär att luftintaget via springventilerna måste permanent stängas igen (detta har boende redan delvis gjort för att undvika buller och dålig luft).

En beräkning har utförts där FTX-aggregat har lagts in i modellen med värmeåtervinningsgrad 0,6, SFP-tal 2,1 kW/(m³/s) samt tilluftstemperatur på 18 °C.

Beräknad besparing av värmebehov: 257 MWh

Beräknad ökning av elbehov: 106 MWh

Uppskattad investeringskostnad: 11 832 kkr.

Om det skulle gå att få upp verkningsgraden på FTX-aggregatet till 80 % skulle den beräknade besparingen bli 351 MWh. Detta skulle kunna uppnås vid installation av individuella aggregat för varje lägenhet med till och frånluft via fasaden. Fördelen är korta kanallängder med låga tryckfall. Detta skulle kunna samordnas med fasadrenovering.

4.9 Kombination av nya fönster, tilläggsisolering av yttervägg och tak samt installation av FTX

En beräkning har utförts där FTX samt nya fönster läggs in samt tilläggsisolering av fasad och vindsbjälklag. Denna kombination lämpar sig väl då det dels ger en god besparing eftersom tätning av fönster och springventiler, som behövs vid installation av FTX, kan utföras i samband med fönsterarbetet.

Beräknad besparing av värmebehov: 597 MWh/år

Beräknad ökning av elbehov: 106 MWh/år

Uppskattad investeringskostnad: 19 483 kkr.

4.10 Kombination av fönster med U-värde 1,3, injustering av värmesystemet och frånluftsvärmepump

En beräkning har utförts för en kombination av komplettering av fönster med isolerruta, injustering av värmesystemet samt installation av frånluftsvärmepump. Eftersom åtgärderna påverkar varandra så ger inte den totala besparingen densamma som att summera de olika besparingarna var för sig.

Beräknad besparing av värmebehovet: 852 MWh/år

Beräknad ökning av elbehov: 182 MWh/år

Uppskattad investeringskostnad: 6 405 kkr.

4.11 Kombination av fönster med U-värde 1,3, injustering av värmesystemet, frånluftsvärmepump, tilläggsisolering av ytterväggen samt vindsbjälklag

Detta paket är det största som beräknats. Det är även det som ger störst energibesparing.

Beräknad besparing av värmebehovet: 987 MWh/år

Beräknad ökning i elbehov: 174 MWh/år

Uppskattad investeringskostnad: 9 024 kkr.

4.12 Värmeåtervinning från spillvatten

Värmeåtervinning via värmeväxlare på spillvattnet föreslås i den tidigare förstudien som en tänkbar åtgärd.

Att räkna på besparing av spillvatten är generellt svårt. Kallvattentemperaturen varierar över året och beror på varifrån vattnet hämtas. Stockholm vattens temperatur varierar mellan ca 4 och 16 grader, beroende på årstid.

I IDA finns idag inte stöd för beräkning av spillvattenvärmeåtervinning, varpå en enkel besparingskalkyl gjorts genom att anta en temperaturhöjning på inkommande vatten genom återvinning av spillvattenenergin till 9 °C. Antas tappvarmvattenanvändningen till 112 l/lgh, dygn enl. tidigare förstudie ger detta totalt en energibesparing på

$$1,167 \cdot 9 \cdot 112 \cdot 116 \cdot 365 / 1000 = 49806 \text{ kWh/år}$$

Räknat i A_{temp} blir detta ca 3,5 kWh/m²,år.

Beräknad besparing av värmebehovet: 49,8 MWh/år

Uppskattad investeringskostnad: 441 kkr.

4.13 Solceller för elgenerering

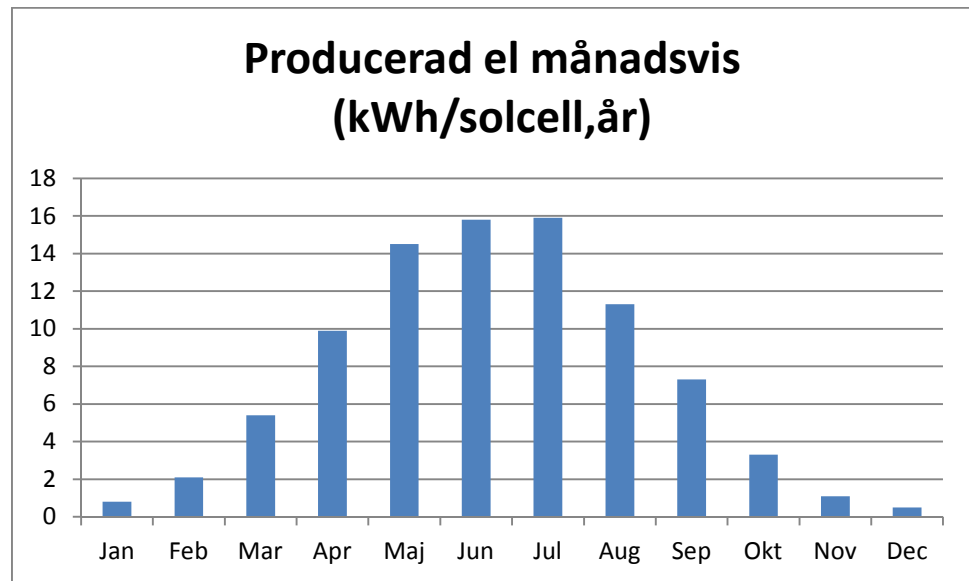
Lösningen togs upp i den tidigare förstudien. Byggnaden har en relativt stor takyta vilket skulle kunna lämpa sig för utplacering av solceller. Detta är dock inte helt oproblematiskt (se förstudie). Alternativet är kan dock bli aktuellt inom en snar framtid. Lingonet har en takgeometri som lämpar sig väl för placering av solceller.

IDA-modellen är förberedd för att kunna beräknas med solceller. I det fall då val av utformning av solceller bestäms så kan produktionen enkelt beräknas genom att föra in dessa i modellen. En beräkning där 1 m² solcell placeras liggande på taket har utförts för att beräkna potentiell infångad el. Beräknad total besparing beräknas på ett överslagsvärde av 100 m² liggande solceller på tak.

Resultatet visar en total elproduktion med 8,8 MWh/år. Om solcellen lutar 45 grader kan produktionen ökas till ca 12,5 MWh/år. Detta alternativ gör dock dels att maximala antalet möjliga solceller minskar samt att det gör ett större utseendemässigt intryck, vilket kan vara oönskat. Då solcellsalternativet blir mer aktuellt behövs en mer noggrann bedömning optimal placering av solceller utföras. Placering av solceller kräver bygglov.

Beräknad besparing av elbehovet: 8,8 MWh/år

Uppskattad investeringskostnad: 490 kkr.



Figur 8. Genererad sol för 1 m² liggande solpanel månadsvis.

4.14 Solfångare för värmegenerering

Lösningen diskuteras i den tidigare förstudien. En beräkning har utförts med samma metodik som för solcellsberäkningen där potentiell besparing för 100 m² beräknats.

Beräknad besparing av värmebehovet: 11,1 MWh/år

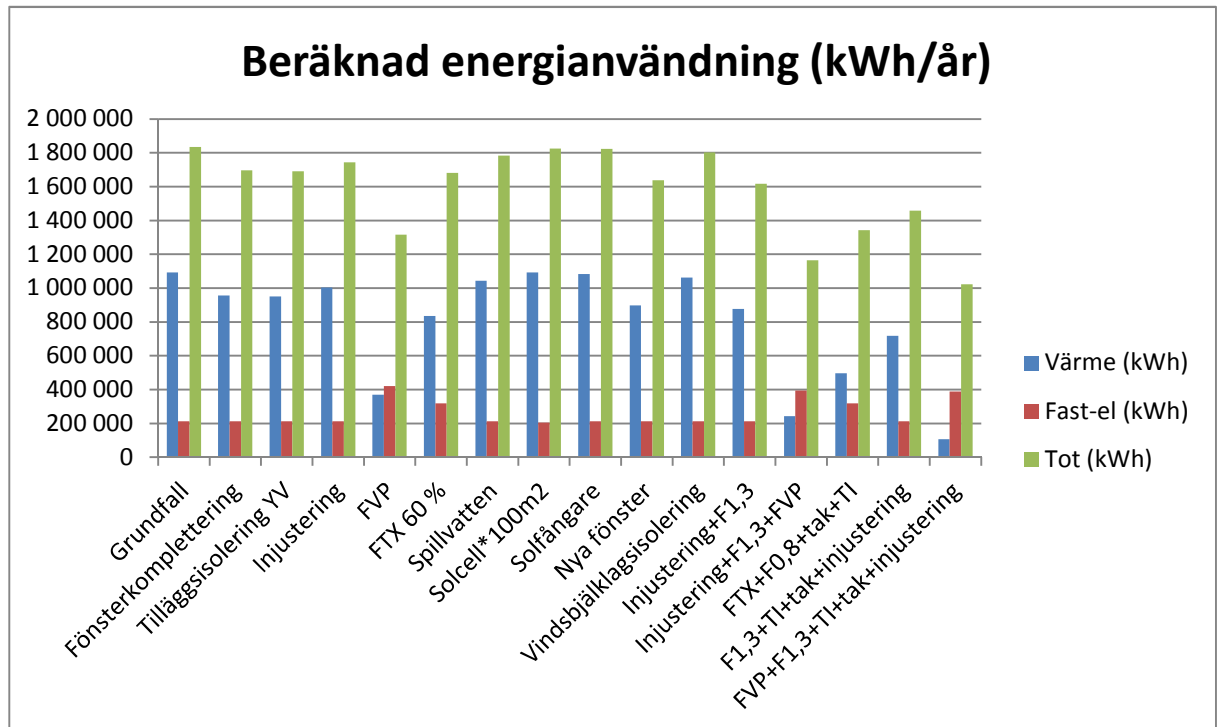
Uppskattad investeringskostnad: 500 kkr.

4.15 Övrigt

Tappvarmvattenanvändningen är något högre än genomsnittet för denna byggnad. Denna energipost inräknas till byggnadens energianvändning. En åtgärd som kan förbättra energianvändningen för tappvarmvatten är installation av snålspolande armaturer. Det är dock oklart hur stor del av tappvarmvattenanvändningen som kan härledas till armaturer och hur stor del som är beteenderelaterad (se tidigare förstudie).

4.16 Sammanställning av energibesparingsberäkningar

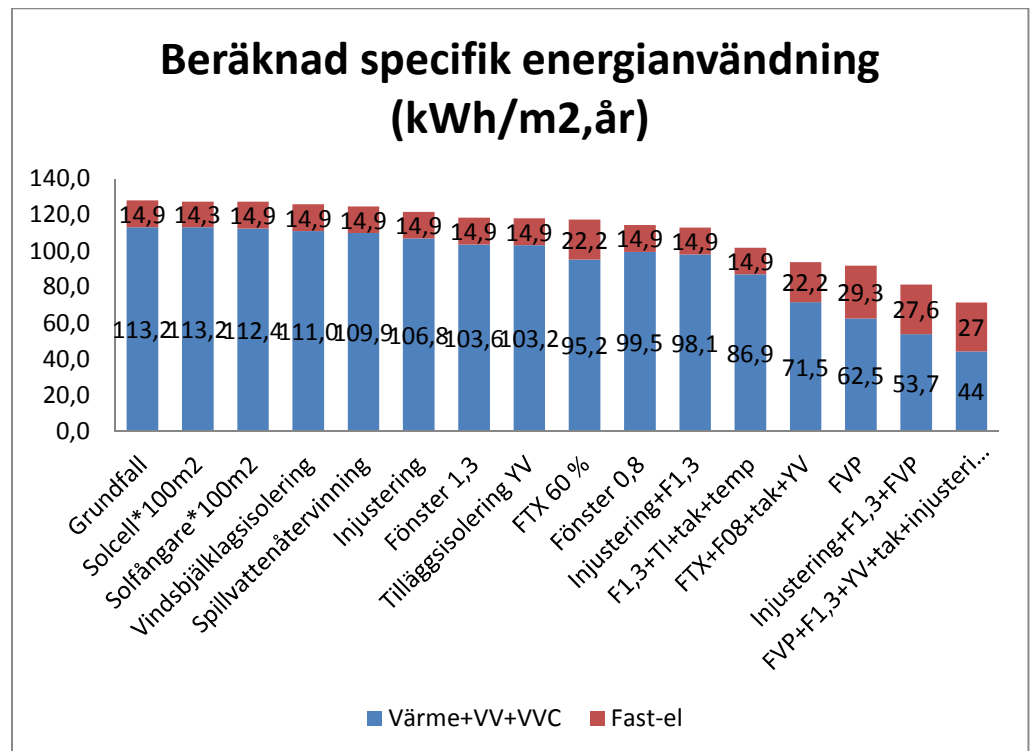
De olika åtgärderna/åtgärdspaketen har sammanställts i figurerna nedan. Värden för värme inkluderar ej varmvatten, VVC eller vädringspåslag.



Figur 9. Beräknad energianvändning per beräkningsfall.

Tabell 3. Beräknad energianvändning per beräkningsfall.

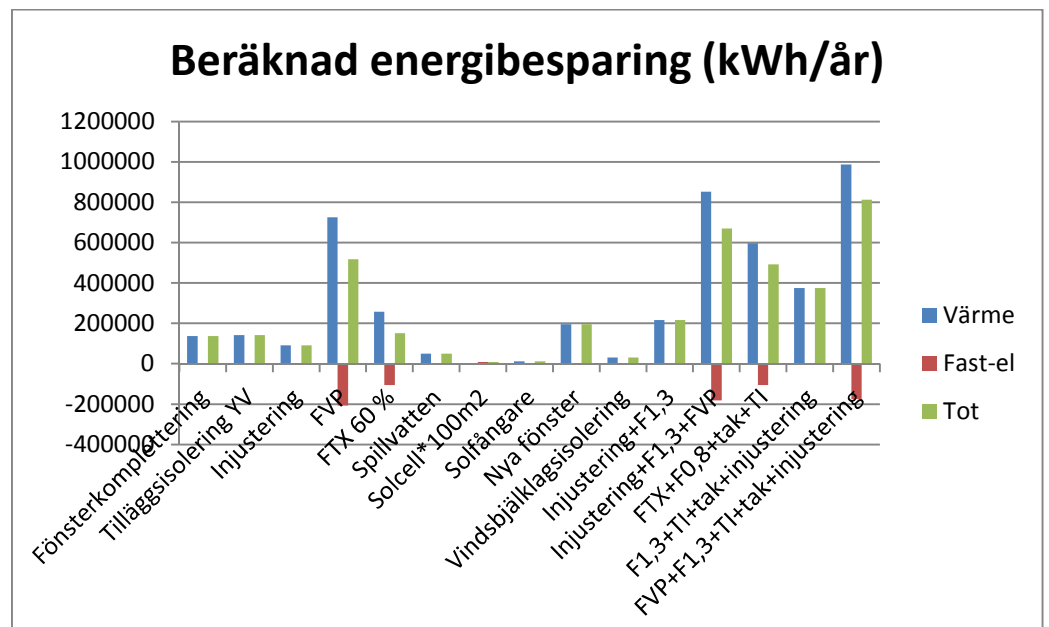
	Värme (kWh)	Fast-el (kWh)	Tot. (kWh)
Grundfall	1 093 482	213 136	1 833 829
Fönsterkomplettering	955 992	213 130	1 696 333
Tilläggsisolering YV	951 327	213 136	1 691 670
Injustering	1 003 034	213 136	1 743 409
FVP	368 608	420 243	1 316 062
FTX 60 %	836 035	318 642	1 681 888
Spillvatten	1 043 676	213 136	1 784 023
Solcell*100m2	1 093 482	204 336	1 825 029
Solfångare	1 082 382	213 136	1 822 729
Nya fönster	897 286	213 136	1 637 629
Vindsbjälklagsisolering	1 062 868	213 136	1 803 214
Injustering+F1,3	877 370	213 136	1 617 742
Injustering+F1,3+FVP	241 922	394 693	1 163 826
FTX+F0,8+Vind+TI	496 586	318 598	1 342 395
F1,3+TI+Vind+injustering	718 142	213 136	1 458 505
FVP+F1,3+TI+tVind+injustering	106 690	387 837	1 021 737



Figur 10. Beräknad specifik energianvändning för de olika beräkningsfallen.

Tabell 4. Beräknad specifik energianvändning per beräkningsfall.

	V+VV+VP (kWh/m2år)	Fast-el (kWh/m2år)	Tot (kWh/m2år)
Grundfall	113,2	14,9	128,0
Fönsterkomplettering	103,6	14,9	118,4
Tilläggsisolering YV	103,2	14,9	118,1
Injustering	106,8	14,9	121,7
FVP	62,5	29,3	91,9
FTX 60 %	95,2	22,2	117,4
Spillvatten	109,7	14,9	124,6
Solcell*100m2	113,2	14,3	127,4
Solfångare	112,4	14,9	127,3
Nya fönster	99,5	14,9	114,3
Vindsbjälklagsisolering	111,0	14,9	125,9
Injustering+F1,3	98,1	14,9	112,9
Injustering+F1,3+FVP	53,7	27,6	81,3
FTX+F0,8+vind+TI	71,5	22,2	93,7
F1,3+TI+vind+injustering	86,9	14,9	101,8
FVP+F1,3+TI+vind+injustering	44,3	27,1	71,3



Figur 11. Beräknad energibesparing (kWh/år).

Tabell 5. Beräknad energibesparing per åtgärd (kWh/år). Negativa värden innebär kostnadsökning.

	Värme	Fast-el
Fönsterkomplettering	137490	0
Tilläggsisolering YV	142155	0
Injustering	90448	0
FVP	724874	-207107
FTX 60 %	257447	-105506
Spillvatten	49806	0
Solcell*100m2	0	8 800
Solfångare	11100	0
Nya fönster	196196	0
Takisolering	30614	0
Injustering+F1,3	216112	0
Injustering+F1,3+FVP	851560	-181557
FTX+F0,8+tak+TI	596896	-105462
F1,3+TI+tak+injustering	375340	0
FVP+F1,3+TI+tak+injustering	986792	-174 701

5 Lönsamhetskalkyler

För samtliga åtgärder har lönsamhetskalkyler utförts. Indata för lönsamhetskalkylerna har baserats på erfarenhetsvärden och är relativt osäkra, men ger en fingervisning om omfattningen av investeringen samt vilka åtgärder som är mer eller mindre lönsamma.

5.1 Nuvärdesberäkning

Nuvärdena för samtliga åtgärder har beräknats med ED-kalkyl. Enbart rent energirelaterade besparingar medräknas i kalkylen. Beräkningsförutsättningar är enligt tabellen nedan.

Tabell 6. Beräkningsförutsättningar för nuvärdesberäkningar.

	Enhet	Värde nuvärdeskalkyl
Livslängd installationstekniska åtgärder	år	15
Livslängd byggnadstekniska åtgärder	år	40
Elpris	kr/kWh	1,0
Nominell elprisökning	%/år	4,0
Fjärrvärmepris	kr/kWh	0,73
Nominell fjärrvärmeprisökning	%/år	2,0

Beräknade nuvärden samt lönsamhet redovisas i tabellen nedan.

Byggnadstekniska åtgärder (40 år)		Differens	Kostnad bärs av energibesparing? (JA/NEJ)
Före åtgärd	25 449 432 kr		
Fönsterkomplettering	26 274 456 kr	-825 024 kr	NEJ
Fönster ny	27 170 863 kr	-1 721 431 kr	NEJ
Yttervägg	25 239 540 kr	209 893 kr	JA
Vindsbjälklag	25 363 658 kr	85 774 kr	JA
Installationstekniska åtgärder (15 år)			
Före åtgärd	12 484 501 kr		
Injustering	11 754 275 kr	730 227 kr	JA
FVP	12 240 595 kr	243 907 kr	JA
FTX	23 535 776 kr	-11 051 275 kr	NEJ
Spillvatten	12 491 257 kr	-6 756 kr	NEJ
Solcell	12 852 489 kr	-367 988 kr	NEJ
Solfångare	12 887 768 kr	-403 267 kr	NEJ

5.2 BELOK totalverktyg

För samtliga åtgärder har översiktliga kostnadsanalyser utförts där de olika åtgärdsalternativen jämförs mot varandra. För beräkningarna har BELOK totalverktyg använts.

Solceller och solfångare är väldigt lika investeringskalkylmässigt. Solfångarna ger mer besparing/krona (se 4.11-4.12). Denna besparing hamnar dock på värmen. Eftersom elenergin är något dyrare så jämnar skillnaderna ut sig.

Resultatet visar, som väntat, att alternativet med frånluftsvärmepump ger bättre internränta än alternativet med FTX. Av de byggandstekniska åtgärderna är tilläggsisolering av tak och yttervägg de som ger bäst lönsamhet.

5.2.1 Åtgärds paket enl. 4.11 samt spillvattenåtervinning och solceller

Ej sorterat		Åtgärd	Brukstid [År]	Investering [kkr]	Årlig värmebesparing		Årlig elbesparing		Årlig övrig besparing	Total Besparing	Individuell internränta [%]	Paket internränta (nuvärde) [%]	Ta bort	
Nr					[kkr]	[MWh]	[kkr]	[MWh]	[kkr]	[kkr]				
<input type="checkbox"/>	5	Injustering	15	58,0	66,1	90,5	0	0	0	66,07	118	118	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	3	Tak	40	431	22,6	31,0	0	0	0	22,63	8,26	20,83	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	2	FVP	15	3202	447	612	-174	-174	0	272,76	7,23	9,77	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	1	Spillvärme	15	441	36,4	49,8	0	0	0	36,35	6,78	9,49	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	4	Fönsterkomplettering	40	3145	100	137	0	0	0	100,01	5,23	7,05	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	6	Solceller*100m2	15	500	0	0	8,80	8,80	0	8,80	-9,36	6,57	<input type="checkbox"/>	
				Summa	7777	672	920	-165	-165	0	507	-	6,57	

Sätt som indata kolumn pris / år energi / år energi / area och år

Värmepris [kr/kWh] Värmebrukning före åtgärder [kWh/m²år]

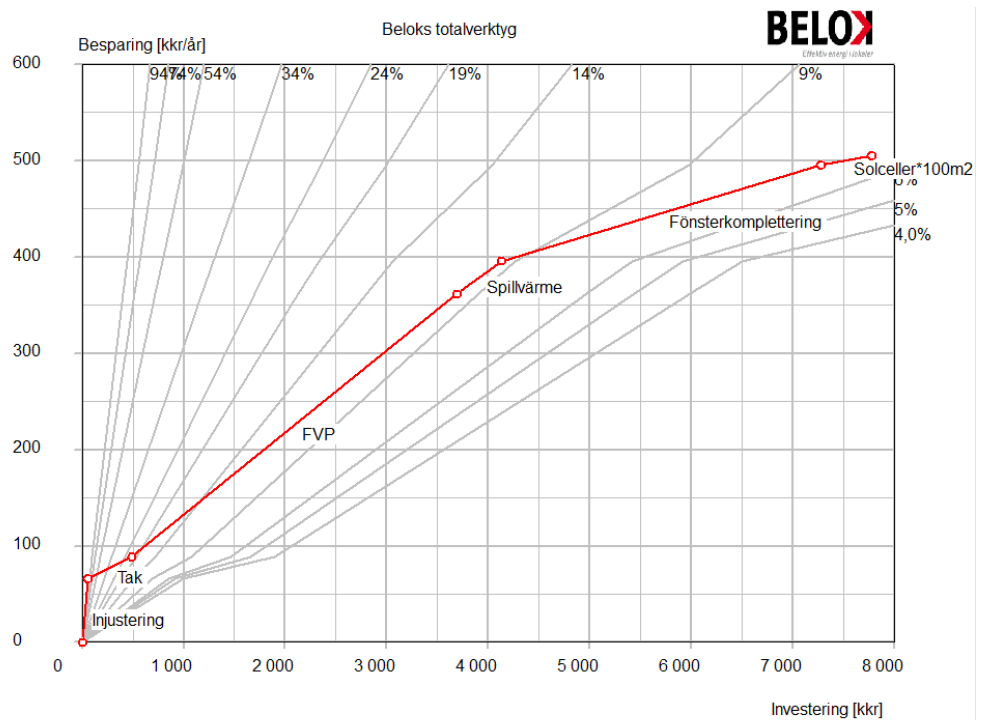
Elpris [kr/kWh] Elförbrukning före åtgärder [kWh/m²år]

Area [m²] Ökning av kostnader per år [%]

Titel

Antal brukstider = 2 Kurva för 15 År Kurva för 40 År

Visa försämringskrav % Visa sista åtgärd



5.2.2 Åtgärdspaket enl. 4.9 samt spillvatten och solceller

Ej sorterat	Nr	Åtgärd	Brukstid [År]	Investering [kkr]	Årlig värmebesparing		Årlig elbesparing		Årlig övrig besparing [kkr]	Total Besparing [kkr]	Indivuduell internränta [%]	Paket internränta (nuvärde) [%]	Ta bort	
					[kkr]	[MWh]	[kkr]	[MWh]						
<input type="checkbox"/>	1	Spillvärme	15	441	36,4	49,8	0	0	0	36,35	6,78	6,78	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	5	FTX+YV+tak+fönster	40	19483	436	597	106	106	0	541,81	4,53	4,55	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	6	Solceller*100m2	15	500	0	0	8,80	8,80	0	8,80	-9,36	4,46	<input type="checkbox"/>	
				Summa	20424	472	647	115	115	0	587	-	4,46	

Sätt som indata kolumn pris / år energi / år energi / area och år

Antal åtgärder: Sortera efter nr

Typ av byggnad: Stor byggnad Liten byggnad

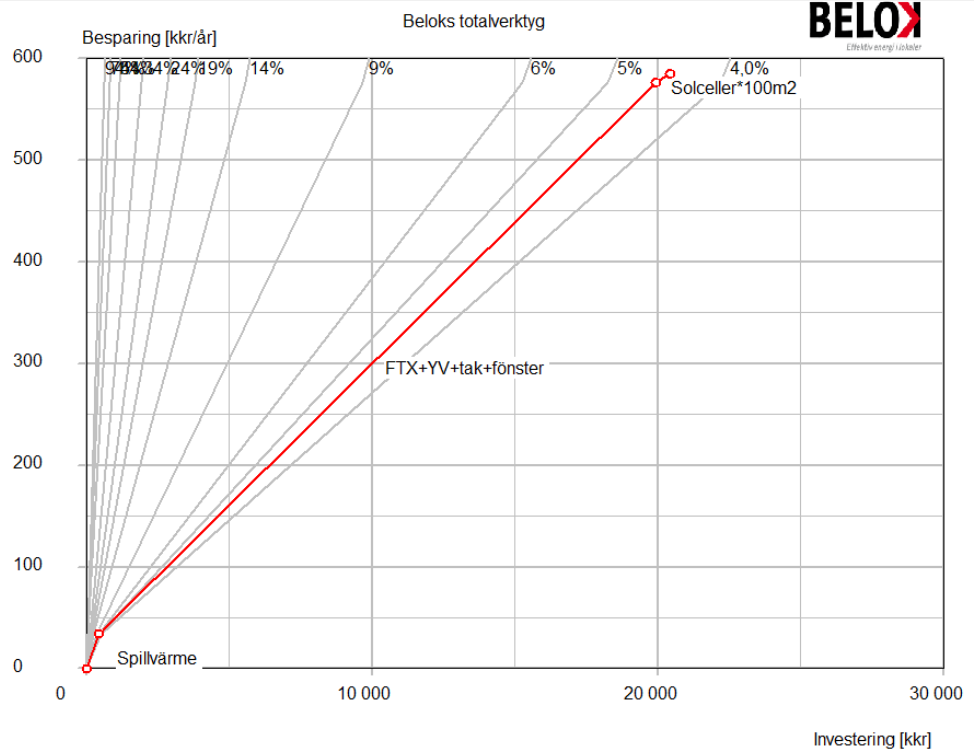
Värmepris: [kr/kWh] Värmeförbrukning före åtgärder: [kWh/m²år]
 Elpris: [kr/kWh] Elförbrukning före åtgärder: [kWh/m²år]
 Area: [m²] Ökning av kostnader per år: [%]

Titel:

Beloks totalverktyg

Antal brukstider = 2
 Kurva för 15 År
 Kurva för 40 År

Visa lönsamhetskrav % Visa sista åtgärd



5.2.3 Frånluftsvärmepump, spillvärme och solcell

E] sorterat		Åtgärd	Bruktid [År]	Investering [kkr]	Årlig värmebesparing		Årlig elbesparing		Årlig övrig besparing [kkr]	Total Besparing [kkr]	Individuell internränta [%]	Paket internränta (nuvärde) [%]	Ta bort	
Nr					[kkr]	[MWh]	[kkr]	[MWh]	[kkr]					
<input type="checkbox"/>	5	Injustering	15	58,0	66,1	90,5	0	0	0	66,07	118	118	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	2	FVP	15	3202	529	725	-207	-207	0	322,25	9,65	12,32	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	1	Spillvärme	15	441	36,4	49,8	0	0	0	36,35	6,78	11,71	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	6	Solceller*100m2	15	500	0	0	8,80	8,80	0	8,80	-3,36	10,03	<input type="checkbox"/>	
				Summa	4201	632	865	-198	-198	0	433	-	10,0	

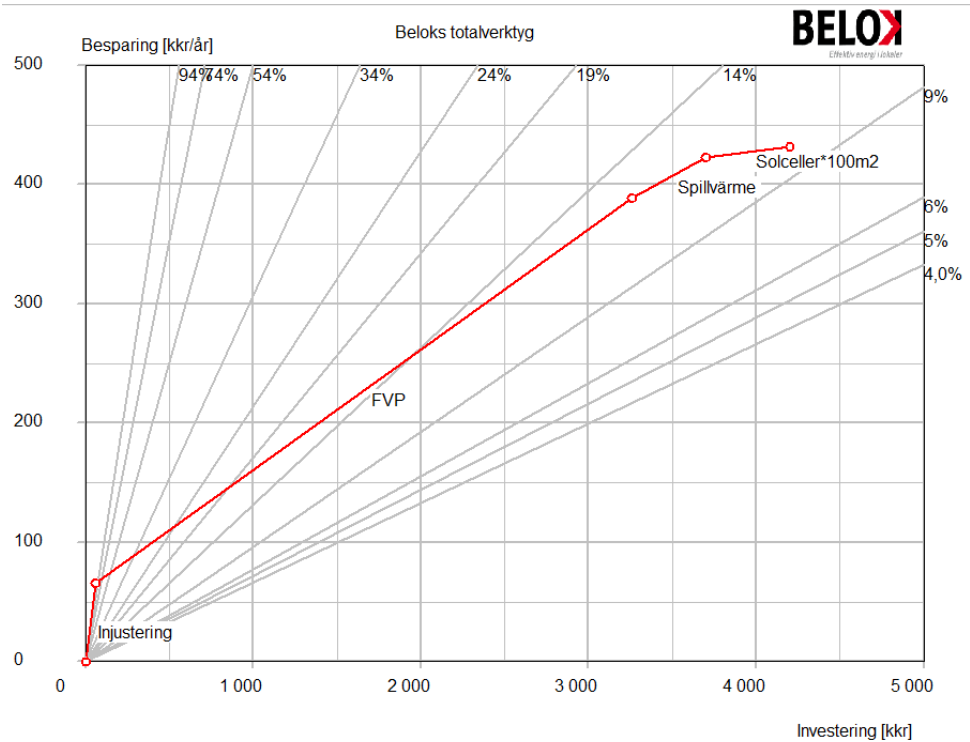
Sätt som indata kolumn pris / år energi / år energi / area och år

Antal åtgärder Sortera efter nr

Typ av byggnad
 Stor byggnad
 Liten byggnad

Värmepris [kr/kWh] Värmeförbrukning före åtgärder [kWh/m²år]
 Elpris [kr/kWh] Elförbrukning före åtgärder [kWh/m²år]
 Area (m²) Ökning av kostnader per år [%]
 Titel

Visa lönsamhetskrav % Visa sista åtgärd



5.2.4 Tilläggsisolering tak och yttervägg samt fönsterkomplettering

Ej sorterat		Åtgärd	Brukstid [År]	Investering [kkr]	Årlig värmebesparing		Årlig elbesparing		Årlig övrig besparing	Total Besparing	Individuell internränta [%]	Paket internränta (nuvärde) [%]	Ta bort
Nr					[kkr]	[MWh]	[kkr]	[MWh]	[kkr]	[kkr]			
<input type="checkbox"/>	3	Tak	40	431	22,6	31,0	0	0	0	22,63	8,26	8,26	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	0	Yttervägg	40	2188	104	142	0	0	0	103,66	7,58	7,69	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	4	Fönsterkomplettering	40	3145	100	137	0	0	0	100,01	5,23	6,41	<input type="checkbox"/>
		Summa		5764	226	310	0	0	0	226	-	6,41	

Sätt som indata kolumn pris / år energi / år energi / area och år

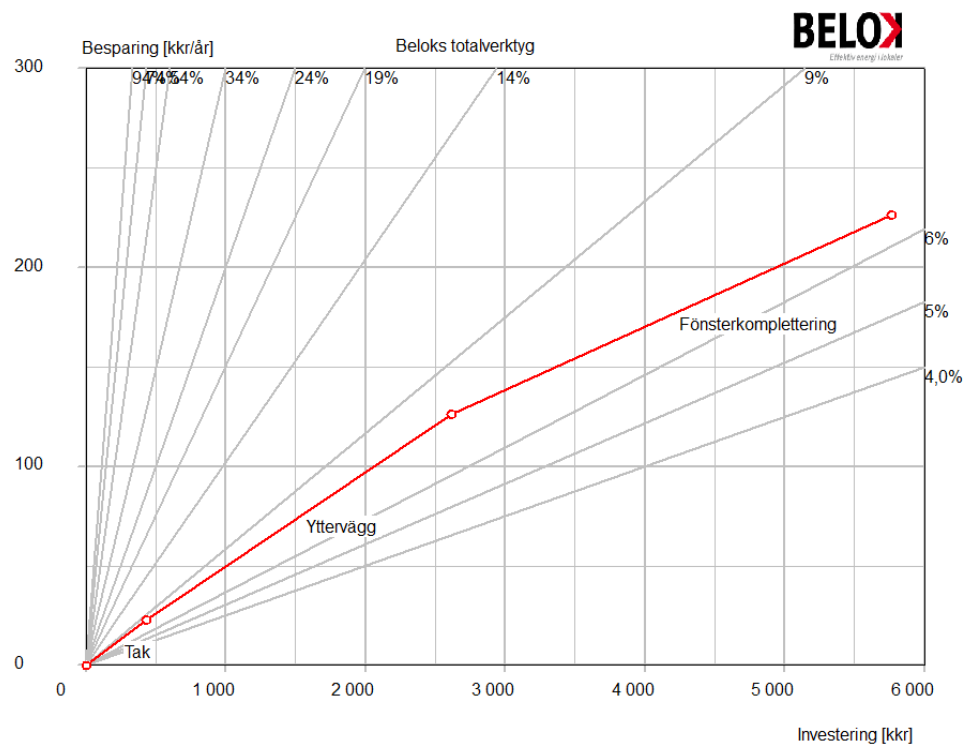
Antal åtgärder Sortera efter nr

Typ av byggnad
 Stor byggnad
 Liten byggnad

Värmepris [kr/kWh] Värmeförbrukning före åtgärder [kWh/m²år]
 Elpris [kr/kWh] Elförbrukning före åtgärder [kWh/m²år]
 Area [m²] Ökning av kostnader per år [%]

Titel

Visa försämringskrav % Visa sista åtgärd



Bilaga 1, indata

Byggnad		Lingonet
A_{temp}		14 323
A_{om}		13 025
U-värden (W/m²K)	Yttervägg	0,61
	Yttertak	0,33
	Grund inkl. markmodell	0,14
	Fönster	2,5
Area (m²)	Väggar ovan mark	5 472
	Väggar under mark	1 630
	Yttertak	1 436
	Grund	1 609
	Fönster	1 231
Byggnadsvolym m³		38 812
Luftläckning, q₅₀ (l/sm²)		0,8
Köldbryggor (% av tot. transmission)		18,53
Installationer		
Luftbehandling	SFP FTX (kWh/(m ³ /s))	2,1
	SFP F (kWh/(m ³ /s))	1,0
	Återvinningsgrad η	0,6
	Tilluftstemp vid don	18
	Luftflöde lokaler l/sm ²	3,5
	Luftflöde bostäder l/sm ²	0,35
Uppvärmning	COP _{värme}	1
	Simuleras med idealvärmare COP _{varmvatten}	1
Brukarindata		
Personvärme	Antal/m ²	0,05
	Schema lokaler	8-17 Vardagar (Sveby)
	Schema bostäder	17-07 (Sveby)

Verksamhets-el lokaler enl. Sveby 50 kWh/m²år	Utrustning (W/m ²)	9,2
	Belysning (W/m ²)	6,2
	Schema	Vard. 8-17, 0,15 övr.
Hushållsel	Belysning (W/m ²)	1,1
	Utrustning (W/m ²)	3,0
	Schema	33 % 0-06, 50% 6-18, 100 % 18-24
Tappvarmvatten	Anv. inkl. VVC (kWh/m ² år)	32,8