

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

Caspar Ahlquist



LUNDS
UNIVERSITET

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

Caspar Ahlquist

Examensarbete

Avdelningen för Installationsteknik
Institutionen för Bygg- och miljöteknologi
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund

© Caspar Ahlquist

ISRN LUTVDG/TVBH— 26/5128— SE(69)
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 LUND

Sammanfattning

Detta examensarbete undersöker hur robusta olika typer av bostadshus är i samband med kris eller krig i Helsingborgs stad. Robusthet i denna kontext definieras av individuella byggnaders förmåga att upprätthålla grundläggande funktioner samt förbli beboelig vid kriser av olika längd. För att undersöka detta utformades flera rimliga scenarier där konsekvenserna innefattar långvariga bortfall av värme, el och ventilation. Långvariga bortfall kommer att definieras som perioden av minst en vecka i detta arbete. Studien fokuserar på hur byggnader från olika byggnadsepoker påverkas samt vilka sorters renoveringar som skulle kunna förbättra bostädernas motståndskraft.

Analysen baseras på litteraturstudier samt beräkningar av värmeförlust, ventilationsbehov, koldioxidutveckling och energibehov vid reservdrift. Beräkningarna genomfördes för byggnader med varierande isoleringsnivå och lufttäthet för att simulera olika byggnadsepoker.

Resultaten visar att äldre byggnader generellt förlorar värme snabbare men samtidigt klarar längre perioder utan fungerande ventilation tack vare högre ofrivilligt luftläckage. Mer moderna och energieffektiva byggnader uppvisar i stället bättre värmeållning men blir på grund av detta betydligt mer beroende av fungerande ventilation eller aktiv vädring. Problemet med aktiv vädring är att det i minskar värmeållningen, framför allt under vinterhalvåret. Därför innebär det en risk att koldioxidhalterna blir höga snabbt, redan inom några dygn i de mest moderna och lufttäta byggnader utan ventilation. Samtidigt riskerar äldre hus, samt nyare hus som aktivt vädrar, att få mycket låga inomhustemperaturer inom samma tidsperiod.

Studien visar även att reservkraftssystem som generatorer eller batterilagring kan möjliggöra fortsatt drift av kritiska funktioner såsom ventilation och värmedistribution. Dock medför majoriteten av dessa lösningar samtidigt stora praktiska begränsningar kopplade till exempelvis bränsleförsörjning, lagringsutrymme, lagstiftning och, framför allt, kostnader.

Resultaten indikerar att moderna, energieffektiva byggnader inte nödvändigtvis är mer robusta än äldre byggnader ur ett krisberedskapsperspektiv. De är robusta på olika sätt. Studien indikerar att det kan finnas behov av att på ett systematiskt sätt inkludera olika beredskapspekter när byggnader projekteras för öka robustheten i samhället.

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

Titel:	Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader
Författare:	Caspar Ahlquist
Handledare:	Hans Bagge, Avdelningen för Byggnadsfysik.
Examinator:	Dennis Johansson, Avdelningen för Installations- och klimatiseringslära
Bakgrund:	Svenska bostäder har utvecklats för energieffektivitet och komfort under normala förhållanden men det är oklart hur väl de fungerar vid långvariga störningar i el-, värme- och ventilationsförsörjningen. Vid ett försämrat säkerhetsläge undersöker arbetet hur robusta olika byggnadsepoker är vid kriser samt vilka renoveringsåtgärder som kan förbättra deras motståndskraft.
Syfte:	Syftet med arbetet är att undersöka hur robusta bostadsbyggnader från olika byggnadsepoker i Helsingborg är vid långvariga bortfall av värme, el och ventilation. Arbetet syftar även till att identifiera och utvärdera tekniska renoveringsåtgärder som kan stärka byggnadernas robusthet ur ett krisberedskapsperspektiv.
Metod(er):	Studien genomfördes med en kvantitativ ansats som kombinerade litteraturstudier och tekniska beräkningar. Byggnader från olika byggnadsepoker i Helsingborg analyserades utifrån värmeförlust, lufttätethet, ventilationsbehov, koldioxidutveckling och energibehov vid reservdrift. Resultaten jämfördes därefter mellan byggnadstyperna för att bedöma deras robusthet och behov av åtgärder.
Slutsatser:	Resultaten visar att det finns förbättringspotential för att öka robustheten i byggnader vid olika kriser samt att byggnader från olika byggnadsepoker har olika styrkor och svagheter vid kriser. Studien visar att tekniska åtgärder kan förbättra robustheten men att många av dem innebär betydande kostnader och praktiska utmaningar. Sammantaget bedöms moderna byggnader inte nödvändigtvis vara mer robusta än äldre byggnader ur ett krisberedskapsperspektiv.
Nyckelord:	Byggteknik, krisberedskap, totalförsvar, beredskap, strömavbrott, värmeavbrott, reservkraft, bostadsbyggnader, renovering

Abstract

This thesis examines how residential buildings from different construction periods perform during extended outages of heating, electricity, and ventilation. The purpose was to evaluate building robustness during crisis or war situations and identify technical measures that may improve building resilience. The study combined literature review with engineering calculations related to heat retention, ventilation performance, indoor air quality, and emergency energy supply. Different building periods were compared based on insulation levels, airtightness, and ventilation systems. The results demonstrate that modern, more airtight, buildings are more energy efficient but at same time more vulnerable to failures in mechanical ventilation and electricity supply. Older buildings, on the other hand, maintain a higher degree of passive ventilation through natural air leakage while less energy efficient. The study concludes that most current residential buildings are insufficiently prepared for severe crisis and wartime scenarios and therefore require extensive renovations. Future residential buildings may need to balance energy efficiency with robustness and emergency preparedness to better withstand prolonged infrastructure disruptions.

Förord

Detta är ett 22,5 poängs examensarbete som har utförts på Lunds Tekniska Högskola, Campus Helsingborg, där det ingår i högskoleingenjörsutbildningen i byggteknik med arkitektur på 180 högskolepoäng. Arbetet utfördes under vårterminen 2026.

Inför och under början av våren 2026 satt jag, liksom många andra, och letade efter ett examensarbete som kändes rätt och lät intressant. Det fann jag i form av detta arbete och att få avsluta utbildningen genom att utföra detta arbete har varit väldigt glädjefullt och inspirerande. Jag har kunnat dra många lärdomar från detta arbete och känner mig därför redo att påbörja nästa utmaning. Dessa år har varit väldigt givande men samtidigt utmanande och att få ro utbildningen i hamn med detta arbete känns som ett perfekt avslut.

Där finns en hel del personer att tacka men framför allt skulle jag skulle vilja tacka min handledare, Hans Bagge, samt min examinator, Dennis Johansson, som hjälpt och väglett mig under arbetets gång. Jag skulle även vilja tacka Ilia Iarkov som delade med sig av delar av sitt datamaterial som gjorde detta arbete möjligt. Till sist skulle jag vilja tacka familj och vänner som ständigt stöttat och uppmuntrat mig.

Löddeköpinge i maj 2026

Caspar Ahlquist

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	i
Abstract	iii
Förord	v
Innehållsförteckning	vii
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte och mål	2
1.3 Forskningsfrågor	3
1.4 Avgränsningar	3
2 Metod.....	5
2.1 Bostäder i Helsingborg	5
2.2 Scenarier för olika kriser	7
2.3 Analys av resultat	7
3 Analys och resultat	9
3.1 Avbrott i värmeförsörjning	9
3.1.1 Flerbostadshus	9
3.1.2 Villor.....	11
3.1.3 Åtgärder	13
3.2 Avbrott i elförsörjning.....	16
3.2.1 Uppvärmning	16
3.2.2 Ventilation	18
3.2.3 Hissar	26
3.3 Värmen och elen försvinner	28
3.3.1 Bränsle driven reservvärme	28
3.3.2 Fasta kaminer	28
3.3.3 Portabla kaminer	29
3.4 Vattentillförsel hindras	30
3.4.1 Dricksvatten	30
3.4.2 Hygien & Toalett	31
4 Sammanfattning.....	33
4.1 Sekelskifteshus.....	33
4.1.1 Renoveringsåtgärder	33
4.1.2 Ingen renoveringsnödvändighet.....	33
4.2 40-talshus	34
4.2.1 Renoveringsåtgärder	34
4.2.2 Ingen renoveringsnödvändighet.....	34
4.3 60-talshus	34
4.3.1 Renoveringsåtgärder	34
4.3.2 Ingen renoveringsnödvändighet.....	35
4.4 80-talshus	35
4.4.1 Renoveringsåtgärder	35
4.4.2 Ingen renoveringsnödvändighet.....	35
4.5 00-talshus	35

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

4.5.1	Renoveringsåtgärder	35
4.5.2	Ingen renoveringsnödvändighet.....	36
4.6	Moderna hus.....	36
4.6.1	Renoveringsåtgärder	36
4.6.2	Ingen renoveringsnödvändighet.....	36
4.7	Bedömning.....	36
5	Diskussion	39
5.1	Värme.....	39
5.2	Ventilation.....	42
5.3	Vatten.....	44
5.4	Hissar	46
5.5	Helhet & kombination.....	46
5.6	Ekonomi.....	47
6	Slutsatser.....	49
	Referenser.....	51

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Av Sveriges totalt 2,4 miljoner lägenheter bedöms det finnas renoveringsbehov i omkring 800 000 enligt en rapport av Industrifakta (2017). Rapporten menar även att av dessa lägenheter bedöms cirka 300 000 vara i akut behov av renovering. Enligt boverkets studie "BETSI" (2024a) hade cirka 70 procent av alla besiktigade småhus någon typ av skada och kan då också anses ha motsvarande renoveringsbehov som lägenheterna. Utöver det kan renoveringar genomföras utan att det föreligger behov på grund av uttjänta material eller bristande funktion utan i stället görs renoveringen för att göra uppdateringar och kvalitetshöjningar. Det finns även ett stort behov av att bygga nya bostäder i Sverige och fram till och med 2034 beräknas det behövas ungefär 523 000 bostäder (Boverket, 2025a). Detta blir 52 300 nya bostäder i snitt per år från 2024 till och med 2033.

Inom totalförsvaret är civilförsvaret en viktig del för att säkerställa att viktiga samhällsfunktioner och skydd av civilbefolkningen fungerar under tider av kris och säkerhetshot (Regeringen, 2024). Om bostaden kan vara en trygg och säker miljö som fungerar även under tider av kris och säkerhetshot kommer det att leda till att samhället som helhet blir mer uthålligt. Byggnader och fastigheter kan i samband med renovering förbättras med avseende på bland annat robust energiförsörjning, avfallshantering, vatten och avlopp samt tillgång till utrymmen för olika behov.

Byggnader idag görs mer och mer energieffektiva vilket sker av olika anledningar. Boverket (2024b) förklarar att förbättrad energihushållning på ett hus kan spara pengar i längden genom att husägaren blir i mindre behov av uppvärmning samt mindre känslig för höga elpriser som varit en större riskfaktor de senaste åren än vad det varit förut (Nässén, 2025). Enligt Boverket finns där dock fler anledningar att göra huset mer energieffektivt. Exempelvis genom att minska klimatpåverkan som ett resultat av lägre energianvändning samt bättre inomhusmiljö. Ur en beredskapssynpunkt är detta både positivt och negativt eftersom de extremt energieffektiva husen kommer att hålla värmen bättre än äldre hus samtidigt som denna energieffektivitet kommer att medföra tätare hus som kommer att ha svårt att omsätta luft utan ventilation vid eventuella kriser.

Forskare vid Institutionen för Bygg- och miljöteknologi vid Lunds universitet har i samverkan med andra universitet, institut, kommunala bolag, företag, branschorganisationer, myndigheter och intresseorganisationer bedrivit forskning om hållbar renovering, bland annat genom initiativ som SIREn (Nationellt renoveringscentrum, 2019). Dessa fokuserar främst på energieffektivisering och hållbarhet, medan frågor kopplade till beredskap och resiliens på byggnadsnivå i dagsläget är mindre utforskade. Tidigare forskning visar att klimatskalets egenskaper har stor betydelse för byggnaders värmeförluster och därmed deras inomhusklimat (Yu et al., 2024; Alkhatib & Lemarchand, 2025). Detta kan appliceras i en beredskapskontext genom att exempelvis koppla värmeförluster beroende på klimatskal till hur länge en

byggnad är brukbar utan energi. Även ventilationslösningar har betydelse för hur byggnader fungerar under varierande förhållanden, där exempelvis Bastide et al. (2012) argumenterar för naturlig ventilation i lågenergibygnader för att dra ner på energianvändning. Detta kan också appliceras i en resilienskontext då naturlig ventilation fungerar även utan el. Problemet är att naturlig ventilation är beroende av temperaturskillnader mellan utomhus- och inomhusklimat. Om inomhusluften inte går att värma blir den naturliga ventilationen opålitlig.

I dagsläget triggas renovering ofta av att man vill minska energianvändningen, att vatten och avloppsstammar behöver bytas eller att man behöver uppdatera ytskikt, badrum eller kök. Vid dessa renoveringar skapas möjligheter att på ett effektivt sätt även förbättra byggnadens funktion under kriser och säkerhetshot. I dagsläget saknas både kunskap och verktyg för hur detta kan göras på ett relevant och tillämpbart sätt.

För att få en förståelse för ämnet måste man göra en distinktion mellan vad en kris är och vad ett krig är. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) bytte namn till Myndigheten för civilt försvar (MCF) den 1 januari 2026. I rapporten förekommer därför både benämningarna MSB och MCF i referenserna. Äldre publikationer refereras under namnet MSB medan nyare publikationer refereras under namnet MCF. En kris är enligt Myndigheten för civilt försvar, MCF (2025) en oväntad händelse som utsätter samhället för allvarliga risker och hot som exempelvis extremväder och störningar i viktiga IT-system. MCF förklarar även att krig är när en främmande makt ämnar att med militärt våld tvinga sin vilja över ett annat land. Dock enligt boken Om krisen eller kriget kommer finns det även andra sätt än enbart militärt våld att skada och påverka ett land. Exempel på detta är cyberattacker, terrorism och sabotage (MCF, 2024). För att denna analys inte ska bli för lång kommer den fokusera på de mest sannolika händelserna som skulle kunna inträffa vid allvarliga kriser, som till exempel behovet av hemberedskap samt el- och värmeavbrott.

För att varna om att krisen eller kriget har kommit finns det lite olika system som MCF använder sig av för att skicka ut viktiga meddelanden för allmänheten. I vanliga fall kan VMA förmedlas till allmänheten genom exempelvis TV eller radio men i riktigt allvarliga lägen kan utomhusvarningen "Hesa Fredrik" komma att användas. Där finns anläggningar i de flesta kommuner samt runt kärnkraftverk för "Hesa Fredrik" (MCF, 2024). Vid dessa situationer förväntas vanliga civilpersoner att vara förberedda i den mån att de klarar sig själva under en period tills antingen situationen är över eller när MCF har kommit fram till en långvarig lösning så att läget stabiliserats i den mån att nödvändiga funktioner kan återgå. MCF (2024) förklarar lite mer i detalj vad som krävs av civilpersoner i förberedande syfte inför kriser och krig. De menar att man bidrar till hela samhällets beredskap genom att man förbereder sig för att klara sig i minst en vecka.

1.2 Syfte och mål

Examensarbetet syftar till att analysera hur olika former av kriser kan påverka byggnader av olika ålder och deras funktion. Vidare ska arbetet undersöka vilka åtgärder som kan tillämpas i samband med renovering för att stärka beredskapen och resiliensen för olika

kriser. Renovering av klimatskal och installationer påverkar olika viktiga aspekter som behövs för att byggnaden ska fortsätta fungera väl även vid kriser som exempelvis kan innefatta el- och värmeavbrott. I detta hanteras även frågeställningar kring prioriteringar av olika åtgärder.

Målet är att examensarbetet ska presentera åtgärder för några olika typbyggnader och belysa dessa ur beredskaps- och resiliensperspektiv. Detta ska kunna fungera som ett kunskapsunderlag som gör det möjligt att fatta informerade beslut i samband med renovering för att stärka totalförsvaret och samhällets robusthet för sin specifika fastighet.

1.3 Forskningsfrågor

- Vilka renoveringar hade kunnat implementeras för att öka bostadsbyggnaders robusthet vid kriser?
- Vilka byggnadsepoker bör prioriteras i en framtida renoveringsprocess ur ett krisberedskapsperspektiv?
- Är de föreslagna renoveringsåtgärderna tekniskt och ekonomiskt genomförbara?

1.4 Avgränsningar

- Arbetet kommer inte att behandla kommersiella byggnader eller lokaler utan enbart bostäder som flerbostadshus och villor.
- Villor kommer att behandlas mer approximativt än flerbostadshus eftersom den data som används för villorna inte är kopplat till Helsingborg.
- Arbetet kommer enbart att undersöka utveckling av klimatskalet, installationer och vattenhantering. Övriga åtgärder kommer inte att tas hänsyn till.
- Arbetet avgränsas geografiskt till Helsingborg och dess närområde vilket betyder att lokala förutsättningar och byggnadstyper kan påverka resultatet.
- Arbetet behandlar främst vinterförhållanden eftersom bortfall av värme och el bedöms vara mest kritiskt under kalla perioder.
- Arbetet fokuserar på scenarier med el- och värmeavbrott och behandlar inte andra typer av kriser såsom översvämningar, bränder eller militära angrepp.
- Studien fokuserar främst på byggnaders funktion under längre störningar och behandlar inte den initiala hanteringen under de första timmarna eller dygnet.
- Arbetet inkluderar inte detaljerade livscykelkostnadsanalyser eller fullständiga ekonomiska kalkyler utan fokuserar på övergripande bedömningar av åtgärders rimlighet.
- Arbetet behandlar inte brukarbeteende eller individuella anpassningar utan fokuserar på byggnadens tekniska förutsättningar.
- Arbetet kommer inte att behandla juridiska frågor.
- Arbetet behandlar inte brandskyddsprojektering i detalj.
- Arbetet innehåller inga verkliga fälttester.

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

- Arbetet baseras huvudsakligen på litteraturstudier och tekniska beräkningar snarare än detaljerade simuleringar eller fullskaliga energimodeller.
- Beräkningarna bygger i flera fall på typfall och generella antaganden snarare än individuella byggnaders faktiska konstruktion och skick.

2 Metod

Detta kapitel beskriver de metoder och antaganden som använts för att analysera bostadsbyggnaders robusthet vid kris- och krigssituationer. Robusthet i denna kontext definieras av individuella byggnaders förmåga att upprätthålla grundläggande funktioner samt förbli beboelig vid långvariga störningar av försörjningssystem. Eftersom verkliga tester av byggnaders funktion under kris- och krigssituationer är svåra att genomföra baseras studien på scenarioanalys, litteraturstudier och beräkningar. Denna kvantitativa ansats har genomförts för typbyggnader från olika byggnadsepoker med varierande ventilationssystem, isoleringsnivå och lufttäthet. Metoden användes för att undersöka hur olika byggnadstyper påverkas av långvariga bortfall av värme, el och ventilation.

Husen i tabell 2.1 valdes för att representera flerbostadshusen i Helsingborgs stad generellt ser ut. Det valdes fyra hus från olika byggnadsepoker för att diversifiera byggnadstyperna. Med hjälp av boken Så byggdes husen 1880–2020 av Björk et al. (2021) kunde varje byggnadstyp generaliseras i förberedelse för att föreslå renoveringar som inkluderar aspekter som kopplar till resiliens och beredskap. Sedan kopplades dessa flerbostadshus ihop med husen från Energimyndighetens beräkningar (2019b) i tabell 3.1 för att möjliggöra en analys baserat på byggnadstyperna i Helsingborg. Detta kunde jämföras med beräkningarna om småhus från Energimyndigheten (2019c) i tabell 3.2. Vidare bedömdes varje byggnadstyp utifrån vilka faciliteter som måste fungera samt hur det skulle påverka byggnader om de inte skulle fungera. Detta har satts i tidsperspektiv med hjälp av figur 3.3 samt ventilationsberäkningarna i tabell 3.6. Dessa bedömningar kunde sedan användas för att identifiera brister i det befintliga byggnadsbeståndet i Helsingborg. Att undersökningen är gjord för bostäder i Helsingborg hindrar dock inte resultaten från att appliceras i områden med liknande klimat.

2.1 Bostäder i Helsingborg

Först genomfördes ett urval av fyra flerbostadshus från olika byggnadsepoker i Helsingborg. Detta baserades på datamaterial från Iarkov et al. (2025). Datakällan bygger på Boverkets öppna register över utförda energideklarationer i Helsingborg. Med hjälp av denna databas kunde flerbostadshus sorteras ut baserat på ålder, uppvärmningssystem, ventilationssystem och den erhållna energiklassen från energideklarationerna. Med hjälp av detta valdes flerbostadshusen väljas ut för att skapa en bild av hur byggnationen ser ut i Helsingborgs stad samt hur problem och eventuella lösningar skulle kunna implementeras i staden. Husen valdes så att de skulle representera hur respektive byggnadsepok ser ut i verkligheten. Därför varierades exempelvis ventilationssystemet och energiklassen utefter den variation som finns i byggnaderna. Tiderna som husen byggdes benämns som byggnadsepoker i denna analys eftersom byggnaderna skiljer sig år markant i respektive tid. Tiderna eller epokerna som undersöks är sekelskifteshus, eller hus byggda runt år 1900, 40-talshus, 60-talshus, 80-talshus, 00-talshus samt moderna hus byggda efter 2020. Nedan i tabell 2.1 ses en sammanställning av de flerbostadshus som valdes ut där relevant information finns med.

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

Tabell 2.1: Utvalda flerbostadshus i Helsingborgs stad

Byggår	Område	Energiklass (2020)	Uppvärmning	Ventilation
1900	Norra Hamnen	E	Fjärrvärme	F, FTX
1900	Olympia	E	Fjärrvärme	Självdraft
1902	Tågaborg	E	Fjärrvärme	F
1904	Eneborg	E	Fjärrvärme	F
1943	Stattena	E	Fjärrvärme	Självdraft
1943	Tågaborg	F	Fjärrvärme	F
1944	Stattena	D	Fjärrvärme	F
1948	Norr	C	Fjärrvärme	Självdraft
1961	Elineberg	D	Fjärrvärme	F
1963	Miatorp	E	Fjärrvärme	Självdraft
1965	Slottshöjden	F	Fjärrvärme	Självdraft
1967	Filborna	F	Fjärrvärme	F
1981	Söder	D	Fjärrvärme	F
1984	Rosengården	D	Fjärrvärme	FTX
1985	Centrum	F	Fjärrvärme	F, FTX
1988	Tågaborg	E	Fjärrvärme	F, FTX
2002	Filborna	G	Fjärrvärme	F
2002	Mariastaden	C	Fjärrvärme	F
2004	Norra Hamnen	E	Fjärrvärme	F
2008	Mariastaden	C	Fjärrvärme	FTX
2020	Oceanhamnen	C	Fjärrvärme	FTX
2020	Filborna	B	Fjärrvärme	FTX
2020	Filborna	B	Fjärrvärme	FTX
2021	Oceanhamnen	C	Fjärrvärme	FTX

- S = Självdraft
- F = Frånluft
- FTX = Till- och frånluft med värmeåtervinning

Energiklass är den bedömningen eller betyget som en byggnad får i en energideklaration och år 2020 när energideklarationerna i tabellen gjorde var betygsskalan från A-G (Boverket, 2026). I den betygsskala står A för den lägsta energianvändning en byggnad kan ha, och G för den högsta.

Warfvinge & Dahlblom (2010) förklarar de olika ventilationssystemen. De berättar att Självdragssystemet saknar fläkt och drivs i stället av termiska krafter som temperaturskillnader och vind. Vidare beskrivs frånluftssystemet genom att en frånluftsfälkt skapar ett undertryck och lufttillförseln sker via uteluftsventiler som placeras i vitala rum som sovrum och vardagsrum. FTX-systemet beskrivs som ett vidareutvecklat F-system där mekanisk tilluft och en värmeväxlare införts för att återvinna värme samt filtrera, värma och i vissa fall kyla tilluften. Både F och FTX drar el till skillnad från S som är helt oberoende förutsatt att vind- och temperaturskillnader finns mellan inomhus- och utomhusklimatet (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

2.2 Scenarier för olika kriser

För att kunna analysera hur de utvalda byggnaderna fungerar under olika kriser på ett rimligt sätt analyserades de scenarier som ansågs vara mest sannolika samt svåraste att hantera. Anledningarna till scenarierna är irrelevanta och kan variera men kan sannolikt ske vid olika kriser. Vilka kriser som sker är svåra att analysera eftersom de varierar. Exempelvis kan scenarierna som undersökts inträffa både vid krig på andra sidan jorden eftersom det skulle påverka viktiga transporter och vid mer lokala kriser. Scenarierna som undersöktes var som följande:

- Värmen försvinner
- Elen försvinner
- Värmen och elen försvinner
- Vattentillförsel försvinner

Dessa scenarier analyserades utifrån vad som skulle påverkas i respektive byggnadsepok för att identifiera lösningar. Inga experiment eller fysiska tester kunde genomföras eftersom det hade krävt man hade kunnat simulera omständigheterna som byggnaderna skulle utsättas för i en tillräckligt god grad. I stället gjordes beräkningar för att anpassa redan existerande resultat till de byggnader som valts ut i Helsingborg. För att analysera möjligheten att upprätthålla funktion vid längre krissituation uppskattades energi- och vattenbehovet för villor och flerbostadshus under en period på minst en vecka. En vecka valdes eftersom det är den tiden MCF (2024) rekommenderar för man ska bidra till hela samhällets beredskap. Analysen fokuserade främst på grundläggande funktioner såsom ventilation och värmedistribution.

2.3 Analys av resultat

Lösningarna som identifierades på problemen som uppstår vid de olika scenarierna diskuterades sedan i rimlighet och genomförbarhet i samband med renoveringar, både tekniskt och ekonomiskt. Sedan diskuterades vilka aktörer som är involverade i

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

processen för respektive lösning samt om den ekonomiska situationen kommer att skilja sig beroende på om lösningen ska implementeras i ett flerbostadshus eller i en villa. Viktigt att påpeka är att resultaten är uppskattningar som påverkas av en rad olika aspekter som exempelvis väder vilket betyder att resultaten kommer att variera för verkliga hus. Även hushåll beter sig olika och ser olika ut sett till antal personer vilket kommer att påverka resultatet ytterligare. Kommersiella källor användes främst för prisuppskattningar och tekniska specifikationer där vetenskapliga källor saknades.

3 Analys och resultat

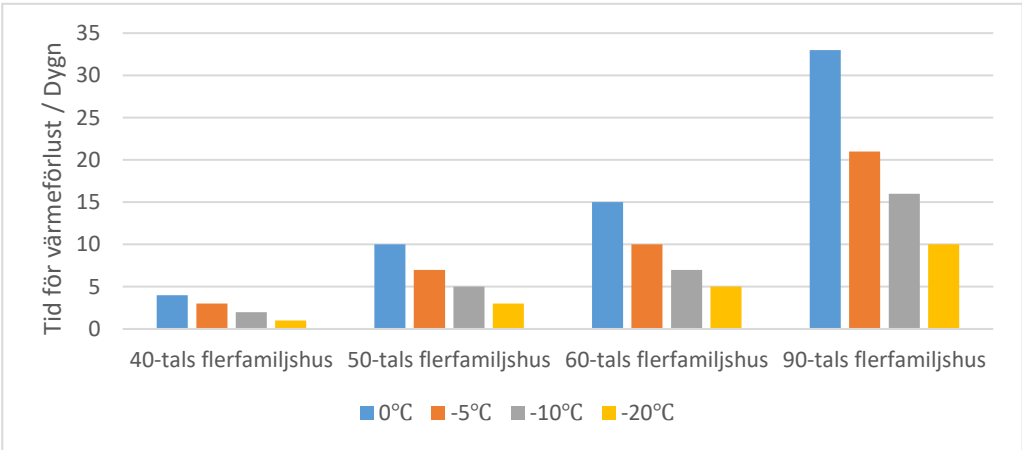
3.1 Avbrott i värmeförsörjning

3.1.1 Flerbostadshus

Om värmen försvinner kommer ens bostad att bli succesivt kallare över tid och eftersom MCF (2024) menar att man helst ska klara sig själv i minst en vecka måste även bostaden vara bebod i minst en vecka. Problematiken med att hålla bostäder varma nog att vara bebodiga existerar hela året, bortsett från sommaren, men är som värst under vintern när det är kallt. Men även om det är -10°C utomhus kan det ta flera dygn innan temperaturen sjunkit från $+20^{\circ}\text{C}$ till $+10^{\circ}\text{C}$ inomhus om byggnaden är välisolerad (Energimyndigheten, 2019a). Nedan i tabell 3.1 visas tidsåtgången för sänkning av inomhustemperaturen från $+20^{\circ}\text{C}$ ner till $+5^{\circ}\text{C}$ för olika typer av flerbostadshus vid olika utomhustemperaturer (Energimyndigheten, 2019b). Dessa värden har Energimyndigheten tagit fram genom diverse beräkningar och är ungefärliga.

Tabell 3.1: Tidsåtgången för sänkning av inomhustemperatur från 20°C till 5°C i flerbostadshus vid olika utomhustemperaturer

Utomhus-temperatur / $^{\circ}\text{C}$	Mindre flerfamiljshus med plankstomme och träfasad från 1940-talet	Flerfamiljshus med betongblockstomme och tegelfasad från 1950-talet	Flerfamiljshus med betongstomme från 1960-talet	Flerfamiljshus med betongstomme och 150 mm isolering från 1990-talet
0	4 dygn	10 dygn	15 dygn	<33 dygn
-5	<3 dygn	<7 dygn	10 dygn	21 dygn
-10	2 dygn	<5 dygn	7 dygn	<16 dygn
-20	1 dygn	<3 dygn	<5 dygn	10 dygn



Figur 3.1: Tidsåtgången för sänkning av inomhustemperatur från 20°C till 5°C i flerbostadshus vid olika utomhustemperaturer

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

Man ser här en väldigt markant skillnad mellan flerbostadshusen med betongstomme och de med plankstomme. Detta beror sannolikt på en kombination av att de äldre husen med plankstomme är sämre isolerat samt mindre tätt än det nyare flerbostadshuset med betongstomme. Enligt Björk et al. (2021) byggdes ytterväggarna i dessa hus generellt med dubbel plankvägg, följt av en luftspalt sedan ett lager bräddor som täcker resten av syllén. Alltså byggdes de utan specifik isolering till skillnad från flerbostadshuset med betongstomme från 1990-talet som enligt tabell 3.1 har 150 mm isolering i väggarna. Detta har stor betydelse för husens respektive förmåga att hålla värmen. Trä har värmekonduktiviteten $0,14 \text{ W/(m}\cdot\text{k)}$ medan mineralull har ungefär $0,037 \text{ W/(m}\cdot\text{k)}$ (Sandin, 2010). Från samma bok man beräkna hur tjock plankan i 40-tals huset skulle behöva vara för att nå samma värmemotstånd som 90-tals huset med 150 mm mineralull. Det gjordes på följande sätt:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Där: R = Värmemotståndet, $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$
 d = Tjockleken, m
 λ = Värmekonduktiviteten, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Först fick värmemotståndet från mineralullen i 90-talshuset bestämmas:

$$R = \frac{d}{\lambda_{\text{mineralull}}} = \frac{0,15}{0,037} \approx 4,05 (\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$$

Alltså kan man nu ta reda på vilken tjocklek plankan behöver ha med hjälp av samma formel:

$$d = R \cdot \lambda_{\text{trä}} = 4,05 \cdot 0,14 = 0,567 \text{ m}$$

Detta innebär att träväggen skulle behöva vara 0,567 meter eller 567 mm tjock för att ge samma värmemotstånd som väggen med 150 mm mineralull. Dock behöver skillnaden inte bara bero på isolering utan också på att trä har mycket lägre densitet än betong vilket betyder att den har en lägre värmetröghet (Sehic, 2018). Alltså håller betonghusen värmen längre naturligt på grund av materialvalet.

Byggnaderna presterar sedan succesivt bättre vilket är logiskt baserat på det som redan diskuterats. Flerfamiljehuset från 1950-talet har betongstomme och tegelfasad har inte heller någon specifik isolering (Björk et al. 2021). Dock har huset betongstomme vilket gör att det kommer hålla värmen längre på grund av sin högre värmetröghet till skillnad från huset med trästomme (Sehic, 2018). Detta är sannolikt även anledningen att huset med betongstomme från 1960-talet presterar ännu lite bättre, då det har ännu lite mer betong i klimatskalet. 60-tals huset är det första som sannolikt inte kommer behöva några renoveringsåtgärder baserat på dess värmebeständighet eftersom huset klarar sig i 7 dagar eller mer under normala omständigheter i Helsingborg.

Det nyaste flerfamiljshuset från 1990-talet med betongstomme och 150 mm isolering presterar bäst, precis som väntat. 150 mm isolering tillsammans med värmetrögheten från betong samt det sannolikt är tätare än äldre hus gör att denna byggnad presterar

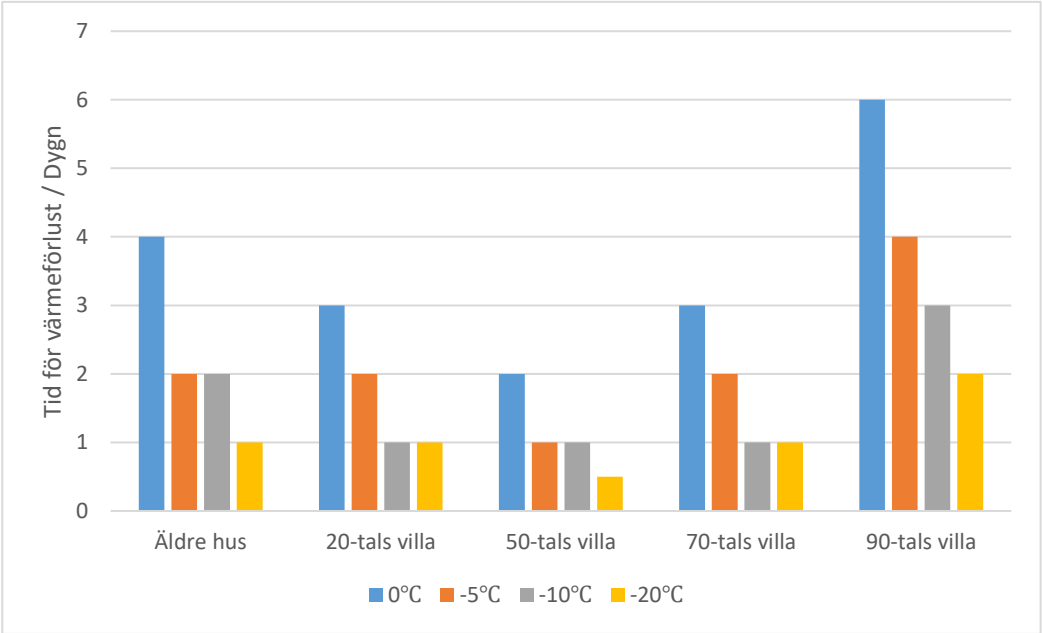
markant bättre än tidigare byggnader. Detta är den första byggnaden som definitivt inte kommer att behöva renoveringsåtgärder för att klara sig utan värme i minst en vecka enligt MCF:s rekommendation (2024).

3.1.2 Villor

Om man tittar på hur villor eller småhus hade hanterat samma situation har Energimyndigheten (2019c) gjort beräkningar för detta. Resultaten för dessa beräkningar kan ses i tabell 3.2 nedan och är ungefärliga.

Tabell 3.2: Tidsåtgången för sänkning av inomhustemperatur från 20°C till 5°C i villor vid olika utomhustemperaturer

Utomhus-temperatur / °C	Äldre hus, 150 mm timmerväggar	20-talsvilla, plankstomme sågspåns-isolering	50-tals villa, tegelfasad 50mm isolering	70-tals villa, tegelfasad 95mm isolering	90-tals villa, träfasad 150mm isolering
0	<4 dygn	3 dygn	2 dygn	3 dygn	<6 dygn
-5	2 dygn	<2 dygn	>1 dygn	<2 dygn	<4 dygn
-10	<2 dygn	1 dygn	1 dygn	1 dygn	<3 dygn
-20	1 dygn	<1 dygn	1/2 dygn	<1 dygn	<2 dygn



Figur 3.2: Tidsåtgången för sänkning av inomhustemperatur från 20°C till 5°C i villor vid olika utomhustemperaturer

Beräkningarna och figurerna visar att flerbostadshusen generellt sätt presterar bättre än villorna. Anledningen till detta beror sannolikt på att även om det inte finns värmestillskott kan grannlägenheter fungera som värmebuffert. Alltså kommer omkringliggande lägenheter fortfarande avge viss värme genom väggar och bjälklag, en sådan extra värmekälla finns inte i villorna. Dessutom har många flerbostadshus tyngre konstruktioner med större värmetröghet eftersom de har stommar av betong eller liknande material. Dessa konstruktioner lagrar värme längre än lätta träkonstruktioner, vilket gör att temperaturen sjunker långsammare vid exempelvis strömbrott (Sehic, 2018).

Man ser även att ingen av de testade husen hade klarat att vara utan värme i minst en vecka. Det är värt att notera att husen byggda på 1920-, 50- och 70-talet i vissa fall inte klarar att hålla sig över 5°C i mer än ett halvt dygn. Det är ingen överraskning att huset byggt på 90-talet presterade bäst eftersom det är det bäst isolerade huset med ganska stor marginal. Dock något överraskande är att det äldsta huset med 150 mm tjocka timmerväggar verkar isolera bättre än husen byggda efter sekelskiftet, bortsett från 90-tals villan. En 150 mm tjock timmervägg har en ungefärlig värmegenomgångskoefficient på 0,689 W/(m²K) (Rockwool, u.å.) medan moderna byggen ska eftersträva värmegenomgångskoefficienten 0,18 W/m²K för väggarna (Boverket, 2024c). Alltså har den massiva timmerväggen ett relativt högt U-värde jämfört med moderna konstruktioner, vilket innebär större värmeförluster. Trots detta kan timmerkonstruktionen uppvisa god praktisk prestanda vilket man kan se i Tabell 3.2. Detta kan bero på att massivt trä har en god termisk massa och kan lagra och avge värme över tid beroende på temperaturen utomhus (Jensen et al., 2020). De menar att detta kan bidra till en jämnare inomhustemperatur och därmed ökad termisk komfort. Den mer effektiva värmetransporten kan även förklaras av att konstruktionen saknar isoleringsskikt där konvektion kan uppstå. Vidare kan väl utförda timmerknutar bidra till en relativt god lufttätethet.

Träregelväggar med sågspånsisolering kan ha en sämre termisk funktion eftersom sågspån användes som lösfillnad i väggar trots att det är sättningsbenäget vilket över tid innebär ojämn densitet och oisolerade tomrum (Kulturen, 2018). Detta möjliggör konvektion inom väggkonstruktionen, vilket försämrar isolerförmågan avsevärt. Dessutom är dessa konstruktioner ofta otäta (Samuelson, 2002), vilket leder till ökade värmeförluster genom luftläckage. I jämförelse med massiv timmer kan därför en sådan vägg ha sämre energiprestanda, trots att den teoretiskt innehåller ett isolerande material.

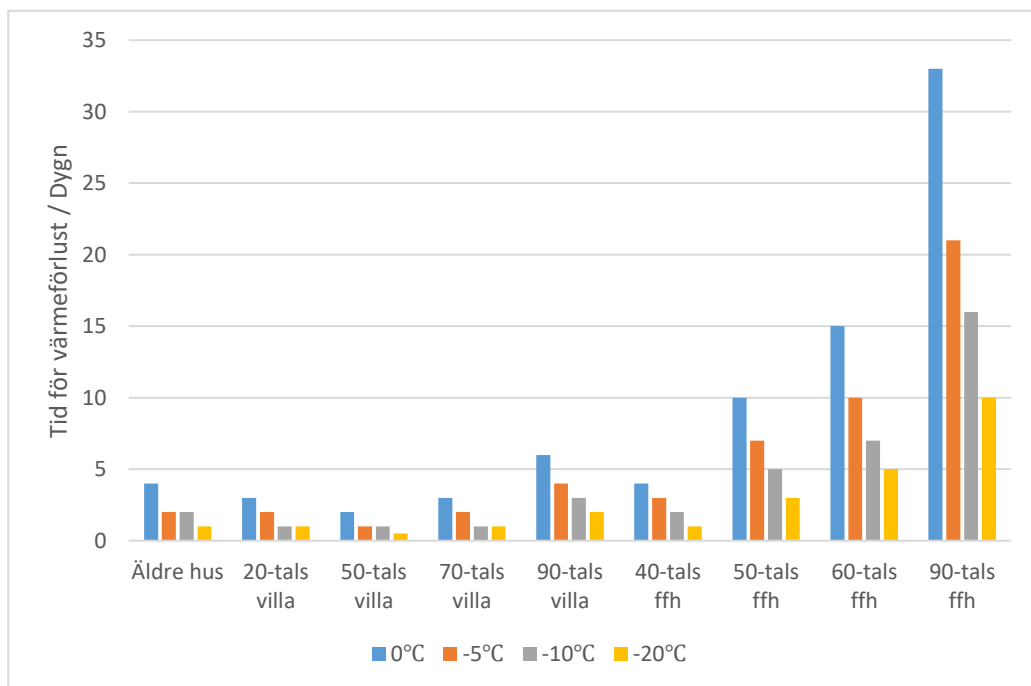
Träregelväggar från 1970-talet med mineralullsisolering representerar ett tekniskt steg framåt. Mineralull har stabila isolerande egenskaper och påverkas inte av sättning som lösa isoleringsmaterial (Swedisol, u.å.). Detta ger en betydligt lägre värmegenomgångskoefficient än både timmer- och sågspånskonstruktioner vilket i sin tur get lägre värmeförluster. Dessa konstruktioner har också ofta bättre lufttätethet, vilket ytterligare förbättrar den termiska prestandan. De har dessutom betydligt lägre termisk massa och reagerar därmed snabbare på externa temperaturförändringar.

3.1.3 Åtgärder

Samtliga villor som Energimyndigheten (2019c) gjorde beräkningar på behöver vidta åtgärder för att klara av att fungera självständigt i minst en vecka, enligt tabell 3.2. Relativt moderna flerbostadshus klarar sig som de är. För att förenkla analysen delas husen upp i delkategorier utifrån behovet av renoveringsåtgärder. Kategorierna är antagna och både flerbostadshus samt villor kommer att tilldelas en kategori utifrån resultat i tabell 3.1 och 3.2. Kategoriseringen baseras på byggnadernas förmåga att upprätthålla beboeliga inomhusförhållanden under minst en vecka utan extern värmetillförsel. På detta sätt kan byggnader som inte lyckas upprätthålla acceptabla inomhustemperaturer tilldelas en högre prioriteringsgrad av renovering. Dessa kategorier är:

- Akut
- Brådskande
- Viktigt
- Oviktig
- Obefogad

För att förenkla visualiseringen av hur varje byggnadstyp upprätthåller acceptabla inomhustemperaturer infogas figur 3.3 nedan som ställer de olika byggnaderna mot varandra i ett stapeldiagram. Dessutom hjälper detta diagram att förtydliga visualiseringen av hur mycket bättre flerbostadshusen jämfört med villorna i Energimyndighetens beräkningar (2019b, 2019c).



Figur 3.3: Tidsåtgången för sänkning av inomhustemperatur från 20 °C till 5 °C i villor och ffh vid olika utomhustemperaturer. ffh = flerbamiljshus.

I de tre första kategorierna delas byggnader in som i någon mån kommer att behöva renovera eller vidta andra åtgärder för att vara beboeliga i minst en vecka. I den akuta kategorin placeras villorna byggda på 1920-, 50- och 70-talet eftersom de presterar klart sämst och kommer att vara obrukbara inom ett dygn i vissa fall. Brådskande är det för den äldre villan med timmerväggar samt flerbostadshusen byggda på 1940-talet med plankstomme eftersom de klarar sig bättre än villorna i den akuta kategorin men måste också vidta stora åtgärder för att klara kravet på en vecka. Sedan den tredje kategorin där det är viktigt att renovera huset för att det ska kunna klara av kravet men det är inte lika pressande som för de andra husen. I denna kategori placeras villan som byggd på 90-talet tillsammans med flerbostadshuset med betongstomme från 50-talet eftersom de presterade bättre i beräkningen men kommer fortfarande att behöva renoveras eller förberedas för att kunna klara en hel vecka utan värme. I den oviktiga kategorin placeras flerbostadshuset från 60-talet eftersom under normala omständigheter kommer det huset att klara att vara utan värme i en vecka och fortfarande vara beboelig. Till sist anses renovering av flerbostadshuset från 90-talet obefogad eftersom det huset klarade sig i mer än en vecka utan värme, baserat på beräkningsresultaten av Energimyndigheten (2019b) i tabell 3.1.

För att koppla dessa beräkningar till bostadshusen i Helsingborg parades exemplen på flerbostadshus i beräkningarna ihop med de redan existerande bostadshusen som valts ut i tabell 2.1. Kopplingarna mellan byggnaderna baserades på antagningar gjort utifrån Så byggdes husen 1880–2020 av Björk et al. (2021). Flerbostadshusen byggda runt sekelskiftet liknar mest någon kombination mellan det mindre flerfamiljshuset med plankstomme samt flerfamiljshuset med betongblockstomme och tegelfasad ur tabell 3.1. Alltså kommer sekelskifteshusen antas prestera ungefär som medelvärdet av respektive hustyps resultat. 40-tals husen i tabell 2.1 liknar bäst flerfamiljshuset med betongblockstomme och tegelfasad från 1950-talet medan 60-tals husen placeras in med flerfamiljshuset med betongstomme från 1960-talet. Husen byggda under 80-talet i tabell 2.1 passar bäst in med flerfamiljshuset med betongstomme och 150 mm isolering från tabell 3.1. Detta betyder att husen byggda runt millennieskiftet och senare i tabell 2.1 antas prestera succesivt bättre baserat på byggår jämfört med husen i tabell 3.1 och kommer därför inte heller vidta några renoveringsåtgärder.

Åtgärderna som kan implementeras i husen som är i behov av renoveringar för att förbättra möjligheten att klara kravet på minst en vecka varierar från tekniska uppdateringar till att rekommendationer till boende för att optimera värmeanvändningen i bostaden. För att kunna bo kvar i sin bostad föreslår Energimyndigheten (2019b, 2019c) bland annat följande åtgärder:

- Förbered ett nödrum
- Tälta inomhus
- Klä sig varmt

Att förbereda ett nödrum innebär att man väljer ett rum i sitt hus där man kan hålla temperaturen längre än i övriga rum i bostaden. Detta kan man göra genom att tätat fönster och dörrar i syfte om att minska den termiska strålningen som kommer från fönstret och den konvektionen som läcker genom springor i dörren. Detta kan göras

genom att hänga upp filter framför fönsterna, framför allt under natten, samt genom att täcka springan under dörrarna med filter. Tälta inomhus kan man göra inne i det redan etablerade nödrummet. I tältet skapas ett sorts eget klimat som är varmare än i rummet eftersom människor alstrar värme. Alltså om man vistas i tältet under en förlängd period kommer det vara lättare att hålla värmen där. För att göra det ännu varmare i tältet hade man kunnat lägga in mattor i tältet som agerar isolering, samt ha en värmelampa i tältet som ger ytterligare värme så att hela klimatet i tältet inte är beroende av en människas konstanta närvaro. Under natten skulle det även vara lägligt att sova i en extra tjock sovsäck som är tillverkad för att hantera extra låga temperaturer. Detta leder till nästa åtgärd, att klä sig varmt. Under dagen föreslår Energimyndigheten (2019c) att man ska klä sig extra varmt genom att klä sig i flera lager samt använda tjocka strumpor för att hålla värmen längre.

Problemet med dessa metoder är att både fukt och CO² kommer att ackumuleras. Det lättaste sättet att lösa detta är genom att vädra, exempelvis genom att öppna ett fönster eller dörr. Dock skapar detta nya problem, värmen som byggts upp i nödrummet släpps då ut. Under sommarhalvåret då det är relativt höga temperaturer utomhus är detta inte något större problem eftersom utomhustemperaturerna inte skiljer så mycket från inomhustemperaturen. Under vinterhalvåret då det är kallare utomhus är det svårare att lösa. Om man enbart vädrar en kort stund, ett par minuter som mest, försvinner inte all värme från rummet eftersom väggar, möbler och textilier fortfarande borde behålla mycket av sin lagrade värme. När det blir väldigt kallt under vinterhalvåret hjälper det föreslagna tältet mycket eftersom man hade kunnat vädra nödrummet först en kort stund och sedan vänta på att temperaturen stabiliserats innan man även öppnar tältet.

Det finns dock stora svårigheter med att bo kvar i sin villa i en vecka om villan redan blivit kallare än 5°C efter ett dygn om man bara implementerar dessa åtgärder. På grund av detta kan det finnas anledning att dessa åtgärder görs i kombination med tekniska renoveringar. Man hade kunnat åtgärda problemet innan man rekommenderar privatpersoner att vidta egna åtgärder genom att göra medvetna val vid renovering kan man minska behovet av individuella åtgärder i bostaden. På så sätt hade byggnaderna i större utsträckning kunnat vara brukbara i upp till en vecka utan att de boende behöver ändra sin livsstil för mycket. Eftersom elen i detta scenario fortfarande fungerar kommer ventilationen fortfarande att vara aktiv. Detta betyder att det är ett alternativ att genomföra tilläggsisolering av väggar och tak som kan räcka för att husen ska vara brukbara i upp mot en vecka så att privatpersonernas egna åtgärder kan täcka upp resten av den rekommenderade tiden.

För de hus som presterar sämre kan tilläggsisolering kombineras med exempelvis reservvärme för att säkra att husen håller värmen i rekommenderad tid. Inom reservvärme inkluderas bland annat eldrivna radiatorer som i ett scenario där elen fungerar men inte värmen är en väldigt rimlig lösning. Detta eftersom den eldrivna radiatorn inte är beroende av bränsleförråd utan enbart behöver ha tillgång till ett eluttag. Detta innebär i praktiken att en eldriven radiator är en av de lättaste åtgärderna för boende att implementera för att säkra värmetillförsel vid de situationer där värmen inte fungerar men elen gör.

3.2 Avbrott i elförsörjning

3.2.1 Uppvärmning

Om elen försvinner så kan man anta att värmen försvinner i många fall eftersom de allra flesta moderna värmesystemen är beroende av el för att kunna fördela värmen in i hus. Eldriven värme kan vara luftburen, vattenburen eller direktverkande via radiatorer eller golvvärme. Under vintern, när det är kallt ute, kommer värmepumpen i dessa hus vara i behov av stora effekter för att ge tillräckligt med värme i ett helt hus (Energimyndigheten, 2019c). Under sommaren handlar det i stället om att hålla bostäderna svala för att de ska kunna vara beboeliga. Detta är dock inte ett lika stort problem som att hålla byggnaderna varma under vintern eftersom kylanläggningar som exempelvis AC är relativt nya tillskott i svenska bostäder. Alltså om luftkonditionering inte skulle fungera, av någon anledning, skulle byggnaderna fungera som vanligt. Om det blir för varmt i bostaden kan man enkelt öppna fönster och försöka skapa ett tvärdrag för att kyla ner inom miljön. Det skulle vara en mer obekväm inomhusmiljö men i en kris får detta sannolikt accepteras då andra åtgärder är mer brådskande. Nedan följer därför tabell 3.3 som visar de vanligaste uppvärmningssystem och om de är i behov av reservel vid strömavbrott.

Tabell 3.3: Behov av reservel vid elavbrott för uppvärmningssystem (Energimyndigheten, 2019c)

Typ av uppvärmning		Vattenburet	Luftburet	Direktverkande
Typ av bränsle	Olja	X		
	El	X	X	X
	Pellets	X		X
	Ved	X		X
	Värmepump	X	X	
	Fjärrvärme	X		

- Rött = kräver kraftfullt reservelverk
- Gult = klaras med nödströmsutrustning eller mindre reservelverk
- Grönt = fungerar utan el

På grund av detta kan det vara nödvändigt att kolla på möjligheten och rimligheten att ha någon form av reservel för värmen och i så fall i vilken utsträckning. Direktverkande vedvärme genom exempelvis kaminer kräver normalt ingen el för att fungera vilket gör det till ett mycket robust reservvärmesystem vid elavbrott förutsatt att de är sotade och godkända att användas för att undvika brand eller rökgasförgiftning. Därför kan en lösning vara att kaminer byggs in i villor eftersom de erbjuder en pålitlig alternativ värmekälla. Dock är det inte lika lätt i flerbostadshus, om kamin inte redan finns installerat, eftersom de tekniska utmaningarna med skorstensdragning är stora.

Byggnader med fjärrvärme samt hus som eldar bränslen som ved, pellets eller olja i sitt värmesystem är enligt Energimyndigheten (2019c) beroende av el för att matningar och pumpar ska fungera. För att dessa system ska fungera sprids värmen i huset genom att elektriska pumpar som cirkulerar varmt vatten till husets radiatorer. På grund av att det inte är själva värmesystemet som behöver faciliteras utan bara matningar och pumpar kan elbehovet för värmetillförseln täckas med exempelvis en lättare batteridrivna nödströmsutrustning. Denna nödutrustning skulle kunna omvandla till samma typ av ström som finns i elnätet vilket får värmen att gå ut till huset som vanligt Energimyndigheten (2019c).

Som alternativ till en nödströmsutrustning kan ett reservverk användas. Detta är mest aktuellt för de byggnader som inte håller värmen under tillräckligt långt tid utifrån Energimyndighetens beräkningar (2019b, 2019c) i tabell 3.1 och 3.2. Om det bara är elen som inte fungerar men värmen fortfarande kommer till byggnaden men inte kan fördelas borde dessa byggnader ta vara på detta. En nödgenerator skulle i detta scenario vara en rimlig lösning för att generera och fördela ström i en byggnad vid förlängt strömvabrott. Denna nödgenerator skulle kunna vara driven av fossila bränslen som diesel, alternativt med förnybar energi som solpaneler kopplade till batteri.

Enligt Energimarknadsbyrån (2026a) förbrukar en genomsnittlig villa i Sverige ungefär 20 000 kWh per år. De menar dock att användningen kan variera beroende på faktorer som är beroende på själva huset och hushållet som exempelvis vilket uppvärmningssystem som används och hushållets vanor. För lägenheter är det lite andra siffror. Enligt Energimarknadsbyrån (2026b) förbrukar svenska lägenheter mellan 2 000 och 5 000 kWh per år beroende på storlek. För att sätta dessa siffror i kontexten för denna analys kan dygnsförbrukningen antas. Villorna drar då ungefär 55 kWh per dygn eller 385 kWh per vecka. Lägenheterna behöver dras ur ett medelvärde som då ungefär blir 10 kWh per dygn eller 70 kWh per vecka vilket är mer relevanta siffra för denna analys.

Alltså borde byggnaderna vara förberedda med så pass mycket bränsle eller batterier för att nödgeneratorerna ska kunna förse villan respektive lägenheten med så mycket energi. För att kunna leverera så stora mängder kraft till hemmen behövs oftast diesel- eller bensindrivna elverk eftersom de är mer pålitliga. Baserat på ett test av bensindrivna generatorer tillverkade 2022–23 gjort av Energimyndigheten (2024) kan man göra antagandet att en sådan generator i snitt förbrukar ungefär 0,77 liter/kWh. Med denna förbrukning skulle villaägare behöva ha ungefär 297 liter bensin på lager hemma för att nödgeneratorn ska kunna försörja villan i minst en vecka. För att försörja en lägenhet i en vecka skulle det behövas ungefär 54 liter bensin. Detta är dock enbart för en lägenhet och ett flerbostadshus definieras som bostadsbyggnader innehållande tre eller flera lägenheter (Boverket, 2025b) vilket betyder att flerbostadshuset i helhet kommer att behöva förvara minst 162 liter bensin. Diesलगeneratorer är generellt sätt mer effektiva,

men dyrare, än bensingeneratorerna vilket betyder att vid installation av dieselgenerator skulle mindre bränsle behövas på lager (Energimyndigheten, 2025).

Med tillräckligt många batterier kan solkraft eventuellt vara ett alternativ. Ett normalstort solcells batteri för privatbostäder brukar ha en lagringskapacitet mellan 5–15 kWh (Hemsol, 2025). De menar dock att batterier upp till 30 kWh förekommer. Nedan följer tabell 3.4 som visar hur många batterier man skulle behöva för varje lagringskapacitet för att försörja respektive byggnadstyp med el under minst en vecka:

Tabell 3.4: Antal solcells batterier nödvändiga för respektive byggnadstyp

	Antal batterier		
Lagringskapacitet / kWh	Villa	Lägenhet	Flerbostadshus (minst 3 lgh)
5	77	14	42
10	39	7	21
15	26	5	14
30	13	3	7

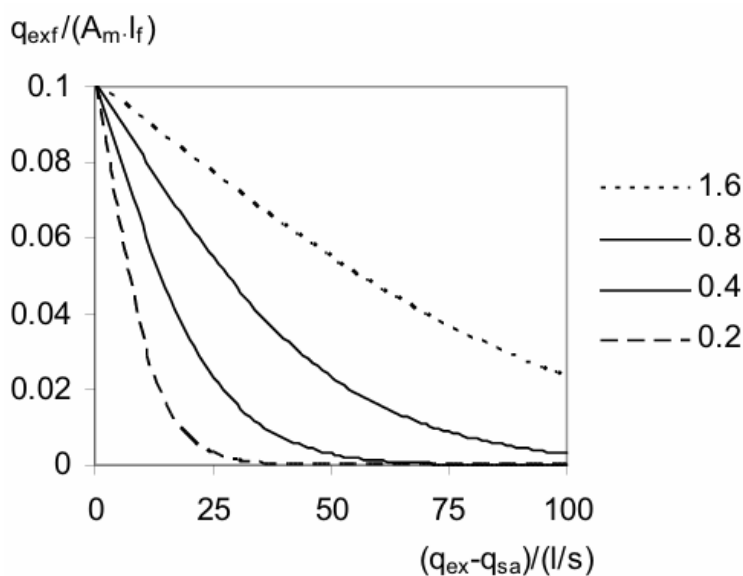
Alltså krävs det mycket plats till förvaring för att kunna driva en nödgenerator oavsett vilken källa för energin som väljs. Detta blir en bedömningsfråga som kommer att vidare diskuteras i kapitlet; Diskussion.

3.2.2 Ventilation

När elen försvinner slutar även mekanisk ventilation att fungera. Eldriven ventilation började utvecklas i Sverige i takt med att elektriciteten gjorde sitt intåg (von Sydow, 2019). Von Sydow menar att det första fläktdriva frånlufts systemet lanserades 1918 och när centralvärmen slog igenom på 1920-talet fick vissa hus speciella frånluftskanaler. Dock dominerade självdragsventilation marknaden långt in på 1900-talet och eldriven ventilation blev inte allmän förens på 1970-talet (Hellgren & Adolphson, 2009). De menar att detta var i takt med att energibestämmelserna i SBN 75 och SBN 80 publicerades till följd av oljekriserna på 1970-talet.

Detta betyder att majoriteten av bostäder som är byggda på 70-talet och framåt har ventilationssystem som är beroende av elektricitet för att fungera. Vid förlängda strömavbrott, i samband med kris, ska dessa hus antingen funktionera utan ventilation eller uppdateras med en alternativ lösning för att kunna ventilera även utan elektricitet i minst en vecka. För att förstå utsträckningen problemen som uppstår för bostäder från olika tidsepoker har ventilationsberäkningar utförts. Beräkningarna visar både byggnadernas omsättning per timme samt hur långt tid det tar för ett rum i varje byggnadsepok att uppnå dålig luft. Enligt Warfvinge & Dahlblom (2010) anses luften

inomhus vara dålig då CO_2 -, eller koldioxidhalten i överstiger 1 000 ppm men att det arbetshygieniska gränsvärdet för koldioxid är 5 000 ppm. Vidare menar de att vid 20 000 ppm huvudvärk ökad andningsfrekvens etc. uppstår vilket betyder att vid denna ppm är bostaden absolut obrukbar. PPM står för "Parts per million" och används vanligen för att beskriva koldioxidhalten i luften i miljondelar, alltså 10^{-6} m³ per m³ luft (Warfvinge & Dahlblom 2010). För att förenkla beräkningarna antas varje byggnadsepok ha ett ungefärligt ofrivilligt luftläckage. Det ungefärliga luftläckaget kan ses i tabell 3.5, både vid testade 50 Pa och vid mer normala omständigheter. I verkligheten kommer husen aldrig att utsättas för ett lufttryck på 50 Pa över längre tid vilket innebär att det är orimligt att räkna med den testade siffran om resultaten ska bli realistiska. För att göra luftläckaget mer realistiskt multipliceras trycket vid 50 Pa med en faktor, enligt figur 3.4 antas det verkliga flödet uppgå till runt 8% av flödet vid 50 Pa vid avstängt ventilationssystem.



Figur 3.4: Årlig genomsnittlig luftläckning som ett förhållande till läckagefaktorn, I_f , för Malmö. (Källa: Johansson 2005)

Där

q_{exf} = luftläckage

q_{ex} = frånluftsflöde

q_{sa} = tilluftsflöde

$(q_{ex} - q_{sa})$ = flödesdifferens

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

Tabell 3.5: Ungefärliga luftläckage (Källa: Johansson, 2005)

	1960–80	1980–2000	2000–10	2010–20
Luftläckage / (l/(s·m ²)) vid 50 Pa	1,6	0,8	0,4	0,2
Luftläckage / (l/(s·m ²)) vid normala omständigheter	0,128	0,064	0,032	0,016

För att göra beräkningen av föroreningskoncentrationen i respektive byggnad används följande formel från Warfvinge & Dahlblom (2010):

$$c = c_0 \cdot e^{-nt} + (c_b + \frac{p}{q})(1 - e^{-nt})$$

Där c_0 = koncentrationen vid tiden $t = 0$ (ppm)

t = tid (h)

n = specifikt luftflöde oms/h

c_b = koncentrationen i tillförd luft (ppm)

p = genererade föroreningar (mg/h)

q = ventilationsflöde (m³/h)

En god inomhuskoncentration är normalt runt 800 ppm (Alberts, 1994) vilket innebär att C_0 antas vara ca 800 ppm. Koncentrationen i tillförd luft är ungefär 400 ppm (Warfvinge & Dahlblom, 2010) vilket innebär att $C_b = 400$ ppm. De menar även att varje person andas 0,5 m³/h och att utandningsluften håller ungefär 40 000 ppm. Detta innebär att CO₂ produktionen blir:

$$p = 0,5 \cdot 40\,000 = 20\,000 \text{ ppm (m}^3/\text{h)/person}$$

Varje bostad antas ha tre personer närvarande vilket innebär att de genererade föroreningarna i dessa beräkningar blir:

$$p = 20\,000 \cdot 3 = 60\,000 \text{ ppm (m}^3/\text{h)}$$

För att bestämma det specifika luftflödet, n , används följande ekvation enligt Warfvinge & Dahlblom (2010):

$$n = \frac{q}{V}$$

Ventilationsflödet baseras på luftläckaget i tabell 3.5 och beräknas med hjälp av bostadens tempererade area i följande ekvation:

$$q = A_{temp} \cdot F_{omsättning}$$

För att möjliggöra jämförbara beräkningar mellan epokerna antas den tempererade arean cirka 100 m² samt att takhöjden antas vara 2,5 m vilket ger volymen 250 m³. Med hjälp av dessa antagande samt värdena i tabell 3.5 kan man nu uppskatta ventilationsflödet, q .

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

$$q_{60-80} = 100 \cdot 0,128 = 12,8 \text{ l/s} = 0,0128 \text{ m}^3/\text{s} = 46,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{80-00} = 100 \cdot 0,064 = 6,4 \text{ l/s} = 0,0064 \text{ m}^3/\text{s} = 23,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{00-10} = 100 \cdot 0,032 = 3,2 \text{ l/s} = 0,0032 \text{ m}^3/\text{s} = 11,52 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{10-20} = 100 \cdot 0,016 = 1,6 \text{ l/s} = 0,0016 \text{ m}^3/\text{s} = 5,76 \text{ m}^3/\text{h}$$

Med hjälp av detta kan man nu beräkna det specifika luftflödet, n:

$$n_{60-80} = \frac{46,08}{250} \approx 0,184/\text{h}$$

$$n_{80-00} = \frac{23,04}{250} \approx 0,0922/\text{h}$$

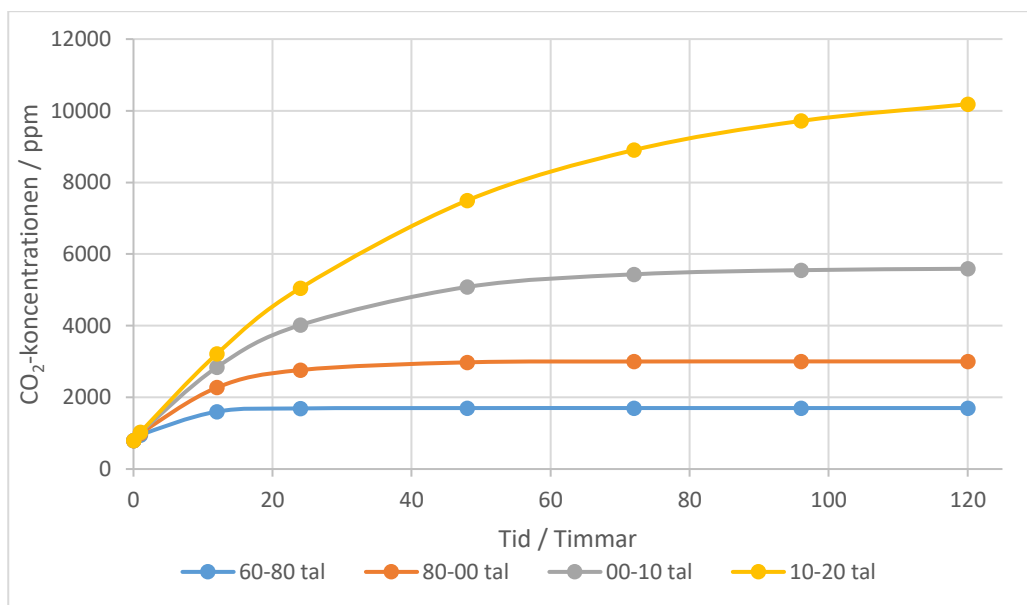
$$n_{00-10} = \frac{11,52}{250} \approx 0,0461/\text{h}$$

$$n_{10-20} = \frac{5,76}{250} \approx 0,0230/\text{h}$$

Nu är samtliga parametrar kända och beräkningen av tiden kan genomföras. Eftersom gränserna för dålig inomhusluft, arbetshygieniska gränsen samt gränsen för fysiskt obehag är kända kommer de sättas in i ekvationen för föroreningskoncentration så att tiden det tar att uppnå dessa gränser kan bestämmas. Dessa beräkningar gav följande tabell:

Tabell 3.6: Resultat från beräkning av föroreningskoncentration

Hustyp	Dålig inomhusluft / ≥ 1000 ppm	Arbetshygienisk gräns / ≥ 5000 ppm	Fysiskt obehag / $\geq 10\ 000$ ppm	Farligt / $\geq 20\ 000$ ppm	Jämvikt / ppm
1960–80	1,4 h	Aldrig	Aldrig	Aldrig	1702
1980–00	1,0 h	Aldrig	Aldrig	Aldrig	3004
2000–10	0,9 h	45 h	Aldrig	Aldrig	5608
2010–20	0,9 h	23 h	109 h	Aldrig	10 817



Figur 3.5: Koldioxidutveckling i byggnaderna över tid

Beräkningarna och figur 3.5 visar utvecklingen av koldioxidkoncentration i bostäderna utan fungerande ventilation. Resultaten visar att samtliga byggnader snabbt når nivåer kring 1000 ppm men att den fortsatta utvecklingen skiljer sig markant. Alltså är utvecklingen väldigt beroende av byggnadens lufttätethet vilket innebär att de mindre täta husen gynnas sett från ventilationssynpunkt eftersom den ofrivilliga luftomsättningen är högre.

Äldre byggnader från 1960–80-talet har höga infiltrationsnivåer vilket gör att koldioxidhalten stabiliserar sig vid ungefär 1700 ppm CO². Detta innebär att även om luftkvaliteten försämras och överstiger rekommenderade riktvärden begränsas koncentrationen av det kontinuerliga luftläckaget och når inte nivåer som kan betraktas som direkt hälsofarliga. Det är ett liknande för byggnaderna från 1980–00-talet. Dessa hus har inte lika höga infiltrationsnivåer som de äldre husen men kommer fortfarande inte nå över den arbetshygieniska gränsen (≥ 5000 ppm) eftersom koldioxidhalten kommer att stabiliseras runt 3000 ppm i dessa byggnader. Dock innebär den något lägre infiltrationsnivån att 1980–00-talet kommer att nå dålig inomhus luft snabbare och till slut ha sämre inomhusluft på grund av den högre jämvikten.

För byggnader uppförda under 2000–2010-talet erhålls en högre jämviktsnivå eftersom dessa hus är ännu mer täta. Byggnaderna från denna tid kommer att stabiliseras vid ungefär 5600 ppm CO² vilket innebär att gränsvärden för acceptabel luftkvalitet överskrids under längre vistelsetider. Beräkningarna visar att dessa nivåer uppnås efter ungefär 45 timmar, eller strax under två dygn, vilket innebär att vid kris eller krig kommer boende att behöva närvara i CO² nivåer som överskrider den arbetshygieniska gränsen i mer än fem dygn om de ska klara sig själva i sin bostad i ca en vecka. Enligt Arbetsmiljöverket (2018) ska man inte vistas i CO² nivåer som överskrider den

arbetshygieniska gränsen i mer 8 timmar. Detta blir väldigt problematiskt vid kriser utan vidare åtgärder.

I moderna lufttäta byggnader byggda de senaste 15 åren blir effekten mer allvarlig. Här uppgår jämviktskoncentrationen till omkring 10 800 ppm och även om denna nivå inte nås på nästan 4,5 dygn innebär den en tydlig försämring av inomhusmiljön med potentiella negativa hälsoeffekter. Framför allt blir detta ett problem de resterande 2,5 dygnen som kvarstår av den veckan bostaden ska klara sig utan ventilation. 10 000 ppm är korttidsgränsvärdet för CO₂ vilket innebär att man inte bör exponeras för så höga nivåer koldioxid i mer än femton minuter (Arbetsmiljöverket 2018). Med detta i åtanke kan man konstatera att moderna bostäder blir obeboeliga efter 4,5 dygn utan ventilation och är alltså i akut behov av lösningar eller renoveringar för att klara av en vecka utan ventilation. Beräkningen visar således att bostäder byggda efter millennieskiftet, framför allt moderna byggnader, är mer sårbara för bortfall av ventilation eftersom den låga infiltrationen inte är tillräcklig för att begränsa koldioxidhalten till beboeliga nivåer över tid.

Det är inte rimligt att byggnader skulle byggas mindre täta eller att renovera byggnader i syfte om att göra de mindre täta eftersom det skulle hämma prestandan i andra områden som när värmen inte fungerar. Alltså borde byggnaderna implementera någon form av nödgenerator som får ventilationen att gå även om strömmen skulle vara ur funktion för att lösa problemet.

Ett alternativ kan vara att implementera ventilationsfläktar som är kopplade till en mindre solpanel samt ett mindre batteri. Abdullah et al. (2024) experimenterade med detta genom att koppla en liten 10W solpanel till ett mindre 12V batteri med nominell kapacitet på 7,2 amperetimmar. De testade därefter hur långt tid det tog för solpanelen att fullt ladda upp batteriet samt hur snabbt batteriet laddade ur vid tre fläkthastigheter: Låg (150–250 rpm), medel (500–700 rpm) och hög (1100–1400 rpm). Det tog batteriet ungefär 13 timmar att ladda samtidigt som det tog mellan 10 minuter och precis under en timme att ladda ut beroende på vilken hastighet som fläkten var inställd. Alltså är detta ingen rimlig lösning på problemet och i stället skulle en ren nödgenerator kunna användas.

I stället skulle en nödgenerator kunna driva ventilationen i de moderna, välisolerade byggnaderna som, enligt tabell 2.1, är ventilerade med FTX-system eller F-system. Ur ett tidigare examensarbete från Chalmers av Andersson et al. (2005) testades och analyserades energibehovet av olika ventilationsmetoder i olika flerbostadshus. I examensarbetet testades ett F-system samt två FTX-system, ett centralt system med ett stort ventilationsaggregat som placerats på taket och försörjer alla lägenheter i huset samt ett mer individuellt system där ett mindre ventilationsaggregat placerats i varje lägenhet i huset. Enligt rapporten presterade dock de två FTX-system väldigt likt så för att förenkla analysen kommer dessa FTX-system att anses så pass lika att de bara är ett system. Alltså kommer resultatet från det arbetet användas som typfall för analysen av flerbostadshus. Viktigt att påpeka är att i det hus som undersökts i arbetet har 46 lägenheter vilket är en rimlig siffra för ett större flerbostadshus. Dock eftersom definitionen av ett flerbostadshus är att tre eller fler bostäder finns i byggnaden kommer

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

även det scenariot att läggas till (Boverket, 2025b). Dessa resultat kan ses i tabell 3.7 nedan:

Tabell 3.7: Energibehov för flerbostadshus (Andersson et al., 2005)

	F-system	FTX-system
Energibehov per år	11 580 kWh	32 100 kWh
Energibehov per vecka	222 kWh	616 kWh
Energibehov per vecka / 3 lgh	15 kWh	41 kWh

Dock för villor i generellt används dimensioneringarna från arbetet för att skapa en bild över energibehovet i villorna också. Nedan följer tabell 3.8 som visar den dimensionering av respektive system som analysen av villorna kommer att baseras på.

Tabell 3.8: Dimensionering för F-system respektive FTX-system (Andersson et al., 2005)

	F-system	FTX-system
Ventilationsflöde / l/(s,m ²)	0,35	0,35
Specifik fläkteffekt / kW/(m ³ /s)	0,9	2,5

Utifrån detta kan man beräkna energibehovet för respektive system genom att använda följande formel (Warfvinge & Dahlblom, 2010):

$$P_{tot} = SFP \cdot q$$

Där

$$P_{tot} = \text{Total fläkteffekt (kW)}$$

$$SPF = \text{Specifik fläkteffekt (kW/(m}^3\text{/s))}$$

$$q = \text{luftflöde (m}^3\text{/s)}$$

SPF kan ses i tabell 3.8 medan luftflödet kommer att behövas beräknas för att få det i rätt enhet. Tidigare i beräkningarna av föroreningskoncentration antogs den tempererade arean till 100 m², vilket fortfarande är fallet. Alltså kan det luftflödet beräknas med hjälp av arean och sedan omvandlas till korrekt enhet. Luftflödet blir samma i båda fallen eftersom båda systemen var dimensionerade till samma ventilationsflöde:

$$q = 0,35 \cdot 100 = 35 \frac{l}{s} = 0,035 m^3/s$$

Alltså för frånluftsystemet i villan blir den totala fläkteffekten:

$$P_{tot} = 0,9 \cdot 0,035 = 0,0315 kW = 31,5 W$$

Per vecka blir detta:

$$0,0315 \cdot (24 \cdot 7) \approx 5,3 kWh$$

Den totala fläkteffekten i villan med FTX-systemet blir i stället:

$$P_{tot} = 2 \cdot 0,035 = 0,070 \text{ kW} = 70 \text{ W}$$

Per vecka blir detta:

$$0,070 \cdot (24 \cdot 7) \approx 11,8 \text{ kWh}$$

Dessa resultat samlas i tabell 3.9 tillsammans med resultaten från Andersson et al. (2005).

Tabell 3.9: Sammanställd tabell med Energibehov för respektive system och byggnad

	F-system (Villa)	F-system (Flerbostadshus)	FTX-system (Villa)	FTX-system (Flerbostadshus)
Energibehov per vecka / kWh	5,3	15	11,8	41

Först analyseras möjligheten att driva ventilationen i dessa hus med bensindrivna generatorer. Detta är en effektiv och pålitlig lösning men samtidigt en lösning som är dålig för miljön. Ett antagande om att bensindrivna generatorer förbrukade ungefär 0,77 liter/kWh gjordes i ett tidigare avsnitt baserat på tester av Energimyndigheten (2024). Hur mycket bensin som varje aktör skulle behöva ha på lager är beroende på vilket ventilationssystem som används i huset. Med förbrukningen som antagits skulle villaägare med hus som ventileras med F-system behöva ha ungefär 4,1 liter bensin på lager hemma. Däremot skulle villaägare med hus som ventileras med FTX skulle behöva ungefär 9,1 liter bensin för att nödgeneratoren ska kunna försörja villan i minst en vecka. För att försörja ett flerbostadshus med F-system i en vecka skulle det i stället behövas ungefär 11,6 liter bensin. Med ett FTX-system skulle flerbostadshuset behöva 31,6 liter bensin för att kunna driva ventilationen i minst en vecka. Dock är det kanske inte så många flerbostadshus som enbart har 3 lägenheter, enligt exemplet. Om man i stället räknar på nödvändig bensinmängd för det flerbostadshus i undersökningen av Andersson et al. (2005) skulle det krävas mycket större mängder bensin.

Tabell 3.10: Nödvändig bensin i liter för att kunna driva ventilationen i minst en vecka utan ström

	F-system (Villa)	F-system (Flerbostadshus)	FTX-system (Villa)	FTX-system (Flerbostadshus)
Bensinbehov / liter	4,1	11,6	9,1	31,6

Som alternativ till den fossilbränsleddrivna bensingeneratoren finns solkraft. För att detta ska bli en genomförbar lösning måste solkraftsystemet förses med tillräckligt många batterier. Ett normalstort solcellsbatteri för privatbostäder brukar ha en lagringskapacitet mellan 5–15 kWh (Hemsol, 2025). De menar dock att batterier upp till 30 kWh förekommer. Nedan i tabell 3.11 visas hur många batterier skulle behövas av varje lagringskapacitet för att försörja respektive byggnadstyp med el under minst en vecka med enbart solenergi, förutsatt att batterierna är fulladdade:

Tabell 3.11: Antal nödvändiga solcells batterier för att driva ventilation i olika hustyper

Lagringskapacitet / kWh	F-system (Villa)	F-system (Flerbostadshus)	FTX-system (Villa)	FTX-system (Flerbostadshus)
5	2	3	3	9
10	1	2	2	5
15	1	1	1	3
30	1	1	1	2

Alltså krävs det inte lika mycket för att driva ventilationssystemet som att driva hela huset vilket är rimligt. Med tanke på att solcells batterierna är mer miljövänliga än bensinen samt att det inte behövdes så många batterier är solceller i kombination med batterier den bästa lösningen vid detta scenario. Dock i större flerbostadshus som det i undersökningen av Andersson et al. (2005) där huset hade 46 lägenheter skulle det i stället krävas mycket fler batterier och då blir det en annan diskussion. Om flerbostadshuset skulle ha F-system skulle det då krävas mellan 45 och 8 batterier beroende på lagringskapacitet och vid FTX-system skulle det krävas mellan 124 och 21 batterier för att klara en vecka.

3.2.3 Hissar

Ett annat problem som uppstår vid förlängda strömavbrott är att hissar kommer att sluta fungera då de är helt beroende av strömtillförsel. Detta är främst ett problem i större flerbostadshus där inneboende eventuellt skulle behöva ta sig upp och ner för tjugo trappor bara för att utföra enkla uppgifter som att handla mjölk eller kolla brevlådan. I en kris eller i ett krig är detta möjligtvis inte en katastrof för gemene man, alla skulle behöva göra uppoffringar på vardagliga bekvämligheter. De som hade drabbats är främst funktionshindrade och äldre som helt enkelt inte kan ta sig upp och ner för en eller flera trappor. De flesta moderna hissarna är utrustade med så kallade UPS-system som kan driva hissen i ungefär 5–15 minuter under strömavbrott (Loeffler & Spears, 2019). Detta är till för att kunna ta sig ur hissen vid avbrotten alternativt kunna evakuera byggnaden snabbt om det skulle kunna vara nödvändigt. Vid längre avbrott är situationen dock svårare att hantera men även detta skulle behöva lösas med hjälp av en nödgenerator. Nödgeneratoren skulle kunna vara driven av bensin eller solceller, precis som i tidigare problem.

Återigen är det viktigt att beräkna hur mycket bränsle, respektive batterier som solcellerna skulle behöva för att kunna driva en hiss i olika typer av flerbostadshus under en vecka utan stöd från elnätet. För att göra detta uppskattas hur mycket energi som olika hissar kräver i olika hus. På så sätt kan man uppnå en mer diversifierad analys som täcker flera typer av flerbostadshus. Enligt Sachs (2005) kan en hiss i ett mindre flerbostadshus förbruka omkring 1 900 kWh per år medan hissar i större flerbostadshus med högre användning kan uppgå till cirka 15 000 kWh per år. Nedan följer tabell 3.12 som

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

sammanställer och omvandlar uppskattningen från Sachs (2005) till energibehovet per vecka för att passa in i analysen för detta arbete:

Tabell 3.12: Enerigibehov per vecka för hissar i olika typer av flerbostadshus

	Mindre flerbostadshus	Större flerbostadshus
Energibehov per vecka / kWh	36,5	287,7

Med hjälp av detta kan man uppskatta hur mycket bensen som respektive flerbostadshus skulle förbruka för att driva hissarna med en nödgenerator i en vecka vid strömbrott. En bensindriven generator är generellt sett dålig för miljön eftersom den släpper ut växthusgaser vid förbrukning av bränslet, men den är en pålitlig lösning vilket gör det till ett alternativ. Antagandet om att bensindrivna generatorer förbrukar ungefär 0,77 liter/kWh som baserades på tester av Energimyndigheten (2024) kvarstår. Mängden bensen som varje flerbostadshuset skulle behöva ha på lager är beroende på hur stort huset är enligt tabell 3.12. Med förbrukningen som antagits skulle ett mindre flerbostadshus behöva ungefär 28,1 liter bensen medan det större flerbostadshuset skulle behöva ungefär 221,5 liter bensen för att driva hissarna i minst en vecka. Dessa mängder sammanställs i tabell 3.13 nedan:

Tabell 3.13: Nödvändig bensen i liter för att hissar ska kunna drivas i minst en vecka utan ström

	Mindre flerbostadshus	Större flerbostadshus
Bensinbehov / liter	28,1	221,5

Som alternativ finns solceller som behöver kombineras med batterier för att kunna övervägas. Med solcellerna försvinner den miljöfarliga aspekten från den bensindrivna generatoren eftersom generatoren som drivs av solcellernas batterier inte släpper ut några växthusgaser vid förbrukning. Precis som tidigare antas ett normalstort solcellsbatteri för privatbostäder ha en lagringskapacitet mellan 5–15 kWh enligt data från Hemsol (2025). De menar även att batterier upp till 30 kWh förekommer, alltså kommer även de att tas hänsyn till i denna analys. Nedan i tabell 3.14 visas hur många batterier skulle behövas av varje lagringskapacitet för att försörja respektive hiss med el under minst en vecka med enbart solenergi, förutsatt att batterierna är fulladdade:

Tabell 3.14: Antal nödvändiga solcellsbatterier för att driva hissar i olika flerbostadshus

Lagringskapacitet / kWh	Mindre flerbostadshus	Större flerbostadshus
5	8	58
10	4	29
15	3	20
30	2	10

Det är en relativt liten och rimlig mängd bensin respektive batterier som det mindre flerbostadshuset behöver men det större flerbostadshuset behöver en betydligt större mängd. Denna större mängd kan anses en aning orimlig i kombination med de andra lösningarna som också kräver batterier eller bensin alltså kan möjligheten att effektivisera hissarna i de större flerbostadshusen ses över. Enligt Sachs et al. (2015) skulle man kunna minska hissarnas energiförbrukning med ungefär 40% genom att modernisera dem. De menar även att hissarna används mellan 0,3 och 2 timmar per dag vilket innebär att de står oanvända i mer än 90% av dagen. Därför skulle man kunna minska energiförbrukningen ännu mer genom att införa ett standby läge som minimerar energianvändningen när hissen inte används.

3.3 Värmen och elen försvinner

3.3.1 Bränsle driven reservvärme

I detta scenario fungerar alltså varken värme- eller eltillförseln till husen vilket innebär att vissa lösningar som skulle kunna användas i tidigare scenarier inte längre är aktuella. Ett exempel på detta är att eldrivna radiatorer inte längre är ett alternativ för att förse husen med värme under den rekommenderade perioden. I stället kan det finnas anledning för att bränsle driven reservvärme ska användas. Bränsle driven reservvärme kan vara både fast och portabel. Inom denna kategori räknas vedeldade spisar, kaminer och kakelugnar samt portabla kaminer som eldas med fotogen eller gasol enligt Energimyndigheten (2019c).

3.3.2 Fasta kaminer

De fasta kaminerna är utsatta på en bestämd plats och behöver ventileras med skorsten. Dessa är oftast eldade med ved eller liknande material som kommer att behövas förvaras någonstans i bostaden. Vid eldning i kamin i villa eller lägenhet varierar vedförbrukningen i kaminen beroende på driftförhållanden men kan uppskattas till omkring 1,5 kg per timme vid normal eldning (MR Ved, u.å.). Dessa värden bör dock ses som approximativa då förbrukningen påverkas av bland annat kaminens verkningsgrad och vedens egenskaper. Antagande görs att det eldas 7 dagar i veckan i cirka 4 timmar per eldning, utspritt över dagen. Detta skulle innebära 28 timmars eldning

under den veckan som bostaden bör kunna hållas beboelig utan extern hjälp. Det innebär att varje hushåll med vedkamin eller liknande skulle behöva förvara cirka 42 kg ved vilket blir ungefär 3 säckar ved som staplade bör ta upp cirka 0,1 m³. Detta är en fullt rimlig mängd att förväntas förvara i sin bostad eller förråd.

3.3.3 Portabla kaminer

De portabla kaminerna kan värma enstaka rum eftersom de har en maximal värmeeffekt mellan 1 500 W och 4 000 W så att det går att vistas i bostaden men de räcker inte för att värma ett helt hus. På grund av detta är de särskilt lämpliga att sättas in i sitt eventuella nödrum, som tidigare nämnts. De flesta portabla kaminer använder gasol eller fotogen som bränsle. Tabell 3.15 nedan ger en generell uppfattning om hur länge bränslet räcker vid olika effektuttag beroende på bränslesort och mängd (Energimyndigheten 2019c). De understryker att gasolflaskorna som anges i tabellen är standardiserade storlekar samt att kaminer kan ha olika effektsteg som kan påverka bränsleanvändning beroende på behov.

Tabell 3.15: Uppskattning av hur länge bränsle räcker i timmar

Effekt hos kaminen / Watt	Gasolflaska 2012, 4,7 liter, 2 kg	Gasolflaska P6, 13,7 liter, 11 kg	Gasolflaska P11, 27 liter, 11 kg	Fotogen 10 liter	Spritbränsle 10 liter
1 500	18	56	102	63	38
2 000	14	42	77	47	28
2 500	11	33	60	38	22
3 000	9	28	50	31	22
3 500	8	24	43	27	16
4 000	7	21	38	23	14
4 500	6	18	33	21	12

Dessa bränslen kan antas behöva brinna längre för att värma ett hus eftersom de inte lämnar glöd efter sig som fortsätter värma bostaden efter eldningen upphört. Därför får dessa bränslen eldas i ungefär 5 timmar per dygn vilket blir 35 timmar över en vecka i mer välisolerade hus. Den lägre effekten är mest logisk vid välisolerade hus och om det är varmare utomhus, såsom på sommaren. Alltså under dessa omständigheter skulle det inte krävas mycket bränsle för att värma upp husen, inte mer än ungefär 10 liter, enligt tabell 3.15. Dock vid en kall vinter och i äldre hus som är sämre isolerade och mindre täta kan effekten behöva vara 4 000–4 500 W för att kunna hålla husets inomhustemperatur runt 20°C. Dessutom skulle bränslena behöva brinna längre under dessa omständigheter, exempelvis 6 timmar per dygn eller 42 timmar över en vecka. I dessa scenarier finns det anledning att ha mycket mer bränsle på lager då inte ens den stora gasolflaskan på 27 liter kan försörja huset i mer än 33 timmar. Vid denna ökning

av användning av kaminer kommer brandrisken att öka markant. Det är därför viktigt att boende är förberedda och pålästa om vad som borde göras för att sina kaminer ska fungera och hanteras på ett säkert sätt.

3.4 Vattentillförsel hindras

Under kris eller kriget är det inte ett omöjligt scenario att vattentillförseln upphör till bostäderna. Anledningen till detta kan vara olika. Dessa skulle kunna vara att vattenverket är skadat i den mån att produktionen stoppas alternativt att där är avbrott i distributionsnätet, alltså att rörledningarna har blivit så skadade att de inte kan förse hushållen med vatten. Det kan även vara till följd av strömavbrott eftersom dricksvattnet pumpas fram när det naturliga trycket inte räcker till kranen (MCF, 2024). Utfallet blir detsamma, hushållet blir utan vatten. Därför finns det anledning för hushållet att ha ett förbestämt utrymme där de ska kunna förvara vatten så att de klarar sig utan extern vattentillförsel under krisen. Nordvästra Skånes Vatten och Avlopp (NSVA) är ett kommunalt bolag som levererar dricksvatten samt renar avloppsvatten. Det är NSVA som sköter för den kommunala vatten- och avloppsverksamheten i Helsingborg (Helsingborgs stad, 2025). Enligt NSVA (2023) finns det god beredskap inför ett potentiellt krisläge. De menar att vattentankar ska vara på plats inom 72 timmar om krisen är så pass allvarlig att områden skulle stå utan vatten under en längre period. Detta betyder att i stället för att behöva förbereda sig inför minst en vecka med just vatten är det bara nödvändigt att förbereda för 72 timmar.

3.4.1 Dricksvatten

Enligt MCF (2024) behöver en person minst tre liter vatten per dygn som främst ska användas som dryck och matlagning. Vidare menar MCF att huvudansvaret i denna fråga ligger hos privatpersoner och att de själva ska finna plats att förvara vattnet. De ger följande tips för vattenförvaring.

- Införskaffa dunkar eller hinkar med lock att hämta vatten i.
- Köp vatten på flaska eller fyll dunkar gjorda för livsmedel.
- Förvara vattnet mörkt och svalt. Kontrollera om vattnet smakar och luktar bra en eller ett par gånger per år. Byt vid behov.
- Om man är osäker på om vattnet är rent bör det kokas till det bubblar kraftigt.

Dock blir tre liter per dygn per person väldigt mycket vatten att förvara över tid. För att klara sig i de 72 timmarna innan vattentankarna från NSVA är på plats borde varje hushåll förvara minst nio liter vatten per person. Om tre personer ingår i hushållet stiger denna mängd till 27 liter. I en villa lär detta inte vara ett större problem eftersom det sannolikt finns plats i förråd eller liknande utrymmen där en vattenförvaring kan placeras. I lägenheter är det dock mer problematiskt eftersom det handlar om en mycket mindre yta att förvara vattnet på. Eftersom vattnet helst ska förvaras torrt och svalt bör det förvaras i ett förråd, klädkammare i lägenheten. Om det inte får plats i lägenheten kan det förvaras i en källare eller förråd på en annan plats. I dessa fall kan problemet

vara äldre eller funktionshindrade kan behöva ta sig långa sträckor eller ner för flera trappor enbart för att hämta dricksvatten. Det kan därför vara ett alternativ att kommunen får ta på sig den uppgiften och exempelvis låta hemvården hjälpa de som inte kan med att hämta vatten. Om vattentillförseln är hindrad på grund av strömbrott fungerar inte heller hissarna vilket hade tillfört ytterligare svårigheter för vissa personer att hämta vatten. Se kapitel 3.2.3 för lösningar på detta problem. Problemet med att förvara vatten är att det är svårt att säga hur länge vatten i dunk kan förvaras eftersom det beror på vilka förhållanden som vattnet förvaras i (Krisinformation, 2026). De menar dock att dricksvatten kan förvaras i dunk och hålla sig fräscht i många månader, om det förvaras rätt. Vidare förklarar de att den rätta förvaringen är mörkt och så svalt samt i väl rengjorda flaskor eller dunkar. Dock är det en bedömningsfråga och varje situation varierar, därför är det viktigt att titta, lukta och smaka på vattnet med jämna mellanrum och, framför allt, innan användning.

Som alternativ till att förvara vatten i lägenheterna kan exempelvis regnvatteninsamling undersökas. Det vanligaste alternativet för att samla in regnvatten är en regnvattenstunna som kopplas under ett stuprör. Många tidigare lösningar har innehållit möjligheten att installera solpaneler på byggnaderna för att lösa andra problem och med hjälp av Waterloo et al. (2025) kan de även vara till hjälp här. De beskriver hur kombinerade solcells- och regnvattenuppsamlingssystem kan bidra till både energi- och vattenförsörjning. Metoden går ut på att vatten som rinner av solpanelerna leds via primära rännor till sekundära ledningar, där det filtreras och lagras för användning. Problemet med att samla regnvatten är att det inte går att drickas utan rening eftersom vattnet kan bli förorenat under sin resa till vattentunnan. För att rena vattnet måste ytorna som vattnet leds vara rena från skadliga kemikalier, dessutom borde ett förfilter installeras vid insamlingspunkterna för att fånga upp löv och smuts innan vattnet når vattentunnan (Moderna avlopp, u.å.). De menar att en finare filtrering av vattnet också måste göras för att fånga upp större partiklar. Vidare måste vattnet desinfekteras för döda mikroorganismer som bakterier, virus och parasiter. Detta görs enklast via kokning av vattnet men om byggnaden inte har elektricitet går det inte att koka vattnet i de flesta bostäderna. Då kan det finnas anledning att använda kemikalier som klor för att desinfektera eftersom dessa kemikalier effektivt kan döda mikroorganismer (Moderna avlopp, u.å.). Dock är det viktigt i dessa fall att använda rätt dosering för att undvika bismaker och hälsorisker.

3.4.2 Hygien & Toalett

Den personliga hygien kommer till stor del att behövas bortprioriteras under akuta kriser eller krig eftersom de tre litrarna vatten per dag främst ska räcka till dricksvatten och matlagning. Alltså finns där inte tillräckligt med vatten i den dagliga ransoneringen utsatt av MCF (2024) för att kunna duscha eller liknande. Dessutom kommer man inte heller kunna spola i toaletten utan vattentillförsel. Därför kan även detta komma att åtgärdas med hjälp av regnvatteninsamling.

4 Sammanfattning

Detta kapitel kommer att sammanställa de resultat och renoveringsåtgärder som respektive byggnadstyp föreslås tillämpa. Sedan kommer dessa bedömas utifrån en rad olika aspekter för att kunna diskutera rimligheten av åtgärderna.

4.1 Sekelskifteshus

4.1.1 Renoveringsåtgärder

Dessa hus är varken välisolerade eller lufttäta vilket gör att de inte håller värmen på ett effektivt sätt. Detta blir direkt förödande i målet att få husen att klara sig utan exempelvis värmetillskott under kris eller krig. Alltså måste dessa hus, uppdateras till dagens byggnadsstandarder. Därför bör man, i första hand, tilläggsisolera samt täta upp klimatskalet. Ännu en rimlig åtgärd är att byta fönster till mer moderna och isolerande fönster för att ytterligare öka byggnadernas isolerande förmåga. Dock kan dessa åtgärder inte vara tillräckliga i vissa fall och då måste alternativa värmekällor. Alternativ på värmekällor är en nödgenerator som driver runt värmen i huset i ett scenario där värmen är fungerade men strömavbrott pågår. Dessa nödgeneratorer skulle kunna drivas med solceller eller bensen beroende vad som passar respektive byggnad bäst. Annars får mer traditionella lösningar implementeras. Byggnader där kaminer finns installerade är det en perfekt lösning då de drivs helt utan elektricitet och kan kontrolleras av respektive hushåll utifrån önskad effekt. Dock i byggnader där kaminerna inte redan finns, kan det finnas stora svårigheter att installeras. Dessa byggnader måste i stället överväga portabla lösningar som elradiatorer samt bränsledrivna radiatorer.

En nödgenerator borde även kunna försörja eventuella hissar i husen för att även äldre och funktionshindrade ska kunna ta sig runt till exempelvis källaren eller ut ur huset vid strömavbrott. Om det inte skulle vara möjligt att koppla hissarna och värmesystemet till samma generator får dessa system drivas med olika generatorer.

Att vattentillförseln skulle förhindras är ännu ett problem som byggnaderna står inför. Problemet kan lösas genom att införa en vattenförvaring i huset där det står så pass mycket vatten att hushållen klarar sig de 72 timmar som krävs. Detta kan kombineras med regnvatteninsamling, antingen genom regnvattenstunnor eller andra mer avancerade lösningar.

4.1.2 Ingen renoveringsnödvändighet

Fördelen med dessa byggnader är dock att en del av dem fortfarande använder självdrag som ventilationssystem. Detta är starkt positivt utifrån aspekter kopplade till resiliens och beredskap eftersom dessa byggnader har ventilation som inte är beroende av elektricitet för att fungera. De sekelskifteshus som har gått från självdragssystemet över

åren är ändå inte starkt beroende av ventilationen eftersom de inte är vidare lufttäta och behöver därför inte vidta renoveringsåtgärder.

4.2 40-talshus

4.2.1 Renoveringsåtgärder

Dessa hus är mer isolerande och lufttäta baserat på analysen även om de inte har någon designerad isolering i klimatskalet. Detta måste åtgärdas för att huset ska hålla värmen bättre, även om inte lika stora ingrepp behövs som med sekelskifteshusen. Ändå borde byggnaderna tätas upp och tilläggsisoleras. Även fönsterbyten till mer isolerande varianter kan göras. För att säkerställa att byggnaderna kan vara beboeliga genom krisen borde även byggnaderna från denna epok utrustas med nödgeneratorer som kan driva värmen utan elektricitet eller bränsledrivna alternativ som är helt oberoende vilket scenario som utspelas. Nödgeneratoren borde även kunna försörja hissar i husen för att även äldre och funktionshindrade ska kunna ta sig till exempelvis källaren vid strömavbrott. Det måste inte nödvändigtvis vara samma generator som driver båda systemen om det inte skulle vara tekniskt möjligt att uppnå.

Vattentillförseln måste säkras även i detta hus vilket man löser genom att lagra vatten utifrån behov och rekommendation från MCF och NSVA. Utöver detta kan vatteninsamling göras genom exempelvis regnvattenstunnor.

4.2.2 Ingen renoveringsnödvändighet

Precis som sekelskifteshusen använder en del av dessa hus fortfarande självdrag som ventilationssystem som inte är beroende av elektricitet för att fungera. De andra husen är inte tillräckligt lufttäta för att inomhusluften ska bli så pass dålig att det blir farligt eller obekvämt att bo i husen.

4.3 60-talshus

4.3.1 Renoveringsåtgärder

60-talshuset är sannolikt den första husepoken som hade klarat sig i Helsingborg under normala omständigheter utan uppdateringar av klimatskalet, baserat på analysen. Dock är det inte perfekt och ingen designerad isolering finns i klimatskalet byggnaderna från denna epok. Detta bör åtgärdas för att säkerställa att byggnaderna klarar att hålla rimlig inomhustemperatur utan värmetillskott under kris. Alltså borde även dessa byggnader tilläggsisoleras och tätas upp tillsammans med uppdatering eller byte av fönster. Detta kan kombineras med en nödgenerator som driver värmesystemet vid strömavbrott eller bränsledrivna värmekällor, fasta eller portabla. Nödgeneratoren behöver dock inte vara fullt lika kraftfull som de i tidigare hus eftersom dessa hus håller värmen bättre än tidigare epoker och har därför inte lika stort behov av värmetillförsel. Denna nödgenerator ska även kunna försörja hissar i husen för att även äldre och funktionshindrade ska kunna ta sig till exempelvis källaren vid strömavbrott. Annars får

dessas drivs av en annan generator om det skulle vara omöjligt att koppla båda systemen till samma generator.

Risken för att vattentillförseln ska hindras är ett realistiskt problem för samtliga hus vilket betyder att även dessa hus måste jobba för att förebygga problemet. Vattenlagring eller insamling är det mest realistiska lösningarna på problemet och borde implementeras även här.

4.3.2 Ingen renoveringsnödvändighet

Även denna byggnadsepok har en del byggnader kvar idag som ventileras genom självdrag vars drift inte påverkas av kris eller krig och precis som husen från tidigare epoker är inte heller dessa tillräckligt lufttäta för att bli obrukbara utan ventilation. Alltså är inte någon nödgenerator som driver ventilationen aktuell för dessa byggnader heller.

4.4 80-talshus

4.4.1 Renoveringsåtgärder

Dessa hus måste sannolikt ha någon form av nödgenerator eftersom hissarna i huset måste kunna fungera vid strömbrott för att äldre och funktionshindrade ska kunna utrymma om det skulle vara nödvändigt. Vattentillförseln kan fortfarande hindras och det är ingen renovering av bostadshus som kommer att förändra det faktum men husen måste förberedas för att klara sig. Detta görs genom att etablera ett lager för vatten, antingen gemensamt för hela huset eller individuellt i respektive lägenhet. Att samla regnvatten via exempelvis regnvattenstunnor kan också vara nödvändigt.

4.4.2 Ingen renoveringsnödvändighet

Byggnaderna från denna epok är de första som man med säkerhet kan bekräfta hade klarat att hålla inomhustemperaturen rimlig utan värmetillskott. Alltså finns där inte många anledningar att renovera dessa hus för att hålla värmen bättre ur en beredskapssynpunkt. Portabla värmekällor kan oavsett byggnadskvalitet vara en fördel då även om husen håller en rimlig temperatur utan värmetillskott hade portabla värmekällor gett en mer behaglig inomhustemperatur. Byggnaderna är inte heller täta nog för att behöva ventilationsstöd av nödgeneratorer även om husen från denna epok inte längre är byggda med självdrag.

4.5 00-talshus

4.5.1 Renoveringsåtgärder

Dessa hus kan vara de första där det kan motiveras att ventilationen behöver fungera även om strömmen inte går. Alltså behöver dessa hus en nödgenerator till ventilationen till skillnad från husen från de tidigare epokerna som behövde nödgeneratoren för att driva värmesystemet. Dessutom måste denna generator driva hissarna, alternativt ha

ytterligare en generator som driver hissarna för att äldre och funktionshindrade ska kunna ta sig ur husen om det skulle vara nödvändigt.

Att vattentillförseln skulle förhindras är fortfarande ett problem som kan lösas genom att införa en vattenförvaring i huset där det står så pass mycket vatten att hushållen klarar sig den tid de behöver. Detta kan kombineras med regnvatteninsamling, antingen genom regnvattenstunnor eller andra mer avancerade lösningar.

4.5.2 Ingen renoveringsnödvändighet

Det finns inga beräkningar som bevisar att byggnaderna från denna epok och framåt inte behöver tilläggsisolering eller liknande men den uppskattningen görs ändå. Anledningen till detta är att byggnaderna är utförda med mer moderna principer än föregående hus och kommer därför sannolikt prestera minst lika bra om inte bättre.

4.6 Moderna hus

4.6.1 Renoveringsåtgärder

Dessa hus i akut behov av att lösa ett backupsystem för att ventilationen ska kunna drivas även under strömavbrott eftersom dessa hus är så pass täta att de inte ventilerar ut föroreningar genom naturligt luftläckage. För att kunna ventilerat husen året om går det inte att förlita sig på att fönsterna går att öppna. Det föreslagna backupsystemet skulle vara i form av en nödgenerator som har tillräckligt med kraft för att driva ventilationssystemen i husen. Denna nödgenerator skulle behöva drivas av både bensin och solceller som kopplas till batterier. Nödgeneratoren måste även kunna driva hissarna i huset vid strömavbrott. Annars får dessa drivas genom ytterligare en generator om det skulle vara omöjligt att koppla båda systemen till samma generator.

Precis som tidigare byggnader kommer även en lösning för vatten att behöva installeras. Vid installation av solpaneler skulle de kunna kombineras med regnvatteninsamling där regnvatten samlas från solpanelerna och leds till vattentunnor.

4.6.2 Ingen renoveringsnödvändighet

De moderna husen byggda de senaste 15 åren är enligt analysen inte i behov av någon tilläggsisolering alls eftersom husen redan är så pass välisolerade. De behöver inte heller tätas på grund av att de är lufttäta utifrån dagens standard. Byggnaderna hade fortfarande kunnat installera kaminer eller portabla alternativ för att kunna värma upp bostäderna även om det inte är essentiellt.

4.7 Bedömning

Åtgärderna som respektive byggnadsepok skulle kunna tillämpa, sammanställs och bedöms i detta avsnitt i tabell 4.1 respektive 4.2 för att sedan kunna diskutera dessa åtgärder ur olika aspekter. Dessa aspekter är:

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

- Teknisk genomförbarhet
- Ekonomisk rimlighet
- Huruvida åtgärden är organisatorisk/praktisk
- Samverkansfördelar/nackdelar

Varje aspekt bedöms med följande betyg betygen Låg (L), Medel (M) och Hög (H) för att ge en stämpel för till exempel hur ekonomiskt rimligt eller tekniskt genomförbart åtgärdena är i respektive byggnadsepok.

- Låg (L)
- Medel (M)
- Hög (H)

Låg (L) innebär begränsad rimlighet eller stora svårigheter, medel (M) innebär att åtgärden är genomförbar men med vissa begränsningar, och hög (H) innebär att åtgärden bedöms vara relativt enkel och rimlig att genomföra.

Tabell 4.1: Sammanställning av renoveringsåtgärder för byggnadsepokerna

Byggnadsepok	Tilläggsisolering, klimatskal	(Reserv) värme	(Reserv) kraft	Vattenberedskap
Sekelskifte	Ja	Ja	Nej	Ja
40-tal	Ja	Ja	Nej	Ja
60-tal	Inte prioriterat	Ja	Nej	Ja
80-tal	Inte prioriterat	Inte prioriterat	Inte prioriterat	Ja
00-tal	Nej	Nej	Ja	Ja
Nutid	Nej	Nej	Ja	Ja

Tabell 4.2: Sammanställning av åtgärders rimlighet

Aspekt	Sekelskifte	40-tal	60-tal	80-tal	00-tal	Nutid
Teknisk genomförbarhet	L	M	H	H	M	L
Ekonomisk rimlighet	L	M	M	H	M	L
Organisatoriskt/praktiskt	L	M	M	H	M	M
Samverkansfördelar- och nackdelar	H	H	H	M	H	H

Resultatet antyder att sekelskifteshusen måste renoveras mycket och med en del komplicerade lösningar. Detta innebär både att det kommer att bli dyra ingrepp samtidigt

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

som de påverkar boende kraftigt och kommer kräva ordentlig samordning. Dessutom kan kulturhistoriska begränsningar sätta stopp eller försvåra för vissa åtgärder. Dock ger självdrag och relativt låg täthet samt individuell uppvärmning via kaminer god robusthet och lågt systemberoende.

40-talshusen är fortfarande gamla konstruktioner men det är betydligt färre renoveringar och mindre ingrepp som behöver göras i dessa byggnader till skillnad från sekelskifteshusen. På grund av detta är de inte heller lika ekonomiskt krävande ingrepp.

60-talshusen är mycket enklare att modernisera och kräver därför ännu mindre renoveringar. Dock är investeringarna som skulle behövas fortfarande relativt höga samtidigt som reservkraft och vattenlösningar kräver planering men är realistiska. Kombinationen av relativt god värmelagring och begränsat ventilationsberoende är också en stor fördel.

80-talshusen har absolut minst antal renoveringar vilket gör det väldigt kostnadseffektivt samt organisatoriskt då de åtgärder som krävs är relativt enkla att implementera. Däremot leder de få renoveringarna till att de kvarstående funktionerna som är beroende av elektricitet inte kommer att fungera då exempelvis ingen nödgenerator installeras, bortsett från hissarna.

Till 00-talshusen blir det lite mer komplext igen eftersom nu behövs ventilationen drivas tillsammans med hissarna med hjälp av nödkraft. Även om det fortfarande är relativt få åtgärder som krävs i dessa byggnader är det komplexa lösningar och därför dyra att implementera. De mer komplicerade lösningarna kräver också tydlig driftorganisation kring ventilation och reservsystem. Dock ger den goda integrationen mellan de moderna systemen god självständighet men ökar samtidigt beroendet mellan systemen.

De moderna husen ska implementera väldigt komplicerade och kraftfulla system som måste fungera om husen ska vara beboeliga, därför blir den tekniska genomförbarheten ännu lägre i dessa byggnader. Inget behov av klimatskåtsåtgärder finns men de avancerade backupsystemen är väldigt kostsamma samtidigt som de kräver kontinuerligt underhåll och bränslelogistik. Däremot kan solceller, batterier, reservkraft och vatteninsamling samverka effektivt för att skapa självständiga byggnader men systemen blir starkt beroende av varandra.

5 Diskussion

5.1 Värme

För villorna byggda före 90-talet samt flerbostadshusen byggda före 60-talet är det sannolikt en väldigt god idé att renovera med målet att hålla värmen bättre, baserat på uppskattningar från Björk et al. (2021). Dessa hus har väldigt lite, om någon, isolering i klimatskalet och kommer inte, oavsett installation av värmesystem, att kunna hålla värmen på ett effektivt sätt. Husen byggda efter 00-talet, framför allt de husen byggda de senaste 5–10 åren, är så pass effektiva och täta att de inte är av något akut behov för tilläggsisolering i klimatskalet. I dessa hus är det mer en fråga om vilken form av uppvärmning som passar varje fall bäst.

I scenarier där det blir förlängda strömavbrott kan det vara så att värmeförseln till husen fortfarande kommer fram men inte kan fördelas. Detta är på grund av att de pumpar och styrsystem som skulle fördela värmen är beroende av ström och i dessa fall kan en lösning vara att installera en nödgenerator som kan fördela värmen till huset trots strömavbrottet. Dessa nödgeneratorer skulle sannolikt behöva drivas av antingen bensin eller solceller som är kopplade till batterier. Problemet är det krävs mycket bensin eller många batterier för att kunna fördela husen med värme utan ström. Detta ska kunna lagras någonstans i husen där det både är rimligt, så det inte tar för mycket plats, och tillåtet. Den medelstora villan från beräkningarna i avsnitt 3.2.1 behövde ungefär 300 liter bensin för att värma huset till full effekt i minst en vecka. Enligt tabell 5.1, som presenteras nedan, är det fullt tillåtet, även om bränslet skulle behövas spridas ut över bostaden då det inte får förvaras mer än 100 liter brandfarlig vätska i en yta. I flerbostadshusen blir det dock lite svårare. Varje lägenhet skulle behöva minst 54 liter bensin för att driva värmen i en vecka vilket innebär att det minsta ett flerbostadshus skulle behöva för att driva värmen är 162 liter. Denna mängd är inte något problem att förvara i teorin men i praktiken bygger det på att en del av bensinen förvaras i varje lägenhets bostadsutrymme och balkong. Detta är inte en realistisk lösning med tanke på att nödgeneratoren sannolikt behöver installeras nära värmecentralen i huset vilket betyder att bränslet skulle behöva komma från olika lägenheter vid olika tillfällen. Om man då bortser från att förvara bränslet i lägenheterna och deras balkongen kvarstår bara garaget som förvaringsplats. Där får bara 100 liter förvaras vilket innebär att flerbostadshuset inte kan driva sin värme med hjälp av en bensingenerator om inte ett separat förråd vars enda uppgift är att förvara bensin uppförs.

Alternativet är som sagt solceller kopplade till litiumjonbatterier. Beräkningarna i avsnitt 3.2.1 visade att för en lägenhet behövdes mellan 14 och 3 batterier beroende på storlek där den minsta storleken var 5 kWh och största var 30 kWh. Den enda begränsningen som finns för sådana batterilager är om kapaciteten är större än 20 kWh ska lagret placeras i egen brandcell (Boverket, 2025c). Att renovera en yta i en byggnad till en egen brandcell är ingen komplicerad process vilket betyder att det enda som hindrar solcellslösningen är platsen som batterierna tar. Enligt Hemsol (2025) är ett normalt 10 kWh solcellsbatteri cirka 60 cm brett, 30 cm djupt och 100 cm högt. På grund av att det krävs fri yta runt batteriet kräver ändå ett batteri ungefär 1 m² golvyta. Dock går de att

stapla på höjden och man kan därför få plats med minst 2 batterier per kvadratmeter i ett normalhøgt rum. Om 10 kWh batterier används skulle det behövas 7 batterier per lägenhet vilket betyder att det minsta möjliga flerbostadshuset, med tre lägenheter, behöver 21 batterier. Således skulle ett lagringsrum behöva ha minst 11 m² golvyta för att kunna hushålla batterierna och inget annat. Detta är inte en orimlig yta att avvara till ett batterilager för att kunna hushålla värmen i ett helt flerbostadshus i en vecka. Ett stort problem för dessa system är dock att de är beroende av solen för att producera energi. Alltså under vintern när det är begränsad sol eller när solpanelerna är täckta av snö kan de inte producera lika mycket energi om någon alls. Detta gör att om krisen eller kriget kommer under de solfattiga och kallare månaderna finns där en reell risk att batterierna ändå inte kan driva värmen runt i systemet. Ytterligare problem kan framstå vid större flerbostadshus när lägenhetsantalet går upp mot 40 lägenheter eller fler. I dessa fall skulle i stället 280, 10 kWh batterier behövas vilket hade tagit upp ungefär 140 m² golvyta om man staplar två på höjden i ett normalhøgt rum. Helt plötsligt är inte heller solcells-batterier en rimlig energikälla för nödgeneratorn eftersom det finns väldigt få byggnader som har 140 m² golvyta att avvara. För att sådana stora mängder energi ska lagras effektivt måste kommersiella lösningar övervägas. Hemsol (2025) menar att det finns kommersiella batterilager med lagringskapacitet på över 1 000 kWh eller 1 MWh. Dock är detta som sagt kommersiella lösningar som hade varit väldigt svåra att implementera i vanliga flerbostadshus. Om det hade gått hade det sannolikt varit så dyrt att det inte hade varit en rimlig lösning för vanliga bostad- eller hyresrättsföreningar.

I allvarliga kriser och krig kan dock även värmekällan slås ut vilket innebär att nödgeneratorerna inte längre fördelar någon värme i husen. I stället måste lokala lösningar implementeras i kombination med nödgeneratorerna för att kunna minska sårbarheten vid allvarliga kriser. I en villa skulle en enkel lösning kunna vara installation av en fast vedeldad spis då det inte är ett svårt tillägg i hus. Dock hade det varit en mer komplicerad lösning för flerbostadshus om det inte redan finns installerat i husen. Om fast, vedeldad spis finns installerade i lägenheterna i flerbostadshuset skulle det kunna vara en rimlig värmekälla att förse bostäderna med en stadig värmetillförsel över den rekommenderade veckan så länge bränsle finns på lager. Om inte en fast kamin redan finns i flerbostadshuset kommer installation av sådant vara mer komplicerat. När det gäller flerbostadshus kan en rimligare lösning vara att utrusta byggnaderna med portabla värmekällor. Det alternativ som fungerar oavsett strömbrott eller ej är de gasol- eller fotogendrivna kaminerna. Dessa kaminer kräver enligt Energimyndigheten (2019b, 2019c) inte skorsten eftersom de har en förbränningsprocess som inte skapar farliga avgaser. Vid väl fungerande förbränning ger bränslet tillsammans med luftens syre ofarliga avgaser i form av koldioxid och vatten. Med god ventilation och tillräcklig tillförsel av nytt syre är skorstenslösa kaminer inte farliga att använda inomhus. Dessutom har en del kaminer inbyggda säkerhetsventiler som stänger av förbränningen om koldioxidhalten blir hög i rumsluften (Energimyndigheten, 2019b, 2019c).

På grund av detta skulle dessa övervägas i flerbostadshusen. Problemet med dessa är att det ska finnas plats att förvara allt bränsle som skulle krävas för att värma upp bostaden enligt tabell 3.15. Som man kan se i den tabellen är det väldigt stora mängder bränsle som krävs och alla lägenheter har inte plats till detta. Det är heller inte tillåtet att förvara bränslet var som helst i bostaden eftersom det är direkt brandfarligt och skulle kunna

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

sätta grannar i fara vid okontrollerad förvaring. I tabell 5.1 nedan finns sammanställd information om var och hur mycket bränsle som får förvaras i olika bostadsdelar med hjälp av information från myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) (2012).

Tabell 5.1: Regler och kvantiteter vid förvaring i olika typer av brandfarliga ämnen

Placering i bostad	Villa	Flerbostadshus
Vind	Ingen förvaring tillåten	Ingen förvaring tillåten
Förråd	60 liter gasol, 100 liter brandfarlig vätska om förrådet utgör en egen brandcell	Ingen förvaring tillåten
Bostadsutrymme	60 liter gasol i max. 26-liters flaskor (2 st.), 100 liter brandfarlig vätska i max. 10-liters behållare	10 liter gasol i max. 5-liters flaskor (2st.), 100 liter brandfarlig vätska i max. 10-liters behållare. (Per lägenhet)
Källare (Ventilerat utrymme)	60 liter gasol, 100 liter brandfarlig vätska	Ingen förvaring tillåten.
Garage (Skyddat mot påkörning)	60 liter gasol, 100 liter brandfarlig vätska	Ingen förvaring tillåten, undantag 100 liter brandfarlig vätska (OBS ingen gasol) i fristående garage.
Balkong (Ej inglasad)	Ingen information	60 liter gasol i max. 26-liters flaskor (2st.), 100 liter brandfarlig vätska i max. 25-liters behållare. (Per lägenhet)

Med hjälp av denna information kan man se att det går att förvara väldigt mycket mer bränsle i villan än vad det gör i flerbostadshuset. Detta är logiskt med tanke på den nära anslutningen lägenheterna har i flerbostadshusen som gör brandrisken mer allvarlig då det inte bara är en bostad som påverkas vid eventuell brand utan flera bostäder i ett flerbostadshus. Det gör det dock mer komplicerat att förbereda boende i flerbostadshus när de är begränsade till mycket mindre bränsle. Dock menar MSB (2012) även att fastighetsägaren för hela flerbostadshus kan iordningställa ett särskilt förråd vars enda uppgift är förvaring av brandfarliga varor. I detta förråd skulle hyresgäster kunna förvara sina brandfarliga vätskor. Detta hade ökat mängden bränsle som flerbostadshusen hade kunnat förvara men det är svårt att räkna med det när en bedömning ska göras.

Villan kommer inte ha något problem oavsett uppvärmningssystem eftersom det är en mycket mindre yta som behöver värmas upp samtidigt som man är tillåten att förvara mer bränsle i de bostäderna. I de flerbostadshus där lägenheterna har balkong som inte

är inglasad är det inte heller några större problem med att förvara nödvändig mängd bränsle eftersom man får förvara upp till 70 liter gasol vilket är mer än tillräckligt. Gasolflaskor kan förvaras utomhus på exempelvis balkonger men borde, om möjligt, placeras skyddade från kraftig uppvärmning och direkt solljus under längre perioder. Detta kan göras genom exempelvis ett ventilerat gasolskåp eller liknande. Dock uppstår det ett allvarligt problem i flerbostadshusen där lägenheterna inte har balkong eller där den är inglasad. Då får lägenheterna enbart förvara 10 liter gasol enligt tabell 5.1 men man skulle även få förvara 100 liter brandfarlig vätska som exempelvis fotogen. Enligt tabell 3.15 hade 100 liter fotogen kunnat driva lägenheterna i minst 210 timmar vilket är mer än nog då en vecka är 168 timmar. Dock är inte fotogen ett lika vanligt bränsle som fotogen vilket kan göra det svårare att få tag på i de stora mängder som hade behövts för att kunna driva hela flerbostadshus. På grund av detta kan det vara svårt i flerbostadshus att använda lösningar som är beroende av fotogen för att kunna värma upp husen.

Eftersom ingen av de föreslagna alternativen på bränsle till nödgeneratorer är särskilt rimliga i praktiken är att mer rimligt att föreslå att nödgeneratoren driver värmesystemet i begränsad kapacitet i de större byggnaderna. Samtidigt som det kanske mest är rimligt att de bränsledriva värmekällorna bara ämnas att värme vissa rum eller delar av bostäder för att inte behöva lagra för mycket bränsle. Med denna lösning går det ut så pass mycket värme att bostäderna inte blir obeboeliga men att de inte går i normal drift. På detta sätt hade kunnat göra betydligt mindre rum till batterilager så att lösningen går att implementera i större utsträckning.

5.2 Ventilation

För att säkerställa tillräckligt ventilationsflöde även vid strömavbrott skulle det behövas åtgärder i husen byggda efter millennieskiftet, främst de nyare husen. De moderna husen är så pass isolerande och lufttäta att deras ofrivilliga luftläckage är väldigt liten. Ur de normala, energisparande, aspekterna som man brukar bedöma byggnader från är det övergripande positivt men ur ett beredskapsperspektiv resulterar det i att luftomsättningen blir mycket liten om fläktarna inte går. Det betyder att utan ventilationen blir luftföroreningsutvecklingen så pass stor att byggnaderna till slut blir obeboeliga. Under sommarhalvåret hade man till exempel kunnat öppna fönster för att manuellt ventilerat byggnaderna vid behov. Problemet är att det inte är lika rimligt under vinterhalvåret eftersom det hade släppt ut för mycket värme. Bedömningen att det bara är de moderna husen som behöver ventilations- och inte värmeåtgärder bygger på att byggnaderna är täta. Skulle man börja öppna fönsterna på vintern försvinner den aspekten och i stället för att vara beroende av att ventilationen ska fungera blir man i stället beroende av att värmen ska fungera för att man släpper ut så mycket värme när man vädrar. De mindre täta och sämre isolerade husen byggda före millennieskiftet har därför en fördel i detta scenario eftersom deras ofrivilliga luftläckage är tillräckligt stor för att på egen hand göra byggnaderna beboeliga. En del av de äldre husen använder fortfarande självdrag som ventilationssystem. Självdraget är inte beroende av elektricitet och påverkas därför inte av kriser eller krig vilket gör det till ett perfekt ventilationssystem ur ett resiliens- och beredskapsperspektiv även om det är ett mindre effektivt system för vardagligt bruk i jämförelse med de mekaniska alternativen. För de

moderna och lufttäta husen med mekanisk ventilation måste dock detta problem åtgärdas eftersom de ventileras med F- eller FTX-system.

Ett rimligt alternativ kan, precis som med värmen, vara en nödgenerator som driver ventilationssystemet under strömavbrott. Denna generator bör antingen drivas av bensen eller solceller som är kopplade till batterier. Problemet är det krävs mycket bensen eller många batterier för att kunna fördela husen med värme utan ström. Detta är liknande problem som med nödgeneratoren för värmen i kapitel 5.1. Frågan här blir denna lösning om det är mer rimligt att driva ventilationen med denna lösning till skillnad från värmen som inte var rimligt för majoriteten av byggnaderna. Tidigare var det konstaterat att det var de moderna husen byggda de senaste femton åren som var mest beroende av att ventilationen fungerar, övriga hus byggda efter millennieskiftet skulle också kunna nyttja det men var inte lika beroende av det. De moderna husen använder sig av FTX-system och det var även det ventilationssystem som drar mest ström. Alltså är det även det system som kommer vara mest komplicerat att driva med nödgeneratorer under ett förlängt strömavbrott. Likt nödgeneratorerna för värmen i kapitel 5.1 hade villorna inte haft några större problem att driva ventilationen med bensen eller solceller som är kopplade till batterier. Detta beror till stor del på att ventilationen drar väldigt mycket mindre ström än huset i stort och därför krävs mycket mindre för att driva en villa. För villan hade enbart lite mer än nio liter bensen varit nog för att driva ventilationen en vecka. Således hade en 10 liters dunk med bensen varit mer än tillräckligt för villan. Denna mängd skulle vara relativt enkelt för villan att förvara eftersom en 10 liters dunk enkelt hade fått plats i ett förråd eller garderob någonstans i bostaden. Med batterier från solceller hade det räckt med två batterier med kapaciteten 10 kWh. Tidigare kunde man konstatera att i ett normalstort rum kunde två 10 kWh batterier staplas för att sammanlagt enbart ta upp 1 m² golvyta vilket inte heller borde vara något problem för en normal villa. För flerbostadshuset blir det svårare men, i de flesta fallen, genomförbart.

För flerbostadshus, tre lägenheter eller fler, skulle det minst behövas ungefär 32 liter bensen för att en nödgenerator skulle kunna driva byggnadens ventilation. Detta betyder att för mindre flerbostadshus inte skulle ha några problem att förvara bensen som skulle behövas. Det samma gäller för solcellsbatterierna. Det skulle behövas mellan 9 och 2 fulladdade batterier för att driva samma generator eller 5, 10 kWh batterier som sammanlagt enligt tidigare etablerad metod hade tagit upp 3 m² golvyta. Problemen tillkommer i takt med att flerbostadshuset blir större. Per lägenhet blir energibehovet för ett FTX-system ungefär 14 kWh vilket innebär att i ett flerbostadshus med 40 eller fler lägenheter hade ventilationens energibehov varit omkring 536 kWh. Detta hade inneburit att i stället för 5, 10 kWh batterier hade det behövts 54. Dessa 54 batterier hade tagit upp 27 m² golvyta vilket inte är orimligt men betydligt svårare att organisera.

Att driva med bensen blir inte lättare med så många lägenheter. Det hade behövts ungefär 421 liter bensen för det vilket är en totalt orimlig mängd bensen att förvara dels för att det hade tagit mycket plats men framför allt för att det är mer än vad som är tillåtet i ett flerbostadshus om inte ett separat förråd uppförs som bara skulle förvara bensen. Dock är det orimligt att anta att samtliga större flerbostadshus skulle uppföra ett förråd för

bensin eftersom det hade varit dyrt men också osäkert. På grund av detta måste i så fall ventilationen i större flerbostadshus drivas med solceller kopplade till batterier.

Solcellerna har sina egna brister där man måste anta vid beräkningar att batterierna är fulladdade men i verkligheten kan det bero på flera utomstående faktorer om fallet verkligen är så. Exempelvis under vintern när det är väldigt mycket färre soltimmar än under vintern, vare sig beroende på att solen går upp sent och ner tidigt eller på grund av att det generellt sett är molnigare dessa månader. Dock producerar solpanelerna fortfarande el i viss grad när det är molnigt men mycket mindre än vid klart väder, vilket i kombination med mindre dagar leder till en betydligt mindre produktion under denna årstid. Dessutom kan solpanelerna vara snötäckta under vinterhalvåret vilket hade resulterat i väldigt liten, om någon, elproduktion. Om scenariot då skulle inträffa under vinterhalvåret är det kanske inte rimligt att anta att generatoren kommer att kunna driva ventilationen under en hel vecka. Alternativet är att bara aktivera generatoren när det är akut behov, alltså efter 4 dagar av strömbrott, precis innan det inte längre går att vistas i lägenheten. Ett annat alternativ är att aktivera generatoren varannan dag för att försöka hålla en något jämn nivå genom hela veckan. Det hade varit en mycket högre föroreningsnivå än vanligt men det hade i alla fall varit beboeligt.

Annars får man titta på möjligheten att de större flerbostadshusen bara ska ventileras med F-system. Förvisso drivs även detta system av ström men det förbrukar mycket mindre ström och kan kanske därför vara ett mer rimligt alternativ i större flerbostadshus. Per lägenhet hade förbrukningen varit omkring 5 kWh vilket i ett flerbostadshus med 40 lägenheter hade F-systemet förbrukat ungefär 200 kWh. Detta är betydligt mindre än vad FTX-systemet i samma hus hade förbrukat. Det blir 20, 10 kWh batterier som tillsammans hade tagit upp 5 m² golvyta. Mängden nödvändig bensin för att driva F-systemet hade varit 154 liter vilket fortfarande är för mycket vilket betyder att man kan konstatera att bensindrivna generatorer inte är en rimlig lösning för att driva ventilationen i större flerbostadshus. Dock hade det absolut varit rimligt att anta att ett större flerbostadshus hade kunnat förse solcells batterier med 5 m² golvyta för att försäkra att ventilationen kommer att fungera vid kris eller krig.

Därför kan en lösning ur beredskapssynpunkt vara att byggnader som måste renovera ventilationssystemet, renoverar till ett F-system i stället för ett FTX-system. Att FTX-systemet kan återvinna värme hjälper till i energiprestandan över lag men för att driva själva ventilationen hjälper det inget och därför blir det energisnålaste alternativet F-systemet. De hus som redan har FTX-system däremot måste överväga möjligheten att ventilationen inte kan drivas oavbrutet i en vecka utan elektricitet och att man i stället måste prioritera vilka tider som ventilationen måste gå för att man ska kunna fortsätta att bo i huset under kris eller krig.

5.3 Vatten

Samtliga hus kommer att behöva lagra vatten på något sätt eftersom vatten är en sådan viktig aspekt i förmågan att överleva utan hjälp från samhället under en förlängd period. Det är sedan tidigare konstaterat att det hade funnits dricksvatten i vattentankar

utplacerade över Helsingborg inom 72 timmar och alltså är det den perioden som behöver förberedas inför. Precis som tidigare scenarier är det relativt enkelt för villaägare att förbereda sig eftersom i villan finns det stor plats att förvara exempelvis vatten, alternativt installera regnvattenstunnor som samlar vatten från stuprör eller liknande som skulle kunna renas och sedan drickas. Det rekommenderas lagras eller samlas minst 9 liter vatten per person för att överleva utan vattnet från kranen vilket inte borde vara några större problem för flerbostadshusen heller. Även om det blir väldigt mycket mer vatten som behöver lagras över hela huset borde även lägenheterna ha plats med att lagra 9 liter vatten. Det blir bara några få dunkar eller PET-flaskor fyllda med vatten som borde kunna få plats i en garderob eller förråd. I situationer där det bor fler personer i lägenheten så att mängden vatten i stället blir 18 eller 27 liter blir det lite svårare men inte omöjligt. 18 liter är fortfarande inte någon gigantisk mängd vatten och hade sannolikt kunnat få plats i en garderob eller förråd. 27 liter är en stor mängd vatten att förvara i en lägenhet och kommer att ta upp mycket plats men hade fått plats i tre 10 liters dunkar som inte är orimligt att anta hade kunnat få plats i en lägenhet eller utspritt mellan lägenheten och ett förråd. Detta indikerar att man utan större problem hade kunnat lagra nog med dricksvatten för att klara sig i de 72 timmarna som NSVA (2023) rekommenderar.

Även om det i teorin bara behöver lagras eller samlas vatten för 72 timmar är en situation där privatpersoner inte kan ta sig till de vattentankar som NSVA placerar ut eller att NSVA får förhinder inte helt osannolikt. I dessa situationer måste man i stället förbereda sig inför en hel vecka precis som MCF (2024) rekommenderar. Då blir det helt olika förutsättningar då varje person skulle behöva lagra eller samla minst 21 liter vatten. Till skillnad från 9 liter tar 21 liter vatten upp väldigt mycket plats och det är inte längre rimligt att anta att alla villor eller lägenheter har plats nog för att förvara minst 21 liter vatten. För en familj på fyra personer blir detta 84 liter för en hel vecka. Vid dessa större mängder blir det mycket svårare även för villan att kunna förvara vatten i PET-flaskor eller dunkar. Eftersom villan har stor plats att sprida ut vattnet på borde det ändå inte var orimlig lösning till skillnad från flerbostadshuset. I de mindre flerbostadshusen kan det möjligtvis finnas förvaringsutrymmen i exempelvis källaren där man hade kunnat sprida ut vattensamlingen. Däremot de större flerbostadshusen med uppåt 50 lägenheterna blir det minst 1 050 liter vatten som måste lagras men mer realistiskt närmre 2 100 liter eftersom det borde bo fler än en person i de flesta hushållen. Detta blir över två ton som sannolikt inte kan förvaras koncentrerat högre upp i byggnaden eftersom ett standardbjälklag i ett svenskt flerbostadshus inte är byggt för att ha två ton vatten vilandes på sig. Långt ner i byggnaden, alltså i källaren eller bottenplan finns där sannolikt ingen yta som hade kunnat hushålla denna mängd vatten eftersom den hade tagit upp väldigt stor plats.

Sammantaget kan det i flerbostadshusen vara svårt att lagra den nödvändiga mängden vatten för att klara sig utan kommunalt vatten i en vecka. För att kunna förbereda dessa hus måste vatten då samlas in på alternativa sätt. Rimligast är att samla regnvatten i regnvattenstunnor som kan placeras vid stuprören. Alternativt kombineras de solpaneler som eventuellt placerats på taken med rännor som leder vattnet från dessa ner i samlingsrör. Regnvattenstunnor är en väldigt effektiv lösning för att samla vatten eftersom

det naturligt regnar stora mängder vatten på taken som bara leds rakt ner i brunnarna när det hade kunnat tas vara på, inte minst i kriser. SMHI (u.å.) menar att 1 mm regn motsvarar 1 liter per kvadratmeter. Ett kraftigt regn kan man räkna med är cirka 20 millimeter vatten. Om taket är 50 kvadratmeter och det regnar 20 millimeter innebär det att 1 000 liter vatten kan tas hand om. Detta är hälften av den väldigt stora mängden vatten som tidigare ansågs var orimligt stor att hantera.

Enligt VA SYD (2022) är en vanlig regnvattenstunna ofta ha en kapacitet cirka 200 liter. För de villor som inte har utrymme att förvara den mängden vatten som rekommenderas är därför en vanlig regnvattenstunna en möjlig lösning. Dock kommer en sådan tunna snabbt att fyllas upp och den räcker inte heller för att förse de större flerbostadshusen med vatten. I stället kan man överväga större vattenlagring som exempelvis en IBC-tank. IBC står för Intermediate Bulk Container och är främst avsedd för lagring och transport av större mängder vätskor eller bulkmaterial. Den vanligaste storleken är cirka 1000 liter och tankarna är därför perfekta för större vattenförvaring (PK Produkter, u.å.). Med sådana vattentankar hade man kunnat förse stora flerbostadshus med vatten, framför allt om denna insamling kombinerat med lite lagring i varje lägenhet. Exempelvis hade hushållen i lägenheterna kunnat förbereda sig för de 72 timmarna som NSVA vill att man ska klara sig medan vattensamlingen i en eller flera IBC-tankar fungerar som backsystem som räddar hushållen om de skulle behöva klara sig längre än 72 timmar.

5.4 Hissar

Även hissar kan komma att behöva drivas med nödgeneratorer under krisen eller kriget. Dock är detta bara aktuellt i flerbostadshus och bara i de flerbostadshusen med flera våningar. I analysen konstaterades det att hissar generellt drar väldigt mycket ström. I mindre flerbostadshus är detta inga problem dock eftersom de ändå förbrukar så pass lite att mängden bensen eller solcellsbatterier som hade behövts för att driva hissarna inte är orimlig. Dock, precis som i de andra kategorierna, framkommer problemen när flerbostadshusen blir större. I större flerbostadshus drar de så pass mycket att det inte är rimligt i dagsläget att anta att den mängd solcellsbatterier som skulle behövas hade kunnat hushållas på ett logiskt sätt. Mängden bensen som skulle krävas för att driva hissarna är dessutom för hög för att ens tillåtas förvaras i ett flerbostadshus vilket betyder att det är svårt att kunna driva hissarna med hjälp av nödgeneratorer i dagsläget. I stället måste man fokusera på att modernisera de befintliga hissarna och se till så att de nya hissarna som installeras är mer energieffektiva. Hade man kunnat minska hissarnas energiförbrukning hade man således kunnat driva hissarna även i de större flerbostadshusen.

5.5 Helhet & kombination

Ett stort problem som flerbostadshusen står inför är helhetsbilden. Isolerat är en del av dessa renoveringsåtgärder rimliga men i verkligheten kommer en del av dem behöva kombineras. För de större flerbostadshusen är det inte ett alternativ att kombinera driften av hissarna och värmen eller hissarna och ventilationen. Varje individuell renovering

kräver för mycket bränsle för att kunna få plats med allting i samma byggnad. Antingen förbrukar de så pass mycket bensen att det inte är tillåtet att förvara det i flerbostadshuset eller så hade det krävt för många batterier att det skulle vara rimligt att ens överväga att förvara dem. Alltså fungerar majoriteten av dessa lösningar enbart i väldigt få verkliga byggnader och omständigheterna måste vara väldigt exakta. I villorna skulle det kunna vara en lösning att implementera renoveringarna som tagits upp i analysen men i de flesta flerbostadshusen förekommer det snabbt svårigheter, framför allt i takt med att flerbostadshusen och effektbehovet blir större.

5.6 Ekonomi

En stor skillnad mellan renoveringarna i villorna respektive flerbostadshusen är ekonomin. Renoveringsåtgärderna som tagits upp, analyserats och diskuterats är alla relativt experimentella och kommer således att vara kostsamma. Exempelvis solceller kombinerat med batterier som använts i mer eller mindre alla renoveringsalternativ. En typisk villaanläggning har effekten 6–10 kW och kostar mellan 80 000 och 150 000 kr. Däremot kan priset sjunka med omkring 30 000–50 000 kr med hjälp av Skattereduktion för grön teknik som är 15% av materialkostnaden samt ROT-avdraget som blir 30 procent av arbetskostnaden (Energival, 2026). Vidare menar de att lägga till ett batteri med kapacitet mellan 5–15 kWh kostar ungefär 40 000–100 000 kr extra. Tillsammans med detta ska en nödgenerator införskaffas som är kraftfull nog att driva delar av eller hela huset. Direkt kan man se vilka stora investeringar som skulle krävas för att göra dessa renoveringar till verklighet. Exempelvis för att driva ventilationen i villan skulle solcellsanläggningen tillsammans med batterier och en rimlig generator kosta ungefär 250 000 kr. För att driva värmen i huset med samma lösning hade det kostat omkring 4 000 000 kr. Plötsligt blir det helt orimligt att förvänta sig villaägare spendera de pengarna som krävs för att kunna renovera sina hus efter dessa förslag. För flerbostadshusen kommer kostnaderna bli högre men samtidigt kommer kostnaderna fördelas över hyres- eller bostadsrättsföreningen. Alternativt är det fastighetsägaren som får stå för en del av kostnaderna. Detta innebär att även om kostnaden för renovering flerbostadshusen blir högre blir det billigare för de boende. För referens hade nödgenerator med solceller och batterier kostat ungefär 1 500 000 kr för F-system och 3 500 000 kr för FTX-system samt för att driva värmen hade det kostat hela 17 000 000 kr i ett flerbostadshus med 40 lägenheter. Dessutom hade det kostat omkring 2 200 000 kr för att enbart driva hissarna med samma system i ett större flerbostadshus med införskaffning av solceller, batterier och generator inräknat. Sammanställning av dessa kostnader finns i tabell 5.2 nedan.

Tabell 5.2: Ungefärlig kostnad för renoveringsåtgärder

	Ventilation med solceller	Värme med solceller	Hissar med solceller
Villor	250 000 kr	4 000 000 kr	Ingen information
Flerbostadshus	1 500 000 kr–3 500 000 kr	17 000 000 kr	2 200 000 kr

Även om kostnaden skulle spridas över byggnadens förening blir dessa summor helt orimliga för att förebygga kriser. Det blir väldigt svårt att motivera både fastighetsägare och föreningsmedlemmar att spendera dessa summor för att förbygga en kris eller krig som inte nödvändigtvis kommer att hända men är möjlig. Man hamnar då i en situation det sannolikt blivit billigare att implementera renoveringarna i byggnaderna om man använt sig av bensin eller likande bränslen. Problemet med dessa är att det oftast inte är tillåtet för flerbostadshusen att hushålla den nödvändiga mängden bränslen, vilket kunde fastställas i kapitel 5.1. För villorna kan det dock vara ett alternativ att exempelvis använda sig av bensindrivna generatorer även om bränslet skulle ta mer plats än batterierna är det i alla fall tillåtet att förvara och det är mer ekonomiskt. Problemet där är om samtliga villor i Helsingborg skulle börja driva sina ventilationer eller värmesystem med bensin skulle det ha relativt stora konsekvenser för invånarna. Bensingeneratorer är väldigt högljudda och villaområden hade präglats av ett konstant motorbuller som hade gett sämre boendemiljö samt markanta störningar under natten. Dessutom släpper förbränningsgeneratorer ut stora mängder farliga ämnen vid användning som koldioxid, kväveoxider och kolmonoxid. Vid omfattande användning över längre tid hade luftkvaliteten kunnat försämrats markant i tätbebyggda områden.

6 Slutsatser

Det finns potential att göra dagens hus robustare genom att fungera bättre under olika former av kriser. Även om rekommendationerna från MCF (2024) följs så kan det finnas stora möjligheter att ytterligare utveckla dessa aspekter inför framtida renoveringar. Analysen tyder på att moderna och energieffektiva byggnader är mer robusta mot värmeförlust men samtidigt mer sårbara för bortfall av ventilation och el. De äldre husen uppträder tvärt om och är resilienta mot bortfall av ventilation och el men sårbara mot värmeförlust. Dock är detta fortfarande ett väldigt underutvecklat område av byggsektorn där majoriteten av de lösningar som tas upp i detta arbete är experimentella eller i verkligheten väldigt svåra att implementera. Därför uppmanas vidare forskning ämnet för att kunna göra samhället säkrare och mer förberett för dessa scenarier eftersom det inte längre är omöjligheter eller osannolika. Med dagens utveckling av världsläget kan vi finna oss i en situation där ett, eller flera, av scenarierna som tagits upp i arbetet blir verklighet och då måste både samhället och civilpersoner vara bättre förberedda. Framtida forskning kan fokusera på att framföra nya renoveringar alternativt på att titta på de renoveringsåtgärder som tagits upp i detta arbete och göra de rimligare för allmänt bruk.

Referenser

Abdullah N.H., Nurulain S., Mohd Aspar M.A.S., Salim M.R., Manap H. (2024). Development of a temperature-controlled solar powered ventilation system. E3S Web of Conferences, 487, 01002. ICREE 2023.

Alberts W. (1994). Indoor air pollution: NO, NO₂, CO, and CO₂. Journal of Allergy and Clinical Immunology, 94, 289-295.

Alkhatib H., Lemarchand H. (2025). Assessing thermal performance: An experimental study on U-value variability in building fabric elements, Results in Engineering, Volume 25, 103730.

Andersson M., Nilsson P., Våtz J. (2005). Energioptimering av flerbostadshus i Västra Eriksberg – Hållbart byggande i ett livscykelkostnadsperspektiv. Institutionen för bygg- och miljöteknik. Chalmers tekniska högskola.

Arbetsmiljöverket (2018). Hygieniska gränsvärden - Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om hygieniska gränsvärden (AFS 2018:1). Ändrad: t.o.m. AFS 2022:5. Arbetsmiljöverket.
<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/hygieniska-gransvarden-afs-2018-1.pdf> [2026-04-24]

Bastide A., Allard F., Boyer H. (2012). Natural Ventilation - A New Method Based on the Walton Model Applied to Cross-Ventilated Buildings having Two Large External Openings. International Journal of Ventilation. 6. 195–206.

Björk C., Kallstenius P., Reppen L. (2021). Så byggdes husen 1880–2020. Svensk Byggtjänst.

Boverket (2024a). BETSI byggnaders tekniska status.
<https://www.boverket.se/sv/om-boverket/oppna-data/betsi-oppna-data/> [2026-03-27]

Boverket (2024c). Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd (BBR), med ändringar t.o.m. BFS 2024:14 – BBR 31

Boverket (2024b). Fördelar med energieffektivisering.
<https://www.boverket.se/sv/energiguiden/varfor-energirenovera/fordelar/> [2026-04-16]

Boverket (2025a). Behov av bostadsbyggande 2024–2033.
<https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/bostadsmarknad/bostadsmarknaden/behov-av-bostadsbyggande/behov-2024/> [2026-05-25]

Boverket (2025c). Brandcellsindelning.
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/brandskydd/spridning-inom-byggnad/brandcellsindelning/> [2026-05-15]

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

Boverket (2025b). Vad är ett en- eller tvåbostadshus? https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/lov--byggande/anmalningsplikt/en_tvabostad/ [2026-05-05]

Boverket (2026). Energideklarationens innehåll. <https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/energideklarationens-innehall/> [2026-06-03]

Energimarknadsbyrån (2026b). Normal elförbrukning och elkostnad för lägenhet. <https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-elavtal-och-kostnader/elhandelsavtalet/elforbrukning/normal-elforbrukning-och-elkostnad-for-lagenhet/> [2026-05-04]

Energimarknadsbyrån (2026a). Normal elförbrukning och elkostnad för villa. <https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-elavtal-och-kostnader/elhandelsavtalet/elforbrukning/normal-elforbrukning-och-elkostnad-for-villa/> [2026-05-04]

Energimyndigheten (2019a). Elavbrott – vad gör jag nu? Råd till privatpersoner. ET 2019:8

Energimyndigheten (2019b). Värme i lägenheten vid elavbrott. ET 2019:11

Energimyndigheten (2019c). Värme i villan vid längre elavbrott. ET 2019:12

Energimyndigheten. (2024). Test av reservverk 2022 och 2023. <https://www.energimyndigheten.se/effektiv-energianvandning/tester/tester-a-o/test-av-reservverk-2022-och-2023/> [2026-05-05]

Energimyndigheten (2025). Råd inför köp av reservverk. <https://www.energimyndigheten.se/energiberedskap/hushall/elavbrott/reservverk--reservvarme/rad-infor-kop-av-reservverk> [2026-05-05]

Energival (2026) Solceller på villa – vad du behöver veta. <https://www.energival.se/kunskap/solceller-villa> [2026-05-18]

Hellgren, C.-G. & Adolphson, H. (2009). Ventilation i äldre byggnader. Stockholm: Statens fastighetsverk. <https://cms.sfv.se/Media/asgfhuc0/sfv-ventilation-i-aldre-byggnader-2009.pdf> [2026-04-21]

Helsingborgs stad. (2025). Vatten och avlopp. <https://helsingborg.se/bo-bygga-och-miljo/vatten-och-avlopp/> [2026-05-12]

Hemsol (2025). Hur stort batteri till solceller ska man ha? <https://hemsol.se/solceller/solcells batteri/dimensionering/> [2026-05-05]

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

Iarkov I., Fransson V., Johansson D., Janson U., Davidsson H. (2025). Building function, ownership, and space heating: Exploring adaptive reuse pathways in Swedish building stock. *Energy and Buildings*, Volume 345, 2025, 116108, ISSN 0378-7788,

Industrifakta (2017). Renoveringskompetens. Installationsföretagen och Sveriges Byggindustrier, finansiering av SBUF.

Jensen, A., Norford, L. and Grinham, J. (2020). Mass(ive) Timber: Examining the Thermally Massive Behavior of Mass Timber Construction, *Technology|Architecture + Design*, 4(2), pp. 186–199.

Johansson, D. (2005). Modelling Life Cycle Cost for Indoor Climate Systems. Doktor, Avdelningen för Byggnadsfysik. Lunds universitet.

Krisinformation (2024). Svar på vanliga frågor om VMA.

<https://www.krisinformation.se/detta-gor-samhället/vma-sa-varnas-allmänheten/faq/> [2026-04-14]

Krisinformation (2026). Dricksvatten vid kris.

<https://www.krisinformation.se/forbered-dig/hemberedskap/vatten-vid-kris/> [2026-05-26]

Kulturen (2018). Isoleringsmaterial. Kulturen i Lund.

<https://www.kulturen.com/wp-content/uploads/2018/02/Isoleringsmaterial.pdf> [2026-04-18]

Loeffler, C. & Spears, E. (2019). UPS basics: Everything you ever wanted to know about uninterruptible power supplies but were afraid to ask. Eaton.

<https://www.eaton.com/content/dam/eaton/markets/buildings/critical-power/documents/eaton-ups-basics-whitepaper-WP153005EN-en-gb.pdf> [2026-05-10]

Moderna avlopp. (u.å.) Kan man dricka regnvatten?

<https://modernaavlopp.se/kan-man-dricka-regnvatten/> [2026-05-26]

MR Ved (u.å.). Vedkalkylator.

<https://mrved.se/vedkalkylator/> [2026-04-22]

Myndigheten för civilt försvar (2024). Om krisen eller kriget kommer.

Myndigheten för civilt försvar (2025). Vanliga begrepp inom riskkommunikation.

<https://www.mcf.se/sv/amnesomraden/beredskap-for-kris-och-krig/risk--och-kriskommunikation/guide-for-riskkommunikation/begrepp-inom-riskkommunikation/vanliga-begrepp/> [2026-04-14]

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (2012). Brandfarliga vätskor i hem- och fritidsmiljö.

<https://rib.msb.se/filer/pdf/25569.pdf> [2026-04-28]

Beredskaps- och resiliensaspekter vid renovering av bostadsbyggnader

Nationellt renoveringscentrum vid Lunds tekniska högskola (LTH). (2019). SIREn – Nationell forskningsmiljö för hållbar renovering.

<https://www.renoveringscentrum.lth.se/projekt/siren> [2026-03-16]

NSVA. (2023). Vad händer med vatten och avlopp om elen försvinner?

<https://nsva.se/nyheter/vad-hander-med-vatten-och-avlopp-om-elen-forsvinner/> [2026-05-11]

Nässén, S. (2025) Höga elpriser – varför är elen dyr nu? Greenely.

<https://www.greenely.com/artiklar/hoga-elpriser> [2026-04-16]

PK Produkter. (u.å.). En guide till IBC-tankar.

<https://pk-produkter.se/guider/en-guide-till-IBC> [2026-05-17]

Regeringen (2024). Totalförsvaret 2025–2030: Prop. 2024/25:34. Stockholm: Försvarsdepartementet.

Rockwool (u.å.). Ytterväggar av trä.

<https://www.rockwool.com/se/produkter-och-konstruktioner/yttervagg/tra/> [2026-04-17]

Sachs, H.M. (2005). Opportunities for Elevator Energy Efficiency Improvements. American Council for an Energy-Efficient Economy. (ACEEE). Washington DC.

<https://www.aceee.org/sites/default/files/pdf/white-paper/elevators2005.pdf> [2026-05-11]

Samuelson, I. (2002). Byggde man bättre förr? Bygg & Teknik, nr 2, s. 13–19.

https://www.fuktcentrum.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/Publikationer/Bygg-Teknik/2_02_13.pdf [2026-04-18]

Sehic, S. (2018). Termisk komfort: Jämförelse mellan trä- och betongkonstruktioner. Examensarbete, Linköpings universitet.

<https://www.divaportal.org/smash/get/diva2:1579366/FULLTEXT02.pdf> [2026-04-27]

SMHI. (u.å.). Hur mäts nederbörd?

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/nederbord/hur-mats-nederbord> [2026-05-17]

Swedisol (u.å.). Mineralull är god isolering.

<https://swedisol.se/isolering/mineralull-ar-god-isolering> [2026-04-18]

VA SYD. (2022). Regnvattentunna.

<https://platsforvattnet.vasyd.se/atgard/skaffa-en-regnvattentunna/> [2026-05-17]

Von Sydow, G. (2019). Ren luft - en uråldrig historia. Rum nr 2/2019.

<https://www.locum.se/om-oss/var-historia/historierummet/ren-luft---en-uraldrig-historia> [2026-04-21]

Warfvinge, C., Dahlblom, M. (2010). Projektering av VVS-installationer. Studentlitteratur AB.

Waterloo, M.J., Arshad, R., de La Loma González, B., Soler Monente, G. (2025). Rainwater harvesting potential from photovoltaic energy systems in the Sahel. *Water-Energy Nexus*, Volume 8, Pages 115–131. ISSN 2588–9125.

Yu J., Dong Y., Wang T-H., Chang W-S., & Park J. (2024). U-Values for Building Envelopes of Different Materials: A Review. *Buildings*, 14(8), 2434.