



LUND UNIVERSITY

Mellan teknik, organisation och ekonomi

Dimensionering av försörjningsberedskap i den svenska fjärrvärmesektorn

Lantz, Emelie; Raquette, Tove; Hassel, Henrik; Sernhed, Kerstin; Dannbring, Peter

2026

Document Version:

Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Lantz, E., Raquette, T., Hassel, H., Sernhed, K., & Dannbring, P. (2026). *Mellan teknik, organisation och ekonomi: Dimensionering av försörjningsberedskap i den svenska fjärrvärmesektorn*. AFRY.

Total number of authors:

5

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Mellan teknik, organisation och ekonomi: Dimensionering av försörjningsberedskap i den svenska fjärrvärmesektorn

Emelie Lantz, AFRY Infrastructure AB

Tove Raquette, AFRY Infrastructure AB

Henrik Hassel, Avdelningen för riskhantering och samhällssäkerhet, Lunds universitet

Kerstin Sernhed, Institutionen för Energivetenskaper, Lunds universitet

Peter Dannbring, DHC-Advisory AB

Datum: 2026-06-12

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	5
1.1	Syfte	6
2	Bakgrund	6
2.1	Fjärrvärmebranschen	7
3	Metod	8
3.1	Datainsamling	8
3.2	Dataanalys	8
3.3	Studiens begränsningar	9
3.4	Etiska överväganden och hantering av säkerhetskänslig information	9
3.5	Avgränsning	10
4	Resultat	10
4.1	Teknisk försörjningsberedskap.....	11
4.1.1	Redundans och robusthetsåtgärder	11
4.1.2	Dimensionering av teknisk försörjningsberedskap	11
4.1.3	Systemsårbarheter och kritiska beroenden	12
4.1.4	Hot och externa risker.....	13
4.2	Bränsle- och materialförsörjning	13
4.2.1	Bränsleförsörjning och leverantörskedjor.....	14
4.2.2	Försörjning av kritiska komponenter och insatsvaror.....	15
4.3	Digital beredskap.....	16
4.3.1	Digitala hot och sårbarheter	16
4.3.2	Dimensionering av digital förmåga	17
4.4	Organisatoriska förutsättningar	18
4.4.1	Kompetens och bemanning	18
4.4.2	Övningsverksamhet	19
4.4.3	Krisledning och kommunikation	19
4.5	Samverkan	20
4.5.1	Operativ samverkan och informationsdelning	21
4.5.2	Strategisk samverkan och gemensam lägesbild	21
4.6	Ekonomiska förutsättningar, styrning och regelverk.....	22
4.6.1	Strategiska investeringsbeslut i relation till beredskap.....	22
4.6.2	Prioriteringar och handlingsutrymme vid störningar	23
4.6.3	Regelverk och handlingsutrymme.....	24
5	Diskussion	25
5.1	Utmaningar i dimensioneringen av försörjningsberedskap.....	25
5.2	Identifierade behov för stärkt försörjningsberedskap.....	27
5.3	Angreppssätt i arbetet med försörjningsberedskap	29
5.4	Åtgärder för att hantera identifierade utmaningar.....	30
5.5	Avslutande kommentarer.....	31

6	Slutsats	32
7	Referenser.....	32

Sammanfattning

Mot bakgrund av ett mer osäkert geopolitiskt omvärldsläge, ökad digitalisering och klimatrelaterade risker har frågor om energisystemens försörjningsberedskap fått ökad betydelse. Fjärrvärme utgör en samhällskritisk funktion av svensk energiförsörjning och spelar en central roll i klimatomställningen, samtidigt som systemen präglas av tekniska beroenden, komplexa leverantörskedjor och organisatoriska utmaningar. Denna rapport, som är en del av projektet Framtidssäkra fjärrvärmen, syftar till att analysera hur fjärrvärmeaktörer i praktiken arbetar med att dimensionera sin försörjningsberedskap.

Studien bygger på semistrukturerade intervjuer med representanter från fjärrvärmeorganisationer med varierande geografiska och organisatoriska förutsättningar. Materialet har analyserats genom induktiv kvalitativ innehållsanalys.

Resultaten visar att dimensionering av försörjningsberedskap i liten utsträckning sker genom explicita och systematiska processer. I stället växer beredskapen fram som en integrerad del av den dagliga driften, där tekniska lösningar, organisatoriska rutiner och erfarenhetsbaserade avvägningar tillsammans formar verksamhetens förmåga. Arbetet präglas i begränsad utsträckning av tydligt definierade scenarier eller fastställda förmågenivåer.

En central slutsats är att försörjningsberedskap inte kan förstås som en isolerad teknisk egenskap, utan som en systemegenskap som uppstår i samspelet mellan teknik, organisation och externa beroenden. Sårbarheten ligger därmed inte främst i de tekniska systemen i sig, utan i beroenden till exempelvis elförsörjning, vatten, bränsleleveranser och digital infrastruktur. Samverkan framträder som avgörande för att hantera dessa beroenden och upprätthålla drift vid störningar, men sker i stor utsträckning genom informella och personberoende nätverk snarare än genom formaliserade strukturer.

Mot denna bakgrund pekar resultaten på att ekonomiska och institutionella förutsättningar i praktiken sätter ramarna för vad som är möjligt att genomföra. Åtgärder som stärker robustheten – såsom redundans, lagerhållning och reservkapacitet – är ofta kostsamma och svåra att motivera inom befintliga affärsmodeller, vilket skapar en tydlig spänning mellan effektivitet och beredskap.

Sammantaget indikerar studien att dimensionering av försörjningsberedskap är en komplex, relationell och kontinuerlig process präglad av målkonflikter och externa begränsningar. Resultaten pekar på ett behov av utvecklade metodstöd som kan stödja aktörer i att mer explicit definiera förmågenivåer, analysera beroenden och hantera målkonflikter mellan kostnad, effektivitet och robusthet.

1 Inledning

Säker energiförsörjning utgör en grundläggande förutsättning för samhällets funktionalitet i både vardag och kris. Under de senaste åren har frågor om försörjningsberedskap fått ökad uppmärksamhet inom såväl samhällsdebatten som forskning. Försörjningsberedskap definieras som den verksamhet som syftar till att vid fredstida kriser och höjd beredskap säkerställa tillgången till varor och tjänster som är nödvändiga för befolkningens överlevnad, samhällsviktiga funktioner och det militära försvarets förmåga (SOU 2023:50). Internationellt betraktas energiförsörjning som en samhällskritisk funktion, där avbrott kan få långtgående konsekvenser för både befolkning, industri och näringsliv (Winzer, 2012; Cherp & Jewell, 2014).

Fjärrvärmesystem spelar en viktig roll, särskilt i regioner med kallt klimat (Werner, 2017). Mer än hälften av Sveriges bostäder och lokaler värms med fjärrvärme. Andelen är särskilt hög i flerbostadshus, där cirka 90 procent använder fjärrvärme (Energiföretagen, 2025). Systemen är ofta centraliserade, där värme produceras i ett fåtal anläggningar och distribueras till många användare men inom ett begränsat geografiskt område (ofta begränsat till en kommun men ibland del av en kommun eller sammankopplat över flera kommuner). Denna struktur ger betydande effektiviseringsfördelar men kan samtidigt innebära sårbarheter genom beroenden av centrala produktionsanläggningar och distributionsinfrastruktur (IEA, 2023; Energimyndigheten, 2016).

Under senare år har omvärldsförändringar, såsom exempelvis ökad digitalisering och globalisering, bidragit till att göra försörjningsberedskap till en alltmer komplex fråga. Dessa utvecklingstendenser innebär att sårbarheter inte enbart är tekniska, utan även organisatoriska, institutionella och marknadsmässiga (Jasiūnas et al., 2021). För fjärrvärmebolag innebär detta att teknisk robusthet, även om den är central, inte ensam är tillräcklig för att säkerställa långsiktig försörjningsberedskap och resiliens (Linkov & Trump, 2019). I stället krävs även välutvecklade organisatoriska rutiner, förstärkta samverkansformer mellan aktörer samt strategier som kan hantera både akuta störningar och långsiktiga strukturella förändringar i energisystemet (Priedniece et al., 2024).

Eftersom fjärrvärme är en central del av den gröna omställningen och en viktig komponent i framtida hållbara energisystem (Stock et al., 2024; Lund et al., 2014) finns ett behov av att säkerställa resilienta och konkurrenskraftiga systemlösningar. Tidigare forskning visar att fjärrvärmesystemens långsiktiga hållbarhet och konkurrenskraft påverkas av systemens robusthet och flexibilitet (Lake et al., 2017). Trots att fjärrvärme utgör en viktig samhällsfunktion finns det begränsad kunskap om hur branschen i praktiken dimensionerar sin försörjningsberedskap, d.v.s. hur aktörer arbetar för att upprätthålla värmeförsörjningen även vid störningar och kriser. Tidigare forskning om energisäkerhet har ofta fokuserat på elförsörjning och internationella beroenden (Winzer, 2012; Cherp & Jewell, 2014), medan fjärrvärmens särskilda utmaningar – såsom bränsleförsörjning, lokal infrastruktur och sektorsövergripande beroenden – fått mindre uppmärksamhet.

I takt med att energisystem blir alltmer komplexa och sammanlänkade ökar behovet av att förstå både de tekniska och organisatoriska dimensionerna av försörjningsberedskap (Jasiūnas et al., 2021; Pescaroli & Alexander, 2018). För att stärka fjärrvärmesektorns långsiktiga försörjningsberedskap krävs därför ökad

kunskap om befintliga arbetssätt och om de utmaningar som påverkar möjligheten att dimensionera beredskapen.

Denna rapport utgör en delleverans inom projektet *Framtidssäkra fjärrvärme – kunskapsuppbyggnad och metodutveckling för dimensionering av försörjningsberedskap på lokal nivå*, som finansieras av Energimyndigheten och genomförs av Lunds universitet, AFRY och DHC-Advisory. Rapporten syftar till att ge en översikt över hur fjärrvärmesektorn i praktiken arbetar med utveckling och dimensionering av försörjningsberedskap. Studien analyserar aktörernas arbetssätt, utmaningar, behov och metodval i syfte att bidra till en gemensam kunskapsbas för vidare utveckling av försörjningsberedskap inom fjärrvärmesektorn.

I denna studie används *dimensionering av försörjningsberedskap* för att beskriva hur fjärrvärmeaktörer i praktiken avgör vilken funktion verksamheten ska kunna upprätthålla vid olika typer av störningar, samt hur detta omsätts i tekniska och organisatoriska lösningar. Begreppet används för att synliggöra de avvägningar som görs mellan olika krav, såsom drifts- och leveranssäkerhet, kostnad, konkurrensförmåga på värmemarknaden och effektivitet, och hur dessa formar verksamhetens faktiska förmåga. Dimensionering förstås därmed inte enbart som en teknisk fråga, utan som något som växer fram i samspelet mellan teknik, organisation och yttre förutsättningar. Fokus ligger således inte på hur dimensionering bör ske, utan på hur den kommer till uttryck i fjärrvärmeaktörers vardagliga arbete.

Inom ramen för projektet genomfördes tidigare en systematisk dokumentkartläggning av försörjningsberedskapens styrning och tillämpning på nationell nivå och inom fjärrvärmesektorn (Lantz et al., 2026). Kartläggningen gav en övergripande bild av regelverk, hot- och sårbarhetsbilder samt identifierade strategier, men visade samtidigt på behovet av ökad förståelse för hur försörjningsberedskap hanteras i praktiken. Denna intervjustudie syftar därför till att komplettera den tidigare kartläggningen genom att belysa fjärrvärmeaktörers perspektiv, utmaningar och utvecklingsbehov.

1.1 Syfte

Syftet med studien är att utforska fjärrvärmeorganisationers erfarenheter och arbetssätt kring dimensioneringen av försörjningsberedskap med särskilt fokus på metoder, åtgärder, behov och utmaningar.

2 Bakgrund

Fjärrvärmesystemet är en uppvärmningslösning där värme produceras i en eller flera anläggningar och distribueras via ett nät av rörledningar till anslutna byggnader. Värmen genereras ofta genom förbränning av biobränslen, avfall, spillvärme från industrier eller värmepumpar, vilket gör fjärrvärme till en energieffektiv och resurseffektiv uppvärmningsform. Fjärrvärmeleveranserna i Sverige har under de senaste åren ökat, främst till följd av kallare väder, särskilt i norra Sverige. En betydande del av fjärrvärmen baseras på återvunnen energi, där exempelvis industriell restvärme och värme från avloppsreningsverk bidrar.

Fjärrvärme utgör en central del av Sveriges energiförsörjning och har sedan 1970-talet utvecklats till att bli en dominerande uppvärmningsform i många tätorter. Sverige hör tillsammans med flera andra länder i norra Europa till de länder där fjärrvärme har en särskilt hög utbredning (Werner, 2017). Vidare står det svenska energisystemet inför

betydande förändringar, där ökad elektrifiering och EU-politik påverkar utvecklingen av bland annat kraftvärme och fjärrvärme (Energimyndigheten, 2025). Fjärrvärmen verkar dessutom i en energimarknad där investeringar och ökade krav behöver balanseras mot ekonomisk effektivitet. I takt med att samhällets beroende av en fungerande energiförsörjning ökar har också frågor om resiliens och motståndskraft i energisystem blivit allt viktigare, särskilt mot bakgrund av ökade risker och störningar i moderna energisystem.

I takt med ett förändrat säkerhetsläge och ökade krav på skydd av samhällsviktiga verksamheter och funktioner har behovet av ökad kunskap och utvecklade metoder för säkerhets- och beredskapsarbete inom fjärrvärmesektorn blivit allt tydligare (Energimyndigheten, 2023). Parallellt ställs energiföretag inför ökade krav på samverkan med andra aktörer inom samhällsviktig verksamhet. Detta hänger samman med att kritiska infrastrukturer är allt mer ömsesidigt beroende av varandra samt att regelverk och styrning utvecklas inom både EU och nationell beredskapspolitik (SOU 2021:25). Det handlar även om att kunna hitta effektiva lösningar för god försörjningsberedskap vilket kan kräva samverkan och gemensamma investeringar. Mot denna bakgrund finns ett behov av ökad förståelse för hur försörjningsberedskap i praktiken hanteras inom branschen, vilka metoder som används samt vilka behov och utmaningar som präglar arbetet.

2.1 Fjärrvärmebranschen

Den svenska fjärrvärmebranschen kännetecknas av variation i både organisatoriska strukturer och tekniska förutsättningar. Verksamheten bedrivs av såväl mindre lokala aktörer som större nationella och internationella energibolag. En stor andel av fjärrvärmeföretagen är kommunalt ägda och har ofta ett tydligt lokalt samhällsuppdrag, medan andra drivs i privat regi eller som delar av större energikoncerner med verksamhet i flera länder (Energiföretagen, 2025). Dessa olika ägarformer kan påverka bland annat investeringsförutsättningar, affärsmodeller samt hur frågor om riskhantering och beredskap integreras i verksamheternas styrning.

Även de tekniska systemen varierar mellan olika fjärrvärmenät. Vissa system är små och geografiskt avgränsade, med ett begränsat antal produktionsenheter och små möjligheter till redundans. Andra utgör betydligt större och mer komplexa system med flera produktionsanläggningar, sammankopplade nät och möjligheter att omfördela värme mellan olika delar av systemet (Werner, 2017). Fjärrvärmesystem kan också skilja sig åt vad gäller produktionsstruktur och bränslemix, där vissa aktörer är starkt beroende av enskilda energikällor eller industriell spillvärme, medan andra har en mer diversifierad energiproduktion baserad på exempelvis biobränslen, avfall och kraftvärme (Lund et al., 2014). Detta innebär att förutsättningarna för driftsäkerhet, flexibilitet och hantering av störningar kan skilja sig avsevärt mellan olika fjärrvärmesystem.

Denna variation i organisatoriska och tekniska förutsättningar innebär att möjligheterna att dimensionera och upprätthålla försörjningsberedskap skiljer sig mellan olika fjärrvärmeaktörer. Mindre organisationer kan vara mer sårbara för exempelvis personalbortfall eller störningar i leveranskedjor såsom bränsleleveranser, medan större system ofta präglas av ökad teknisk komplexitet och fler externa beroenden (Energimyndigheten, 2016).

3 Metod

Studien har en explorativ och induktiv design och baseras på semistrukturerade kvalitativa intervjuer. Valet av en kvalitativ ansats motiveras av studiens syfte att undersöka hur fjärrvärmeaktörer arbetar med och resonerar kring dimensionering av försörjningsberedskap i praktiken. En sådan ansats möjliggör att fånga aktörernas beskrivningar, avvägningar och praktiska erfarenheter av beredskapsarbetet.

3.1 Datainsamling

Respondenterna valdes för att spegla olika systemutformning, såsom typ av ägandeskap (privat vs. offentlig), omfattning (småskalig med få anläggningar vs. storskalig med många anläggningar över flera kommuner), typ av bränslen som används, samt med olika geografisk placering i Sverige. Urvalet syftade till att fånga en bredd av erfarenheter och perspektiv på hur försörjningsberedskap dimensioneras och hanteras i praktiken på lokal nivå, snarare än att uppnå statistisk representativitet eftersom detta hade krävt ett betydligt större urval och därmed behov av att använda en annan metod för datainsamling. Urvalet bedömdes ge en tillräcklig variation för att belysa både återkommande mönster och skilda erfarenheter av försörjningsberedskap på organisationsnivå. Inledningsvis genomfördes även en explorativ intervju med en branschrepresentant för att skapa en övergripande förståelse för området och identifiera centrala frågeställningar. Denna intervju användes som underlag för att utveckla och fördjupa intervjuguiden inför datainsamlingen med fjärrvärmeorganisationerna, men ingår inte i det empiriska analysunderlaget.

Totalt genomfördes 14 intervjuer med sammanlagt 20 personer. I några fall deltog flera personer från samma organisation i samma intervju, som mest fyra respondenter samtidigt. Dessa intervjuer hade karaktären av gemensamma samtal där deltagarna kompletterade varandras resonemang utifrån olika roller och kompetensområden. Intervjuerna varade i genomsnitt 53 minuter.

Utöver representanter från fjärrvärmeföretag inkluderades även en respondent med lång erfarenhet av att ha arbete inom fjärrvärmebranschen. Respondenterna hade olika roller, från drift och produktion till ledning samt säkerhetsfunktioner. Detta upplägg möjliggjorde en belysning av olika arbetssätt och perspektiv. Intervjuerna genomfördes digitalt under 2025 och våren 2026 samt spelades in och transkriberades.

3.2 Dataanalys

Intervjumaterialet analyserades med kvalitativ innehållsanalys inspirerad av Graneheim och Lundman (2004). Efter transkribering lästes intervjuerna igenom upprepade gånger för att skapa en helhetsförståelse. Textavsnitt som var relevanta för studiens syfte identifierades som meningsenheter och kondenserades, varefter de kodades med korta, beskrivande etiketter som sammanfattade innehållet.

Analysarbetet genomfördes iterativt och flexibelt, där kodning och kategorisering utvecklades parallellt och användes som stöd för att strukturera materialet. I denna process jämfördes innehåll mellan intervjuerna, samtidigt som koder och kategorier omprövades och utvecklades löpande. Under arbetets gång grupperades koder med liknande innehåll till mer samlande kategorier, vilka därefter jämfördes för att identifiera övergripande teman som fångade återkommande mönster i intervjuerna. Analysen rörde sig därmed mellan delar och helhet för att säkerställa att de identifierade temana var förankrade i materialet. Analysen resulterade i sex teman.

För att tydliggöra analysprocessen presenteras i Tabell 1 ett konkret exempel på hur en meningsenhet successivt sorterats till kod, kategori och tema. På detta sätt möjliggör tabellen en koppling mellan det empiriska materialet och de tematiska resultat som presenteras i studien, samtidigt som analysen hålls på en nivå som fokuserar på övergripande mönster.

Tabell 1. Exempel på analysprocessen och kategorisering.

Meningsenhet	Kod	Kategori	Tema
"...vi jobbar med den frågan att kunna styra fjärrvärmens betydligt bättre än vad vi kunde för fem år sedan."	Styrbarhet i fjärrvärmesystem	Driftstabilitet	Teknisk försörjningsberedskap
"Det största hotet är ransomware."	Cyberhotbild	Digitala hot	Digital beredskap
"Vid störningar kan vi byta personal och komponenter på elsidan... borde finnas på fjärrvärmesidan."	Resursdelning mellan aktörer	Behov av aktörssamverkan	Samverkan

3.3 Studiens begränsningar

Studien har strävat efter trovärdighet genom att inkludera respondenter med olika roller, erfarenheter och organisatoriska förutsättningar. Användningen av citat syftar till att tydliggöra kopplingen mellan empiri och analys. Genom att synliggöra variation i urvalet och presentera resultaten på en analytisk nivå möjliggörs en viss överförbarhet, samtidigt som studien är kontextbunden och bör tolkas i relation till fjärrvärmesektorns specifika förutsättningar.

Analysen är beroende av forskarens tolkning, vilket har hanterats genom ett systematiskt och iterativt analysarbete. Studien har även vissa begränsningar. Antalet intervjuer är relativt begränsat och urvalet är inte statistiskt representativt, vilket innebär att resultaten inte kan generaliseras till hela branschen. Resultaten speglar i stället återkommande mönster i det analyserade materialet. Vidare bygger analysen på respondenternas beskrivningar, vilket innebär att praktiskt arbete och formella processer inte nödvändigtvis överensstämmer.

3.4 Etiska överväganden och hantering av säkerhetskänslig information

Studien berör försörjningsberedskap inom fjärrvärmesektorn, vilket innebär att intervjumaterialet delvis kan tangera säkerhetskänsliga aspekter av samhällsviktig infrastruktur. Mot denna bakgrund har särskild hänsyn tagits till forskningsetiska principer samt informationssäkerhet genom hela forskningsprocessen.

Inför intervjuerna erhöll samtliga respondenter information om studiens syfte, upplägg och hur det insamlade materialet skulle användas och hanteras. Deltagandet var frivilligt och baserades på informerat samtycke. Respondenterna informerades även om sin rätt att avstå från att besvara enskilda frågor eller avbryta sitt deltagande utan konsekvenser. Särskild betoning lades på att ingen information som omfattas av sekretess, säkerhetsskydd eller interna restriktioner skulle delas.

Datainsamlingen utformades för att hålla en övergripande och reflekterande nivå, med fokus på generella arbetssätt, erfarenheter och upplevda utmaningar snarare än enskilda tekniska detaljer, specifika anläggningar eller driftmässiga lösningar. Intervjufrågorna syftade till att fånga mönster och resonemang på branschnivå, snarare än att kartlägga enskilda systems utformning eller sårbarheter.

I analys- och rapporteringsfasen har materialet hanterats med ytterligare försiktighet. Resultaten presenteras i aggregerad form, där enskilda organisationer, geografiska platser och tekniska lösningar inte kan identifieras. Citat har valts med hänsyn till att undvika detaljer som kan kopplas till specifika anläggningar eller exponera driftmässigt känslig information. Studien har därmed genomgående balanserat behovet av analytisk fördjupning mot kravet på att inte synliggöra sårbarheter i samhällskritisk infrastruktur.

3.5 Avgränsning

Studien har ett explorativt och kvalitativt fokus och syftar till att analysera hur fjärrvärmeaktörer arbetar med och resonerar kring försörjningsberedskap. Den omfattar därmed inte en kartläggning av enskilda anläggningars tekniska utformning, kapacitet eller operativa beredskapsåtgärder.

Analysen är avgränsad till organisatoriska, strategiska och metodmässiga arbetssätt, med fokus på hur försörjningsberedskap förstås och hanteras i praktiken. Resultaten ska därför tolkas som en analys av återkommande mönster, utmaningar och förhållningssätt inom fjärrvärmesektorn, snarare än som underlag för driftmässig planering eller teknisk dimensionering i enskilda verksamheter.

4 Resultat

Under analysarbetet identifierades ett antal kategorier som fångar olika dimensioner av fjärrvärmeaktörernas arbete med försörjningsberedskap. För att skapa en tydlig och strukturerad överblick grupperades kategorierna till sex teman som representerar centrala och återkommande aspekter i materialet. Tabell 2 ger en översikt över de sex övergripande temana med underliggande kategorier som framkom i analysen. Analysen av intervjuerna visar att fjärrvärmeaktörer hanterar försörjningsberedskap genom en kombination av tekniska, organisatoriska och ekonomiska insatser. Arbetet präglas av lokala förutsättningar men också av gemensamma utmaningar, såsom digital sårbarhet, föränderliga omvärldskrav och beroenden av andra aktörer.

Tabell 2. Teman och kategorier från analysen.

Tema	Kategorier
Teknisk försörjningsberedskap	System-sårbarhet, Riskhantering/analys, Redundans, Reservkapacitet, Incidenthantering, Kritiska beroenden, Hot och risker
Bränsle- och materialförsörjning	Bränsleförsörjning, Bränslediversifiering, Bränslelager, Materiell försörjningsberedskap
Digital beredskap	Cyberhot, Digitala sårbarheter, Informationssäkerhet, Cybersäkerhet
Organisatorisk förmåga och bemanning	Bemanning, Kompetensförsörjning, Övning och lärande, Organisatoriska rutiner, Kommunikationsberedskap, Krigsplacering
Samverkan	Aktörssamverkan, Samordning, Externa beroenden, Gemensam lägesbild

Ekonomiska förutsättningar, styrning och regelverk	Ekonomiska förutsättningar, Investeringar, Strategisk planering och prioritering, Kundperspektiv, Regulatoriska krav
--	--

4.1 Teknisk försörjningsberedskap

Intervjuerna visar att teknisk försörjningsberedskap utgör en central del av fjärrvärmeaktörernas arbete med att upprätthålla förmåga vid störningar och kriser. Respondenterna beskriver hur redundans i produktion och distribution, hantering av tekniska sårbarheter samt anpassning till förändrade hotbilder tillsammans formar det praktiska arbetet med att stärka systemens robusthet och motståndskraft.

4.1.1 Redundans och robusthetsåtgärder

Resultaten visar att fjärrvärmeaktörer arbetar aktivt med att bygga redundans i både produktion och distribution för att säkerställa fjärrvärmeleveranser även vid större störningar. I intervjuerna framkommer att arbetet med redundans i stor utsträckning handlar om att identifiera kritiska delar av systemet. Respondenterna beskriver att vissa delar av distributionsnätet kan vara särskilt känsliga för störningar, eftersom avbrott där riskerar att påverka större delar av systemet. Arbetet med redundans handlar därför om att skapa tekniska lösningar som möjliggör omledning av flöden och hantering av störningar, exempelvis genom sektionering och parallella ledningar, i syfte att stärka systemets robusthet. Vid händelser som läckor eller produktionsbortfall används åtgärder som sektionering av nätet och avstängning av berörda delar för att begränsa konsekvenser och möjliggöra fortsatt leverans till andra delar av nätet.

Respondenterna beskriver även att incidenthantering utgör en central del av arbetet med att hantera störningar i systemet. Erfarenheter från tidigare större störningar beskrivs också ha bidragit till ett ökat fokus på tydliga rutiner och möjligheter att temporärt stärka värmeförsörjningen vid avbrott. Vidare lyfts sektioneringsplaner fram som ett viktigt verktyg för att upprätthålla försörjningen till delar av nätet samt för att kunna prioritera samhällsviktiga kunder vid störningar.

4.1.2 Dimensionering av teknisk försörjningsberedskap

Intervjuerna pekar också på att dimensionering av teknisk försörjningsberedskap i stor utsträckning beskrivs genom praktiska och tekniska avvägningar kopplade till drift och leveransförmåga. Respondenterna beskriver exempelvis hur produktionskapacitet planeras utifrån kalla vinterförhållanden, marginaler i effektbehov och behovet av att kunna hantera bortfall av produktionsenheter utan att värmeleveranser upphör. Dimensionering för extrema driftfall lyfts fram som en del av robusthetsarbetet. Flera respondenter beskriver att produktionskapaciteten planeras med inbyggda marginaler för att kunna upprätthålla leveransförmågan även vid större störningar eller bortfall av produktionskapacitet.

Även prioritering av samhällsviktiga kunder och möjligheten att upprätthålla drift under olika typer av störningar beskrivs som en del av arbetet med försörjningsberedskap. Samtidigt präglas resonemangen främst av robusthet, redundans och praktisk hantering av störningar. Intervjuerna innehåller i mindre utsträckning beskrivningar av formaliserade arbetssätt för att definiera eller fastställa vilken beredskapsförmåga systemen ska upprätthålla i olika scenarier.

4.1.3 Systemsårbarheter och kritiska beroenden

Intervjuerna pekar på att fjärrvärmesystemens tekniska sårbarheter främst är kopplade till ett antal kritiska punkter i både produktion och distribution.

Respondenterna beskriver hur systemens robusthet i stor utsträckning påverkas av exponering för störningar i centrala delar av distributionsnätet och specifika tekniska komponenter. Ett återkommande tema är att enstaka avbrott på fel plats kan få oproportionerligt stora konsekvenser, särskilt i ledningsnät som saknar alternativa flödesvägar eller där längre sträckor saknar redundans.

Flera lyfter även att driftstörningar ofta uppstår i samband med förändrade driftförhållanden, såsom snabba temperaturväxlingar eller övergångar mellan olika produktionskällor. Sårbarheterna syns inte bara i storskaliga händelser, utan även i komponenter, exempelvis ventiler, givare, fläktar eller pumpar, där enstaka fel kan få stora följd effekter om de inte upptäcks i tid. Det beskrivs att mycket av fjärrvärmens tekniska robusthet bygger på att dessa mindre komponenter fungerar, något som gör systemet känsligt för störningar i reservdelsförsörjning.

En annan aspekt gäller vattenförsörjningen, som beskrivs som en grundläggande förutsättning för fjärrvärmedriften. Vatten fungerar både som värmebärare i distributionssystemet och som en nödvändig resurs i produktionsanläggningar. Det beskrivs ett beroende av vattenförsörjning och framhåller de konsekvenser som kan uppstå vid störningar som påverkar vattenflödet. Detta gäller både vid akuta händelser, exempelvis föroreningar eller läckor, och i scenarier där kommunal infrastruktur drabbas av större störningar.

Intervjuerna visar också att systemsårbarheter ofta förstärks av beroenden till annan infrastruktur, framför allt elförsörjningen. Även kortare elavbrott kan stoppa cirkulationspumpar, styrsystem eller produktionsenheter, vilket innebär att värmeleveranser snabbt kan påverkas. Detta gör att fjärrvärmens robusthet i praktiken är starkt kopplad till elnätets driftsäkerhet. Respondenter beskriver att de har analyserat vilka delar av verksamheten som är mest känsliga för elavbrott, men att det fortfarande finns osäkerheter kring hur värmesystemet skulle påverkas vid ett mer omfattande eller långvarigt bortfall. Samtidigt framkommer att fjärrvärmens tekniska funktion inte enbart avgörs av produktion och nät, utan också av kunders mottagarförmåga. Fastigheternas fjärrvärmecentral, cirkulationspumpar, styrventiler och eventuell reservkraft i fastigheter påverkar om värmen faktiskt kan tas emot vid ett elavbrott.

”Blir det ett stort strömavbrott i xxx så kommer inte våra kunder att kunna ta emot så mycket värme heller. För de är beroende av i sina undercentraler av att pumpa och gå och de behöver också el”. – Intervju 2

I intervjuerna framkommer vidare att hanteringen av elberoendet är komplex och präglas av begränsningar. Reservkraft finns i viss utsträckning, men är inte alltid dimensionerad för att driva hela anläggningar utan används främst för styrsystem, pumpar eller enskilda enheter. Vissa aktörer arbetar med eller utreder dödnätsstart och ö-drift, men dessa lösningar beskrivs som komplexa och ännu inte fullt utvecklade.

4.1.4 Hot och externa risker

Respondenterna beskriver olika typer av yttre påverkan som kan hota verksamheten. Klimathot nämns som en risk, liksom scenarier där olyckor drabbar anläggningen direkt, exempelvis att ett flygplan kraschar in i byggnaden eller att kontrollrum börjar brinna. Dessa risker uppmärksammas ofta i samband med försäkringsfrågor, där försäkringsbolagen driver på för mer omfattande analyser av tänkbara händelser.

”Den gamla tiden är förbi, det är ett nytt. Där finns faktiskt människor som vill oss illa och det gäller att kunna titta och se det med de här glasögonen utan att skrämma upp oss, men också vara medveten att vi måste höja nivån”. – Intervju 12

En särskild risk som framkommer rör riktade angrepp mot energiinfrastruktur, något som aktualiserats av händelser i Ukraina där kraftvärmeanläggningar attackerats. En respondent uttrycker att det i ett sådant scenario är svårt att skydda sig helt, men att det går att reducera riskerna genom förstärkt skalskydd, ökad redundans och planer för snabb återställning. Å andra sidan påtalas att sårbarheten ofta ligger i själva nätets exponering, där vissa delar är mer åtkomliga och där relativt små ingrepp kan få stora konsekvenser.

”Vi har ju ledningar både i mark, men även på vissa ställen som är kanske mer tillgängliga än andra, och man kan ju störa mycket genom att öppna ventiler på fel ställe.” - Intervju 4

Utöver avsiktliga fysiska hot lyfts även klimatrelaterade påfrestningar som en återkommande extern källa till störningar i drift och distribution. Extrema temperaturer, nederbörds mängder och stormar i allt högre grad kan påverka både produktion och distribution. Vinterperioder med långvarig kyla skapar toppbelastningar som pressar systemets kapacitet och ställer högre krav på redundans i både pannor och nät.

”Inför kylan är vi alla lika.” - Intervju 9

Även höga temperaturer under sommaren beskrivs som en riskfaktor, inte minst för teknisk utrustning som är känslig för värmebelastning. Vissa respondenter nämner att längre värmeböljor skapat ökad påfrestning på kylsystem och styrutrustning, vilket i förlängningen kan leda till driftsstörningar. Stigande vattennivåer, ökad nederbörd och översvämningar lyfts också som potentiella hot mot fjärrvärmeanläggningar, särskilt de som är geografiskt placerade nära kuster, sjöar eller vattendrag. Respondenterna beskriver hur sådana händelser kan hota både byggnader, bränslelogistik och underjordisk infrastruktur.

4.2 Bränsle- och materialförsörjning

Intervjuerna visar att bränsle- och materialförsörjning utgör en central del av fjärrvärmeaktörernas försörjningsberedskap. Respondenterna beskriver hur arbetet präglas av avvägningar mellan flexibilitet, kostnader och tillgång till kritiska resurser, samt hur strategier för diversifiering, lagerhållning och samarbete används för att hantera osäkerheter i leverantörskedjorna.

4.2.1 Bränsleförsörjning och leverantörskedjor

En återkommande aspekt i intervjumaterialet är hur bränsleförsörjningen kan säkerställas under kris. Flera aktörer lyfter att fjärrvärmeproduktion historiskt haft en större flexibilitet, där exempelvis olja kunnat användas som reservbränsle. I takt med skärpta miljökrav och en omställning mot bibränslen och avfall har denna flexibilitet i vissa fall minskat, särskilt där alternativa bränslen fasats ut. Vidare arbetar man aktivt med att behålla eller utveckla bränsleflexibilitet, men utvecklingen har samtidigt ökat beroendet av vissa specifika bränslen, vilket kan skapa nya sårbarheter.

Det beskrivs att tillgången på bibränsle påverkas av internationell handel, importflöden och konkurrens om råvaror, vilket gör prisbilden och tillgången svår att förutse. Samtidigt krävs transporter till produktionsanläggningarna, vilket innebär att störningar i hamnar, vägnät eller bränsletillgång direkt kan stoppa produktionen. En respondent beskriver att "vi klarar oss inte långsiktigt – för det skulle krävas lager i skala av tankfartyg för att få en verklig uthållighet". Det illustrerar svårigheten att bygga robusthet enbart genom lagerhållning. En respondent beskriver att importen av bränslen sannolikt snabbt skulle påverkas vid en större kris, vilket skulle ställa höga krav på inhemsk skogsråvara och lokal bränsleförsörjning. Respondenten menar samtidigt att dagens system inte är uppbyggt för att fullt ut ersätta ett större bortfall av importerade bränslen:

"Importen stängs ju sannolikt direkt, så att då är det ju... vi har mycket egen skog, det har vi ju, men då måste det byggas upp det. Det finns inte." - Intervju 7

Strategierna som framträder handlar därför snarare om diversifiering än om stora lager. Flera aktörer arbetar med att utveckla pannor som tekniskt kan hantera fler bränsleslag, exempelvis genom att snabbt kunna växla mellan bibränsle, avfall eller olja vid behov. På så sätt kan man möta störningar i en leveranskedja med alternativ produktion. Andra beskriver långsiktiga inköpsavtal och partnerskap med leverantörer för att säkra volymer och stabilisera priser. Flera respondenter pekar också på att bränsleberedskap inte kan hanteras enbart genom enskilda bolags lager. I stället efterfrågas nationellt planerade flöden, exempelvis beredskap för ökat uttag av skogsbränsle, tillgång till omlastningsplatser och prioriterade transportkedjor.

Intervjuerna indikerar att bränsleförsörjningen inte enbart präglas av pris- och volymvariationer, utan också av strukturella sårbarheter kopplade till beroenden av enskilda leverantörer och begränsade marknader. Flera respondenter beskriver hur ökade bibränslepriser de senaste åren tydliggjort hur snabbt kostnadsläget kan förändras och hur långsiktiga relationer med leverantörer samtidigt kan skapa en exponering mot enstaka aktörer. Man arbetar därför aktivt med att bredda sin bränslemix och identifiera nya lokala flöden, men betonar att dessa alternativ i sig också kan vara instabila. Spillvärme framträder som ett viktigt komplement i vissa system, men också som ett externt beroende eftersom tillgången påverkas av andra aktörers produktion och drift. Bränsleförsörjningen framträder därmed som en central sårbarhet, där robustheten i hög grad påverkas av aktörer och flöden utanför den egna verksamhetens kontroll.

4.2.2 Försörjning av kritiska komponenter och insatsvaror

Intervjuerna visar att lagerhållning och tillgång till kritiska komponenter utgör en viktig del av försörjningsberedskapen. Samtidigt beskrivs möjligheterna att bygga upp större lager som praktiskt begränsade till följd av brist på tillgänglig mark, tillståndsfrågor samt tekniska och säkerhetsmässiga utmaningar, såsom brandrisk och nedbrytning av biobränslen. Lagerhållning används därför främst för att skapa kortare uthållighet och ökad flexibilitet snarare än fullständig självförsörjning.

Utöver bränsle framträder tekniska komponenter som en viktig del av försörjningsberedskapen. Långa leveranstider, förändrade standarder och utfasning av äldre utrustning gör att vissa reservdelar behöver lagerhållas lokalt eller delas mellan verksamheter. Det beskrevs att vissa aktörer arbetar med att identifiera komponenter med lång leveranstid, som fläkthjul eller delar till ångturbiner, och säkerställer att dessa finns nära till hands. Historiskt beskrivs fjärrvärmebranschen ha haft omfattande interna förråd, något som av kostnadsskäl avvecklats under senare decennier. Vidare betonas att beredskapen behöver vara integrerad i den dagliga driften för att vara meningsfull.

*"Vi vill ju ha en beredskap som vi använder i vardagen." –
Intervju 9*

Parallellt framträder även kemikalier som en sårbar del av försörjningskedjan. En respondent beskriver hur tillgången till vissa kemikalier är beroende av andra industriers produktion, vilket gör att fjärrvärmeaktörer indirekt påverkas av utvecklingen i andra sektorer. Detta beroende upplevs som svårt att påverka lokalt, vilket gör avtalsstrategier och samarbete mellan anläggningar särskilt viktiga.

En lösning beskrivs vara att skapa nätverk mellan verksamheter i olika delar av landet. En respondent har erfarenheter av att snabbt låna in komponenter, bränslen eller kemikalier från varandra vid akuta bristsituationer, exempelvis genom att skicka reservdelar med taxi över natten eller transportera komponenter från andra orter. Denna typ av praktiska samarbeten utgör en viktig del av den övergripande beredskapen; även om de i stor utsträckning vilar på tillit och informella relationer, kompletteras de ibland av ram- och leverantörsavtal som dock inte alltid är tillräckliga i krissituationer.

Det framhålls att fjärrvärmens robusthet i hög grad är beroende av tillgången till kritiska insatsvaror och funktioner, såsom elförsörjning. Beroendet av dessa funktioner, som i stor utsträckning ligger utanför fjärrvärmebolagens direkta kontroll, skapar sårbarheter i försörjningsberedskapen. En respondent uttrycker att vissa kravbilder och resonemang kring självförsörjning riskerar att bli svårhanterliga i praktiken, särskilt när de tolkas bokstavligt i planering för höjd beredskap.

"Dödnätsstart-förmåga och vatten och el, som är insatsvaror till alla fjärrvärmeanläggningar egentligen. (...) men om man ser att en verksamhet ska klara sig utan någon som helst insats från någon annan i två veckors tid, så betyder det att alla framöver som verkar i hela Sverige måste ha en fullständig egen förmåga. Produktion av vatten till att börja med och el." - Intervju 11

Flera respondenter beskriver hur man åter börjat bygga upp materiella beredskapslager. Tidigare har lagerhållningen minskat i takt med just-in-time-logik, men på senare år har detta omprövats. Idag ses materiallager – särskilt av komponenter som inte kan förväntas levereras omedelbart vid en kris – som en nödvändighet. Flera aktörer understryker dessutom att säkerheten i leveranskedjan inte kan garanteras i ett skarpt läge, även om det finns avtalade ledtider och kontraktsmässiga krav. En respondent beskriver hur logistiken snabbt kan falla om transporterna störs och hur beroendet av externa leverantörer därmed skapar en osäkerhet som inte går att reglera bort i avtal.

”Om de leverantörskedjorna stoppas, att vi inte kan få dem som vi förväntar oss få, kan man säga, och det spelar ingen roll att vi i kontrakten har skrivit att vi ska kunna få dem inom 24 timmar och sånt där.” - Intervju 1

4.3 Digital beredskap

Intervjuerna visar att den ökade uppkopplingen och integrationen mellan operativa system och IT-miljöer har skapat nya sårbarheter inom fjärrvärmeverksamheten. Samtidigt som digitala styr- och övervakningssystem möjliggör effektiv drift innebär de ett ökat beroende av IT-infrastruktur, externa tjänster och cybersäkerhet. Respondenterna beskrivs hur cyberhot, tekniska beroenden och erfarenheter av incidenter påverkar hur man arbetar med den digitala beredskapen.

4.3.1 Digitala hot och sårbarheter

Flera respondenter beskriver att ökad digitalisering har medfört nya sårbarheter i IT-infrastrukturen. IT-system används idag för styrning, övervakning och mätning i både produktion, distribution och kundnära funktioner, vilket innebär att störningar i systemen kan få snabb och omfattande påverkan.

”Det kan ju vara någon annan typ av organisation som bara vill, liksom få ut någon form av ransom eller någonting, och det är nog det största hotet” – Intervju 3

Flera respondenter nämner att det idag pågår ett systematiskt arbete med att kartlägga digitala system och analysera hur länge man klarar sig utan dem och vilka som måste prioriteras för att exempelvis återställa driften.

Cyberrelaterade angrepp ses som ett av de mest påtagliga hoten. Respondenter uppger att deras system utsätts för försök till intrång eller andra typer av cyberrelaterad påverkan på daglig basis. Även om de flesta angrepp stoppas, är hotbilden omfattande och i vissa fall har angripare kommit en bit in i systemen. Det finns en medvetenhet om att ett enskilt misstag från en medarbetare kan få allvarliga konsekvenser. Därför framhålls fortlöpande utbildning för samtliga medarbetare som en central del av försörjningsberedskapen.

Cyberhot betraktas även som mycket sannolika. Hotbilden omfattar scenarier som digitala attentat eller sabotage mot anläggningar. Mot denna bakgrund betonade flera respondenter behovet av att stärka den digitala robustheten, bland annat genom att exempelvis hantera IT i egen regi i större utsträckning för att behålla kontrollen. Det

framkom även behov av att stärka den organisatoriska förmågan att agera vid digitala störningar. Det handlar bland annat om att öka antalet övningar med fokus på IT-incidenter, att utveckla alternativa manuella arbetsmetoder, samt att se över möjligheten till reservkraft och batteribackup för kritisk digital utrustning. Även erfarenheter från andra länder och branscher beskrevs som stöd i detta arbete.

Enligt respondenterna är styr- och reglerutrustningen i fjärrvärmesystemen i hög grad beroende av digitala styrsystem. När dessa system kopplas samman med externa nätverk, fjärråtkomstlösningar eller andra digitala miljöer uppstår potentiella angreppsvägar, vilket enligt respondenterna understryker vikten av att beakta cybersäkerhet vid nyinvesteringar och systemuppgraderingar.

IT-incidenter beskrevs ha blivit tydliga väckarklockor för organisationerna. Det har lett till ett ökat fokus på att stärka rutiner, göra mer systematiska informationssäkerhetsanalyser och se över hur kritiska system skyddas vid både vardagsstörningar och mer avancerade hot. Respondenterna lyfter särskilt behovet av fortlöpande utbildning, eftersom personalens beteenden uppfattas som en av de mest avgörande faktorerna för att förebygga digitala intrång. De betonar också vikten av att öva scenarier där digital styrning faller bort, eftersom även mindre incidenter kan få omfattande konsekvenser när driften är starkt beroende av uppkopplade och fjärrstyrda lösningar.

4.3.2 Dimensionering av digital förmåga

Intervjuerna visar att digital beredskap i praktiken påverkar hur aktörerna prioriterar olika delar av verksamheten vid störningar. Arbetet med att kartlägga systemens kritiska funktioner används bland annat för att avgöra vilka funktioner som behöver kunna upprätthållas manuellt och vilka digitala system som måste prioriteras för att återställa driften.

“Vi jobbar mycket med hur man tekniskt kan skydda sig mot cyberangrepp och olika vägar in och se till att det inte finns en sårbarhet i våra IT-system”. – Intervju 11

Samtidigt lyfts beroenden till externa system och exempelvis fastighetsägarnas tekniska lösningar som faktorer som påverkar hur beredskapen utformas, eftersom säkerhetsnivån i dessa miljöer ligger utanför den egna organisationens direkta kontroll. Digital beredskap framträder därmed som nära kopplad till hur verksamheten planerar för att kunna fortsätta driften även när digital styrning eller uppkoppling tillfälligt faller bort.

Flera respondenter beskriver också hur digitala beroenden påverkar hur redundans och prioriteringar byggs in i vardagsdriften. Det handlar exempelvis om att identifiera vilka funktioner som behöver kunna styras lokalt vid bortfall av uppkoppling, vilka delar av systemet som kräver fysisk närvaro i anläggningen och hur snabbt personalen behöver kunna växla från automatiserad till manuell drift. I materialet framkommer att vissa aktörer medvetet försöker minska beroendet av externa leverantörer eller molnbaserade lösningar för kritiska funktioner, medan andra fokuserar på att utveckla rutiner för att hantera störningar när digitala tjänster ligger utanför den egna kontrollen.

4.4 Organisatoriska förutsättningar

Intervjuerna pekar på att organisatoriska faktorer utgör en central del av fjärrvärmeverksamheternas försörjningsberedskap. Respondenterna beskriver hur kompetensförsörjning, interna arbetssätt, övningsverksamhet och krisledningsstrukturer tillsammans påverkar organisationernas möjlighet att upprätthålla drift under både vardagliga störningar och krissituationer.

4.4.1 Kompetens och bemanning

Intervjuerna visar tydligt att personalen betraktas som en av de mest avgörande faktorerna för att fjärrvärmeverksamheten ska kunna upprätthållas i både vardag och kris. Flera respondenter beskriver hur rekrytering och kompetensförsörjning i praktiken är en långsiktig process. En respondent beskriver att nyanställda i drift- och kontrollfunktioner förväntas inte bidra fullt ut förrän efter en längre upplärningsperiod. Under det första året räknas de inte som en del av den ordinarie styrkan, utan som en resurs under utbildning. Det innebär att även om rekryteringen lyckas, återstår en period av ökad sårbarhet innan den faktiska driftförmågan stärks.

Det framkommer att organisationens struktur och storlek påverkar hur snabbt beredskapsrelaterade beslut kan omsättas i praktiken. En respondent beskriver hur en mindre organisation möjliggör direkta kommunikationsvägar mellan ledning och produktion, vilket skapar korta beslutsvägar och en snabb återkoppling mellan strategiska mål och operativa förutsättningar. Denna närhet mellan funktioner upplevs bidra till en mer dynamisk hantering av risker och sårbarheter, där information från driftmiljön snabbt kan omsättas i organisatoriska prioriteringar.

En annan aspekt som framträder är den breda kompetens som krävs för att driva en anläggning, t.ex. ett kraftvärmeverk. Respondenterna påpekar att det inte räcker med att "det brinner i pannan", utan att tekniska system, styrsystem och detaljer i periferin kan avgöra om anläggningen fungerar eller stannar. Det innebär att kompetensen inte bara handlar om att bemanna kontrollrummet, utan om att förstå helheten och de små komponenter som kan stoppa driften. Detta ökar beroendet av specialiserad personal, vilket i sin tur gör verksamheten sårbar om dessa personer inte är tillgängliga.

Risker för personalbortfall tas också upp i intervjuerna. Sjukdom, olyckor eller hög frånvaro kan snabbt påverka driften, och i ett krigsläge kan delar av personalen dessutom vara krigsplacerad på andra håll än i den egna verksamheten. Detta väcker frågan om hur många av de nuvarande medarbetarna som faktiskt skulle finnas tillgängliga vid ett skarpt läge, och om organisationen kan upprätthålla driften med de resurser som då finns.

"Så mycket med pumpar och allt möjligt så har man en viss redundans, eller ganska mycket på kritiska funktioner, men man kanske inte har redundans på personal och där är många specialkompetenser". – Intervju 4

Intervjuerna visar att krigsplacering har blivit en mer konkret och framväxande del av beredskapsarbetet. Flera respondenter beskriver att organisationerna påbörjat eller intensifierat arbete med att identifiera vilken personal som behöver krigsplaceras inom den egna verksamheten, samtidigt som det finns osäkerhet kring medarbetare som kan vara krigsplacerade på andra håll. Hanteringen beskrivs dock fortfarande som delvis otydlig och under utveckling, vilket bidrar till osäkerhet kring vilken kompetens och bemanning som faktiskt kan förväntas finnas tillgänglig i ett skarpt läge. För att

minska beroendet av enskilda individer arbetar flera organisationer med att sprida kunskap och bygga redundans även i kompetensen. Det handlar om att fler personer lär sig kritiska moment och att det finns beredskap för att täcka upp vid frånvaro. Några beskriver arbetssätt där man medvetet kartlägger vilka kunskaper som finns i organisationen, vilka som är beroenden, och hur dessa kan förstärkas genom internutbildning.

4.4.2 Övningsverksamhet

Övningar framhålls som en viktig del av kompetensförsörjning. Respondenterna beskriver att verksamheten i vardagen ofta hanterar mindre kriser, exempelvis strömavbrott eller tekniska störningar, och att detta skapat en god vana i att agera snabbt vid problem. Dessa händelser fungerar som en slags "vardagsövningar" där personalen fortlöpande tränas i att hitta lösningar och hålla igång driften. Övning beskrivs som avgörande för att skapa robusthet och trygghet i organisationen. Genom att stegvis höja kompetensen, från individnivå till avdelning och vidare till hela organisationen, säkerställs att alla vet sina roller och kan agera effektivt under kris. Övningar gör det möjligt att testa prioriteringar, identifiera sårbarheter och samordna resurser med externa aktörer. Utan praktisk träning riskerar planer att stanna på papper, medan regelbundna övningar bygger förmåga, flexibilitet och förtroende inför verkliga utmaningar.

Samtidigt framkommer att mer systematiska övningar behövs för att möta större händelser, särskilt scenarier som ligger utanför den dagliga erfarenheten. Flera lyfter att IT-relaterade störningar är ett område där övningsverksamheten ännu är otillräcklig. Att hantera situationer där styrsystemen inte fungerar, eller där kontrollrummet är utslaget, ses som avgörande men också som svårt att träna på. En respondent uttryckte tveksamhet till om organisationen i dagsläget skulle klara att styra driften helt från alternativa platser om kontrollrummet slogs ut.

Det betonas också att övningar behöver inkludera fler aktörer än bara den egna organisationen. Samövningar med kommunen, räddningstjänst och andra energibolag lyfts fram som exempel på hur man kan bygga upp en gemensam förståelse för roller och ansvar vid större störningar.

En annan aspekt som lyfts är behovet av att variera övningarnas omfattning. Det kan handla om allt från skrivbordsövningar med scenarier och prioriteringar till praktiska övningar där personalen faktiskt genomför åtgärder i anläggningen. På så sätt får man både en strategisk förståelse och en konkret erfarenhet av hur systemet kan styras manuellt eller via alternativa vägar.

"Det är att ha en mental mognad och en mental förmåga att bara säga att, ja, nu är läget så här. Nu gör vi det bästa vi kan av den här situationen och vi hanterar utifrån de strukturer och organisationer som vi håller på och bygger upp". – Intervju 13

4.4.3 Krisledning och kommunikation

Krisledningen beskrivs som ett stöd för driftpersonalen snarare än en ersättning för deras ansvar. En respondent uttrycker att "ingen annan kan driva ett kraftvärmeverk", men att krisledningen kan skapa förutsättningar genom att etablera en gemensam lägesbild, prioritera resurser och samordna kontakter med externa aktörer. I intervjuerna framkommer det att krisledningsorganisationen har en viktig roll i att hantera prioriteringar vid störningar. En respondent beskriver hur de första åtgärderna

vid större avbrott kan handla om att stegvis reducera energileveransen för att stabilisera systemet:

”Så det beror ju på hur stora avbrott det handlar om. Men i ett första stadie är det att gå ner i temp.” - Intervju 10

Å andra sidan framhålls att möjligheten att leverera värme inte enbart beror på produktionen utan också på kundernas tekniska förutsättningar. Vid större störningar kan inte alla kunder ta emot full värme, vilket innebär att leveransen måste reduceras och fördelas utifrån både tekniska begränsningar och organisatoriska prioriteringar:

”Och kanske också att du inte levererar fullt lika mycket värme, för alla kunder kanske inte kan ta emot.” - Intervju 6

Detta visar att prioriteringar i kris inte enbart är organisatoriska beslut, utan formas i ett samspel mellan organisatoriska överväganden och systemets tekniska begränsningar, såsom nätets uppbyggnad och kundernas mottagningsförmåga. Mindre störningar hanteras normalt av den operativa verksamheten, medan större händelser kräver att särskilda krisledningsfunktioner aktiveras för att samordna resurser, fatta prioriteringsbeslut och hantera externa kontakter.

Respondenterna betonar att tydliga beslutsvägar och definierade roller är avgörande för att minska osäkerhet och möjliggöra snabb och koordinerad hantering i pressade situationer. Det framgår att dessa strukturer inte är statiska, utan stegvis utvecklas i takt med en förändrad hotbild, där exempelvis digitala angrepp och långvariga försörjningsstörningar ställer nya krav på organisationens anpassningsförmåga.

Intervjuerna visar att kommunikation utgör en central del av den organisatoriska beredskapen, både som operativ funktion och som förutsättning för samordning vid störningar. Flera respondenter beskriver hur den dagliga verksamheten i hög grad är beroende av fungerande kommunikationssystem, särskilt telefoni och digitala lösningar, för att möjliggöra koordinering mellan produktion, distribution och fältpersonal. Samtidigt framträder denna beroendeställning som en tydlig sårbarhet, då även mindre avbrott snabbt påverkar verksamhetens förmåga att agera. För att hantera detta har vissa aktörer infört alternativa kommunikationslösningar, såsom analoga radiosystem, som kan användas vid bortfall av ordinarie infrastruktur.

Kommunikation framstår också som avgörande i krisledning och prioriteringsarbete, där tydlig informationsspridning både internt och externt lyfts som en förutsättning för att skapa förståelse för beslut och upprätthålla förtroende. Flera betonar behovet av uppdaterade kontaktlistor, etablerade kommunikationsvägar och tydliga rutiner för informationshantering, särskilt i situationer där ordinarie system inte är tillgängliga. Kommunikationen beskrivs som en organisatorisk och beteendemässig utmaning, där förmågan att nå ut med information och säkerställa att den faktiskt tas till sig är avgörande.

4.5 Samverkan

Samverkan utgör en viktig del av fjärrvärmeaktörernas försörjningsberedskap. Respondenterna beskriver hur relationer till andra samhällsviktiga aktörer, myndigheter och regionala organisationer påverkar både den operativa hanteringen av störningar och den långsiktiga planeringen av beredskap. Samverkan framträder därmed inte enbart som ett stöd i kris, utan som en integrerad del av hur hotbilder tolkas, lägesbilder byggs och hur beredskapsförmåga skapas och upprätthålls.

4.5.1 Operativ samverkan och informationsdelning

Intervjuerna visar att samverkan med andra aktörer ofta är avgörande för att hantera störningar och säkerställa en robust värmeförsörjning. Vid akuta driftstörningar framträder en bild av att samarbete mellan fjärrvärmebolag och andra aktörer ofta fungerar väl. Personliga kontakter och tidigare relationer lyfts som en viktig förklaring till detta samarbete och beskrivs som ett praktiskt stöd i pressade situationer.

Å andra sidan är dessa informella strukturer inte tillräckliga för att ge långsiktig robusthet. Respondenterna beskriver ett tydligt behov av mer formaliserade samverkansformer, såsom återkommande mötesforum, gemensamma riskanalyser och scenariobaserade övningar. Tidigare incidenter har visat att bristande formalisering kan leda till otydlighet i roller och ansvar, särskilt när många aktörer måste agera samtidigt. Detta gäller inte minst samverkan med andra infrastruktursektorer, såsom elförsörjning och elektroniska kommunikationer. Intervjuerna visar att störningar i dessa system kan få direkta konsekvenser för fjärrvärmeverksamheten, samtidigt som bristande samordning riskerar att försvåra hanteringen av större händelser där flera aktörer påverkas samtidigt.

”Vi har ju på el elsidan ett system där vi där vi vid störningar så kan vi byta personal och komponenter med varandra. Det tycker jag vi borde ha på fjärrvärmesidan också.” – Intervju 8

Samverkan med elnätbolag lyfts som särskilt viktig, vilket hänger samman med fjärrvärmeverksamhetens kritiska beroende av elförsörjningen. Flera respondenter framhåller att värmeleveransen i praktiken är beroende av att elnätet fungerar, eftersom både produktion och fastigheternas interna system kräver el för att driva pumpar och styrutrustning. Detta gör att fjärrvärmens robusthet i hög grad påverkas av elnätsaktörernas förmåga, och respondenterna efterfrågar därför fler gemensamma övningar för att utveckla realistiska planer för kris- och avbrottsscenarier.

En ytterligare aspekt rör informationsdelning. Säkerhetsskyddslagen har på senare år påverkat hur kartmaterial och teknisk information får delas, vilket i sin tur påverkar hur externa entreprenörer och kommunala förvaltningar kan planera grävarbeten och andra åtgärder i närheten av fjärrvärmesystemet. Respondenterna beskriver att detta ökar behovet av tydliga rutiner för informationsdelning, särskilt i akuta lägen där snabb samordning är avgörande. Samverkan med kommunen kring fysisk planering och risk- och sårbarhetsanalyser lyfts som ett viktigt verktyg för att identifiera och förebygga risker innan de leder till störningar.

Flera respondenter beskriver att fjärrvärmeverksamheten är starkt beroende av omgivande aktörer och infrastrukturer. Samverkan framstår därmed som en central del av försörjningsberedskapen. Samtidigt uttrycker respondenterna att dagens samarbete i hög grad bygger på personliga kontakter och informella nätverk, och att det finns behov av mer formaliserade processer för att stödja långsiktig gemensam förmågeutveckling.

4.5.2 Strategisk samverkan och gemensam lägesbild

Pandemin beskrivs som en väckarklocka som synliggjorde sårbarheter i bränsleförsörjning, leveranser och prisstabilitet, vilket bidrog till att stärka samverkansarbetet både internt och externt. Parallellt utvecklades arbetssätt för gemensam hotbedömning där sabotagehot, effektbrist och förändringar i omvärldsläget löpande analyserades tillsammans med andra aktörer. Respondenter

framhöll särskilt betydelsen av regional samverkan mellan näringsliv, kommuner, myndigheter och försvarsmakt, där delade lägesbilder blivit centrala för hur beredskapen planeras och dimensioneras.

"Vi jobbar jättemycket med omvärldsbevakning och samverkan mellan många aktörer..... Så vi har väldigt goda lägesbilder och de är ju alltså dimensionerande för hur vi utformar vår beredskap" - Intervju 14

Respondenterna lyfter också vikten av att utveckla hur branschen delar erfarenheter av incidenter, såsom cyberangrepp eller störningar i leveranskedjor, eftersom lärdomar från andra aktörers händelser anses mycket värdefulla men idag ofta sprids informellt. Tydligare och mer formaliserade former för samverkan önskas, där gemensamma forum, scenariobaserade övningar och delade analyser kan bidra till att minska beroendet av individuella kontakter och skapa ett mer robust samarbete över tid.

Från intervjuerna framkommer en koppling mellan gemensam hotbedömning och hur beredskapen dimensioneras. Arbetet med försörjningsberedskap utgår från hur hotbilden tolkas och värderas, där omvärldsbevakning och myndighetsinformation används för att avgöra vilka åtgärder som är relevanta att genomföra. Lägesbilden beskrivs därmed inte enbart som ett stöd för planering, utan som en direkt styrande faktor för ambitionsnivå och prioriteringar i beredskapsarbetet. Detta visar hur samverkan kring hotbild och informationsdelning kan fungera som ett dimensionerande verktyg snarare än enbart ett forum för dialog.

Respondenterna beskriver därmed en utveckling där samverkan inte enbart handlar om informationsutbyte eller koordinering vid händelser, utan om att skapa gemensamma ramar för hur risker förstås och hur beredskapen utformas över tid. Genom delade lägesbilder och fortlöpande omvärldsbevakning blir samverkan ett sätt att omsätta osäkerhet i konkreta prioriteringar, vilket påverkar både organisatoriska beslut och tekniska åtgärder i försörjningsberedskapen.

4.6 Ekonomiska förutsättningar, styrning och regelverk

Intervjuerna visar att ekonomiska förutsättningar, styrning och regelverk i hög grad påverkar hur fjärrvärmeaktörer planerar och dimensionerar försörjningsberedskap. Respondenterna beskriver hur affärsstrategier, prioriteringsprinciper och lagar tillsammans formar både handlingsutrymmet och de praktiska avvägningar som görs vid störningar och kriser.

4.6.1 Strategiska investeringsbeslut i relation till beredskap

Att öka redundans i produktion och distribution är många gånger en integrerad del av affärsstrategin, där både ekonomiska och beredskapsmässiga överväganden vägs samman. Beslut om investeringar i redundans fattas med hänsyn till både lönsamhet och försörjningsberedskap. Flera respondenter lyfter att driftsäkerhet är en del av affärens kärna, särskilt eftersom fjärrvärme utgör en samhällskritisk funktion. Ett återkommande tema är dock osäkerhet kring finansiering av beredskap, där varken kunder, företag eller stat tydligt bär kostnadsansvaret.

Flera respondenter beskriver hur ekonomiska och affärsmässiga överväganden påverkar investeringsbeslut med betydelse för försörjningsberedskapen. Ett

Återkommande inslag är centralisering av produktionen, där mindre lokala anläggningar avvecklas till förmån för större och mer effektiva produktionsenheter. Strategin motiveras främst av ekonomiska och affärsmässiga överväganden, men respondenterna beskriver samtidigt hur koncentrationen av produktionen kan öka sårbarheten vid driftstörningar, bränslebortfall eller antagonistiska hot mot centrala anläggningar och styrsystem. Flera beskriver därför ett behov av att utveckla alternativa lösningar och redundans för att kunna upprätthålla leveransen även vid bortfall av central produktionskapacitet. Samtidigt framhålls att det ekonomiska handlingsutrymmet är begränsat, med små marginaler och låg acceptans hos kunder för prishöjningar, vilket uppges hämma investeringar i beredskap.

I takt med att produktionen koncentreras till färre anläggningar ökar också beroendet av specifika bränslen, exempelvis biobränsle. Respondenterna beskriver att detta påverkar hur investeringar i produktionsteknik och anläggningar planeras, eftersom val av pannor och bränslesystem kan skapa långsiktiga beroenden till vissa bränslen. Flera aktörer lyfter därför vikten av att i investeringsbeslut beakta hur bränslemixen påverkar försörjningsberedskapen. Diskussioner förs exempelvis om möjligheten att bygga anläggningar som kan hantera flera bränslen eller att skapa tekniska förutsättningar för att snabbt växla mellan olika bränsleslag vid störningar i leveranskedjorna.

Bränsleberedskap är en central del av den ekonomiska planeringen, särskilt då bränslekostnader utgör en stor andel av driftskostnaderna. I vissa fall används fleråriga inköpsstrategier för att säkra volymer och priser på bränsle, men utvecklingen mot ensidigt beroende av ett bränsleslag, exempelvis biobränsle, ökar sårbarheten. Historiskt har alternativa bränslen, som olja, funnits tillgängliga för att hantera störningar i leveranskedjorna, men detta har delvis avvecklats av miljöskäl. Respondenterna framhåller vikten av att återinföra viss teknisk och logistisk möjlighet att använda alternativa bränslen för att kunna möta marknadsstörningar och politiska förändringar.

Investeringar i fjärrvärmeinfrastruktur beskrivs som kapitalkrävande och långsiktiga – ett projekt kan kosta flera miljarder. Vidare upplevs de politiska spelreglerna som osäkra, särskilt i relation till EU:s energipolitik och förändrade klassificeringar av vad som betraktas som förnybart. Det gör det svårt att fatta långsiktiga beslut. Flera aktörer efterlyser därför mer stabila och långsiktiga riktlinjer från statligt håll för att kunna ta höjd för framtida krav.

4.6.2 Prioriteringar och handlingsutrymme vid störningar

Ett återkommande ämne i intervjuerna är hur olika kundgrupper ska prioriteras vid störningar i värmeleveransen. Samhällskritiska verksamheter, såsom sjukhus och äldreboenden, är i regel väl identifierade och omfattas av särskilda rutiner. Det framkommer att beredskapen för den bredare kundbasen ofta är mindre tydligt formaliserad. Några respondenter lyfter därför behovet av att identifiera ytterligare verksamheter eller områden som kan vara särskilt känsliga vid längre avbrott.

Intervjuerna visar också att möjligheten att upprätthålla värmeleveranser inte enbart beror på fjärrvärmeproduktionen, utan även på kundernas tekniska förutsättningar. Vid ett större elavbrott kan många fastigheter exempelvis inte ta emot värme eftersom pumpar och styrsystem i centralerna kräver el för att fungera. Detta har i vissa fall lett till diskussioner om samarbete med fastighetsägare, exempelvis bostadsrättsföreningar, kring reservkraft eller andra lösningar för att säkerställa att värmesystemen kan upprätthållas även vid elbortfall. Några respondenter beskriver

samtidigt att viss värmecirkulation i vissa fall kan fortsätta även utan el, genom så kallad själv-cirkulation, men att detta uppfattas som osäkert och beroende av hur systemen är utformade.

Prioriteringar framstår därmed som en central del av hur fjärrvärmeaktörer planerar sin beredskap. Respondenterna beskriver att verksamheten i stor utsträckning styrs av både interna riktlinjer och nationella regelverk, vilka tillsammans formar handlingsutrymmet vid störningar och kriser. I flera fall beskrivs arbetet ske stegvis, där leveranser successivt anpassas efter störningens omfattning. Vid mindre störningar hanteras situationen inom ordinarie drift, medan mer omfattande händelser kan innebära att vissa funktioner reduceras för att säkerställa att kärnuppdraget – leverans av värme – kan upprätthållas.

I mer allvarliga situationer framhålls vikten av att kunna prioritera samhällskritiska kunder. Samtidigt som dessa oftast är kartlagda och omfattas av särskilda rutiner uttrycker flera respondenter en osäkerhet kring hur prioriteringar ska göras i mer omfattande krissituationer där regelverk, tillstånd och driftföreskrifter kan förändras snabbt. Frågan om hur exempelvis miljötillstånd eller andra regulatoriska krav ska hanteras i sådana lägen lyfts som ett område där förutsättningarna upplevs otydliga.

"...hur hade det blivit i en, till exempel en krigssituation eller något där, vad händer då med våra miljötillstånd?" -

Intervju 5

4.6.3 Regelverk och handlingsutrymme

Respondenterna beskriver också att prioriteringar måste harmoniseras med de tekniska förutsättningarna. Även om styrningen anger vilka kunder som ska prioriteras, innebär systemens fysiska utformning att värme inte alltid kan styras eller fördelas exakt enligt önskemål. Här blir sektioneringsplaner, särskilda inkopplingspunkter och möjligheten att ansluta tillfälliga eller mobila värmeanläggningar viktiga verktyg för att kunna isolera delar av nätet och hålla kritiska områden i drift. Flera betonar att sådana tekniska lösningar behöver integreras med styrningens principer för att prioriteringar ska kunna genomföras i praktiken.

Utöver operativa prioriteringar lyfter flera respondenter att styrningen på nationell nivå upplevs som föränderlig och ibland otydlig. Förändringar i regelverk – exempelvis kopplade till säkerhetsskydd, klassning av verksamheter eller EU-regleringar – påverkar långsiktiga investeringsbeslut och kan skapa osäkerhet kring vilka krav som kommer att gälla framöver. Detta gäller särskilt frågor som rör bränsleanvändning, miljötillstånd och klassificering av verksamhetens kritikalitet. Några aktörer uttrycker en oro för att alltför snabba eller otydliga regeländringar riskerar att försvåra investeringar i robusthet. En respondent uttrycker att även om viljan att stärka robustheten finns i branschen, saknas de strukturella förutsättningarna som krävs för att utvecklingen verkligen ska ta fart.

"Jag tror att förmåga finns, vilja upplevs finnas, förståelse finns. Det som inte finns är lönsamhet, kravställning, tydlighet, ambitionsnivå, dimensionerande scenario alltså." – Intervju 11

Sammantaget visar materialet att styrning och regelverk fungerar både som möjliggörare och begränsningar i arbetet med försörjningsberedskap. Å ena sidan

skapar de strukturer som underlättar prioriteringar och tydliggör ansvarsfördelning. Å andra sidan kan otydlighet eller täta förändringar i regelverken skapa osäkerhet som försvårar långsiktig planering. Flera aktörer efterfrågar därför mer samordnad och långsiktig nationell vägledning som stöd i arbetet med att utveckla fjärrvärmesystemens robusthet och krishanteringsförmåga.

5 Diskussion

I detta avsnitt sätts resultaten i relation till studiens syfte och tidigare forskning. Sammantaget pekar studien på tre övergripande insikter:

- att dimensionering av försörjningsberedskap i stor utsträckning sker implicit snarare än genom systematiska processer
- att försörjningsberedskap framträder som en relationell systemegenskap i samspelet mellan teknik, organisation och externa beroenden
- att ekonomiska och institutionella villkor i praktiken sätter ramarna för hur robusthet kan utvecklas.

Respondenterna beskriver fjärrvärmesystemen som generellt mycket driftsäkra i vardagen, där större avbrott är ovanliga. Försörjningsberedskap aktualiseras därför främst i relation till potentiella störningar, förändrade omvärldsförutsättningar och ökade krav på robusthet. Resultaten innebär därmed att begreppet dimensionering behöver förstås på ett delvis nytt sätt. Snarare än ett tekniskt optimeringsproblem framträder dimensionering som en fortlöpande avvägning mellan robusthet, kostnadseffektivitet, externa beroenden och förmåga att hantera störningar. Dimensionering framträder därmed inte som en avgränsad planeringsaktivitet, utan som en praktik integrerad i den löpande verksamheten.

5.1 Utmaningar i dimensioneringen av försörjningsberedskap

Resultaten tyder på att fjärrvärmeaktörernas arbete med försörjningsberedskap präglas av en sammansatt problematik där tekniska, organisatoriska och institutionella faktorer är nära sammanlänkade och påverkar verksamheternas möjligheter att förebygga, hantera och återhämta sig från störningar.

Den ökade systemkomplexiteten utgör en central ram för dessa utmaningar. Digitalisering, specialiserade tekniska lösningar och omfattande leverantörskedjor har visserligen bidragit till hög effektivitet i vardagsdriften, men har samtidigt skapat nya beroendestrukturer som ligger utanför den egna organisationens kontroll. Sårbarheten framträder därmed inte som knuten till enskilda komponenter, utan som relationell – den uppstår i gränssnitten mellan teknik, organisation och omvärld. Detta ligger i linje med resiliensforskningens syn på komplexa adaptiva system (Holling, 1973; Carpenter et al., 2001; Linkov & Trump, 2019; Pescaroli & Alexander, 2018), men resultaten visar också hur denna systemlogik konkret påverkar vardagliga investerings-, drift- och prioriteringsbeslut inom fjärrvärmeverksamheten.

Resultaten indikerar att ekonomiska förutsättningar påverkar många av de avvägningar som görs i arbetet med försörjningsberedskap. Respondenterna beskriver hur investeringar i redundans, alternativa produktionslösningar och andra beredskapshöjande åtgärder ofta behöver vägas mot krav på ekonomisk effektivitet och konkurrenskraft.

Å andra sidan framstår många beredskapsåtgärder – såsom lagerhållning och reservkapacitet – som svåra att motivera inom befintliga affärsmodeller, eftersom de sällan genererar direkt avkastning i normal drift. Resultaten visar även att offentliga

stöd och tydliga ekonomiska incitament i stor utsträckning saknas, vilket innebär att ansvaret för att finansiera åtgärder i praktiken faller på enskilda aktörer utan motsvarande möjlighet att ta ut kostnaderna. Därmed uppstår en strukturell spänning mellan kraven på ökad försörjningsberedskap och de ekonomiska villkor som styr verksamheten, vilket i flera fall leder till att investeringar skjuts upp, begränsas eller prioriteras ned till förmån för kortsiktig ekonomisk stabilitet.

Särskilt tydligt blir denna problematik i fråga om bränsle- och materialförsörjning. Intervjuerna visar att beroendet av fungerande leveranskedjor upplevs som en av de mest kritiska, och samtidigt minst kontrollerbara, riskerna. Formella avtal och marknadsmekanismer ger i praktiken ett begränsat skydd i krissituationer, speciellt i situationer som påverkar många fjärrvärmesystem samtidigt och där transportkapacitet, internationella flöden och konkurrens om resurser snabbt förändras.

Parallellt med detta framgår att aktörerna inte enbart ser detta som ett externt hot, utan som en strukturell egenskap hos de försörjningskedjor och marknader som fjärrvärmeverksamheten är beroende av. Robusthet kräver därför åtgärder bortom kontraktsstyrning, såsom diversifiering av bränslen, alternativa leverantörer, lagerhållning och informella samarbetslösningar. I praktiken begränsas dock dessa strategier ofta av ekonomiska förutsättningar, där investeringar i redundans och lagerhållning kan vara svåra att motivera inom befintliga ekonomiska ramar. Detta nyanserar tidigare internationella studier om energikedjors sårbarhet och visar hur beroenden till försörjningskedjor och energimarknader får särskilt tydliga konsekvenser i en svensk fjärrvärmekontext, där värmeförsörjningen utgör en samhällsviktig funktion och störningar snabbt kan påverka stora kundgrupper (Cherp & Jewell, 2014; Priedniece et al., 2024; Werner, 2017).

Digitaliseringen framträder på liknande sätt som dubbeltydig. Respondenterna beskriver cyberhot som ständigt närvarande och potentiellt systemkritiska, men också svåra att avgränsa och hantera fullt ut. Uppkopplade styr- och övervakningssystem är centrala för effektiv drift, men innebär också att störningar kan få snabba och omfattande konsekvenser. Resultaten visar därmed att digitaliseringen inte enbart introducerar nya risker, utan förändrar själva innebörden av försörjningsberedskap. Förmågan att upprätthålla drift handlar inte längre enbart om tekniska skydd, utan i hög grad om organisatorisk beredskap, kompetens, övning och möjligheten att hantera system manuellt vid bortfall av digital funktionalitet. Detta konkretiserar den målkonflikt mellan effektivitet och robusthet som ofta lyfts i forskning om energisystemens resiliens (Cherp & Jewell, 2014; MSB, 2011; Hotchkiss & Dane, 2019; Sánchez-García et al., 2023).

Den organisatoriska dimensionen framträder samtidigt som en långsiktig och ofta underskattad sårbarhet. Intervjuerna visar att kompetensförsörjning, generationsväxlingar och beroendet av nyckelpersoner direkt påverkar verksamheternas faktiska handlingsförmåga vid störningar. I tekniskt komplexa system är kunskap svår att standardisera och ersätta, vilket gör organisationen sårbar över tid. Till skillnad från teknisk redundans kan organisatorisk robusthet inte byggas snabbt, utan kräver kontinuitet, erfarenhetsuppbyggnad och systematiskt arbete med kunskapsöverföring och övning. Resultaten visar därmed att försörjningsberedskap inte enbart handlar om att dimensionera tekniska system för extrema scenarier, utan om att upprätthålla organisatoriska kapaciteter i vardagen, i linje med tidigare forskning om energisystemens institutionella och organisatoriska beroenden (Goldthau & Sovacool, 2012).

I litteraturen finns flera verktyg som potentiellt kan tillämpas när det gäller att identifiera personer och kunskap som är speciellt central för att upprätthålla resiliens och försörjningsberedskap. Berton et al. (2022) använder exempelvis social nätverksanalys för att identifiera personer som spelar en speciellt viktig roll för att organisationen ska kunna upprätthålla en förmåga att övervaka, förutse, respondera, respektive lära av händelser - vilket utgör centrala resiliensfunktioner. Vidare föreslår Fraga et al. (2022) att kunskap ska ses som en central resurs för att uppnå organisatorisk resiliens. Ett ramverk föreslås för att identifiera central kunskap och för hur denna kunskap sedan ska kunna bevaras och utvecklas över tid. Ett sådant ramverk hade kunnat komplettera andra arbetssätt, såsom kontinuitetshantering, som brukar vara mer inriktat på att kartlägga materiella resurser och beroenden.

En annan strategi som kan användas i lägen då fjärrvärmesystemet är utsatt för störningar är att medvetet justera ambitionsnivåerna för vad systemet ska leverera – d.v.s. i situationer där tillgänglig värme inte räcker till för att täcka hela behovet av värme. I litteraturen kallas detta ibland för "strategic retreat" (Jasiūnas et al., 2021) vilket i fjärrvärmesystemkontexten kan handla om att endast leverera till vissa speciellt viktiga kunder (genom sektionering) eller att verka för att kunderna minskar sitt värmeuttag (t.ex. genom att minska sina inomhustemperaturer). Även om detta är strategier som finns i fjärrvärmebolagens verktygslåda redan idag finns stora utmaningar då en mix av tekniska och organisatoriska åtgärder måste vidtas i samverkan mellan många aktörer.

Slutligen framträder styrning och regelverk som en avgörande men ambivalent faktor. Å ena sidan skapar regelverk ramar för ansvar, prioriteringar och tillåtna handlingsalternativ. Å andra sidan visar resultaten att otydliga, föränderliga eller delvis motstridiga regelverk skapar betydande osäkerhet i praktiken. Detta gäller särskilt i relation till miljötillstånd, energipolitik och krav på beredskap, där aktörerna upplever begränsat handlingsutrymme att exempelvis använda alternativa bränslen eller göra avsteg i krissituationer. Vidare försvåras långsiktiga investeringar av osäkerhet kring framtida politiska beslut och ekonomiska villkor. Därmed framstår energiresiliens inte enbart som en fråga om teknisk eller organisatorisk kapacitet, utan i hög grad som beroende av stabila och samordnade institutionella förutsättningar över tid (Goldthau & Sovacool, 2012; Kuzemko et al., 2016; MSB, 2021b).

Resultaten visar att många former av praktisk samverkan bygger på informella nätverk och ömsesidig resursdelning mellan aktörer, exempelvis genom utlåning av komponenter, kemikalier eller teknisk utrustning vid störningar. Dessa arbetssätt beskrivs som viktiga för den vardagliga robustheten och förmågan att hantera akuta bristsituationer. Å andra sidan väcker resultaten frågor om hur sådana samarbetsformer skulle fungera vid en mer långvarig kris eller i ett konfliktscenario där flera aktörer samtidigt påverkas. I ett sådant läge kan osäkerhet kring den egna försörjningsförmågan och risken för framtida störningar potentiellt påverka viljan att dela kritiska resurser med andra aktörer. Detta aktualiserar frågor om behovet av mer formaliserade former för samordning och prioritering av resurser vid höjd beredskap.

5.2 Identifierade behov för stärkt försörjningsberedskap

De behov som identifieras i resultaten kan i stor utsträckning förstås som en konsekvens av de ekonomiska och strukturella begränsningar som beskrivs i föregående avsnitt. Mot bakgrund av de identifierade utmaningarna synliggör resultaten ett antal behov som fjärrvärmeaktörerna själva uppfattar som centrala för att stärka försörjningsberedskapen. Dessa behov framträder inte som isolerade

åtgärds punkter, utan som ömsesidigt beroende dimensioner av systemets långsiktiga förmåga att hantera osäkerhet.

Ett grundläggande behov rör systemens uthållighet, både i teknisk och organisatorisk mening. Respondenterna betonar att beredskap inte enbart kan dimensioneras för kortvariga avbrott eller enstaka incidenter, utan måste ta höjd för situationer där störningar pågår under längre tid eller där återställning försvåras av begränsad tillgång till resurser, personal eller externa stödstrukturer. Detta innebär ett skifte i perspektiv från återstartbarhet till uthållig drift, där frågor om personalens arbetsbelastning, bränsle- och materialflöden samt organisatorisk kontinuitet blir lika viktiga som teknisk redundans. I detta avseende konkretiserar resultaten den tidsdimension av energisäkerhet som Winzer (2012) lyfter, men visar också hur uthållighet i praktiken formas av vardagliga prioriteringar och begränsningar.

Ett närliggande och tydligt behov gäller fördjupad kunskap om kritiska beroenden. Intervjuerna visar att fjärrvärmeaktörerna i ökande grad efterfrågar analyser som sträcker sig bortom den egna anläggningens gränser och synliggör beroenden till elförsörjning, vatten, IT-system och externa leverantörer. Resultaten indikerar att dessa beroenden ofta är kända på en övergripande nivå, men att deras konsekvenser vid långvariga eller sammansatta störningar är svårare att överblicka. Därmed handlar behovet inte enbart om mer information, utan om analytiska verktyg som kan fånga kaskadeffekter och ömsesidiga beroenden mellan infrastruktur. Detta ligger i linje med tidigare forskning om sektorsövergripande beroenden i energisystem (Cherp & Jewell, 2014; Helbing, 2013), men resultaten visar också att sådan kunskap är avgörande för att omsätta beredskapsambitioner i praktiska prioriteringar.

Vidare framträder ett tydligt behov av att stärka den organisatoriska förmågan. Respondenterna framhåller att planer, rutiner och tekniska lösningar endast får reell betydelse om de kan aktiveras och användas under press. Övningar, utbildning och tydligt definierade roller beskrivs därför som centrala mekanismer för att bygga handlingsförmåga och minska osäkerhet i skarpa lägen. Resultaten visar att organisatorisk förmåga är tidskrävande att utveckla och svår att ersätta vid personalbortfall, särskilt i tekniskt komplexa verksamheter där erfarenhetsbaserad kunskap är svår att dokumentera och snabbt överföra. Organisatorisk robusthet framstår därmed som en långsiktig kapacitet snarare än något som kan etableras genom enskilda åtgärder. Detta ligger i linje med forskning som betonar betydelsen av organisatoriska kapaciteter, träning och institutionella förutsättningar för att omsätta planer i faktisk handlingsförmåga i kritiska system (Linkov & Trump, 2019; Ingemarsdotter, 2022).

Ett ytterligare behov rör formerna för samverkan mellan olika aktörer och infrastruktursektorer. Resultaten visar att informella nätverk och personliga kontakter ofta är avgörande för att lösa akuta problem, särskilt i situationer där snabb koordinering krävs. Samtidigt framkommer att beroenden mellan fjärrvärme, elförsörjning, kommunal verksamhet och andra samhällsviktiga funktioner skapar behov av mer etablerade former för samordning.

Fjärrvärmeaktörerna efterfrågar därför gemensamma övningar, återkommande samverkansforum och tydligare former för informationsdelning, särskilt mellan sektorer som är tekniskt och operativt beroende av varandra. Resultaten antyder att sådana strukturer efterfrågas för att förbättra möjligheterna till gemensam lägesförståelse och koordinerat agerande vid störningar och höjd beredskap. Detta ligger i linje med tidigare forskning som betonar betydelsen av institutionella former

för samverkan i hanteringen av komplexa och ömsesidigt beroende infrastruktursystem (Linkov & Trump, 2019; Pescaroli & Alexander, 2018).

5.3 Angreppssätt i arbetet med försörjningsberedskap

Resultaten visar att fjärrvärmeaktörernas arbete med försörjningsberedskap bygger på en kombination av formella och informella angreppssätt. Ett centralt mönster är att beredskapsarbetet i stor utsträckning är integrerat i den ordinarie verksamheten, snarare än organiserat som ett separat eller avgränsat område. Beredskap hanteras därmed genom dagliga rutiner, driftbeslut och långsiktig planering, snarare än genom isolerade beredskapsprocesser. Detta speglar den syn på resiliens som beskrivs av Carpenter et al. (2001), där resiliens förstås som en egenskap som växer fram genom kontinuerlig anpassning och lärande i vardagen.

Risk- och sårbarhetsanalyser utgör ett metodstöd för att identifiera kritiska funktioner och beroenden i systemen. Vidare visar resultaten att dessa analyser sällan används som statiska beslutsunderlag. I stället kompletteras de löpande med erfarenheter från inträffade incidenter, driftstörningar och tillbud. På så sätt utvecklas beredskapsarbetet iterativt, där tidigare händelser används för att justera antaganden, prioriteringar och åtgärder över tid. Detta ligger i linje med Hollings (1973) syn på resiliens som en dynamisk process, där systemens förmåga inte främst avgörs av deras initiala utformning, utan av deras kapacitet att lära, anpassa sig och omorganisera sig efter störningar.

Övningar framträder som ett särskilt viktigt metodmässigt verktyg för att omsätta planer och analyser i praktisk handlingsförmåga. Resultaten visar att övningar används för att testa både tekniska lösningar, organisatoriska strukturer och beslutsprocesser. Särskilt tydligt är behovet av att öva scenarier som ligger utanför den dagliga driftens erfarenhetsram, såsom omfattande IT-incidenter, bortfall av styrsystem eller långvariga störningar i bränsleförsörjningen. Dessa typer av händelser är svåra att simulera genom analys enbart och kräver praktisk träning för att organisationen ska utveckla tillräcklig beredskap.

Metodvalen speglar därmed ett samspel mellan tekniska analyser och sociala läroprocesser. Genom övningar, gemensamma genomgångar och erfarenhetsutbyte skapas inte bara kunskap om systemens funktion, utan även en gemensam förståelse för roller, ansvar och prioriteringar vid kris. Detta överensstämmer med tidigare forskning om krisberedskap, som betonar att organisatorisk förmåga i hög grad utvecklas genom gemensamt lärande och praktisk träning snarare än genom dokumentation ensam (Linkov & Trump, 2019; Hotchkiss & Dane, 2019).

Samtidigt visar resultaten att arbetet med beredskap i begränsad utsträckning tycks utgå från explicit definierade nivåer för vilken funktion eller förmåga verksamheten ska kunna upprätthålla vid olika typer av påfrestningar. Även om riskanalyser, övningar och tekniska åtgärder används för att stärka robustheten framträder beredskapsarbetet ofta som successivt och erfarenhetsbaserat snarare än styrt av tydligt formulerade målbilder för önskad förmåga. Resultaten antyder därmed att många aktörer arbetar aktivt med att stärka sin beredskap, men i mindre utsträckning med systematiska angreppssätt för att dimensionera vilken nivå av funktionalitet som ska kunna upprätthållas under olika störningsscenarier samt vilka åtgärder som krävs för att nå denna nivå.

Sammantaget visar resultaten att metodmässiga angreppssätt inom fjärrvärmesektorn präglas av flexibilitet, erfarenhetsbaserat lärande och en stark koppling till den ordinarie verksamheten.

5.4 Åtgärder för att hantera identifierade utmaningar

Den genomförda intervjustudien visar också på flera utmaningar i arbetet med försörjningsberedskap inom fjärrvärmesektorn där den kan finnas behov av åtgärder och utvecklingsinsatser. De åtgärder som identifierats speglar inte bara tekniska och organisatoriska behov, utan också de ekonomiska begränsningar som i praktiken formar vad som är genomförbart. De åtgärder som framträder i materialet kan förstås som konkreta och praktiska svar på de utmaningar och behov som identifierats i resultaten.

På den tekniska nivån handlar åtgärderna i första hand om att skapa redundans i produktion och distribution, öka flexibiliteten i bränsleanvändningen samt återuppbygga eller förstärka materiella beredskapslager. Dessa åtgärder syftar till att minska sårbarheten vid bortfall av komponenter, leverantörer eller produktionsenheter och därigenom öka systemens uthållighet över tid. Effekterna av sådana tekniska åtgärder lär uppstå över hela hotskalan - från vardagsincidenter till mer allvarliga händelser. Dock kan det vara svårt och väldigt dyrt att skapa tillräcklig teknisk redundans för att kunna stå emot de extrema scenarier som ett krig hade inneburit.

Att flera aktörer återigen investerar i lagerhållning och alternativa lösningar kan ses som en motrörelse till tidigare effektiviseringsstrategier som präglats av just-in-time-logik och minimerade buffertar. Resultaten bekräftar därmed internationella observationer om att kritisk infrastruktur kräver en viss grad av redundans och överkapacitet för att kunna hantera osäkerhet och oförutsedda händelser (Priedniece et al., 2024). Det framgår att dessa åtgärder ofta innebär målkonflikter, där ökade kostnader och minskad kortsiktig effektivitet måste vägas mot ökad robusthet och försörjningsberedskap. Det kan även finnas målkonflikter där åtgärder kan göra fjärrvärmesektorn mer robust med hänsyn till ett visst hot, men mindre robust med hänsyn till ett annat (Jasiūnas et al., 2021). Detta påkallar återigen behovet av ett helhetsperspektiv där både synergier och konflikter mellan olika mål adresseras för att hitta de bästa helhetslösningarna. Vidare bör analyser av resiliens adressera både faktorer som är generiska oavsett typ av hot men även faktorer som är relevanta endast för vissa hot.

På den organisatoriska nivån framstår åtgärder kopplade till kompetensförsörjning, övningsverksamhet och krisledningsstrukturer som särskilt centrala. Genom att sprida kunskap, minska beroendet av enskilda nyckelpersoner och tydliggöra ansvar skapas en organisatorisk redundans som kompletterar de tekniska lösningarna. Dessa åtgärder stärker inte bara den interna handlingsförmågan, utan förbättrar även förutsättningarna för samverkan med externa aktörer såsom kommuner, elnätsbolag och andra energibolag. Tidigare forskning visar att organisatoriska kapaciteter och samverkansstrukturer är avgörande för att hantera komplexa och sektorsövergripande kriser, där ingen enskild aktör har full kontroll över hela händelseförloppet (Linkov & Trump, 2019; Pescaroli & Alexander, 2018).

Även om omfattande och systematiska åtgärder genomförs för att identifiera hot, analysera sårbarheter och vidta riskreducerande åtgärder, kommer det alltid att finnas händelser som inte kan förutses. Potentialen för sådana oförutsedda händelser, ibland benämnda som "svarta svanar" eller "unknown unknowns" (Aven, 2015), ökar i takt med ökad systemkomplexitet (Halekotte et al., 2025) och en mer volatil omvärld

(Wied et al., 2020). Detta ställer krav på organisationer att utveckla en förmåga att anpassa sig till oväntade situationer i realtid. Tidigare forskning har identifierat flera organisatoriska faktorer som är betydelsefulla för denna anpassningsförmåga, såsom ett gemensamt övergripande mål, en polycentrisk organisationsstruktur med flera semi-autonoma beslutsnoder samt täta sociala nätverk präglade av interpersonellt förtroende.

När det gäller ett potentiellt framtida krig i Sveriges närhet har Försvarsmakten tillsammans med Myndigheten för Civilt Försvar (MSB & Försvarsmakten, 2025) identifierat möjliga händelseutvecklingar samt ställt upp krav på förmåga hos samhällsviktiga verksamheter under de tidigare skedena av sådana konflikter (första 2 veckorna till 3 månaderna). Bortom dessa tidiga skeden är det dock oerhört svårt att veta hur en konflikt kan komma att eskalera vilket ställer krav på organisationer att kunna ställa om sina verksamheter till en ny verklighet. Eftersom osäkerheterna är så stora är det idag i princip omöjligt att veta exakt hur verksamheten måste ställas om. Dock kommer omställningen underlättas av om organisationen på förhand har "odlat" de egenskaper som bidrar positivt till anpassningsförmåga (se Hassel & Cedergren (2022) för en översikt över forskningen inom området anpassningsförmåga). Sammanfattningsvis behöver alltså en organisation förbereda sig både på identifierade och förutsedda hot men också för det oförutsedda, och vägarna till att skapa beredskap för förutsedda respektive oförutsedda hot är olika.

Utöver tekniska och organisatoriska åtgärder pekar resultaten tydligt på behovet av insatser på styrningsnivå. Respondenterna efterfrågar mer långsiktiga och stabila politiska ramar, tydligare nationell vägledning samt gemensamma dimensionerande scenarier för försörjningsberedskap. Det framkommer att det finns övergripande scenarier och inriktningar kopplade till höjd beredskap, men flera respondenter beskriver osäkerhet kring hur dessa ska tolkas och omsättas i praktiken inom fjärrvärmeverksamhet. Detta upplevs försvåra prioriteringar och investeringar, särskilt när beredskapsåtgärder innebär ökade kostnader utan omedelbar affärsnytta. Detta ligger i linje med tidigare slutsatser om att energiresiliens inte kan byggas enbart genom lokala initiativ, utan kräver samordning mellan teknik, organisation och policy på flera nivåer i energisystemet (Cherp & Jewell, 2014; MSB, 2021b).

Sammantaget visar resultaten att åtgärder för stärkt försörjningsberedskap behöver vara flernivåbaserade och långsiktiga. Tekniska lösningar, organisatoriska insatser och styrningsrelaterade åtgärder måste samverka för att skapa verklig robusthet. Åtgärder som isoleras till en enskild nivå riskerar att få begränsad effekt, medan ett samordnat angreppssätt ökar möjligheten att hantera både kända och okända framtida störningar.

5.5 Avslutande kommentarer

Försörjningsberedskap inom fjärrvärmesektorn kan inte förstås som en avgränsad teknisk egenskap eller som summan av enskilda beredskapsåtgärder. I stället framträder beredskapen som en sammansatt förmåga som formas i samspelet mellan tekniska system, organisatoriska strukturer och externa beroenden. Intervjuerna visar att även väl dimensionerade tekniska lösningar är beroende av kompetent personal, tillgång till insatsvaror, stabila leverantörskedjor och samverkan mellan olika samhällskritiska aktörer. Därmed blir försörjningsberedskap i praktiken relationell, där systemets robusthet påverkas av faktorer som ligger både inom och utanför den egna organisationens direkta kontroll.

Resultaten pekar också på att dessa beroenden sällan verkar isolerat, utan är tätt sammanflätade och kan förstärka varandra vid störningar. Ett avbrott i elförsörjningen kan exempelvis få konsekvenser för både digital styrning, vattenförsörjning och kundernas möjlighet att ta emot värme, medan störningar i transporter eller kommunikation snabbt kan påverka både drift och krishantering. För att fånga denna komplexitet och synliggöra hur försörjningsberedskap växer fram som en systemegenskap snarare än en linjär kedja av orsaker, sammanfattas studiens resultat i en syntesfigur. Figur 1 illustrerar hur fjärrvärmens försörjningsberedskap formas genom ömsesidiga beroenden mellan flera samhällskritiska funktioner och därigenom ger en övergripande bild av de relationer som präglar beredskapsarbetet i praktiken.

Förekomsten av beroenden får också konsekvenser för hur analyser av robusthet och försörjningsberedskap i fjärrvärmesystem bör utformas. Det räcker inte att dessa är smalt avgränsade till endast fjärrvärmesystemet i sig utan de måste ta hänsyn till beroenden till andra system samt inkludera en förståelse för dessa systems robusthet i relation till de hot som analyseras.

6 Slutsats

Syftet med studien var att undersöka hur fjärrvärmeorganisationer dimensionerar sin försörjningsberedskap utifrån utmaningar, erfarenheter, arbetssätt och behov.

Resultaten visar att dimensionering i stor utsträckning sker i praktiken, men sällan genom explicita och systematiska angreppssätt. I stället växer beredskapen fram som en integrerad del av den löpande verksamheten, där tekniska lösningar, organisatoriska rutiner och erfarenhetsbaserade avvägningar tillsammans formar systemets förmåga.

En central slutsats är att försörjningsberedskap inte kan förstås som en enbart teknisk fråga, utan som en systemegenskap som uppstår i samspelet mellan teknik, organisation och externa beroenden. Sårbarheten ligger därmed i hög grad i beroenden till exempelvis el, vatten, bränsleleveranser och digital infrastruktur, snarare än i de tekniska systemen i sig.

Vidare visar studien att ekonomiska och institutionella förutsättningar sätter tydliga ramar för beredskapsarbetet. Många robusthetshöjande åtgärder är kostsamma och svåra att motivera inom befintliga affärsmodeller, vilket skapar en strukturell spänning mellan effektivitet och beredskap.

Samverkan framträder som avgörande för att hantera dessa beroenden, men sker i stor utsträckning genom informella och personberoende nätverk, medan mer formaliserade strukturer ofta saknas.

Sammantaget visar studien att dimensionering av försörjningsberedskap i grunden är ett balansproblem, där målkonflikter mellan exempelvis kostnad, robusthet, effektivitet och hållbarhet måste hanteras fortlöpande. Detta pekar på ett behov av utvecklade metodstöd som kan stödja aktörer i att tydligare definiera förmågenivåer och systematiskt hantera dessa avvägningar.

7 Referenser

Aven, T. (2015). Implications of black swans to the foundations and practice of risk assessment and management. *Reliability Engineering & System Safety*, 134, 83-91.

Bertoni, V. B., Saurin, T. A., & Fogliatto, F. S. (2022). How to identify key players that contribute to resilient performance: A social network analysis perspective. *Safety science*, 148, 105648.

Carpenter, S. R., Walker, B., Anderies, J. M., & Abel, N. (2001). From metaphor to measurement: Resilience of what to what? *Ecosystems*, 4(8), 765–781.
<https://doi.org/10.1007/s10021-001-0045-9>

Cherp, A., & Jewell, J. (2014). The concept of energy security: Beyond the four As. *Energy Policy*, 75, 415–421. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.09.005>

Energiföretagen Sverige. (2025). Fjärrvärme. Hämtad 12 mars 2025, från <https://www.energiforetagen.se/energifakta/fjarrvarme/>

Energimyndigheten. (2016). *Risken för avbrott i fjärrvärme* (ER 2016:03). Statens energimyndighet.

Energimyndigheten. (2023). Säkerhetskänslig verksamhet i fjärrvärmeförsörjningen (ET 2023:02). Statens energimyndighet.

Energimyndigheten. (2025). *Stora förändringar i energisystemet – och utmaningar för svensk kraftvärme*. Statens energimyndighet.
<https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2025/stora-forandringar-i-energisystemet--och-utmaningar-for-svensk-kraftvarme/>

Fraga BD, Sell D, Varvakis G (2022) Framework for analysing knowledge critical to organisational resilience capabilities. *Resilience in a digital age: global challenges in organisations and society*. Springer International Publishing, Cham, pp 159–185.

Graneheim, U. H., & Lundman, B. (2004). Qualitative content analysis in nursing research. *Nurse Education Today*, 24(2), 105–112.
<https://doi.org/10.1016/j.nedt.2003.10.001>

Goldthau, A., & Sovacool, B. K. (2012). The uniqueness of the energy security, justice, and governance problem. *Energy Policy*, 41, 232–240.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.10.042>

Halekotte, L., Mentges, A., & Lichte, D. (2025). Do we practice what we preach? The dissonance between resilience understanding and measurement. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 118, 105265.

Hassel, H. & Cedergren, A. (2022). Enabling and impeding factors for organizational adaptive capacity – a review of the literature. *Proceedings of the 32nd European Safety and Reliability Conference (ESREL 2022)*. Dublin, 28 August-1 September.

Helbing, D. (2013). Globally networked risks and how to respond. *Nature*, 497(7447), 51–59. <https://doi.org/10.1038/nature12047>

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1–23.
<https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>

Hotchkiss, E., & Dane, A. (2019). Resilience Roadmap: A Collaborative Approach to Multi-Jurisdictional Resilience Planning. National Renewable Energy Laboratory (NREL).

International Energy Agency (IEA). (2023, July 11). District heating.
<https://www.iea.org/energy-system/buildings/district-heating>

Ingemarsdotter, J. (2022). Strategisk autonomi (FOI-R--5338--SE). Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI).

IVL Svenska Miljöinstitutet. (2025). District heating. Hämtad 27 augusti 2025, från
<https://www.ivl.se/english/ivl/our-offer/our-focus-areas/energy/district-heating.html>

Jasiūnas, J., Lund, P. D., & Mikkola, J. (2021). *Energy system resilience – A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150, Article 111476.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111476>

Kuzemko, C., Lockwood, M., Mitchell, C., & Hoggett, R. (2016). Governing for sustainable energy system change: Politics, contexts and contingency. *Energy Research & Social Science*, 12, 96–105.
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.12.022>

Lantz, E., Raquette, T., Hassel, H., Sernhed, K., & Dannbring, P. (2026). Försörjningsberedskap inom svensk fjärrvärme: Utgångspunkter för fortsatt arbete. Lund University, Lund. [Rapport 1 slutversion.pdf](#)

Lake, A., Rezaie, B., & Beyerlein, S. (2017). Review of district heating and cooling systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 417–425.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.061>

Linkov, I., & Trump, B. D. (2019). *The science and practice of resilience*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-04565-4>

Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J. E., Hvelplund, F., & Mathiesen, B. V. (2014). 4th generation district heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy*, 68, 1–11.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.089>

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2011). *Stuxnet: IT som vapen eller påtryckningsmedel* (MSB331).

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2021b). *Kraftsamling – för en stärkt civil beredskap: Baserad på MSB:s nationella risk- och förmågebedömning 2021*.
<https://rib.msb.se/filer/pdf/29673.pdf>

Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap & Försvarsmakten. (2025). Utgångspunkter för totalförsvaret 2025-2030.

Pescaroli, G., & Alexander, D. (2018). Understanding compound, interconnected, interacting, and cascading risks: A holistic framework. *Risk Analysis*, 38(11), 2245–2257. <https://doi.org/10.1111/risa.13128>

Priedniece, V., Pakere, I., Krigers, G., & Blumberga, D. (2024). Towards a unified framework for district heating resilience. *Environmental and Climate Technologies*, 28(1), 566–579. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2024-0044>

Sánchez-García, I. D., Feliu-Gilabert, T. S., & Calvo-Manzano, J. A. (2023). Countermeasures and their taxonomies for risk treatment in cybersecurity: A systematic mapping review. *Computers & Security*, 128, 103170. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103170>

Statens offentliga utredningar. (2021). Struktur för ökad motståndskraft (SOU 2021:25).

Statens offentliga utredningar. (2023). *En modell för svensk försörjningsberedskap* (SOU 2023:50).

Stock, J., Schmidt, T., Xhonneux, A., & Müller, D. (2024). Generation of Large District Heating System Models Using Open-Source Data and Tools: An Exemplary Workflow.

Werner, S. (2017). International review of district heating and cooling. *Energy*, 137, 617–631. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.045>

Wied, M., Oehmen, J., & Welo, T. (2020). Conceptualizing resilience in engineering systems: An analysis of the literature. *Systems Engineering*, 23(1), 3–13.

Winzer, C. (2012). Conceptualizing energy security. *Energy Policy*, 46, 36–48. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.067>