

Utsläppsfritt

En fallstudie om en elektrifierad byggarbetsplats

Pontus T Dünesius

Examensarbete

Huvudområde: Byggnadsteknik

Högskolepoäng: 15 hp

Termin/år: VT2024

Handledare: Olof Björkqvist

Examinator: Charlotta Faith-Ell

Kurskod/registreringsnummer: BT048G

Utbildningsprogram: Byggingenjör Hållbart byggande

Abstract

This study, called *Emission free – A case study about an electrified construction site* is aimed at people and companies interested in sustainable building and construction. The planet is in a serious climate situation as a result of, among other things, global warming and the construction industry contributes to the highest degree to the emission of fossil gases. In collaboration with Skanska, this essay was written with the aim of investigating how an emission-free construction project in northern Sweden works and what advantages and disadvantages it has. With that information, it is hoped that the study will contribute to increased knowledge of the subject. In the main, qualitative methods have been used to find answers. Interviews with key people in the project have been carried out and, together with a narrow document study, a result about the sustainability of the working method has emerged. The result shows that there are great advantages to building electrified, but also certain challenges. Positive effects on the work environment are an important part as well as the reduction of fossil emissions. The study also shows that it is currently not sustainable from an economic perspective and that there are also environmental aspects that can be improved. The conclusion is nevertheless that this was a successful project that is important for the future and the transition towards more sustainable construction.

Sammanfattning

Studien *Utsläppsfritt – En fallstudie om en elektrifierad byggarbetsplats* riktar sig till personer och företag som intresserar sig för hållbart byggande. Vi befinner oss i en allvarlig klimatsituation till följd av bland annat global uppvärmning och byggbranschen bidrar i allra högsta grad till utsläpp av fossila gaser. I samarbete med Skanska så är denna kandidatuppsats skriven med syftet att undersöka hur elektrifierad byggproduktion i norra Sverige fungerar och vilka för- och nackdelar det har. Med den informationen är förhoppningen att studien ska bidra till ökad kunskap om ämnet. I huvudsak har kvalitativa metoder använts för att finna svar. Intervjuer med nyckelpersoner i projektet har genomförts och tillsammans med en dokumentstudie har ett resultat om arbetsättets hållbarhet vuxit fram. Resultatet visar att det finns stora fördelar med att bygga elektrifierat men också vissa utmaningar. Positiva effekter på arbetsmiljö är en viktig del samt minskningen av fossila utsläpp. Studien visar också att det i dagsläget inte är hållbart ur ett ekonomiskt perspektiv och att det även finns miljömässiga aspekter som kan förbättras. Slutsatsen är ändå att detta varit ett lyckat projekt som är viktigt för framtiden och omställningen mot ett mer hållbart byggande.

Nyckelord:

Eldrivna byggmaskiner

Fossilfritt byggande

Hållbart byggande

Keywords:

Electric construction machines

Fossil-free building / Fossil-free construction

Sustainable construction

Innehållsförteckning

Abstract	2
Sammanfattning	3
Förord	6
1 Introduktion	7
1.1 Studiens utgångspunkter	7
1.1.1 Global uppvärmning.....	7
1.1.2 Byggbranschens påverkan	7
1.1.3 Global Warming Potential och CO ₂ e.....	9
1.1.4 Livscykelanalys (LCA).....	9
1.1.5 Hållbarhet ur flera dimensioner.....	10
1.1.6 Fallstudie om ett unikt projekt – Ottfjällets förskola.....	11
1.2 Problemformulering.....	13
1.3 Syfte.....	14
1.4 Forskningsfråga/forskningsfrågor	14
2 Metod	15
2.1 Avgränsning	17
2.2 Datainsamling	18
2.2.1 Kvantitativa data	18
2.2.2 Kvalitativa data.....	19
2.3 Dataanalys	19
2.4 Validitet	20
2.5 Reliabilitet	21
2.6 Etiskt ställningstagande	21
3 Resultat	23
3.1 Dokumentstudie	23
3.2 Intervjuer	24
3.2.1 Respondenter	24
3.2.2 Social hållbarhet	25
3.2.3 Ekonomisk hållbarhet.....	28
3.2.4 Ekologisk hållbarhet.....	31
3.2.5 Kvalitet, helhetsbild och framtid	33

4 Diskussion	39
4.1 Metoddiskussion	39
4.2 Resultatdiskussion	40
4.2.1 Social hållbarhet	40
4.2.2 Ekologisk hållbarhet.....	41
4.2.3 Ekonomisk hållbarhet.....	42
4.2.4 Kvalitet, helhetsbild och framtid	43
4.3 Slutsats	46
4.4 Förslag till fortsatta studier.....	46
Referenslista	48
Bilagor	52
Bilaga 1 Intervjuguide	52

Förord

Detta examensarbete är framtaget med förhoppningen om att bidra med kunskap om en mer hållbar byggprocess för de som arbetar i branschen och för framtida generationer.

Jag vill tacka företaget Skanska för att jag fått tillgång till material och tid för att lära mig mer om ett intressant och unikt projekt. Jag vill också tacka de respondenter som ställt upp och svarat ärligt och utförligt på mina intervjufrågor.

Jag vill också tacka min handledare Olle Björkqvist för bra samtal och stöd genom mitt arbete.

Min förhoppning är att du som läser detta finner detta arbete intressant och kan ta lärdom av de erfarenheter och nya kunskaper om elektrifierad- och utsläppsfri byggproduktion som framkommer i studien.

(Samtliga bilder och figurer i rapporten är publicerade med tillstånd).

Pontus T Dünesius

Östersund, 2024

1 Introduktion

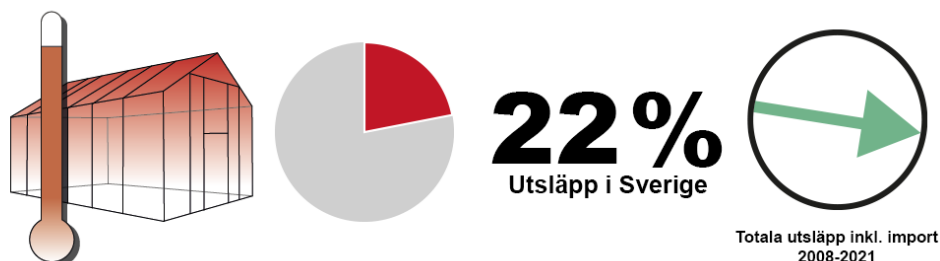
1.1 Studiens utgångspunkter

1.1.1 Global uppvärmning

Vi befinner oss i en situation med global uppvärmning som följd av de pågående klimatförändringarna. Sedan drygt 100 år tillbaka har jordens medeltemperatur börjat stiga och forskning visar att det är människans påverkan som lett till den temperaturökning vi ser idag (Naturvårdsverket, 2024). Koldioxidutsläpp som kommer från förbränning av fossila bränslen är den främsta orsaken till klimatets förändring. För närvarande uppgår de globala utsläppen av koldioxid till omkring 40 miljarder ton per år. Även andra så kallade växthusgaser bidrar till uppvärmning genom växthuseffekten. Egentligen är växthuseffekten en nödvändighet för att vi ska ha liv på vår jord och i grunden något positivt. Men när mängden växthusgaser ökar förstärks växthuseffekten och det leder i sin tur till global uppvärmning. Att jordens medeltemperatur ökar gör att vi kan ställas inför stora och allvarliga konsekvenser som torra, svält, minimering av biologisk mångfald med mera (Naturskyddsföreningen, 2024).

1.1.2 Byggbranschens påverkan

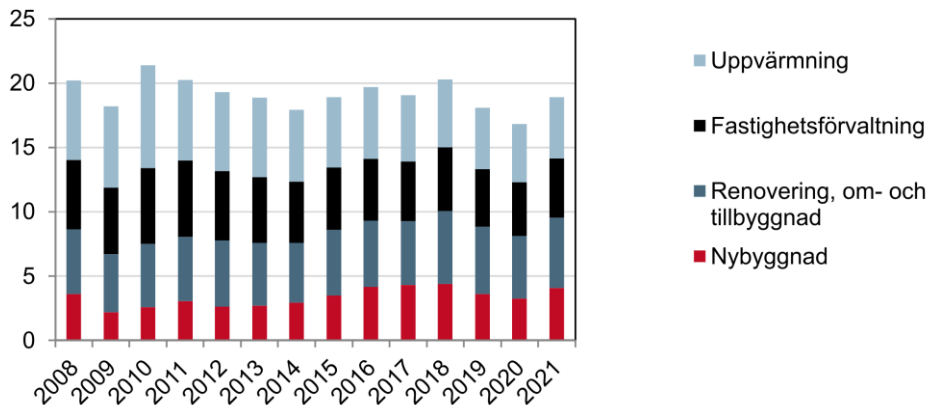
Enligt Boverket (2024) stod bygg- och fastighetssektorn år 2021 för drygt 20% av utsläppen av växthusgaser i Sverige. I den andelen är import exkluderat men även där bidrar branschen till utsläpp i andra länder vilket förstärker mängden utsläpp som branschen bidrar till.



Figur 1: Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn. Källa och illustration: Boverket/SCB

Mycket av utsläppen sker på grund av materialens miljöbelastning, uppvärmning och transporter men även på byggarbetsplatsen sker stora utsläpp på grund av stora och krävande maskiner. Enligt Khan och Huang (2023) så producerar en normalstor hjullastare som drivs av fossila bränslen omkring 500 gånger mer utsläpp av fossila gaser än en personbil när de båda är i drift. De tar också upp Oslo som ett exempel där utsläppen från byggarbetsplatser överträffar de totala utsläppen från personbilar och lätta fordon.

Miljoner ton CO₂e



Figur 2: Totala utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn fördelat på branscher. Källa och illustration: Boverket/SCB

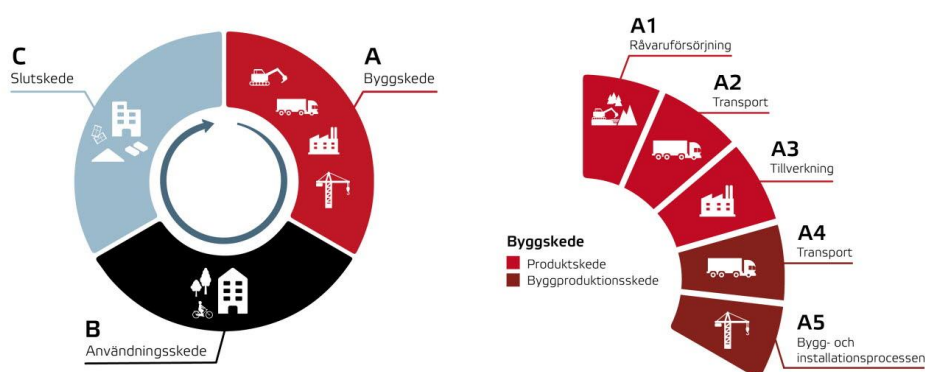
I Europeiska unionen står uppvärmning av fastigheter för ungefär 40% av det totala utsläppet av koldioxid. Som det går att se på figuren ovan, är den andelen betydligt lägre i Sverige då den ligger runt 15–25%. Det beror enligt Eriksson et al. (2015) på att Sveriges energiresurser inom uppvärmning och el mestadels kommer från förnybara energilag och viss kärnenergi. De främsta källorna till utsläpp av växthusgaser från byggbranschen är framställande av cement som används i bland annat betong, stål till konstruktionsdelar och transporter (Karlsson et al. 2019). Till exempel så kan man enligt Svensk Betong (2022) med hjälp av klimatförbättrad betong reducera utsläppen av CO₂e med upp till 50% motsvarande traditionell betong.

1.1.3 Global Warming Potential och CO₂e

Den klimatpåverkan som olika material, verksamheter och tjänster kommer ha kan mätas med hjälp av faktorn GWP som står för Global Warming Potential. Där kan man på ett jämförbart sätt mäta hur mycket växthusgas ett material eller liknande bidrar med i förhållande till koldioxid. Olika utsläpp räknas om till CO₂-ekvivalenter, härnäst kallade för CO₂e med hjälp av GWP (Naturvårdsverket, 2023). Under det senaste decenniet har utsläppen av växthusgaser från branschen legat på i snitt nästan 20 miljoner ton CO₂e.

1.1.4 Livscykelanalys (LCA)

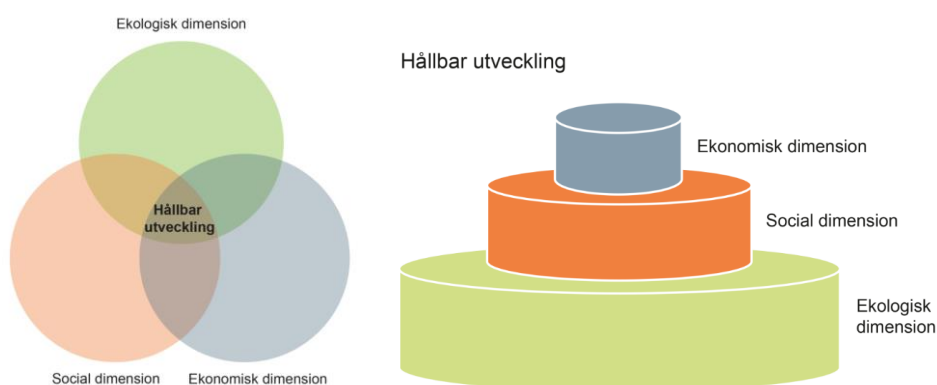
För att kontrollera och analysera en produkts miljöpåverkan kan man använda sig av livscykelanalyser även kallade LCA. Vid framtagande av en LCA kan man med fördel dela upp skeden och moduler för att lättare kunna tolka analysen. Vid byggnation delar man upp i byggskede (A1-A5), användningsskede (B1-B7) och slutskede (C1-C4). Detta gör att resultatet kan redovisas på ett likvärdigt sätt och tolkningen blir lättare (Boverket, 2019). Sedan 1 januari 2022 är det lag på att upprätta klimatdeklarationer för nya byggnader som uppförs (Boverket, 2023a). Detta görs för att kunna bedöma en byggnads klimatpåverkan under byggskedet, och det är därför endast modulerna A1-A5 som måste redovisas.



Figur 3: Olika skeden i en byggnads livscykel. Illustration: Infab

1.1.5 Hållbarhet ur flera dimensioner

Ordet hållbarhet har de senaste årtiondena använts flitigt. Hållbar utveckling beskrivs enligt Bruntlandsrapporten från 1987 så här "Hållbar utveckling är utveckling som tillgodoser dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillgodose sina behov" (KTH, 2024). För att nå hållbar utveckling menar man att hållbarhet ska uppnås i flera dimensioner som på olika sätt är beroende av varandra. De dimensionerna är social-, ekologisk och ekonomisk hållbarhet. Detta kan beskrivas enligt flera modeller men gemensamt är att det finns synergier och beroenden mellan de olika dimensionerna.



Figur 4: Olika dimensioner i hållbar utveckling samt olika synsätt på begreppet. Källa: Boverket

I figuren ovan beskrivs den vänstra modellen som att samtliga dimensioner lika viktiga och hållbar utveckling uppnås när de ligger i fas med varandra (Boverket, 2023b). I den högra modellen beskriver man att den ekologiska dimensionen ger förutsättningar för den sociala och ekonomin uppges vara medel för att nå målen.

Ekologisk hållbarhet innefattar sådant som har med jordens ekosystem att göra. Det kan handla om luft, vatten, biologisk mångfald med mera. Miljömål och klimat är frågor som relateras till begreppet ekologisk hållbarhet (KTH, 2024).

Social hållbarhet handlar om välbefinnande och olika individers behov. Det kan också handla om rättvisa, makt och rättigheter. Vid mätning av social hållbarhet är vissa delar kvantifierbara medan andra är kvalitativa. Dessa

samspekar med varandra för att skapa en helhet över den sociala hållbarheten i en situation eller ett ämne.

Ekonomisk hållbarhet skiljer sig en del från ekologisk- och social hållbarhet. De ekonomiska strukturerna är skapade av människan. Det finns möjlighet att se den ur olika perspektiv men också stora möjligheter att påverka för att nå hållbar utveckling. Hur man väljer att se på ekonomisk hållbarhet och hur den definieras skiljer sig åt.

De globala målen som antogs av FN:s medlemsländer år 2015, är en agenda för hållbar utveckling där 17 uppsatta mål ska nås år 2030 (United Nations, 2024). De tre dimensionerna som beskrivs ovan och definierar hållbar utveckling är alla en del de globala målen.

1.1.6 Fallstudie om ett unikt projekt – Ottfjällets förskola

Förskolan Ottfjället i Östersunds kommun är en konceptförskola enligt organisationen Skanska Sveriges ABCD-koncept som innebär en kostnadseffektiv och flexibel lösning på byggande av förskola (Skanska, 2024). Den byggs på en yta av 1850 m² BTA (bruttototalarea) och kommer ha två våningar med plats för åtta avdelningar. Förskolan som uppförs under åren 2023–2024 byggs med eldrivna maskiner och kommer att bli EU:s första elektrifierade byggarbetsplats. Projektet är ett samarbete mellan Östersunds kommun, Skanska, Fossilfritt Sverige och Volvo Construction Equipment.

Ungefär 95 procent av entreprenad- och arbetsmaskinerna som används i projektet är elektrifierade. Enligt en förstudie som gjorts av Skanska kring projektet kommer maskinerna minska utsläppen med cirka 67 ton CO₂e jämfört med användning av traditionella maskiner som drivs av fossila bränslen. Förutom de maskiner som normalt drivs av el i traditionella byggprojekt har detta projekt försetts med elektrisk grävmaskin, hjullastare, lastbil, vibroplattor, betongpump, tornkran, spackelpump, saxliftar och bomlift. De avsteg som från total elektrifiering har gjorts är markpackande vält samt markbeläggning med asfalt. Dessa drivs istället med HVO100 (bränsle från förnybara råvaror som fungerar i dieseldrivna fordon) för att säkerställa fossilfri drift. I ett initialt skede projekterades det

att transporter till och från arbetsplatsen skulle kravställas men kraven på elektrifieringen har endast gällt inne på området.

Anledningen till att förskolan byggs är för att möta behovet av ökad inflyttning i stadsdelen Torvalla i Östersunds kommun (Östersunds kommun, 2024). Kommunen driver tillsammans med Skanska detta som ett pilotprojekt och det är ett samarbete med projektet "Klimatledarkommunerna för offentlig upphandling" som drivs av Fossilfritt Sverige (Fossilfritt Sverige, 2024). Östersunds kommun är en av sex kommuner som bland annat ska driva utveckling kring klimatkrav i offentliga upphandlingar och ställde i detta projekt kravet på en elektrifierad och utsläppsfri byggarbetsplats så långt det var möjligt att genomföra.



Figur 5: Rendering över projektet *Ottfjällets förskola*. Källa: Skanska

1.2 Problemformulering

Då utsläpp av växthusgaser är ett globalt problem som leder till konsekvenser för hela planeten behöver samtliga länder, branscher och individer hjälpas åt. Sveriges riksdag beslutade år 2017 om ett klimatpolitiskt ramverk som trädde i kraft den 1 januari 2018. Sverige ska inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser senast år 2045 (Naturvårdsverket, 2024). Eftersom byggbranschen står för betydande utsläpp, ligger det i branschens intresse att ställa om till ett mer klimatsmart byggande. Inom ramen för Regeringsinitiativet "Fossilfritt Sverige" har byggbranschen tagit fram ett gemensamt mål att nå nettonollutsläpp just år 2045 (Naturvårdsverket, 2023). Olika sätt att minska klimatpåverkan från byggnader kan ske genom val av material, energi och uppvärmning, avfall, transport och byggbehov.

I denna studie lyfts ytterligare ett problem upp, nämligen utsläpp från arbetsmaskiner. Dessa maskiner genererar stora mängder utsläpp som bidrar till den globala uppvärmningen. Ytterligare konsekvenser av att arbeta med exempelvis dieselmaskiner är hantering av oljor, avgaser på arbetsplatsen samt en arbetsmiljö som generellt beskrivs som bullrig. Att långvarigt utsättas för buller kan leda till hörselnedsättning, tinnitus, stress och ökad olycksrisk på grund av trötthet (Arbetsmiljöverket, 2023).

Att bedriva elektrifierad byggproduktion är dock något nytt och inte en inarbetad metod på samma sätt som att bedriva byggproduktion med fossildrivna maskiner. Därmed finns det ett behov av att undersöka hur en sådan arbetsplats fungerar och vilka lärdomar man kan dra ifrån denna.

1.3 Syfte

Syftet med denna studie är undersöka hur elektrifierad byggproduktion i norra Sverige fungerar och vilka för- och nackdelar det har. Med den informationen är förhoppningen att studien ska bidra till ökad kunskap inom ett relativt outforskat område.

1.4 Forskningsfråga/forskningsfrågor

Den huvudsakliga forskningsfrågan har en tydlig inriktning mot hållbarhet. Efter den följer några underfrågor vars syfte är att exemplifiera och underlätta för att kunna ge svar på huvudfrågan.

Är elektrifierad byggproduktion hållbart ur ett ekonomiskt, ekologiskt och socialt perspektiv i svenska klimat?

Underfrågor:

- Är dagens maskiner tillräckligt effektiva?
- Finns det tillgång till maskiner?
- Är de minskade utsläppen av växthusgaser tillräckliga i förhållande till andra klimatpåverkande faktorer?
- Vilka sociala aspekter finns det på en elektrifierad arbetsplats?
- Vilka ekonomiska konsekvenser får detta sätt att bygga på?

2 Metod

Då denna studie har sin utgångspunkt i ett visst projekt har den utformats som en fallstudie. Enligt Yin (2018) är fallstudien lämplig då en studie fokuserar på att undersöka mindre utforskade situationer och företeelser. Den kan då vara explorativ och resultera i beskrivande kunskap. Yin (2018) beskriver också att fallstudien är lämplig när man vill få en djupare förståelse för exempelvis en situation eller händelse och den hjälper till att besvara frågor som varför, hur och vad. Fallstudien som upprättades som en enfallsdesign är lämplig om väldigt djup förståelse för en företeelse vill uppnås.

Det finns tydliga skillnader mellan kvalitativ och kvantitativ forskning. Kvantitativa metoder strävar efter kvantifierbar empiri och sökande efter generaliseringar som ofta har inslag av matematiska- och/eller statistiska metoder (Kristensson Uggla, 2019). Vid insamling av naturligt förekommande data och undersökning av egenskaper och kvaliteter så är mätning ett lämpligt metodval (Nyquist, 2017). Initialt var inställningen till denna studie att forska på utsläpp och utföra mätningar. Men då den typen av data finns tillgänglig från tidigare studier och produktdeklarationer har forskningen istället riktats mot kvalitativa delar och hur människor upplever elektrifierad byggproduktion. Däremot behövdes kvantitativa data för att kunna besvara forskningsfrågan och därför användes dokumentstudie. Det innebär att redan framtagna data, så kallade sekundärdata användes. Dokumentstudien lämpar sig väl som komplement till andra metoder som innefattar primärdata (Säfsten & Gustavsson, 2023). De kan användas om det är svårt eller omöjligt att använda primärdata i undersökningen och det är viktigt att forskaren är källkritisk.

Kvalitativa metoder innebär bland annat forskning som håller sig inom lågt strukturerade data i form av bland annat intervjuer och deltagande observation. Enligt Säfsten & Gustavsson (2023) är forskningsintervjun en lämplig teknik för datainsamling när man vill samla in information i form av erfarenheter och upplevelser från flera personer. Om den kvalitativa metoden baseras på upplevelser från relativt få personer lämpar sig intervjuer väl i stället för exempelvis enkäter. Vidare går det att läsa från

författarna Alvesson och Deetz (2022) att det är den kvalitativa metoden som har den bästa grunden för att frambringa resultat som beskriver sociala förhållanden och individers upplevelser i en bredare kontext. Enligt Kristensson Ugglå (2019) blir det dock svårare att göra en generalisering av resultat när man använder sig av kvalitativa metoder.

Med hjälp av forskningsintervjun kan studien antas ha en hög validitet då datas relevans kontrollerades i samband med intervjuerna (Såftsten, Gustavsson, 2023). Nackdelen med intervjuer kan vara så kallad intervjuareffekt där respondenten påverkas av den som intervjuar. Det kan då bidra till låg reliabilitet.

Inom ingenjörsvetenskapen är en semistrukturerad intervju vanligast. Det vill säga att intervjun bygger på ett antal fasta frågor till samtliga respondenter men den är också öppen för utveckling av svar och följdfrågor. Enligt Kvale & Brinkmann (2014) ska intervjuaren spela en roll och inta olika positioner i intervjun utefter vad man vill veta. I den semistrukturerade intervjun blandas de fasta frågorna med öppet samtal och följdfrågor ges till respondenten utifrån hans svar för att uppnå syftet med intervjun.

Texten ovan fungerar som ett ingångsvärde till de metodval som gjorts. Metoden beskrivs nedan i form av avgränsning, datainsamling, dataanalys samt validitet, reliabilitet och etiskt ställningstagande.

2.1 Avgränsning

Avgränsningar som gjordes under de kvalitativa metoderna var att endast väldigt relevanta personer med stor kunskap (på ett eller annat sätt) intervjuades. Exempel på personer som valdes bort i intervjustudien var projekt- samt ekonomi- och kalkylingenjörer. De som valdes ut att delta var personer som operativt arbetat med ansvar i produktion samt ett beställarperspektiv. Mer om dessa respondenter finns att läsa i resultatkapitlet. Anledningen till att dessa tillfrågades att delta i intervjustudien var för att kunna utvärdera hur en elektrifierad byggproduktion fungerar i verkligheten. Av den anledningen valdes huvudsakligen personer som befunnit sig i närheten av produktionen.

Transkriberingen avgränsades till ord för ord. Upprepningar, pauser, suckar, gester med mera togs inte med i transkriptionen.

Dokumentstudien avgränsades till data som rör totala kostnader och utsläpp av växthusgaser samt utsläpps- och kostnadsbesparing. Övriga uppgifter såsom effektbehov och utsläpp från speciella maskiner togs inte med i insamling och analys av data då syftet med dessa data var att hjälpa till att undersöka ekonomisk och ekologisk hållbarhet i produktionen.

Det som studien avser att undersöka är byggproduktionen. Därmed gjordes ingen livscykelanalys på fastigheten som är under uppförande. De utsläppsbesparingar som redovisas i resultatkapitlet som "Utsläppsfri arbetsplats" sker endast i skede A5.

I ett initialt skede hade jag för avsikt att utföra en egen mätning av utsläpp av CO₂e och jämföra med ett liknande byggprojekt. Där hade man också kunnat mäta ökad elförbrukning och analyserat dessa data. Då liknande data fanns att tillgå i dokumentstudien och tiden var knapp valde jag dock att avgränsa metoderna för datainsamling till intervjuer samt dokumentstudie.

2.2 Datainsamling

Datainsamling skedde genom både kvantitativa och kvalitativa metoder. Huvudsakligen skedde datainsamlingen genom intervjuer med berörd personal inom både produktions- och projektledning på det elektrifierade bygget. En person arbetar även med produktionsledning på en likadan byggarbetsplats där man bygger samma typ av förskola men med en konventionell maskinpark. Hen kunde därför ge en bild av skillnader och likheter, fördelar och nackdelar osv. Frågor ställdes utan att försöka leda in intervjupersonen åt något håll utan i stället få så transparanta svar som möjligt.

Studien har utförts iterativt. Med det menas att ingående aktiviteter upprepades vid flera tillfällen (Säfsten & Gustavsson, 2023). Både teori och empiri har inhämtats löpande. Exempelvis har litteraturgenomgång och datainsamling av kvantitativa värden upprepats och kompletterats vid flera tillfällen.

2.2.1 Kvantitativa data

Kvantitativa data som samlades in för att bidra till fakta och som komplement till de kvalitativa intervjuerna samlades in från en förstudie som Skanska tagit fram av författarna Jakobsson & von Bahr (2022). Denna dokumentstudie skedde genom att förstudien lästes igenom och där fanns data som rör beräknat utsläpp per maskin, totalt samt kostnader med mera. Data som ansågs bidra till denna studie antecknades och tabellfördes. Det som samlades in för analys var hur mycket elektrifierad byggproduktion samt utsläppsfria transporter skulle spara i projektet Ottfjället jämfört med konventionella metoder. Utsläppsdata var i form av CO_{2e} i ton samt kgCO_{2e}/m² BTA och som andel av hela projektet. Ekonomiska data som tillkommande kostnader i SEK samt kostnad relativt uppnådd CO_{2e} besparing (kr/kgCO_{2e}) hämtades också från elektrifierad byggproduktion samt utsläppsfria transporter. Dessa data sammanställdes i tabellform och presenteras i resultatdelen.

2.2.2 Kvalitativa data

Kvalitativ datainsamling skedde genom intervjuer med respondenter. Totalt intervjuades fyra som alla på olika sätt var involverade i projektet. Respondenterna meddelades i förväg om ämnet och intervjuerna genomfördes semi-strukturerade, dvs alla fick samma frågor men det fanns möjlighet att prata vidare och ställa följdfrågor utifrån de svar som gavs. Ungefärlig tid för intervjuerna var 30–45 minuter.

Intervjun genomfördes med stöd av intervjuguiden bestående av 26 frågor framtagna med syfte att kunna besvara de forskningsfrågor som studien har. Intervjuguiden finns under *bilaga 1*. Den inleds med några demografiska frågor för att sedan gå över till frågor som både är projektspecifika rörande förväntningar, erfarenheter med mera samt objektiva frågor om elektrifierad byggproduktion och dess hinder, fördelar etcetera. Teoretisk kunskap om hur intervjun skulle upprättas hämtades av Säfsten och Gustavsson (2023).

Intervjuerna spelades in med ljudfiler och efter detta var genomfört så transkriberades samtliga ord för ord. Detta för att kunna analysera och citera i efterhand.

2.3 Dataanalys

Data till denna studie samlades som bekant in med främst kvalitativa men även kvantitativa metoder. För att kunna analysera de data som samlats in användes därför olika metoder som i slutändan triangulerades. Med det menas att fler än en datakälla eller metod används (Yin, 2018). Enligt Leedy & Ormrod (2015) stärker detta validiteten. I denna studie har kvalitativa intervjuer tillsammans med dokumentstudie använts för att ge möjlighet att stärka resultatet och kunna besvara forskningsfrågan.

De kvalitativa data som framkommit från intervjuerna hoppas kunna ge en djupare förståelse för projektet och även kunna sätta in det i ett sammanhang (Holme & Solvang, 1997). Att analysera kvalitativa data innebär enligt Flick (2014) att "Klassificering och tolkning av skrivet eller visuellt material för att kunna göra uttalanden om implicita och explicita dimensioner och meningsfulla strukturer i materialet och det som materialet representerar". Analysen av data gjordes i fyra steg:

- Data presenterades i ett skrivet format för att möjliggöra analys. Detta skedde i form av att samtliga intervjuer transkriberades ord för ord (stakningar, verbala tics, upprepning etcetera togs inte med).
- Data ordnades och systematiserades
- Mönster och samband undersöktes
- Slutsatser från data gjordes efter att de presenterats i resultatkapitlet

Den metod som användes för att analysera kvalitativa data grundar sig i tekniken tematisk analys. Den används för att identifiera, analysera och presentera mönster som framträder i data (Braun & Clarke, 2006). Främst användes deduktiv analysmetod vilket innebär att forskarens teoretiska och analytiska utgångspunkter styr analysen (Säfsten & Gustavsson, 2023). Detta gjordes för att innehållet i intervjuerna skulle kunna besvara de forskningsfrågor som låg till grund för innehållet i intervjun.

Data i form av ökade kostnader och besparing av utsläpp av CO₂e som hämtades genom dokumentstudien användes som stöd för de resultat som framkom efter intervjuerna. Dessa data har också fungerat som komplement för att kunna besvara forskningsfrågan då intervjuerna främst ger en bild av erfarenheter och uppfattningar. För att kunna analysera ekonomisk och ekologisk hållbarhet ytterligare var dessa sekundärdata viktiga. Dessa data sammanställdes i tabellform som går att läsa i resultatkapitlet och kunde sedan analyseras utifrån de frågor som rör ekonomisk och ekologisk hållbarhet.

2.4 Validitet

Att studien ska ha en hög validitet har från början präglat arbetet med bland annat syfte och forskningsfrågor. Det har i sin tur präglat de frågor som upprättats i intervjuguiden. Bland annat så har irrelevanta frågor och ämnen som inte bidrar till resultatet inte tagits med. Detta har dock gjorts med känsla för att inte få till en tråkig och stel intervju utan jag har försökt ha ett öppet samtal utifrån frågorna och få respondenten att känna sig bekväm och våga svara öppet på alla frågor.

Dokumentstudien i sig är relativt smal men tillsammans med intervjuerna ger det ett tydligare resultat som stärker validiteten. Detta sker genom metodtriangulering (Säfsten & Gustavsson, 2023), där dokumentstudie och intervjuer tillsammans har givit en helhetsbild så att denna studie kan frambringa ett viktigt och starkt resultat och leda till intressanta slutsatser. Trianguleringen har fungerat väl och tillsammans har metoderna bidragit till ett robust resultat.

2.5 Reliabilitet

För att stärka reliabiliteten har studien planerats noggrant för att inte missa viktig information som borde vara med, Säfsten och Gustavsson (2023) menar att vetenskaplig kvalitet inte kan uppnås i efterhand utan avgörs under planering och genomförande. Dock har studien utförts iterativt och därför har information som varit relevant kunnat dyka upp eftersom. Det har därför varit svårt att bekräfta hur reliabel studien är. Det är också svårt att mäta reliabilitet vid kvalitativa undersökningar då exempelvis en intervju inte helt säkert utförs lika med olika forskare även om ämnet är förutbestämt. Vilket "humör" respondenten är på påverkar också hur diskussionen blir. För att få till en så hög reliabilitet som möjligt i intervjuerna har alla samtliga samtal utgått från samma intervjuguide och förhoppningen är därför att resultatet skulle bli detsamma även om studien genomfördes på nytt eller av en annan forskare.

Reliabiliteten i dokumentstudien är hög då den på grund av sina tydliga avgränsningar är lätt att genomföra på nytt.

2.6 Etiskt ställningstagande

Enligt Vetenskapsrådet (2017) så bör forskaren som utför en studie skydda respondenterna i så stor utsträckning det går. Därför har de deltagande respondenterna i denna studie pseudonymiserats. Detta har gjorts för att förhindra risken för deltagare att utsättas för kränkningar eller skador till följd av sitt deltagande. Forskaren bör vid sitt metodval välja den metod

som har lägst påverkan i form av skadliga konsekvenser för respondenterna.

För att forskning som involverar människor ska få utföras måste forskningspersonerna ha fått information och givit samtycke om sitt deltagande. Det är stadgat enligt etikprövningslagen (SFS 2003:460). Därför fick respondenterna innan sitt deltagande skriva under en samtyckesblankett. Samtliga gavs också möjligheten att under intervjun avbryta sin medverkan när som helst om det önskades. De fick efter att de citerats och deras intervjuer framställts i rapporten möjlighet att granska sina citat innan rapporten färdigställdes och publicerades.

Då detta är en fallstudie med ett känt projekt har respondenterna meddelats och varit införstådda med att utomstående kan komma att spekulera vem det är som pseudonymiserats. Alla har varit införstådda med detta och givit godkännande till sitt deltagande.

Enligt Sandman och Kjellström (2018) bör tre villkor vara uppfyllda för att en undersökning ska få kallas etisk; undersökningen ska handla om väsentliga frågor, ha god vetenskaplig kvalitet och den ska genomföras på ett etiskt sätt. Dessa tre villkor togs i beaktning i arbetets början och har i framställningen av metoden funnits med som stöd.

Särskilt känsliga personuppgifter ska genomgå en etikprövning (Integritetsmyndigheten, 2023). I denna studie har inga uppgifter av sådan art behandlats och därför har inte en etikprövning varit nödvändig. Efter att data samlades in och transkriptionen var gjord pseudonymiserades respondenterna och personuppgifterna raderades. Efter det analyserades data och presenterades i rapporten. Ljudinspelningar lagrades lokalt och raderades efter genomförd transkription och dataanalys.

3 Resultat

3.1 Dokumentstudie

Skanska gjorde år 2022 en förstudie (Jakobsson & von Bahr, 2022) där man tog fram data för att skapa ett underlag inför projektets start. Nedan presenteras några ekonomiska och utsläppskalkyler som gjordes i tabellform. Notera att detta är från en förstudie och därmed inte exakta siffror. De anses ändå ha en rimlighet och fungerar som sekundärdata som kommer kunna bidra till denna studies resultat.

Tabell 1: Minskad klimatpåverkan

Tabellen nedan visar minskad klimatpåverkan efter utredda åtgärder gentemot en konventionell arbetsplats med fossildriva maskiner. Uppgifter hämtade från förstudien av Jakobsson & von Bahr, (2022)

	CO ₂ e besparing (ton)	CO ₂ e besparing (kgCO ₂ e/m ² BTA)	CO ₂ e besparing, andel av hela projektet
Utsläppsfri arbetsplats	67	36	12%
Fossilfria transporter	27	15	5%

Tabell 2.: Kostnadsökningar

Tabellen nedan visar kostnadsökningar efter utredda åtgärder gentemot en konventionell arbetsplats med fossildriva maskiner. Uppgifter hämtade från förstudien av Jakobsson & von Bahr, (2022)

	Tillkommande kostnader (SEK)	Kostnad relativt uppnådd CO ₂ e besparing (kr/kgCO ₂ e)
Utsläppsfri arbetsplats	4 073 000	43
Fossilfria transporter	395 000	4

3.2 Intervjuer

Intervjuer genomfördes med totalt fyra nyckelpersoner i projektet som alla hade olika uppgifter och infallsvinklar. Nedan presenteras resultatet av intervjuerna utifrån de forskningsfrågor som studien ämnar besvara.

3.2.1 Respondenter

R1 Produktionschef inom markbyggnad

Respondent med god insyn och påverkan på markentreprenaden som utförts på det elektrifierade bygget. Personen har mångårig erfarenhet av att arbeta som produktionschef och har tidigare utbildat sig till byggingenjör. Den initiala känslan inför projektet beskriver hen såhär *"När det kom på tal så kändes det väl som att det är klart vi provar. Jag ska inte säga att jag var liksom, jag var varken positiv eller negativ. Utan mera, det är bara att köra och se hur det blir"*.

R2 Projektledare kommunal beställare

Byggingenjör med medellång arbetslivserfarenhet. Har arbetat med produktionsledning och flera år som projektledare i kommunen. Beställare som varit med i projektet från början och har god insyn som inför projektet beskrev sina känslor såhär *"Jag tänkte att det var väldigt spännande och nytänkande"*.

R3 Produktionschef inom bygg

Produktionschef som varit delaktig i projektet från tidigt skede och även arbetat med produktionsledning i liknande konceptbyggen med konventionell maskinpark. Mångårig erfarenhet som produktionschef och inom branschen. Utbildad snickare och samt vidare på högskola för att arbeta i produktionsledning. Beskriver känslorna i början av projektet såhär *"Från början tänkte jag på att det skulle vara bra för miljön (...) men sen snöade man ju mer in då på att det skulle bli kul med tekniken och utvecklingen av elektrifieringen och att vi skulle driva utvecklingen framåt just i elektrifieringen"*.

R4 Maskinförare

Maskinförare med mångårig erfarenhet av att köra entreprenadmaskiner såsom grävmaskiner, hjullastare, vält och teleskoplastare. Har gått maskinförarutbildning och har haft eget företag i över två decennier. Personen har från början av projektet kört både hjullastare och grävmaskin. Inställningen till att arbeta med elektriska maskiner var *"Det kändes som en chansning nästan. Men det var ju som intressant, för jag är ju lite teknikintresserad. Mest intressant, om man säger så. Men lite skeptiskt också"*

3.2.2 Social hållbarhet

Samtliga respondenter påtalar vikten av de sociala fördelarna på arbetsplatsen. En lägre ljudvolym och minskat buller till följd av de elektriska maskinerna ses som väldigt positivt. R1 säger *"I min värld är det kanske den största vinningen. Att det blir tystare på arbetsplatsen"*. Speciellt ljudnivån anser hen är en stor fördel från arbetet med eldrivna entreprenadmaskiner då de inte låter när man kör eller de går på tomgång. Hen menar att maskinföraren och den som står ute i gropen slipper skrika och det sparar på både hörsel och energi.

R2 påtalar likt R1 att tystnaden som uppstår på arbetsplatsen har varit en stor och positiv följd effekt. R2 lyfter också upp miljön för de kringliggande fastigheterna och personer som bor eller vistas där. *"Vi har pratat lite om arbetsmiljön runt om arbetsplatsen. Att det inte luktar diesel när man tankar eller laddar. Att det är en tyst arbetsplats. Att de boende i närheten inte har blivit... Det är en lugnare och skönare stämning på plats när man är där"*. R3 är inne på samma spår och beskriver arbetsmiljön så här *"Den är ju jättestor den är ju nästan större än, om vi pratar bara miljö och ekonomi så är väl det den största grejen att det har varit tyst och lugnt och det blir ju en helt annan arbetsmiljö och det säger ju alla"*.

R4 är den som arbetat mest med maskinerna i daglig drift och kan därmed uttala sig om arbetsmiljön från ett väldigt nära perspektiv. Hen anser likt övriga respondenter att de sociala aspekterna med arbetsmiljön i fokus har stora fördelar med att använda elektriska maskiner. Speciellt märks det i förarmiljön på de stora maskinerna att det är minskat buller även i drift. Att slippa tomgångskörning och det buller och avgaser som det medför har

varit värdefullt både vad gäller luftkvalitet och i kommunikationen med övriga på arbetsplatsen. Även ergonomiska fördelar finns med de elektriska maskinerna *"Det är ju mycket bättre förarmiljö. Helt klart. Vibrationerna är borta liksom"*.

Renheten och att slippa hantera drivmedel har varit en stor fördel enligt R4. Att slippa hålla på med tankning av diesel har varit väldigt positivt. *"Antingen ska du ha dunkar, eller så ska du ha en tank på någon vagn, och så kan du spilla det på dig lite, skvätter lite, så du får sitta där hela dagen, och diesellukten där"*. Detta framgår även från intervjun med R1 och R3.

När det kommer till säkerhet menar R1 att det tack vara den minskade bullernivån uppstår en följd effekt att när ljudnivån är lägre är inte behovet av hörselkåpor lika stort och därmed minskar risken för att man inte märker om något oförutsett inträffar. Å andra sidan kan påkörningsrisken öka då folk på marken inte hör maskiner komma körande men över det stora hela menar respondenten att den minskade ljudnivån bidrar till en säkrare arbetsplats. *"Det blir ju väldigt komplext. Men jag tror i slutändan så blir det en säkrare arbetsmiljö"*. R2 och R3 är inne på samma spår medan R4 menar att säkerheten när maskinerna är så tysta och inte varnar annat än vid backning blir något lägre. Hen menar att det inte är något jätteproblem men att maskinerna tar sig framåt tystare gör att man behöver vara mer skärpt. Hen säger *"Det är nästan lite för tyst för att vara säkert, om man säger så"* men utvecklar sedan att om alla sköter det man ska och ser upp för maskinerna så kommer arbetsplatsen ändå vara säker trots allt.

Arbetsmiljö kopplat till personalens välmående är också något som respondenterna tar upp. R3 sträcker sig till att om detta sätt att bygga skulle vara det normativa och arbetsmiljön skulle vara så på alla byggarbetsplatser, så skulle sjukfrånvaron kunna minska och följd effekten skulle kunna bli både en arbetsmiljö- samt ekonomisk vinst. *"om du ser på framtiden med hörsel och stress och så vidare så tror jag att det är jättebra för arbetsmiljön och även för ekonomin kanske på tid men inte just på den arbetsplatsen (...) men det är ju många små grejer som påverkar och att befinna dig i en bullrig miljö fem dagar i veckan det är inget bra, men i ett år märks det inte så stor skillnad men om du gör det i fyrtio år då är det ju klart att då kan du få"*

en jätteeconomisk vinst och en arbetsmiljövinst men även för sjukskrivning och allting och även ett bättre arbetsliv, det tror jag kan vara en jättestor skillnad". R1 säger att eftersom detta är det första projektet i sitt slag har hen inte kunnat utvärdera effekter på luftkvalitet men anser att frånvaron av avgaser är något positivt. "Under vissa väderförhållanden så kan det ju vara så att avgaser trycks ned, något sådant blir det ju inte här". Att inte behöva hantera drivmedel och oljor i samma utsträckning är också en positiv effekt som enligt respondenten påverkar arbetsmiljön och sociala förhållanden på arbetsplatsen positivt. R4 har som tidigare skriver varit inne på arbetsmiljöfördelar som lägre ljudnivå, minskade vibrationer och påtalar även fördelen med att slippa hålla på med tankning.

Förutom säkerhetsaspekten med en eventuell ökad påkörningsrisk till följd av tystnaden från maskinerna så lyfter R2 upp ett problem i en större kontext som inte rör säkerhet eller arbetsmiljö på den här arbetsplatsen. Hen påtalar om miljöpåverkan från framställning av batterier och att det är viktigt att maskinerna är framställda på ett schysst sätt med goda arbetsförhållanden. "Så det får man väl kanske passa sig för när det börjar bli någon typ av massproduktion av det här. Eller kanske just innan. Att det är schyssta förhållanden för de som tillverkar". I och med att marknaden inte kommit så långt hoppas man att detta är kontrollerat innan en större massproduktion sker. Hen påtalar dock att detta gäller för all produktion och inget unikt för just dessa maskiner.

R3 tar upp att det finns negativa sociala konsekvenser kopplat till att yrkesarbetarna och maskinförarna har fått justera sina arbets- och rasttider en aning för att anpassa sig efter laddtider. Respondenten menar att om detta kan rättas till med effektivare batterier så är sociala effekter för de som vistas på arbetsplatsen enkom positiva. R4 som arbetar som maskinförare bekräftar detta och säger "Bara de kommer igång med tillverkning och får lite större batterier så kommer det bli mycket enklare. Så hade man så att man kunde köra en hel dag, då hade det blivit betydligt lättare med planering och allt sånt där".



Figur 6: Den elektriska betongpumpbilen. Foto: Skanska

3.2.3 Ekonomisk hållbarhet

Respondentens generella bild från branschen är att ekonomin är väldigt styrande i projekt och hur de ska utformas. R1 säger "Alltid. Det är nästan bara ekonomin som styr". Ändå har detta projekt en tydlig fördyring om man jämför med liknande byggen med en konventionell maskinpark. Hen passar sig för att nämna summor med risk för fel men tar en 25 tons grävare som exempel där det idag är nästan dubbelt så dyrt att hyra den eldriven jämfört med motsvarande maskin som drivs på diesel. En stor del av den höga kostnaden ligger i kostnaden för laddaren. Hen berättar att timpriset för elgrävaren inklusive chaufför var nästan 70% högre jämfört med en konventionell maskin med chaufför men där också drivmedel var inkluderat.

R3 är inne på samma spår men lyfter de stora byggbolagens möjligheter att utveckla branschen trots ökade kostnader. Tillsammans med beställaren har Skanska investerat miljoner i detta projekt vilket är positivt för

framtiden. *"De vill satsa på att det ska drivas framåt och då kanske man i ett projekt kan offra några miljoner, för att man ska driva branschen framåt, för det är ju deras bransch så ja, jag tror jag finns en möjlighet"*. Både R1 och R3 är inne på att det idag är för hög skillnad i pris för att privata bolag och organisationer som inte har miljökrav eller miljömål att ta hänsyn till kommer att beställa elektrifierad byggproduktion. Den bilden delas av R4 *"Nej, de kommer aldrig ha råd. De kommer aldrig få ekonomi i det"*.

Tidplanen för detta projekt är förlängd om man jämför med motsvarande konceptbyggen. Det beror på flera aspekter men bland annat tid för laddning, liten tillgång på maskiner, eventuella fel som kan uppstå och att det är ett nytt sätt att bedriva byggproduktion på. R2 menar att samma bygge skulle med en konventionell maskinpark ta ca fyra månader mindre att bygga. *"När man bygger en konceptförskola på andra ställen så har man 11 månaders byggtid. Vi börjar i juni och slutar i oktober året därpå, så det är ungefär 16 månader. Så vi har ju extra tid i vår tidplan, men då är det två semesterperioder i de där också. Visst, vi har längre tid och det är ju just för de här maskinerna att de ska orka med oss"*. De problem som uppstått är kopplade främst till kyla men det var också något som togs i beaktning vid upprättande av tidplanen. Hen beskriver planering och framförhållning som väldigt viktigt i ett projekt med bristande tillgång på maskiner och specialkompetenser.

R3 menar att förlängningen av tidplan har berott mest på svårigheter att få fram maskiner på grund av liten tillgång. *"Så därför har vi ju tappat den tiden, eller tappat, vi har ju behövt den tiden ändå för att vi kom igång lite senare och det har varit lite stök att få till grejerna i rätt tid"*. När väl maskinerna gått har de kunnat upprätthålla produktiviteten och det har varit en positiv överraskning ur en ekonomisk synvinkel.

Produktiviteten när maskinerna varit i drift har varit god enligt alla respondenter. R4 menar att maskinerna har varit väldigt bra i drift men påpekar att planeringen har varit väldigt viktig för att kunna upprätthålla produktiviteten. Att synka med leveranser och andra yrkesgrupper samtidigt som maskinernas laddningstider behöver tillgodoses har varit en utmaning. Att maskinerföraren behöver vara flexibel och lösningsorienterad är av stor vikt *"Man kan inte sitta och vara missnöjd på*

dagarna, för då kommer det inte att fungera". Enligt R1 har produktiviteten minskat till viss del och det beror enligt hen på att marknaden idag saknar ett mellansegment för hjullastare som drivs elektriskt. Det blir ett hopp från små modeller till större "gruvmaskiner" och därför har man i projektet använt sig av grävmaskinerna för att transportera massor i flera fall. I övrigt har produktiviteten kunnat upprätthållas på ett okej sätt med hjälp av överraskande bra maskiner, flexibla medarbetare och förlängd tidsplan. Att det saknas vissa modeller lämpade för den här typen av entreprenader intygar R3 och R4.

Tillgången på maskiner är väldigt liten, något som alla respondenter är inne på. R1 säger *"Tillgången på maskiner är ju jättebegränsad skulle jag påstå. Extremt i dagsläget"*. Man har med vissa maskiner nästan varit ensamma i Sverige. Att hyra och transportera maskiner från exempelvis Norge har varit kostsamt och det skapar också en ekonomisk osäkerhet om något går sönder. Att tillgången på maskiner och servicepersonal är begränsad har i viss mån påverkat produktiviteten och tidplan och därmed ekonomin. Enligt R2 är planering och framförhållning väldigt viktigt i ett projekt med bristande tillgång på maskiner och specialkompetenser.

R4 är inne på att de höga kostnaderna när det kommer till maskinerna *"De säljer de väl inte än, utan man hyr dem ju bara. De är nog lite för dyra. Det är nog ingen som vill betala det i timpriser det skulle kosta"*. R2 tar upp att kostnadsökningen i detta projekt väntas landa på ungefär 4,6 miljoner kronor. Det beror delvis just på grund av tillgången på maskiner. Via erfarenhetsutbyte med byggen i Oslo där man upphandlat med utsläppsfria arbetsplatser så räknar man med att efter sex byggen så kommer kostnaden vara ungefär den samma som med en dieseldriven maskinpark.

Att detta projekt är så pass mycket dyrare beror på att det är ett pilotprojekt och att tillgången på maskiner och specialkompetens är för liten. R2 lyfter kommunens ansvar för att det i framtiden ska bli ekonomiskt hållbart och att fler aktörer ska ha möjlighet att lämna anbud. *"Jag tror jag kan lägga lite vikt vid att det är viktigt att tänka igenom hur man upphandlar det här. Det är från min sida. Det behöver vi tänka på"*. Att

redan i upphandlingen tydliggöra angående maskinparken och gärna boka de speciella maskinerna i god tid så att fler anbudsgivare känner att de har möjlighet att delta. Att också tydliggöra att utsläppsfria maskiner kommer bli krävas i framtiden vilket kan göra att lokala entreprenörer tors investera i dem. Just konkurrenskraften pekas ut som en viktig punkt för att nå ekonomisk hållbarhet.

3.2.4 Ekologisk hållbarhet

Att projektet skulle utföras med elektrifierad maskinpark började med kommunens miljökrav. R1 berättar att för Skanska var det ett intressant projekt att investera i och personligen är hen engagerad inom organisationen i frågor som rör hälsa, miljö och säkerhet. Därför var det intressant att arbeta på ett nytänkande sätt. R2 påtalar vikten av att man som beställare har ett ansvar att göra hållbara val och att kommunen har krav på att gå mot grönare byggarbetsplatser. Kommunorganisationen ska vara fossilfri år 2025 och byggverksamheten år 2030. Då är utsläppsfria arbetsplatser en viktig del på vägen. *"Från vår klimatstrateg var det att; vi måste göra det här steget för att vi måste lämna en planet som går att leva på"*.

Detta projekt har varit av stort intresse för både allmänheten och andra företag. R3 berättar att man har tagit emot stora mängder besökare på arbetsplatsen där feedbacken var övervägande positiv men vissa kan ifrågasätta huruvida utsläppsminskningarna är tillräckliga när transporter till och från arbetsplatsen inte är fossilfria. Hen påtalar dock att det man gör nu är att driva utvecklingen och att även om inte besparingarna är stora idag så kommer detta vara väldigt bra för miljön på sikt. *"Inte just här vi står nu, men däremot kan det vara jättestor påverkan om fem år. Att vi har dragit igång det och då ser det ut på ett helt annat sätt"*.

Respondenterna är alla positiva till minskade utsläpp av växthusgaser men flera tar upp frågeställningar kring vad som egentligen är miljövänligt och hållbart och att flera parametrar spelar in. R2 lyfter upp att hela bygget inte är fossilfritt och att utsläppen på själva arbetsplatsen är en viktig del men att val av material med mera såklart också spelar roll i ett större perspektiv. När det kommer till elen lyfter hen att det är av stor vikt var elen produceras för att den ekologiska hållbarheten ska upprätthållas. Den

lokala elleverantören som förser detta projekt med ström använder endast förnybar el. Även R1 lyfter problematiken med att el också har en miljöpåverkan och att framställande av batterier har sin påverkan. Hen menar att vad man anser är bättre eller sämre för miljön är högst personligt men alla är ju överens om att det är positivt att utsläppen försvinner.

På frågan om de minskade utsläppen är tillräckliga i förhållande till andra faktorer som ökade kostnader och annan miljöpåverkan säger R1 *"Det är jättesvårt att säga, men man vill ju tro att det är bättre"*.

För R3 var Inställningen från början var att detta projekt skulle ha en stor positiv miljöpåverkan vilket det också har haft lokalt på byggarbetsplatsen. *"Den stora grejen för det måste jag ju säga, precis som vi sa tidigare, att då tänkte man ju mycket på miljön. Och att det skulle vara bra för miljön"*. R3 lyfter dock upp problematiken med att transporter till och från arbetsplatsen samt byggmaterial inte varit fossilfria och det där kan finnas en ännu större påverkansgrad på miljöbelastning än just under själva byggtiden. Att tillgången på maskiner är så begränsad och de måste transporteras dit samt att leveranser till och från arbetsplatsen sker med fossila bränslen öppnar upp för frågan hur stora miljövinster egentligen är? *"Men det gick ganska snabbt och man kom fram till att det var ju inte så jättestor miljöpåverkan just här och nu på grund av sådana saker"*. Hen betonar dock att det besparingen man ändå gör är positiv. R4 är positiv till att bygga elektrifierat och att utsläppen minskar. Dock är utsläppsminskningen ingenting som hen tänker på i det dagliga arbetet *"Nej, det gör man väl egentligen inte"*.



Figur 7: Den elektriska grävmaskinen Volvo EC230 Electric laddar på arbetsplatsen. Foto: Skanska

3.2.5 Kvalitet, helhetsbild och framtid

Samtliga respondenter är överlag imponerade och nöjda över hur projektet har fortskridit. En aspekt som har överraskat positivt är de eldrivna maskinernas prestanda. R1 säger att *"Jag förväntar mig inte en eldriven grävare (...) utan är den lika bra som en dieseldriven så är den ju bra nog. Och då är den ju jättebra. Och det har den varit"* medan R3 är glatt överraskad över hur de fungerat. Hen jämför arbetsplatsen med den likvärdiga som byggs med traditionella maskiner och påtalar att de gått i princip likvärdigt vad gäller produktivitet och kvalitet. I viss mån anser hen att de elektriska maskinerna har fungerat bättre än en dieselmaskin. *"Det har ju varit fantastiskt bra. Betongpumpen gick ju klockrent och grävaren har ju gått fruktansvärt bra. Och det hade man ju inte trott. Man trodde ju att det mest skulle vara krångel. Men det har ju gått jättebra"*. R4 hade tidigare aldrig kört med eldrivna maskiner men känner sig trygg i den miljön och säger *"Ja, nu vill jag helst inte tillbaka till dieseldrivna"*. På frågan om maskinerna går att jämföra med motsvarande konventionella alternativ är svaret *"Det är inte någon stor skillnad. Ingen skillnad alls egentligen"*.

Problem som uppstått kopplas bland annat till kyla, något som flera respondenter påpekar men som enligt R4 inte varit något stort problem utan hen tar istället upp problem med laddningen och att man måste starta om den. *"Jag tycker att det fungerar ganska bra med kylan och det här. Utan det är mer att det har varit några problem med uppdateringar och felmeddelanden och lite sånt"*. Dessa problem har dock oftast löst sig med hjälp av maskinleverantören. R1 tar upp problem som går att härledas till kalla temperaturer *"Vi hade lite problem i senhösten. När det var lite kallt så var det lite... Det var värmning av hydrauloljan som ställde till problem så att maskinen inte gick att starta, men det löste sig"* och även R2 tar upp att maskinerna fungerat bra men vissa problem uppstått kopplade till kyla *"Ja, men de här maskinerna har ju gått väldigt bra under sommaren och hösten. Och sen när det blev november, december blev det ganska kallt. Eller väldigt kallt. Och då startade de inte riktigt som de skulle. Så det här hade man kanske kalkylerat att någonting skulle hända någon gång. Det vore osannolikt annars. Men det mesta löste sig också. Ganska snabbt. Eller jag som beställare. Jag märkte knappt av det"*. Specialkompetenser som idag är svåra att få tag på krävs för att reparera maskinerna vid driftstopp, det har enligt R1 påverkat projektet till viss del *"Det har blivit lite mer ståtid, sen har det väl kanske inte påverkat projektet i stort så mycket. Man har väl försökt göra andra saker under tiden. Men viss frustration har det väl kanske varit att inte den personen är sjuk till exempel. Då kan man ju inte säga att jag kommer imorgon. Då har man ju ingen aning. Det kan ta en vecka eller det kan ta en dag, men det är mer frustration än egentligen påverkan på tidplanen"*.

Batteristorlek och fler maskinmodeller tas också upp som förbättringar som behöver göras för att få till större hållbarhet i byggprocessen. För att branschen ska kunna använda den här typen av maskiner är R4 säker på att batterikapaciteten behöver förbättras. Maskinerna i sig är tillräckligt bra men för att få till produktiva och effektiva byggprojekt med dessa maskiner behövs större och bättre batterier säger *"Bara de kommer igång med tillverkning och får lite större batterier så kommer det bli mycket enklare. Så hade man så att man kunde köra en hel dag, då hade det blivit betydligt lättare med planering och allt sånt där"*. R3 är positiv till att bygga med elmaskiner och på frågan om hen föredrar att bygga elektrifierat före fossildrivet är svaret *"Absolut. Det är ju en jättestor skillnad. För oss som är på plats är det ju*

bara positivt. Om vi bortser från ekonomi, miljö och allting. Så bara titta på oss som är här så är det ju bara bättre. För det är ju tystare och lugnare. Allt är ju i stort sett bättre”.

Beroende på hur tillgången ser ut i framtiden och var arbetsplatsen är belägen lyfter R3 fram andra alternativa drivmedel som ersättning till de fossila. Vätgas eller annat fossilfritt bränsle i moderna maskiner som inte bullrar som de gamla kan vara ett komplement. Men hen är säker på att utvecklingen inte kommer stagnera och avslutar intervjun med ett tydligt budskap *”Det här är framtiden. Ja, det tror jag. Jag tror inte att det kommer att handla om någonting annat. Sen att det kanske inte står el på allting vi pratar om. Det kanske är med andra varianter”.*

R2 tror att fler arbetsplatser kommer vara utsläppsfria och elektrifierade *”Vi har fått förfrågan att utreda det på två kommande skolprojekt. Så jag gissar att det här kommer att vara framtiden. Eller jag nästan driver för att det ska vara det”.* R4 berättar att kollegor i branschen, speciellt äldre har inställningen varit skeptisk och många har till och med sagt att de inte skulle vilja hantera dessa maskiner *”Jag vet flera äldre som jag känner som har jobbat i dag, men aldrig. De vill helst inte hålla på med GPS heller”.* Projektet har varit lyckat som helhet och på frågan om hen vill gå tillbaka till konventionella maskiner är svaret *”Nej, det är nog bättre att fortsätta med el. Annars är det mycket det här med att man ska tanka, det är det som är stöldriskan. Det slipper man ju. Behöver inte ens fundera på det. Nej, det är en himla fördel”.* På frågan hur hen tror att framtiden ser ut för elektrisk byggproduktion är tongångarna positiva *”Men det tror jag det kommer mer. Ju effektivare maskinerna blir, ju större batteripaketet de blir, och ju billigare de blir när de börjar på att tillverka dem, masstillverka dem om man säger.”* Även R1 tror att detta projekt gett ringar på vattnet *”Ja det tror jag absolut. Kommunen har nog sett att det här har fungerat och kommer säkert försöka upphandla elektrifierat när det kommer till projekt som är lämpliga för det”.* Hen fortsätter *”Jag hade studiebesök från ett län i övre Sverige och de har projekt som ska igång i höst. Jag har haft studiebesök av dem och de har ringt och ställt frågor”.*

Trots att R3 tror och hoppas att elektrifierad byggproduktion kommer öka tar hen upp det bristande utbudet på maskiner som ett potentiellt problem

om branschen ställer om innan det hinner öka. Eftersom efterfrågan idag inte är större har man kunnat få tag i maskiner, men skulle fler bestämma sig för att bygga på detta vis i närtid är hen skeptiskt till att man kommer kunna få fram tillräckligt med maskiner vilket också kommer påverka ekonomin i fel riktning.

Att detta projekt har goda förutsättningar för att lyckas är något som flera tar upp. R1 påpekar att projektet i sin helhet är lyckat och fördelarna är många. Hen belyser att inte alla projekt lämpas för att byggas med denna typ av maskinpark men att förskolebygget har haft ideala förutsättningar. *"Alltså det vi bygger nu och där vi bygger nu är ju liksom optimalt för el"*. Det beror på att man bygger på en högspänning och det är lätt att få fram ström. Arbetsplatsen är begränsad och inte för stor vilket underlättar när maskinerna behöver ladda. Även R2 tar upp läget och ytan på detta projekt som en förutsättning för att det ska bli lyckosamt *"Det jag hör för ett förskolebygge av den här storleken och den här ytan av mark, som det ju faktiskt mest handlar om, markmaskinerna, så är det här optimalt. Det ska helst inte vara så mycket större"*. R3 som även är produktionschef på det likadana konceptbygget med konventionell maskinpark jämför arbetsplatserna och påtalar att de gått i princip likvärdigt vad gäller produktivitet och kvalitet och att förutsättningarna för att bedriva elektrifierad byggproduktion är väldigt god.

Respondenterna kommer alla ta med dig erfarenheter till kommande projekt och som de hoppas kunna dela med dig av till intresserade. R2 berättar att en konsultfirma har hjälpt regionen att ta fram en lathund inför kommande elektrifierade projekt och kommunen kommer själva utvärdera effekterna. På frågan om vilka erfarenheter man bär med sig är svaret *"Exakt vad är ju lite svårt att säga. Men allt och inget liksom. (...)* Lathunden kommer vi nog ta med oss och använda på något sätt. Och sen får vi väl göra någon typ av summering av vad det är vi har. Vad är det vi har gjort? Vi har inte kommit dit ännu. Och hur kan vi fortsätta?"

R1 säger *"Ja men det tycker jag absolut. Om man till exempel ska ha en större arbetsplats, att man ska tänka på vart man placerar laddaren. Så man kan komma*

dit även om det blir lite ström. Man vet att det kan påverkas av kyla, så man planerar utifrån det innan. Jo, jag har fått mycket erfarenhet absolut”.

R3 tar med sig en positiv bild och en känsla av att fortsätta utvecklas utifrån detta projekt. Om hen fick frågan att leda ytterligare en elektrifierad arbetsplats är svaret *” Får vi ju ungefär samma grejer som vi hade denna gång. Så kör vi. Så tycker jag att det är. Det kanske man inte hade sagt om man inte varit här. Då kanske man hade sagt att nej, vi försöker hoppa över det där för det kommer bli jättekrångligt”.*

R4 tar med sig erfarenheter om en trygg och bra förarmiljö samt att det går bra att utföra arbetet med elektrifierade maskiner *”Det är inte stor skillnad mot en dieseldriven egentligen, det är egentligen laddningen. När du väl kör maskinen så känner man sig rätt trygg. Och planering. Och det är erfarenheter som kan ta med mig. Ska man bygga ett liknande projekt så kan det ju vara viktigt att ta med sådana bitar”.*



Figur 8: Ytterligare en bild på den elektriska betongpumpbilen från Bygg Betong. Foto: Skanska



Figur 9: Elektrisk tornkran inne på området. Foto: Skanska

4 Diskussion

4.1 Metoddiskussion

Mitt val av metod grundade sig i det syftet som jag hade med studien, att undersöka huruvida elektrifierad byggproduktion i norra Sverige fungerar och vilka för- och nackdelar det har. Viktigt i undersökningen har varit att undersöka hållbarheten i projektet ur flera aspekter. För att komma dit valde jag att utföra intervjustudier med berörda nyckelpersoner inom projektet och den metoden gav ett resultat som sedan kunde hjälpa till att besvara forskningsfrågan.

De avgränsningar som gjordes i dokumentstudien och intervjustudien har med stor sannolikhet präglat resultatet. Grundidén att utföra egna mätningar på arbetsplatsen vad gäller energiförbrukning och utsläpp hade varit intressant för att kunna jämföra med tidigare resultat. Validiteten i en sådan mätning hade dock inte varit speciellt hög då den mest troligt bör upprepas många gånger för att kunna dra tydligare slutsatser. Den typen av information finns dessutom att tillgå på annat håll och kändes därför inte lika relevant i sammanhanget. Då tiden i en kandidatuppsats är knapp fokuserades istället studien helt mot kvalitativa frågor med dokumentstudien som kompletterande sekundärdata. Under en större tidsram hade metoden kunnat sett annorlunda ut med fler egna kvantitativa resultat att presentera. Dock syftade studien mer till att undersöka en helhetsbild av projektets hållbarhet och dess för- och nackdelar. Fokus skulle inte ligga endast på miljöfrågorna. Data som kostnads- och utsläppskalkyler och minskning på CO₂e fanns sedan innan att tillgå så därför valdes tolkning av dessa data som en del av trianguleringen för att kunna dra slutsatser om projektets totala hållbarhet.

Intervjustudien gjordes i semi-strukturerat format för att samtliga intervjuer skulle ha samma inriktning och men också för att ge upphov till följdfrågor utifrån respondentens perspektiv och svar. Frågorna som ställdes utarbetades utifrån intervjuguiden och andra typer av frågor hade kunnat ge en annan bild. Frågorna ställdes med syftet att kunna besvara de forskningsfrågor som finns i studien. Att inkludera fler respondenter hade

kunnat påverka resultatet men jag valde att avgränsa till de som varit nära projektet och därmed påverkats i hög grad. Att inkludera fler respondenter som ligger för långt ifrån hade i stället kunna ge en lägre validitet då de saknar information och kunskap om projektet och ämnet.

På grund av tidsplanen fanns inte utrymme för att genomföra ett reliabilitetstest. Att kontrollera reliabiliteten på en intervjustudie är svårt men troligtvis hade respondenterna givit samma svar även om intervjun hade genomförts av en annan forskare men med samma intervjuguide. Intervjuerna genomfördes som nämnt innan på ett semi-strukturerat sätt och utan att försöka leda respondenterna i deras svar. En strukturerad intervju hade kunnat öka reliabiliteten då följdfrågorna mest troligt inte hade varit desamma av en annan forskare. Fördelen med de mer utförliga svaren väger dock upp då de bidrar till att mer pricksäkert nå syftet med intervjun. Detta eftersom jag som forskare kan fortsätta ställa frågor utifrån de svar jag fått från respondenterna tills det att syftet är uppnått.

Urvalet av intervjurespondenter skedde målstyrt. Då går de inte att generalisera på populationsnivå (Bryman, 2018). Det var inte nödvändigt eftersom syftet inte var att ge allmänhetens bild utan den upplevelse och de erfarenheter som relevanta intressenter kunde dela med dig av. Därmed var valet att använda sig av målstyrt urval lämpligt.

4.2 Resultatdiskussion

4.2.1 Social hållbarhet

En av de tydligaste fördelarna med projektet som framkom i resultatet var att den lägre ljudnivån bidrog väldigt positivt ur flera aspekter. Enligt Lee et al. (2019) så är grävmaskinen samt betongpumpbilen några av de mest påtagliga och irriterande ljudkällorna på en byggarbetsplats. Även om maskinerna fortfarande ger ljud så upplevde flera av respondenterna att bullernivån minskat kraftigt och det var väldigt positivt. En av respondenterna som besitter en väldigt lång erfarenhet i produktionsledning upplevde till och med att den förbättrade arbetsmiljön

på sikt med sannolikhet kunde leda till mindre sjukfrånvaro och bättre ekonomi i projekten. Minskningen av buller bidrog även till att uppfattningen att säkerheten ökade på arbetsplatsen då man bland annat inte hade samma behov av hörselskydd och därmed kunde vara mer uppmärksam på olika händelser. Den bilden var dock inte helt samstämmig och en respondent tyckte istället att tystnaden kunde påverka negativt på säkerheten.

4.2.2 Ekologisk hållbarhet

Flera respondenter lyfter fram att minskningen av fossila utsläpp är väldigt positiv men att det kan finnas andra faktorer som påverkar miljön. Framställningen av elektricitet är en aspekt som tas upp. Hur elen produceras och vilken miljöpåverkan det har är en viktig faktor om man ska jämföra eldrivna maskiner med fossildrivna. Den lokala elleverantören som försett Ottfjället med elektricitet har som löfte att all el kommer från 100% förnybara energikällor (Jämtkraft, 2024).

Andra miljöfaktorer som kommer på tal är påverkan från transporter och byggmaterial samt framställning av nya maskiner och batterier. Enligt Khan och Huang (2023) och deras studie om elektrifierade maskiner så minskar miljöpåverkan kraftigt vad gäller utsläpp av växthusgaser samt försurning och urtunnande av ozonskiktet om man jämför med påverkan från fossildrivna maskiner. Däremot uppstår andra utmaningar och det gäller bland annat påverkan på ekosystem, grund- och havsvatten samt cancerframkallande ämnen som enligt studien har en större effekt när man gör en livscykelanalys på hybrid och helt eldrivna grävmaskiner. Medan de höga halterna av utsläpp från förbränningsmotorerna sker under brukandet så sker de miljö- och hälsofarliga utsläppen från batterierna främst under råvaru- och produktionsfasen. Som Khan och Huang säger så är påverkan från fossila maskiner som störst under brukandet medan batterierna har sina främsta utsläpp av miljöfarliga ämnen i råvaru- och produktionsfasen. Det stämmer överens med det som respondenterna reflekterar över att det lokalt på arbetsplatser sker en miljöförbättring medan det kan uppstå problem på annat håll. Batterier och dess framställning är ingenting som denna studie fokuserar vidare på men det

kan ses som ett viktigt diskussionsämne i en omställning till eldrivna fordon, inte bara i byggindustrin.

Påverkan från transporter och byggmaterial är två saker som också framkommer under intervjuerna. Vissa utifrån kan tycka att de hårda kraven på byggarbetsplatsen blir irrelevanta när man fraktar maskiner och material till bygget med fossila bränslen. Det som framkommer som motargument är då att oavsett hur mycket eller lite miljöbesparing som sker i detta specifika projekt, är det en omställning som håller på att göras som detta projekt är med och bidrar till och som gör att utsläppen av växthusgaser på sikt kommer kunna minska. Men för att det ska bli en märkbar skillnad på miljön när det kommer till utsläpp av växthusgaser krävs det att branschen ställer om, att tillgången på maskiner ökar och att transporterna också sker med eldrivna fordon.

4.2.3 Ekonomisk hållbarhet

Ekonomi och att det är märkbart dyrare att bygga med elektrifierade maskiner tas upp som en faktor att många beställare kan fortsätta välja att bygga med fossildrivna maskiner. Enligt förstudien som Skanska tog fram så planerade man att upphandla även fossilfria materielleveranser. Om transporterna till och från arbetsplatsen skulle ha skett med eldrift räknade man med att spara 27 ton CO_{2e}. Det är en besparing på 15 kgCO_{2e}/m² BTA och skulle generera en merkostnad på ca 395 000 kr. Det är en kostnad på ungefär 4 kronor per reducerat kgCO_{2e}. Som det framgick i resultatet är merkostnaden för elektrifierad arbetsplats ungefär 4,6 miljoner (4 073 000 kronor i förstudien). Kostnaden relativt uppnådd reducerat kg CO_{2e} ligger här på omkring 43 kronor. Den estimerade besparingen CO_{2e} ligger på 67 ton vilket ger en besparing på 36 kg CO_{2e}/m² BTA. Besparingen av fossila utsläpp från byggarbetsplatsen är alltså nästan två och en halv gånger högre än från transporterna men kostnaden för dessa besparingar är omkring tio gånger högre än motsvarande ökning från transporterna.

Den elektrifierade arbetsplatsen beräknas ha en CO_{2e} besparing på 12% av projektets totala klimatpåverkan. I Skanskas förstudie av Jakobsson & von Bahr (2022) framgår det att om man skulle använda klimatförbättrad betong i plattan skulle det innebära en klimatbesparing på 18 ton CO_{2e}. Det

är ca 3% av projektets helhet och kostnaden skulle stanna vid en krona per sparad kg CO₂e. Även här kan man konstatera att den utsläppsminskningen sett till helheten är större från maskinparken än klimatförbättrad betong (ca fyra gånger högre) men förhållandet ekonomiskt är väldigt mycket större (43 gånger högre per kg CO₂e).

Utifrån dessa siffror stärks bilden av att det i nuläget inte är ekonomiskt hållbart att bedriva elektrifierade byggarbetsplatser om man jämför med andra klimatbesparande åtgärder. För att det ska bli en hållbar situation ekonomiskt och utvecklingen ska fortsätta drivas framåt påtalas kommunernas ansvar i att underlätta och möjliggöra för entreprenörer att ställa om till el. Om kommuner tydliggör sina krav och framtida agendor kan det också bli lättare för entreprenörer att våga investera. Att kommunerna i ett tidigt skede i sina upphandlingar säkerställer tillgången på maskiner kan också öka konkurrenskraften, att fler aktörer lämnar anbud vilket i sin tur leder till en ekonomisk hållbarhet i byggprojektet. Enligt författarna Mattson och Junker (2022) kan offentlig upphandling vara ett effektivt verktyg för att stimulera grön innovation. En stor andel av byggprojektet initieras av offentliga beställare och därför kommer deras styrning påverka entreprenörerna. Även de stora byggbolagens vilja att driva utvecklingen är en aspekt som tas upp i frågan om hur detta ska kunna bli normaliserat. Samtidigt påtalas att en för snabb omställning kan leda till brist på maskiner och då kommer projektet både ta längre tid och bli dyrare till följd av för lågt utbud i förhållande till efterfrågan.

4.2.4 Kvalitet, helhetsbild och framtid

Eftersom byggandet av Ottfjället inte är färdigt ännu kan man inte exakt mäta vilka utsläppsbesparingarna blev, hur mycket el man förbrukade och vad den exakta merkostnaden blev. Anledningen till att detta projekt skulle byggas med elektrifierade maskiner grundar sig i kommunens, dvs beställarens vision och dess vilja att gå mot en fossilfri byggverksamhet senast år 2030. I resultat och diskussion har det framgått att andra effekter än utsläppsminskningen har värderats högt. Om man enbart ser till utsläppen kan man ändå utifrån dokumentstudien konstatera att de ca 65–70 ton CO₂e som man räknar med att spara har en stor positiv klimatpåverkan. Om man ska exemplifiera hur mycket utsläpp av

växthusgaser som det är kan man jämföra med ca 9000 köttbaserade måltider, utsläppen från en genomsnittlig europé under ungefär elva år eller att resa med flygplan från Paris till New York (per passagerare) 70 gånger (Tapio, 2024). De klimatåtgärder som detta projekt grundar sig på har med andra ord givit effekt även om det går att implementera fler åtgärder på sikt för att få till en ännu större hållbarhet.

Att byggandet av Ottfjällets förskola är ett lyckat projekt är alla överens om, precis som att branschen vill och behöver ställa om till en mer klimatsmart byggprocess. Om enbart eldrivna maskiner är lösningen är inte säkert. Flera respondenter lyfter upp att det fungerat över förväntan men att det också finns en problematik kopplad till eldrift. Större och bättre batterier lyfts fram som en förutsättning för att det elektrifieringen ska vara lyckosam på sikt. Enligt Huang et al. (2023) så spelar klimat- och väderförhållanden in när man ska välja batterikapacitet på en elektrisk entreprenadmaskin. I den studien diskuteras hur matematisk optimering kan se ut för anpassa kapacitet efter förutsättningar vilket kan leda till att branschen kan använda elektriska maskiner i större utsträckning utan att man vare sig över- eller underdimensionerar kapaciteten och därmed får en kostnadseffektiv maskinpark. Att batterikapaciteten inte var helt tillräcklig framkom i intervjuerna och att detta skulle behöva justeras för att produktiviteten och arbetsförhållanden på sikt ska upprätthållas. Även dimensionering av maskinerna var något som framkom i studien. De maskiner som finns på marknaden idag är enligt flera respondenter bra men det saknas bland annat ett mellansegment när det kommer till elektriska hjullastare. Batterierna blev också påverkade vid kyla vilket ställde till vissa produktivetsproblem. Bland annat hade man problem med laddning och kortare laddningsintervall mellan laddningarna uppstod vid temperaturer kallare än -10°C . Respondenten som styr maskinerna upplevde dock inte kylan som ett stort problem. Överlag upplevde samtliga respondenter att maskinerna effekt- och produktivetsmässigt överraskade positivt. Det fanns farhågor att maskinerna skulle ha otillräcklig kapacitet men bortsett från vissa problem kopplade till kalla temperaturer och laddning har maskinerna fungerat lika bra som traditionella dieseldrivna maskiner. Det faktum att maskinerna fungerade

så pass bra i drift var en stor bidragande orsak till att man lyckats hålla den tidplan man satt upp trots de problem som uppstått.

Förutom kyla och laddning lyfts avstånd och byggarbetsplatsens läge fram som viktiga parametrar för att det ska bli lyckosamt. Detta projekt hade ideala förutsättningar för att bygga elektrifierat på grund av begränsad arbetsyta och tillgång till högspänning. På byggen som bedrivs längre från civilisationen, på större ytor och med sämre tillgång till elektricitet menar flera att det idag inte är lämpligt att bedriva elektrifierat byggande. Man menar ändå att klivet tillbaka till fossildrivet inte är att föredra utan lyfter alternativa varianter som vätgas, fossilfritt bränsle med flera som komplement till elmaskiner.

Även om byggprojekt i Sverige drivs med elektrifierade maskiner till viss del är detta projekt unikt i sitt slag. Utvärderingar och studier på maskinnivå finns att tillgå men det som denna studie syftar till är att analysera en helhet utifrån de förutsättningar som finns i regionen. Som det står att läsa i ovanstående stycke har förutsättningarna för detta projekt varit goda vad gäller storlek och läge. Därför är det svårt att generalisera men förhoppningen är att studien ändå kan ge en bild av vad som fungerat väl och vilka utmaningarna är framöver. Eftersom helt elektrifierade byggarbetsplatser idag är något nytt kan denna studie ses som ett hjälpmedel till kommande forskning. Projektets nyckelpersoner har bidragit med viktig kunskap om vad som fungerat väl i projektet och vilka delar som bör förbättras innan byggbranschen går mot en ännu mer hållbar byggprocess.

4.3 Slutsats

Att bedriva elektrifierad byggproduktion i vårt klimat är möjligt och det går att göra på ett effektivt och produktivt sätt. Hållbarheten i det sättet att bygga är idag främst kopplad till sociala och ekologiska delar. De sociala delarna har visat sig ha väldigt stora vinningar och det uppenbara att utsläppen minskar gör att ekologisk hållbarhet har en positiv utgångspunkt. Vad gäller miljöpåverkan är varje insats viktig men röster höjs för att hela produktionskedjan bör inkluderas för att hela projektet ska vara hållbart. För att det ska ske behöver tillgången på maskiner vara större så de finns på den lokala marknaden samt att övriga delar av projektet som material och transporter har en mindre miljöpåverkan. I dagsläget går det inte att säga att elektrifierad byggproduktion på denna plats är ekonomiskt hållbar men goda förhoppningar finns att detta ska kunna ske i framtiden vilket bland annat skett i Norge. Här har kommuner och stora byggbolag ett ansvar i att gå i bräschen för att branschen ska fortsätta ta kliv.

4.4 Förslag till fortsatta studier

Då denna studie varit avgränsad till att utvärdera och undersöka om elektrifierat byggande är hållbart ur flera aspekter och inte fokuserat i större utsträckning på själva utsläppen rekommenderar jag att undersöka vidare hur stora utsläppsbesparingarna blir i ett elektrifierat projekt samt även koppla det till transporter och materialpåverkan. Transportsektorn befinner sig i en omställning där data finns på utsläpp och materialens miljöbelastning går att jämföra med miljövarudeklarationer. Att kunna utvärdera var utsläppen är som störst i ett byggprojekt vore intressant och bra för beslutsfattare och beställare. I en sådan studie kan det vara passande att tillämpa en LCA eller en avgränsad variant av en sådan analys. Exakt metodval och avgränsning för detta bestäms av forskaren men att jämföra materialens miljöbelastning i CO₂e samt utsläpp från transporter och själva byggproduktionen skulle ge en bild av fördelningen mellan resurserna. Där kan man också studera i vilket skede som miljöpåverkan är som störst.

Ett annat ämne relaterat till denna studie som skulle vara intressant att studera är hur man kan möjliggöra för markentreprenörer att bedriva fossilfri entreprenad på avlägsna platser. Då just markentreprenören är de

som är "först på plats" finns sällan förutsättningarna för detta. Som det framgår i denna studie var arbetsplatsens läge optimalt för eldrift. Att studera hur eldrift eller andra alternativa drivmedel kan användas för markentreprenad i andra lägen skulle kunna påskynda utvecklingen av utsläppsfritt byggande.

Referenslista

Arbetsmiljöverket. (10 juli 2023). *Risker med buller*. <https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/buller/risker-med-buller/>

Boverket. (20 februari 2019). *Introduktion till livscykelanalys*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/>

Boverket. (10 oktober 2023a). *Klimatdeklarationens omfattning*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/>

Boverket. (15 november 2023b). *Förhållningssätt till hållbar utveckling*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/fysisk-planering/forhallningssatt1/>

Boverket. (24 januari 2024). *Byggsektorns utsläpp av växthusgaser ökar*. <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/nyheter/utslapp-okar/>

Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.

Bryman, A. (2018). *Samhällsvetenskapliga metoder (3 uppl.)*. Stockholm: Liber.

Eriksson, O., Ramírez-Villegas, R., & Olofsson, T. (15 December 2015). Assessment of renovation measures for a dwelling area e Impacts on energy efficiency and building certification. *Building and Environment*, 97, ss. 26-33. doi:10.1016/j.buildenv.2015.12.012

Flick, U. (2014). Mapping the field. I: U. Flick (red), *The sage handbook of qualitative data analysis* (s. 3-18). Thousand Oaks: Sage Publications

Fossilfritt Sverige. (2024). *Klimatledarkommunerna*. <https://fossilfritt Sverige.se/fardplaner/upphandling/>

Holme, I. M. & Solvang, B. K. (1997). *Forskningsmetodik. Om kvalitativa och kvantitativa metoder*. Lund: Studentlitteratur.

Huang, X., Huang, Q., Cao, H., Wang, Q., Yan, W., Cao, L. (2023). Battery capacity selection for electric construction machinery considering variable operating conditions and multiple interest claims. *Energy*. (275). Artikel e127454. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127454>

Jakobsson, A., & von Bahr, H. (2022). *Förstudie Ottfjället förskola Utsläppsfri arbetsplats och fossilfria transporter*. [Opublicerat, internt arbetsmaterial]. Skanska

Karlsson, I., Johnsson, F., & Rootzén, J. (25 december 2019). Reaching net-zero carbon emissions in construction supply chains - Analysis of a Swedish road construction project. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109651>

Khan, A. U., & Huang, L. (2023). Toward Zero Emission Construction: A Comparative Life Cycle Impact Assessment of Diesel, Hybrid, and Electric Excavators. *Energies*. (16). <https://doi.org/10.3390/en16166025>

Kristensson Uggla, B. (2019). *En strävan efter sanning*. Lund: Studentlitteratur.

KTH Kungliga Tekniska Högskolan. (2024). *Hållbar utvecklig*. <https://www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/sustainable-development/hallbar-utveckling-1.350579>

Kvale, S. & Brinkmann, S. (2014) *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Lund: Studentlitteratur

Lee, S. C., Kim, J. H., Hong, J. Y. (2019). Characterizing perceived aspects of adverse impact of noise on construction managers on construction sites. *Building and environment*, (152). 17-27. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.02.005>

Leedy, P. D. & Ormrod, J. E. (2015). *Practical research: planning and design* (11 uppl.). New Jersey: Pearson Education.

Mattsson, L.-G., & Junker, S.-O. (den 17 November 2022). Market shaping for a fossil-free economy: Institutional work to change market practices of

public procurement. *Industrial Marketing Management*, 108, ss. 23-34.

<https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2022.10.015>

Nyquist, H. (2017). *Statistikens grunder. Vetenskap, empiriska undersökningar och statistisk analys*. Lund: Studentlitteratur.

Naturskyddsföreningen. (2024). *Hur fungerar växthuseffekten?*

<https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/hur-fungerar-vaxthuseffekten/>

Naturvårdsverket. (14 december 2023). *Klimatet och bygg- och fastighetssektorn*.

<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimatet-och-bygg--och-fastighetssektorn/>

Naturvårdsverket. (21 december 2023). *Beräkna klimatpåverkan*.

<https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/luft-och-klimat/berakna-klimatpaverkan/>

Naturvårdsverket. (12 januari 2024). *Arbetsmaskiner, utsläpp av växthusgaser*.

<https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-arbetsmaskiner/>

Naturvårdsverket. (25 mars 2024). *Därför blir det varmare*.

<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/darf-or-blir-det-varmare/>

Sandman, L. & Kjellström, S. (2018). *Etikboken. Etik för vårdande yrken*. Lund: Studentlitteratur.

SFS 2003:460. *Lagen om etikprövning av forskning som avser människor*.

Stockholm: Utbildningsdepartementet.

Skanska. (2024). *ABCD-förskola, Ottfjällets förskola, Östersund*.

<https://www.skanska.se/vart-erbjudande/vara-projekt/276706/ABCDforskola%2c-Ottfjallets-forskola%2c-Ostersund/>

Svensk Betong. (2022). *Vägledning Klimatförbättrad betong*. Utgåva 2.
<https://www.svenskbetong.se/component/edocman/?task=document.viewdoc&id=60&Itemid=>

Tapio. (2024). *What is a ton of CO2, and how much CO2 do we emit?*
<https://www.tapio.eco/blog/what-represents-one-ton-co2-emissions/>

United Nations. (2024). *Sustainable development goals*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

Vetenskapsrådet. (12 juni 2017). *God forskningssed*.
https://www.vr.se/download/18.2412c5311624176023d25b05/1555332112063/Godforskningssed_VR_2017.pdf

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Designs and methods* (6. uppl.). Los Angeles: SAGE Publications.

Östersunds kommun. (2024). *Skolbygget: Ottfjällets förskola*.
<https://www.ostersund.se/barn-och-utbildning/skolbygget/skolbygget-ottfjallets-forskola.html>

Bilagor

Bilaga 1 Intervjuguide

Intervjuguide till studien "Utsläppsfritt – En fallstudie om en elektrifierad byggarbetsplats". Intervjun genomfördes semi-strukturerad med dessa frågor som utgångspunkt.

1. Yrkestitel
2. Arbetslivserfarenhet
3. Utbildning
4. Vad var din bild innan detta projekt om utsläppsfritt byggande?
5. Har den bilden förändrats?
6. Trodde du på förhand att det kunde finnas hinder för detta projekt?
7. Har dessa inträffat eller har det sett annorlunda ut?
8. Anser du att dagens maskiner är tillräckligt effektiva?
9. Om inte, varför?
10. Hur anser du att produktiviteten har påverkats av att bygget skett elektrifierat?
11. Hur är din bild av tillgången på maskiner?
12. Vilka ekonomiska konsekvenser har detta sätt att bygga?
13. Tror du ekonomin är en faktor att välja utsläppsfritt?
14. Finns det andra faktorer som påverkar?
15. Hur anser du att de sociala aspekterna påverkas av att bygga med eldrivna maskiner?
16. Finns det negativa sociala aspekter?
17. Anser du att utsläppsminskningen är tillräcklig i förhållande till den ökade elförbrukningen?
18. Hur stor tror du att sannolikheten är att ett projekt kommer ske utsläppsfritt inom 3 år i kommunen?

19. Finns det något med projektet som överraskat positivt på dig?
20. Finns det något som överraskat negativt?
21. Hur tror du att allmänheten ser på detta sätt att bygga?
22. Vilken var det främsta anledningen till att du ville involvera dig i detta projekt?
23. Har detta projekt givit erfarenheter som kommer kunna användas i framtida projekt?
24. Skulle du beskriva detta som ett lyckat projekt?
25. Skulle du rekommendera att kommande byggen sker med en elektrisk maskinpark?
26. Finns det något du vill tillägga?