

Life Cycle Cost

Studie om LCC som verktyg att utvärdera
geoenergianläggningar

Jimmy Fransson

Minna Sahlsten



Handledare:
José Acuña

MJ153x Examensarbete i Energi och miljö, grundnivå

Stockholm 2015

Sammanfattning

Life Cycle Cost, ofta förkortatsom LCC, är ett vanligt använt verktyg vid jämförelse av olika alternativ, exempelvis olika uppvärmnings- och kylmetoder, totala livscykelkostnad. I Sverige är vanliga uppvärmnings- och kylmetoder bergvärme, fjärrvärme och fjärrkyla. Denna rapport syftar till att med hjälp av utvalda LCC-modeller utvärdera hur dessa olika metoder skiljer sig för olika typfall, samt att redogöra för vilka skillnader det finns mellan de utvalda LCC-modellerna. De typfall som undersöktes var tre olika fastigheter med varierande storlek och alternativ. Information om de valda LCC-modellerna hämtades från respektive modell samt vid behov från tillhörande hemsida. Olika rapporter och myndigheter ligger till grund för information för hur de olika uppvärmnings- och kylmetoderna fungerar. Indata för LCC-beräkningarna inhämtades från offerter givna av etablerade energiföretag i Sverige. Genom rena jämförelser mellan de valda LCC-modellerna hittades både likheter och skillnader. Skillnadernas inverkan varierar i både grad och vilken effekt de har på resultaten. Däremot får två av modellerna samma resultat för vissa typfall. För att uppskatta miljöpåverkan jämfördes även typfallens koldioxidutsläpp för de olika uppvärmnings- och kylmetoderna. Slutsatser som kan dras från studien är att det finns klara skillnader mellan olika LCC-modeller, men resultaten skiljer sig ofta endast marginellt.

Nyckelord

LCC, Life Cycle Cost, geoenergi, bergvärme, fjärrvärme, fjärrkyla

Abstract

Life Cycle Cost, often abbreviated as LCC, is a common tool for comparing the total cost of different alternatives, such as heating and cooling methods. Common heating and cooling methods in Sweden are geothermal energy, district heating and district cooling. This report aims to evaluate how different heating and cooling methods differ from each other while being applied on three different types of buildings, using selected LCC-models. Information about the selected LCC-models was retrieved from each separate model and its website. Reports and agencies were used as sources for information about the heating and cooling methods. Tenders by established energy companies in Sweden were used as input data to form different alternatives for each building. From the comparison between the selected LCC-models, both similarities and differences were identified. The differences vary both in scale and how they affect the result. Nonetheless two of the models show the same results for some of the alternatives. In order to approximate the environmental effects for each heating and cooling method, carbon dioxide emissions were compared. The conclusion of this report is that while there are significant differences between the different LCC-models, the results only differ marginally for most models.

Keywords

LCC, Life Cycle Cost, geothermal energy, district heating, district cooling

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte & Mål.....	1
2	Hållbar utveckling.....	2
3	Bakgrund.....	2
3.1	Fjärrvärmesystem.....	2
3.2	Fjärrkyla.....	4
3.3	Geoenergi.....	4
3.3.1	Borrhålslager.....	5
3.4	Ekonomiska begrepp.....	6
4	Metod.....	7
4.1	Avgränsningar.....	8
5	LCC-modeller.....	8
5.1	Belok.....	8
5.2	Miljöstyrningsrådet.....	9
5.3	Älvstranden Utveckling AB.....	9
5.4	Modell A.....	11
5.5	Sammanställning av LCC-modeller.....	13
6	Analys av LCC-modellerna.....	14
7	Typfallens indata till LCC-beräkningar.....	15
7.1	Fastighet 1 - Frescatifastighet.....	15
7.2	Fastighet 2 - Flerbostadshus.....	17
7.3	Fastighet 3 - Villa.....	18
8	Resultat och analys av LCC-beräkningar.....	19
8.1	Fastighet 1– Frescatifastighet.....	19
8.1.1	Sammanfattande analys av fastighet 1.....	22
8.2	Fastighet 2 - Flerbostadshus.....	23
8.2.1	Sammanfattande analys av fastighet 2.....	25
8.3	Fastighet 3 - Villa.....	26
8.3.1	Sammanfattande analys av fastighet 3.....	28
9	Diskussion.....	29
10	Slutsats.....	33
	Referenser.....	34
	Appendix.....	

Figurförteckning

Figur 1, Alternativens totala LCC-kostnad för fastighet 1, vid 5 % kalkylränta.....	19
Figur 2, Känslighetsanalys av alternativ 1 och 2 med varierande kalkylränta	20
Figur 3, Känslighetsanalys av alternativ 3 med varierande kalkylränta	21
Figur 4, Totala koldioxidutsläpp med olika energislag och ursprung för alternativ 1 och 2.....	21
Figur 5, Totala koldioxidutsläpp för alternativ 3 med olika ursprung för elektricitet.....	22
Figur 6, Känslighetsanalys av alternativen för fastighet 1 med Älvstranden Utvecklings modell.....	22
Figur 7, Alternativens totala LCC-kostnad för fastighet 2, vid 6 % kalkylränta.....	23
Figur 8, Känslighetsanalys av alternativ 1 med varierande kalkylränta.....	23
Figur 9, Känslighetsanalys av alternativ 2 med varierande kalkylränta.....	24
Figur 10, Känslighetsanalys av alternativ 3 med varierande kalkylränta.....	24
Figur 11, Alternativens totala koldioxidutsläpp med olika energislag och ursprung	25
Figur 12, Känslighetsanalys av alternativen för fastighet 2 med Älvstranden Utvecklings modell.....	25
Figur 13, Alternativens totala LCC-kostnad för fastighet 3, 6 % kalkylränta.....	26
Figur 14, Känslighetsanalys av alternativ 1 med varierande kalkylränta.....	27
Figur 15, Alternativens totala koldioxidutsläpp med olika energislag och ursprung	27
Figur 16, Känslighetsanalys av alternativen för fastighet 3 med Älvstranden Utvecklings modell.....	28

Tabellförteckning

Tabell 1, Sammanställning över LCC-modellernas utformning och skillnader.....	13
Tabell 2, Indata för ekonomiska faktorer för respektive fastighet	15
Tabell 3, De olika energislagens koldioxidutsläpp.....	15
Tabell 4, Kostnader för alternativen av uppvärmning och kylning för fastighet 1.....	16
Tabell 5, Kostnader för alternativen av uppvärmning för fastighet 2	17
Tabell 6, Kostnader för alternativen av uppvärmning för fastighet 3	18

1 Inledning

Sverige är ett land som har utvecklats mot ett samhälle uppvärmt med vad som anses vara miljövänliga metoder, både vad gäller större byggnader och små fastigheter. Vanligt använda metoder för uppvärmning av större fastigheter och mindre småhus är geoenergi, både för värme och kyla, samt fjärrvärme och fjärrkyla. Vid valet av uppvärmningsmetod för en fastighet väljs ofta det alternativ som är mest kostnadseffektivt men samtidigt energisnålt. Ett verktyg som kan tillämpas för att på ett enkelt och tydligt sätt jämföra olika uppvärmningsalternativ mot varandra är Life Cycle Cost, även kallad livscykelkostnad och förkortas LCC. Life Cycle Cost ger en total kostnad för ett objekt baserat på dess kostnader över en lång kalkylperiod samt med hänsyn till ekonomiska faktorer. Det finns olika LCC-modeller på marknaden vilka kan skilja sig åt innehållsmässigt beroende på vilket objekt respektive modell ska tillämpas på. Genom att tillämpa samma exempelfall på olika LCC-modeller kan det på ett tydligt sätt urskiljas hur endast utformningen av modellerna påverkar resultatet.

Olika typer av fastigheter har olika behov av att värmas upp eller kylas ned. Uppvärmningsmetoden för en större fastighet kanske inte är lämplig att användas på en villa och omvänt, utifrån ett energi- och kostnadsperspektiv. Genom att tillämpa LCC-modeller på fastigheten är det möjligt att på ett överskådligt sätt bedöma och välja ut den uppvärmningsmetod som lämpar sig bäst. I den här rapporten undersöks alternativen fjärrvärme, fjärrkyla och geoenergi för en större fastighet i Frescatiområdet i norra Stockholm, ett flerbostadshus och en villa. Motiveringen till att dessa exempelbyggnader valdes är att de representerar tre olika typer av standardbyggnader, stor byggnad eller industri, större fastighetshus samt ett småhus.

1.1 Syfte & Mål

Projektet syftar till att undersöka Life Cycle Cost som verktyg för att utvärdera geoenergianläggningar, genom att analysera hur modellerna och resultaten skiljer sig åt. På marknaden idag används olika modeller och genom att jämföra dessa inbördes samt tillämpa dem på exempelfall, kan marknads kunskap och användande förbättras. Till studien valdes ett antal mål för att lättare anpassa arbetets gång för att uppnå syftet med detta arbete. Ett av de mål som valdes var att välja ut fyra vanligt använda LCC-modeller på marknaden samt att belysa och redogöra för hur dessa valda LCC-modeller skiljer sig åt. Ett annat mål var att jämföra bergvärmesystem med fjärrvärme och fjärrkyla genom att tillämpa dessa modeller för att se hur de olika modellerna lämpar sig för olika uppvärmnings- och kylmetoder. Det sista målet var att undersöka hur utformningen på LCC-modellerna påverkar resultaten genom att använda olika typfall, där indata togs från verkliga offerter.

2 Hållbar utveckling

Ekonomi är ett av de tre benen i definitionen av hållbar utveckling. Genom ökad kunskap om hushållning av ekonomi, ges en förutsättning för vidare arbete med hållbar utveckling. Det kan dock behövas olika verktyg för att ge en förbättrad insikt för hur denna hushållning bör ske inom olika områden. Life Cycle Cost är ett sådant verktyg och med ökad information och kunskap om modellerna ges förutsättningarna för att utveckla och förbättra metodiken kring verktyget. Detta leder i sin tur till en utökad förståelse om ekonomin rörande, i det här fallet, kyl- och uppvärmningssystem. Inom verktygets definition ingår däremot vanligen inte miljöaspekter och utsläpp, men för denna granskning kommer respektive energisystems utsläpp att beräknas över livscykeln för en separat jämförelse. Genom att jämföra geoenergi, fjärrvärme och fjärrkyla med hjälp av olika LCC-modeller samt även beaktande av miljöaspekter, kan således en bättre bild av systemens totala kostnad och påverkan erhållas.

3 Bakgrund

LCC är ett verktyg som på ett överskådligt sätt beräknar totalkostnaden för ett visst objekts hela livslängd. När en LCC utförs bearbetas och förenklas en mängd information i form av ekonomiska faktorer, som exempelvis investeringskostnader och driftkostnader, för olika alternativ. Resultaten från bearbetningen och förenklingen presenteras i gemensamma enheter vilket ger en tydlig fingervisning om hur olika valmöjligheter och aspekter bör övervägas. Inom LCC-modeller används en uppsjö av olika ekonomiska begrepp, som exempelvis kalkylränta, payback-tid, nuvärdesmetoden och restvärde. Dessa förklaras i detalj under ekonomiska begrepp, se avsnitt 3.4 (Ristimäki et al., 2013).

Lagrad solenergi som finns i marken kan utnyttjas för uppvärmning och kylning av fastigheter. Denna typ av värmemetod kallas för geoenergi. Berggrunden värms upp dels av solenergin men även av den geotermiska energin från jordens inre (Barth et al., 2012). Genom att borra ett hål rakt ner i marken och sedan låta ett köldmedel cirkulera i borrhålet, kan den lagrade värmen utnyttjas (Energimyndigheten, 2014). Vid användning av geoenergi för kylfall i nordiska länder är det typiskt att pumpa upp vätskan direkt från en relativt kall mark (marktemperaturer varierar mellan ca 2°C och 9°C mellan norra och södra Sverige) och in i en kylkrets. Vätskan värms upp inomhus och leds sedan ut i marken igen (Energimyndigheten, 2011).

En annan metod för uppvärmning och nedkylning av fastigheter är fjärrvärme och fjärrkyla. Vid fjärrvärme värms vatten upp i värmeverk genom förbränning av ett bränsle. Varmvattnet distribueras ut till kunderna via fjärrvärmenätet där varmvattnet sedan värmer upp fastigheternas egna slutna varmvattensystem (Fortum, 2015a). Fjärrkyla fungerar på samma sätt som fjärrvärme, förutom att kallt vatten leds till verket vilket kyler det vatten som leds ut till kunderna för nedkylning (Fortum, 2014a).

3.1 Fjärrvärmesystem

En stor del av de större fastigheterna i Stockholm är idag kopplade till ett fjärrvärmenät för uppvärmning. Till fjärrvärmeanläggningen transporteras bränsle som används för att värma upp vatten. Den största delen av bränslet som används är olika bibränslen som pellets och flis, men även fossila bränslen används. Vid förbränningen av bränslet bildas rök som innan det släpps ut till luften, renas från olika föroreningar. Varmvattnet distribueras ut till kunderna via fjärrvärmenätet och när vattnet når fastigheterna, överförs värme till det slutna vattensystemet för uppvärmning i fastigheten via värmeväxlare. Det slutna vattensystemet värmer dels upp fastigheten men genererar även varmvatten för användning. Eftersom värmen från fjärrvärmevattnet överförs via en värmeväxlare kommer aldrig vattnet i kontakt med det slutna vattensystemet i fastigheten. I anslutning till värmeväxlaren i fastigheten finns en värmemätare som registrerar flödet av fjärrvärmevattnet som passerar samt skillnaden i temperaturen mellan fjärrvärmevattnet till och från anläggningen. Mätare

räknar om dessa värden till levererad energi vilka sedan sparas i mätare så att varje kund betalar för den exakta mängden fastigheten förbrukat (Fortum, 2015a).

Av hela fastigheten utgörs ungefär 25 % av fastighetens totala energibehov av varmvattnet, men det värdet varierar beroende på vilken typ av fastigheten som undersöks. En avgörande faktor för storleken av varmvattenbehovet är fastighetens isolering. Förutom en värmemätare finns en reglercentral där den temperatur på varmvattnet fastigheten avser att ha ställs in, vilket vanligtvis brukar vara 55°C. Temperaturen ställs in genom en reglerventil, som styr inflödet av fjärrvärmvattnet till värmeväxlaren. När temperaturen är inställd, får varmvattnet cirkulera i fastigheten. För att få vattnet att cirkulera används en cirkulationspump som även ser till att varmvatten levereras på en gång när en vattenkran med varmvatten öppnas (Fortum, 2015a).

Det slutna vattensystemet i fastigheten värms upp i värmeväxlaren, vilket sedan får cirkulera i fastigheten genom bland annat radiatorer. Det är dessa radiatorer som värmer upp fastighetens alla utrymmen. Värmen i radiatorerna regleras av reglercentralen vilken styrs av en reglerkurva som i sin tur anger vilken värme fastighetens radiatorer ska uppgå till vid en specifik utomhustemperatur. Varje radiator har även en egen temperaturjustering, även kallade termostatventiler. Termostatventilen fungera så att varje ventil har ett satt börvärde för temperaturen. Ventilen stryper flödet av varmvatten till radiatoren, när temperaturen runt omkring ventilen närmar sig börvärdet. Termostatventilen ger även de boende i fastigheten möjligheten att sänka temperaturen på radiatoren om temperaturen inomhus blir för hög för deras välmående (Fortum, 2015a).

Utöver att ange värmenivån på radiatorerna, har reglercentralen en så kallad pumpstoppfunktion. Det innebär att reglercentralen kan styra värmecirkulationspumpen på exempelvis sommaren så att temperaturer i fastigheten sänks under nätterna. För att reglercentralen ska veta utomhustemperaturen, är den ihopkopplad till en utomhusgivare som känner av utomhustemperaturen. Varmvattnet styrs så att ju kallare det är utomhus, desto varmare är varmvattnet som cirkulerar. En optimal pump, ur ett energiperspektiv, pumpar varmvattnet långsamt genom fastigheten samtidigt som värme levereras, vilket innebär att mer energi kan utvinnas ur fjärrvärmesystemet vilket ger ett lägre pris (Fortum, 2015a).

Efter passagera via fastigheter kommer temperaturen hos varmvattnet från fjärrvärmeanläggningen ha sjunkit. Vattnet cirkulerar då tillbaka till fjärrvärmeanläggningen där det värms upp på nytt och processen fortsätter på sådant vis (Fortum, 2015a). Beroende på temperaturen av det vatten som kommer tillbaka till fjärrvärmecentralen, kan kunden antingen få betala en avgift eller få en bonus. Avgift eller bonus beror på nedkylningen av fjärrvärmvattnet i fjärrvärmecentralen hos kunden med hänsyn till genomsnittet för samtliga fjärrvärmekunder. Utöver denna typ av avgift/bonus finns det en volymrabatt för fjärrvärme. Volymrabatten utgörs av en fast avgift samt prisavdrag för varje köpt MWh, det vill säga att med ökande energianvändning sker en inkrementell ökning av volymrabatten (Fortum, 2015b).

Fortums fjärrvärmenät i Stockholm har fem värmeverk kopplat till sig, vilka är Högdalenverket, Hammarbyverket, Värtaverket, Hässelbyverket och Bristaverket. Själva fjärrvärmenätet är utspritt över hela Stockholm och omfattar områden som Farsta, Skärholmen, Nacka och innerstan. Det går även en sträng upp mot Bromma och Hässelby och sedan vidare mot Kista, Uppland Väsby, Märsta, Arlanda och Sigtuna. Täby är även kopplat till fjärrvärmenätet och merparten av Lidingö (Fortum, 2014b). Från tabellen Miljöbokslut i Fortum Värme rapport *Fortum Värme och miljö 2014* kan det avläsas att utsläppen av koldioxid för Fortums fjärrvärme uppgår till 74,9 gram per levererad kWh (Fortum Värme, 2014a).

3.2 Fjärrkyla

Fjärrkyla använder sig av liknande metod som fjärrvärme, fast syftet är att kyla fastigheter istället för att värma upp dem. Kallvatten distribueras via fjärrkylnätet ut till kunderna och i fastigheterna överförs kylan från fjärrkylsystemet till fastighetens egna kylvattensystem. Efter att kallvattnet kylt fastigheten har temperaturen ökat i fjärrkylvattnet, som transporteras tillbaka till anläggningen via systemet. Tillbaka i anläggningen kyls sedan vattnet ner igen och kan på nytt distribueras ut för kylning. Skulle det vara att produktionen av kylvatten för tillfället är större än efterfrågan, mellanlagras kylvattnet i tankar, för att senare kunna distribuera ut kylvattnet vid behov (Fortum, 2014a). Det finns olika sätt att producera fjärrkyla, där den enklaste kallas frikyla, där till exempel kallt vatten från en sjöbotten får kyla ned vattnet i fjärrkylsystemet via en värmeväxlare innan det pumpas ut till kunderna. Ett annat sätt är att använda sig av värmepumpkyla där kyla och värme samtidigt kan produceras, men detta påverkar även värmeproduktionen. Används spillkyla från en värmepumpsprocess påverkas däremot inte värmeproduktionen. Det finns även olika sorters kylmaskiner som endast producerar kyla (Fortum Värme, 2014a).

Fortum Värme är samägt med Stockholms stad och är den enskilt största leverantören av fjärrkyla i Stockholm. För att ansluta sig till fjärrkylnätet behövs först ett tecknat leveransavtal för den aktuella fastigheten mellan Fortum Värme och kunden. Därefter sker en planering och projekteringsfas där lokaliseringen av mätplatsen och hur ledningarna ska dras i fastigheten bestäms. Innan själva installationen börjar bestäms även vilket effektbehov som fastigheten kräver för önskad komfort, detta för att kunna dimensionera fjärrkylcentralen. I detta steg bestäms även vilka rörmaterial som ska användas och även val av ingående komponenter i systemen. Efter att fjärrkylcentralen är på sin plats genomförs en slutkontroll och driftoptimering av systemet för att säkerställa effektivitet och säkerhet (Fortum Värme, 2014b).

Enligt Fortum Värmes rapport *Fortum Värme och miljö 2014*, genereras inga direkta miljöutsläpp i samband med deras produktion av fjärrkyla. Den elektricitet som används för produktion samt distribution är ursprungsmärkt vatten- och vindkraft. Den tillförda energin till produktionen består av 41 % värmepumpkyla (COP-faktor 4,4), 35 % spillkyla (COP-faktor 20), 13 % kylmaskinskyla (COP-faktor 2,4) och 11 % frikyla (COP-faktor 20) (Fortum Värme, 2014a).

3.3 Geoenergi

Det finns olika sätt att utnyttja värme från geoenergianläggningar, men det sätt som användes till LCC-beräkningarna är traditionell bergvärme. Andra sätt, som jord-, sjö- och grundvattenvärme, fungerar i regel på samma sätt då den huvudsakliga skillnaden endast är hur värmen erhålls (Energimyndigheten, 2012). För att utvinna bergvärme borrar ett 100-250 meter djupt hål rakt ner i marken och berggrunden. Borrningen görs genom sänkhammarbörning, vilket innebär att borrhammaren jobbar sig successivt neråt i berget till önskat djup. I borrhålet cirkulerar sedan en speciell vätska, en så kallad köldbärare, i en U-formad kollektor där värme hämtas från berggrunden. Vanligtvis består köldbäraren av etanol eller någon annan vattenblandning tillsatt frysskyddande ämne. Från borrhålet cirkuleras köldbäraren genom diverse rör in till värmepumpen, där värmen från vätskan överförs till det slutna vattensystemet i fastigheten och värmer på så vis upp fastigheten. Värmepumpen genererar även varmvatten som kan användas i fastigheten till exempelvis dusch och tvättmaskin (Björk et al., 2013).

Efter borrningen och påfyllnaden av köldbäraren, försluts borrhålet med en tät lucka för att undvika att jord eller annat material kommer ner i borrhålet. Marken återställs sedan till ursprungsskicket. Vad gäller värmen som tas från berggrunden, måste värme återföras för att borrhålet ska kunna fortsätta att användas för värmeupptag. Solen värmer upp markytan, som sedan successivt lagras i berget. För ensamma borrhål återuppvärms marken runt omkring borrhålet genom att värmen flödar från ytan av marken ner till närområdet runt borrhålet (Björk et al., 2013).

Geoenergi har en viss lokal miljöpåverkan och då främst på grundvattnet. Läckage av köldbäraren är en risk som måste tas i beaktning även om sannolikheten är väldigt liten för att det ska ske. Ett läckage skulle kunna komma att påverka grundvattnet och marken runt omkring, trots att det idag även används typer av köldbärare som inte är giftiga för flora och fauna. Grundvattnet kan också komma att påverkas vid borrningen, då borrhålet kan ändra grundvattenmagasinets struktur och skapa olika blandningar av grundvatten vilket kan leda till att vattenförsörjningen påverkas av borrningen (Barth et al., 2012).

Geoenergi räknas som en förnyelsebar energikälla då själva systemet inte har några utsläpp av varken koldioxid eller övriga växthusgaser. Det finns inte heller något behov av transporter då energin utvinns lokalt. Trots att geoenergianläggningen i sig inte släpper ut växthusgaser, måste elektricitet tillföras för att kunna driva pumparna i anläggningen. Elektriciteten kan bidra till utsläpp av diverse växthusgaser, beroende på vart den kommer ifrån och hur den produceras (Barth et al., 2012).

Andelen elektricitet som används för att driva anläggningen bestäms av energibehovet och en faktor som heter Coefficient of Performance (COP). För bergvärme ligger COP-faktorn vanligen mellan 3,5 och 4,0, vilket innebär att det går åt 1 kWh el för att producera 3,5 - 4,0 kWh energi (Barth et al., 2012). För bergvärme sker utsläpp av växthusgaser i samband med produktionen av den elektricitet som ska driva värmepumpen i fastigheten. Beroende på hur produktionen ser ut, om elen är producerad i ett vind-, vatten, kärnkraftverk eller med hjälp av fossila bränslen, kommer utsläppen att variera mellan cirka 0-300 gCO₂-ekvivalenter per kWh. Därför behövs en undersökning av utsläppen för den elektricitet som används, det vill säga marginalet (Energimyndigheten, 2008).

3.3.1 Borrhålslager

Den typ av geoenergiutvinning som ofta används för större fastigheter är borrhålslager. Precis som bergvärme hämtar borrhålslager värme från berggrunden genom borrhål i marken. Istället för endast ett borrhål har borrhålslager ett flertal borrhål på ett djup mellan 60-200 meter och med 4-10 meters avstånd från varandra. Storleken och behovet av energi som ska generera värme och kyla till fastigheten eller anläggningen avgör hur många borrhål som behöver borrar. Vanligtvis innehåller ett borrhålslager cirka 30 stycken borrhål vilket motsvarar en volym på 100 000 m³, men det finns större anläggningar med fler än 100 stycken borrhål. Fastighetens energibehov tillsammans med markens geologiska egenskaper bestämmer förutsättningarna för hur djupa borrhålen ska vara. Beroende på vilken typ av berggrund fastigheten står på, behövs olika djupa borrhål. För urberg krävs inte lika djupa borrhål som för sediment för att utvinna tillräckligt med värme från berggrunden, då urberg har en högre värmeledningsförmåga (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2012).

Precis som för bergvärme får en köldbärare cirkulera ner i varje borrhål via en U-formad kollektor (Björk et al., 2013). I borrhålen tar vätskan upp antingen värme eller kyla från berggrunden som sedan används för att värme eller kyla fastigheten. Vanligen förväntas det att varje borrhål genererar mellan 10-30 W/m och att borrhålslager totalt genererar 50-1000 kW (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2012).

I och med att borrhålslager både fungerar till uppvärmning och nedkylning kan det ses som en säsongslagring. Under vinterhalvåret kan värme hämtas från berget till uppvärmning samtidigt som berget kyls ned i samband med värmeupptaget. Under sommarhalvåret tas istället den kyla som lagrats i berget upp. När kylan tas upp återuppvärms berggrunden och till nästa vinter kan den lagrade värmen i berget användas för uppvärmning. Så fortgår det under årets gång, värme och kyla säsongslagras i berget (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2012). Vanligt är att ett borrhålslager placeras under byggnader, parkeringsplatser och till och med grönområden. För ett borrhålslager ligger COP-faktorn mellan 4,5 och 5,5, vilket är högre än för enbart ett hål. Anledningen till den högre COP-faktorn är att energifaktorn för den producerade kylan i berggrunden är högre än energifaktorn för den producerade värmen (Barth et al., 2012).

3.4 Ekonomiska begrepp

Det finns en mängd olika räntor som kan användas för att beräkna vad en framtida investering eller besparing är värd. Två av dessa är real ränta och nominell ränta. Real ränta används för belopp i fasta priser samt att inflation ej är medräknad, medan nominell ränta inkluderar inflation och används för löpande priser (Energimyndigheten, 2010). Därefter finns det även korrigerad real ränta där hänsyn till årlig energiprisökning ingår. Vanligtvis används en real energiprisökning mellan två och fyra procent för byggnader och energisystem, utan att någon ingående analys genomförs (Levin et al., 2008). Kalkylräntor avser samma begrepp som räntor men att investerarens påslag även tas i beaktning för varje individuellt företag eller organisation. I beräkningarna för LCC-kostnaderna kommer endast real kalkylränta samt korrigerad real kalkylränta att användas. Ytterligare ett begrepp som används är restvärde, som är objektets värde efter kalkylperiodens slut (Belok, 2014).

Payback är en metod som används för att beräkna efter hur lång tid det investerade beloppet tjänats in och bygger på investeringen och den årliga besparingen (Belok, 2014). Den årliga besparingen kan även diskonteras till ett nuvärde för att förbättra resultatets pålitlighet, genom användande av nuvärdesmetoden som förklaras i nästa stycke (Boussabaine, 2003). Generell formel för payback presenteras nedan i formel 1.

$$\text{Payback Tid} = \frac{\text{Investering}}{\text{Årlig Besparing}} \quad (1)$$

Nuvärdesmetoden jämför investeringskostnaden med de totala besparingarna som görs under kalkylperioden. Alla kostnader, besparingar och intäkter beräknas om till ett nuvärde som gäller vid investeringstillfället med hjälp av en nuvärdesfaktor. Nuvärdesfaktorn styrs i sin tur av vald kalkylränta och kalkylperiod, se formel 2. Om det sker samma årliga kostnad eller intäkt flera år i rad kan även en nusummefaktor användas, som summerat varje års nuvärdesfaktor, se formel 3. Faktorn multipliceras sedan med kostnaden eller intäkten för att få värdet till ett nuvärde. För samtliga formler står r för real kalkylränta och n står för kalkylperiod (Belok, 2014).

$$\text{Nuvärdefaktor} = \frac{1}{(1+r)^n} \quad (2)$$

$$\text{Nusummefaktor} = \frac{1-(1+r)^{-n}}{r} \quad (3)$$

I de flesta modeller korrigeras även kalkylräntan med en framtida prisökning. För detta finns det olika approximationer, där den vanligaste är att den korrigerade reala kalkylräntan är kalkylräntan minus energiprisökningen. Denna korrigerade kalkylränta används sedan inuti nuvärdesfaktorn eller nusummefaktorn, se formel 4 nedan där q är energiprisökning.

$$\text{Approximativt korrigerad nusummefaktor} = \frac{1-(1+(r-q))^{-n}}{(r-q)} \quad (4)$$

Denna approximation medför ett litet fel, beroende på vilken kalkylränta och kalkylperiod som används. Felet är dock mindre än tre procent för värden på kalkylräntan och prisökningen som kan antas vara rimliga för byggnader och energisystem (Belok, 2014). I fallet för nusummefaktor med korrekt energiprisökning ser formeln ut som nedan, där q är energiprisökning.

$$\text{Korrekt korrigerad nusummeffaktor} = \frac{1 - \left(\frac{1+q}{1+r}\right)^n}{\frac{1+r}{1+q} - 1} \quad (5)$$

4 Metod

För att kunna jämföra och genomföra livscykelkostnader på värme- och kylsystem krävdes god insikt om hur verktyget och energisystemen fungerar. Dessa kunskaper erhöles genom en litteraturstudie om LCC-modeller samt om de värme- och kylsystem som användes i exempelfallen. Information om fjärrvärme och fjärrkyla inhämtades från Energimyndigheten och Fortums hemsida. Rapporterna Geoenergi i Samhället, skriven av Olof Andersson et al och utgiven av Geotec, och Bergvärme på Djupet, utgiven av Kungliga Tekniska Högskolan och skriven av Erik Björk et al, stod till grund för informationen till hur bergvärmesystem fungerar. Även Web of Science användes för sökning av information om de olika uppvärmningsmetoderna samt för LCC-modeller. Sökord som *lifecyclecost*, *geothermalenergy*, *LCC* och *heat pump* användes.

Googles sökmotor användes tillsammans med personlig kontakt med enskilda företag för att hitta fyra vanligt använda LCC-modeller på marknaden. Modellerna har olika avancerade beräkningsmetoder samt att de valdes oberoende av varandra. De valda modellerna är Energimyndighetens beställargrupp för lokaler (Belok), Miljöstyrningsrådet (MSR), Älvstranden Utveckling AB samt en anonym modell som kallas för Modell A i rapporten. Då det finns enskilda LCC-modeller för specifika ändamål valdes de modeller som skulle kunna användas för rapportens ändamål. Beloks LCC förklarades i detalj för att sedan kunna användas som måttstock för att jämföra de andra LCC-modellerna. Skillnaderna redovisades i både text och i tabell för överskådlighet.

Utav de valda modellerna är Beloks LCC och MSR's LCC av lite mindre avancerad karaktär vad gäller indata och utdata. Beloks är dessutom webbaserad, vilket innebär att vem som helst har tillgång till modellen direkt i webbläsaren och den är lättanvänd. MSR's LCC-modell är hämtad från Konkurrensverkets hemsida och kan hantera fler specificerade indata jämfört med Beloks, men är främst utvecklad för att jämföra olika varor och inte byggnader. Vad gäller Älvstranden Utvecklings LCC-modell är den hämtad från företagets hemsida och innehåller avancerade beräkningar där flera specificerade indata för olika kostnader och år kan föras in i modellen samt att det går att finjustera olika parametrar för enskilda delsummor i modellen. Däremot saknades möjligheten att ange restvärde samt en känslighetsanalys. Modell A är även den av avancerat slag och innehåller liknande egenskaper som tidigare nämnda modeller samt restvärde och känslighetsanalys, dock med annan utformning.

För att tillämpa de utvalda LCC-modellerna valdes följande typfall; större byggnadskomplex, ett flerbostadshus och en villa. Samtliga typfall representeras av befintliga byggnader i Stockholm. För fastighet 1, större komplex i Frescati-området i norra Stockholm, användes värden från en redan utförd LCC-analys som indata. Det var endast för denna fastighet som ett alternativ med fjärrkyla jämfördes. Data från befintliga offerter för fastighet 2 låg till grund för LCC-beräkningarna. För villafastigheten användes en befintlig offert för bergvärme samt att Fortum Värme kontaktades för att erhålla en offert för fjärrvärmekostnaden. Alla kostnader är exklusive moms för fastighet 1 och 2, till skillnad mot fastighet 3 där momsen är medräknad. LCC-modellerna tillämpades genom att använda nämnda indata för varderafastighet och jämföra de olika energisystemens resultat i respektive modell.

Enskilda parametrar som exempelvis kalkylperiod och kalkylränta likställdes för varje exempelfall för att endast skillnader i modellernas utformning skulle påverka resultatet. För övrigt utnyttjades modellernas respektive funktioner till fullo om möjligt. Alla modeller redovisar resultaten både i form av värden och i diagram, vilka sammanställdes i gemensamma grafer och tabeller. För att rita ett

diagram för känslighetsanalysen användes fyra punkter tillsammans med Excels inbyggda diagrammall ”XY-scatterwithsmoothlines” för grafer med mjuka linjer. Notera även att graderingen på axlarna varierar mellan graferna. Resultaten analyserades för att komma till en slutsats om skillnaderna mellan LCC-modellerna har någon effekt för valet av energisystem. Förutom ett jämförande av kostnader, analyserades även miljöaspekten som utsläpp av koldioxid för de olika uppvärmnings- och kylsystemen. Resultaten för miljöaspekterna redovisades i stapeldiagram.

4.1 Avgränsningar

I exempel fall för en befintlig byggnad används data som anpassas för byggnadens behov för samtliga energisystem som undersöks. En geografisk avgränsning till Stockholm ger utformningen för systemen som ska användas för tillämpningen. På grund av rapportens omfattning uteslöts vissa tidskrävande beräkningar, som till exempelvis beräkning av eventuell avgift eller bonus beroende på returtemperaturen av fjärrvärmens. Resultaten från de olika LCC-modellerna har ej analyserats med statistiska metoder.

5 LCC-modeller

Life Cycle Cost modeller har generellt sett många gemensamma drag då de utgår ifrån samma grundvillkor och mål. Hur själva modellen är utformad skiljer sig däremot åt, beroende på vem som skapat den och även vad den ska tillämpas på. En av de mer generella modellerna delar upp kostnaderna i två distinkta huvuddelar; återkommande kostnader och engångskostnader. Utifrån detta delas dessa kostnader upp i ytterligare delsummer. Till exempelvis summeras kostnader för drift, support, underhåll, lagring och bemanning till den återkommande kostnaden. För engångskostnaden ingår bland annat installation, forskning och utveckling (FoU), inköp, utbildning, riskhantering, certifiering och support. Andra modeller kan utgå från andra uppdelningar, till exempelvis FoU, produktions- och konstruktionskostnader, drift- och supportkostnader samt disponeringskostnad (Dhillon, 2010). Det framgår snabbt att det egentligen inte finns någon gräns för hur många olika tillvägagångssätt som kan användas för att beräkna en livscykelkostnad.

Varje summa i modellen kan beräknas individuellt och således även med en egen given detaljnivå. Valet av ränta och beräkningsätt för framtida prisfluktuationer kan ha en stor påverkan på resultatet. Kalkylräntor används eftersom kostnader kan uppstå vid olika tillfällen under den kalkylperiod som studeras, och eftersom pengar inte är värda lika mycket vid olika tidpunkter kan dessa kostnader ej kombineras direkt i en LCC (Energimyndigheten, 2010). Med hjälp av kalkylräntor kan olika avancerade metoder användas för att räkna om belopp till ett nuvärde som sedan kan kombineras i analysen. Vilken metod som används för de utvalda LCC-modellerna i den här rapporten redovisas nedan för respektive modell.

5.1 Belok

Det finns färdiga verktyg som är gratis och fritt fram att använda för att göra en egen livscykelkostnadsberäkning om användaren har all indata som behövs. En av de mer lättanvända är Beloks LCC, en webbaserad variant, som har utformats genom ett samarbete mellan Energimyndigheten och de största fastighetsägarna i Sverige. Den erbjuder ett komplett verktyg anpassat för några olika scenarion så som för pumpar, luftfilter, fläktar, fönster, belysning men även en generell kalkyl (Konkurrensverket, n.d.). Den generella kalkylen valdes och förklaras mer noggrant nedan, utifrån hemsidan.

I modellen justeras fyra parametrar utifrån projektets förutsättningar, dessa är kalkylperiod, real kalkylränta, dagens energipris och real årlig energiprisökning. Därefter efterfrågas investeringskostnad, restvärde, årligt energibehov samt underhållskostnad per år, för upp till tre olika samtida beräkningar. Användaren får själv välja vad som ska ingå i vardera summa. Modellen räknar utifrån dessa värden ut både den totala livscykelkostnaden och även enskilt för energikostnaden och underhållskostnaden. Resultaten erhålls i siffror och i färdiga diagram, tillsammans med en

känslighetsanalys där totalkostnadens beroende på val av kalkylränta samt energipris kan studeras (Belok, 2011).

Den totala livscykelkostnaden beräknas genom summering av nuvärdet för investering, underhåll och energi, och sedan subtrahering av restvärdet. Varje enskild summa har beräknats om till ett nuvärde med en passande formel. Eftersom det inte går att specificera olika årskostnader används rak diskontering eller en så kallad nusummefaktor för att beräkna nuvärdet av den årliga underhållskostnaden. Restvärdet beräknas med direkt diskontering eller en så kallad nuvärdesfaktor. Nuvärdet för energikostnaden beräknas med hjälp av formel 5, som är en justerad variant av nusummefaktorn med den årliga energiprisökningen inräknad. Viktigt att notera är att om kalkylräntan och den årliga energiprisökningen är lika så blir det ingen förändring av värdet (Belok, 2011).

För känslighetsanalysen justeras kalkylräntan och energipriset och det nya totala värdet plottas i diagram. I samtliga diagram jämförs de tre olika beräkningarna samtidigt, för att det ska vara lätt att se skillnader och likheter. Energiprisets variation ger endast en rak linje, och två punkter är således allt som behövs för att ge korrekt resultat. Kurvan för kalkylräntan plottas utifrån en av formlerna som används vid beräkningen av nuvärden (Belok, 2011).

5.2 Miljöstyrningsrådet

Miljöstyrningsrådets LCC-modell finns att hämta som Excelfil från Konkurrensverkets hemsida, då Miljöstyrningsrådet sedan sommaren 2014 ingår i Konkurrensverket (Konkurrensverket, 2014a). Det finns en kort manual med vidare förklaringar för hur verktyget ska användas och även några specifika Excel-mallar för några utvalda produktområden (Konkurrensverket, 2014b). Den generella kalkylmallen valdes för denna rapports ändamål, och den har några distinkta skillnader jämfört med Beloks LCC. Först och främst finns det några fler justeringsmöjligheter i MSR's LCC då det finns möjlighet att ange olika periodiska investeringskostnader för upp till 25 år och dela upp driftkostnaderna för 5 specificerade insatsvaror. Det finns även möjlighet att särskilja på skatter och avvecklingskostnad som ej bör ingå i de andra beräkningarna. Modellen erbjuder beräkning av livscykelkostnaden för upp till 5 varor samtidigt (Miljöstyrningsrådet, 2008).

Känslighetsanalysen varierar kalkylräntan, precis som i Beloks LCC, men har utöver detta endast ett scenario där driftkostnaden ökat med 20 %. Det finns ej heller någon årlig prisökning för energikostnader som återfinns i Beloks LCC. Alla nuvärdesberäkningar, förutom för de periodiska investeringskostnaderna, använder sig av Excels inbyggda formel för nuvärdesmetoden, som använder sig av nusummefaktor och nuvärdesfaktor, beroende på hur formeln används. En manuell inmatning som ger nuvärdesfaktorn används för de periodiska investeringskostnaderna (Miljöstyrningsrådet, 2008).

Resultaten redovisas i form av ett cirkeldiagram med färgkodning för de olika kostnaderna under livscykeln; anskaffningskostnad, driftkostnad, underhållskostnad och total övrig kostnad. Totalkostnaden visas även i två separata stapeldiagram där den ena visar andelen total övrig kostnad, anskaffningskostnad och drift- och underhållskostnad i diagrammet med färgkodning (Miljöstyrningsrådet, 2008).

5.3 Älvstranden Utveckling AB

Älvstranden Utveckling är ett kommunalt bolag som sysslar med stadsutveckling i Göteborg och äger samt förvaltar ett antal fastigheter i Göteborg. På företagets hemsida återfinns en LCC-mall i form av en Excelfil som är ämnad till att beräkna livscykelkostnader på delar av och hela byggnader (Älvstranden Utveckling, 2015). Modellen är utformad och helt anpassad för just detta ändamål, vilket möjliggör mer avancerade och ingående funktioner än vad Beloks generella modell erbjuder.

Beräkningen är uppdelad i sex distinkta delar; förutsättningar och alternativ, investeringskostnader, reinvestering och utbyte, löpande drift och underhåll, energikostnader och hyresintäkt eller

hyresbortfall (Älvstranden Utveckling, n.d.). Denna modell erbjuder fler funktioner och parametrar att justera än vad Belok gör och för att redogöra detta på ett effektivt sätt beskrivs samtliga steg och beräkningar i den ordning de återfinns i modellen. Däremot saknas en känslighetsanalys helt och hållet (Älvstranden Utveckling, n.d.).

Utöver de essentiella parametrarna kalkylränta och kalkylperiod kan följande förutsättningar anges; årlig uppräkningskostnader, kapitalkostnadsränta, eventuell amortering, eventuellt påslag och även möjlighet att ange kvadratmeter som beräkningen gäller för. Eventuellt påslag, som till exempel moms, kan även justeras individuellt för varje delsteg om momssatsen skiljer sig mellan olika steg i livscykel. Det är möjligt att jämföra tio olika alternativ samtidigt och resultaten för varje steg redovisas vid respektive delsteg, medan den totala kostnaden och även en prognoskostnad per år redovisas vid modellens början. Det går även att ange arean för varje alternativ i form av ett A_{temp} -värde, beroende på vad för sorts jämförelse som önskas utföras (Älvstranden Utveckling, n.d.). A_{temp} är den invändiga area som värms upp över 10°C, och används för beräkning av en byggnads energianvändning per area (Boverket, 2014a).

För investeringskostnaderna finns det upp till sju möjliga engångsposter, tre kostnader per kvadratmeter samt fyra poster för bidrag eller intäkter. Resultaten multipliceras med amorteringsräntan och kapitalräntan för att beräkna kapitalkostnad och avskrivning. Efter att posterna har fyllts i sammanfattas resultaten i form av tabeller och tre diagram där den totala investeringen, kapitalkostnaden över hela kalkylperioden och genomsnittlig kapitalkostnad av investeringen i kronor per kvadratmeter och år, jämförs mellan de tio alternativen (Älvstranden Utveckling, n.d.).

Vid nästa steg anges två eventuella reinvesteringar eller utbyteskostnader genom att ange tekniska livslängden för installationen och dagens kostnad för bytet. Antalet byten räknas ut automatiskt utifrån angiven kalkylperiod, lika så kan kapitalkostnaden beräknas om posten är en reinvestering. Förutom dessa två poster kan även två andra poster som är per kvadratmeter anges, där antalet kvadrat som berörs och kostnaden per kvadratmeter multipliceras med intervallet för utbytet. För dessa två poster anges intervallet istället för livslängden och antalet utbyten under perioden beräknas med hänsyn till om tillfället för utbyte sammanfaller med utbytet av hela installationen som anges i de två tidigare posterna. Till exempel om en livslängd på tio år för reinvestering anges i post ett eller två och ett femårigt intervall för utbyte vid post tre eller fyra, räknas inte de tillfällena då det femåriga intervallet sammanfaller med reinvesteringen. Som för de tidigare stegen redovisas resultaten i tabellerad form och diagram. Det finns tre diagram som jämförs, LCC-kostnaden för detta delsteg, ackumulerad LCC-kostnad under kalkylperioden samt genomsnittliga kostnaden per kvadratmeter och år, för alla alternativ (Älvstranden Utveckling, n.d.).

Därefter anges löpande drift- och underhållskostnader. Dessa kostnader är uppdelade i årsposter, årskostnader per kvadratmeter samt veckokostnader per kvadratmeter och det finns möjlighet att ange upp till fem, sju och respektive tre kostnader per uppdelning. Resultaten redovisas i tabell och i tre diagram där alternativen jämförs med varandra. Första diagrammet visar den totala LCC-kostnaden för hela perioden för detta steg och i det andra diagrammet jämförs den ackumulerade kostnaden för perioden. I det tredje diagrammet visas kostnaden per kvadratmeter och år med första årets priser, det vill säga utan nuvärdesberäkning (Älvstranden Utveckling, n.d.).

I nästa steg anges energikostnader och detta steg är även det mest omfattande och avancerade steget i modellen. Det finns tre olika energislag att justera, fjärrvärme, fjärrkyla och elkraft, men det är även möjligt att justera någon av dessa tre till ett annat energislag. Utöver den årliga uppräkningskostnader kan en individuell energiuppräkningskostnad anges för varje energislag. Dessa summeras sedan för att beräkna nussummafaktorn för varje energislag, med en approximerad kalkylränta enligt formel 4. För fjärrkylan och elkraften anges priset per kilowattimme för två perioder, till exempel sommar och vinter. Därefter anges den totala användningen per år och hur fördelningen mellan perioderna ser ut. Fjärrvärmeberäkningen är mer komplicerad då det finns ett helt separat blad som används för att beräkna kostnaden per år. Beräkningen är utformad efter vanligt förekommande avtal för större

fastigheter, nämligen en effektaggift och en rörlig avgift beroende på hur mycket fjärrvärme som används. Först anges den varierande månadskostnaden och därefter kan en av fyra förinställda normalfördelningar av hela årets energianvändning användas eller justeras manuellt. Kostnaden beräknas genom att den totala användningen delas upp enligt fördelningen och multipliceras med respektive månadspris, därefter läggs eventuell effektaggift till. Effektaggiften erhålls utifrån en medeleffekt som beräknas med hjälp av uppskattat antal drifttimmar per år och det årliga energibehovet. Efter att alla kostnader beräknats redovisas resultaten i en tabell samt i tre diagram, där alla tio alternativs totala LCC-kostnad för energi, ackumulerad LCC-kostnad för energi och energikostnad per kvadratmeter och år i snitt med första årets priser jämförs (Älvstranden Utveckling, n.d.).

Sammanknutet med energikostnaderna finns även en beräkning för utsläpp av koldioxid per kvadratmeter och år, där utsläppen per kWh för fjärrvärme, fjärrkyla och elkraft är från 2010 samt att vissa värden är specifika för Göteborg. Med hjälp av dessa värden beräknas den totala mängden utsläpp per år, som redovisas i ett stapeldiagram där alla tio alternativ jämförs (Älvstranden Utveckling, n.d.).

I sista steget kan hyresintäkter eller hyresbortfall anges, med upp till tre engångsposter vid investeringstillfället och upp till tre poster som är beroende per kvadratmeter och år. Tecknet på beloppet styr om det räknas som en intäkt eller bortfall. Resultaten visas, som för tidigare delsteg, i tabell och i tre diagram med total LCC-kostnad, ackumulerad LCC-kostnad och kostnaden per kvadratmeter och år med första årets priser (Älvstranden Utveckling, n.d.).

Efter att alla relevanta delsteg har fyllts i återfinns en sammanfattning längst upp i mallen. Här redovisas de totala LCC-kostnaderna per delsteg och även en genomsnittlig kostnad per kvadratmeter och år i tabellerad form. Utöver tabellen finns ett stapeldiagram som visar den totala LCC-kostnaden över hela perioden samt färgindelning på stapeln för de olika delstegen, ett payback diagram, ett kostnadsdiagram och slutligen ett stapeldiagram över kostnaderna per kvadratmeter och år (Älvstranden Utveckling, n.d.).

5.4 Modell A

Modell A är även den Excel-baserad och är mer avancerad än Belok. Utöver att den innefattar samma justeringsmöjligheter finns det fler beräkningar som kan utföras. Upp till nio alternativ jämfört med ett nollalternativ kan utvärderas samtidigt. Det finns möjlighet att specificera upp till sju rörliga energikostnader och/eller sju olika effektabonnemang, som sedan kan kombineras inom varje alternativ. Energiprisökning kan specificeras individuellt för vardera energislag samt att även en prisökning för underhållskostnader återfinns. Utöver vanliga poster för investeringskostnader kan upp till fyra olika reinvesteringskostnader användas, där vilket år efter grundinvesteringen denna reinvestering sker anges för beräkning av nuvärde. Därefter anges förbrukningen för de sju rörliga energikostnaderna samt vilket effektabonnemang som används för alternativet. Underhållskostnader anges endast som ett genomsnitt per år. Utöver dessa parametrar ingår även en analys för klimatpåverkan där växthusgasemissioner kan anges individuellt för de sju olika energislagen, med lägsta respektive högsta utsläpp. Samtliga kostnader beräknas om till ett nuvärde med hjälp av nusummefaktor med approximativt korrigerad kalkylränta, enligt formel 4 (Modell A, 2013).

Resultaten redovisas i tabeller och i diagram, där varje enstaka kostnad även kan särskiljas. En rak pay-off redovisas med jämförelse mot nollalternativet för den totala LCC-kostnaden. Minskad energianvändning och utsläpp av växthusgaser jämförs även mot nollalternativet. Ett genomsnittspris av de sju olika energislagens kostnader och användning per år beräknas för att visa eventuell kostnad per besparad kWh per år. Resultaten visas sedan i ett antal diagram, där alternativens totala livscykelkostnad jämförs. I samma diagram visas även andelen från vardera delkostnad, som total investeringskostnad, underhållskostnad och de sju olika energislagen, med hjälp av olika färger i stapeln för den totala livscykelkostnaden. Det finns även två separata diagram för klimatpåverkan, i

den ena summeras de olika alternativens utsläpp av växthusgaser, och i det andra visas en jämförelse mellan alternativens högsta och lägsta totala utsläpp (Modell A, 2013).

Känslighetsanalysen varierar kalkylräntan mellan två punkter som kan ändras manuellt, men förinställt till två och en halv av den använda kalkylräntan som minsta värde och två gånger högre för det maximala värdet. Resultaten visas i ett diagram där de tio olika alternativens livscykelkostnad varierar med kalkylräntans värde. I nästa diagram varierar istället energipriset för ett förvalt energislag av de sju möjliga, med samma gränser som för kalkylräntan, jämfört med totala LCC-kostnaden för alla tio alternativ. I den tredje och sista grafen varierar energiprisökningen, vilket fungerar precis likadant som för tidigare nämnda graf. För beräkningen av dessa diagram används fyra mätpunkter, till skillnad mot Beloks modell som använder sig av två i fallet för energipriskänslighet och en ekvation för kalkylräntans känslighetskurva (Modell A, 2013).

Utöver detta återfinns några hjälpsamma funktioner, så som en uträkning av real kalkylränta utifrån angiven inflation och nominell kalkylränta. Det finns även rekommenderade värden för t.ex. kalkylränta, energiprisökning för olika energislag och underhåll, olika livslängder och utsläppskvantiteter av koldioxidekvivalenter för några energislag, vilka har hämtats ur olika tillgängliga databaser (Modell A, 2013).

5.5 Sammanställning av LCC-modeller

För att ge en översiktlig bild av skillnaderna och likheterna mellan modellerna har de mest väsentliga attributen sammanställts i tabellen nedan. För en fullständig förståelse av modellernas individuella egenskaper och skillnader sinsemellan, bör de detaljerade redogörelserna ovan användas.

Tabell 1, Sammanställning över LCC-modellernas utformning och skillnader

Kategori	Belok	MSR	Älvstranden Utveckling	Modell A
Nuvärdesberäkning	Nusumme-faktor & Nuvärdefaktor	Nusumme-faktor & Nuvärdefaktor	Nusumme-faktor & Nuvärdefaktor	Nusumme-faktor & Nuvärdefaktor
Framtida prisförändringar	Ja, korrekt, se formel 5	Nej, saknas	Ja, approximation formel 4. Årlig uppräknig av alla energi- och underhålls-kostnader	Ja, approximation formel 4. Årlig uppräknig av alla energi- och underhålls-kostnader
Periodisk investering/ reinvestering	Nej, saknas	Ja, från år 1 till år 25	Ja, reinvestering och utbyteskostnad för upp till fyra poster, återkommande	Ja, fyra utvalda år
Antal beräkningar att jämföra	Tre	Fem	Tio	Tio
Specificera olika drift- & energikostnader	Nej, genomsnittlig årskostnad	Ja, upp till fem olika insatsvaror för drift	Ja, tre stycken. Fjärrvärme, fjärrkyla, elkraft både rörligt och effektabonnemang	Ja, upp till sju olika rörliga och sju effektabonnemang
Specificera olika underhålls-kostnader	Nej, genomsnittlig årskostnad	Nej, genomsnittlig årskostnad	Ja, 15 olika kostnader	Nej, genomsnittlig årskostnad
Restvärde	Ja	Ja	Nej	Ja
Känslighetsanalys	Ja, kalkylränta och energipris	Ja, kalkylränta och ett tillägg för driftkostnad	Nej, saknas	Ja, kalkylränta, energipris och energiprisökning
Moms, amortering, kapitalberäkningar	Nej	Nej	Ja, det kan anges manuellt på alla delsteg	Nej

6 Analys av LCC-modellerna

Genom att studera resultatet från jämförelsen av de olika LCC-modellerna syns det tydligt att det finns både likheter och skillnader, där skillnaderna varierar i storlek. Till grunden fungerar de fyra modellerna på samma sätt. De utför samma beräkningar och delar en del ingående faktorer med varandra, som exempelvis nusummafaktor och nuvärdesfaktor samt möjligheten till att jämföra olika alternativ samtidigt. Det finns desto fler skiljaktigheter mellan de olika modellerna och den främsta skiljaktigheten är hur pass utförliga de olika LCC-beräkningarna är.

Belok kan efter jämförelsen räknas som den enklaste av modellerna. De kostnader som förs in är klumpsummor, vilket innebär att möjligheten till att specificera energi-, drift- eller underhållskostnader helt bortses. Beloks modell tar inte heller hänsyn till reinvesteringsmöjligheter eller möjligheten att föra in värden för moms, amortering samt kapitalberäkning. Till skillnad från de tre andra modellerna är Belok den enda som använder korrekt formel för hantering av framtida prisförändringar. I MSR's LCC-modell saknas möjligheten att ta hänsyn till framtida prisförändringar, medan både Älvstranden Utveckling och Modell A använder sig av en approximation. Approximationen är den samma för både modellerna och det finns även möjlighet att ange individuella framtida prisförändringar för varje energislag. I Älvstranden Utvecklings LCC finns det möjlighet att justera tre olika energislag medan Modell A kan justera och blanda upp till sju olika energislag och abonnemang.

Till skillnad från de andra tre modellerna, är Belok den enda som inte har periodisk investering. För de tre andra modellerna skiljer sig hanteringen av den periodiska investeringsmöjligheten. För MSR finns det möjlighet att ange reinvestering för varje år upp till år 25, medan Modell A har möjlighet för reinvestering vid fyra valfritt utvalda år. Älvstranden Utveckling har inte given period eller givet antal tillfällen som reinvestering kan ske, utan använder sig av intervallberäkning.

Det skiljer sig även mellan modellerna hur de hanterar möjligheten för specificering av olika energi-, drift- och underhållskostnader. Modellerna har olika benämningar och uppdelningar för vad som ingår i respektive kostnad. Möjligheten att specificera individuella kostnader har dock ingen påverkan på resultatet, utan påverkar endast användarvänligheten beroende på användarens preferenser. Det kan anses bekvämt att ha möjligheten att specificera olika delkostnader direkt i modellen, för att slippa att beräkna om totalsumman om någon delkostnad ändras. Beloktar ingen hänsyn till någon specificering av dessa kostnader, utan använder sig av en användarberäknad energikostnad utifrån pris och användning. MSR's modell ger på samma sätt möjlighet att specificera driftskostnader för fem olika driftvaror, alternativt bara ange en total driftskostnad. Vad gäller Älvstranden Utveckling finns möjligheten för specificering av energikostnader samt underhållskostnader, men antalet poster skiljer sig för de olika typerna av kostnader. I Modell A finns det möjlighet att specificera energi- och driftkostnader.

Fler skillnader mellan modellerna visar sig i hantering av restvärde, moms, amortering och kapitalberäkning. I alla modeller förutom Älvstranden Utveckling, finns möjlighet för medräknade av restvärde. Det är även enbart i Älvstranden Utveckling LCC-modell som värden för moms, amortering samt kapitalberäkningar kan anges, vilka förs in manuellt i LCC-modellen. De andra tre modellerna tar inte hänsyn till detta. För beräkningarna i följande avsnitt har dock endast restvärde används, och således har resterande faktorer ej någon inverkan på resultatet.

Modell A är den utav de fyra modellerna som har den mest utförliga känslighetsanalysen. Känslighetsanalysen baseras på kalkylränta, energipris samt energiprisökningen för Modell A, medan för Belok baseras känslighetsanalysen enbart på kalkylränta och energipris. Vad gäller MSR finns det en känslighetsanalys för kalkylräntan och ett fast tillägg för driftkostnadsökning. Älvstranden Utveckling saknar känslighetsanalys helt och hållet.

7 Typfallens indata till LCC-beräkningar

Då fastigheterna varierar i storleksordning kan även olika kalkylräntor och kalkylperioder för de olika fallen vara lämpliga att använda. För fastighet 1, som är den största av de tre valda fastigheterna, valdes kalkylperioden 30 år och kalkylräntan 5 % samt energiprisökningen 1 %, som även användes för den utförda LCC-analysen som resterande indata hämtats ifrån. För fastighet 2 och 3 användes samma värden för real kalkylränta och energiprisökning, det vill säga en kalkylränta på 6 % respektive en energiprisökning på 2 %. Dessa värden för fastighet 2 och 3 hämtades från Boverkets rapport *Skärpta energihushållningskrav* (2014) vilka är rekommendationer och riktlinjer givna av EU-kommissionen (Boverket, 2014b). Kalkylperioden valdes till 30 år för fastighet 2 och 20 år för fastighet 3. Tabellen nedan sammanställer de ingående förutsättningarna för vardera fastighet.

Tabell 2, Indata för ekonomiska faktorer för respektive fastighet

Indata	Fastighet 1	Fastighet 2	Fastighet 3
Real kalkylränta	5 %	6 %	6 %
Kalkylperiod	30 år	30 år	20 år
Real energiprisökning	1 %	2 %	2 %

För en jämförelse av påverkan på miljö och klimat jämfördes värden för de olika energisystemen i form av koldioxidutsläpp. Vad gäller koldioxidutsläppen vid elanvändning för bergvärme och fjärrkyla, kommer ett antal olika slags marginalet att jämföras. De som jämförs är Svensk elmix, Nordisk elmix och Europeisk elmix. För marginalfjärrvärme används Fortums beräknade utsläpp som tidigare angivits, se avsnitt 3.1. Koldioxidutsläppen per kWh redovisas i tabell 3 nedan för samtliga nämnda energislag.

Tabell 3, De olika energislagens koldioxidutsläpp

Marginalet	Koldioxidutsläpp
Svensk elmix ¹	20 g/kWh
Nordisk elmix ¹	100 g/kWh
Europeisk elmix ²	415 g/kWh
Marginalfjärrvärme	
Fortum 2014	74,9 g/kWh

¹Svensk Energi, 2014

² Svensk Energi, 2010

7.1 Fastighet 1 - Frescatifastighet

Första exempelfastigheten utgörs av ett större byggnadskomplex i Frescati-området vid Stockholms universitet. För Frescati-området kommer tre olika alternativ för uppvärmning respektive kylning att undersökas. Det första alternativet är bergvärme i form av borrhålslager. Borrhålslaget består av 131 stycken borrhål med ett djup på ca 200 meter för respektive borrhål. Den totala investeringskostnaden för borrhålslaget är 48 233 000 kr. Fjärrvärme används som spetskälla med 60 MWh årlig förbrukning, som beräknas med Älvstranden Utvecklings inbyggda kalkyl. Resterande behov täcks av elförbrukning på 637 MWh med elpriset 1 kr/MWh. Underhållskostnad är 257 000 kr per år. Restvärdet efter 30 år ligger på 8 224 000 kr samt en reinvestering vid år 15 på totalt 6 116 000 kr (Anonym, 2014).

För att beräkna kostnaden av fjärrvärmedelen i alternativ 1 inhämtades 2015 års priser för avtalet ”Fjärrvärme Trygg” från Fortums hemsida där avtalet har ett effektpris på 503 kr/kWh, år och ett energipris som varierar beroende på månad. För dec-mars är energipriset 710 kr/MWh, för apr, okt-nov ligger energipriset på 466 kr/MWh och för perioden maj-sep är energipriset 283 kr/MWh (Fortum, 2015b). För att beräkna den fasta effektavgiften användes en tidsfaktor på 4100 timmar, som

står för drifttiden under året, för att skatta medeleffekten utifrån det årliga energibehovet. Den årliga driftkostnaden för fjärrvärmedelen beräknades utifrån dessa siffror med hjälp av Älvstranden Utvecklings fördelningsprofil 3, se Appendix IV, och resulterade i en total årlig kostnad på 936 612 kr tillsammans med underhållskostnaden.

Alternativ 2 för Frescati-området är uppvärmning med enbart fjärrvärme med en total investeringskostnad på 4 750 000 kr (Anonym, 2014). Precis som för alternativ 1 användes Älvstranden Utvecklings inbyggda fjärrvärmekalkyl, dock med en fjärrvärmeförbrukning på 5510 MWh per år och med kostnader enligt samma avtal som i alternativ 1. Utöver dessa kostnader tillkommer en volymrabatt för det aktuella energibehovet med en fast avgift på 124 684 kr/år och ett prisavdrag på 76 kr/MWh (Anonym, 2014). Den årliga driftkostnaden beräknades utifrån dessa siffror med hjälp av Älvstranden Utvecklings fjärrvärmekalkyl med fördelningsprofil 3, och resulterade i 3 695 098 kr per år tillsammans med årlig underhållskostnad på 76 000 kr. Fjärrvärmealternativet har inget restvärde i denna beräkning men det sker däremot en reinvestering vid år 15 på 2 224 000 kr (Anonym, 2014).

Det sista alternativet som jämförs är fjärrkyla, dock inte som ett enskilt valbart alternativ i jämförelse med de tidigare två, då fastigheten redan har egna kylmaskiner. Investeringskostnaden för installation av fjärrkylcentral och anslutning uppskattades till cirka 2 000 000 kr utifrån ett maximalt effektbehov på cirka 3600 kW och en specifik investeringskostnad av 550 kr per installerad kW (Abrahamsson and Nilsson, 2013). Kylbehovet uppskattades till 8000 MWh/år där 5000 MWh/år består av processlast, utifrån en effektkurva (Anonym, 2014). Den årliga underhållskostnaden uppskattades till 20 000 kr, vilket motsvarar 1 % av investeringskostnaden. Reinvesteringens kostnaden i dagens priser värderades till 1 000 000 kr år 15. Driftkostnaden beräknades utifrån Fortums avtal ”Fjärrkyla Mix”, där processlasten 5000 MWh täcks av en baseeffekt på 600 kW och resterande 3000 MWh täcks av en komforteffekt på 3000 kW. Effektkostnaden för basdelen beräknas utifrån en fast del på 93 000 kr och ett effektpris på 1 150 kr per kW medan effektkostnaden för komfortdelen uppgår till 201 660 kr fast del och 350 kr per kW. Utöver detta tillkommer en rörlig kostnad beroende på energibehovet per månad. Fördelningen är uppdelad i jan-mar och dec, med kostnaden 20 kr per MWh, apr-maj och sep-nov kostar 130 kr per MWh, för både basenergi och komfortenergi, men priset skiljer sig för jun-aug mellan basdelen och komfortdelen. För dessa varmare sommarmånader kostar basenergin 130 kr per MWh och komfortdelen kostar 600 kr per MWh (Fortum Värme, 2015). Detta ger en fast årlig kostnad på 2 034 660 kr och den rörliga approximerades till 1 531 417 kr, med en uppskattad fördelning med mest kylbehov under sommarmånaderna för komfortdelen och en fast månadsfördelning av processlasten.

För att beräkna mängden elektricitet som behövs för att täcka fastighetens kylbehov på 8000 MWh/år har Fortum Värme fördelning av produktionssätt och respektive COP-faktorer använts, se avsnitt 3.2. Detta resulterade i en elförbrukning på 1362 MWh/år, som används tillsammans med olika marginalel för att jämföra miljöpåverkan.

En sammanställning över de tre alternativen för Frescati-området presenteras i Tabell 4 nedan. För en mer detaljerad tabell över investeringskostnad och drift- och underhållskostnad för Frescati samt utförda beräkningar, se Appendix I.

Tabell 4, Kostnader för alternativen av uppvärmning och kylning för fastighet 1

Alternativ	Total investeringskostnad	Årlig drift- och underhållskostnad	Restvärde (vid år 30)	Reinvestering år 15
Borrhållslager	48 233 000 kr	936 612 kr	8 224 000 kr	6 116 000 kr
Fjärrvärme	4 750 000 kr	3 695 098 kr	0 kr	2 224 000 kr
Fjärrkyla	2 000 000 kr	3 586 077 kr	0 kr	1 000 000 kr

7.2 Fastighet 2 - Flerbostadshus

Fastighet 2 motsvarar ett flerbostadshus som exempelvis ett eller flera lägenhetshus. Det totala värmebehovet för fastighet 2 är 377 MWh/år, där 75 MWh/år avser varmvattenbehovet. Fastigheten har ett maximalt behov av en värmeeffekt på 120 kW (Anonym, 2014b).

För beräkningarna på fastighet 2 används tre olika alternativ för uppvärmningsmetoder. I alternativ 1 används enbart bergvärme som täcker 100 % av fastighetens värmebehov. Antal borrhål för fastigheten är 9 stycken med ett djup för respektive hål på 290 meter, vilket ger en genomsnittlig COP-faktor på 3,4. För alternativ består den totala investeringskostnaden av installation, borrhning och materialkostnad, där själva värmepumpen är inräknad i materialkostnaden och uppgår till 1 995 000 kr (Anonym, 2014b). Driftkostnaderna för detta alternativ är 142 025 kr per år, där kostnaden för varmvatten ingår. Utöver detta uppskattades en underhållskostnad på 15 000 kr per år. Den totala drift- och underhållskostnaden blir då 157 025 kr. Restvärdet för borrhålen efter 30 år uppskattades till 897 750 kr, räknat i dagens penningvärde med hjälp av en meterkostnad för borrhning på 344 kr (Anonym, 2014b). Reinvestering vid år 20 uppskattades till en kostnad av 200 000 kr, då två mindre värmepumpar uppskattades kosta 70 000 kr styck.

Alternativ 2 för fastighet 2 består enbart av fjärrvärme, har en total investeringskostnad på 225 000 kr som erhöles efter kontakt via mejl med kundservice på Fortum Värme. Fjärrvärmeabonnemanget som valdes var Fortums abonnemang ”Fjärrvärme Trygg”, priser från år 2015, se beskrivning av alternativ 1 för fastighet 1 för exakta priser. Utöver dessa kostnader tillkommer en volymrabatt för det aktuella energibehovet med en fast avgift på 2044 kr/år och ett prisavdrag på 8 kr/MWh (Fortum, 2015b). Den årliga driftkostnaden beräknades utifrån dessa siffror med hjälp av Älvstranden Utvecklings fjärrvärmekalkyl med fördelningsprofil 4, se Appendix IV, och resulterade i 271 175 kr per år. Utöver detta adderas en underhållskostnad på 7 600 kr/år utifrån E.ONs fjärrvärmeservice avtal för företag (E.ON, 2012a). Denna årskostnad används för samtliga modeller och fjärrvärmealternativet har inget restvärde. År 20 sker en uppskattad reinvestering på 150 000 kr utifrån investeringskostnaden.

Det tredje alternativet är en kombination av bergvärme och fjärrvärme, där bergvärmerna har en energitäckning på 66 %, vilket motsvarar 250 MWh/år och en effekttäckning på 50 %, vilket motsvarar 60 kW. Det resterande 127 MWh/år täcks av fjärrvärmerna. Antalet borrhål är 5 stycken och borrar till ett djup av 300 m, där COP-faktorn beräknas vara 2,9. Även för detta alternativ, vad gäller bergvärme, så ingår installation, borrhning och materialkostnader i det totala investeringspriset (Anonym, 2014b). Investeringskostnaden uppskattades till 1 500 000 kr. Driftkostnaden för fjärrvärme beräknades som i alternativ 2 fast med ett energibehov på 127 MWh/år enligt offertens energitäckning samt topp effekt på 60 kW och utan volymrabatt vilket tillsammans med driften av bergvärmepumpen ger den totala driftkostnaden 221 936 kr. Underhållskostnaden uppskattades till 13 000 kr/år. Borrhålens restvärde beräknades med hjälp av en meterkostnad för borrhning på 344 kr per meter vilket gav ett restvärde på 515 950 kr. Reinvesteringen för detta alternativ uppskattades till 225 000 kr, då bergvärmepumpen kostade 100 000 kr och sedan tillkommer utbyte av värmeväxlare och installation.

En sammanställning av värdena på indata för de tre alternativen till fastighet 2 presenteras i tabell 5. För en mer detaljerad tabell över investeringskostnad och driftkostnad se Appendix II.

Tabell 5, Kostnader för alternativen av uppvärmning för fastighet 2

Alternativ	Total investeringskostnad	Årlig drift- och underhållskostnad	Restvärde (vid år 30)	Reinvestering år 20
Bergvärme	1 995 000 kr	157 025 kr	897 750 kr	200 000 kr
Fjärrvärme	225 000 kr	278 775 kr	0 kr	150 000 kr
Kombination	1 500 000 kr	234 936 kr	515 950 kr	225 000 kr

7.3 Fastighet 3 - Villa

Fastighet 3 symboliseras av en enfamiljsvilla. Villans totala värmebehov är 30375 kWh/år inklusive varmvatten. Varmvattensbehovet uppgår till 6000 kWh/år. Det maximala effektbehovet för fastigheten är 10,1 kW, där varmvatten står för 0,7 kW (Anonym, 2008).

För villan undersöktes två olika uppvärmningsalternativ. Det första alternativet består enbart av bergvärme där bergvärmepumpen Thermia Diplomat 10 kommer att användas. Thermia Diplomat 10 har en energitäckning på 99,2 % av det totala värmebehovet. Den totala investeringskostnaden för bergvärme är 152 000 kr, där borring, material, installationer och anslutning ingår (Anonym, 2008). Driftkostnaderna för bergvärme är den kostnad för tillförd energi till värmepumpen. Denna kostnad beräknades till 12 702 kr per år utifrån ett elpris på 1,2 kr/kWh, tillsammans med värmebehovet och två COP-faktorer på 2,5 för perioden april-september samt 3 för perioden oktober-mars.

Energibehovet fördelades enligt Älvstranden Utvecklings fördelningsprofil 2, se Appendix IV, och med hänsyn till COP-faktor resulterade detta i en elförbrukning på 10 585 kWh/år. Elpriset inhämtades från Svensk Energis senaste statistik för prisutvecklingen för rörligt pris för villa med elvärme, där skatter och nätavgifter som tillkommer för privatpersoner inkluderas (Svensk Energi, 2015). Därefter tillkommer en uppskattad årlig underhållskostnad på 4 000 kr. En uppskattad reinvestering sker efter 20 år på en kostnad av 70 000 kr i dagens värde, vilket motsvarar inköp och installation av en ny värmepump. Restvärdet efter 20 år för borrhålen beräknades till 56 000 kr i dagens penningvärde.

Det andra alternativet består enbart av fjärrvärme. För fjärrvärme är det ett fast pris för installation och anslutning till fjärrvärmenätet, vilket ger en investeringskostnad på 98 500 kr. I den fasta kostnaden ingår material och arbetskostnad för installation (Fortum, 2014c). Utöver installation och anslutningen till fjärrvärmenätet tillkommer driftkostnader i form av fjärrvärmeabonnemang, vilket har en fast och en rörlig del. Fortums abonnemang ”Normalpris” med en fast kostnad på 5940 kr/år och med en rörlig del på 66,3 öre/kWh valdes, vilket ger driftkostnaden 25 916 kr per år (Fortum, 2015c). Utöver detta tillkommer en uppskattad underhållskostnad på 1 200 kr per år, enligt E.ONs avtal om fjärrvärmeservice (E.ON, 2012b). Reinvestering för fjärrvärme i form av utbyte och installation av ny fjärrvärmecentral uppskattades till 40 000 kr i dagens penningvärde (Södertörns Fjärrvärme, 2015).

Värdena för indata till de två alternativen för uppvärmning till fastighet 3, sammanställs och presenteras i tabell 6 nedan. För en detaljerad tabell över investeringskostnad och driftkostnad, se Appendix III.

Tabell 6, Kostnader för alternativen av uppvärmning för fastighet 3

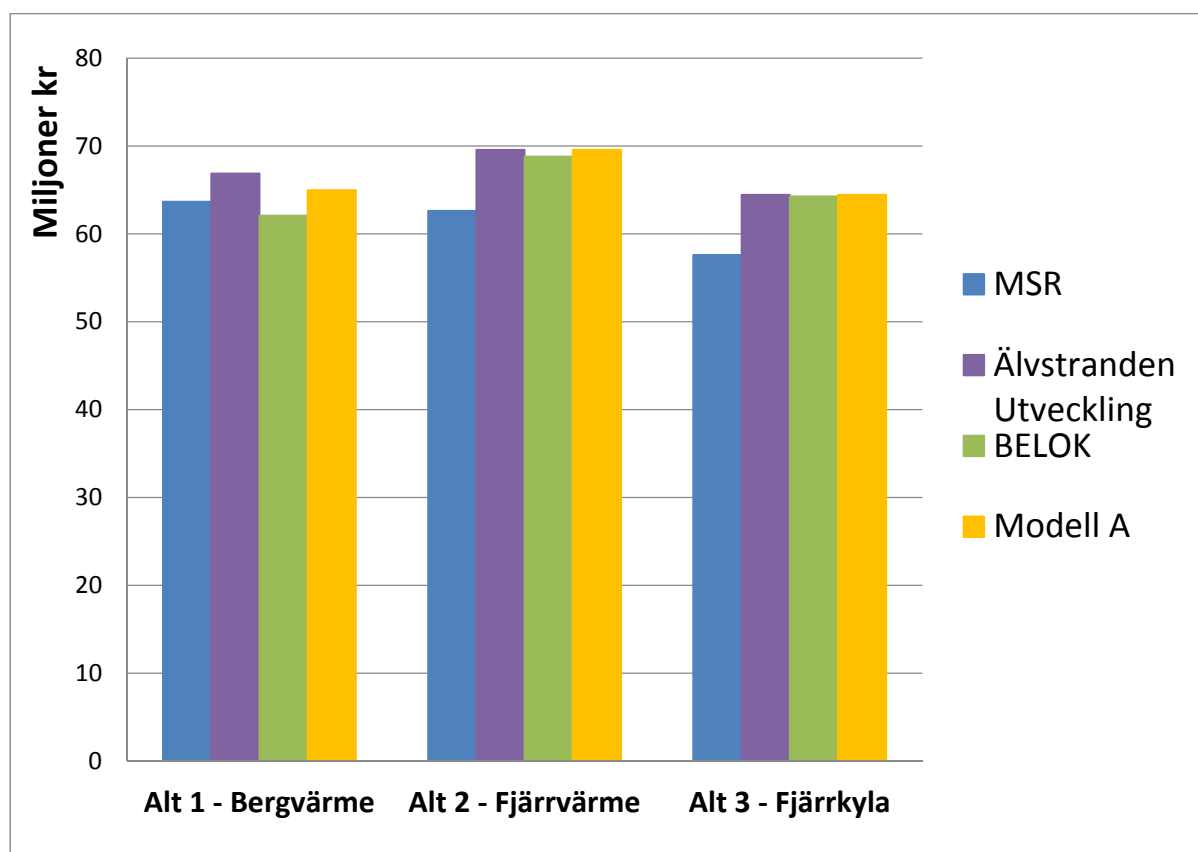
Alternativ	Total investeringskostnad	Årlig drift- och underhållskostnad	Restvärde (vid år 20)	Reinvestering år 20
Bergvärme	152 000 kr	16 702 kr	56 000 kr	70 000 kr
Fjärrvärme	98 500 kr	27 116 kr	0 kr	40 000 kr

8 Resultat och analys av LCC-beräkningar

Resultat för varje fastighet presenteras nedan i form av diagram utifrån data som återfinns i en sammanställande tabell i Appendix V. Dettotala koldioxidutsläppen för vardera alternativ och även känslighetsanalyser som varierar kalkylräntan presenteras. Varje figur analyseras samt att en sammanfattande analys presenteras i slutet för varje fastighet. Notera även att statistiska verktyg inte har använts vid analys av resultaten.

8.1 Fastighet 1– Frescatifastighet

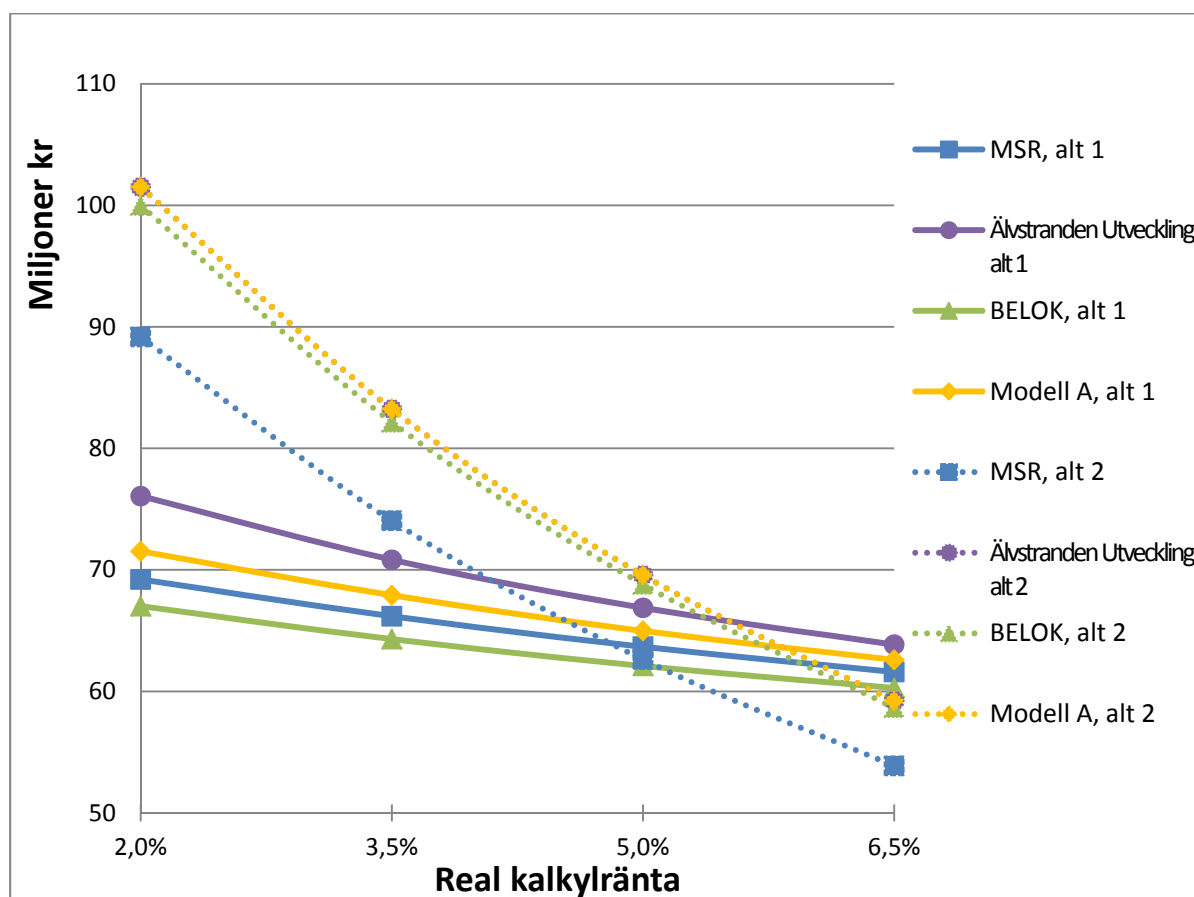
Ur figur 1 kan resultaten för de olika LCC-modellernas kostnader avläsas. Den högsta kostnaden i alternativ 1 erhöles från Älvstranden Utveckling och den lägsta från Belok. För alternativ 2 och 3 är resultaten mellan Modell A, Belok och Älvstranden Utveckling väldigt snarlika, vilket är rimligt då de enda faktorerna som utmärker sig är att Beloks modell använder sig av en annan formel för energiprisökning samt saknar reinvestering. Älvstranden Utveckling och Modell A har exakt samma resultat för alternativ 2 och 3, men inte för alternativ 1 beroende på att Älvstranden Utveckling saknar möjligheten att ange restvärde, vilket då ökar den totala kostnaden. Anledningen till att MSR bryter trenden och visar lägre kostnader för alternativ 2 och 3 jämfört med alternativ 1 och övriga modeller, beror på avsaknaden av energiprisökning. Energiprisökningen har större effekt på alternativ 2 och 3 eftersom dessa har en större andel energikostnad av den totala kostnaden. Det kan även konstateras att energiprisökning inte har lika stor påverkan i fallet för bergvärme i alternativ 1, då MSR har snarlika resultat som Modell A.



Figur 1, Alternativens totala LCC-kostnad för fastighet 1, vid 5 % kalkylränta

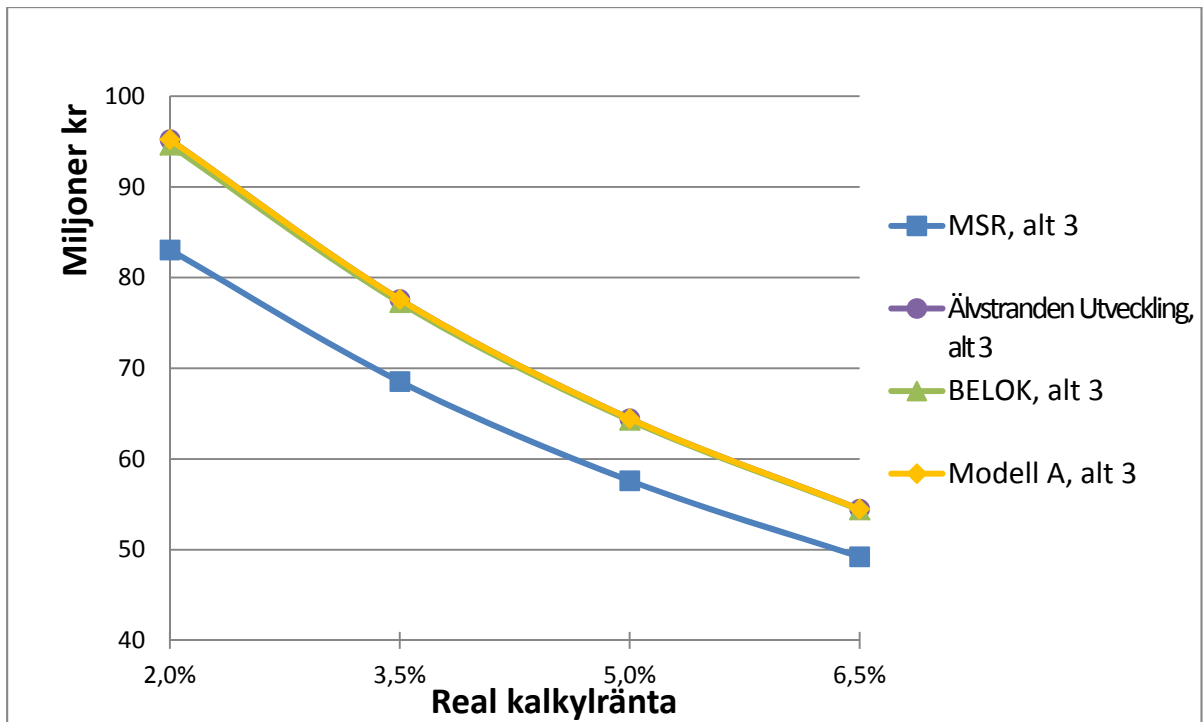
Känslighetsanalys för alternativ 1 och 2 redovisas i figur 2 där kalkylräntan varierades mellan 2 % och 6,5 %. Vid analys av figuren kan det konstateras att ordningen för vilken LCC-modell som gav den högsta kostnaden är oförändrat vid en varierande kalkylränta för varje alternativ. Det syns även tydligt att alternativ 2 påverkas till större grad av valet av kalkylränta då de årliga kostnaderna för fjärrvärme är högre än för bergvärme. Detta leder till att valet av det mest kostnadseffektivaste alternativet förskjuts från bergvärme till fjärrvärme vid en högre kalkylränta för samtliga modeller.

Vid en ökning av kalkylräntan minskar även skillnaden mellan modellernas resultat i alternativ 1. Påverkan från avsaknaden av restvärde i Älvstranden Utveckling minskar med högre kalkylränta, vilket leder till att denna linje har en annan lutning jämfört med de andra modellerna. Detta samtidigt som avsaknaden av reinvestering i Belok gör att de andra modellernas totala kostnad minskar med högre kalkylränta i större grad än Beloks. Värt att notera är även att Modell A och Älvstranden Utveckling visar samma totala kostnad för alternativ 2 oavsett kalkylränta vilket är rimligt då de för detta alternativ använder sig av exakt samma indata.



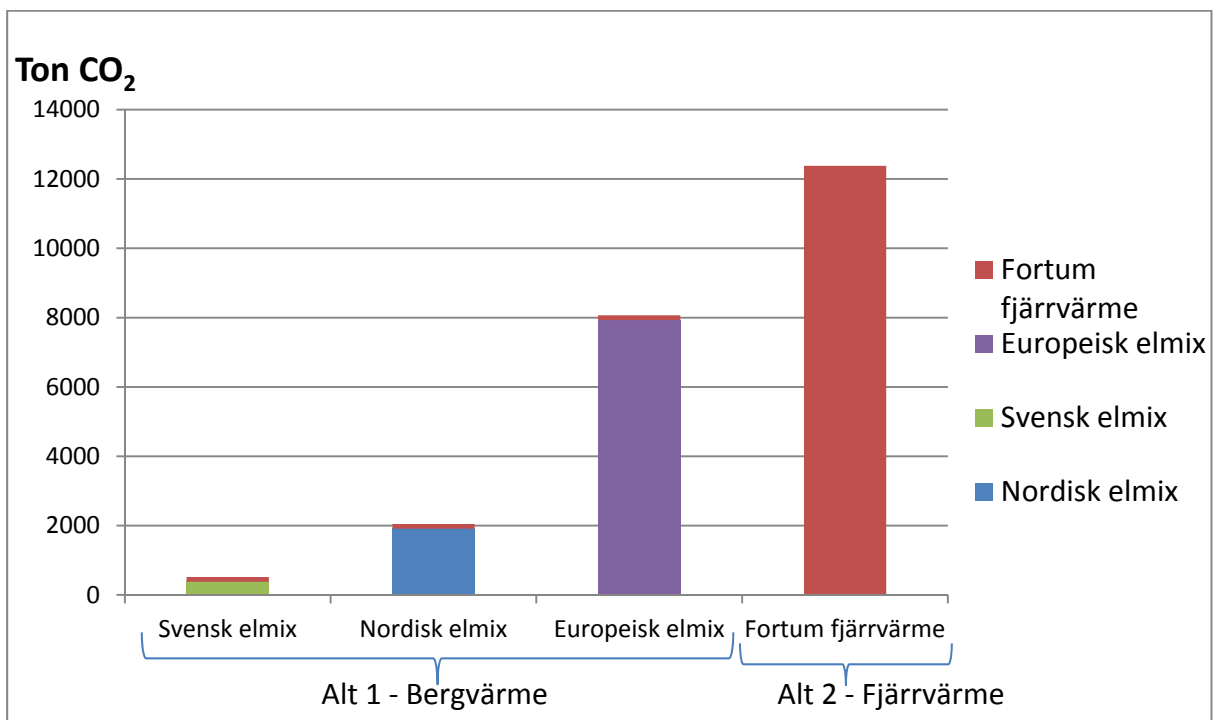
Figur 2, Känslighetsanalys av alternativ 1 och 2 med varierande kalkylränta

En separat känslighetsanalys för alternativet med fjärrkyla redovisas nedan i figur 3, där kalkylräntan varierades mellan 2 % och 6,5 %. Resultaten för Modell A och Älvstranden Utveckling följer varandra åt, oavsett kalkylränta, som väntat. Belok ligger strax under dessa två, precis som i alternativ 2 ovan, då modellen saknar reinvestering och använder den korrekta formeln för nusummeffaktor med energiprisökning. Vid analys av resultaten framgick det även att skillnaden mellan de tre översta modellerna och MSR minskar med totalt 3 %, vid jämförelse av kvoten vid 2 % respektive 6,5 % kalkylränta.



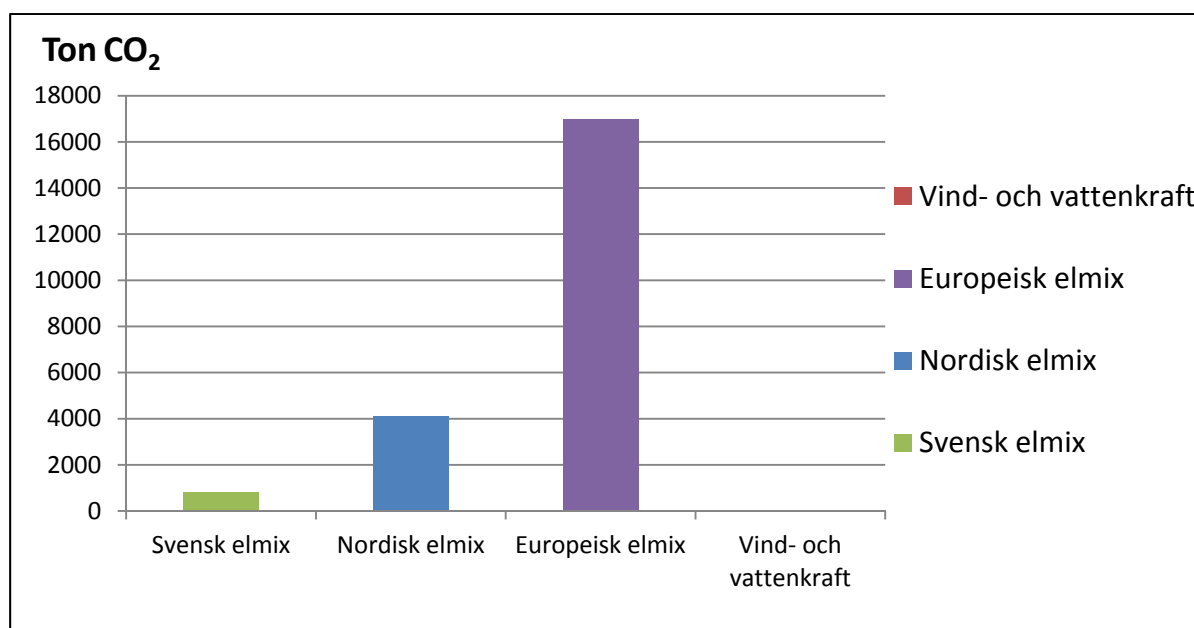
Figur 3, Känslighetsanalys av alternativ 3 med varierande kalkylränta

Miljöpåverkan i form av totala koldioxidutsläpp efter hela kalkylperioden för alternativ 1 och 2 redovisas i figur 4 nedan. För alternativ 1 har tre olika marginaler jämförts, men resultatet säger att oavsett vilka av dessa marginaler som väljs så har bergvärme mindre miljöpåverkan än fjärrvärme under kalkylperioden, när det gäller koldioxidutsläpp. Då fastigheten är lokaliserad i Stockholm kan det med sannolikhet även antas att i verkligheten kommer till största del svensk elmix att användas, vilket betyder att det är en skillnad på cirka 12 000 ton koldioxidutsläpp under kalkylperioden jämfört med alternativ 2 med fjärrvärme.



Figur 4, Totala koldioxidutsläpp med olika energislag och ursprung för alternativ 1 och 2

Totala koldioxidutsläpp efter hela kalkylperioden, 30 år, från alternativet som jämför fjärrkyla presenteras nedan i figur 5 med olika marginalel. Enligt Fortum Värme Miljöbokslut 2014 används ursprungsmärkt vind- och vattenkraft till deras produktion av fjärrkyla, vilket ger noll utsläpp. Om en icke ursprungsmärkt elmix används skulle detta innebära koldioxidutsläppen som syns nedan.

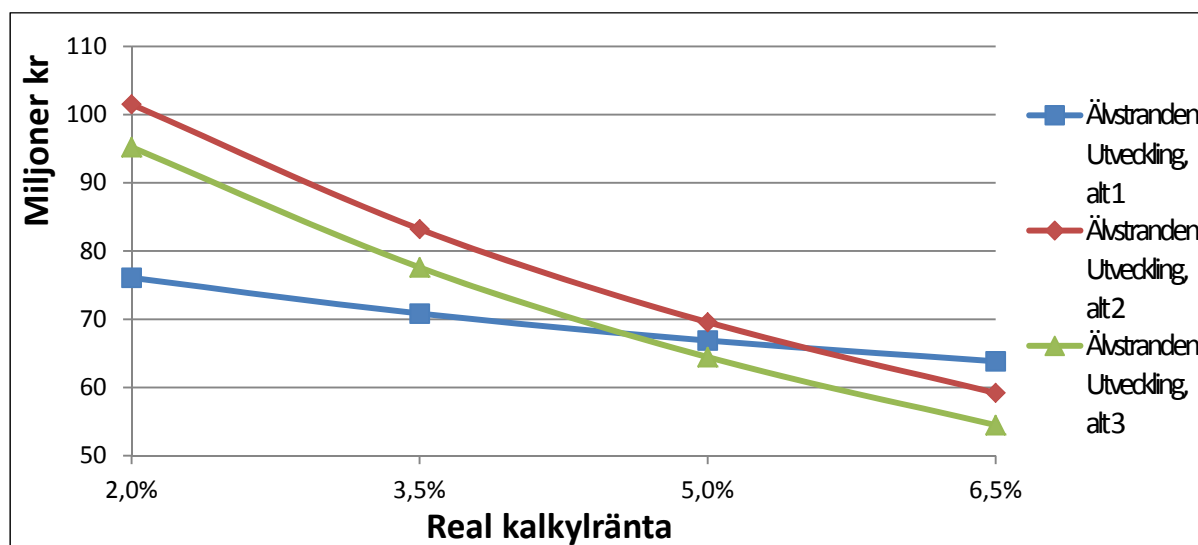


Figur 5, Totala koldioxidutsläpp för alternativ 3 med olika ursprung för elektricitet

8.1.1 Sammanfattande analys av fastighet 1

Utifrån de resultat som erhållits återspeglas vissa trender mellan modellerna och dess funktioner. Alla modeller förutom MSR presterar relativt likvärdigt med vad som kan kallas små skillnader med tanke på felmarginalel hos indata. Alternativ 1 som består av bergvärme har större skillnader mellan modellerna vilket beror på att storleken hos reinvestering och restvärde tenderar att vara högre jämfört med fjärrvärme, vilket då har större effekt när dessa funktioner saknas hos modellen.

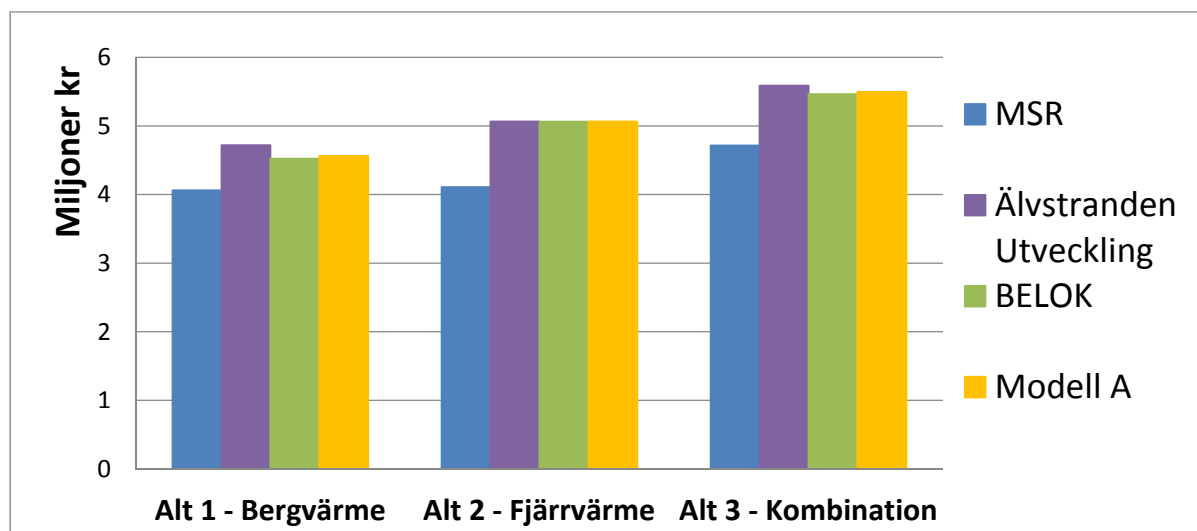
För en slutlig analys valdes även Älvstranden Utveckling för en känslighetsanalys där samtliga alternativ jämförs i samma graf, se figuren nedan. Valet mellan bergvärme och fjärrvärme hänger på vilken kalkylränta som beslutsfattaren använder sig av och det är tydligt att kalkylräntan har stor påverkan på resultatet. Kostnaderna för fjärrkyla var liknande de för fjärrvärme och därmed är även resultaten lika varandra.



Figur 6, Känslighetsanalys av alternativen för fastighet 1 med Älvstranden Utvecklings modell

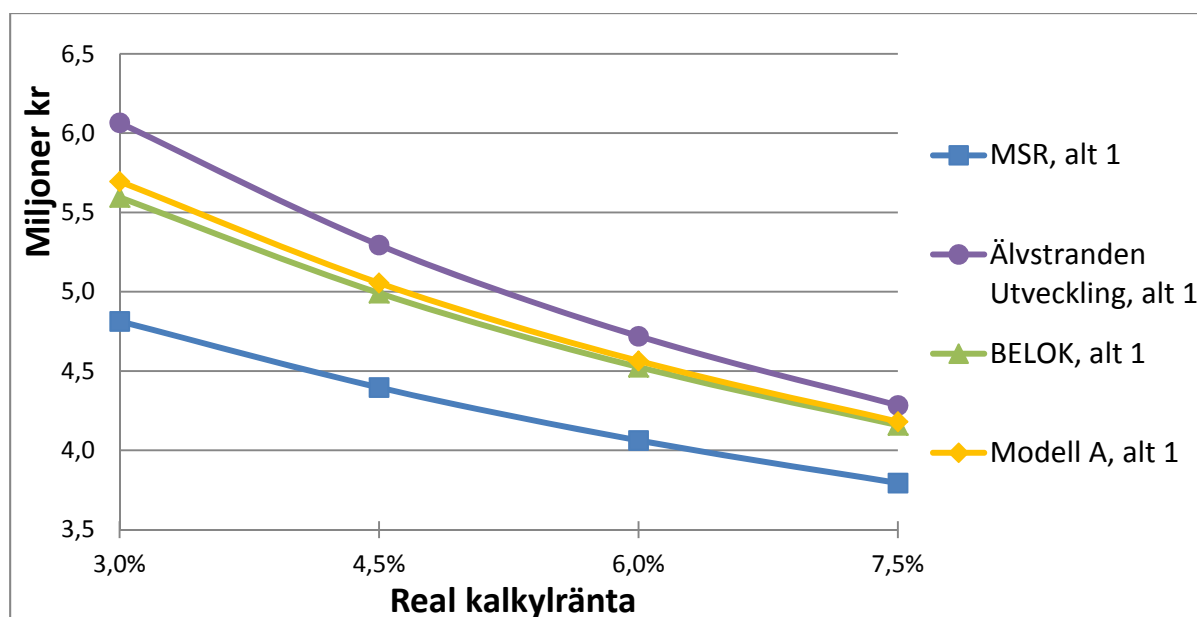
8.2 Fastighet 2 - Flerbostadshus

Resultaten för de tre olika alternativ som jämförs återfinns nedan i Figur 7, där MSR visar lägst kostnad för samtliga alternativ. Precis som för fastighet 1 har Älvstranden Utveckling högst kostnad i de alternativ där restvärde har använts, som saknas i modellen. För alternativ 2 har Modell A och Älvstranden Utveckling exakt samma kostnad och Belok ligger precis under dessa. Detta beror endast på vilken formel som används för energiprisökning. Belok ligger även strax under dessa två modeller för alternativ 1 och 3, främst för att reinvestering saknas i modellen men även till viss del av formeln för energiprisökning. Samtliga modeller visar att bergvärme har lägst totalkostnad vid kalkylräntan 5 %. MSR visar lägst resultat och skillnaden är som störst för alternativ 2 där energiprisökning har en större påverkan på den totala kostnaden.



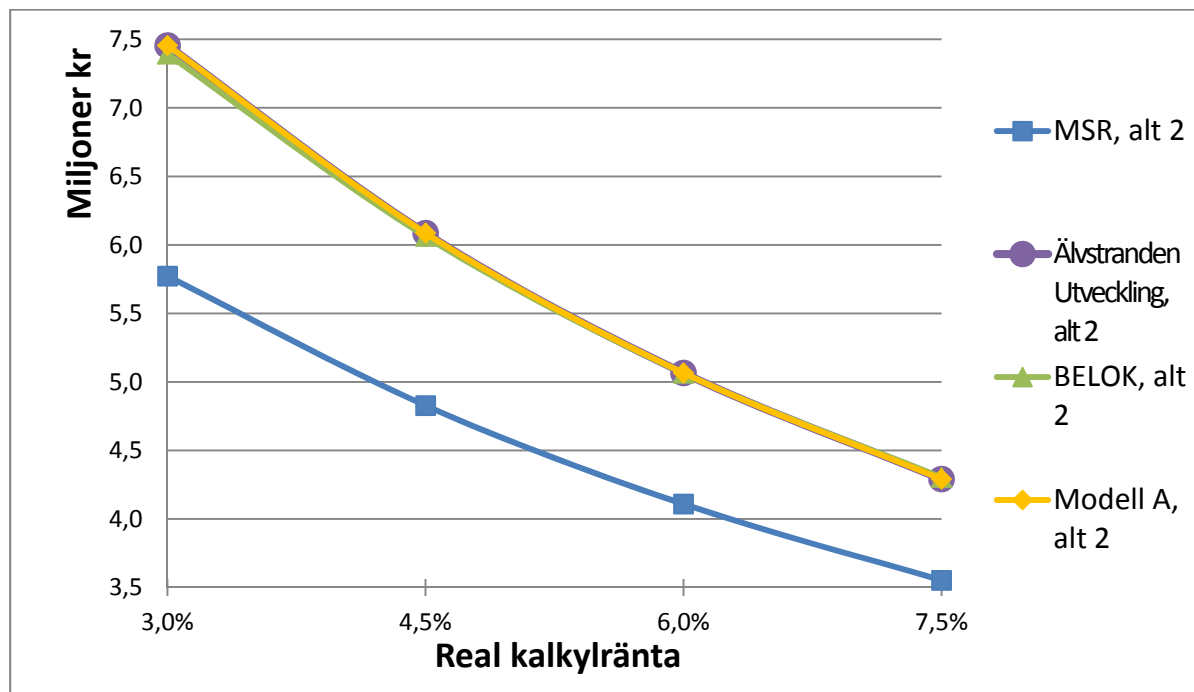
Figur 7, Alternativens totala LCC-kostnad för fastighet 2, vid 6 % kalkylränta

Känslighetsanalys för alternativ 1, där kalkylräntan varierades mellan 3 % och 7,5 %, presenteras i figur 8 nedan. För dessa kalkylräntor är den inbördes ordningen konstant mellan modellerna. Vid högre kalkylränta närmar sig linjerna varandra, vilket bör bero på att påverkan från avsaknaden av restvärde respektive reinvestering minskar med högre kalkylränta.



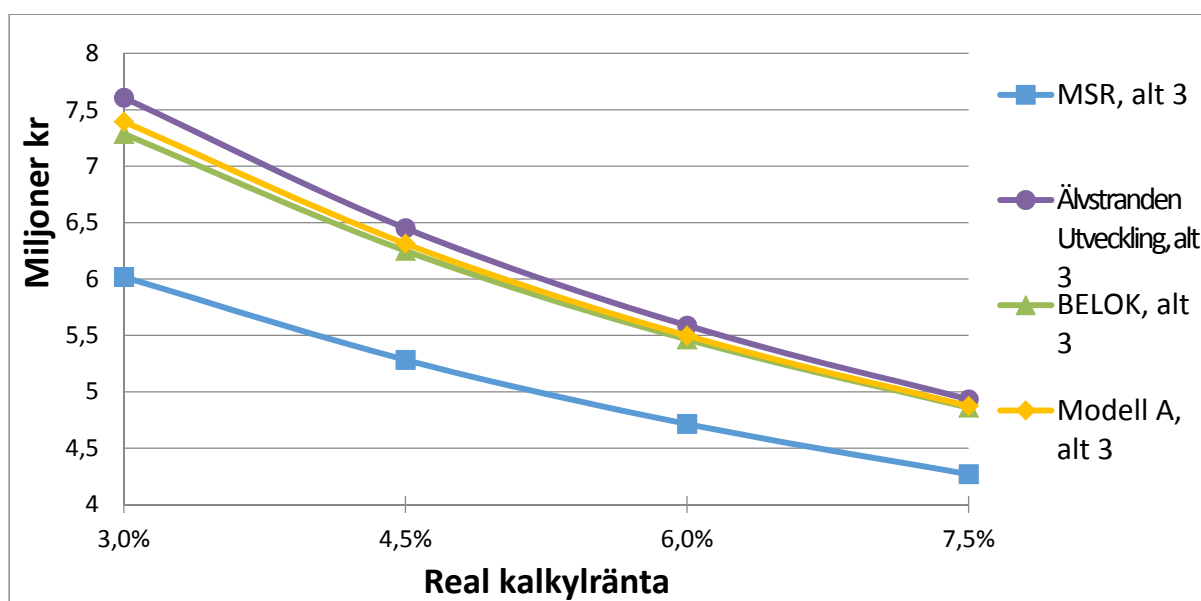
Figur 8, Känslighetsanalys av alternativ 1 med varierande kalkylränta

Känslighetsanalys för alternativ 2, där kalkylräntan varierades mellan 3 % och 7,5 %, presenteras i figur 9 nedan. Oavsett val av kalkylränta har Modell A och Älvstranden Utveckling samma totala kostnad. Belok ligger precis nedanför dessa två modeller då reinvestering saknas och skillnaden avtar med högre kalkylränta precis som för alternativ 1. MSR visar lägst värde även för alternativ 2, vilket beror på avsaknaden av energiprisökning och skillnaden är störst för detta alternativ eftersom fjärrvärme har en hög årlig energikostnad.



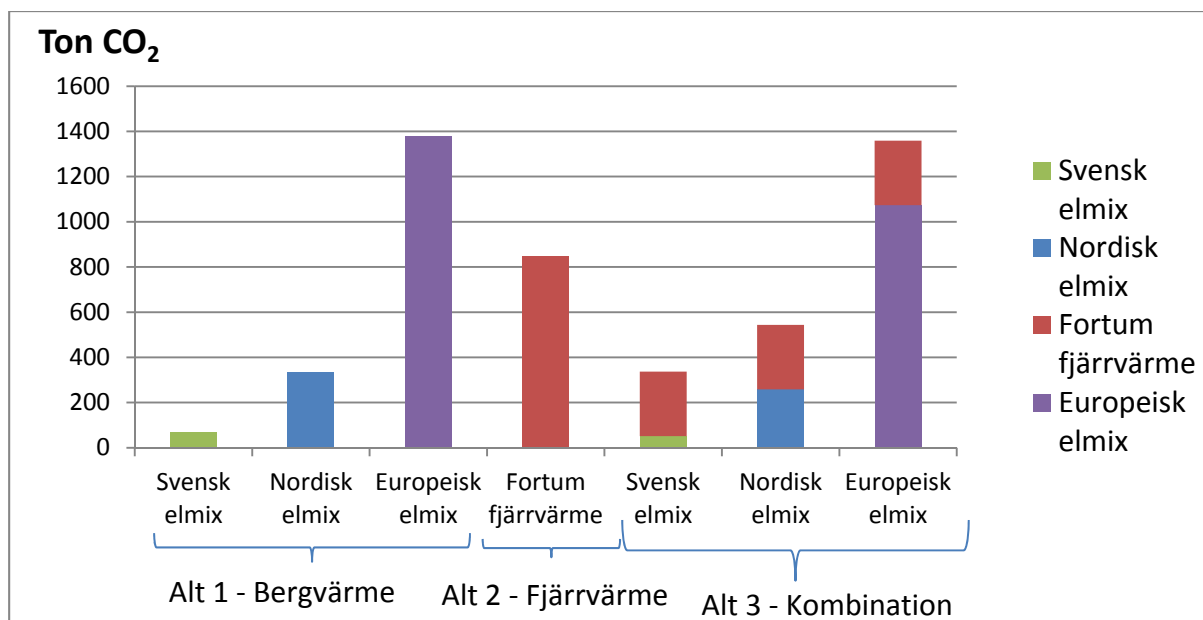
Figur 9, Känslighetsanalys av alternativ 2 med varierande kalkylränta

Känslighetsanalys för alternativ 3, där kalkylräntan varierades mellan 3 % och 7,5 %, presenteras i figur 10 nedan. Då detta alternativ är en kombination av bergvärme och fjärrvärme, liknar känslighetsanalysen ett mellanting av alternativ 1 och 2. Skillnaden mellan modellerna minskar med högre kalkylränta, som sänker nuvärdet av alla framtida kostnader, men ordningen behålls inom detta intervall.



Figur 10, Känslighetsanalys av alternativ 3 med varierande kalkylränta

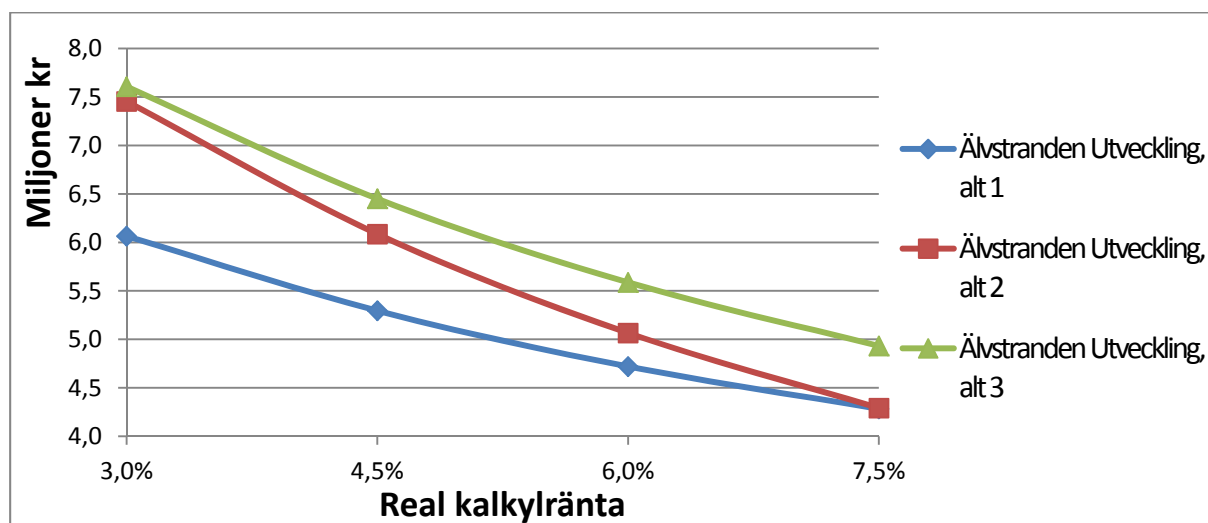
De tre alternativens totala koldioxidutsläpp efter hela kalkylperioden på 30 år presenteras i figuren nedan. Svensk elmix och nordisk elmix, för alternativ 1, ger lägst resultat och kombinationsalternativet med svensk och nordisk elmix som bas kommer därefter. Därpå hamnar alternativ 2 med bara fjärrvärme och sedan kombinationen med europeisk elmix respektive bergvärme med europeisk elmix.



Figur 11, Alternativens totala koldioxidutsläpp med olika energislag och ursprung

8.2.1 Sammanfattande analys av fastighet 2

För denna fastighet är resultaten väldigt jämna mellan samtliga modeller förutom MSR, för samtliga alternativ. Valet av LCC-modell, för en fastighet med liknande kostnader, har inte stor påverkan på slutresultatet i detta fall. Det är således tydligt att funktioner som restvärde och reinvestering har en relativt liten påverkan, om de andra årliga kostnaderna är tillräckligt stora. I figuren nedan återfinns, som för fastighet 1, en känslighetsanalys med Älvstranden Utveckling för samtliga alternativ. Det som är intressant att notera är hur lutningen på kurvorna varierar, beroende på investeringskostnad och den årliga energikostnaden. Det syns även tydligt att vid högre kalkylränta blir alternativ 2 med fjärrvärme mer konkurrenskraftig mot alternativ 1 med bergvärme. Med den fördelning som alternativet med kombinerad bergvärme och fjärrvärme har blev detta det dyraste alternativet, oavsett kalkylränta.

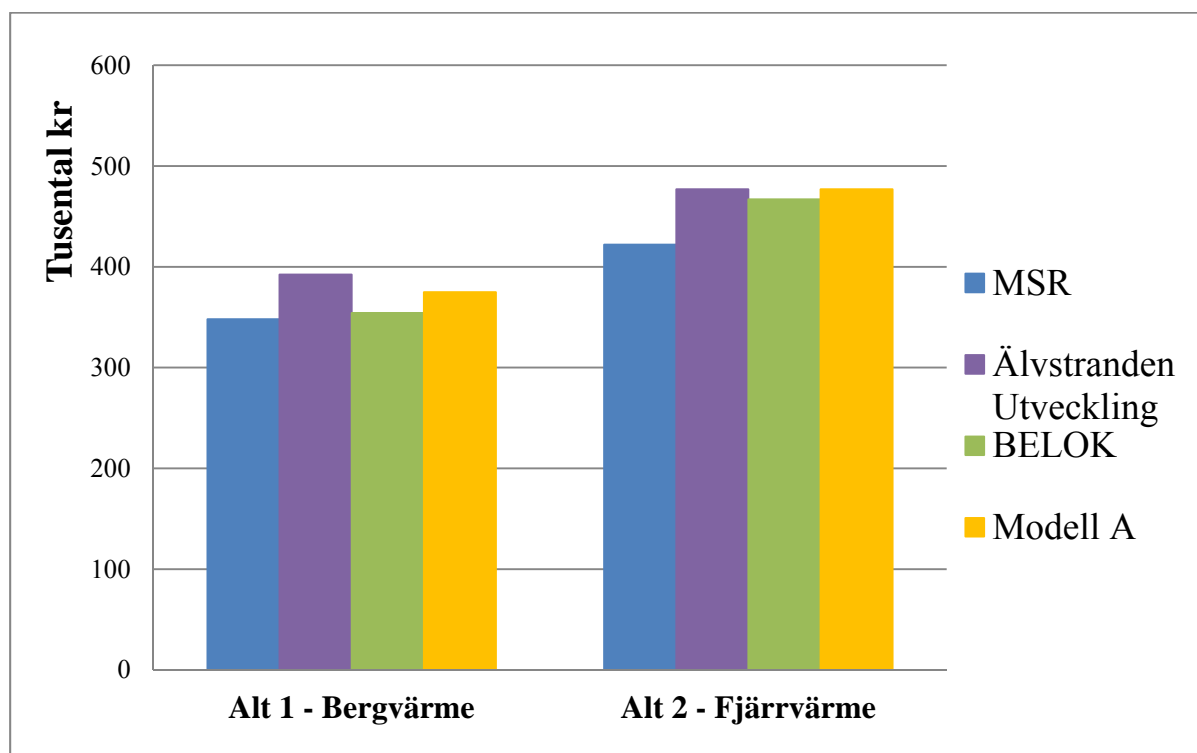


Figur 12, Känslighetsanalys av alternativen för fastighet 2 med Älvstranden Utvecklings modell

8.3 Fastighet 3 - Villa

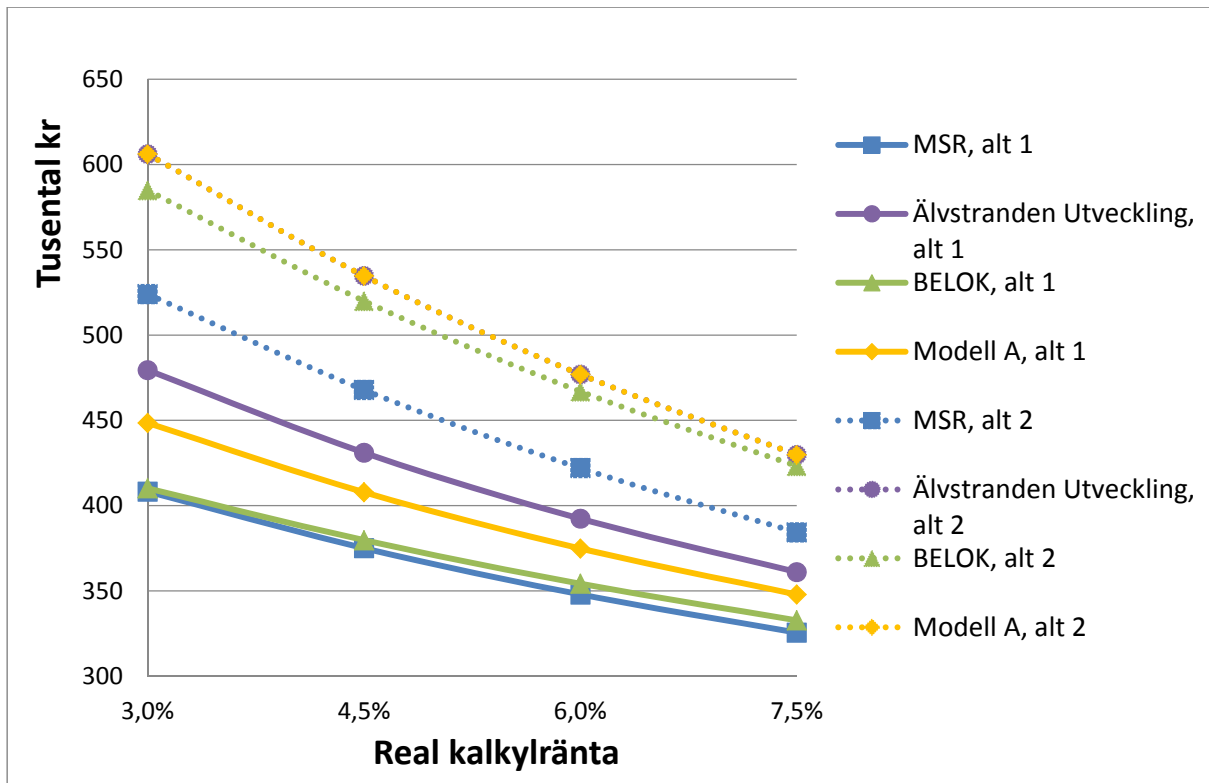
LCC-kostnaden för fastighet 3 olika alternativ kan avläsas ur Figur 13 nedan. För alternativet med enbart bergvärme gav Älvstranden Utveckling den högsta kostnaden medan MSR gav den lägsta. För alternativet med enbart fjärrvärme gav Älvstranden Utveckling samt Modell A samma kostnad som även är den högsta kostnaden och medan MSR gav den lägsta. Även fast ordningen för alternativen är olika, ger samtliga modeller alternativ 2 den högsta kostnaden.

Anledningen till att Älvstranden Utveckling har den högsta kostnaden beror på avsaknaden av restvärde, som höjer kostnaden. Då alternativ 2 inte har något restvärde ger Modell A och Älvstranden Utveckling exakt samma resultat, då de i grund och botten har samma funktioner. MSR och Belok har snarlika resultat för bergvärme, trots att MSR saknar energiprisökning medan Belok saknar reinvestering. Detta tyder på att dessa två faktorer har snarlik påverkan i detta fall, medan för alternativ 2 där skillnaden är större har avsaknaden av energiprisökning en större betydelse.



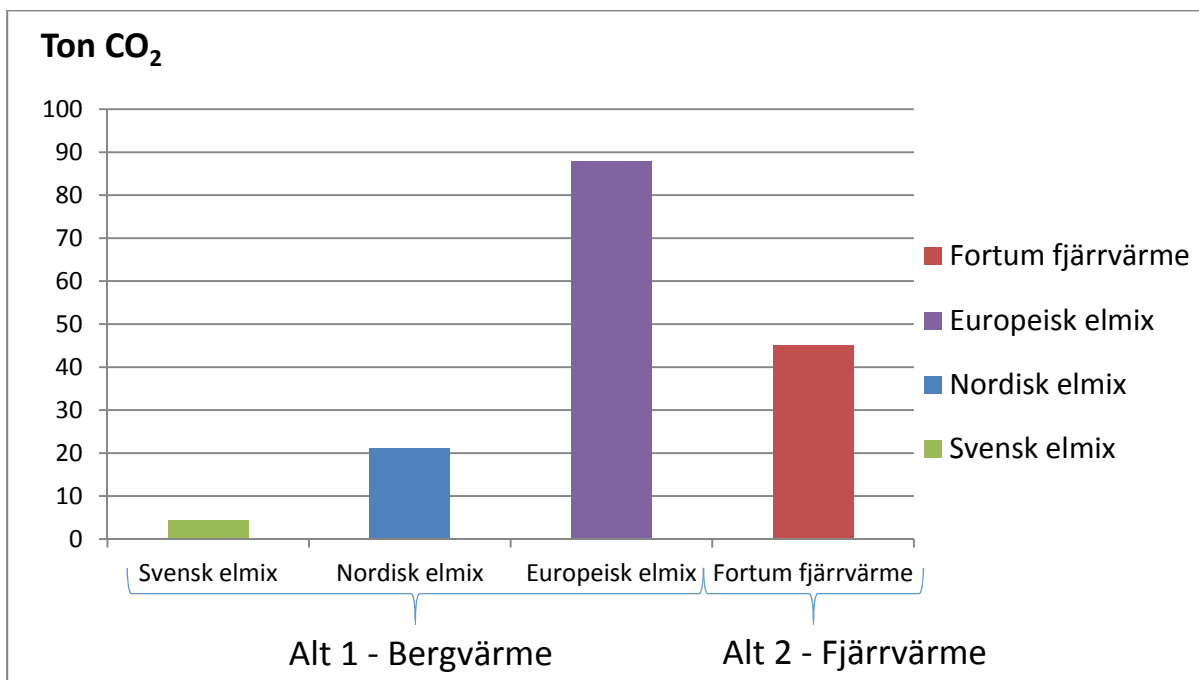
Figur 13, Alternativens totala LCC-kostnad för fastighet 3, 6 % kalkylränta

Känslighetsanalysen för alternativ 1 och 2 presenteras i figur 14 nedan, där kalkylräntan låts variera mellan 3 % - 7,5 %. Från grafen kan det avläsas att modellerna innehar samma ordning mellan varandra oavsett val av kalkylränta. För denna fastighet är bergvärme det billigaste alternativet, oavsett kalkylränta. Vid högre kalkylränta minskar skillnaderna mellan modellerna, både generellt mellan alternativen men även mellan de individuella modellerna inom respektive alternativ. För alternativ 1 syns det att Modell A och Älvstranden Utveckling närmar varandra vid högre kalkylränta, då värdet från restvärdet sjunker, vilket gör att den totala kostnaden för Modell A ökar medan Älvstranden Utveckling, som saknar restvärde, inte påverkas. Belok avviker från MSR vid högre kalkylränta då MSR som har reinvestering, får aningen lägre total kostnad vid högre kalkylränta. För alternativ 2 är det tydligt att Älvstranden Utveckling och Modell A visar samma total kostnad oavsett kalkylränta. Belok närmar sig dessa två modeller vid högre kalkylränta på grund av att modellen saknar reinvestering.



Figur 14, Känslighetsanalys av alternativ 1 med varierande kalkylränta

I figur 15 presenteras det totala koldioxidutsläppet för de olika energislagen. Ur figuren går det att avläsa att den europeiska elmixen innebär den största mängden koldioxidutsläpp. Det är dock mer sannolikt att marginaelen som används till bergvärmen är av svenskt eller nordiskt ursprung, vilket i sådant fall leder till att alternativet med fjärrvärme har störst mängd utsläpp under kalkylperioden.

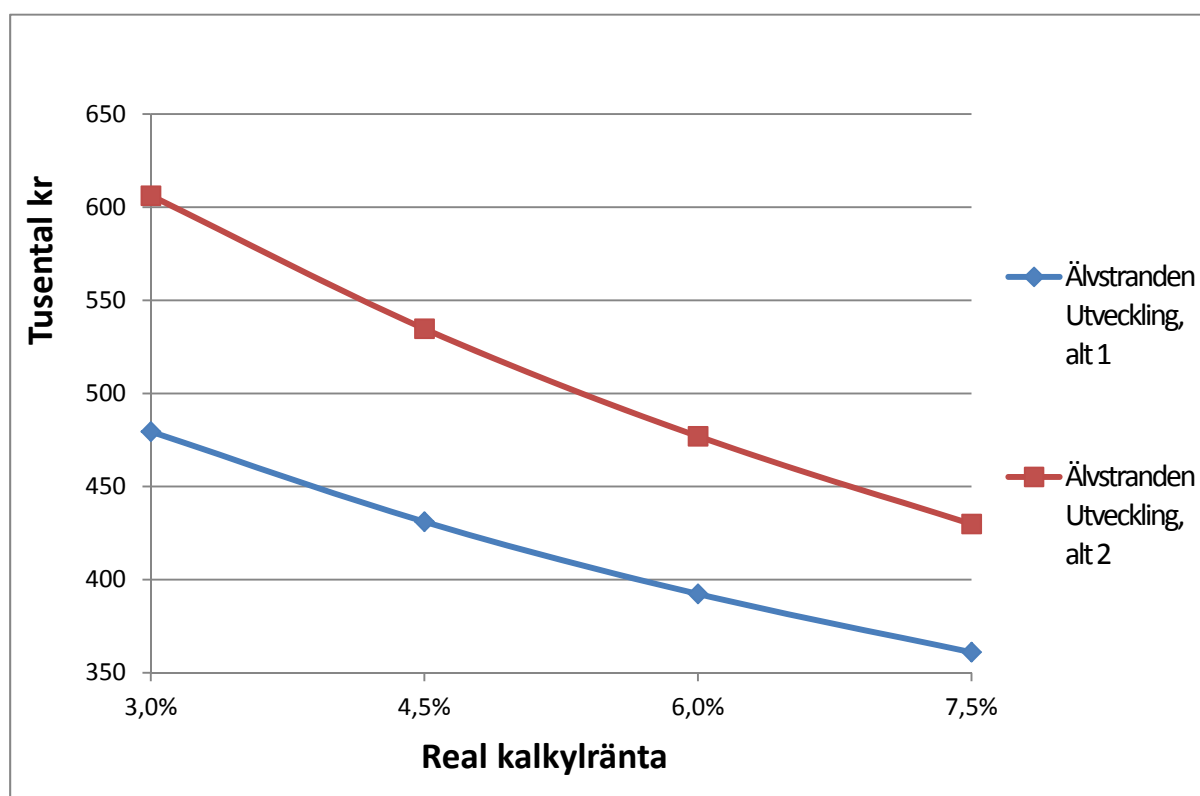


Figur 15, Alternativens totala koldioxidutsläpp med olika energislag och ursprung

8.3.1 Sammanfattande analys av fastighet 3

Villan eller småhuset, som representeras av fastighet 3, gav resultatet att bergvärme var det billigaste alternativet för kalkylperioden 20 år, oavsett val av kalkylränta eller modell. Modellerna tenderade att följa samma mönster när kalkylräntan varierades. För alternativ 2 med fjärrvärme gav modellerna väldigt jämna resultat, medan resultaten varierade i större grad för alternativ 1 med bergvärme. Detta beror på att värdena för reinvestering och eventuellt restvärde är större för bergvärme, vilket innebär ett större avtryck på den totala kostnaden när någon av dessa funktioner saknas i en modell.

För en vidare känslighetsanalys med båda alternativen i samma graf valdes Älvstranden Utveckling. Alternativ 2 har aningen brantare lutning än alternativ 1 då påverkan från kalkylräntan är högre. Det skiljer sig däremot mycket för den totala kostnaden mellan alternativen oavsett kalkylränta.



Figur 16, Känslighetsanalys av alternativen för fastighet 3 med Älvstranden Utvecklings modell

9 Diskussion

Det finns betydligt fler LCC-modeller utöver de fyra som använts i detta arbete. Däremot är inte nödvändigtvis alla LCC-modeller lämpade för denna typ av undersökning. De fyra modellerna valdes för att de ansågs representera olika delar av marknaden, därför att de alla individuellt har, samt saknar egenskaper liknande många andra modeller. Många företag har även egenutvecklade interna LCC-modeller, som av förklarliga skäl inte är tillgängliga för allmänheten. Detta innebär att LCC-modeller av mer komplicerat slag och eventuellt mer anpassade för energisystem i olika typer av fastigheter, inte har kunnat jämföras på samma sätt. I allmänhet finns det även en vedertagen metodik för hur en LCC-modell bör utformas men ej någon strikt definition på vilka funktioner som bör ingå, utan varje modell anpassas utifrån dess ändamål.

Avsaknaden av funktionen restvärde i Älvstranden Utveckling kan möjligtvis förklaras av hur modellen används då möjlighet finns att implementera värdet av till exempel borrhål på andra vis än restvärde, exempelvis genom att ansätta negativ reinvestering vid periodens slut, men detta är inte något som egentligen ingår i modellen. Förklaringen har säkerligen att göra med företagets sysselsättning och hur modellen används. Möjligheten att ange reinvestering saknas i Belok, vilket tyder på att denna modell inte är särskilt lämpad för långsiktiga beräkningar där reinvestering är vanligt. Hur resultatet påverkas varierar på storleken av reinvesteringen tillsammans med kalkylräntan och vilket år denna sker. Värt att notera är att restvärde och reinvestering endast är en engångspost, till skillnad mot funktionen årlig energiprisökning.

Årlig energiprisökning saknas i MSR vilket kan bidra till en orättvis jämförelse för fjärrvärme och bergvärme då fjärrvärme har högre årliga energikostnader. Det kan även diskuteras huruvida en energiprisökning är rättfärdigad att användas, då framtidsprognoser innehåller stora osäkerheter och möjligheten finns även att kostnader skulle minska i framtiden istället. Energiprisökningen kan däremot också användas för att spegla eventuell årlig driftförsämring av systemet vilket indirekt skulle innebära större driftkostnader för till exempel det givna värmebehovet. Hur energiprisökningen implementeras skiljer sig även åt för Belok och de andra två modellerna, då en approximation används för Modell A och Älvstranden Utveckling. Enligt Beloks handbok innebär approximationen dock endast ett maximalt fel på tre procent för rimliga kalkylräntor och kalkylperioder för byggnader inklusive dess energisystem, samtidigt som felmarginalen för samtliga indata är betydligt större. Anledningen till att approximationen används istället för den korrekta formeln beror troligtvis på vilken programvara som används för modellen. Beloks modell som är webbaserad använder sig av någon sorts kodning för att få fram nuvärden, medan de andra Excelbaserade använder sig av inbyggda funktioner. De inbyggda funktionerna stödjer inte en variabel för energiprisökning i sin beräkning och således är det smidigt, rent programmeringsmässigt, att använda sig av approximationen. Exakt hur approximationen påverkar resultaten undersöks inte i denna rapport, intresserad läsare hänvisas till litteratur om detta, till exempel Beloks handbok Totalmetodiken.

Utförningen av modellerna skiljer sig även åt, då samtliga har en egen metodik och olika design. Alla undersökta modeller stödjer simultana beräkningar för flera alternativ och de har även i stort sett samma ingående komponenter för beräkningarna. Resultaten redovisas i olika grad och på olika sätt, där den största irregulariteten är avsaknaden av en förprogrammerad känslighetsanalys i Älvstranden Utveckling. Användaren får själv variera till exempel kalkylräntan för att se hur resultaten påverkas. Modellen innehåller även några få buggar i sina beräkningar för tillfället vilket kan bero på att den eventuellt inte uppdaterats eller inte används i samma utsträckning som tidigare. Viktigt att poängtera är även att modellen erbjuder beräkning för moms, amortering, kapitalkostnad, hyresintäkt eller hyresbortfall som övriga modeller ej erbjuder, vilket förstärker idén om hur företagets sysselsättning påverkat modellens utformande.

MSR och Belok har en mer avskalad design och ett mindre antal indata att specificera, vilket betyder att dessa modeller är mer lätthanterliga men samtidigt begränsade. Båda dessa varianter är generella kalkyler och ska således vara anpassade till olika scenarion vilket förklarar modellernas utformning. Modell A liknar Älvstranden Utveckling då kompliceringsnivån är ungefär densamma, men utformning och funktioner skiljer sig. Modell A är mer anpassad för denna typ av beräkningar och kan anses vara komplett för de typfall och indata som använts i denna rapport.

Möjligheten att specificera särskilda kostnader har liten betydelse för resultatet då ifall kostnaderna förs in som klumpsummor, är kostnaderna för de olika delarna redan medräknat av användaren. När särskilda kostnader specificeras i LCC-modellen kommer det att hanteras som en klumpsumma i själva beräkningen, vilket gör att resultatet blir detsamma. Utformningen påverkar mest den som utför beräkningen då det kan vara bekvämt att kunna specificera kostnader direkt i modellen för att lättare kunna jämföra eller hålla ordning på att alla kostnader inkluderats. Samtidigt utförs däremot många av dessa uppskattningar för kostnader av användaren i separata beräkningar ändå. Att kunna specificera särskilda kostnader underlättar eventuellt gränsdragning av inskrivna parametrar.

Fastighetstyperna som jämförs i denna rapport valdes utifrån storleksordning för att representera olika delar av marknaden där främst bergvärme- och fjärrvärmesystem används, men även fjärrkyla som ökar i användning. Valet att använda villa eller småhus är självklart då det egentligen är den enda privat ägda bostaden som kan ha egen bergvärme som alternativ till uppvärmning. Lägenheter täcks upp av flerbostadsfastigheten som är tänkt att representera denna marknad, men från fastighetsägarens synvinkel. Därefter valdes ett större byggnadskomplex för att motsvara större och eventuellt offentliga byggnadsprojekt. De olika alternativen för typfallen utformades till stor del från befintliga offerter. Alternativen för Frescatifastigheten baserade sig på en redan utförd LCC-analys, bortsett från det tredje alternativet med fjärrkyla som utformades endast för denna rapport. För flerbostadsfastigheten utformades ett eget alternativ i form av 100 % energitillförsel av fjärrvärme, för att få en jämförelse av kostnaderna. Alternativen för villan utformades utifrån befintlig offert för bergvärme för denna specifika villa och dagens kostnader för fjärrvärme ifrån Fortum Värme.

Kalkylränta och energiprisökning för fastighet 2 och 3 valdes utifrån Boverkets rapport Skärpta Energihushållningskrav (2014) och anses rimliga för denna jämförelse. Valet av kalkylperioden 30 år och 20 år förstärks av att investering av olika energisystem så som bergvärme och fjärrvärme är långsiktiga investeringar och således bör ett långt tidsperspektiv användas för en rättvis jämförelse. För fastighet 1 valdes samma förutsättningar som användes för den tidigare utförda LCC-analysen. Det bör även noteras att då Modell A och Älvstranden Utveckling använder sig av den approximerade formeln för energiprisökning blir den effektiva kalkylräntan som används till energikostnader för fastigheterna densamma då differensen var lika. Belok använder dock korrekt formel och det är således en liten skillnad i den nuvärdesumma som beräknas för energikostnaden i modellen. Andra kostnader som underhåll, restvärde och reinvestering påverkas däremot inte av energiprisökningen.

En stor del av de indata som använts till LCC-beräkningarna erhöles direkt från offerter. En mindre del blev omräknade med dagens kostnader för att bättre spegla marknaden. I och med att värdena är tagna från offerter av energiföretag eller försäljare på marknaden, anses de vara pålitliga eftersom värdena är baserade på verkliga kostnader som företag eller privatpersoner skulle betala. Samtidigt kan det diskuteras huruvida flera offerter borde använts för att få en jämförelse eller att ett medelvärde använts till de olika beräkningarna, men av tidsskäl valdes enskilda offerter. Vid beräkning och uppskattning av reinvestering och restvärde för fastighet 2 och 3, som ej fanns angivna på offerterna, förekommer en viss osäkerhet. Dessa värden beräknas däremot om till nuvärdet vilket delvis minskar effekten från feluppskattningar. Fortum Värmeprisabonnemang för fjärrvärme valdes då de är en stor aktör på marknaden i Stockholm och även fast flera abonnemang skulle kunna jämföras eller att ett genomsnitt skulle kunna användas, innebär detta att många har just Fortum Värme som leverantör. Hade ett helt annat företag valts skulle resultatet med största sannolikhet skilja sig åt, men förmodligen endast marginellt.

För att analysera driftkostnaden för fjärrvärme användes Älvstranden Utvecklings inbyggda fjärrvärmekalkyl. Det kan således ifrågasättas ifall resultaten från dessa beräkningar är pålitliga eller inte. I och med att dessa beräkningar blir uppskattningar utifrån viss indata och förinställda fördelningsprofiler, behöver de nödvändigtvis inte spegla de verkliga fallen som undersökts. Samtidigt som fördelningsprofilerna ansågs vara rimliga ska de även spegla generella fall av energianvändning för några olika typer av fastigheter, vilket gör att dessa beräkningar återger verkligheten på ett pålitligt sätt och blir användbara för LCC-beräkningarna.

De uppskattningar som utförts för vissa kostnader baserar sig på värden för liknande fall, då både för uppvärmnings- och kylmetoder samt fastighetstypen. Med uppskattningarna tillkommer felmarginaler men värdena i offerter är generellt sett också delvis uppskattade kostnader. Detta medför även att de totala LCC-kostnader som redovisas i detta arbete inte nödvändigtvis är de som speglar verkligheten bäst, utan att fokus ska ligga på hur de olika modellernas resultat skiljer sig åt. Resultaten har dock inte granskats med statistisk analys.

Valet av LCC-modell har endast marginell skillnad, undantaget MSR då avsaknaden av energiprisökning innebär en avvikelse jämfört med de andra jämförda modellerna. Det är däremot vanligt att inte använda energiprisökning också då osäkerheterna är stora, eller att endast använda funktionen som en känslighetsanalys. MSR har en känslighetsanalys där totala driftkostnaden ökat med 20 %, vilket kan översättas i en viss årlig procentuell ökning beroende på val av kalkylperiod och således kan denna modell användas av de användare som endast vill använda sig av energiprisökning som känslighetsanalys.

Källor som använts i detta arbete är mestadels svenska energiföretag samt svenska myndigheter. Trovärdigheten hos dessa källor anses vara god, då företagen är väletablerade i Sverige samt att information given av myndigheter kontrolleras. De vetenskapliga rapporterna som till stor del bygger upp bakgrunden i denna rapport erhöles från Web of Science som är en sökmotor för vetenskapliga rapporter. I och med att rapporterna är hämtade från denna sökmotor ökas deras trovärdighet, då det kan antas att en viss selektion sker på sökmotorn för att få bort eventuellt oseriösa eller mindre professionella rapporter. Författarna till de använda rapporterna verkar vara väl insatta i sitt ämne då de bland annat refereras till i andras arbeten, vilket också ökar deras trovärdighet. Samtidigt kan de använda rapporterna ha en viss vinkling för att passa in med författarens syfte med rapporten, samt vara inaktuella på grund av nya upptäckter eller föråldring.

De källor som ligger till grund för information om koldioxidutsläpp är de källor som har störst osäkerhet. Det finns risk för att värdena är vinklade för att framställas bättre eller framställa andra värden som sämre, och därför måste värdena hanteras med försiktighet. För att säkerställa rimligheten hos värdena av koldioxidutsläppen har de jämförts, om möjligt, mot andra liknade källor. De värden som valdes för utsläpp av koldioxid för marginalelen och marginalfjärrvärmens kan diskuteras. För att öka trovärdigheten i resultatet av jämförelserna krävs värden som motsvarar dagens utsläpp. I och med att utsläppen förändras varje år, kan föråldrade värden ge ett missvisande resultat. De värden som valdes för marginalelen, det vill säga de olika elmixarna, är från 2014 för den svenska och nordiska elmixen och 2010 för den europeiska elmixen och det finns därmed viss osäkerhet huruvida de ligger tillräckligt nära i tiden. Trots att det finns risk för att värdena är föråldrade, är syftet med undersökningen att se hur utsläppen varierar med olika energislag. Inte att nödvändigtvis se vilken elmix som släpper ut hur mycket, utan att se hur de förhåller sig till varandra. Till jämförelsen valdes därför elmixar med olika ursprung och olika utsläppsnivåer. Från jämförelsen kan det noteras att den europeiska elmixen gav högst utsläpp för samtliga fastigheters bergvärmealternativ, medan elmixen från Sverige gav det lägsta utsläppet. Detta var inte helt oväntat, eftersom den svenska elmixen domineras av mer eller mindre sett förnyelsebara energikällor, till skillnad från andra delar av Europa.

Marginalelen för bergvärme innebar de lägsta totala utsläppen jämfört med marginalfjärrvärme såvida inte den europeiska elmixen används som marginalel. Den troliga förklaringen till detta resultat är att de bränslen som används för fjärrvärmens består till viss del av fossila bränslen. Till det stora hela resulterar det i att bergvärme framstår som ett mer miljövänligt alternativ jämfört med fjärrvärme, ett ur ett miljövänligt perspektiv vad gäller koldioxidutsläpp. Om fjärrvärmens enbart skulle använda sig

av icke-fossila bränslen, skulle utsläppen från fjärrvärmen förmodligen att minska men skillnader i verkningsgrad mellan bergvärme och fjärrvärme spelar även stor roll.

Det är inte bara driften av systemen som har en miljöpåverkan. Påverkan på mark, berggrund och omgivning vid installation och anslutning är ett faktum för båda alternativen, även om omfattningen varierar. För båda alternativen krävs ingrepp på mark vid anslutning och grävning av ledningar, antingen från borrhålet som för bergvärmen eller till det befintliga fjärrvärmenätet för fjärrvärmen. Berggrunden påverkas mer av bergvärme då ett eller flera hål borrar. Samtidigt kan det tänkas att mer omfattande grävning och återställning av mark, rent ytmässigt, kan krävas för fjärrvärmealternativet. Frågan kvarstår då vilken påverkan som väger tyngst för berg- respektive fjärrvärme.

Hållbar utveckling delas ofta upp i tre grundpelare, där ekonomi är en av dessa och därför är diskussionen om huruvida LCC-modeller kan bidra till en ökad hållbar utveckling, framförallt ekonomisk hållbarhet, essentiell. Genom att använda LCC-modeller kan kostnader optimeras, vilket innebär att inga onödiga kostnader behöver spenderas. På sådant sätt skapas ett ekonomisk hållbart sätt att konsumera. Miljö och social hållbarhet utgör de andra två grundpelarna, där miljöaspekten redan har diskuterats. Valet av energisystem kan påverkas av sociala aspekter, till exempel kan befintliga energisystem hos närliggande fastigheter styra anslutningskostnader eller valmöjligheter men även simpelt gruppsytryck från grannar kan påverka beslutsfattaren. Utöver detta finns det även en fråga huruvida individen vill låsa sin fastighet till prissättningen av fjärrvärme eller elektricitet. Dessutom kan framtida statliga styrmedel förändra marknaden och resultaten drastiskt.

Det är ovisst hur väl resultaten stämmer överens med hållbar utveckling. Vid jämförelse mellan marginalet och marginalfjärrvärme fick alternativen med bergvärme minst utsläpp av koldioxid, bortsett från den europeiska elmixen som troligtvis inte används i Stockholm. Ur ett miljöperspektiv är bergvärme därmed det bättre alternativet men utsläppen för dessa energislag varierar årligen. En annan osäkerhet är att skillnaden i totalkostnad för bergvärme och fjärrvärme varierar med kalkylräntan. Att säga vilket uppvärmningsalternativ som lämpar sig bäst ur ett hållbarhetsperspektiv är därför komplext, då många faktorer spelar roll.

I framtiden kommer förmodligen LCC att förändras som verktyg, med en tydligare inriktning mot hållbar utveckling, där hänsyn till miljöaspekter kommer att vara standard för nya modeller. Nya krav på sänkt energiförbrukning kan komma att öka behovet av omfattande och detaljerade LCC-modeller på marknaden. Det kan även behövas nya modeller för framtida nischade marknader, till exempel passivhus och plushus. Förhoppningsvis kommer LCC-verktyget att användas i större utsträckning även vid offerthantering för att återspegla långtidsperspektiv.

10 Slutsats

Sammanfattningsvis dras den slutsatsen att för att använda avancerade LCC-modeller kräver detta även mer kunskap och handpåläggning från användaren. Samt att modellens syfte påverkar hur modellen är utformad och således även resultatets noggrannhet. Däremot har valet av modell oftast endast en mindre påverkan då resultaten i många fall är snarlika. Det som har enskilt störst påverkan är hur detaljerad och korrekt indata som används. Dessutom är det inte bara kostnadsfrågan som är avgörande vid valet av uppvärmningsmetod då andra faktorer som bekvämlighet, miljöaspekter men även framtidsprognoser behöver tas i beaktande.

Från analysen kan det konstateras att modellerna har en del olikheter vad gäller funktioner och utformning och att dessa har en inverkan på resultatet. Det finns dock skiljaktigheter som har större påverkan på resultatet än andra. Dessa skiljaktigheter är främst restvärde, reinvestering och energiprisökning, emellertid är dessa även beroende av vald kalkylränta och kalkylperiod. Funktionerna restvärde och reinvestering har inte alltid lika stor påverkan, då detta beror på storleken av dessa engångskostnader jämfört med de årliga kostnaderna, samt att kalkylräntan skriver ner dessa kostnader. För alternativ där större delen av LCC-kostnaden består av energikostnader visar Modell A, Älvstranden Utveckling och Belok liknande resultat, medan MSR som saknar energiprisökning visar lägre kostnad. Även valet av kalkylränta har större effekt på dessa alternativ, vilket är extra tydligt för fastighet 1 där känslighetsanalysen visade att valet av alternativ försköts då kalkylräntan ändrades. För fastighet 2 och 3 visade samtliga modeller samma inbördes ordning oavsett val av kalkylränta. Det går inte att dra någon slutsats vad gäller vilken modell som lämpar sig bäst för de olika fastighetstyperna, då skillnaderna endast har marginell påverkan.

Referenser

- Abrahamsson, K. & Nilsson, J. 2013. *Kartläggning av marknaden för fjärrkyla*. Tillgänglig via: http://ei.se/Documents/Publikationer/rapporter_och_pm/Rapporter%202013/EI_R2013_18.pdf [Hämtad 2015-04-25].
- Anonym 2008. *Offert*.
- Anonym 2014. *LCC*.
- Anonym 2014b. *Utvärdering av bergvärmeofferter*.
- Barth, J., Andersson, O., Nordell, B., Hellström, G., Berg, M., Gehlin, S., Frank, H., Risberg, G. & Nowacki, J.-E. 2012. *Geoenergin i Samhället - En viktig del i en hållbar energiförsörjning*. [Hämtad 2015-03-01].
- Belok. 2011. *Belok LCC, generell kalkyl* [Online]. Belok. Tillgänglig via: <http://www.belok.se/lcc/generell.php>. [Hämtad 2015-02-12].
- Belok 2014. *Beloks Totalmetodik - Handbok för genomförande och kvalitetsssäkring*. [Online]. Tillgänglig via: <http://belok.se/download/Totalprojekt%20handbok-utbildningsmaterial%20jan%202014.pdf> [Hämtad 2015-04-02].
- Björk, E., Acuña, J., Granryd, E., Mogensen, P., Nowacki, J.-E., Palm, B. & Weber, K. 2013. *Bergvärme på djupet - Boken för dig som vill veta mer om bergvärmepumpar*, KTH Energiteknik. ISBN: 978-917501-754-9. [Hämtad 2015-03-03].
- Boussabaine, A. 2003. *Whole Life-Cycle Costing - Risk and Risk Responses*. ISBN: 1-4051-0786-3. [Hämtad 2015-04-20].
- Boverket 2014a. *Atemp*. [Online]. Tillgänglig via: <http://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/Atemp/> [Hämtad 2015-04-15].
- Boverket 2014b. *Skärpta energihushållningskrav - redovisning av regeringens uppdrag att se över och skärpa energireglerna i Boverkets byggregler*. ISBN: 978-91-7563-141-7. [Online]. Tillgänglig via: http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2014/skarpta_energikrav_slutrapport_20140604.pdf [Hämtad 2015-03-25].
- Dhillon, B. S. 2010. *Life cycle costing for engineers* [Online], Boca Raton, FL, Taylor & Francis. ISBN: 978-1-4398-1689-9. [Hämtad 2015-02-20].
- E.ON 2012a. *Prislista Fjärrvärmeservice - Gäller från 1 januari 2013 för företag*. [Online]. Tillgänglig via: http://www.eon.se/upload/eon-se-2-0/dokument/foretagskund/produkter_priser/varme/Fjarrvarmeservice-Prislista-Foretag-2013.pdf [Hämtad 2015-04-06].
- E.ON 2012b. *Prislista Fjärrvärmeservice - Gäller från 1 januari 2013 för småhus*. [Online]. Tillgänglig via: https://www.eon.se/upload/dokument/Fjarrvarme/Fjarrvarmeservice_Prislista_Smahus.pdf [Hämtad 2015-04-05].
- Energimyndigheten. 2008. *Koldioxidvärdering av energianvändning - Vad kan du göra för klimatet?* [Online]. Tillgänglig via: <https://www.energimyndigheten.se/Global/F%C3%B6retag/Milj%C3%B6v%C3%A4rdering/Underlagsrapport%20CO2%20vardering%20av%20energianvandning.pdf> [Hämtad 2015-04-10].
- Energimyndigheten. 2010. *Beräkna LCC* [Online]. Tillgänglig via: <http://www.energimyndigheten.se/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/Finansiering-och-inkop/Livscykelkostnad/Berakna-LCC/> [Hämtad 2015-02-12].
- Energimyndigheten. 2011. *Kylsystem* [Online]. Tillgänglig via: <http://www.energimyndigheten.se/Foretag/Energieffektivt-byggande/Lokaler-och-flerbostadshus/Forvalta/Kyla/> [Hämtad 2015-02-12].
- Energimyndigheten. 2012. *Jord-, sjö- och grundvattenvärme* [Online]. Tillgänglig via: <http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/Varmepump/Jord--grundvatten-och-sjovarme/> [Hämtad 2015-02-16].
- Energimyndigheten. 2014. *Bergvärme* [Online]. Tillgänglig via: <http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/Varmepump/Bergvarme/> [Hämtad 2015-02-12].

- Fortum. 2014a. *Så fungerar fjärrkyla* [Online]. Tillgänglig via: <http://www.fortum.com/countries/se/foretag/fjarrkyla/sa-fungerar-fjarrkyla/pages/default.aspx> [Hämtad 2015-02-12].
- Fortum. 2014b. *Fjärrvärme i Storstockholm* [Online]. Tillgänglig via: <http://www.fortum.com/countries/se/foretag/fjarrvarme/har-finns-vi/pages/default.aspx> [Hämtad 2015-02-18].
- Fortum. 2014c. *Stockholm –småhus 2015*. [Online]. Tillgänglig via: <http://www.fortum.com/countries/se/SiteCollectionDocuments/kostnadsredovisning-fjarrvarme-2014-privat.pdf> [Hämtad 2015-04-17].
- Fortum. 2015a. *Utbildning på Fjärrvärmecentral* [Online]. Tillgänglig via: <http://www.fortum.com/countries/se/foretag/fjarrvarme/energieffektivisering/fjarrvarmecentral/pages/default.aspx> [Hämtad 2015-02-17].
- Fortum. 2015b. *Fjärrvärmeabonnemang Stockholm 2015* [Online]. Tillgänglig via: <http://www.fortum.com/countries/se/foretag/fjarrvarme/priser-2015/abonnemang/pages/default.aspx> [Hämtad 2015-04-02].
- Fortum. 2015c. *Normalpris fjärrvärme för småhus* [Online]. Tillgänglig via: <http://www.fortum.com/countries/se/privat/fjarrvarme/priser-2015/normalpris/pages/default.aspx> [Hämtad 2015-03-27].
- Fortum Värme. 2014a. *Fortum Värme och miljö 2014*. Tillgänglig via: <http://www.fortum.com/countries/se/foretag/fjarrvarme/miljo/documents/fortum-varme-miljoredovisning-2014.pdf>. [Hämtad 2015-03-20].
- Fortum Värme. 2014b. *Installationsanvisning Fjärrkylacentral*. [Hämtad 2015-02-17].
- Fortum Värme. 2015. *Priser 2015/fortum.se* [Online]. Tillgänglig via: <http://www.fortum.com/countries/se/foretag/fjarrkyla/priser2015/pages/default.aspx> [Hämtad 2015-04-25].
- Konkurrensverket. 2014a. *Miljöstyrningsrådet blir en del av Konkurrensverket* [Online]. Tillgänglig via: <http://www.kkv.se/nyheter/miljostyrningsradet-blir-en-del-av-konkurrensverket/> [Hämtad 2015-03-13].
- Konkurrensverket. 2014b. *Livscykelkostnader (LCC) | Konkurrensverket* [Online]. Tillgänglig via: <http://www.konkurrensverket.se/upphandling/hallbar-upphandling/stall-hallbarhetskrav/Livscykelkostnader-LCC/> [Hämtad 2015-03-14].
- Konkurrensverket. n.d. *Övriga LCC-verktyg* [Online]. Tillgänglig via: <http://www.konkurrensverket.se/upphandling/hallbar-upphandling/stall-hallbarhetskrav/Livscykelkostnader-LCC/ovriga-lcc-verktyg/> [Hämtad 2015-02-16].
- Levin, P., Lilliehorn, P. & Sandsten, S. 2008. *Livscykelekonomi vid planering, byggande och förvaltning*. Boverket. Tillgänglig via: http://byggherre.se/wp-content/uploads/2012/06/080312_Rapport_LCC_slutRev.pdf [Hämtad 2015-04-30].
- Miljöstyrningsrådet. 2008. *MSR:s generella LCC-kalkyl*. [Excel-fil] Tillgänglig för nedladdning via: http://www.konkurrensverket.se/globalassets/upphandling/hallbarhet/lcc_generell.xls [Hämtad 2015-02-13].
- Modell A. 2013. *LCC-kalkyl*. [Excel-fil] [Hämtad 2015-03-02].
- Ristimäki, M., Saynajoki, A., Heinonen, J. & Junnila, S. 2013. *Combining life cycle costing and life cycle assessment for an analysis of a new residential district energy system design*. Energy, 63, 168-179. ISSN: 0360-5442. [Online]. [Hämtad 2015-02-26].
- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. 2012. *Borrhåls- och grundvattenlager – Praktisk Handbok om geoenergi*. Tillgänglig via: http://www.sp.se/sv/index/research/eu-project/interreg/geopower/Documents/Borrhals%20och%20grundvattenlager_praktisk%20handbok%20om%20geoenergi.pdf [Hämtad 2015-03-10].
- Svensk Energi. 2010. *Den svenska elens miljöpåverkan*. [Online]. Tillgänglig via: <http://www.svenskenergi.se/Global/Dokument/publikationer/Bild-Den-svenska-elens-miljopaverkan.pdf> [Hämtad 2015-04-15].
- Svensk Energi. 2014. *Hur mycket koldioxid medför din elanvändning?* [Online]. Tillgänglig via: <http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Miljo-och-klimat/Klimatpaverkan/Hur-mycket-koldioxid-medfor-din-elanvandning/> [Hämtad 2015-04-15].

Svensk Energi. 2015. *Elpriser och elskatter i Sverige och Norden*. [Online]. Tillgänglig via:
<http://www.svenskenergi.se/Global/Statistik/Diagram-och-tabeller-konsument-elpriser-och-elskatter-i-Sverige-och-Norden.pdf> [Hämtad 2015-04-03].

Södertörns Fjärrvärme. 2015. *Beställning av fjärrvärmecentral*. [Online]. Tillgänglig via:
<http://www.sodertornsfjarrvarme.se/Documents/Pdf-dokument/bestallningfc.pdf> [Hämtad 2015-04-20].

Älvstranden Utveckling. 2015. *Om oss / Älvstranden Utveckling AB* [Online]. Tillgänglig:
<http://www.alvstranden.com/om-oss/aelvstranden-utveckling-ab/> [Hämtad 2015-03-04].

Älvstranden utveckling. No Date. *Älvstranden LCC – beräkningsverktyg*. [Excel-fil] Tillgänglig via:
<http://www.alvstranden.com/om-oss/hallbar-utveckling/dokument/> [Hämtad 2015-02-10].

Personlig Kommunikation

Kundservice Fortum Värme. E-mail. 2015-04-14. Kundservice.varme@fortum.com.

Appendix

Appendix I – Fastighet 1, indata och beräkningar

Alternativ 1: Borrhålslager	
Total investeringskostnad	48 233 000 kr
Restvärde (vid år 30)	8 224 000 kr
Reinvestering år 15	6 116 000 kr
<i>Driftkostnader per år</i>	
Energipris elektricitet [kr/kWh]	1
Förbrukning fjärrvärme [kWh]	60 000
Elförbrukning [kWh]	637000
Underhållskostnad	257 000 kr
Årlig drift- och underhållskostnad	933 000 kr

Alternativ 2: Fjärrvärme	
Totalt investeringskostnad	4 750 000 kr
Restvärde (vid år 30)	0 kr
Reinvestering år 15	2 224 000 kr
<i>Driftkostnader per år</i>	
Förbrukning fjärrvärme [kWh]	5 510 000
Underhållskostnad	76 000 kr
Årlig drift- och underhållskostnad	3 657 500 kr

Alternativ 3: Fjärrkyla	
Totalt investeringskostnad	2 000 000 kr
Restvärde (vid år 30)	0 kr
Reinvestering var 15:e år	1 000 000 kr
Driftkostnader per år	
Förbrukning fjärrkyla [kWh]	8000 000
Underhållkostnad	20 000 kr
Fasta kostnader	2 034 660 kr
Rörliga kostnader	1 531 417 kr
Årlig drift- och underhållskostnad	3 586 077 kr

Kostnader för Fortum Fjärrkyla Mix

Pris kr/MWh	Bas	Komfort	Fördelning Komfort Norra	Fördelning Komfort Södra	Total Kostnad	Fördelning Bas Norra	Total Kostnad
jan	20	20	20	5	500	416,7	8333
feb	20	20	30	5	700	416,7	8333
mar	20	20	100	90	3800	416,7	8333
apr	130	130	150	100	32500	416,7	54167
maj	130	130	200	150	45500	416,7	54167
jun	130	600	300	200	300000	416,7	54167
jul	130	600	300	200	300000	416,7	54167
aug	130	600	300	200	300000	416,7	54167
sep	130	130	200	150	45500	416,7	54167
okt	130	130	130	90	28600	416,7	54167
nov	130	130	50	5	7150	416,7	54167
dec	20	20	20	5	500	416,7	8333
SUMMA			1800 MWh	1200 MWh	1 064750 kr	5000MWh	466 667 kr

Fast	2 034 660 kr
Rörlig	1 531 417 kr
Totalkostnad	3 566 077 kr
Underhåll	20 000 kr
Investering	2 000 000 kr

Appendix II - Fastighet 2, indata och beräkningar

Alternativ 1 - 100% bergvärme	
Avgiven effekt från värmepump	377 MWh/år
Tillförd energi till värmepump	111 MWh/år
Energitäckning	100,00%
Erforderlig tillsatseffekt	67 kW
Effekt från värmepump	90 kW
COP-faktor	3,4
Antal borrhål	9 st
Borrhålsdjup	290 m
<i>Installation</i>	
Installation	399 000 kr
<i>Material</i>	
Materialkostnad (inkl. bergvärmepumpar)	698 250 kr
<i>Borrning</i>	
Borrning	897 750 kr
Total investeringskostnad	1 995 000 kr
<i>Driftkostnader per år</i>	
Värmepumpar	106 400 kr
Varmvatten	35 625 kr
Underhållskostnader	15 000 kr
Årlig drift- och underhållskostnad	157 025 kr

Alternativ 2: 100% fjärrvärme	
Total investeringskostnad	225 000 kr
<i>Driftkostnader per år</i>	
Fast del	60 360 kr
Rörlig del	168 703 kr
Volymrabatt	972 kr
Varmvatten	41 897 kr
Underhållskostnad	7 600 kr
Årlig drift- och underhållskostnad	278 775 kr

Alternativ 3: Kombination av bergvärme och fjärrvärme	
Avgiven effekt från värmepump	250 MWh/år
Energitäckning	66%
Erforderlig tillsatseffekt	0 kW
Effekt från värmepump	60 kW
COP-faktor	2,9
Antal borrhål	5 st
Borrhålsdjup	300 m
Total investeringskostnad	1 500 000kr
<i>Driftkostnader per år</i>	
Värmepumpar	85 161 kr
Varmvatten	35 250 kr
Spets/fjärrvärme	101 525 kr
Underhållskostnad	13 000 kr
Årlig drift- och underhållskostnad	234 936 kr

Appendix III - Fastighet 3, indata och beräkningar

Alternativ 1 - Thermia Diplomat 10	
Avgiven effekt från värmepump	30130 kWh/år
Tillförd energi till värmepump	10585 kWh/år
Energitäckning	99,20%
Erforderlig tillsatseffekt	2 kW
COP-faktor	2,5-3
Antal borrhål	1
Borrhålsdjup	180 m
<i>Installation</i>	
Elinstallation	3 000 kr
Materialkostnad	13 000 kr
Arbetskostnad	13 000 kr
Installationskostnad	29 000 kr
<i>Borrning</i>	
Borrning	56 000 kr
<i>Bergvärmepump</i>	
Bergvärmepump	67 000 kr
Total investeringskostnad	152 000 kr
<i>Driftkostnader per år</i>	
Drift- och underhållskostnad	16 702 kr
Årlig drift- och underhållskostnad	16 702 kr

Alternativ 2 - Fjärrvärme	
<i>Installation</i>	
Installationskostnad	98 500 kr
Total investeringskostnad	98 500 kr
<i>Driftkostnader per år</i>	
Fjärrvärme (fast del)	5 940 kr
Fjärrvärme (rörlig del)	19 976 kr
Underhållskostnad	1 200 kr
Årlig drift- och underhållskostnad	27116 kr

Appendix IV - Älvstranden Utvecklings fördelningsprofiler

Månad	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4
Jan	15,80%	16,30%	15,90%	14,30%
Feb	14,20%	14,50%	14,30%	12,80%
Mars	15,70%	16,30%	13,30%	12,30%
April	9,30%	10,50%	8,90%	8,70%
Maj	4,90%	5,80%	4,50%	5,40%
Jun	4,40%	3,40%	1,90%	3,30%
Jul	3,70%	2,10%	0,80%	2,50%
Aug	3,00%	2,20%	1,20%	2,80%
Sep	4,90%	3,00%	3,60%	4,60%
Okt	6,10%	6,40%	8,20%	8,30%
Nov	8,20%	9,40%	12,10%	11,20%
Dec	9,80%	10,10%	15,30%	13,80%

Appendix V – Resultat för samtliga fastigheter och alternativ

Fastighet 1

Alt 1 - Bergvärme				
Totalkostnad LCC	MSR	Älvstranden Utveckling	BELOK	Modell A
2%	69213836 kr	76072465 kr	67013283 kr	71532164 kr
3,5%	66179760 kr	70834873 kr	64301260 kr	67904783 kr
5%	63670075 kr	66877540 kr	62089462 kr	64974646 kr
6,5%	61598621 kr	63844490 kr	60282719 kr	62601096 kr

Alt 2 - Fjärrvärme				
Totalkostnad LCC	MSR	Älvstranden Utveckling	BELOK	Modell A
2%	89 159 563 kr	101505221 kr	99987997 kr	101505221 kr
3,5%	74 037894 kr	83 224060 kr	82147179 kr	83224060 kr
5%	62 622495 kr	69 569651 kr	68801902 kr	69569651 kr
6,5%	53867837 kr	59 206258 kr	58659349 kr	59206258 kr

Alt 3 - Fjärrkyla				
Totalkostnad LCC	MSR	Älvstranden Utveckling	BELOK	Modell A
2%	83 058 429 kr	95 223 219 kr	94 613 464 kr	95 223 219 kr
3,5%	68552 182 kr	77603 767 kr	77253 808 kr	77 603767 kr
5%	57 607 810 kr	64 453 188 kr	64 269 779 kr	64 453188 kr
6,5%	49218 244 kr	54478 454 kr	54402 812 kr	54478454 kr

Ton koldioxidutsläpp	Svensk elmix	Nordisk elmix	Europeisk elmix	Fortum fjärrvärme	Fortum fjärrkyla
Alt 1 - Bergvärme	382,2	1911	7930,7	134,8	0
Alt 2 - Fjärrvärme	0	0	0	12381	0
Alt 3 - Fjärrkyla	817,7	4088,4	16966,7	0	0

Fastighet 2

Alt 1 - Bergvärme				
Totalkostnad LCC	MSR	Älvstranden Utveckling	BELOK	Modell A
3%	4 813 633 kr	6 065 082 kr	5 595 006 kr	5 695 220 kr
4,5%	4 395 992 kr	5 294 886 kr	4 991 781 kr	5 055 187 kr
6%	4 062 476 kr	4 719 734 kr	4 524 624 kr	4 563 427 kr
7,5%	3 794 067 kr	4 283 393 kr	4 158 586 kr	4 180 852 kr

Alt 2 - Fjärrvärme				
Totalkostnad LCC	MSR	Älvstranden Utveckling	BELOK	Modell A
3%	5 772 164 kr	7 455 420 kr	7 392 457 kr	7 455 420 kr
4,5%	4 828 131 kr	6 086 764 kr	6 061 843 kr	6 086 764 kr
6%	4 109 062 kr	5 065 551 kr	5 063 759 kr	5 065 551 kr
7,5%	3 552 752 kr	4 291 259 kr	4 303 332 kr	4 291 259 kr

Alt 3 - Kombination				
Totalkostnad LCC	MSR	Älvstranden Utveckling	BELOK	Modell A
3%	6 016 862 kr	7 607 037 kr	7 286 341 kr	7 394 478 kr
4,5%	5 282 382 kr	6 450 231 kr	6 249 689 kr	6 312 477 kr
6%	4 714 178 kr	5 586 819 kr	5 463 648 kr	5 496 991 kr
7,5%	4 268 721 kr	4 932 061 kr	4 858 944 kr	4 873 132 kr

Ton koldioxidutsläpp	Svensk elmix	Nordisk elmix	Europeisk elmix	Fortum fjärrvärme
Alt 1 - Bergvärme	66,5	332,6	1380,5	0
Alt 2 - Fjärrvärme	0	0	0	847,1
Alt 3 - Kombination	51,7	258,6	1073,3	285,4

Fastighet 3

Alt 1 - Bergvärme				
Totalkostnad LCC	MSR	Älvstranden Utveckling	BELOK	Modell A
3%	408 235 kr	479 482 kr	410 172 kr	448 476 kr
4,5%	375 064 kr	431 070 kr	379 745 kr	407 850 kr
6%	347 936 kr	392 330 kr	354 248 kr	374 869 kr
7,5%	325 564 kr	361 051 kr	332 756 kr	347 868 kr

Alt 2 - Fjärrvärme				
Totalkostnad LCC	MSR	Älvstranden Utveckling	BELOK	Modell A
3%	524 065 kr	606 169 kr	584 946 kr	606 169 kr
4,5%	467 809 kr	534 704 kr	519 995 kr	534 704 kr
6%	421 991 kr	476 943 kr	466 930 kr	476 943 kr
7,5%	384 350 kr	429 856 kr	423 230 kr	429 856 kr

Ton koldioxidutsläpp	Svensk elmix	Nordisk elmix	Europeisk elmix	Fortum fjärrvärme
Alt 1 - Bergvärme	4,2	21,2	87,9	0
Alt 2 - Fjärrvärme	0	0	0	45,1