



CHALMERS



Affärsmöjligheter för batterilagring inom pappers- och massaindustrin

En kvalitativ studie av lönsamhetspotential och faktorer ur ett
flernivåperspektiv

Kandidatarbete inom Teknikens ekonomi och organisation

CLARA BLOMBERG
ERIK DELIN
NILS EKENBERG
WILMA ISEBÄCK
MIA NILSSON
SIMON UHLANDER

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2026

www.chalmers.se

Kandidatarbete TEKX18-VT26-28A

KANDIDATARBETE TEKX18-VT26-28A

Affärsmöjligheter för batterilagring inom pappers- och massaindustrin

En kvalitativ studie av lönsamhetspotential och faktorer ur ett
flernivåperspektiv

CLARA BLOMBERG
ERIK DELIN
NILS EKENBERG
WILMA ISEBÄCK
MIA NILSSON
SIMON UHLANDER



CHALMERS

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation
Avdelningen för Supply & Operations Management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2026

Affärsmöjligheter för batterilagring inom pappers- och massaindustrin
En kvalitativ studie av lönsamhetspotential och faktorer ur ett flernivåperspektiv

CLARA BLOMBERG
ERIK DELIN
NILS EKENBERG
WILMA ISEBÄCK
MIA NILSSON
SIMON UHLANDER

© CLARA BLOMBERG, ERIK DELIN, NILS EKENBERG,
WILMA ISEBÄCK, MIA NILSSON, SIMON UHLANDER, 2026.

Handledare: Frida Lind, Teknikens ekonomi och organisation
Examinator: Martin Löwstedt, Teknikens ekonomi och organisation

Kandidatarbete TEKX18-VT26-28A
Institutionen för teknikens ekonomi och organisation
Chalmers Tekniska Högskola
SE-412 96 Göteborg
Telefon +46 31 772 1000

Omslagsbild: Illustration av ett papper- och massabruk med ett anslutet batterilag-
ringssystem, genererad med hjälp av ChatGPT (OpenAI, 2026).

Typsatt i L^AT_EX
Göteborg 2026

Business Opportunities of Battery Energy Storage Systems in the Pulp and Paper Industry

A Qualitative Study of Profitability Potential and Key Factors from a Multi-Level Perspective

CLARA BLOMBERG, ERIK DELIN, NILS EKENBERG,
WILMA ISEBÄCK, MIA NILSSON, SIMON UHLANDER

Department of Technology Management and Economics

Division of Supply Chain and Operations Management

Chalmers Tekniska Högskola

Abstract

This bachelor's thesis investigates the business opportunities for implementing battery energy storage systems within the Swedish pulp and paper industry. The industry is one of the most energy intensive sectors in Sweden and faces challenges related to rising electricity prices, increased demands for grid stability, and the transition to fossil-free processes.

Through a combination of literature reviews and interviews with four pulp and paper mills in Sweden, the study analyzes how battery energy storage systems can be integrated into the companies to create economic value. The analytical framework is based on the multi-level perspective micro, meso, and macro level. Since technological innovation and new business opportunities never occur alone, the framework is used to systematically capture the factors influencing the implementation. The framework thus highlights how decisions and changes at one level both influence and are influenced by other levels.

The study identifies five business opportunities: arbitrage, peak shaving, participation in the ancillary services market, reduction of imbalance costs, and a combination of several opportunities, called revenue stacking. The results indicate that revenue stacking and participation in the ancillary services market currently offer the highest potential profitability.

The conclusion is that battery energy storage systems has the potential to become a strategically important asset for pulp and paper mills. The profitability is however heavily dependent on external factors such as the future demand and competition on the ancillary services market, future energy mix, and battery prices. To fully realize the technology, companies must address internal challenges regarding their focus on core business operations as well as operational risks in the production processes. This report contributes to an increased understanding of the technical and economic conditions for industrial battery energy storage systems.

Keywords: Battery energy storage systems, BESS, Pulp and paper industry, Business models, Business opportunities, Ancillary services, Multi-level perspective.

Note: The report is written in Swedish

Affärsmöjligheter för batterilagring inom pappers- och massaindustrin
En kvalitativ studie av lönsamhetspotential och faktorer ur ett flernivåperspektiv
CLARA BLOMBERG, ERIK DELIN, NILS EKENBERG
WILMA ISEBÄCK, MIA NILSSON, SIMON UHLANDER,
Institutionen för teknikens ekonomi och organisation
Avdelningen för Supply and Operations Management
Chalmers Tekniska Högskola

Sammandrag

Kandidatarbetet undersöker affärsmöjligheterna för implementering av batterilagring inom den svenska pappers- och massaindustrin. Industrin är en av Sveriges mest energiintensiva sektorer och står inför utmaningar kopplade till stigande elpriser, ökade krav på nätstabilitet och övergången till fossilfria processer.

Genom en kombination av litteraturstudier och intervjuer med fyra pappers- och massabruk i Sverige, analyseras hur batterilagring kan integreras i verksamheterna för att skapa ekonomiskt värde. Det analytiska ramverket utgår från flernivåperspektivet mikro-, meso- och makronivå. Eftersom teknisk innovation och nya affärsmöjligheter aldrig sker isolerat, används ramverket för att systematiskt identifiera de faktorer som påverkar implementering. Ramverket illustrerar således hur beslut och förändringar på en nivå direkt påverkar och påverkas av de andra nivåerna.

Studien identifierar fem affärsmöjligheter: arbitrage, kapning av effekttoppar, deltagande på marknaden för stödtjänster och reducering av obalanskostnader samt kombination av flera affärsmöjligheter, kallat värdestapling. Resultaten visar att värdestapling samt deltagande på stödtjänstmarknaden för närvarande erbjuder den högsta potentiella lönsamheten.

Slutsatsen är att batterilagring har potential att bli en strategiskt viktig tillgång för pappers- och massabruk. Lönsamheten är dock starkt beroende av externa faktorer såsom utvecklingen av efterfrågan och konkurrens på stödtjänstmarknaden, framtida energimix och batteripriser. För att realisera tekniken krävs att företagen hanterar interna utmaningar relaterade till fokus på kärnverksamhet samt operativa risker i produktionsprocesserna. Rapporten bidrar med en ökad förståelse för de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för industriell batterilagring.

Nyckelord: Batterilagring , BESS, Pappers- och massaindustrin, Affärsmodeller, Affärsmöjligheter, Stödtjänster, Flernivåperspektiv

Förord

Arbetet har utförts som ett kandidatarbete vid institutionen Teknikens ekonomi och organisation under vårterminen 2025. Kandidatarbetet är en del av författarnas civilingenjörsutbildningar inom Industriell ekonomi, Globala system och Maskinteknik på Chalmers tekniska högskola.

Författarna vill rikta ett stort och varmt tack till alla som har stöttat och bidragit till genomförandet av detta kandidatarbete. Er tid, kunskap och engagemang har varit avgörande för arbetets utformning.

Ett särskilt tack riktas till vår handledare, Frida Lind, för god vägledning, värdefull feedback och ständigt stöd från arbetets början till slut.

Vi vill även framföra ett stort tack till Viktor Stenberg och Karin Eriksson på CIT Renergy. Ert stöd och expertis under arbetets gång har i allra högsta grad bidragit till rapportens utformning och kvalitet.

Slutligen vill vi uttrycka vår tacksamhet till de företag som ställt upp på intervjuerna och som bidragit till studiens resultat. Stort tack för att ni tog er tid att delta och dela med er av era insikter och perspektiv, utan er medverkan hade denna studie inte varit möjlig att genomföra.

Clara Blomberg, Erik Delin, Nils Ekenberg, Wilma Iseback, Mia Nilsson och Simon Uhlander, Göteborg, Maj, 2026

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Syfte och frågeställningar	2
1.2	Rapportens struktur	2
2	Empirisk bakgrund	3
2.1	Pappers- och massaindustrin i Sverige	3
2.2	Elsystemet och ekonomiska styrsignaler	4
2.2.1	Elmarknaden	5
2.2.2	Flexibilitet och stödtjänster	6
2.2.3	Elnätsavgifter och effekttariffer	8
2.3	Batterilagringsystem	8
2.3.1	Placering av batterilagringsystem	8
2.3.2	Olika batteritekniker	9
2.3.3	Miljöpåverkan av batterier	10
3	Analytiskt ramverk	12
3.1	Affärsmodeller och teoretisk ramverk	12
3.2	Affärsmöjligheter för energilagring	14
3.3	Mikro-, meso- och makroperspektiv	14
4	Metod	16
4.1	Kvalitativ metodansats	16
4.2	Datainsamling	17
4.2.1	Sekundärdata	17
4.2.2	Primärdata	19
4.2.2.1	Vägledande expertintervjuer	19
4.2.2.2	Intervjuer för empirisk studie	19
4.2.3	Användning av AI	20
4.3	Analys	20
4.4	Reflektion studiens metod och kvalitet	21
4.4.1	Abduktiv ansats	21
4.4.2	Transparens	21
4.4.3	Generaliserbarhet	21
5	Resultat	23

5.1	Litteraturstudie av flexibilitet för pappers- och massabruk och batterilagring i Norden	23
5.1.1	Jämförande tabell av litteraturstudier	24
5.1.2	Elflexibilitet på sågverk	24
5.1.3	Analys av effektkapning i industrin	25
5.1.4	Ånglagringsprojekt	26
5.1.5	Ekonomisk potential för energilagring med batterisystem inom pappers- och massaindustrin	26
5.1.6	Benchmarkmodell för värdestapling av batterilager	27
5.1.7	Energilagringens roll i samhället	27
5.2	Intervjuer	29
5.2.1	Jämförande tabell av intervjuer	29
5.2.2	Pappersbruk 1	29
5.2.3	Pappersbruk 2	31
5.2.4	Pappersbruk 3	32
5.2.5	Pappersbruk 4	34
6	Analys	36
6.1	Ekonomisk potential	36
6.2	Faktorer på mikro-, meso- och makronivå	38
6.2.1	Mikronivå	38
6.2.2	Mesonivå	41
6.2.3	Makronivå	42
6.3	Sammanställning och nulägesanalys	44
7	Diskussion	46
7.1	Marknadsroller	46
7.2	Tekniska utmaningar och risker	48
7.3	Framtidsutsikter och osäkerheter	48
7.4	Ytterligare affärsmöjligheter	49
8	Slutsats	51
	Litteraturförteckning	52
A	Appendix 1	I
A.1	Intervjuguide	I

Tabeller

2.1	Översiktlig jämförelse av egenskaper hos vanliga uppladdningsbara batteritekniker.	11
4.1	Sammanställning av intervjuer som använts i den empiriska studien. .	20
5.1	Sammanställning av affärsmöjligheter utifrån litteraturstudie.	24
5.2	Jämförelse av intervjuerna för Pappersbruk 1–4.	29
6.1	Analys av affärsmöjligheter på mikro-, meso- och makronivå	45

Figurer

2.1	Elproduktion i Sverige 2025 fördelad på olika energikällor (Svenska kraftnät, 2026a)	4
2.2	Kravbild för avhjälpande åtgärder, frekvenshållningsreserver och frekvensåterställningsreserver (Svenska kraftnät, 2025g)	7
3.1	Illustration av flernivåperspektivet på mikro-, meso- och makronivå, där affärsmöjligheter för batterilagring formas genom samspel mellan interna faktorer, interaktioner med externa aktörer samt övergripande externa förutsättningar (Google, 2026).	15
4.1	Illustration av <i>systematic combining</i> enligt Dubois och Gadde (2002). Figuren visar samspelet mellan empiri, teori, analytiskt ramverk och fallstudie samt hur dessa utvecklas genom en iterativ process av <i>matching</i> och <i>direction and redirection</i>	17
6.1	De identifierade faktorerna på mikro-, meso- och makronivå (Google, 2026)	38

1

Inledning

Sveriges energisystem genomgår just nu en omställning mot en mer fossilfri elproduktion (Energimyndigheten, 2025a). Förändringen sker även på global nivå, där förnybara energikällor under 2024 stod för över 90% av all nyinstallerad elproduktion (IRENA, 2025). Omställningen innebär att planerbara energikällor i allt större utsträckning ersätts av väderberoende och intermittenta alternativ, såsom vindkraft och solkraft (Energimyndigheten, 2025a).

I takt med att väderberoende energikällor utgör en större andel av elproduktionen har behovet av flexibilitet i elsystemet ökat. För att uppfylla detta behov spelar energilager en viktig roll genom att hantera korta avbrott, lagra överskott och tillföra energi till nätet när produktionen sviktar. Idag sker regleringen huvudsakligen med hjälp av vattenkraft, men i takt med att systemet förändras krävs kompletterande lösningar, där batterilagringsystem utgör ett exempel. Enligt Vattenfall (2026) anses batterilager vara avgörande som komplement till de väderberoende, förnybara källorna för att upprätthålla stabilitet i elnätet.

I detta sammanhang utgör pappers- och massaindustrin en nyckelaktör, eftersom branschens storlek och energianvändning ger unika förutsättningar att både bidra med flexibilitet och integrera energilager. Branschen förbrukar i genomsnitt 18 TWh el per år, vilket motsvarar cirka 14 % av Sveriges totala elanvändning (Skogsindustrierna, 2025a), och 48 % av den totala energiinsatsen inom svensk industri (Harrysson, 2025). Industrin agerar som en energiproducent och genererar i många fall bioenergi, vilket skapar överskott som nyttjas i fjärrvärmenätet (Skogsindustrierna, 2025a).

Genom att optimera energianvändningen och integrera batterilager kan industrin bidra till bredare samhällsvinster. Sveriges och EU:s energipolitiska strategi vilar på att förena ekologisk hållbarhet med trygg elförsörjning och konkurrenskraft (Regeringskansliet, n.d.). Ett robust elnät är avgörande för att säkra samhället mot störningar orsakade av klimatförändringar eller geopolitisk osäkerhet (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2025). Då statliga aktörer som Svenska kraftnät enligt EU-regleringar som huvudregel inte får äga energilager, faller ansvaret för investeringar på privata aktörer (Svenska kraftnät, 2025b).

För att privata företag ska investera i energilager krävs dock tydliga ekonomiska incitament. De ekonomiska incitamenten utgörs i dagsläget bland annat av möjligheten till att skifta förbrukning baserat på pris, samt ersättning för balanserande stödtjänster (Svenska kraftnät, 2025b, 2025c). Enligt Coase (1960) kan privatägda resurser leda till maximal samhällsnytta om prissättningen är korrekt och trans-

aktionskostnaderna låga. Det finns därmed en stor potential i att undersöka hur tekniska och affärsmässiga lösningar för batterilagring kan gynna såväl pappersindustrins lönsamhet som det nationella elsystemets stabilitet.

1.1 Syfte och frågeställningar

Förutsättningarna för elsystemet utvecklas i snabb takt, vilket innebär att tidigare studier om batterilagring inom pappers- och massaindustrin riskerar att snabbt tappa relevans. Samtidigt har tidigare forskning ofta haft en kvantitativ ansats, vilket skapar ett behov av kvalitativa studier som kan bidra med en djupare förståelse för problemområdet. Studiens bidrag ligger därför i att ge en nulägesanalys av batterilagringens roll i industrin.

Mot denna bakgrund syftar arbetet till att analysera hur företag inom pappers- och massaindustrin kan implementera batterilagring som en del av sina befintliga affärsmodeller. Studien fokuserar särskilt på att jämföra vilka användningsområden och affärsmöjligheter för batterilagring som har störst potential att generera ekonomiskt värde, samt hur faktorer på olika systemnivåer påverkar lönsamhet och implementeringsmöjligheter.

Syftet bryts ned till följande frågeställningar:

- Vilka affärsmöjligheter för batterilagring har störst potential att generera lönsamhet?
- Vilka faktorer på olika nivåer påverkar företags vilja och möjligheter att implementera batterilager?

1.2 Rapportens struktur

Rapporten är uppdelad i åtta kapitel. Efter inledningen, kapitel 1, ges i kapitel 2 en empirisk bakgrund där pappers- och massaindustrins energianvändning, det svenska elsystemets uppbyggnad samt batterilagringens roll och egenskaper presenteras för att ge en kontext till studiens problemområde. I kapitel 3 introduceras den analytiska referensramen, där de olika affärsmöjligheterna som studien undersöker redogörs för, samt det flernivåperspektiv som används för analys. I kapitel 4 beskrivs studiens metod, där den kvalitativa ansatsen, datainsamlingen genom litteraturstudier och intervjuer samt analysens genomförande redogörs. Därefter presenteras i kapitel 5 studiens resultat, uppdelat i en litteraturstudie och en empirisk del baserad på intervjuer med aktörer inom industrin.

Resultaten analyseras i kapitel 6 utifrån det analytiska ramverket, med fokus på hur faktorer på mikro-, meso- och makronivå påverkar möjligheterna för att implementera batterilagring samt vilka affärsmöjligheter som har störst potential att generera lönsamhet. Därefter följer en diskussion i kapitel 7, där studiens relevans reflekteras i förhållande till det nuvarande marknadsläget. Vidare lyfts faktorer som inte fullt ut kunnat belysas i analysen, men som bedöms ha betydelse för ämnet, följt av förslag på framtida forskning. Avslutningsvis ges en slutsats av studien i kapitel 8.

2

Empirisk bakgrund

Kapitlet syftar till att ge en övergripande kontext till studiens problemområde, genom att beskriva centrala aspekter av pappers- och massaindustrins energianvändning, det svenska elsystemets uppbyggnad samt relevanta ekonomiska styrsignaler. Vidare introduceras batterilagring som teknik och dess roll i att skapa flexibilitet i elsystemet.

2.1 Pappers- och massaindustrin i Sverige

Inom den svenska skogsindustrin och därigenom pappers- och massaindustrin, verkar flera olika aktörer som tillsammans skapar ryggraden inom svensk ekonomi och klimatpolitik, enligt Skogsindustrierna (2026). Vidare beskriver Skogsindustrierna (2022) att 60 procent av den svenska skogsindustrins produktion vidareförädlas av företag inom EU, vilket innebär att varje arbetstillfälle i industrin genererar ytterligare två jobb längre ned i värdekedjan. Sammantaget bidrar detta till industrins totala storlek som av Sveriges industri svarar för 9-12 procent av totala sysselsättning, export, omsättning och förädlingsvärde.

Harrysson (2025) framhåller att industrin är Sveriges mest energiintensiva sektor, vilket har skapat förutsättningar för nya marknader där ekonomiska incitament uppstår för företag inom branschen att agera. Aktörer såsom Svenska kraftnät (SvK), pappers- och massabruk, kraftverk och externa företag samverkar för att utveckla nya lösningar som stärker industrins motståndskraft mot en allt mer oförutsägbart elprismarknad.

Bakgrunden till behovet av nya lösningar kan således kopplas till den höga energiintensiteten inom pappers- och massabruk, vilken främst beror på de processer som krävs för att separera träfibrerna och därefter torka materialet. Energiförbehovet ser emellertid olika ut beroende på om bruket använder mekaniska eller kemiska metoder.

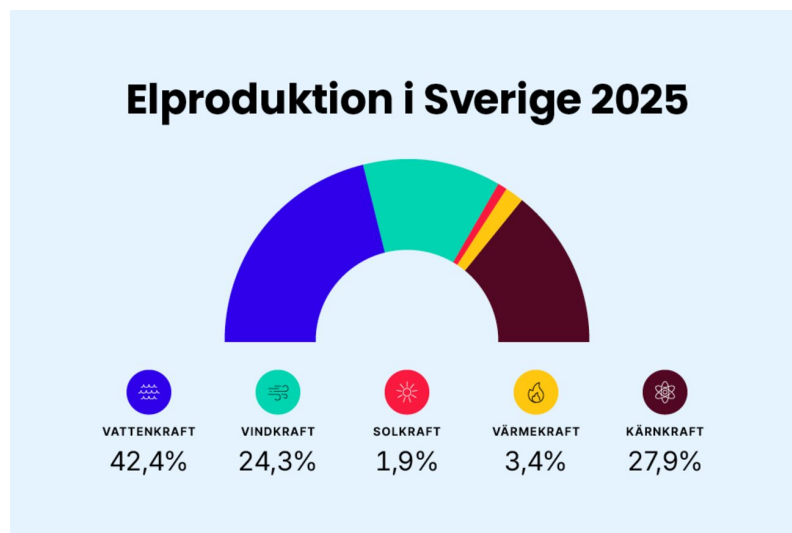
I mekaniska pappersbruk är elektricitet den dominerande energikällan. För att bryta ned veden till enskilda fibrer krävs stora mängder mekaniskt arbete. Processen bygger på att fysiskt slita isär fibrerna genom nötning och malning i raffinörer eller slipverk, vilka är mycket elintensiva processer (Bajpai, 2018).

Kemiska pappersbruk har istället ett stort behov av värmeenergi. Genom att koka vedflis tillsammans med kemikalier löses ligninet (träets naturliga bindemedel) upp,

vilket frigör fibrerna (Skogsindustrierna, 2025b). En central del av processen är hanteringen av biprodukten svartlut, vilket innehåller det upplösta ligninet och är en kritisk energikälla för bruket. För att svartluten ska kunna förbrännas i en sodapanna och återvinnas som energi måste den först genomgå en indunstningsprocess där vattenånga drivs bort ur svartluten. Denna indunstning är extremt värmekrävande vilket gör den mycket energiintensiv (Bajpai, 2018). Trots den höga förbrukningen av energi är kemiska bruk ofta nettoproducenter av energi. Genom att kombinera elproduktion från vind- och vattenkraft med den stora mängd energi som utvinns vid förbränning av svartlut, kan dessa bruk leverera både el och värme till det externa nätet (Skogsindustrierna, 2025a).

2.2 Elsystemet och ekonomiska styrsignaler

Sveriges elsystem består av en mängd komponenter och aktörer som samverkar för att förse landet med elektricitet, där elproduktionen består av flera olika energikällor. År 2025 bestod de största andelarna av vattenkraft, kärnkraft och vindkraft medan solkraft och värmekraft stod för de minsta andelarna. Väderberoende energikällor, det vill säga vindkraft och solkraft, stod mer exakt för 26 % av Sveriges totala elproduktion (Svenska kraftnät, 2026a). Exakt andel av respektive energikälla framgår av figur 2.1. Enligt Energimyndigheten (2025c) förväntas andelen av väderberoende energikällor öka markant de kommande åren, vilket innebär att elsystemet i allt högre grad blir beroende av dessa.



Figur 2.1: Elproduktion i Sverige 2025 fördelad på olika energikällor (Svenska kraftnät, 2026a)

Elproduktion och elförbrukning varierar över dygnet, mellan veckodagar och över årstider. Produktionsvariationer beror främst på väderberoende energikällor som vind- och solkraft, medan variationer i förbrukning uppstår genom temperaturförändringar och effekttoppar under vissa timmar. För att elsystemet ska fungera krävs en kontinuerlig effektbalans, vilket innebär att produktion och användning måste

balanseras i realtid (Svenska kraftnät, 2025e). Det nordiska elsystemet balanseras kring en frekvens på 50 Hz (Svenska kraftnät, 2025d). För att upprätthålla balansen i elsystemet finns särskilda aktörer, så kallade balansansvariga parter (Balance Responsible Parties, BRP). Dessa aktörer har det affärsmässiga och planeringsmässiga ansvaret för att balansera tillförsel och uttag av el i elsystemet i den punkt där aktören har balansansvar. Planeringsansvaret sträcker sig fram till en timme före leveranstimmen, då lämnas planeringen in till den systemansvariga myndigheten Svenska Kraftnät, som därefter ansvarar för att upprätthålla balansen i elsystemet i realtid (Svenska kraftnät, 2025a).

Svenska kraftnät (2026b) beskriver att elen distribueras genom elnätet, vilket delas upp i tre olika nivåer; transmissionsnät, regionnät och lokalnät. Regionnätet och lokalnätet utgör tillsammans distributionsnätet. Transmissionsnätet ägs och förvaltas av Svenska kraftnät och transporterar el över hela landet samt kopplar samman stora producenter, stora förbrukare och andra länders elnät. Regionnäten ägs och drivs av totalt sex större elnätsbolag, varav de största är Vattenfall och Ellevio (Holmberg & Tangerås, 2022). Regionnäten transporterar elen vidare till lokalnät eller direkt till större förbrukare och tar även emot el från medelstora producenter. Lokalnäten ägs och förvaltas av totalt 149 privata och offentliga bolag, samt ansvarar för leverans av el till slutkonsumenter. De kan även ta emot el från småskaliga producenter.

Överföringskapaciteten i elnätet är begränsad och påverkas av faktorer såsom väder, avbrott och underhåll (Svenska kraftnät, 2024). Svenska kraftnät beräknar löpande tillgänglig kapacitet, vilket avgör mängden el som kan överföras samtidigt som driftsäkerheten upprätthålls. När efterfrågan överstiger den tillgängliga kapaciteten kan inte all el överföras mellan olika delar av nätet, ett fenomen som ofta benämns som flaskhalsar. Holmberg och Tangerås (2022) beskriver hur majoriteten av Sveriges elproduktion är lokaliserad i norr, medan elanvändningen är högre i söder, vilket kräver omfattande överföring via transmissionsnätet. Till följd av kapacitetsbegränsningarna är Sverige uppdelat i fyra olika elområden utefter vart flaskhalsar finns. Områdena benämns SE1, SE2, SE3 och SE4, där SE1 utgör det nordligaste området och SE4 det sydligaste. Flaskhalsar hanteras genom att varje elområde har ett eget elpris, där priserna är lägre i områden med elöverskott och högre i områden med elunderskott. Prisskillnaderna styr därmed elflöden, balanserar utbud och efterfrågan samt signalerar var investeringar är mest lönsamma.

2.2.1 Elmarknaden

Svenska kraftnät (2025f) beskriver att el handlas under fri konkurrens inom Sverige och Europa, i syfte att använda resurserna så effektivt som möjligt. Samtidigt måste det under all tid råda balans mellan produktion och förbrukning för att det fysiska systemet ska fungera, vilket innebär att elmarknaden utformas efter elnätets förutsättningar. Handeln av el sker via olika elbörser där aktörerna består av elproducenter, elhandelsföretag, balansansvariga, större elanvändare samt nätägare, som ansvarar för att täcka de förluster som uppstår i elnätet. Handeln sker främst via den nordiska elbörsen Nord Pool. För att säkerställa leverans och bibehålla balans genomförs handeln med el i olika tidsintervall.

Upp till tio år före leverans kan el handlas via en förhandsmarknad (Svenska kraftnät, 2025f). Förhandsmarknaden gör det möjligt för aktörer på elmarknaden att prissäkra sig mot framtida prisförändringar och därigenom skapa stabilitet i sina intäkter och kostnader. Handeln sker främst genom terminskontrakt, så kallade *futures*, som innebär köp eller försäljning av el till ett bestämt pris i framtiden. Futures handlas via Nord Pool eller via mäklare.

Dygnet före leverans handlas el på dagen-före-marknaden, även kallad spotmarknaden, främst via elbörsen Nord Pool (Svenska kraftnät, 2025f). Spotmarknaden utgör den absolut största marknaden för el. På spotmarknaden anger köpare och säljare vilken mängd el de är villiga att köpa respektive sälja varje kvart under det kommande dygnet, samt till vilket pris och i vilket av Sveriges fyra elområden de befinner sig i. Handeln genomförs klockan 12 dagen före leveransdag genom en auktion där alla bud matchas, genom att elpriset sätts till där utbudet är lika stor som efterfrågan, även kallat spotpriset.

Närmare leveransen kan handeln justeras på intradagsmarknaden utifrån ny information, exempelvis från väderprognoser (Svenska kraftnät, 2025f). Intradagsmarknaden är mindre och används främst av balansansvariga aktörer, där handeln sker via Nord Pool. Handeln sker per kvart genom både auktioner och kontinuerligt, där den kontinuerliga handeln pågår fram till en timme före leverans. Intradagsmarknaden är viktig eftersom den ger balansansvariga aktörer möjligheten att justera sina positioner och minska risken för obalanser nära inpå leveransen.

Under leveranstimmen används balansmarknaden som ett sista steg för att säkerställa balans i realtid (Svenska kraftnät, 2025f). Svenska kraftnät ansvarar för detta genom att upphandla resurser, så kallade stödtjänster, som kan justera produktion eller förbrukning vid obalanser. Efter varje leveranskvart genomförs en avräkning, där kostnaderna för balanseringen fördelas mellan balansansvariga aktörer (BRP) som orsakat obalanser. Prissättningen baseras på priset på stödtjänsterna som åtgärdade obalansen. eSett (2024) beskriver hur en aktör som skapar en obalans som bidrar till att minska den totala obalansen i systemet, får aktören ersättning motsvarande den kostnad som annars hade uppstått. Om aktörens bidrag istället förvärrar den totala obalansen måste aktören betala för de åtgärder som krävs. Totalt sett syftar obalanskostnader till att skapa ekonomiska incitament för aktörerna att upprätthålla balans.

2.2.2 Flexibilitet och stödtjänster

Energimyndigheten (2025b) beskriver flexibilitet som elsystemets förmåga att hantera variationer eller plötsliga förändringar, vilket behövs för att hålla en konstant frekvens i elnäten. En ökad flexibilitet bidrar till ökad stabilitet både i pris och funktion. Flexibilitet skapas genom reglering av elproduktion och elförbrukning.

Vendt m. fl. (2025) medför en ökad andel väderberoende elproduktion, i kombination med en växande efterfrågan på el, ökade krav på att upprätthålla balans i elnätet. En orsak är att dessa energikällor är mindre planerbara än exempelvis vatten- och kärnkraft. En annan faktor är att väderberoende produktion bidrar med mindre rotationsenergi, det vill säga svängmassa. Rotationsenergin, som tillhandahålls av

synkrongeneratorer i exempelvis vattenkraft- och kärnkraftverk, spelar en avgörande roll i att dämpa frekvensavvikelser i det initiala skedet vid störningar. När mängden rotationsenergi minskar, ökar risken för större och snabbare frekvensavvikelser.

Svenska kraftnät ansvarar för realtidsbalanseringen av elnätet, vilket görs genom att upphandla stödtjänster och aktivera de vid behov (Vendt m. fl., 2025). Stödtjänster bidrar med en förmåga till upp- eller nedreglering av produktion eller förbrukning utefter elnätets behov. Det finns flera olika stödtjänster, med varierande krav på aktiveringstid och uthållighet. Svenska kraftnät (2025g) delar in stödtjänsterna i tre kategorier; avhjälpande åtgärder, frekvenshållningsreserver och frekvensåterställningsreserver. Avhjälpande åtgärd utgörs av stödtjänsten *Fast Frequency Reserve* (FFR), vilken är avsedd att hantera initialt snabba och djupa frekvensvariationer som kan uppstå vid låg nivå av rotationsenergi i kraftsystemet. Frekvenshållningsreserverna utgörs av *Frequency Containment Reserve - Normal* (FCR-N) och två varianter av *Frequency Containment Reserve - Disturbance* (FCR-D), en för uppreglering och en för nedreglering. FCR-N används vid normal drift för att stabilisera frekvensen vid mindre förändringar i produktion eller förbrukning medan FCR-D aktiveras vid driftstörningar. Frekvensåterställningsreserverna är avsedda att återställa frekvensen till 50 Hz om avvikelser uppstått. För en mer detaljerad beskrivning av de olika stödtjänsterna och deras olika krav, se figur 2.2.

Uppdaterad 24 mars 2025

Översiktlig kravbild för reserver

Avhjälpande åtgärd	Frekvenshållningsreserver			Frekvensåterställningsreserver	
FFR	FCR-D upp	FCR-D ned	FCR-N	aFRR	mFRR
Snabb frekvensreserv (Fast Frequency Reserve)	Frekvenshållningsreserv -Störning uppreglering (Upward Frequency Containment Reserve - Disturbance)	Frekvenshållningsreserv -Störning nedreglering (Downward Frequency Containment Reserve - Disturbance)	Frekvenshållningsreserv -Normaldrift (Frequency Containment Reserve - Normal)	Automatisk Frekvensåterställningsreserv (Automatic Frequency Restoration Reserve)	Manuell Frekvensåterställningsreserv (Manual Frequency Restoration Reserve)
Uppreglering	Uppreglering	Nedreglering	Symmetrisk upp- och nedreglering	Upp- och/eller nedreglering	Upp- och/eller nedreglering
Minsta budstorlek 0,5 MW	Minsta budstorlek 0,1 MW	Minsta budstorlek 0,1 MW	Minsta budstorlek 0,1 MW	Minsta budstorlek 1 MW	Minsta budstorlek Kapacitetsmarknad: 1 MW* Energiaktiveringsmarknad: 1 MW
Aktivering Automatiskt vid frekvensförändringar vid låg nivå av rotationsenergi	Aktivering Automatisk linjär aktivering inom frekvensintervallet 49,90-49,50 Hz	Aktivering Automatisk linjär aktivering inom frekvensintervallet 50,10-50,50 Hz	Aktivering Automatisk linjär aktivering inom frekvensintervallet 49,90-50,10 Hz	Aktivering Automatiskt vid frekvensavvikelse från 50,00 Hz	Aktivering Automatiskt aktivering baserad på prognostiserade obalanser för varje elområde
Aktiveringstid Tre alternativ för 100 %: - 0,7 sek (vid 49,50 Hz) - 1,0 sek (vid 49,60 Hz) - 1,3 sek (vid 49,70 Hz)	Aktiveringstid Aktiveringstid för FCR-D upp redovisas i dokumentet med tekniska krav för frekvenshållningsreserver (FCR)	Aktiveringstid Aktiveringstid för FCR-D ned redovisas i dokumentet med tekniska krav för frekvenshållningsreserver (FCR)	Aktiveringstid Aktiveringstid för FCR-N redovisas i dokumentet med tekniska krav för frekvenshållningsreserver (FCR)	Aktiveringstid 100 % inom 5 minuter	Aktiveringstid Full aktivering inom 12,5 minuter med en förberedelseperiod om 2,5 minuter och 10 minuter rampingperiod
Uthållighet - Uthållighet: 30 sek alternativt 5 sek - Repeterbarhet: Redo för aktivering inom 15 minuter	Uthållighet Uthållighet: Minst 20 min	Uthållighet Uthållighet: Minst 20 min	Uthållighet Uthållighet: 1 h	Uthållighet Uthållighet: 1 h	Uthållighet Uthållighet: 15 min för schemalagda aktiveringar och 30 min för direktaktiveringar

Figur 2.2: Kravbild för avhjälpande åtgärder, frekvenshållningsreserver och frekvensåterställningsreserver (Svenska kraftnät, 2025g)

Stödtjänster är marknadsbaserade och upphandlas under öppen konkurrens genom budgivning på marknader (Vendt m. fl., 2025). Deltagande på dessa marknader sker genom aktörer med rollen leverantör av balanstjänster (BSP), vilka ansvarar för att lämna bud och leverera stödtjänster (Energimarknadsinspektionen, 2025b). BSP:er kan antingen använda egna resurser eller ingå avtal med andra aktörer, såsom aggregatorer, som samlar och koordinerar flera mindre resurser för att möjliggöra deltagande på marknaden. För att erhålla tillåtelse att leverera stödtjänster behöver

leverantören uppfylla tekniska krav för stödtjänster (Vendt m. fl., 2025). Leverantörer kan därefter exempelvis bidra med kapacitetsreserver och därigenom erhålla ersättning för att hålla en viss effekt tillgänglig. Vid aktivering ska reserven justera produktion eller förbrukning i enlighet med den budade volymen.

2.2.3 Elnätsavgifter och effekttariffer

Dagens elnätsavgift består generellt av en fast del och en rörlig del, där kostnaderna dels baseras på huvudsäkringens storlek och dels på överförd mängd el (Energimarknadsinspektionen, 2023). Den ökade elektrifieringen i samhället har bidragit till att effekttoppar blivit vanligare, vilket ökar behovet av kostsamma investeringar i ökad överföringskapacitet. För att hantera kapaciteten och samtidigt undvika omfattande nätinvesteringar beslutade Energimarknadsinspektionen att införa effektagifter, där en del av nätagiften baseras på kundens högsta effekttuttag (Energimarknadsinspektionen, 2025a). Utformningen av avgiften fastställs av respektive elnätsföretag utifrån förutsättningarna i det egna elnätet, i syfte att skapa incitament till en jämnare elanvändning och ett mer effektivt utnyttjande av nätkapaciteten.

Enligt Regeringskansliet (2026) har dessa modeller dock varit svåra att förstå och i vissa fall lett till höga kostnader, vilket har resulterat i att kravet på införande stoppats. Under en övergångsperiod är det nu upp till elnätsföretagen att tillämpa effekttariffer, och utformningen av framtida modeller är därför fortfarande osäker.

2.3 Batterilagringssystem

Batterilagringssystem, även kallade BESS (*Battery Energy Storage Systems*), är den energilagringsform som förväntas dominera utbyggnaden av energilager i Sverige under perioden 2022–2027 och beskrivs enligt Svenska kraftnät (2022) som en lättillgänglig, flexibel och effektiv lagringstyp. Utvecklingen inom batteriteknik sker i snabb takt och drivs främst av transportsektorn för användning i eldrivna fordon. Det har lett till att batterier med hög energidensitet idag dominerar det kommersiella utbudet.

2.3.1 Placering av batterilagringssystem

Batterilagring kan bidra med flexibilitet i elförbrukningen på olika sätt beroende på var systemet är placerat, det vill säga om det är anslutet bakom eller framför mätaren.

Batterilagring framför mätaren (så kallad *front-of-the-meter*) avser batterisystem som är direkt anslutna till transmissions- eller distributionsnätet, då den levererade elen passerar elmätaren innan den levereras till slutanvändare (IEA, 2024). Batterierna används då för att bidra med tjänster för att stötta elsystemet, exempelvis genom att bidra till balans på elmarknaden eller minska belastningen i elnätet vid behov (E.ON, 2025). Det kan ske genom deltagande på de stödtjänstmarknader som tillhandahålls av Svenska kraftnät, som förklaras i avsnitt 2.2.2.

Batterilagring bakom mätaren (så kallad *behind-the-meter*) saknar separat nätan-slutning och bidrar istället med flexibilitet som nyttjas internt i verksamheten (IEA, 2024). I detta fall möjliggör batterierna lagring av el när priset är lågt och användning när priset är högt (så kallat arbitrage), samt minskning av effekttoppar och styrning av energikrävande processer över tid (E.ON, 2025). Batteriet kan också användas som källa till reservkraft.

Batterilager som är anslutna bakom mätaren kan också delta i stödtjänstmarknaden. Eftersom det endast är aktörer med rollen leverantör av balanstjänster (BSP) som får delta och lämna bud, sker processen genom att batteriägare ingår avtal med en BSP, antingen direkt eller indirekt via en aggregator (Svenska kraftnät, n.d.). Genom aggregatorer kan mindre aktörer delta på marknader som annars kräver större kapacitet.

2.3.2 Olika batteritekniker

Flera olika batteritekniker finns idag tillgängliga och används i olika tillämpningar beroende på deras egenskaper och prestanda. För energilagring är uppladdningsbara batteritekniker relevanta eftersom de kan laddas och användas upprepade gånger, till skillnad från icke-uppladdningsbara batterier (Phogat m. fl., 2025). Till de vanligaste teknikerna tillhör blybatterier, nickel-kadmium (NiCd), nickel-metallhydridbatterier (NiMH), litiumjon (Li-ion) samt litiumjärnfosfat (LFP).

Att jämföra olika batterityper är viktigt för att kunna optimera deras användning i olika tillämpningar (Phogat m. fl., 2025). Några relevanta egenskaper att beakta är batteriets kapacitet, som är ett mått på mängden energi batteriet kan lagra och leverera, och anges vanligen i wattimmar (Wh). Energidensiteten anger batteriets kapacitet i förhållande till dess vikt eller volym, och mäts följaktligen i wattimmar per kg (Wh/kg) eller wattimmar per liter (Wh/l). En annan relevant egenskap är dess livscykel, som beskriver hur många cykler av fullständig upp- och urladdning batteriet kan genomgå. Energidensiteten är särskilt relevant för fall där plats är en begränsad resurs, medan batteriets livscykel avgör när batteriet behöver ersättas, vilket påverkar dess kostnad och miljöpåverkan. Nedan presenteras översiktligt de ovan nämnda teknikerna och en sammanställd jämförelse av samtliga batteritekniker kan ses i figur 2.1. Det bör noteras att jämförelsen baseras på ett begränsat urval av källor och därför ska tolkas som en översiktlig sammanställning.

Litiumjonbatterier var 2024 den vanligaste batteritekniken på marknaden, enligt IEA (2024). Den snabba elektrifieringen av transportsektorn framlyfts som en faktor till en storskalig och kostnadseffektiv produktion, med en prisnedgång på litiumjonbatterier med cirka 87 procent mellan 2010 och 2019 (Svenska kraftnät, 2022)). Fördelarna med litiumjonbatterier utgörs särskilt av deras höga energidensitet och långa livscykel (IEA, 2024). Nackdelar med batteritekniken som lyfts av Svenska kraftnät (2022) är deras resurskrävande tillverkningsprocess samt den höga marginalkostnaden för högre kapacitet. Litiumjonbatterier används därför vanligtvis för lagring med en drifttid på 1-4 timmar vid full effekt. Vidare finns idag många olika typer av litiumjonbatterier och fler är under utveckling till följd av en ökad efterfrågan på förbättrad energidensitet, laddningstid, säkerhet och livstid till lägre

kostnader.

Litiumjärnfosfatbatterier (LFP) är en teknik som genomgått stor utveckling de senaste åren, som steg från cirka 65 % till 80 % av den globala marknaden för batterilagring mellan 2022 och 2023 (IEA, 2024). LFP-batterier har i jämförelse med litiumjonbatterier lägre energidensitet men även lägre kostnad, längre livstid och är mindre brandfarliga. Med dess något lägre energidensitet lämpar sig LFP därför till större utsträckning användning inom energilagring snarare än användning i elfordon (IEA, 2024). LFP-batterier produceras i dag nästan uteslutande i Kina, men utveckling av batterier av samma slag har även inletts hos tillverkare på andra platser.

Blybatterier, nickel-kadmium- och nickel-metallhydridbatterier tillhör äldre generationer av batteritekniker och har i många moderna energilagringstillämpningar ersatts av litiumjon- och litiumjärnfosfatbatterier (Phogat m. fl., 2025). Blybatterier är bland de äldsta typerna av uppladdningsbara batterierna på marknaden och utmärks bland annat för deras pålitlighet och låga kostnad, men har jämförelsevis låg energidensitet och utgör en större miljörisk. Nickel-kadmiumbatterier kännetecknas för att vara slitstarka och okänsliga för temperaturskillnader, men utgör likt blybatterier en större miljörisk och kan ge lägre kapacitet om det inte laddas ur helt före uppladdning. Nickel-metallhydridbatterier utvecklades som ett säkrare och mer miljövänligt alternativ till NiCd-batterier, med högre energitäthet och mindre benägenhet att minska i kapacitet. Emellertid är deras urladdningstid och livslängd generellt lägre än hos litiumjonbatterier.

2.3.3 Miljöpåverkan av batterier

Batterier har en betydande påverkan på miljön och i förlängningen även på klimatet. Koldioxidutsläpp kopplade till batterier uppstår främst i samband med raffinering av mineraler, produktion av batteriets elektrodmaterial samt under själva tillverkningsprocessen (IEA, 2024). Även batteritekniker som betraktas som mer miljövänliga, såsom litiumjonbatterier, medför miljörelaterade utmaningar kopplade till råvaruutvinning och energianvändning vid produktion (Phogat m. fl., 2025). Batterier innehållande tungmetaller såsom bly eller kadmium kan dessutom utgöra betydande miljörisker vid felaktig avfallshantering.

Miljöpåverkan från uppladdningsbara batterier varierar emellertid beroende på batteriets kemi. Litiumjonbatterier har en måttlig miljöpåverkan, främst kopplad till utvinning och bearbetning av metaller som litium och kobolt, även om de i stor utsträckning är återvinningsbara (Phogat m. fl., 2025). Nickel-kadmiumbatterier utgör ett större miljöhot genom dess innehåll av kadmium som är mycket giftigt. Nickel-metallhydridbatterier anses generellt mer miljövänliga än NiCd-batterier, då metallinnehållet är mindre giftigt och är lättare att återvinna, men har kortare livslängd. Blybatterier är i hög grad återvinningsbara, men innebär samtidigt miljörisker på grund av blyets giftighet om de inte hanteras korrekt vid avfallshantering.

Tabell 2.1: Översiktlig jämförelse av egenskaper hos vanliga uppladdningsbara batteritekniker.

Batteriteknik	Energidensitet	Livscykel	Kostnad	Fördelar	Nackdelar
Blybatteri	Låg	Medel	Låg	Pålitlig, hög återvinningsgrad	Låg energidensitet, miljöfarligt metallinnehåll (bly)
Nickel-kadmium (NiCd)	Medel	Hög	Medel	Robust, fungerar i stora temperaturintervall	Kan tappa kapacitet vid felaktig användning, miljöfarligt metallinnehåll (kadmium)
Nickel-metallhydrid (NiMH)	Medel-hög	Medel	Medel	Högre energidensitet än NiCd, mindre giftigt innehåll	Kortare livslängd än Li-ion, snabb självurladdning
Litiumjon (Li-ion)	Hög	Hög	Medel-hög	Hög energidensitet, lång livslängd	Miljöpåverkan kopplat till råvaruutvinning och produktion
Litiumjärnfosfat (LFP)	Medel	Mycket hög	Låg-medel	Lång livslängd, hög säkerhet, lägre kostnad	Lägre energidensitet än Li-ion

3

Analytiskt ramverk

Batterilager är en mångsidig teknik som kan skapa affärsmöjligheter genom såväl direkta intäktsströmmar som kostnadsreduceringar. För att studera problemområdet krävs en förståelse för de ekonomiska begreppen och faktorer som ligger till grund för dessa möjligheter. Kapitlet syftar således till att presentera studiens analytiska ramverk. Inledningsvis definieras centrala affärsmässiga begrepp, därefter introduceras studiens flernivåperspektiv på mikro-, meso- och makronivå. Kapitlet avslutas med en redogörelse för de affärsmöjligheter som studien utvärderar, samt hur flernivåperspektivet tillämpas i studiens specifika kontext. Ramverket används i kapitel 6 för att analysera de faktorer som påverkar investeringars lönsamhet och företagens investeringsvilja.

3.1 Affärsmodeller och teoretisk ramverk

Enligt Teece (2010) ska en affärsmodell beskriva hur mekanismer inom ett företag används för att skapa, leverera och fånga värde inom dess processer. En affärsmodells värde ligger i dess förmåga att beskriva och samla viktiga delar av den organisatoriska strategin, definiera handlingar och kopplingar mellan dem (Mason & Spring, 2011). Med tiden gör fler leverantörer entré på olika marknader vilket skapar fler valmöjligheter för kunder. För att affärsmodeller ska kunna realiseras och vara hållbara beskriver således Teece (2010) att företags värdeskapande måste vara kundfokuserat, vilket har skapat en ny standard hos innovativa företag att hålla sig differentierad mot andra aktörer och att rikta in sig mot rätt kundsegment.

Enligt Mason och Spring (2011) består affärsmodellen av tre huvudbyggstenar: teknologi, marknadserbjudande och nätverksarkitektur. Teknikdelen består i sin tur av fyra delar där de två första utgör själva produkten eller tjänsten samt processen för tillverkning eller leverans. De andra två delarna är så kallade 'core'-teknologier som beskrivs som de underliggande möjliggörande teknologierna för produkten samt den tekniska infrastruktur som möjliggör anslutningar. Marknadserbjudandet avser relationen mellan producenten och användaren, samt hur värde skapas genom den. Nätverksarkitekturen beskriver relationerna till andra aktörer på marknaden och i värdekedjan.

Teknik i sig saknar ett objektivet ekonomiskt värde, då värdet förblir latent fram tills dess att tekniken kommersialiseras genom en affärsmodell (Chesbrough, 2010). Värdet på en resurs styrs i sin tur av hur det kombineras med andra resurser (Landqvist

& Lind, 2019). Teece (2010) betonar vidare vikten av att tekniken paras ihop med en genomtänkt intäktsarkitektur som säkerställer att företaget faktiskt kan fånga värdet som skapas.

Begreppet affärsmodell blandas ofta ihop med intäktsmodell, men trots att en intäktsmodell är en viktig del i företagets affärsmodell är begreppen inte ekvivalenta (M.DaSilva & Trkman, 2014). Integreringen av batterilagring i pappers- och massabruk kan därför ses som en utveckling av den befintliga affärsmodellen, där flexibilitet tillförs som en strategisk resurs och möjliggör nya intäktsströmmar. Eftersom industrin redan har etablerade affärsmodeller för sin kärnverksamhet definieras de olika sätten att använda batterilagring i denna studie som affärsmöjligheter. Detta görs för att undvika begreppsmässig förvirring, då fokus i stället ligger på hur batterilagring integreras i den befintliga verksamheten och affärsmodellen, och på så sätt bidrar med en möjlighet till värdeskapande.

För att analysera de faktorer som påverkar incitament till implementering av energilagring i papper- och massabruk, tar studien sin utgångspunkt i ett teoretiskt ramverk i form av ett flernivåperspektiv. Perspektivet, bestående av mikro-, meso- och makronivåer, används för att analysera hur innovation och förändring formas genom samspel mellan de olika nivåerna (Melander & Lind, 2022). Utifrån tidigare forskning om öppna innovationsprocesser kan de tre nivåerna förstås som tre ömsesidigt beroende analysnivåer där innovation och värdeskapande utvecklas i samspel mellan aktörer och strukturer (Garcia m. fl., 2019).

Enligt Melander och Lind (2022) utgörs mikronivån av enskilda aktörer, såsom företag eller organisationer. Nivån omfattar deras interna resurser, kompetenser och tekniska lösningar. Mesonivån avser relationer och samverkansformer mellan intressenter där gemensamma lösningar skapas. Makronivån kan förstås som övergripande samhällsliga och politiska strukturer som skapar ramar, incitament och mål för innovation. Perspektivet bygger således på antagandet att teknisk innovation inte sker isolerat utan uppstår genom ett dynamiskt samspel mellan aktörer, relationer och övergripande samhällsliga villkor. De tre nivåerna kan i sin tur kopplas till byggstenarna i affärsmodellen som beskrivs av Mason och Spring (2011). Mikronivån kan då kopplas till teknologi, mesonivån till nätverksarkitekturen och makronivån till marknadserbjudandet. Därmed blir analysen på mikro-, meso-, och makronivå i förlängningen också en analys av faktorer som påverkar implementering av batterilagring i affärsmodellen.

3.2 Affärsmöjligheter för energilagring

Av den empiriska bakgrunden framgår att batterilagring, genom att möjliggöra ökad flexibilitet, kan användas på flera sätt för att skapa ekonomiskt värde för företag inom pappers- och massaindustrin. De generella affärsmöjligheter som har identifierats och kommer analyseras är arbitrage, stödtjänster, kapning av effekttoppar, reducering av obalanskostnader och värdestapling.

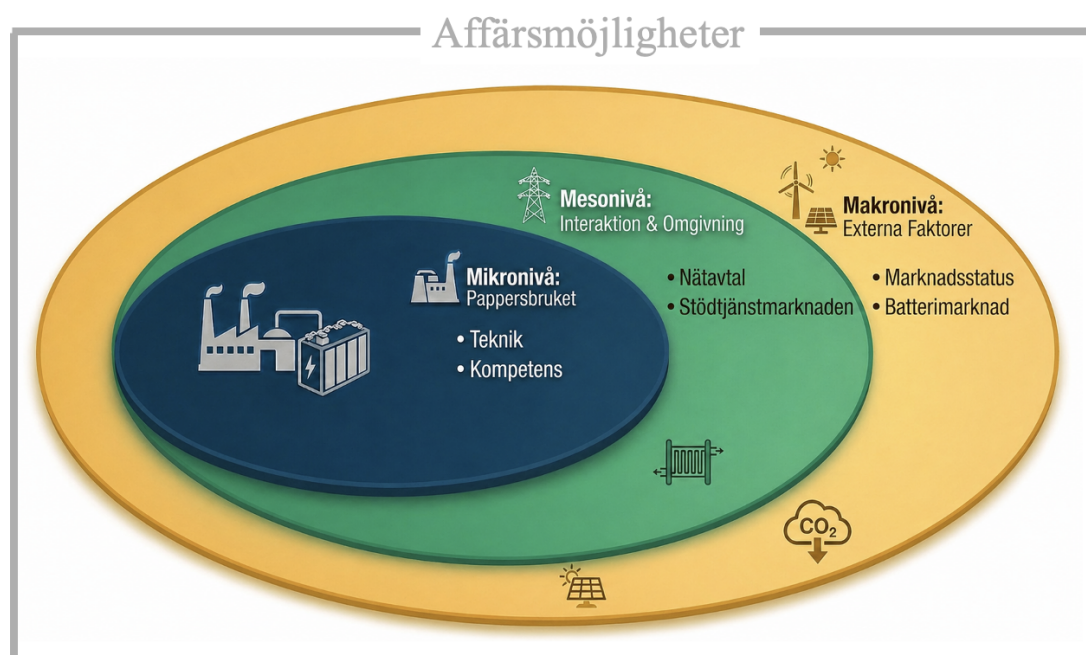
- **Arbitrage** innebär att företag utnyttjar prisfluktuationerna på elprismarknaden, genom att köpa el när den är billig, och avstå från att köpa, eller sälja tillbaka till nätet, när priset är högt (Vattenfall, UÅ). Arbitrage kan delas upp i två fall, bakom och framför mätaren. I fallet bakom mätaren, alltså när den lagrade energin används internt, innebär detta att mellanskillnaden i priset sparas och därmed minskar kostnaderna. I fallet framför mätaren, alltså när den lagrade energin säljs, innebär detta att mellanskillnaden tjänas in och intäkterna ökar.
- **Stödtjänster** innebär som förklarat i 2.2.1 att företag får ekonomisk ersättning genom att de erbjuder en viss effektkapacitet som kan aktiveras eller deaktiveras vid behov för att hålla frekvensen på nätet i balans.
- **Kapning av effekttoppar**, även kallat *peak shaving*, innebär en strategisk reducering av anläggningens maximala effektuttag under kortare perioder. Syftet är att kapa företagets egna lokala förbrukningstoppar för att inte överstiga uppsatta effekttak, vilket möjliggör lägre abonnemangskostnader och reducerade effekttariffer, vilket beskrivs vidare i avsnitt 2.2.3. Denna reducering kan åstadkommas på flera sätt, exempelvis genom att tillfälligt minska elbehovet i produktionen eller genom att utnyttja en energikälla utanför elnätet, såsom en generator (Powersonic, UÅ). Vid användning av energilager innebär peak shaving att lagret laddas under tider med god marginal i elabonnemanget, för att sedan laddas ur och stötta anläggningen när effektuttaget hotar att nå sin topp.
- **Reducering av obalanskostnader** innebär att företag undviker straffkostnader då deras elförbrukning eller elproduktion inte stämmer överens med den prognostiserade mängden genom att antingen ladda eller ladda ur sitt batteri. Se avsnitt 2.2.1 för en mer ingående beskrivning.
- **Värdestapling** innebär en kombination av flera av intäktsströmmarna ovan för samma batteri. Genom kombinationen kan batteriet optimeras för att åstadkomma så hög lönsamhet som möjligt (Seward m. fl., 2022).

3.3 Mikro-, meso- och makroperspektiv

För att utvärdera implementering av energilagring inom pappers- och massaindustrin tillämpas det teoretiska ramverk som presenteras i avsnitt 3.1, det vill säga ett flernivåperspektiv på mikro-, meso- och makronivå. För att konkretisera det teoretis-

ka ramverket har varje nivå kategoriserats utifrån studiens empiriska sammanhang. Ramverket gör det möjligt att systematisera och analysera de faktorer som sträcker sig från enskilda pappersbruk till internationella marknader.

I studien omfattas mikronivån av faktorer kopplade till pappers- och massabrukets interna verksamhet, såsom intern teknik och kompetens. Mesonivån avser istället faktorer relaterade till interaktioner mellan pappers- och massabruken och externa aktörer, exempelvis genom nättavtal eller anslutning till stödtjänstmarknaden. Slutligen utgörs makronivån av externa faktorer som bruken behöver förhålla sig till, men som de inte har möjlighet att påverka direkt, däribland marknadsstatus hos kärnverksamheten samt batterimarknaden. I figur 3.1 ges en illustration av faktorerna för varje nivå.



Figur 3.1: Illustration av flernivåperspektivet på mikro-, meso- och makronivå, där affärsmöjligheter för batterilagring formas genom samspel mellan interna faktorer, interaktioner med externa aktörer samt övergripande externa förutsättningar (Google, 2026).

4

Metod

I följande avsnitt beskrivs det tillvägagångssätt som använts för att besvara studiens syfte och frågeställningar kring implementering av batterilagring inom pappers- och massaindustrin.

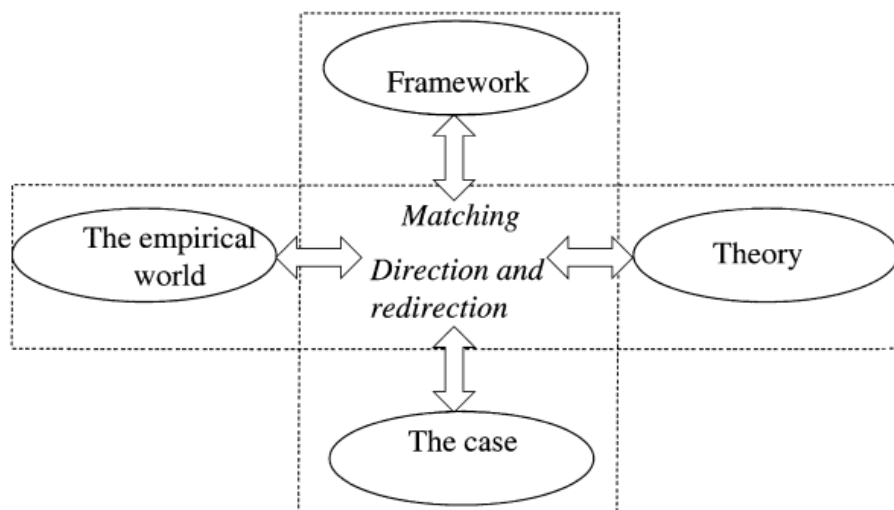
4.1 Kvalitativ metodansats

Projektet genomfördes som en kvalitativ studie med syfte att skapa en förståelse för relevanta aktörers perspektiv kring användning av batterilagring inom pappers- och massaindustrin. Enligt Bryman och Bell (2017) är kvalitativa metoder relevanta för forskning som syftar till att förstå komplexa processer och beslutsfattande i organisatoriska sammanhang. Detta motiverar valet av den kvalitativa metodansatsen, då studien syftar till att analysera resonemang och processer snarare än att kvantifiera samband.

Arbetet tog initialt sin utgångspunkt i den tilldelade kandidatuppsatsen, där avsikten var att genom en studie av ett specifikt pappersbruk undersöka möjligheterna att implementera batterilagring i verksamheten. Då kontakt inte kunde etableras med den ursprungligen identifierade aktören förändrades studiens förutsättningar, vilket innebar att arbetets utformning behövde anpassas och breddas till att omfatta flera aktörer.

Mot denna bakgrund har studien tillämpat en abduktiv ansats, enligt en så kallad *'systematic combining'* som definieras av Dubois och Gadde (2002). En abduktiv ansats kännetecknas av en kontinuerlig växelverkan mellan teori och empiri, där forskningsprocessen utvecklas iterativt snarare än linjärt. Det innebär att det teoretiska ramverket, den empiriska datainsamlingen och analysen successivt påverkar varandra under studiens gång.

I ansatsen utgörs den empiriska världen (*empirical world*), enligt Dubois och Gadde (2002), av det insamlade datamaterialet, medan teori avser de begrepp och modeller som används för att tolka och förstå empirin. Det analytiska ramverket fungerar som en struktur för analysen och utvecklas successivt i takt med att ny empiri och teori tillkommer, och det studerade fallet representerar den specifika kontext som undersöks. Genom så kallad *matching* jämförs och anpassas teori och empiri kontinuerligt efter varandra och bidrar på så sätt till en successivt fördjupad förståelse av det studerade ämnet. En illustration av denna process visas i figur 4.1.



Figur 4.1: Illustration av *systematic combining* enligt Dubois och Gadde (2002). Figuren visar samspelet mellan empiri, teori, analytiskt ramverk och fallstudie samt hur dessa utvecklas genom en iterativ process av *matching* och *direction and redirection*.

4.2 Datainsamling

Data som insamlats under arbetets gång kan delas in i sekundärdata och primärdata. Sekundärdata avser data som samlats in från befintliga källor, medan primärdata innefattar data som samlats in direkt i studien, exempelvis genom intervjuer. I avsnittet nedan beskrivs hur respektive typ av data har inhämtats samt hur denna har använts i studien. Avslutningsvis ges även en beskrivning av hur AI har använts i arbetet.

4.2.1 Sekundärdata

Sekundärdata har inhämtats på flera olika sätt under arbetets gång och har utgjort en central del av studiens kunskapsunderlag. Inledningsvis genomfördes en bred informationssökning i syfte att skapa förståelse för området samt formulera studiens problemställning. Den inledande datainsamlingen bestod av sökningar i vetenskapliga databaser, såsom Google Scholar och Chalmers biblioteksdatabas, samt webbsökningar via exempelvis Google. I detta skede erhöles även tips på relevanta rapporter och artiklar genom kontakter med expertresurser, vilka beskrivs närmare i avsnitt om intervjuer.

Sekundärdatainsamlingen har därefter utgjort en grund i arbetet med den empiriska bakgrunden, det teoretiska ramverket samt litteraturstudien. Då studiens ämnesområde spänner över flera olika fält, däribland energisystem, batteriteknik, industriella processer och affärsmodeller, har informationssökningen varit bred och omfattat flera typer av källor, såsom vetenskapliga artiklar, rapporter, myndighetsdokument, nyhetsartiklar och webbsidor. Kvaliteten av innehållet har bedömts utifrån de kriterier

som ges av Bryman och Bell (2017), det vill säga äkthet, trovärdighet, representativitet och mening. I praktiken har bedömningen exempelvis inneburit ifrågasättande av författarens eller upphovspersonens syfte med informationen, om det finns alternativa tolkningar av samma information samt om materialet är autentiskt.

För den empiriska bakgrunden har litteratur främst inhämtats genom sökningar i vetenskapliga databaser tillgängliga via Chalmers biblioteksdatabas, däribland Scopus. Vid sökningar relaterade till pappers- och massaindustrin har bibliotekets sökfunktion använts, där resultat filtrerats utifrån publikationsdatum samt om artiklarna varit peer-review-granskade.

Information om elsystemet och ekonomiska styrsignaler har förändrats under arbetets gång, vilket har inneburit ett behov av kontinuerlig uppdatering av datamaterialet. I detta fall har webbaserade källor spelat en särskilt viktig roll, där sökningar via exempelvis Google använts för att få tillgång till aktuell information. Sökord som använts inkluderar *elsystemet*, *elmarknaden*, *stødtjenstmarknader*, *BRP* och *BSP*. Då studien främst behandlar det svenska elsystemet har sökningarna i stor utsträckning genomförts på svenska. För att säkerställa källornas trovärdighet har information i huvudsak hämtats från statliga myndigheter, såsom Svenska kraftnät.

För information om batteritekniker och deras miljöpåverkan har databaser valts utifrån ämneskoppling via Chalmers biblioteks funktion för databassökning. Då området har en koppling till kemi och materialvetenskap valdes databasen AccessEngineering, vilken användes för att inhämta teknisk information. Exempel på sökord som använts inkluderar *battery chemistries* och *environmental effects of batteries*. Utöver detta har kompletterande webbsökningar använts, exempelvis för att få en översiktlig bild av placering av batterilagringssystem.

Data kopplad till det analytiska ramverket har till stor del baserats på material som tillhandahållits av handledare, exempelvis litteratur relaterad till affärsmodeller samt det teoretiska ramverket i form av mikro-, meso- och makroperspektiv. Kompletterande data har inhämtats genom sökningar i vetenskapliga databaser, såsom Scopus.

Underlaget för litteraturstudien utgörs av tidigare genomförda studier kring energilagring inom pappers- och massaindustrin samt närliggande industrier. Litteraturen har huvudsakligen insamlats via vetenskapliga databaser, såsom Scopus via Chalmers biblioteksdatabas samt Google Scholar. Urvalet av material har baserats på relevans i förhållande till studiens syfte. Exempel på sökord som använts är *batterilagring*, *energilagring*, *pappersmassabruk*, *effektkapning*, *stødtjenster*, *battery energy storage*, *paper and pulp mills*, *elmarknad* och *balansansvarig*. En del av litteraturen har även tillhandahållits genom intervjuer med expertresurser samt intervjupersoner från industrin.

Sekundärdata har även erhållits genom kontakt med en parallell kandidatgrupp med samma tema, i form av material från en intervju de genomfört med ett pappersbruk. Materialet har använts som en del av den empiriska undersökningen, närmare bestämt i analysen av pappersbruk 3 (5.2.4). Syftet med datadelningen var att möjliggöra ett bredare empiriskt underlag, då intervjuer med bruk visade sig vara svåra att genomföra.

4.2.2 Primärdata

Primärdata har samlats in genom intervjuer med både expertresurser och representanter från pappers- och massaindustrin. Datan har främst använts som empiriskt underlag för analysen och de resultat som presenteras i studien.

4.2.2.1 Vägledande expertintervjuer

Under arbetets gång har tre intervjuer genomförts med en expertresurs från CIT Renergy. Intervjuerna har främst haft en vägledande funktion och bidragit med ökad förståelse för ämnesområdet samt stöd kring rapportens riktning. Genom intervjuerna erhöles även sekundärdata som skickats i samband med mötestillfället, i form av relevanta rapporter och studier, vilka har använts i flera delar av arbetet. Vid ett av intervjutillfällena medverkade ytterligare en resurs med branschkunskap, i syfte att etablera kontakt med en aktör inom pappers- och massaindustrin. Detta ledde dock inte till någon ytterligare intervju med aktören.

Eftersom expertintervjuerna inte använts som grund för den empiriska studien har ingen formell intervjuguide använts. I vissa fall har dock frågor skickats i förväg för att strukturera diskussionen. Intervjuerna har genomförts digitalt och dokumenterats genom anteckningar samt i vissa fall ljudinspelning.

4.2.2.2 Intervjuer för empirisk studie

Som grund för den empiriska delen av studien har semistrukturerade intervjuer genomförts med representanter från pappers- och massabruk. Den semistrukturerade intervjumetoden anses särskilt lämplig för kvalitativa studier enligt Bryman och Bell (2017), då den tillåter intervjun att följa förutbestämda teman och hållpunkter, samtidigt som intervjudpersonen ges utrymme att formulera sina svar fritt. Intervjuerna har utgått från förberedda intervjuguides, vilka skickats till intervjudpersonerna i förväg och sedan följts upp under intervjutillfällena. Intervjuguiden som använts återfinns i Appendix A.1.

Urvalet av intervjudpersoner har baserats på aktörer med relevant kunskap och erfarenhet i relation till studiens syfte. Totalt har tre intervjuer genomförts med representanter från pappers- och massabruk, samtliga med centrala roller inom respektive organisation. För att säkerställa konfidentialitet har både företagen och intervjudpersonerna anonymiserats.

Intervjuerna har genomförts digitalt och dokumenterats genom anteckningar samt ljudinspelning då samtycke har givits. En sammanställning av intervjuerna, inklusive datum av genomförande och intervjudpersonernas positioner, presenteras i tabell 4.1.

Företag	Intervjupersonens roll	Datum
Pappersbruk 1	Teknisk direktör	20-03-2026
Pappersbruk 2	Fabrikschef	05-03-2026
Pappersbruk 3	Verksamhetschef	14-04-2026
Pappersbruk 4	Ansvarig för energiomställning + electricity optimizer	29-04-2026

Tabell 4.1: Sammanställning av intervjuer som använts i den empiriska studien.

4.2.3 Användning av AI

AI har använts i rapportarbetet främst som stöd vid framtagning av figurer och bilder. Detta har gjorts genom att innehåll och önskat motiv beskrivits i textinstruktioner (s.k. *prompts*), exempelvis genom uppmaningar som att skapa en figur som illustrerar ett visst innehåll. Resultaten har därefter justerats stegvis genom nya instruktioner tills en version som bedömts lämplig tagits fram. De verktyg som använts är Gemini från Google samt modeller från OpenAI.

AI har även använts som stöd för att öka förståelsen av begrepp, processer och samband som varit relevanta för studien. Det har då främst handlat om att få förklaringar av specifika begrepp, eller att tydliggöra skillnader mellan olika koncept. AI har därmed fungerat som ett kompletterande hjälpmedel i arbetsprocessen, men inte använts som grund för studiens analyser, resultat eller slutsatser.

4.3 Analys

Analysen har genomförts genom att inledningsvis kombinera resultat från litteraturstudien med empiriskt intervjumaterial, vilket möjliggjort identifiering av de huvudsakliga faktorer som påverkar incitament och lönsamhet vid implementering av batterilager. De identifierade faktorerna har därefter undersökts utifrån det teoretiska ramverkets olika nivåer, enligt den matchningsprincip som beskrivs i avsnitt 4.1.

På mikronivå har analysen fokuserat på de faktorer som är specifika för respektive papper- och massabruk, det vill säga anläggningsspecifika förutsättningar. Faktorer som relaterar till brukens direkta interaktioner med andra aktörer, såsom inom elmarknaden, har kategoriserats till mesonivån. Makronivån har syftat till att täcka de samhälleliga och marknadsmässiga förutsättningar som påverkar industrin som helhet.

Vidare har de identifierade faktorerna kopplats till de affärsmöjligheter för batterilagring som presenteras i avsnitt 3.2, för att undersöka hur olika förutsättningar påverkar lönsamhetspotentialen för respektive affärsmöjlighet. Analysen sammanställs slutligen i avsnitt 6.3, där de olika möjligheterna jämförs och värderas utifrån de identifierade faktorerna.

4.4 Reflektion studiens metod och kvalitet

4.4.1 Abduktiv ansats

Den abduktiva ansatsen har i praktiken inneburit att både frågeställning och teori har justerats i takt med att nya empiriska insikter framkommit. På så sätt har arbetet utformats utifrån de förutsättningar som funnits tillgängliga under studiens gång. Exempelvis kompletterades det empiriska materialet med en litteraturstudie för att stärka analysens underlag, till följd av begränsade möjligheter till intervju med relevanta aktörer. Arbetet har också genomförts med stöd från handledare som hjälpt till att vägleda och forma rapportens riktning.

Valet av den abduktiva ansatsen kan särskilt motiveras av det studerade problemområdets komplexitet och dess förändringar över tid. Förutsättningarna för batterilagring inom pappers- och massaindustrin påverkas i stor grad av externa faktorer, däribland elmarknaden, som i nuläget förändras snabbt. Exempelvis ändrades införandet av effektagifter under arbetets gång, vilket påverkar incitamenten och tydliggör hur marknadsförutsättningarna snabbt kan skifta. En abduktiv ansats har därför varit viktig för att möjliggöra ett flexibelt arbetssätt utifrån aktuella förutsättningar.

4.4.2 Transparens

En utmaning kopplad till den abduktiva ansatsen som lyfts av Dubois och Gibbert (2010) är risken för att forskaren omedvetet bortser från oväntade resultat eller alternativa tolkningar som inte passar den egna förståelsen. Risken antas särskilt bero på det icke-linjära samspelet mellan empiri och teori. Av den anledningen betonas transparens som en viktig aspekt inom abduktiv forskning, för att tydliggöra hur forskningsprocessen har genomförts och därigenom bidra till studiens kvalitet.

I studien har transparens eftersträvat genom att redogöra för forskningsprocessens olika delar och hur arbetet har utvecklats över tid. I avsnitt 4.2 beskrivs hur datainsamling har genomförts i studiens olika delar, vilka metoder som använts samt hur urval av litteratur och intervjupersoner har gjorts. Vidare syftar avsnitt 4.3 till att ge en bild av hur analysen har genomförts med utgångspunkt i det teoretiska ramverket. Diskussionen i avsnitt 7 bidrar också till ökad transparens genom att sätta resultaten i ett större sammanhang samt lyfta begränsningar och osäkerheter.

Sammantaget syftar transparensen i arbetet till att göra forskningsprocessen mer överskådlig och lätt att följa. På så sätt stärks studiens trovärdighet samt ger underlag för att bedöma slutsatserna i relation till studiens syfte.

4.4.3 Generaliserbarhet

Studien utgår från kontexten pappers- och massaindustrin, vilket innebär att resultaten i första hand är giltiga inom denna specifika bransch. De faktorer som identifieras är i stor utsträckning kopplade till industrins särskilda förutsättningar, såsom hög och kontinuerlig energianvändning samt tillgång till olika former av

flexibilitet.

Samtidigt finns det delar av analysen som kan vara överförbara till andra industri-sektorer med liknande energibehov och marknadsförutsättningar, särskilt de faktorer som identifierats på meso- och makronivå. Däremot kan mer specifika resultat, såsom vilka affärsmöjligheter som uppvisar högst lönsamhet, variera beroende på skillnader i industriella processer, flexibilitet och exponering mot elmarknaden.

Studien bör därför främst tolkas utifrån sin branschspecifika kontext, men kan samtidigt bidra med insikter som är relevanta och användbara för andra energiintensiva verksamheter.

5

Resultat

I följande kapitel presenteras studiens resultat i två delar; en litteraturstudie baserad på sekundärdata samt en empirisk del baserad på material från intervjuer. Från resultatet identifieras faktorer på mikro-, meso- och makronivå för att senare presenteras och analyseras i kapitel 6.

5.1 Litteraturstudie av flexibilitet för pappers- och massabruk och batterilagring i Norden

I följande avsnitt presenteras arbetets litteraturstudie. Litteraturstudien syftar till att presentera data som används som underlag för att besvara arbetets frågeställningar. Litteraturen utgörs av tidigare studier gällande energilagring inom pappers- och massaindustrin samt närliggande industrier. Avsnittet inleds med en jämförande tabell över den studerade litteraturen, följt av sammanställningar av respektive studie.

5.1.1 Jämförande tabell av litteraturstudier

Tabell 5.1: Sammanställning av affärsmöjligheter utifrån litteraturstudie.

Studie <i>Industri</i>	Undersökta affärsmodeller	Lönsamhetspotential	Påverkande faktorer
SågFlex (2025) <i>Sågverk</i>	Stödtjänster (FCR-D), effektkapning, arbitrage, värdestapling.	Högst: Stödtjänster Marginellt: Arbitrage och ef- fektkapning	Ersättningsnivåer för stödtjänster Nätavtal Behov av prediktionsmodeller Aggregatorer kan sänka tröskeln för deltagande.
Nestorovic (2020) <i>Anonym</i>	Stödtjänster (FFR), effektkapning, arbitrage, efterfrågefleksibilitet.	Högst: Effektkapning Stödtjänster Marginellt: Arbitrage	Batteripriser Ersättningsnivåer och aktiveringsfre- kvens för stödtjänster.
Holmen & Afry (2025) <i>Pappersbruk</i>	Arbitrage med BESS och andra energilagringsme- toder	Högst: Arbitrage för sulfat- massabruk i kombination med BESS där överskottsvärme re- dan används, eller vid myc- ket högt termiskt effektbehov i kombination med elpanna	Brukets befintliga processer (sulfat- vs. mekaniskt bruk) Batteriets konverteringsförluster, de- gradering och begränsade livslängd.
Rosendal (2025) <i>Pappersbruk</i>	Stödtjänster (FCR-D), reservkraft, reducering av obalanskostnader	Högst: FCR-D upp via raf- finörer med BESS som stöt- dämpare Viss lönsamhet för reservkraft Olönsamt: Obalanshantering	Tekniska krav från Svenska kraftnät Synergier med befintlig tung utrust- ning avgörande för hög lönsamhet.
Mirzaei (2025) <i>Generell</i>	Stödtjänster (FCR-D, FCR-N), arbitrage, värdestapling	Högst: Värdestapling på flera marknader samtidigt stödtjänster FCR-D upp Marginellt: Arbitrage	Krav kring optimal styrning och pla- nering för maximal vinst Batteriets åldrande/degradering samt underhållskostnader.
Afry (2025) <i>Samhälls- perspektiv</i>	Undersöks ej	Undersöks ej	Batteripriser Prismodeller som endast premierar in- stallerad kapacitet istället för flexibi- litet och systemnytta. Nivå av statligt stöd.

5.1.2 Elfleksibilitet på sågverk

I forskningsprojektet kring elfleksibilitet på sågverk, kallat *SågFlex*, har möjligheter-
na för sågverk att öka sin ekonomiska lönsamhet genom att bidra med flexibilitet
till elsystemet undersökts (Vendt m. fl., 2025). Studien analyserar flera fall där oli-
ka strategier för flexibilitet testas. Följande avsnitt fokuserar på de fall där BESS
inkluderas som en del av strategin.

Tre huvudsakliga användningsområden för BESS analyseras. I det första fallet an-
vänds batteriet för att leverera stödtjänster till elnätet, specifikt frekvenshållnings-
tjänsten FCR-D upp och ned. I det andra fallet används batteriet enbart internt
i verksamheten för att minska effekttoppar i elanvändningen samt möjliggöra el-
prisarbitrage. I ett tredje fall kombineras dessa användningsområden, där batteriet
används flexibelt för både stödtjänster och intern optimering utifrån olika priser och
ersättningsnivåer på marknaden.

Resultaten visar att användningen av batterilagring för stödtjänster generellt är mer
lönsam än intern användning såsom för arbitrage och effektkapning (Vendt m. fl.,

2025). Ett batterilagringssystem som används för FCR-D kan generera ett positivt kassaflöde vid höga ersättningsnivåer, såsom de som observerades under 2023, men lönsamheten är starkt beroende av marknadsutvecklingen. Om ersättningsnivåerna sjunker, som i scenarier för senare år, kan investeringens lönsamhet försämrast. De potentiella årliga intäkterna från stödtjänster uppskattas till cirka 3 miljoner kronor, medan besparingar från effektkapning uppgår till omkring 500 000 kronor per år, förutsatt att effektabonnemanget kan omförhandlas.

Studien visar även att batterilagring möjliggör ökad operativ flexibilitet genom att samma system kan användas för flera ändamål, det vill säga genom värdestapling. En investering i BESS kan därmed ge en viss robusthet mot förändringar i ersättningsnivåer, elpriser eller nätkostnader. Samtidigt betonas att fortsatt sjunkande ersättningar för stödtjänster eller ökade elnätskostnader kan minska skillnaden i lönsamhet mellan olika användningsområden.

För att sågverk effektivt ska kunna delta på stödtjänstmarknader framhålls behovet av bättre verktyg för planering, styrning och uppföljning (Vendt m. fl., 2025). Forskning som diskuteras i rapporten pekar på att även relativt enkla prediktionsmodeller kan bidra till förbättrad budkvalitet och mer effektiv användning av interna resurser. Vidare lyfts betydelsen av användarvänliga beslutsstödssystem som kombinerar realtidsdata, historisk information, prognoser och återkoppling på tidigare bud. En möjlig affärsmodell som diskuteras är samarbete med en aggregator som hanterar budgivning, administration och kommunikationen med systemoperatören, vilket kan sänka tröskeln för industriella aktörer att delta på flexibilitetsmarknader.

5.1.3 Analys av effektkapning i industrin

Examensarbetet *Techno-economic analysis of Battery Energy Storage Systems and Demand Side Management for peak load shaving in Swedish industries* av Nestorovic och Lindén (2020) undersöker hur svenska industrier kan minska sina kostnader och öka sina intäkter med hjälp av BESS. Mer specifikt undersöks hur industrier kan minska effekttoppar med hjälp av ett litiumjonbatterisystem och efterfrågefleksibilitet, samt hur batteriet kan användas för arbitrage och deltagande i FFR-marknaden. Undersökningen genomfördes genom två fallstudier på industriföretag med olika lastprofiler. Den ena industrin benämndes som en torkningsindustri med en jämn lastprofil omkring 1.5 MW, vilket kan liknas vid lastprofiler från pappersbruk. Den andra industrin hade en lägre och mer variabel effektförbrukning.

Studien visade att 1-3% kapning av effekttopparna med batterilagring gav positivt nuvärde (NPV) för båda industrierna, medan ytterligare kapning gav negativt NPV. Vidare visade arbitrage enbart på marginella positiva intäkter, med en försumbar påverkan på NPV. Resultatet av fallet med deltagande på FFR-marknaden visade på att FFR kan göra batteriinvesteringar lönsamma, men enbart i scenarier med många aktiveringar och hög ersättning, annars gav det marginell effekt på resultatet. Efterfrågefleksibilitet inkluderande effektivisering av elkrävande processer gav en minskning på 17% av företagets elkonsumtion och var därmed den faktor som gav störst NPV.

Vidare betonas genom arbetets känslighetsanalys att batteripriset har en stark på-

verkan på nettonuvärdet, där en prisminskning på 60% minst skulle ge en 100% ökning i nettonuvärde. Med prognoser som visar fallande batteripriser menar författarna därför att investeringar kan bli allt mer gynnsamma i framtiden (Nestorovic & Lindén, 2020).

5.1.4 Ånglagringsprojekt

Rapporten *High Temperature Storage for Steam Production* av Wilson m. fl. (2025) undersöker hur energilagring kan sänka elkostnader och öka flexibiliteten vid industriell ångproduktion. Genom att lagra energi när elen är billig och använda den vid pristopp, det vill säga effektkapning, kan industrier optimera sin energianvändning. Som fallstudie används Holmen Hallsta pappersbruk, som har en elintensiv termomekanisk massaprocess (TMP).

Studien utvärderar olika typer av termisk energilagring (TES), däribland följande:

Sensible Heat Storage (SHS): Den mest mogna och kommersiellt gångbara tekniken. Lagrar värme linjärt i material som vatten, olja, sand eller keramer, helt utan fasskifte.

Latent Heat Storage (LHS) och **Thermochemical Storage (TCS)** erbjuder båda två fördelar: dels konstant temperatur vid fasskifte för LHS och hög energidensitet för TCS. De två är emellertid fortfarande komplexa teknologier som inte är helt etablerade. Ett generellt problem med TES är även värmeförluster över tid.

Som ett komplement eller alternativ utvärderas även BESS. BESS erbjuder hög verkningsgrad och frikopplar flexibiliteten från elnätets prisvariationer, men har nackdelar som konverteringsförluster och degradering över tid. Emellertid är BESS betydligt mer lönsamt än TES för sulfatmassabruk, då dessa bruk redan använder processens överskottsvärme för att generera ånga.

Wilson m. fl. (2025) konstaterar att SHS är en effektiv, skalbar och kostnadseffektiv lösning för Hallsta vid lågt till måttligt termiskt effektbehov. Om anläggningen däremot kräver ett mycket högt värmeuttag blir ånggeneratoren i ett TES-system för dyr. I dessa fall är BESS i kombination med en elpanna det mest ekonomiska alternativet.

5.1.5 Ekonomisk potential för energilagring med batterisystem inom pappers- och massaindustrin

I examensarbetet av Rosendal och Öberg (2025) analyseras den ekonomiska potentialen hos batterisystem genom en fallstudie på Holmen Board and Paper Braviken. Skribenterna undersökte specifikt metoder som innefattade synergier med den existerande verksamheten, vilka var reservkraft till rökgasfläkt, reducering av obalanskostnader och att kvalificera resurser till stödtjänstmarknaden FCR-D.

I studien fastslås att ett batterilager som reservkraft för fallstudieobjektets rökgasfläkt ger både viss ekonomisk lönsamhet, med en återbetalningstid på 11,8 år och Internal Rate of Return, (IRR) på 3,10%, och en positiv klimatpåverkan då bränsleförbrukningen från oljepannan som används idag skulle minska.

Rapporten redogör också för fallstudieobjektets historiska obalanskostnader och -intäkter, där det funnits en stor variation, vilket innebär en ekonomisk osäkerhet. Efter analyser med tre olika styrmodeller konstaterades att batterier fungerar bra för att jämna ut obalanserna, men den potentiella ekonomiska vinningen var inte tillräckligt stor för att nå lönsamhet. Även i teoretiska fall där styrmodellen har full kännedom om reglerriktningen blir det olönsamt, eftersom kostnaderna kopplat till batteriet förblir för stora.

Att kvalificera brukets raffinörer som resurser för FCR-D upp, är enligt rapportens beräkningar mycket lönsamt, med en estimerad återbetalningstid av investeringar på 3,38 år och en IRR på 28,9%. Enligt Rosendal och Öberg (2025), möter raffinörerna inte de tekniska krav som Svenska kraftnät har för att kvalificera sig för FCR-D på egen hand. Detta kan överkommas genom implementering av ett batterisystem, där batteriets huvudsyfte inte är att lagra stora mängder energi, utan att lagra tillräckligt med energi för att kunna agera likt en stöddämpare vid aktivering och deaktivering av raffinörerna, för att uppfylla SvK:s krav på snabbhet och linearitet. Kravet på linearitet syftar till den tillhandahållna effektens felmarginal som uppstår som ett resultat av aktivering och deaktivering av raffinörerna. Felmarginalen får enbart ligga inom ett visst frekvensintervall vilket kan vara svårt att uppnå utan batterier. På det sättet kan man kvalificera en stor mängd energi, raffinören, med ett relativt litet batteri.

5.1.6 Benchmarkmodell för värdestapling av batterilager

Studie med titeln *Profit benchmarking and degradation analysis for revenue stacking of batteries in Sweden's day-ahead electricity and frequency containment* av Mirzaei Alavijeh m. fl. (2025) analyserar den potentiella lönsamheten hos ett batterilagrings-system genom att ta fram en modell som ska optimera batteriets användning. Modellen använder sig av värdestapling, och inkluderar arbitrage på spotmarknaden och stödtjänstmarknaderna FCR-N, FCR-D upp och FCR-D ned, och i studien analyseras olika kombinationer av dessa marknader.

I deras beräkningsexempel, som använder ett 1MW/1MWH med batterikostnad på 137k€ och kalkylränta på 5%, räknar de på en vinst på 707,9k€, med en modell som optimalt verkar på spotmarknaden och samtliga FCR-marknader. I ett fall som endast verkar på FCR-D upp beräknar de en vinst på 561,2k€, medan arbitrage, når en vinst på 31,9k€.

Modellen tar hänsyn underhållskostnader och batteriets åldrande. Emellertid agerar modellen med kännedom om framtida data, och ska därför ses som vad författarna kallar för en 'oracle model', som ger det teoretiskt bästa resultatet, snarare än ett realistiskt scenario.

5.1.7 Energilagringens roll i samhället

I *Energilagring – Nyckeln till ett stabilt och resilient system* skriver Afry (2025) att efterfrågan på el kommer att öka kraftigt under de kommande decennierna, på grund av samhällets elektrifiering. Regeringens planeringsmål är att Sverige ska fördubbla

sin elproduktion till 300 TWh till år 2045. Skribenterna menar att fördubblingen kräver omfattande investeringar i förnyelsebar energiproduktion samt förstärkning och utbyggnad av elnäten. De menar dock att det ovannämnda inte räcker, utan att energilagring är den tredje komponenten som krävs för ett robust, kostnadseffektivt, och tillförlitligt energisystem. Trots att Sverige har ett årligt energiöverskott uppstår det under vintern effektbrist med viss förutsebarhet som leder till höga elpriser och ökad sårbarhet i energisystemet, vilket blir ännu mer påtagligt i takt med mer väderberoende produktion (Afry, 2025). Pumplagring är en annan teknik som Afry (2025) förklarar som en beprövad teknik som lämpar sig för längre lagringsintervall än batterilagring. Afry (2025) definierar en effekttopp som ett elpris över två kronor/kWh. I deras beräkningar framgår det att en årlig ökning av batterikapaciteten fram till 2035 i samma takt som under 2024 skulle resultera i en minskning av effekttoppar med 33 procent. Kombinerat med ökad vattenkraft skulle effekttopparna minska med 56 procent till 2035. Vidare hade samma ökning av batterilagring även resulterat i nästan en halvering i antal timmar då elpriset överstiger 2 kronor/kWh. Vidare skulle investeringar i sol och vindkraft bli mer attraktiva eftersom producenterna inte längre skulle tvingas sälja el till negativa priser. Afry (2025) presenterar rekommendationer inom policy, finansiering och innovation som de anser skulle främja utvecklingen, vilka presenteras nedan.

På policynivå föreslår Afry (2025) att staten bör stödja byggandet av energilagringsskapacitet på regional nivå, där behovet är stort, till exempel i regioner där mycket förnybar produktion finns. De föreslår vidare att elnätsföretag bör få äga energilagring och använda när marknaden inte kan erbjuda det. Då finns möjligheten för privatpersoner att tjäna pengar och bidra till samhället, samtidigt som det finns stöd för när det inte är tillräckligt.

Inom finansiering förklarar Afry (2025) att prissättningsmodellerna i nuläget enbart premierar installerad kapacitet och inte flexibilitet och systemnytta. De anser att regeringen bör ta fram alternativa prissättningsmodeller som fokuserar på just det, stabilisering av nätet och flexibilitet, som ska göra investeringen mer attraktiv. Enligt Afry (2025) finns det pengar i systemet som skulle kunna användas till främjandet av energilagring. Så kallade flaskhalsintäkter som uppstår när det blir kapacitetsbrist i elnätet väntas flerdubblas inom ett decennium. De pengarna går i nuläget till nätinvesteringar och reducerade tariffer. I rapporten lyfter de att de intäkterna skulle kunna investeras i energilager istället.

Slutligen belyser Afry (2025) att den höga kostnaden för batterilagring är ett av de största hindren för dess utbyggnad. De uttrycker att Sverige bör satsa mer på utveckling inom energilagring för att kunna göra den mer kostnadseffektiv.

5.2 Intervjuer

Avsnittet nedan presenterar innehållet från de intervjuer som genomförts inom studien. Avsnittet inleds med en jämförande tabell över de intervjuer som har genomförts med syftet att ge en överblick av resultatet. Tabellen lägger också en grund för analysen i nästa kapitel och har kategoriserats med liknande rubriker som i den löpande texten.

5.2.1 Jämförande tabell av intervjuer

Tabell 5.2: Jämförelse av intervjuerna för Pappersbruk 1–4.

Kategori	Pappersbruk 1	Pappersbruk 2	Pappersbruk 3	Pappersbruk 4
Effektbehov	200–230 MW per bruk	Jämnt: 30–32 MW (max 35 MW)	Ej information	Ej information
Befintlig flexibilitet	Hög: massatorn (time-shifting), produktionsstopp vid höga priser	Begränsad: kan stänga processteg (6 MW)	Låg, med utvecklingspotential	Begränsad i process
Syn på batterilager	Intresse finns, men ej lönsamt, värde i minskad obalans	Ej lönsamt, kräver stor kapacitet och utrymme.	Installerat (5 MW / 8 MWh) används för stöd-tjänster	Positiva; del av framtida strategi
Stödtjänster	Aktiva via raffinörer	Deltar ej (operativ risk)	Aktiva via batteri	Aktiva via mindre batteri kopplat till ellastbil
Elmarknad	Spothandel, obalanskostnader (15 min), obetydande tariffpåverkan	Prissäkring + spot. Obetydande tariffpåverkan	Flera elmarknader, höga obalanskostnader vid störningar	Obalanskostnader (driftstopp & 15 min), viss tariffpåverkan
Framtid & Hinder	Nedåtgående marknad, begränsas av abonnerad effekt	Effekttak begränsar expansion	För höga kostnader kopplat till batteriinvesteringar	Nedåtgående marknad, planerar batterier, hinder i kapital och organisation

5.2.2 Pappersbruk 1

Intervjun genomfördes den 20 mars och utgick primärt från frågeställningarna i intervjuguiden som återfinns i appendix A.1.

Energianvändning och befintlig flexibilitet

Företaget driver två pappersbruk som är mycket stora elanvändare, med en genomsnittlig effektförbrukning på 230 MW respektive 200 MW. Vid det ena bruket går nästan all inköpt el till massabruket. Företaget är mycket intresserat av energilagring, men gör en tydlig åtskillnad mellan energi- och ellagring. I dagsläget saknas

batterilösningar för industribehov, och istället nyttjas ett massatorn som ett indirekt energilager. Massan i lagret motsvarar en redan investerad energi på upp emot 300 MWh och möjliggör så kallad time-shifting. Time-shifting innebär att produktionen och påfyllningen av tornet kan ökas när elen är billig och massan kan användas när elpriserna är höga. Trots att detta sänker elkostnaden och den totala elförbrukningen, utnyttjas denna flexibilitet inte till fullo vid det aktuella bruket i dag. Vid ett annat av företagets bruk kombineras massatornet med en biopanna och en oljepanna för ökad flexibilitet. Biopannan används i första hand och under de timmar då elen är som dyrast eldar de i oljepannan. Sedan 2020 har företaget dessutom ändrat sin produktionsstrategi. Genom att studera marginalkalkyler har företaget frångått kontinuerlig drift dygnet runt och sparar pengar på att inte köpa el under årets cirka 400 dyraste timmar. Då används istället pannorna för att förse bruket med nödvändig ånga.

Synen på batterilager och investeringshinder

Även om ett batterilager i kombination med massatornet skulle öka flexibiliteten vid det mest elintensiva bruket, har företaget valt att inte gå vidare med en sådan lösning på grund av bristande lönsamhet. I dag körs fyra pappersmaskiner mot en icke-växande marknad, exempelvis när det gäller bokpapper där den totala europeiska efterfrågan ligger på 400 000 ton per år, samtidigt som företaget ensamt har en kapacitet på 1 000 000 ton per år. Företaget saknar också de ekonomiska incitament som krävs för att göra stora investeringar på en stagnerande marknad vilket motiveras genom att en investering måste kunna bära sig på lång sikt. Platsbrist utgör inget hinder för att installera batterier, utan det är uteslutande lönsamheten som är det största problemet.

Stödtjänster och nätstabilitet

När det gäller nätstabilitet har företaget under lång tid levererat uthålliga stödtjänster från alla sina fabriker. Konkurrenskraften ligger i förmågan att stänga av raffinörerna, vilka drar mellan 10 och 20 MW. Detta minskar effektförbrukningen på ett sätt som fungerar symmetriskt med att öka elproduktionen i nätet. Till skillnad från många konkurrenter har företaget, med hjälp av komplexa processer och interna styrmedel, lyckats garantera att avstängningen av raffinörerna sker exakt när leverantören av stödtjänsten kräver det. Med ett batteri hade företaget kunnat erbjuda ännu snabbare stödtjänster och dessutom hantera mindre justeringar, exempelvis om nätet bara kräver 2 MW, vilket hade eliminerat behovet av att starta och stoppa en hel raffinör på 10 MW. Företaget har dock noterat att stödtjänstmarknader ofta är mycket lönsamma initialt, vilket lockar många aktörer, men när marknaden mättas tenderar de ekonomiska incitamenten att avta.

Elavtal, obalans och effekttariffer

Övergången från timprissättning till 15-minuters prissättning på el-spotmarknaden har ökat risken för straffavgifter om anläggningen till exempel ligger i obalans i slutet av en timme. I denna kontext ser företaget ett mycket stort värde i ett batteri. Syftet skulle i första hand inte vara att sälja stödtjänster, utan snarare att minska riskexponeringen mot obalansmarknaden och undvika drastiska, kostsamma åtgärder för att balansera förbrukningen. Effekttariffer påverkar inte företaget nämnvärt

eftersom elintensiv industri har förmånliga abonnemangsavtal och har en mycket låg elskatt jämfört med hushåll och övrig industri. Den abonnerade effekten kan dock i vissa fall vara begränsande. Företaget har därför ansökt om en höjning av effekten, som är en process med lång handläggningstid. Detta i syfte att kunna installera en extra elpanna och därmed utnyttja billig sommarel. Ett batteri är emellertid inte tillämpligt för att hantera denna typ av långvariga och säsongsbetonade behov.

5.2.3 Pappersbruk 2

Intervjun genomfördes den 5 mars och utgick primärt från frågeställningarna i intervjuguiden i appendix A.1.

Energianvändning och befintlig flexibilitet

Företaget producerar mekanisk massa (CTMP), vilket är en mycket elintensiv process där råvaran först värms upp och därefter bearbetas mekaniskt. Massan används i huvudsak till vätsketålig kartong för exempelvis livsmedelsindustrin. Fabriken har ett jämnt effektuttag på cirka 30 till 32 MW, med ett abonnemangstak på 35 MW. Årsförbrukningen uppgår till ungefär 250 GWh. Det är framför allt malningen av fibrer i raffinörerna som drar mycket energi. Samtidigt är processen energieffektiv där cirka 60 procent av den tillförda elenergin återvinns i form av ånga, som sedan används för att värma vatten och torka massa.

Företagets flexibilitet i driften är relativt begränsad, men det finns vissa möjligheter. Det andra processteget, som avgör massans kvalitet och drar cirka 6 MW, kan stängas av när elpriserna är höga. Detta görs dock enbart för intern kostnadsoptimering och inte för att leverera stödtjänster till elnätet. Att delta på stödtjänstmarknaden var aktuellt för ett par år sedan, men anses i dagsläget inte längre vara lönsamt, och de har heller inte alltid möjlighet att reservera en kapacitet den tid som krävs, då produktionskrav prioriteras före. Eftersom brukets effektuttag är så pass jämnt över hela dygnet är heller inte kapning av effekttoppar ekonomiskt relevant.

Elavtal och inköpsstrategi

Företaget producerar ingen el på egen hand utan köper in hela sitt behov externt. Deras inköpsstrategi bygger på en kombination av prissäkring och att vara exponerad mot spotmarknaden. En betydande del av elbehovet, ungefär 15 till 22 MW, prissäkras i förväg genom terminsavtal som ibland sträcker sig flera år fram i tiden. Historiskt har priset för den prissäkrade volymen legat på omkring 40 öre per kWh. Den återstående delen av behovet köps in direkt på spotmarknaden, vilket innebär att företaget behåller en viss exponering mot kortsiktiga prissvängningar.

Synen på batterilager och investeringshinder

Företaget bedömer att ett batterilager inte utgör en lönsam investering i nuläget. En bidragande orsak är anläggningens höga effektbehov; det skulle krävas ett battersystem med oerhört stor kapacitet för att det skulle märkas. En så stor anläggning skulle kräva enorma utrymmen i närheten av ställverket, vilket helt enkelt inte finns tillgängligt idag. Investeringen upplevs dessutom som osäker, delvis för att offerter från leverantörer ofta upplevs som otydliga och svåra att utvärdera. Sammantaget

saknar företaget ett tillräckligt tydligt och robust affärsfall för att motivera ett batterilager, och intervjupersonen betonar även att det är produktion av massa som är deras kärnverksamhet och där de besitter störst kompetens, och att detta prioriteras framför affärsområden som stödtjänster och elprisarbitrage.

Stödtjänster och flexibilitet

I dagsläget deltar företaget inte på några stödtjänstmarknader, även om de har erfarenhet av det sedan tidigare. Genom externa aktörer kunde företaget förr dra ner effektuttaget kraftigt, från cirka 25 MW till 2 MW, vilket gav bra intäkter. Idag finns det dock för många hinder. Företaget har svårt att garantera sin tillgänglighet mot nätet, och produktionskraven måste alltid prioriteras över flexibilitet. Det finns en genuin risk att inte kunna uppfylla de avtalade åtagandena, och därför anses stödtjänster innebära en alldeles för hög operativ risk i nuläget.

Framtida investeringar och utveckling

Trots utmaningarna utvärderar företaget ständigt nya lösningar för sin energihantering. Den nuvarande värmeproduktionen består av en gasolpanna och en biopanna som eldas med bark och stamved. Det finns planer på att installera en elpanna, vilket skulle göra det möjligt att köra värmeproduktionen på billig el under sommaren och spara biopannan till vintern. Argumentationen förutsätter att elpriserna på vinter är högre, vilket ökar de ekonomiska incitamenten att köra biopannan, samt att elpriserna under sommaren gör driften av elpannan billigare än biopannan.

I närområdet byggs dessutom nya vindkraftsparker. Företaget är intresserat av att ansluta dessa parker direkt till sitt eget ställverk för att på så sätt slippa dyra nätan slutningskostnader. Vidare förs det diskussioner om att bygga ett större massatorn som skulle kunna fungera som ett processlager. Detta skulle göra det möjligt att öka produktionen på nätterna och minska den på dagarna för att optimera driften utifrån elpriset, men detta har ännu inte blivit verklighet.

Elavtal, effekttariffer och begränsningar

Gällande nätavgifter har effekttariffer en väldigt liten påverkan på verksamheten tack vare brukets jämna belastning. Däremot är den abonnerade effekten begränsad till 35 MW. Eftersom företaget redan ligger nära denna gräns fungerar abonnemang- et som ett tak som bromsar eventuella möjligheter till framtida expansion.

5.2.4 Pappersbruk 3

Intervjun genomfördes av en parallell kandidatarbetsgrupp inom samma ämnesområde.

Energianvändning och befintlig flexibilitet

Företaget driver flera olika massabruk, där ett är mekaniskt och resten är kemiska. Under produktionen av den kemiska massan utvinns och förbränns lignin, vilket genererar ånga och el vilket gör de kemiska bruken till elproducenter. Totalt produceras omkring 1,2 TWh el per år, där ungefär hälften används internt medan resten säljs vidare. Utöver detta producerar företaget el genom vindkraftsparker. Det mekaniska bruket är istället en stor elkonsument. Företaget beskriver att produktionen

i stort sett är kontinuerlig och behöver köras 24/7, vilket begränsar möjligheten till flexibilitet i själva kärnprocessen.

Synen på batterilager och stödtjänster

Företaget har installerat ett mindre batteri vid det mekaniska bruket, placerat bakom mätaren i syfte att dela abonnemang med bruket. Batteriet installerades under föregående år och har en effekt på 5 MW samt en kapacitet på 8 MWh. Företaget prioriterar stödtjänstmarknaden då arbitrage och reducerade obalanskostnader för närvarande inte bedöms vara lönsamma. Batteriet används därför enbart för stödtjänster, vilket innebär att batteriet och bruket opererar som två enskilda parter. Orsaken till att arbitrage inte anses lönsamt är att prisskillnaden mellan de högsta och lägsta priserna på elmarknaden är för liten, samtidigt som batteriet inte hinner laddas upp mellan prisvariationerna. Under normala driftfall har företaget inga problem med obalanskostnader, däremot blir kostnaderna höga vid oplanerade stopp. Detta då bruken kan gå från att leverera 50 MW ut på elnätet till att istället behöva köpa 20 MW, vilket motsvarar en skillnad på 70 MW. Dessutom beskriver företaget hur batteriet skulle behöva erhålla en kapacitet som täcker för 4-24 timmar i händelse av ett stopp. Batterier anses därför inte lönsamma för minska obalanskostnaderna, då kapaciteten som skulle behövas är alldeles för stor.

Trots begränsad möjlighet till flexibilitet i kärnprocessen lyfts andra förslag för flexibilitet fram, emellertid utan batterilager. Dels beskriver företaget hur de kemiska bruken kan vara flexibla i sin elproduktion där turbinen kan stängas av för att stoppa elproduktionen. Detta lyfts upp som ett möjligt sätt för företaget att delta på frekvensmarknaden. Vidare beskriver företaget att det mekaniska bruket kan bidra till flexibilitet då företaget har olika pannor de kan växla mellan, vilka drivs på el och biobränsle. Möjligheten att växla panna lyfts också fram som en möjlighet till framtida deltagande på stödtjänstmarknaden.

Framtida investeringar och utveckling

Företaget planerar inte att investera i fler batterier kopplat till bruken. Däremot finns intresse i att investera i batterier kopplat till företagets vindkraftsproduktion. Där beskrivs batterierna lättare att använda i och med att det finns mer variationer i obalanserna. Idag gör företaget återköp för att minska obalanskostnader vilket leder till att vindenergi stryps, som skulle kunna lagras med ett batteri.

Respondenten tror att batterier kommer att bli mer attraktiva i framtiden när kostnaderna fortsätter falla samtidigt som kapaciteten förbättras, men menar att de är för dyra i dagsläget. Detta i kombination med ekonomisk osäkerhet kring stödtjänstmarknadens utveckling och obalanskostnader påverkar därmed investeringsbeslut och driftstrategier.

Elavtal, effekttariffer och begränsningar

Företaget handlar el på flera marknader och har möjlighet att köpa eller sälja el på spotmarknaden, intradagsmarknaden och balansmarknaden. Elavtalet är anpassat efter normalförbrukning och straffavgifterna vid överskriven effektgräns uppges vara mycket höga. Dessutom anges dessa obalanskostnader osäkra då kostnaden endast gör sig känd efteråt. Om framtida obalanskostnader vore mer förutsägbara beskriver

företaget att batteriet hade kunnat hjälpa det mekaniska bruket istället för att leverera stödtjänster.

5.2.5 Pappersbruk 4

Intervjun genomfördes den 29 april och utgick primärt från frågeställningarna i intervjuguiden i appendix A.1.

Energianvändning och befintlig flexibilitet

Företaget tillverkar främst pappersmassa som vidarebearbetas till mjukpapper (s.k. *tissue*). Företaget har även sågverk där de producerar klassiskt byggmaterial, pellets och spån. Företaget är nettoproducenter av el och har genom åren gjort investeringar för att förbruka mindre el. Ett exempel på det är turbiner som används för att producera energi av ånga som frigörs under produktionen. Elproduktionen är det som påverkar obalanskostnaderna mest, en turbin kan sluta fungera eller så kan det bli en störning i produktionen vilket gör att företaget inte producerar så mycket som de sagt, vilket i sin tur leder till höga obalanskostnader. Intervjupersonen berättar att de har sett el som en kritisk del i sin verksamhet och i deras affär, vilket delvis kan förklaras att deras bruk befinner sig i elområdena SE3 och SE4. Företaget undersöker vad de kan styra men det är svårt i industrin för papper och pappersmassa, framförallt i kemiska bruk. Företaget beskriver att de kan köra olika delar på olika hastighet, men inte har samma möjlighet att stänga av. Företaget har undersökt att köra sodapannan mot marknaden men den typen av flexibilitet resulterar en mer komplex verksamhet. Då nämner intervjupersonen att användningen av ett batteri blir mycket lättare.

Företaget har ett batteri sedan ungefär ett år tillbaka, som används till en ellastbil, detta för att kunna ladda så fort som de vill trots att elsystemet inte är tillräckligt bra. Även om batteriets huvudsyfte är till lastbilen är det även kopplat till flexmarknaden, vilket ökar intäkterna till företaget. Intervjupersonen beskriver att flexmarknaden blir ett bra tillägg till det andra huvudsakliga syftet.

Synen på batterilager och investeringshinder

Företaget delger en positiv inställning till batterilager och förklarar att de har arbetat med energifrågan trots att det inte är en huvudfråga inom industrin. Intervjupersonen förklarar att batterier är en del i helhetsbilden och att branschen kan ses som långsam inom området. Vidare förklaras att det finns många fördelar och möjligheter med ett batteri men att det i deras fall är obalanskostnader som är den största möjligheten att spara pengar. Intervjupersonen förklarar också att ett batteri kan leda till att saker som man inte riktigt ser får konsekvenser i produktionen, vilket beskrivs som att bygga in risker i sin produktion. Intervjupersonen beskriver att risken för att kärnprocessen, massaproduktionen, påverkas negativt av batterilagring gör att den upplevda potentialen minskar. Vidare tas skillnaden på att räkna på något i teorin kontra att implementera det praktiskt samt att det är lätt att missa helheten i teorin, det vill säga hur investeringen påverkar resten av verksamheten. El är en insatsvara för att driva processen och inte en del i kärnprocessen. I grunden ska de förädla träet. Ett val mellan att investera i energilager eller

i sin förädlingsprocess uppkommer. Vidare är operatörerna tränade på ett visst sätt och mäts på vissa måttetal, en förändring kan därmed bli mycket mer omfattande än vad det först verkade som. Investeringar i batterier har undersökts men hittills har lönsamheten bedömts för låg för att beteendeförändring inom verksamheten kan motiveras. Intervjupersonen beskriver att den nya kvartsmarknaden har lett till att det finns mindre tid att rätta upp situationer men också att det blir svårare att prognostisera produktion och konsumtion. Incitamenten för att investera i ett batteri ökar dock eftersom det hade kunnat hjälpa till när det blir en diskrepans.

Marknaden och incitament för batterilagring

Intervjupersonen beskriver att marknaden går svagt just nu, med anledning av konkurrens från Sydamerika, höga elpriser, och dåliga växlingskurser mellan de marknader som aktören agerar på. Marknaden beskrivs som varierande, aktörerna investerar hela tiden tills någon aktör på marknaden slås ut och det blir underkapacitet. Den varierande marknaden resulterar i att normala år inte finns. Att marknaden går i cykler skapar incitament för energilagring, företaget behöver fler ben att stå på för att skapa fler intäktskällor för att i sin tur jämna ut intäkterna. Att batterier blir billigare och el dyrare menar intervjupersonen skapar bra incitament och möjligheter att investera i batterilagring. Externt har många aggregatorer varit intresserade av företaget.

Framtida investeringar och utveckling

Företaget har gjort ett grundligt arbete med studier för att förstå hur man ska dra nytta av batterier på bästa sätt. De har tagit fram en batteristrategi med planen att batterierna ska installeras innanför mätarna i deras kemiska bruk och tanken är att de ska använda sig av affärsmöjligheten värdestapling. Batteriet ska främst användas för att minska obalanskostnader men även för att vara flexibla inom elpriser och tillhandahålla stödtjänster. Intervjupersonen betonade att processen går långsamt och att det beror till stor del på internpolitik och långsamma processer inom företaget. Företagets plan är att dra igång förprojekt nu och att ha investeringen på plats under nästa år. Företaget har många förändringsprojekt på gång hela tiden, men med ett begränsat kapital blir det ofta en krock mellan kärnaffären och nya områden. Då behöver företaget prioritera det som de måste göra över det som de kan göra. Områden där nya investeringar börjar är där det påverkar den hela processen minst, som till exempel batteriet för ellastbilen. För batterilagring beskriver intervjupersonen att batteriets användning troligtvis kommer ändras i takt med att marknaden gör det, därmed bör företag inte låsa fast sig vid vad det ska användas till. Regelverk som kan ändras är något som också tas upp som en risk.

Elavtal, effekttariffer och begränsningar

Företaget har effekttariffer men å andra sidan begränsad möjlighet att använda batterier för att minska dessa. Intervjupersonen betonar att det inte heller skulle vara det huvudsakliga syftet. Vidare lyfts svårigheterna med att agera på stödtjänstmarknaden när det egna företagets obalanskostnader ska minskas, att kombinera alla tjänster samtidigt beskrivs som svårt. För att nyttja batteriet på bästa sätt behöver företaget skifta fokus utifrån det som är mest lönsamt.

6

Analys

I följande kapitel analyseras studiens empiri, intervjuer och litteraturreultat med utgångspunkt i det analytiska ramverket och rapportens frågeställningar. Genom en tillämpning av mikro-, meso- och makroperspektivet utvärderas batterilagringens ekonomiska potential samt de faktorer som styr implementeringen inom pappers- och massaindustrin.

6.1 Ekonomisk potential

En utvärdering av den ekonomiska potentialen inom de identifierade affärsmöjligheterna för batterilagring har gjorts genom en analys av litteraturen och intervjuerna. Då studien ej undersöker ett specifikt fall, blir det varken relevant eller realistiskt att med precision ge exakta lönsamhetsmått, då för många variabler är okända. Men en analys av både liknande och generella fall, kan ge en riktlinje om vilka användnings-sätt som är intressanta för aktörer att studera närmare. Det ger även en relevant kontext till kommande analys av vilka faktorer som påverkar lönsamheten för de olika affärsmöjligheterna.

Arbitrage

Arbitrage undersöks av Vendt m. fl. (2025), Nestorovic och Lindén (2020) och Mirzaei Alavijeh m. fl. (2025), och bedöms av samtliga ha en relativt låg lönsamhet, där Nestorovic och Lindén (2020) till och med bedömer effekten som försumbar. Mirzaei Alavijeh m. fl. (2025), som ger bäst resultat för arbitrage av de tre rapporterna, räknar med en modell med mycket god kännedom av marknaden och relativt låga kostnader jämfört med Vendt m. fl. (2025). Pappersbruk 4 ser potentiellt arbitrage som en del av sin batteristrategi, men betonar att det inte finns så stora förhoppningar på metoden som intäktskälla. Den sammanlagda analysen av arbitrage är att det på egen hand inte har särskilt goda möjligheter att betala av investeringskostnaderna för ett batterisystem.

Däremot skulle arbitrage kunna utnyttjas av redan existerande flexibilitet, till exempel Pappersbruk 1:s utnyttjande av ett massatorn för time-shifting av sin elförbrukning till tider med lägre pris. Sådana lösningar skulle kunna vara lönsamma, då dyra investeringar undviks eller delas med andra syften.

Stödtjänster

I litteraturen finns det stöd för att det finns god lönsamhet av att verka på någon

eller flera stödtjänstmarknader. Nestorovic och Lindén (2020), som utvärderar deltagande på FFR-marknaden, finner att det endast är lönsamt under vissa specifika förhållanden. Vendt m. fl. (2025), Rosendal och Öberg (2025) och Mirzaei Alavijeh m. fl. (2025), bedömer en god lönsamhet på FCR-D, även endast FCR-D upp, vilket ställer mindre krav på komplexa styrsystem för optimering. Rosendal och Öberg (2025), som undersöker ett specifikt fall för ett pappers- och massabruk, kommer fram till en mycket kort återbetalningstid genom att kombinera ett mindre batterisystem med brukets raffinörer, som möjliggör att kunna kvalificera en stor kapacitet och möta de tekniska kraven, till en relativt låg investeringskostnad. Detta lyfts även av Pappersbruk 1 som framtida möjlighet. Dock påverkas lönsamheten mycket av vilket år som undersöks, vilket framgår i av Vendt m. fl. (2025) i 5.1.2, där lönsamheten sjunker med tiden, dock konsekvent positiv.

Kapa effekttoppar

Att kapa effekttoppar bedöms lönsamt av både Nestorovic och Lindén (2020) och Vendt m. fl. (2025). Däremot beskriver Nestorovic och Lindén (2020) hur effektkapning är lönsamt upp till 1-3% medan ytterligare kapning inte generar lönsamhet. Nestorovic och Lindén (2020) beskriver emellertid denna lönsamhet som lägre än den för deltagande på stödtjänstmarknaden. Inget av de intervjuade pappersbruken ser något behov av att kapa sina effekttoppar i dagsläget.

Reducera obalanskostnader

Av den studerade litteraturen är det endast Rosendal och Öberg (2025) som undersöker lönsamheten av att reducera obalanskostnader. Enligt skribenterna är detta olönsamt då de ekonomiska fördelarna blir för små i förhållande till investeringskostnaden, även med teoretiskt optimala styrningsmodeller.

Pappersbruk 4 planerar att implementera batterilager, med reducering av obalanskostnader som uppstår i deras elproduktion som huvudsyfte. Pappersbruk 3 ser det inte som realistiskt att reducera större obalanser med hjälp av batterilager, och ingen relevans i att reducera mindre obalanser då det inte innebär några större kostnader för företaget. Att reducera obalanser med ett mindre batteri ser dock Pappersbruk 1 som en intressant affärsmöjlighet.

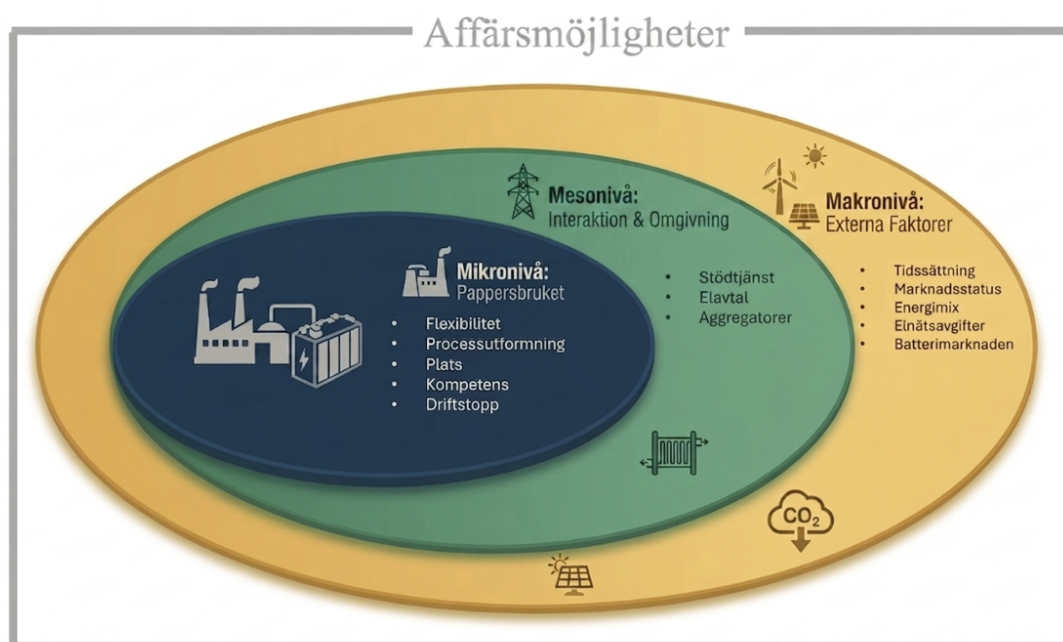
Värdestapling

Att kombinera flera intäktskällor lyfts av de flesta källor som undersökt affärsmöjligheten som den mest lönsamma metoden. Undantaget är Vendt m. fl. (2025), som kan förklaras att den värdestaplingsmodellen som de beräknar lönsamheten på inte innefattar stödtjänster, som står för huvuddelen av intäkterna i de andra modellerna.

Att kombinera samma batteri eller annan flexibilitetsresurs i praktiken kan dock innebära svårigheter, då samma effekt inte kan användas till olika saker, vilket kräver planering och prioritering, en svårighet som lyfts av Pappersbruk 4. Vendt m. fl. (2025) lyfter även problemet med straffavgifter då lovade stödtjänster inte levereras, och risken för att detta sker kan antas öka vid försök att optimera samma resurs till flera användningsområden.

6.2 Faktorer på mikro-, meso- och makronivå

Följande avsnitt syftar till att besvara den andra delen av frågeställningen, det vill säga vilka faktorer på olika nivåer som påverkar företags vilja och möjligheter att implementera batterilager. Frågeställningen besvaras genom en analys av resultaten från litteraturstudien och intervjuerna, utifrån de tre nivåerna mikro, meso och makro som formulerades i det analytiska ramverket. Definitionen av de olika nivåerna återfinns i avsnitt 3.3. En illustration av de identifierade faktorerna på respektive nivå återfinns i figur 6.1.



Figur 6.1: De identifierade faktorerna på mikro-, meso- och makronivå (Google, 2026)

6.2.1 Mikronivå

Nedan analyseras olika faktorer som identifierats internt inom de olika pappers- och massabruken. Dessa faktorer kategoriseras därmed till mikronivån som introducerades i avsnitt 3.3.

Befintlig flexibilitet

I intervjun med Pappersbruk 1 lyfts befintliga lösningar för flexibilitet i verksamheten fram, exempelvis användandet av ett massatorn. Vidare nämner både pappersbruk 1 och 2 att de har möjlighet att stänga av raffinörerna vid behov för att agera leverantör på stødtjänstmarknaden. I intervjun med pappersbruk 3 nämner intervjupersonen att de har implementerat BESS som är frikopplat från produktionen, med syftet att verka på stødtjänstmarknaden. Batteriet tillför alltså inte någon direkt flexibilitet för verksamhetens elanvändning. Vidare berättar intervjupersonen att de vid ett av sina mekaniska bruk har olika pannor, en som drivs av biobränsle och en

på el. Om bruket således skulle vilja koppla upp produktionen mot stödtjänstmarknaden, skulle pannorna kunna fungera som en möjliggörare för detta. Detta eftersom bruket kan justera sin elanvändning beroende på vilken panna de väljer att köra. Eftersom Pappersbruk 1 och 2 redan har implementerat egna flexibilitetslösningar, och Pappersbruk 3 skulle prioritera sina pannor för framtida flexibilitet, kan detta identifieras som en faktor som minskar incitamenten för att investera i BESS.

Som tidigare nämnts kan Pappersbruk 1 och 2 aktivera och deaktivera sina raffinörer för att agera på stödtjänstmarknaden. Den tillhandahållna effekten från detta är dock inte alltid optimal, vilket Rosendal och Öberg (2025) redogör för. I rapporten beskrivs att batteriets huvudsyfte, i kombination med raffinörerna, blir att agera stötdämpare vid dessa effektomställningar. Detta krävs för att kunna möta SvK:s krav på snabbhet och linearitet för vissa stödtjänster. Med detta i åtanke kan incitamenten att implementera BESS snarare öka för aktörer som vill öka sin exponering mot stödtjänstmarknaden, även om befintliga lösningar för flexibilitet existerar. Detta understryks också av intervjupersonen i Pappersbruk 1 som beskriver att de hade kunnat erbjuda ännu snabbare stödtjänster och hantera mindre justeringar med BESS.

Pappers- och massabruk med befintliga flexibilitetslösningar kan använda dessa för att hålla effekten på en nivå som inte överskrider den abonnerade maxeffekten, vilket minskar incitamenten att implementera BESS i syfte att kapa effekttoppar.

Processutformning

I rapporten skriven av Wilson m. fl. (2025) belyses vikten av anläggningens processutformning för att avgöra vilken lagringsteknik som är mest lönsam. Rapporten visar att värdet av att implementera BESS är mest lovande vid sulfatmassabruk, det vill säga kemiska bruk. I dessa anläggningar är produktionen av ånga och el tätt sammankopplad via pannor och turbiner. Genom att integrera ett batterilager skapas en direkt och mångsidig flexibilitet att hantera elflödena där bruket kan frikoppla sin elanvändning från den direkta produktionen och antingen lagra överskottsel eller sälja den på marknaden när så önskas, vilket är i linje med arbitrage som en affärsmöjlighet. För dessa kemiska bruk konstateras att termisk energilagring (TES) inte bidrar nämnvärt till flexibilitet på elsidan, vilket gör batterilager till det primära alternativet för optimering av el.

Enligt Wilson m. fl. (2025) är termisk energilagring (TES) generellt en mer kostnads-effektiv lösning för mekaniska bruk än BESS. Samtidigt belyser författarna även här att batterilagring skapar driftflexibilitet under perioder med fluktuerande elpriser, vilket ger bruket möjlighet att lagra elen när den är billig och senare använda eller sälja den vid behov. Detta identifieras också som ett tecken på arbitrage som en affärsmöjlighet.

Trots att sulfatmassabrukens processer, i kombination med BESS, beskrivs som en möjliggörare för flexibilitet av Wilson m. fl. (2025), framhålls de mekaniska bruken som de mest elintensiva genom denna rapport. Detta tyder på potential för ekonomisk lönsamhet vid implementering av BESS även i dessa anläggningar. Detta underbyggs i litteraturstudien av Rosendal och Öberg (2025), som studerar det mekaniska bruket Holmen Board and Paper Braviken, samt i de två intervjuer som har

genomförts med aktörer från mekaniska bruk. De andra affärsmöjligheterna som studeras utöver arbitrage, det vill säga stödtjänster, kapa effekttoppar och reducera obalanskostnader, får alla en större effekt ju större elkonsumtion bruket i fråga har, vilket mekaniska bruk har i kontrast till kemiska. Således utgör brukets processutformning en faktor på mikronivå som påverkar vilka specifika affärsmöjligheter ett BESS kan öppna upp för.

Fysisk utformning och plats

I rapporten skriven av Wilson m. fl. (2025) och i intervjuerna lyfts plats fram som en faktor. I intervjun med Pappersbruk 2, en något mindre aktör inom industrin, lyfts plats som en begränsande sådan. BESS som hade kunnat vara relevanta för pappersbruken är relativt stora och för en mindre aktör kan plats således bli ett problem. Pappersbruk 1 som är en större aktör ser emellertid inte plats som ett problem, det samma gäller för Pappersbruk 4. Företagen är stora skogsägare och har således mycket mark att nyttja, vilket blir en möjliggörare för implementering av BESS. Den affärsmöjlighet som identifieras som mest kritisk för denna faktor är arbitrage. Då arbitrage utgår från att lagra el när den är billig och sälja när den är dyr kan hög kapacitet på batteriet vara fördelaktigt, vilket kan medföra att plats är en begränsande faktor.

Fokus på kärnverksamhet och kompetens

Pappersbruk 2 lyfter att även om det finns lönsamma affärsmöjligheter för batterilagring, så ligger det utanför deras kärnverksamhet, vilket hindrar deras angelägenhet att investera i tekniken. Däremot för de diskussioner med externa parter som är intresserade av att utnyttja brukets nätanslutning, alltså är det kanske mer relevant för detta pappersbruk att eventuella energilager hanteras av andra aktörer. Även Pappersbruk 4 lyfter prioriteringar mellan kärnverksamhet och övriga investeringar som ett hinder i införandet av batterilager. Intervjupersonen skiljer på investeringar de *kan* göra och investeringar de *måste* göra, och att batterilager ofta hamnar i den första kategorin och därför inte tilldelas samma resurser eller skyndsamhet.

Dessa faktorer har en hämmande effekt på samtliga affärsmöjligheter för batterilagring hos pappers- och massabruk, men kanske framförallt de som kräver mest åtaganden i teknisk kompetens och samre med andra aktörer, som Svenska kraftnät för stödtjänster och ofta aggregatorer för värdestapling.

Driftstopp

Enligt Pappersbruk 4 uppstår stora obalanskostnader vid oplanerade stopp av deras turbiner som används för elproduktion, och planerar att implementera batterilager för att minska dessa. Även Pappersbruk 3 säger att stora obalanskostnader sällan uppstår under normal drift, utan de är istället kopplade till oplanerade driftstopp. Pappersbruk 3 ger dock en mer pessimistisk bild av att använda BESS för att reglera obalanskostnader. Vid ett oplanerat driftstopp kan effektbehovet svänga snabbt, exempelvis från att bruket levererar 50 MW ut på nätet till att det istället behöver köpa 20 MW. Detta medför en differens på 70 MW mellan produktion och konsumtion. Pappersbruk 3 konstaterar att dagens batterier inte räcker till för att täcka upp för detta, eftersom ett batteri skulle behöva hålla ut i 4 till 24 timmar innan pro-

duktionen kan läggas om. Av den anledningen används inte deras befintliga batteri till att minska brukets obalanskostnader.

6.2.2 Mesonivå

I följande avsnitt analyseras faktorer kopplade till pappers- och massabrukens interaktioner med externa aktörer. Faktorerna tillhör studiens mesonivå, enligt den kategorisering som presenteras i kapitel 3.3.

Stödtjänstmarknaden

En faktor som framlyfts av pappersbruk 1 är utvecklingen på stödtjänstmarknaden. Genom att fler aktörer deltar på olika stödtjänstmarknader ökar det totala utbudet av flexibilitetsresurser. Detta kan leda till en mättnad på marknaden till följd av en ökad konkurrens, vilket i sin tur potentiellt kan leda till lägre ersättningsnivåerna för dessa typer av tjänster. Lönsamheten för stödtjänster som affärsmodell är således starkt beroende av marknadsutvecklingen, vilket också framhävs i rapporten av Vendt m. fl. (2025), och kan försämrats över tid i takt med att fler aktörer etablerar sig. Eftersom priserna för stödtjänster även påverkar obalanskostnader, som beskrivs i 2.2, påverkas även incitamenten för att implementera batterilager för att hindra obalanser av priserna på stödtjänstmarknaderna, där höga priser leder till dyrare obalanskostnader.

Utöver priserna på stödtjänstmarknaden finns också en påverkan av hur stödtjänsterna är utformade, och vilka krav de ställer på aktörer, i detta fall pappers- och massabruken som levererar tjänsten. Huruvida stödtjänstmarknaden bör förändras tas upp av Afry (2025) i 5.1.7. De argumenterar för att dagens system har för mycket vikt vid reserverad kapacitet, och för lite på faktiskt levererad flexibilitet, och föreslår att detta förändras. En sådan förändring skulle förändra förutsättningarna för aktörer som Pappersbruk 2, som ofta skulle kunna leverera en relativt stor volym av flexibilitet, men på grund av produktionskrav inte kan säkerställa att den flexibiliteten alltid är tillgänglig.

Elavtal

Hur företagets elavtal är utformat är en faktor som kan påverka vilken nytta företaget skulle kunna ha av ett batterilager. För att en affärsmodell som består av arbitrage krävs att företaget handlar på spotmarknaden, vilket Pappersbruk 1 gjorde uteslutande. För Pappersbruk 2, som köper en stor majoritet av sin el på långsiktiga fasta avtal, och endast en liten del på spotmarknaden vid behov, skulle arbitrage ej lämpas som affärsmodell.

Avtalen kan även innefatta vilken effekt som fås ta ut, och eventuella avgifter om detta överskrids. Detta påverkar relevansen för batterilager i syfte att kapa effekttoppar.

Elavtal är något som företag själva har inflytande över, och kan anpassas efter hur verksamhetens ser ut. Utifrån litteraturen är arbitrage ensamt inte tillräckligt lönsamt, men skulle kunna vara intressant som en del i en värdestaplingsmodell, och i ett sådant fall skulle det vara relevant för företag att ha detta i åtanke vid förhandling

om elavtal. Detsamma gäller för effekttariffer. Till exempel säger Pappersbruk 2 att de aldrig når upp till den effektgräns där de behöver betala en straffavgift, men om de haft ett batterisystem skulle de möjligen kunna förhandla fram en lägre gräns med mindre marginaler, vilket kan antas skulle ge företaget ett bättre pris på sitt avtal.

Alltså kan ett företag potentiellt göra besparingar med effektkapningsprincipen även om de i dagsläget inte betalar några tariffer. Hur stor besparingen blir, och om det vore tillräckligt för att finansiera en investering av ett tillräckligt stort batteri, är emellertid något som rapporten saknar underlag för att säkert utvärdera.

Aggregatorer

Vendt m. fl. (2025) indikerade att bristen på operativ kompetens kring batteridrift kan utgöra hinder för implementering av BESS. I sammanhanget lyfts aggregatorer fram som centrala aktörer för att sänka trösklarna för industrin. Genom att anlita en aggregator kan pappersbruk dra nytta av extern specialistkunskap inom batterioptimering, och därigenom säkerställa en mer effektiv resursanvändning. Vidare kan aggregatorn samordna flera mindre enheter, vilket skapar möjligheter för bruken att implementera mindre batterisystem och ändå nå budbar kapacitet på stödtjänstmarknaden. Genom att samordna fler resurser skulle aggregatorer också kunna underlätta värdestapling, eftersom den totala kapaciteten blir större och därför minskar risken att man exempelvis inte kan leverera den stödtjänst man har kvalificerat. Det bör dock noteras att samarbetet med aggregatorer medför ytterligare kostnader, vilket innebär en avvägning mellan dessa kostnader och projektets slutliga lönsamhet.

6.2.3 Makronivå

Nedan analyseras de makrofaktorer som identifierats i studien. Dessa utgörs av externa faktorer som bruken måste förhålla sig till, trots att de inte kan påverka dem direkt. Kategoriseringen av makrofaktorer utgår från det analytiska ramverket i avsnitt 3.3.

Tidsättning av handels- och avräkningsperioder

Både Pappersbruk 1 och 4 belyser övergången till 15-minutersprissättning på elmarknaden som en påverkande förändring. Den nya marknadsstrukturen innebär att stora elkonsumenter, såsom pappersbruk, exponeras för en betydligt högre risk för obalanskostnader. Följaktligen ställs strängare krav på att kontinuerligt optimera och synkronisera produktionen med elförbrukningen. Eftersom pappersbruk präglas av tunga och komplexa processer är det sällan tekniskt eller ekonomiskt genomförbart att med kort varsel reglera ner produktionen för att parera tillfälliga obalanser. I denna kontext utgör BESS en möjliggörare för reducering av obalanskostnader som en affärsmöjlighet. Batteriet agerar då som en flexibel energibuffert, vilket Pappersbruk 4 framhäver blir lättare med kvartsmarknaden, eftersom det blir mindre energi att kompensera för. Med hjälp av batteriernas snabba upp- och urladdning kan bruket upprätthålla effektbalansen och minimera obalanskostnaderna.

Framtida energimix och elmarknad

Hur energimixen ser ut i framtiden kommer påverka företags vilja att implementera BESS som en del av sin verksamhet. Om andelen väderberoende och oplanerbara energikällor ökar på det sätt som beskrivs i 2.2, finns en risk att fluktuationen i elpriser fortsätter eller till och med växer. En sådan utveckling hade stärkt argumenten för batterilager i arbitrage-syfte, då det skulle finnas mer att vinna på prisskillnaderna.

Risken för prognosfel av produktionen från väderberoende energikällor medför en ökad risk för obalanser i nätet, och som nämns i 2.2.2 stabiliserar vindkraftverk och solceller inte frekvensen i lika stor utsträckning som tyngre kraftslag. Detta skulle innebära en större efterfrågan på stödtjänster och således höja priset på dessa. Detta skulle stärka incitamenten för företag att med flexibilitet erbjuda stödtjänster, och även reducera sina obalanskostnader då dessa påverkas av stödtjänstkostnaderna.

Elprisnivån framhölls som en viktig faktor i intervjun med pappersbruk 4. Företagets två bruk är lokaliserade i olika elprisområden, SE3 och SE4. Där en större potential identifierades för att implementera BESS vid bruket i SE4 till följd av generellt högre elpriser. Alltså kan elprisnivån och därmed den geografiska placeringen påverkar incitamenten för investeringar och kan utgöra både en begränsande och möjliggörande faktor.

Pappers- och massamarknadens utveckling

Både Pappersbruk 1 och 4 lyfter att marknadsläget för deras kärnverksamhet är osäkert, och att detta påverkar möjligheter och behov av investeringar i exempelvis energilager. Dock gör de olika slutsatser av situationen. Pappersbruk 1 resonerar att det är svårt att genomföra sådana långsiktiga investeringar, även om de beräknas höja brukets lönsamhet eller produktivitet på sikt, eftersom de verkar på vad de beskriver som en icke-växande marknad. Intervjupersonen exemplifierar detta problem med marknaden för bokpapper, där den totala europeiska efterfrågan understiger företagets egen produktionskapacitet. Pappersbruk 4 är dock tydliga med att de ser en utmanande ekonomisk situation som en motiverande faktor till att satsa ännu mer på lösningar som kan sänka kostnader eller skapa nya intäcksströmmar, och att batterilager är en av dem.

Således kan det konstateras att marknadssituationerna för pappers- och massaindustrin är något som påverkar företagets vilja och möjligheter att investera i batterilager. Detta är en faktor som kan kopplas till alla de affärsmöjligheterna som undersöks, då alla förutsätter att en initial investering i BESS görs.

Utformning av elnätsavgifter

Kopplat till Pappersbruk 2 framgår att incitamenten för effektkapning i nuläget är begränsade, eftersom brukets effektabonnemang anpassats utefter deras jämna och relativt stabila elförbrukning. När avgiften främst baseras på högsta effekttutttag under en längre period minskar värdet av att tillfälligt kapa kortare effekttoppar, då verksamheten redan har en jämn belastningsprofil. Förutsättningarna skulle emellertid kunna förändras om modellen i stället antar en tidsdifferentierad effekttariff där högre avgifter tas ut under vissa timmar eller dagar med hög belastning i el-

nätet. Att en sådan modell skulle införas på nationell nivå kan inte uteslutas, då detta tidigare låg i linje med Energimarknadsinspektionens planering fram till dess att beslutet upphävdes i början av 2026. Som framgår av avsnitt 2.2.3 befinner sig elnätmarknaden nu i en övergångsperiod i väntan på att en ny modell för elnätsavgifter utformas. Hur framtida tariffstrukturer kommer att se ut kan därmed få betydelse för incitamenten att investera i batterilagring i syfte att kapa effekttoppar för att generera intäkter. Det förutsätter emellertid att industrin omfattas av de nya tarifferna och att aktörerna inte kan ingå separata avtal med elnätsbolag.

Batterimarknaden

På makronivå utgör även den globala batterimarknaden en faktor som påverkar lönsamheten i batterilagring inom pappers- och massaindustrin, vilket stöds både av intervjun med Pappersbruk 3 samt av Nestorovic och Lindén (2020). Som framgår i avsnitt 2.3.2 har kostnaden för litiumjonbatterier minskat kraftigt under det senaste decenniet, där prisnivån enligt tidigare refererad litteratur sjönk med cirka 87 procent mellan 2010 och 2019. En sådan prisutveckling förändrar förutsättningarna för investeringar, eftersom lägre kostnader för batterilager kan leda till snabbare återbetalning och en lägre ekonomisk risk för företag som väljer att investera. För bruk som i dagsläget bedömer investeringar som osäkra kan fortsatt prispress därför innebära att tidigare olönsamma projekt blir ekonomiskt genomförbara.

Vidare påverkas marknaden av elektrifieringen av transportsektorn, där efterfrågan på batterier till elfordon har drivit storskalig produktion och teknikutveckling. I avsnitt 2.3.2 framgår även att litiumjärnfosfatbatterier (LFP) snabbt ökat sin marknadsandel inom energilagring, från omkring 65 till 80 procent av den globala marknaden mellan 2022 och 2023. LFP-batteriernas lägre kostnad, längre livslängd och förbättrade säkerhet gör dem särskilt relevanta för industriella tillämpningar där energidensitet är mindre avgörande än driftsäkerhet och ekonomi.

Samtidigt kan denna utveckling medföra en osäkerhet kopplat till timing vid investeringsbeslut. Företag kan välja att avvakta investeringar i förhoppning om fortsatt fallande priser eller bättre teknik inom några år, trots att batterilagring redan idag kan generera värde genom någon av de diskuterade affärsmöjligheterna.

6.3 Sammanställning och nulägesanalys

Nedan presenteras de avgörande faktorer som identifierats på mikro-, meso- och makronivå. Faktorer identifierade tidigare i 6.2 sammanställs i relation till de specifika affärsmöjligheterna, och dessutom görs en nulägesanalys, som bedömer huruvida dessa faktorer uppfylls för företag inom pappers- och massaindustrin i dagsläget. Bedömningen baseras på insikter från litteraturen och intervjuerna som presenteras i resultatet 5, och kopplas även till den ekonomiska potentialen som analyseras i 6.1. En del av faktorerna, som till exempel batteripris inkluderas inte i tabellen då dessa är faktorer som påverkar alla undersökta affärsmöjligheter.

Tabell 6.1: Analys av affärsmöjligheter på mikro-, meso- och makronivå

Affärsmöjlighet	Mikro	Meso	Makro	Nulägesanalys
Arbitrage	Möjlighet till flexibel elförbrukning	Rörligt elavtal	Stora variationer i elpriser	Faktorerna uppfylls till stor del idag, bedöms ändå inte lönsamt på egen hand
Stödtjänster	Kapacitet att tillgängliggöra tillräckliga resurser och möta tekniska krav	Konkurrens och efterfrågan på stödtjänstmarknaden	Mer väderberoende energikällor ökar efterfrågan på stödtjänster	Faktorerna uppfylls idag, bedöms som lönsamt
Kapa effekttoppar	Möjlighet till flexibel elförbrukning, elintensiv process	Påverkan av effekttariffer	Politiska beslut gällande tariffer	Faktorerna påverkar idag inte pappers- och massabruk till graden att det blir lönsamt
Reducera obalanskostnader	Snabb flexibilitet av elförbrukning, elintensiv process	Kostnad av stödtjänster	15-minuters intervall	Faktorerna uppfylls, tvetydiga resultat om lönsamheten men övervägande negativt
Värdestapling	Teknisk förmåga till styrning	Hög leveranssäkerhet, t.ex. genom aggregatorer	- -	Faktorer kan uppfyllas, är i så fall den mest lönsamma

7

Diskussion

I följande kapitel diskuteras studiens problemområde utifrån ett bredare perspektiv än vad som fångas i analysen. Inledningsvis diskuteras identifierade affärsmöjligheter, följt av en diskussion om de faktorer som påverkar intresset för implementering av BESS.

7.1 Marknadsroller

En relevant fråga är hur värdeskapandet faktiskt tar form i de studerade affärsmöjligheterna. I avsnitt 3.1 betonar Teece (2010) att affärsmodeller handlar om hur företag skapar, levererar och fångar värde, medan Mason och Spring (2011) lyfter relationen mellan aktörer som en viktig del av detta värdeskapande. Kommande jämförelse använder därför marknadsroller som perspektiv för att tydliggöra de grundläggande likheterna och skillnaderna mellan affärsmöjligheterna, där vilken aktör som är kund och vilken som är säljare varierar mellan de olika möjligheterna som undersökts.

Eftersom värdestapling är en kombination av flera affärsmöjligheter kommer den att bortses från i följande jämförelse. Vidare kommer jämförelsen enbart fokusera på ett företag som har implementerat batterilagring i sin verksamhet och hur de därmed kan dra nytta av de olika affärsmöjligheterna.

- **Arbitrage:** I den initiala laddningen agerar det egna företaget köpare genom att köpa el när priset är lågt. Då kan elmarknaden ses som säljaren. När affärsmöjligheten ska nyttjas, alltså när elen säljs eller används, delas det upp i två fall. Om elen används kommer det egna företaget både bli säljaren och köparen eftersom förbrukningen sker internt. I fallet då elen säljs kommer det egna företaget vara säljaren och elmarknaden vara köparen.
- **Stödtjänster:** Det egna företaget är säljaren, de säljer bort förfogandet över en del av sin egen elanvändning. Köparen är den systemansvariga myndigheten, Svenska Kraftnät.
- **Kapning av effekttoppar:** Trots att kapning av effekttoppar kan göras på flera olika sätt kommer användningen av ett batterilager att fokuseras på för att göra jämförelsen givande. Batteriet laddas upp när belastningen är låg, vilket gör elnätet till säljaren och det egna företaget till köparen. När belastningen är hög och affärsmöjligheten ska nyttjas blir det egna företaget både

köpare och säljare i en och samma transaktion eftersom det sker internt.

- **Reducering av obalanskostnader:** Delas upp i två fall beroende på om företaget ligger under sin prognostiserade mängd el eller om de ligger över sin prognostiserade mängd el. När företaget ligger under sin prognostiserade mängd behöver de använda mer, då laddar de upp sitt batteri vilket gör att elmarknaden är säljaren och det egna företaget köparen. När företaget håller på att gå över sin prognostiserade mängd kommer de istället att använda lagrad el. Då blir det egna företaget både säljare och köpare i en och samma transaktion, precis som vid kapning av effekttoppar.

Ett genomgående tema är att när företaget är både säljare och köpare resulterar affären i kostnadsbesparing. När företaget å andra sidan är säljare leder affären till en direkt intäkt. Samtliga affärsmöjligheter utgör i grunden transaktioner och fungerar, trots olika syften, på liknande sätt. Bortsett från tillhandahållandet av stödtjänster handlar de andra affärsmöjligheterna om att antingen tidigare- eller senarelägga förbrukning. Anledningen till att värdestapling ofta benämns som det mest lönsamma sättet att nyttja ett batteri på är just för att det är en optimering. Företaget som har batterilagret har möjlighet att nyttja batteriet på det mest lönsamma sättet hela tiden.

En ytterligare punkt som gäller för samtliga ovannämnda affärsmodeller är att de också bidrar till nytta för elnätet i stort och därigenom även för samhället. Som nämns i kapitel 1 är batterilager en viktig del i omställningen till förnyelsebara energikällor. Samtidigt är det viktigt att beakta batteriernas miljöpåverkan. Som beskrivs i avsnitt 2.3.3 uppstår betydande utsläpp i samband med råvaruutvinning, produktion och tillverkning av batterier, och vissa tekniker medför ytterligare miljörisker kopplade till exempelvis tungmetaller. Miljöpåverkan varierar dessutom beroende på batteriets kemi och livscykel, vilket innebär att valet av teknik får betydelse för den totala nyttan. Även om affärsmöjligheterna bidrar till systemnytta på elmarknaden krävs därmed en avvägning mellan ekonomiskt värde och miljömässiga konsekvenser.

Trots ovanstående framhålls batterilagring som en viktig del av samhällets omställning till en förnybar energiförsörjning. Ändå finns ingen entydig vilja bland företag att investera i batterilager. Ett återkommande tema i både litteraturstudien och från intervjuerna är att den initiala investeringen är stor och lönsamheten därefter är tveksam. Den tveksamma lönsamheten går inte att koppla till enstaka faktorer. I artikeln av Afry (2025) i 5.1.7 presenteras flertalet förslag för hur investering i batterilagring skulle bli mer attraktivt, vilket indirekt blir faktorer och områden som gör att lönsamheten inte blir tillräckligt hög. Sammanfattningsvis ser batterilagring vid första anblick enkelt ut, men i praktiken är det mycket mer komplicerat. Svårigheten att förutse regulatoriska förändringar och framtida prisutveckling på både batterier och elmarknaden gör att investeringen påverkas av externa risker som ligger utanför företagets kontroll.

7.2 Tekniska utmaningar och risker

En central aspekt som framkommit i studien är industrins inställning till risktagande. För pappers- och massabruk, där driftsäkerhet en av hög prioritet, innebär implementering av ny teknik som batterilagring en osäkerhetsfaktor. Investeringar i batterilager medför inte bara finansiella risker kopplade till höga investeringskostnader, utan även marknadsmässiga risker eftersom ersättningsnivåerna för stödtjänster kan variera kraftigt över tid. Denna osäkerhet kring framtida intäkter tillsammans med den snabba teknikutvecklingen bidrar till att många aktörer intar en avvaktande hållning.

De tekniska utmaningarna som implementering av batterilager innebär är inte något som denna studie primärt fokuserar på men som belyses av intervjupersonen i avsnitt 5.2.5. Intervjupersonen beskriver skillnaden mellan teoretiska beräkningar för batterilager och den praktiska implementeringen och syftar på att en investering kan se lovande ut i teorin, men svår att genomföra praktiskt. Bakom det praktiska perspektivet spelar tekniken en mycket viktig roll som underbyggs av Mason och Spring (2011) i avsnitt 3.1. Författarna framhåller 'core'-teknologier som möjliggörare, vilket innebär att komplementär teknik bör vara etablerad innan batterilager kan integreras i verksamheten. Vidare lyfter intervjupersonen fram de organisatoriska utmaningar som en implementering riskerar att medföra, med operatörerna som exempel. Eftersom operatörerna besitter specifik utbildning och expertis kopplad till befintliga produktionssystem och processer, innebär introduktionen av ny teknologi en omställning. Inledningsvis skulle detta kunna leda till ökade kostnader som en följd av produktionskomplikationer och kompetensutveckling.

De tekniska och organisatoriska utmaningarna som har uppmärksamrats under arbetets gång anses alltså som väsentliga men faller utanför studiens primära fokus. Faktorerna anses vara kritiska att undersöka och utvärdera innan en eventuell implementering av batterilager, vilket öppnar upp för vidare studier inom området.

7.3 Framtidsutsikter och osäkerheter

I en nedåtgående marknad för papper och pappersmassa är det sannolikt att företagens intresse att implementera exempelvis BESS är begränsat, då resurser och kompetens prioriteras till kärnverksamheten. Det svaga marknadsläget bidrar även till att studiens relevans kan ifrågasättas, eftersom incitamenten att undersöka ytterligare investeringar framstår som osäkra.

Av intervjuerna framgår att denna problematik kan tolkas på olika sätt. Pappersbruk 1 intar en pessimistisk syn på marknadens framtid och betraktar ytterligare investeringar som riskfyllda. Pappersbruk 4 delar uppfattningen om marknadsläget, men ser istället BESS som en potentiellt viktig intäktssström att utnyttja i tider då kärnverksamheten går sämre. En möjlig förklaring till de varierande uppfattningarna är hur företagen bedömer nedgångens långsiktighet, det vill säga om den uppfattas som tillfällig, exempelvis cyklisk, eller mer permanent. Om nedgången betraktas som cyklisk kan investeringar i BESS framstå som mer motiverade, då tekniken kan

bidra till att jämna ut intäktsvariationer under perioder av lägre efterfrågan, samtidigt som kärnverksamheten fortlöper. Pappersbruken gör även olika bedömningar gällande grundorsaken till det osäkra marknadsläget. Pappersbruk 1 betonar bristen på efterfrågan, medan Pappersbruk 4 nämner ökade kostnader för råvaror och energi, och ökad konkurrens från till exempel Sydamerika. Saknas efterfrågan på huvudprodukten saknas logiskt även incitament i att investera i processen för denna produkten. Om det däremot är en hög konkurrens som är utmaningen, kan ytterligare investeringar vara en nödvändighet för att kunna erbjuda en konkurrenskraftig produkt.

Inställningen till BESS kan även påverkas av verksamhetens produktionsinriktning. Marknadsutsikterna kan exempelvis variera mellan olika produktsegment, där vissa, såsom bokpapper, i högre grad präglas av en nedåtgående trend, medan andra, såsom förpackningskartong, i högre grad förknippas med tillväxt. Därtill kan framtida krav kopplade till återvinning och cirkularitet påverka marknadens utveckling. Samtidigt är samtliga av nämnda faktorer beroende av verksamhetens vilja och möjlighet till omställning, exempelvis genom att frångå sin befintliga affärsmodell.

Utöver branschens utveckling påverkas investeringsbeslutet till stor grad av externa ekonomiska och regulatoriska faktorer som investeringskostnader, ersättningsnivåer och straffavgifter. En faktor som på sikt kan sänka investeringskostnaden är den snabba ökningen på eldrivna fordon. I takt med att dessa fordon blir fler tillverkas fler batterier, som med tiden kommer nå slutet av sin livslängd i det sammanhanget. De batterierna skulle kunna få ett andra liv genom att agera som ett batterilager. Även om de separat är betydligt mindre än ett batteri för en fabrik skulle de kunna kombineras, troligtvis till en relativt låg kostnad. Hur regulatoriska förändringar kan tänkas ske är oklart, men med tanke på det stora fokuset på väderberoende energikällor finns det helt klart en möjlighet att de framtida styrmedlen och ersättningsmodellerna utformas för att göra investeringen i energilagring mer lönsam och därmed mer attraktiv.

7.4 Ytterligare affärsmöjligheter

Det finns ytterligare affärsmöjligheter som inte omfattats av studien. Ett exempel är uthyrning eller arrendering av mark för batterilager. I ett sådant upplägg skulle batteriet kunna ägas och styras av en extern aktör, medan pappers- eller massabruket tillhandahåller mark, nätanslutning eller annan infrastruktur. För företag med låg riskbenägenhet eller begränsad vilja att bygga upp intern kompetens kring batterilagring kan detta vara ett relevant alternativ, eftersom det kan medföra nya intäcksströmmar utan att företaget själv behöver stå för hela investeringsrisken eller det operativa ansvaret. Ett annat exempel som Pappersbruk 4 tog upp var att huvudanvändningen för batteriet var för att ladda en ellastbil. Då används batteriet till en annan del i verksamheten som grund medan agerandet på stödtjänstmarknaden blir en *add-on*. På det här sättet får batteriet ett tydligare och mer handgripligt syfte i verksamheten. Utöver det påverkar inte batteriet kärnverksamheten på samma sätt som de andra affärsmöjligheterna, vilket troligtvis gör att företaget ser investeringen som mindre riskfylld.

Dessa exempel illustrerar att batterilagringens affärspotential sannolikt är bredare än de användningsområden som identifierats i denna studie. Som tidigare nämnts innebär områdets snabba utveckling att förutsättningar ständigt förändras, såsom teknikutveckling, prisnivåer, marknadsregler och nya former av samverkan mellan aktörer. Nya affärsmodeller kan därför komma att utvecklas inom en snar framtid.

8

Slutsats

Studien syftade till att analysera hur företag inom pappers- och massaindustrin kan implementera batterilagring i sina befintliga affärsmodeller. Implementeringen av batterilagring påverkas av ett flertal faktorer på olika nivåer, vilka sammantaget avgör möjligheten att uppnå lönsamhet genom olika affärsmöjligheter. Av de faktorer som presenteras i figur 6.1 är de enligt resultatet mest avgörande:

- **Mikro:** Brukens specifika produktionsprocesser och befintlig flexibilitet.
- **Meso:** Utformningen av elavtal och priser på stödtjänstmarknaden.
- **Makro:** Batterikostnader och behovet av flexibilitet för att stötta elnätet.

Analysen fastställer att värdestapling och stödtjänster för närvarande framstår som de mest lönsamma affärsmöjligheterna för batterilagring. Samtidigt visar studien att effektkapning och arbitrage i dagsläget är mindre ekonomiskt fördelaktiga. Detta kan till stor del förklaras av de befintliga elavtalen på mesonivån. Tabell 6.1 visar den uppskattade potentialen för respektive affärsmöjlighet.

Resultaten i rapporten bör tolkas med hänsyn till de begränsningar som följer av den kvalitativa ansatsen. Exempelvis har urvalet av intervjupersoner och deras specifika roller en direkt inverkan på den information som framkommit. De intervjuades olika expertisområden kan påverka svaren genom skilda perspektiv och prioriteringar.

Vidare påverkas studiens utfall av vilka specifika företag som deltagit. Som framgår av avsnitt 6.2.1 skiljer sig förutsättningarna mellan stora mekaniska bruk med hög energiförbrukning och mindre aktörer med mer begränsad yta. Skillnader i processutformning och energibehov påverkar vilka användningsområden för batterilagring som är mest relevanta. Studiens resultat och analys bör därmed tolkas utifrån det faktum att dessa bygger på ett begränsat antal intervjuer. Det bör också beaktas att det kvalitativa metodvalet innebär att författarnas egna tolkningar och subjektiva bedömningar spelar en roll i hur materialet analyserats och presenterats.

Det finns ett betydande behov av fortsatt forskning kring batterilagring inom pappers- och massaindustrin. Dels råder osäkerhet kring den framtida utvecklingen av elnätet men också hur marknaden för kärnverksamheten kommer att utvecklas. För vidare studier rekommenderas kvantitativa fallstudier av specifika bruk, där verkliga driftdata kan användas för att beräkna lönsamheten i olika batterilösningar. Vidare vore det även värdefullt att belysa hur framtida regelverk, effekttariffer, alternativa ägandeformer och teknikutveckling formar industrins incitament att investera i batterilagring.

Litteraturförteckning

- Afry. (2025). *Energilagring – Nyckeln till ett stabilt och resilient system* (tekn. rapport) (Hämtad [2026-04-29]). Afry. https://afry.com/sites/default/files/2025-06/250617_AFRY_rapport%20energilagring.pdf
- Bajpai, P. (2018). *Biermann's Handbook of Pulp and Paper* (3. utg.). Elsevier.
- Bryman, A., & Bell, E. (2017). *Företagsekonomiska forskningsmetoder* (3. utg.). Liber.
- Chesbrough, H. (2010). Business Model Innovation: Opportunities and Barriers. *Long Range Planning*, 43, 354–363. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.010>
- Coase, R. H. (1960). The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*, 3, 1–44. <https://doi.org/10.1086/466560>
- Dubois, A., & Gadde, L.-E. (2002). Systematic Combining: An Abductive Approach to Case Research. *Journal of Business Research*, 55(7), 553–560. [https://doi.org/10.1016/S0148-2963\(00\)00195-8](https://doi.org/10.1016/S0148-2963(00)00195-8)
- Dubois, A., & Gibbert, M. (2010). From complexity to transparency: Managing the interplay between theory, method and empirical phenomena in IMM case studies. *Industrial Marketing Management*, 39(1), 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2009.02.012>
- Energimarknadsinspektionen. (2023). *Elnätsavgiften och elnätsreglering*. Hämtad 8 maj 2026, från <https://ei.se/konsument/el/elnaatsavgiften-och-elnaatsreglering>
- Energimarknadsinspektionen. (2025a). *Effektavgifter — Elnätsavgiften och elnätsreglering*. Hämtad 2 mars 2026, från <https://ei.se/konsument/el/elnaatsavgiften-och-elnaatsreglering/effektavgifter>
- Energimarknadsinspektionen. (2025b). *Nya flexibilitetsaktörer på elmarknaderna*. Hämtad 8 april 2026, från <https://ei.se/bransch/flexibilitet-i-elsystemet/effektiva-marknader/nya-flexibilitetsaktorer-pa-elmarknaderna>
- Energimyndigheten. (2025a). Energisystem och analys [Hämtad [2026-02-02]]. <https://www.energimyndigheten.se/energisystem-och-analys/energisystem-och-analys/>
- Energimyndigheten. (2025b). *Flexibilitet inom elsystemet – Målgruppsanpassad information och potentialbedömningar* (tekn. rapport Nr ER 2025:20). Statens energimyndighet. <https://energimyndigheten.se>
- Energimyndigheten. (2025c). Vindkraft - Produktion och utbyggnad [Hämtad [2026-01-28]]. <https://www.energimyndigheten.se/energisystem-och-analys/elproduktion/vindkraft/produktion-och-utbyggnad/>
- E.ON. (2025). Flexibilitetstjänster för företag – bidra till smartare energi [Hämtad 2026-04-05]. <https://www.eon.se/foeretag/flexibilitetstjanster-for-foretag>

- eSett. (2024). *NBS Handbok – Handbok för den nordiska balansavräkningen* [Version 4.9]. Version 4.9. <https://www.esett.com/>
- Garcia, R., Wigger, K., & Hermann, R. R. (2019). Challenges of Creating and Capturing Value in Open Eco-Innovation: Evidence from the Maritime Industry in Denmark. *Journal of Cleaner Production*, 220, 3. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.027>
- Google. (2026). Gemini (Gemini 3) [Stor språkmodell]. Hämtad 3 maj 2026, från <https://gemini.google.com/>
- Harrysson, J. (2025). *Industrins energianvändning 2024* (tekn. rapport) (Hämtad [2026-01-29]). Energimyndigheten. <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2025/industrins-energianvandning-2024/>
- Holmberg, P., & Tangerås, T. P. (2022). *Den svenska elmarknaden – idag och i framtiden* (tekn. rapport). Institutet för Näringslivsforskning (IFN) och Sveriges Riksbank. <https://www.ifn.se/media/g1jbkz42/rapport-om-den-svenska-elmarknaden-riksbanken-slutslutversion-221201.pdf>
- IEA. (2024). *Batteries and Secure Energy Transitions* (tekn. rapport) (World Energy Outlook Special Report. Hämtad [2026-02-01]). International Energy Agency. <https://iea.org/reports/batteries-and-secure-energy-transitions>
- IRENA. (2025). Record-Breaking Annual Growth in Renewable Power Capacity [Hämtad [2026-02-02]]. <https://www.irena.org/News/pressreleases/2025/Mar/Record-Breaking-Annual-Growth-in-Renewable-Power-Capacity>
- Landqvist, M., & Lind, F. (2019). A start-up embedding in three business network settings– A matter of resource combining. *Industrial Marketing Management*, 80, 160–171. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.12.005>
- Mason, K., & Spring, M. (2011). The sites and practices of business models. *Industrial Marketing Management*, 40, 1032–1041. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2011.06.032>
- M.DaSilva, C., & Trkman, P. (2014). Business Model: What It Is and What It Is Not. *Long Range Planning*, 47, 379–389. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2013.08.004>
- Melander, L., & Lind, F. (2022). A start-up's collaboration in networks for sustainable freight transport: a micro-meso-macro approach to innovation. *Supply Chain Management*, 27(7), 211–222. <https://doi.org/10.1108/SCM-11-2021-0537>
- Mirzaei Alavijeh, N., Khezri, R., Mazidi, M., m. fl. (2025). Profit benchmarking and degradation analysis for revenue stacking of batteries in Sweden's day-ahead electricity and frequency containment reserve markets. *Applied Energy*, 381, 125151. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.125151>
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2025). *Nationell risk- och sårbarhetsbedömning (NRSB) 2025* (tekn. rapport). MSB. <https://rib.msb.se/filer/pdf/31068.pdf>
- Nestorovic, B., & Lindén, D. (2020). *Techno-economic analysis of Battery Energy Storage Systems and Demand Side Management for peak load shaving in Swedish industries* [Master's thesis]. KTH Royal Institute of Technology. <https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1449451/FULLTEXT01.pdf>
- OpenAI. (2026). ChatGPT (GPT-5.3) [Stor språkmodell]. Hämtad 4 maj 2026, från <https://chatgpt.com/>

- Phogat, P., Dey, S., & Wan, M. (2025). Powering the sustainable future: a review of emerging battery technologies and their environmental impact. *RSC Sustainability*, 3, 3266–3306. <https://doi.org/10.1039/D5SU00127G>
- Powersonic. (UÅ). The Power of Peak Shaving: A Complete Guide [Hämtad 2026-04-14]. <https://www.power-sonic.com/the-power-of-peak-shaving-a-complete-guide/>
- Regeringskansliet. (2026, 13. mars). *Krav på införande av effektagifter stoppas* [Pressmeddelande]. Hämtad 23 mars 2026, från <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2026/03/krav-pa-inforande-av-effektagifter-stoppas/>
- Regeringskansliet. (n.d.). *Mål och visioner för energi*. Hämtad 8 maj 2026, från <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/energi/mal-och-visioner-for-energi/>
- Rosendal, R., & Öberg, D. (2025). *Ekonomisk potential för energilagring med batterisystem inom massa- och pappersindustrin* [Master's thesis]. Linköpings universitet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1969199/FULLTEXT01.pdf>
- Seward, W., Qadrdan, M., & Jenkins, N. (2022). Revenue stacking for behind the meter battery storage in energy and ancillary services markets. *Electric Power Systems Research*, 211, 108292. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.108292>
- Skogsindustrierna. (2022). Ekonomi och välfärd [Hämtad [2026-04-08]]. <https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/en-viktig-bransch/ekonomi-och-valfard/>
- Skogsindustrierna. (2025a). Massabruken värmer Sverige [Hämtad [2026-01-28]]. <https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/vad-gor-skogsindustrin/material-fran-skogen/el-och-energi/massabruken-varmer-sverige/>
- Skogsindustrierna. (2025b). Papper och kartong [Hämtad [2026-01-28]]. <https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/vad-gor-skogsindustrin/material-fran-skogen/massa-till-papper-och-kartong/>
- Skogsindustrierna. (2026). En industri med kraft att göra skillnad [Hämtad [2026-04-08]]. <https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/en-viktig-bransch/kraft-att-gora-skillnad/>
- Svenska kraftnät. (2022). *Lagring av el – omvärldsanalys* (tekn. rapport) (Hämtad [2026-02-01]). Svenska kraftnät. <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2022/rapport-ru-energilager.pdf>
- Svenska kraftnät. (2024). Flaskhalsinkomster [Hämtad [2026-01-29]]. <https://www.svk.se/om-kraftsystemet/om-elmarknaden/elomraden/om-flaskhalsinkomster/>
- Svenska kraftnät. (2025a). *Balansansvarig part (BRP)*. Hämtad 16 april 2026, från <https://www.svk.se/aktorsportalen/balansansvarig-part/>
- Svenska kraftnät. (2025b). Bidra med reserver [Hämtad [2026-01-28]]. <https://www.svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/>
- Svenska kraftnät. (2025c). Energilagring med batterier och vätgas [Hämtad [2026-02-02]]. <https://www.svk.se/om-kraftsystemet/energilagring-med-batterier-och-vatgas/>
- Svenska kraftnät. (2025d). Frekvensstabilitet [Hämtad [2026-01-28]]. <https://www.svk.se/om-kraftsystemet/om-systemansvaret/kraftsystemstabilitet/frekvensstabilitet/>

- Svenska kraftnät. (2025e). *Kraftbalansen på den svenska elmarknaden, Rapport 2025* (tekn. rapport). Svenska kraftnät. <https://www.svk.se/49bb53/siteassets/om-oss/rapporter/2025/kraftbalansen-pa-den-svenska-elmarknaden-rapport-2025.pdf>
- Svenska kraftnät. (2025f). *Om elmarknaden* [Granskad 26 november 2025]. Hämtad 10 april 2026, från <https://www.svk.se/om-kraftsystemet/om-elmarknaden/>
- Svenska kraftnät. (2025g). *Om olika reserver* [Uppdaterad 24 mars 2025]. Hämtad 28 april 2026, från <https://www.svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/om-olika-reserver/>
- Svenska kraftnät. (2026a). Elstatistik.
- Svenska kraftnät. (2026b). Sveriges elnät [Hämtad [2026-01-29]]. <https://www.svk.se/om-kraftsystemet/oversikt-av-kraftsystemet/sveriges-elnat/>
- Svenska kraftnät. (n.d.). *Så kan du som privatperson bidra med stödtjänster* [Hämtad 8 april 2026]. Hämtad 8 april 2026, från <https://www.svk.se/om-kraftsystemet/om-systemansvaret/verktyg-for-systemdrift/stodtjanster-och-avhjalpande-atgarder/sa-kan-du-som-privatperson-bidra-med-stodtjanster/>
- Teece, D. J. (2010). Business Models, Business Strategy and Innovation. *Long Range Planning*, 43(2-3), 172–194. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003>
- Vattenfall. (2026 april). *Batteriboom – är detta genombrottet vi har väntat på?* Vattenfall Group. Hämtad 28 april 2026, från <https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/nyheter/2026/batteriboom-ar-detta-genombrottet-vi-har-vantat-pa#:~:text=Efterfr%C3%A5gan%20p%C3%A5%20batterilagring%20accelererar%20n%C3%A4r%20vind%2D%20och,kostnader%20och%20behovet%20av%20n%C3%A4tstabilitet%20driver%20utvecklingen.>
- Vattenfall. (UÅ). Företag möter energibehov med hjälp av batterilager [Hämtad 2026-04-14]. <https://www.vattenfall.se/foretag/vara-tjanster/power-as-a-service/aktuellt/foretag-moter-energibehov-med-hjalp-av-batterilager/>
- Vendt, M., Andersson, E., Persson, M., & Stenberg, V. (2025, 31. augusti). *SågFlex – Elflexibilitet på sågverk: Slutrapport* (Slutrapport Nr Projektnummer P2023-00525). RISE Research Institutes of Sweden. Göteborg.
- Wilson, J., Brodén, H., Karlström, K., Neumann, B., Xu, T., Torres, D. L. V., Dahlén, P., Sandberg, C., Rydstrand, M., & Österqvist, J. (2025). *High temperature storage for steam production* (tekn. rapport). Energiforsk. <https://energiforsk.se/media/dltfgeza/2025-1149-high-temperature-storage-for-steam-production.pdf>

A

Appendix 1

A.1 Intervjuguide

Intervjuguide

Introduktion

- Välkomnar intervjugpersonen till intervjun
- Presentation av alla i arbetet och be intervjugpersonen presentera sig själv (position på företaget)
- Förklarar vad syftet med intervjun är och bakgrunden till arbetet

Frågor

- Vad är er inställning till batteri- eller energilagring i er verksamhet?
- Har ni några befintliga lösningar för batteri- och energilagring?
- Hur ser eran elanvändning ut? Påverkar era elavtal inställningen till batterilager?
- Har ni möjlighet att dela någon data kring produktionen, såsom elförbrukning/effektoppar?
- Om ni inte har batteri- eller energilager på plats, vad skulle krävas för att ni skulle kunna implementera detta? Exempelvis ekonomiska incitament/komplement?
- Vilka externa faktorer påverkar ert beslut kring investeringar i energilagring? Exempelvis regelverk, elmarknad, etc.

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION
AVDELNINGEN FÖR SUPPLY AND OPERATIONS MANAGEMENT
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2026

www.chalmers.se



CHALMERS