

Electric Worksite II

Metodutveckling för Hållbarhetsanalys

Jämförelse mellan konventionell och elektrifierad arbetsplats ur hållbarhetsperspektiv

Rita Garção, Simon Magnusson, Ulrika Franzén, NCC Teknik

2023-06-28

Sammanfattning

Omställningen till elektrifiering är en viktig del i klimatarbetet för bygg- och anläggningsbranschen. Framöver kommer fler och fler byggprojekt använda elektriska fordon och maskiner. Införande av ny teknik skapar nya förutsättningar och utmaningar för projekten. Vid övergång till användning av elektriska maskiner och fordon kan andra, nya hållbarhetsaspekter aktualiseras, där kunskapen ännu är begränsad. Det kommer därför vara viktigt att vid övergång mot elektrifiering arbeta brett med hållbarhetsaspekter.

Syftet med denna studie har varit att ta fram en metod för hållbarhetsanalys för att öka kunskaperna om hållbarhetsaspekterna vid arbete med fossilbränsleddrivna respektive elektriska arbetsmaskiner. Målet med arbetet har varit att utveckla en metod för hållbarhetsanalys som kan tillämpas av beställare eller entreprenörer vid planering av byggprojekt för att på ett systematiskt sätt identifiera och hantera hållbarhetsaspekter kopplat till fossilbränsleddrivna och elektriska maskiner.

Arbetet med att ta fram en metod för hållbarhetsanalys har bestått av litteraturstudier, workshoppar och multikriterianalys. Information har även hämtats från tester med elektriska maskiner inom Electric Worksite II. Metoden har sedan använts i en scenarioanalys där olika maskinalternativ, både elektriska och bränsleddrivna maskiner, jämfördes för att hitta den bästa lösningen för ett byggprojekt och för att identifiera områden där det behövs åtgärder för att förbättra hållbarhetsprestandan. Studien har visat att den framtagna metoden kan ge stöd till beslut och bättre förståelse av hållbarhetsperspektivet vid val av maskiner och energiförsörjning på en byggplats.

För att förbättra och underlätta användningen av metoden behöver användaren vara noga med beskrivning och dokumentation av studiens scope och de metodval och avgränsningar som görs. Tillgång till data är en begränsande faktor för vilka aspekter som kan inkluderas i analysen, men med tiden kommer det finnas fler referensprojekt kring elektrifiering och då kommer mer data finnas tillgänglig. Det finns exempelvis behov av att öka kunskapen om kostnader vid elektrifiering. Vi föreslår att metoden testas ytterligare i ett verkligt, helelektrifierat projekt för att kunna utvärdera användarvänlighet, behov av förbättringar och uppdatering utifrån nya erfarenheter och lärdomar av elektrifiering.

Innehåll

| | |
|--|-----------|
| Sammanfattning..... | ii |
| Innehåll..... | iii |
| Förutsättningar | v |
| 1 Inledning..... | 6 |
| 1.1 Bakgrund och problembeskrivning | 6 |
| 1.2 Syfte och mål | 6 |
| 2 Metod och genomförande | 7 |
| 3 Hållbarhet i anläggningsbyggande | 8 |
| 3.1 Allmänt om hållbarhet | 8 |
| 3.2 Metod för hållbarhetsanalys | 9 |
| 3.2.1 TILLÄMPBARA STANDARDER | 9 |
| 3.2.2 MULTIKRITERIEANALYS | 9 |
| 3.2.3 LIVSCYKELANALYS OCH LIVSCYKELKOSTNADER | 10 |
| 3.2.4 KOSTNADS-NYTTOANALYS..... | 10 |
| 3.2.5 ÖVRIGA METODER OCH VERKTYG SOM ANVÄNDS I BRANSCHEN..... | 11 |
| 3.3 Hållbarhet i anläggningsbyggande med elektrifiering | 11 |
| 4 Framtagning metod för hållbarhetsanalys av elektrifierade byggarbetsplatser | 13 |
| 4.1 Alternativ för jämförelse | 13 |
| 4.2 Konceptuell modell..... | 13 |
| 4.3 Systemgränser, kriterier, skala, poängsättning och viktning | 15 |
| 4.3.1 SYSTEMGRÄNSER | 15 |
| 4.3.2 KRITERIEVAL | 15 |
| 4.3.3 SKALA, POÄNGSÄTTNING OCH VÄGLEDNING | 16 |
| 4.3.4 VIKTNING OCH VÄGLEDNING | 17 |
| 4.4 Datainhämtning | 17 |
| 5 Tillämpning av metod för hållbarhetsanalys | 18 |
| 5.1 Förutsättningar..... | 18 |
| 5.2 Exempel på utvärdering av kriteriet Buller och vibrationer..... | 19 |
| 5.3 Sammanställd bedömning..... | 20 |
| 6 Diskussion och förslag på fortsatt arbete | 23 |
| 7 Referenser..... | 25 |
| Bilagor..... | 29 |
| Bilaga Litteraturstudie..... | 30 |

| | |
|--|-----------|
| Bilaga Konceptuell arbetsmodell med systemgränser och kriterier | 36 |
| Bilaga Kriterier och vägledning för poängsättning | 37 |

Förutsättningar

I denna rapport presenteras resultat från arbetet med metodutveckling för hållbarhetsanalys som ingår i arbetspaket 4, AP 4 - Systemanalys inom forskningsprojektet Electric Worksite II (www.electricitygoteborg.se/electric-worksite). Analysmetoden ska kunna användas vid jämförelse mellan en elektrifierad arbetsplats och en icke elektrifierad (konventionell) ur ett hållbarhetsperspektiv.

För mer information om projektet Electric Worksite II – se huvudrapport för EWII. I korthet syftar projektet till att öka kunskapen kring hur elektrifierade arbetsmaskiner, specifikt hjullastare, hjulgrävare och bandgrävare av olika storlekar kan integreras i mindre och större anläggningsprojekt samt skötselverksamheter som gatuunderhåll, snöröjning etc. För att göra detta har projektet ett tydligt fokus på systemperspektivet där arbetsmaskiner, energilager och laddinfrastruktur testas i olika miljöer för att tydliggöra behov av förändringar i tekniska och organisatoriska kringssystem.

Deltagande parter är Volvo Construction Equipment, NCC, Göteborgs Stad, Chalmers Tekniska högskola, Lindholmen Science Park, Göteborg Energi, Johanneberg Science Park, Göteborgs Stads Leasing, RISE Research institutes of Sweden, ABB Electrifications Sweden, Riksbyggen, HSB Göteborg samt Högskolan i Halmstad. Projektet genomfördes under 2021-2023.

Författarna av rapporten är Rita Garção, Simon Magnusson och Ulrika Franzén, NCC Teknik, del av NCC Infrastructure. Finansiering av framtagning av metoden har erhållits av Energimyndigheten och NCC.

Rapporten skickades på remiss till relevanta projektdeltagare som deltagit i en workshop samt projektledning och styrgrupp. Utifrån synpunkter och förslag har rapporten uppdaterats.

1 Inledning

1.1 Bakgrund och problembeskrivning

Omställning till elektrifiering är en viktig del i klimatarbetet för bygg- och anläggningsbranschen. Framöver kommer fler och fler byggprojekt använda elektriska fordon och maskiner. Införande av sådan ny teknik skapar nya förutsättningar och utmaningar för projekten. Byggbranschen har kunskap och erfarenhet av att arbeta med hållbarhetsaspekter för arbetsplatser där maskiner och fordon har förbränningsmotorer. Relevanta aspekter att arbeta med är då till exempel att hantera buller, minska emissioner och ersätta drivmedel till förnybara alternativ. Vid övergång till elektriska maskiner och fordon kan andra, nya hållbarhetsaspekter aktualiseras, där kunskapen ännu är begränsad. Det kommer därför fortfarande vara viktigt att vid övergång mot elektrifiering arbeta brett med hållbarhetsaspekter. Det saknas samlad kunskap om vilka dessa aspekter är och hur hållbarhetsaspekterna påverkas när byggbranschen går mot byggarbetsplatser med elektrifierade arbetsmaskiner.

1.2 Syfte och mål

Syftet med att ta fram en metod för hållbarhetsanalys är att öka kunskaperna om hållbarhetsaspekterna vid arbete med fossilbränsle drivena respektive elektriska arbetsmaskiner på en arbetsplats. Resultatet är tänkt att kunna användas för ökad systematisering och struktur i planering och beslut inför projekt så att styrkor och svagheter i olika lösningar kan hanteras ur ett hållbarhetsperspektiv.

Målet med arbetet är att utveckla en metod för hållbarhetsanalys som kommer kunna tillämpas i projekt. Metoden ska även kunna användas av beställare eller entreprenörer vid planering av byggprojekt och tester av elektrifierade projekt, för att på ett systematiskt sätt identifiera och hantera hållbarhetsaspekter kopplat till fossilbränsle drivena och elektriska maskiner. Arbetet bidrar till en utökning av befintlig litteratur och underlag inom kunskapsområdet.

2 Metod och genomförande

Arbetet med att ta fram en metod för hållbarhetsanalys har genomförts i tre olika delar – litteraturstudier, workshoppar och metodutveckling. De olika delarna har inbegripit olika delmoment.

Litteraturstudierna omfattade:

- Eftersökning av metoder för hållbarhetsanalyser av byggplatser i vetenskapliga artiklar, standarder och av branschen utvecklade metoder
- Analys av metodernas tillämpbarhet för jämförelse av konventionell respektive elektrifierad byggplats
- Identifiering och sammanställning av hållbarhetsaspekter som beskrivs i litteraturen
- Sammanställning av hållbarhetsaspekter och -kriterier som blir relevanta inom projektets avgränsningsområde

Workshopparna avsåg:

- Interna och externa workshoppar för att identifiera betydande hållbarhetsaspekter utifrån medverkande aktörers perspektiv

Metodutvecklingen inbegrep:

- Utifrån litteraturstudierna och tidigare projekt och erfarenheter har ett förslag på metod för hållbarhetsanalys tagits fram
- Metoden har anpassats utifrån erfarenheter från testplatserna inom projektet och från andra projekt
- Justeringar utifrån input och diskussion vid workshoppar med projektdeltagare
- Analys av metodens styrkor och svagheter, förslag på fortsatt arbete

3 Hållbarhet i anläggningsbyggande

3.1 Allmänt om hållbarhet

Begreppet hållbarhet brukar beskrivas som att det innefattar tre dimensioner eller domäner – social, ekologisk och ekonomisk – vilka är ömsesidigt beroende och behöver vara i balans med varandra. Det ömsesidiga beroendet mellan dimensionerna gör att ingen av dem kan stå på egna ben (Grankvist, 2012). Exempel på detta är hushållning med naturresurser som sparar pengar, cykling till och från jobbet som är bra för miljön och människors hälsa, distansarbete som minskar hushållens utgifter, spar tid och miljö samt god arbetsmiljö som bidrar till bättre hälsa och välbefinnande hos de anställda. Utvecklingen är hållbar endast när alla tre dimensionerna är inkluderade.



Figur 1. De tre dimensionerna av hållbar utveckling

Hur de tre dimensionerna förhåller sig till varandra kan även beskrivas med andra modeller (Mulia, P. et al, 2016). Bullseye-modellen sätter den ekologiska dimensionen före den sociala och ekonomiska. I den modellen är den ekologiska hållbarheten en förutsättning för de andra. Utan den ekologiska hållbarheten finns varken den sociala eller ekonomiska. "Mickey Mouse"-modellen ser, till skillnad från de andra, ekonomin som den viktigaste delen av hållbarhetsbegreppet. De tre dimensionerna är i "Mickey Mouse"-modellen inte i balans, jämfört med modellen i

Figur 1 utan större vikt ligger på ekonomisk hållbarhet.

Sammanfattningsvis kan man konstatera, oberoende av modell, att fokus generellt har legat på ekonomi- och miljöfrågor mer än på sociala frågor.

För specifika hållbarhetskriterier gällande anläggningsbyggande med elektrifierade maskiner, se Avsnitt 3.3 Hållbarhet i anläggningsbyggande med elektrifiering och avsnitt 4.3.2 Kriterieval.

3.2 Metod för hållbarhetsanalys

I detta avsnitt redogörs för standarder samt de metoder för hållbarhetsanalys som, utifrån litteraturstudien, bedömts vara mest intressanta för detta projekt.

3.2.1 TILLÄMPBARA STANDARDER

Det har på senare år publicerats ett antal olika standarder för olika typer av hållbarhetsanalyser i anläggningsbyggande. Vissa standarder är gemensamma för byggnader och anläggningar medan andra är specifika för den ena eller den andra. Standarderna är framtagna på olika nivåer, från internationella standarder, till europeiska och nationella. I en artikel av Ek, et al., (2020) sammanställdes standarder som kopplar till anläggningsbyggande och livscyelperspektiv. I Bilaga Litteraturstudie finns en sammanställning av dessa, tillsammans med några nya standarderna som tillkommit sedan 2020. De nya standarderna är mer heltäckande för byggnaders och anläggningars livscykel och beaktar även användning av maskiner och fordon på byggplatser.

3.2.2 MULTIKRITERIEANALYS

Multikriterieanalys (MKA) används för att kunna jämföra olika alternativ av exempelvis produkter och aktiviteter mot varandra och kunna inkludera flera olika aspekter i jämförelsen, både kvalitativa och kvantitativa. MKA kan användas för en mängd frågeställningar och används inom forskning och mer tillämpat som stöd i beslutsunderlag. MKA bygger på att olika alternativ bedöms mot ett antal på förhand valda kriterier. En sammanfattning av de olika stegen som ingår i MKA presenteras nedan. För en mer ingående beskrivning av metoden, se exempelvis Belton & Stewart (2002).

Steg 1: Val av kriterier

I det första steget hittas lämpliga huvudkriterier och underkriterier som ska inkluderas i analysen. Kriterierna som väljs ska vara de mest relevanta för det som ska studeras och också vara oberoende av varandra för att minimera risken för dubbelräkning av effekter.

Steg 2: Exempel på bedömning av effekter

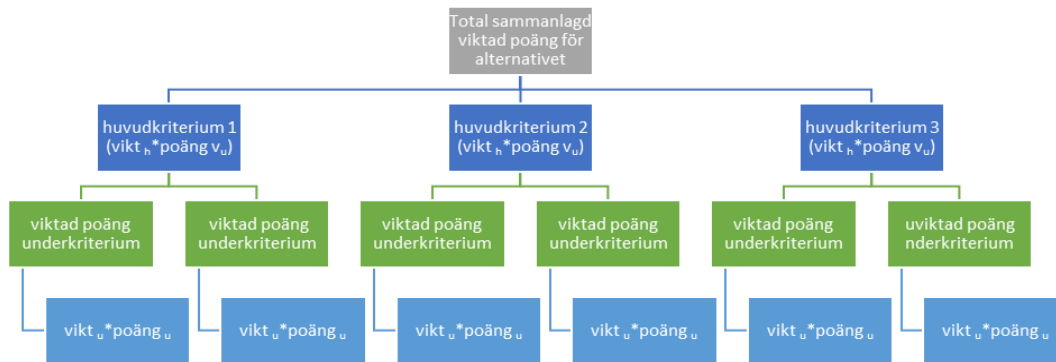
I nästa steg bedöms effekter genom att valda kriterier poängsätts på en skala, där positiva poäng avspeglar positiva effekter och negativa poäng avspeglar negativa effekter (risker). För kriterier där ett absolut värde räknats fram (kan till exempel vara klimatpåverkan, icke-förnybara resurser samt kostnader) omvandlas dessa inför den sammanvägda bedömningen till den bestämda poängskalan baserat på det absoluta värdet.

Steg 3: Viktning

I nästa steg görs en viktning av ingående kriterier, och underkriterier, för att ange vilken relativ betydelse de olika kriterierna ska få i utvärderingen av alternativen. Viktningen reflekterar de bedömande intressenternas uppfattning om hur viktiga olika aspekter (kriterier) är i hållbarhetsanalysen.

Steg 4: Bedömning av grad av måluppfyllelse

För att bedöma alternativens måluppfyllelse behöver man väga samman poängen för kriterier och underkriterier, med de vikter som tilldelats dem. I Figur 2 visas denna process för en typ av MKA, den linjära additiva metoden.



Figur 2. Princip för den linjära additiva metoden för beräkning av totalpoäng för ett alternativ.

$Vikt_u$ – vikt för underkriterium; $Vikt_h$ – vikt för huvudkriterium; $Poäng_u$ – poäng för underkriterium; $Poäng_{v_u}$ – poäng för viktad underkriterium

Alternativen som bedöms brukar jämföras mot ett referensalternativ som ofta är det samma som noll-alternativet, d.v.s. den situation som skulle uppstå om inget arbete utförs.

3.2.3 LIVSCYKELANALYS OCH LIVSCYKELKOSTNADER

Livscykelanalys (LCA) är ett verktyg för att analysera och beräkna den miljöpåverkan som uppstår under en produkts livscykel, till exempel under tillverkning, användning och avfallshantering. Klimatpåverkan är en av miljöpåverkanskategorierna men det finns fler så som övergödning, försurning, ozonförtunning osv. Livscykelanalyser beräknas i ett antal moduler, A, B, C, D och undermoduler vilka tillsammans täcker in allt från utvinning av råmaterial till rivning och återvinning av produkten i dess slutskede. Det finns olika mjukvaror för att stötta LCA eller klimatberäkningar inom byggbranschen, som exempelvis Gabi, Trafikverket klimatkalkyl, OneClick LCA och Boverket Byggsektorns miljöberäkningsverktyg.

Livscykelkostnader (LCC) är en beskrivning av de kostnader som är förknippade med en produkts livscykel i analogi med hur livscykelanalysen återger en produkts miljöpåverkan. Exempel på sådana kostnader är kostnader som betalas av den upphandlande myndigheten eller enheten eller av någon annan användare, kostnad för förvärv av produkten, återvinningskostnader och andra kostnader vid livslängdens slut.

3.2.4 KOSTNADS-NYTTOANALYS

Målet med en kostnads-nyttoanalys är att så långt som möjligt kvantitativt göra en jämförelse mellan nyttor och kostnader för alla berörda i samhället nu och i framtiden i monetära termer. För att erhålla skillnaden i kostnader och nyttor med olika alternativ jämförs de mot ett referensalternativ som ofta är det samma som noll-alternativet, det vill säga den situation som skulle uppstå om ingen åtgärd utförs. En samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys (KNA) fokuserar på marknadsvärderade kostnader och nyttor. Även övriga ekonomiska poster för samhället, till exempel för människors hälsa och för miljön, tas med (så kallade externa effekter). Nettonuvärde är ett begrepp som gäller bedömning av samhällsekonomiska effekter, med summan av diskonterade nyttor minus summan av diskonterade kostnader över en viss tidsperiod, och som uttrycks i monetära termer (Naturvårdsverket, 2008 och Söderqvist et al., 2015). Om inte alla nyttor mäts i monetära termer kan det hända att nettonuvärdet blir negativt även om lösningen är

samhällsekonomiskt lönsam. En tillämpning av KNA som använts i projekt med stort miljöfokus är beskrivet i Söderqvist et al. (2015) och Rosén et al. (2015). Där har man utvärderat olika saneringsalternativ utifrån hållbarhetsbegreppet.

3.2.5 ÖVRIGA METODER OCH VERKTYG SOM ANVÄNDS I BRANSCHEN

De exempel på metoder och verktyg som beskrivs i detta avsnitt hanterar hållbarhet på olika sätt. Några fokuserar på hållbarhet utifrån miljöperspektiv, några på social hållbarhet medan andra främst hanterar ekonomisk hållbarhet. Även inom hållbarhetsmetoder som enbart fokuserar på en av hållbarhetsaspekterna miljö, hälsa eller ekonomi så finns det nischade metoder för specifika påverkanskategorier. Å andra sidan, och enligt Ek et al (2020), är vissa miljöaspekter tätt knutna till social hållbarhet, såsom utsläpp av avgaspartiklar och toxicitet som relateras med hälsa inom livscykelanalyser.

Lagstiftning på nationell, europeisk och global nivå sätter miniminivåer för hållbarhet i projekt och hur enskilda och övergripande frågeställningar måste hanteras. EU inför nu även lagkrav gällande rapportering av hållbarhetsaspekter från företag och verksamheter, bland annat den så kallade taxonomin, som syftar till att tydliggöra och sätta en gemensam bas för kommunikation av vad som anses vara hållbara aktiviteter. Relevant för arbetsmaskiner på en byggarbetsplats är även beställares, i många fall offentliga organisationer, upphandlingskrav inom miljö, sociala aspekter och ekonomi. Särskilt genom detta kommer det i närtid finnas krav på att åtminstone delar av fordons- och maskinparken måste elektrifieras.

BREEAM Infrastructure (tidigare CEEQUAL) är ett hållbarhetscertifieringssystem för projekt inom mark, anläggning, infrastruktur, landskapsutformning och offentliga miljöer som har ett brett fokus. Övriga liknande verktyg för certifiering som riktar sig mot byggnader har också hållbarhet som fokus. De flesta av dem har dock en mer begränsad omfattning i kriteriesammansättningen.

NCC Teknik har utvecklat och använt egna verktyg för hållbarhetsanalyser, både internt i företaget och i samarbete med andra aktörer. Kostnads-nyttanalyser har till exempel använts i samverkan med Volvo för bedömning av systemet Effektiv utlastning i projektet Västlänken E02 Centralen. Andra exempel är ett multikriterianalysverktyg som utvecklades för att välja lämpliga och hållbara alternativ för hjulvättsrutiner (NCC, 2019).

3.3 Hållbarhet i anläggningsbyggande med elektrifiering

Utifrån litteraturstudien, som presenteras i Bilaga Litteraturstudie, kan slutsats dras att det inte finns ett särskilt stort utbud av litteratur som behandlar hållbarhetsanalys av parametrar som direkt avser elektrifiering av byggarbetsplatser. Ett fåtal relevanta referenser eller verktyg som direkt berör elektriska maskiner och fordon har dock identifierats:

- Elektrifierad bygg- och anläggningsplats. Genomförbarhetsstudie (Bernholdsson, A. et al. 2020)
- Utslippsfri anleggsplass. Bymiljøetatens erfaring med elektriske anleggsmaskiner i Olav Vs gate (Bymiljøetaten, 2020)
- Hållbar elektromobilitet. Vad krävs för att eldrivna vägtransporter ska vara miljömässigt och socialt hållbara (IVL, 2020)
- Miljöeffekter av elektrifiering av transporter (Naturvårdsverket, 2023a)
- Volvo Environmental Footprint Calculator (Volvo Trucks, 2023)

Dessa har i varierade grad fungerat som underlag för utveckling av kriterier och vägledning till hur dessa kan tillämpas i hållbarhetsanalysen.

Det finns några skillnader mellan de olika metoderna och verktygen som identifieras i Bilaga Litteraturstudie, bland annat vilka skeden de avser att användas i, vilka hållbarhetsaspekter och vilka indata de omfattar samt vilken expertkompetens som krävs av användaren. Sammantaget utifrån litteraturstudien bedöms MKA kunna vara lämplig som metod för att på ett strukturerat sätt analysera både kvalitativa och kvantitativa hållbarhetsaspekter för fossilbränsle drivna och elektrifierade fordon och maskiner på byggplatser. Miljömässiga hållbarhet, sociala hållbarhet och ekonomiska hållbarhet täckas i olika grader / omfattningar.

Vissa MKA-studier lyfter möjligheten att ha exempelvis ett hållbarhetsindex, det vill säga att helheten bedöms utifrån ett sammanvägt värde (Rosén et al), medan andra föredrar att resultat kvarstår disaggregerade för miljö, socialmässig respektive ekonomisk hållbarhet (Ek et al).

4 Framtagning metod för hållbarhetsanalys av elektrifierade byggarbetsplatser

4.1 Alternativ för jämförelse

För att ta fram de alternativ som ska jämföras i hållbarhetsanalysen så är det viktigt att tänka på följande:

- Metoden behöver vara avsedd för att analysera val av energibärare, system för energiförsörjning och av arbetsmaskiner på byggplatsen
- Alternativ som jämförs behöver ha samma funktionella enhet och systemgräns
- För rättvis jämförelse mellan arbetsmaskiner krävs att de utför samma typ av arbetsmoment
- Alternativ som jämförs måste vara rimliga ur ett produktionsperspektiv

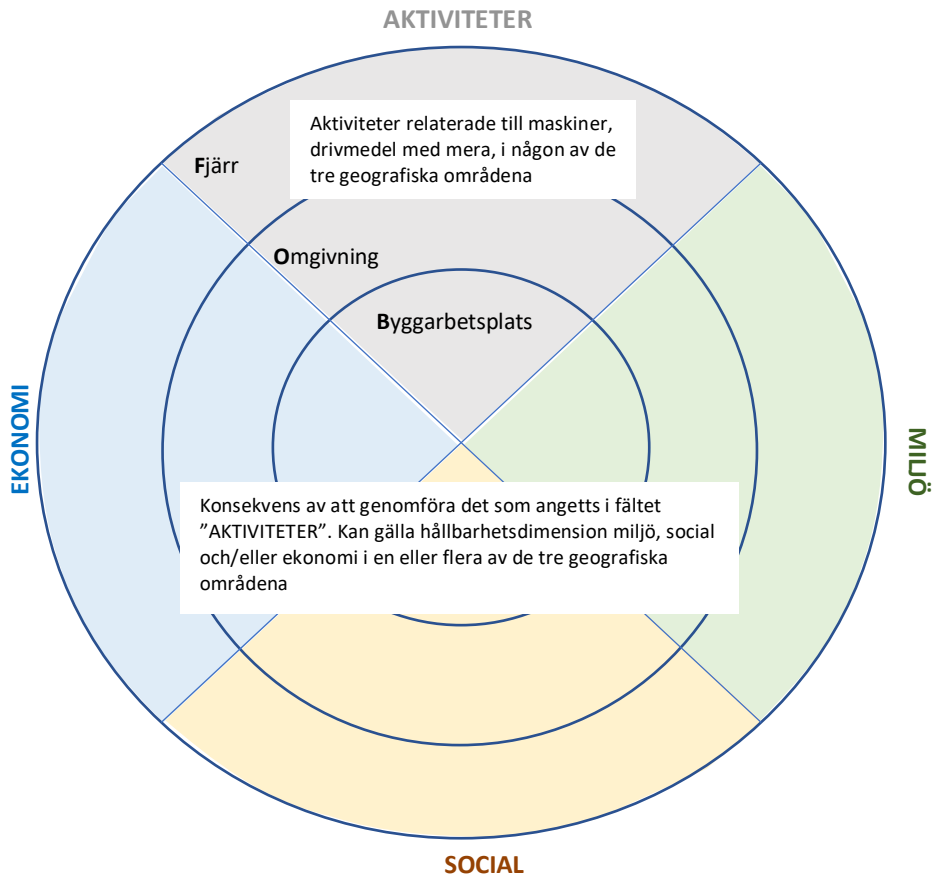
4.2 Konceptuell modell

Ett av de viktigaste stegen är att bestämma sig för vilken systemgräns och skala som analysen ska utgå ifrån. Detta påverkar vilka kriterier som ska inkluderas. Att identifiera rätt kriterier, det vill säga de som speglar hållbarhet för en anläggningsarbetsplats, är av största vikt.

För att ge stöd till denna process, så har en konceptuell arbetsmodell utvecklats där det ingår olika dimensioner:

- Geografisk dimension: exempelvis byggplatsområdet, omgivning utanför området samt mer fjärran (regional/global nivå)
- Identifiering av ingående aktiviteter för att genomföra arbetet med maskiner på en byggarbetsplats ur ett livscykelperspektiv: från utvinning av resurser, tillverkning av maskiner och energi samt användning och slutskede
- Identifiering av hur aktiviteterna kopplar till aspekter inom miljömässig, social och ekonomisk hållbarhet, exempelvis:
 - användning av fossilbränsle drivna maskiner genererar växthusgasutsläpp och luftföroreningar på arbetsplatsen
 - användning av maskiner på arbetsplats genererar buller från förbrännings-motorer och från utfört arbete
 - att köpa eller hyra maskiner kostar pengar
- Identifiering av var någonstans påverkan sker, exempelvis:
 - att växthusgasutsläpp har en påverkan på global nivå (fjärr),
 - att buller och luftföroreningar som genereras på platsen påverkar yrkesarbetarna men även människor i den direkta omgivningen
 - att kostnader för maskiner påverkar projektekonomi

I Figur 3 illustreras en systemmodell som beskriver de huvudsakliga aktiviteterna och hållbarhetsdimensionerna i olika tårtbitar samt de geografiska dimensionerna strukturerat i cirklar.



Figur 3 – Systemmodell för systemgränser och kriterier som stöder hållbarhetsbedömning

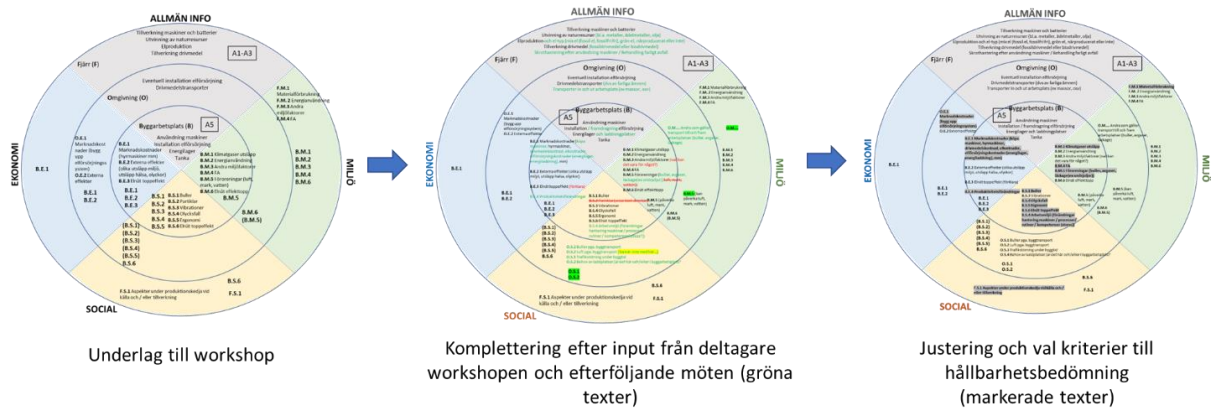
Ovanstående figur ger möjligt att illustrera, strukturera och sammanställa bland annat systemgränser och kriterier som är relevanta för hållbarhetsanalysen.

Systemmodellen utvecklades i två steg. I första steget antecknades i modellen tänkbara aktiviteter och hållbarhetsaspekter. Huvudsakliga aktiviteter identifierades utifrån samlad kunskap i projektet. Hållbarhetsaspekter identifierades och hämtades från den samlade litteraturen i litteraturstudien.

I andra steget diskuterades och kompletterades modellen vid en workshop och i efterföljande möten med nyckelpersoner i projektet. I diskussionerna fick deltagare utifrån sina expertkunskaper lämna synpunkter på modellen, komplettera modellen med fler aktiviteter samt fler hållbarhetsaspekter. Erfarenheter från NCC:s anläggningsprojekt Bergsbyns Företagspark samlades också in. I Bergsbyn har tester med bland annat en elektrisk grävmaskin och en elektrisk bergkross genomförts.

Platsbesök genomfördes på NCC:s entreprenad Habitat 7 där en elektrisk grävmaskin testats. Erfarenheter från detta, och andra tester inom Electric Worksite II, har också påverkat urval av aktiviteter och aspekter i systemmodellen.

Processen för att utveckla systemmodellen i steg illustreras i Figur 4, nedan. Det är inte meningen att visa de exakta begreppen som tillkommit eller försvunnit utan snarare synliggöra hur modellen förändrats under processens gång.



Figur 4 Stegvis utveckling av systemmodellen utifrån information sammanställt i litteraturstudier, vid workshoppar och intervjuer samt platsbesök vid byggprojekt

På så sätt samlades en stor andel aspekter in som är relevanta och specifika för projekt där elektrifierade och icke elektrifierade maskiner kan användas. Den slutliga versionen av systemmodellen presenteras i Bilaga Konceptuell arbetsmodell med systemgränser och kriterier.

4.3 Systemgränser, kriterier, skala, poängsättning och viktning

4.3.1 SYSTEMGRÄNSER

För att bestämma systemgränser diskuterades omfattningen av analysen och vilka gränsdragningar som var lämpliga. Det diskuterades bland annat om det analyserade systemet skulle inkludera:

- Maskiner och fordon samt deras energiförsörjning, elanslutning och/eller laddning
- Geografisk avgränsning i form av själva byggarbetsplatsen, eller även omgivning, och regional/global nivå
- Livscykelsteg för maskiner och fordon
- Gemensamma och/eller särskilda/enskilda indikatorer/kriterier för varje livscykelskede

4.3.2 KRITERIEVAL

För att välja rätt kriterier som är lämpliga för hållbarhetsanalys av en byggarbetsplats samt inte överlappar varandra kan nedanstående tankesätt användas.

| | | |
|---------|---|--|
| Miljö | = | påverkan på ekologi och naturmiljö |
| Socialt | = | upplevelser som påverkar människor |
| Ekonomi | = | påverkan på samhället (kostnader och nyttor för samhället) |

I föregående projekt Electric Worksite I lyftes ett antal hållbarhetskriterier, se projektrapporten för EW1 (Bernholdsson, A. et al. 2020). Ett urval av dessa kriterier har plockats ut för att användas i

detta projekt. Det är viktigt att det finns underlag och information om kriterierna så att de går att bedöma och poängsätta.

I Tabell 1 presenteras en sammanställning av de hållbarhetskriterier som analyseras i den framtagna metoden. En kort beskrivning av alla föreslagna kriterier ingår i Bilaga Kriterier och vägledning för poängsättning, tillsammans med en vägledning för poängsättning.

Tabell 1 Sammanställning av hållbarhetskriterier som ingår i metoden för hållbarhetsanalys

| MILJÖ | SOCIAL | EKONOMI |
|--|--|--|
| Klimat | Arbetsmiljö på byggarbetsplats | Byggarbetsplats utförandekostnader |
| Utsläpp av CO ₂ e vid fordons- och maskinanvändning | Buller och vibrationer | Planerade kostnader maskiner |
| Utsläpp av CO ₂ e vid energiproduktion | Rutiner och relaterad stress | Planerade kostnader drivmedelskostnad, elkostnader |
| Utsläpp av CO ₂ e vid tillverkning maskin eller ev. komponenter | Olycksfall och ergonomi | Planerade kostnader relaterade med att säkerställa tillgång till diesel och elförsörjning mm |
| Föroreningar på byggarbetsplats | Påverkan tredje man | Planerade kostnader med produktivitetsförändringar |
| Läckage till mark och/eller vatten | Buller och vibrationer | Oplanerade / oförväntade kostnader |
| Emissioner till luft | Luftkvalitet i närområdet | |
| Resurser, Cirkularitet, Avfall | Under produktionskedja vid källa / tillverkning | |
| Förbrukning icke-förnybara resurser | Arbetsmiljö - hälsa och säkerhet | |
| Cirkularitet | Arbetsvillkor - lön och arbetstid | |
| Genererat farliga avfall | | |

4.3.3 SKALA, POÄNGSÄTTNING OCH VÄGLEDNING

För kriterier som kan kvantifieras är det möjligt att poängsätta dem utifrån en kvantitativ skala i en relevant enhet (exempelvis genom beräkning av kostnader i svenska kronor). I andra fall görs en kvalitativ bedömning och poängsättning från -3 till 0. Omvandling från vissa absoluta värden till en bestämd poängskala görs för att kunna jämföra alternativ och olika kriterier mot varandra på en och samma skala.

Förutom en kort beskrivning om vad varje kriterium och underkriterium gäller, har det tagits fram en kort vägledning för poängsättning, där det identifieras det som ska tas hänsyn till när poäng sätts. I de flesta fall, och för att undvika onödig repetition genom ett samma underkriterium, är en samma text aktuell till hela skala för poängsättning.

I Bilaga Kriterier och vägledning för poängsättning samlas in Vägledning för alla kriterierna och underkriterierna som ingår i denna hållbarhetsanalysmetod.

4.3.4 VIKTNING OCH VÄGLEDNING

Viktning tillämpas för kriterier och underkriterier för att ange vilken relativ betydelse de olika kriterierna ska få i utvärderingen av alternativen. Viktning kan även tillämpas övergripande till de tre hållbarhetsdimensionerna, alltså miljömässig, social och ekonomisk hållbarhet. Viktningarna anges av dem som gör analysen och speglar därmed analytikernas bedömning av hur viktiga olika aspekter (kriterier) är i hållbarhetsanalysen. På varje nivå ska summa vikt uppnå 100 procent.

4.4 Datainhämtning

Det är viktigt att tidigt börja titta på vilken data som finns att få tag på och vilken som behövs experthjälp för att kunna bedöma. Intressenter och experter är en viktig informationskälla till kartläggningen av vilken data som kan vara lämplig och tillgänglig. Beräkningar exempelvis gällande kostnader och koldioxidutsläpp är information som kanske är delvis tillgängliga / rimligt att beräkna. Beroende på vad datan består av, kan det användas i bedömning som kvantitativ data eller som underlag för en kvalitativ bedömning.

5 Tillämpning av metod för hållbarhetsanalys

Inom detta projekt har det genomförts flera tester med olika elektriska maskiner i pågående entreprenader med olika förutsättningar och under en begränsad tidsperiod.

Den framtagna metoden för hållbarhetsanalys har testats att tillämpas för att jämföra användning av maskiner på en byggarbetsplats. Ett scenario har tagits fram med utgångspunkt från de tester som genomförts med elektriska maskiner.

5.1 Förutsättningar

Scenariot speglar ett byggprojekt i stadsmiljö, i närheten av högtrafikerad väg, kontor och bostäder samt andra närliggande pågående entreprenader. I Tabell 2 presenteras de alternativ som jämförs i hållbarhetsanalysen. Alternativ 1 representerar användning av konventionell, fossilbränsle driven maskin. Alternativ 2 utgörs av en eldriven maskin som är kabelansluten och som drivs med förnybar el. I alternativ 3 ingår en eldriven, batteriburen maskin som även använder energilager. Elen kommer från förnybara energikällor.

Tabell 2 Utvalda alternativ för maskiner och energiförsörjning som ingår i analysen

| Alternativ referensnr | Kort beskrivning av alternativ |
|-----------------------|---|
| 1 | Fossilbränsle driven maskiner |
| 2 | Eldrivna maskiner, kabelanslutning, förnybar el |
| 3 | Eldrivna maskiner, batteri & energilager, förnybar el |

I Tabell 3 presenteras information om de förutsättningar som gäller i projektet som studeras. I detta exempel på analys är förutsättningarna hämtade från projektet Habitat 7.

Tabell 3 Information om förutsättningar i studerat projekt

| Rubrik | Specifikation | Projektets förutsättningar (anläggningsarbete baserat på ex. entreprenad Habitat 7) |
|-------------------------------------|--|---|
| Avser projekt | Projektnamn | Grundläggningsentreprenad Habitat 7 |
| Typ av omgivning, bullerstatus, osv | Specificera om det är stadsmiljö, bullerkänsligt område, annat. | Stadsmiljö, bullerstört nära högtrafikerad gata |
| Berörda i närheten | Specificera verksamheter såsom förskola eller andra känsliga verksamheter. | Främst kontorsbyggnader, flera entreprenader pågår i närheten |
| Berörda på byggarbetsplatsen | Specificera antal yrkesarbetare, platschef m.fl. som påverkas av val av maskin. Kan variera mellan utredningsalternativen. | 2 förare, platschef, arbetsledare |
| Relevanta maskiner | Specificera vilka maskiner som berörs. Kan variera mellan utredningsalternativen. | Grävmaskin |
| Drivmedel / energi | Specificera typ av energi, t.ex. diesel, HVO, förnybar el, mix-el. Kan variera mellan utredningsalternativen. | Diesel och förnybar el, se specifik info för varje alternativ |
| Relevant tidsperiod maskiner | Specificera när maskiner kommer användas, t.ex. dagtid, 4 månader. Kan variera mellan utredningsalternativen. | Fyra dagar (i sträck) |
| Typ arbete (störning arbete) | Specificera typ av arbete i entreprenaden, t.ex. schakt, jordmassor, transport. Ej beroende av utredningsalternativ. | Schaktarbete |

| | | |
|-------------------------------------|---|---|
| Elanslutning förutsättningar | Specificera, t.ex. begränsningar i elsystemet. Ej beroende av utredningsalternativ. | El finns framdraget |
| Storlek arbetsområde | Specificera om arbetet sker i en punkt eller kräver förflyttningar inom området. | Huvudsakligen stationärt arbete på en begränsad plats |
| Påverkan naturområde | Specificera om det finns naturområde i anslutning till byggarbetsplatsen, och ev. status t.ex. Natura 2000. | Ej relevant i detta projekt |

Ytterligare informationsrader kan adderas för ytterligare beskrivning där så bedöms behövt.

5.2 Exempel på utvärdering av kriteriet Buller och vibrationer

I Tabell 4 presenteras ett exempel på hur utvärdering av ett kriterium kan se ut. I detta exempel görs en bedömning av Buller och vibrationer, som är ett underkriterium till kriteriet Arbetsmiljö på byggarbetsplats.

Tabell 4 Bedömning med poängsättning av Buller och vibrationer

| Arbetsmiljö på byggarbetsplats | Skala | Alternativ 1 | | Alternativ 2 | | Alternativ 3 | |
|--------------------------------|-----------|--------------|----------------|--------------|---|--------------|---|
| | | Poäng | Motivering | Poäng | Motivering | Poäng | Motivering |
| Buller och vibrationer | -3 till 0 | -3,0 | Bullrig maskin | -1,0 | Tystare maskin (motor, även om buller från ventilationssystem förekommer) | -1,0 | Tystare maskin (motor, även om buller från ventilationssystem förekommer) |

För poängsättningen används vägledningen för detta underkriterium som presenteras i Tabell 5. Denna tabell återfinns även i Bilaga Kriterier och vägledning för poängsättning, men är även inkluderad här som exempel på vägledning för ett underkriterium.

Tabell 5 Vägledning för att sätta poäng för underkriteriet Buller och vibrationer inom kriteriet Arbetsmiljö på byggarbetsplats

| Buller och vibrationer | | |
|--|---|---------------|
| Omfattar | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
| Buller och vibrationer vid användning maskin/fordon på byggarbetsplats och vid transport | Varierar från stor risk för negativ påverkan till liten eller ingen risk. | -3 |
| | Avser buller och vibrationer från användning av maskin på byggarbetsplats och vid transport som påverkar förare och arbetare på byggarbetsplatsen. Ta hänsyn till: | -2 |
| | <ul style="list-style-type: none"> - buller från maskin/fordon som utvärderas (förbränningsmotorer har väsentligt mycket högre ljud än elmotorer) - arbetsuppgifter som utförs av maskin/fordon (beakta att hantering av bergmassor / krossmaterial är mer störande än jordmassor) - andra maskiner på platser och om de är bullriga eller inte (eller deras arbetsuppgifter) - bullrig omgivning, exempelvis intensiv trafik eller industri - om tid arbete med maskiner skiljer sig pga. att lastkapacitet eller effektivitet skiljer sig mellan maskiner / lastbilar - möjlighet att utföra arbete under fler tider som effekt av reducerade bullernivåer. | -1 |
| | <p>Ifall det finns bullermätningar, kan efterlevnad av gränsvärdet beaktas.</p> <p>Eventuella synpunkter, tidigare erfarenheter och undersökningar kan också stötta i poängsättning, exempelvis om förare upplever att deras arbetsmiljö förbättrades pga. tystare maskiner/fordon.</p> | 0 |

5.3 Sammanställd bedömning

Bedömning görs för alla kriterier och underkriterier som identifierats som relevanta och där det finns underlag för att kunna utvärdera kvantitativt eller kvalitativt. Dessutom görs en viktning på olika nivåer, det vill säga på nivåerna för underkriterium, kriterium samt hållbarhetsdomän (dimension).

I detta exempel på tillämpning av metod för hållbarhetsanalys värderas några kriterier högre än andra. Under domän Miljö viktas Klimat till 80 procent och Föreningar respektive Resurser, Cirkularitet, Avfall till 10 procent vardera. På samma vis har kriterier inom Social och Ekonomi i en del fall fått olika viktning. Det har bedömts att miljö, sociala aspekter och ekonomi har samma tyngd och därför är viktningen lika mellan alla tre domäner – 33 procent per domän, så att på domännivå är total 100 procent. På varje nivå måste alltså de underliggande nivåer som ingår, tillsammans uppgå till hundra procent av nivån.

Ett exempel på resultatsammanställning av både poängsättning, viktning och utfall visas i Tabell 6. Observera att resultaten dels är starkt kontextberoende utifrån scenario och viktning av kriterier dels att det finns osäkerheter på grund av brist på data, främst gällande jämförelser av kostnader. Färggraderingen för poängsättning i tabellen varierar från vit, som motsvarar poäng på noll, till rödmarkering, som gäller mer negativa poäng, dvs närmare -3. Ljusaste rosa finns i mitten i skalan. Syftet med den färggraderingen är att lättare kunna hitta underkriterier/kriterier/domäner med högsta negativa utfall.

Tabell 6 Indikativt resultat av hållbarhetsbedömning

| Domän | Viktning, % | Kriterier och underkriterier | Viktning | Alternativ 1 | Alternativ 2 | Alternativ 3 |
|-----------|-------------|--|----------|--------------|--------------|--------------|
| | | TOTAL HÅLLBARHET | | -1.90 | -1.00 | -1.66 |
| MILJÖ | 33% | MILJÖ | 33% | -2.9 | -0.2 | -0.4 |
| | | Klimat | 80% | -3.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | Utsläpp CO _{2e} vid fordons- och maskinanvändning | 100% | -3.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | Utsläpp CO _{2e} vid energiproduktion | 0% | Ej bedömt | Ej bedömt | Ej bedömt |
| | | Utsläpp CO _{2e} vid tillverkning maskin eller ev. komponenter | 0% | Ej bedömt | Ej bedömt | Ej bedömt |
| | | Föroreningar | 10% | -2.5 | -0.5 | -0.5 |
| | | Läckage till mark och/eller vatten | 50% | -3.0 | -1.0 | -1.0 |
| | | Emissioner till luft | 50% | -2.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | Resurser, Cirkularitet, Avfall | 10% | -2.1 | -1.4 | -3.0 |
| | | Förbrukning ej förnybara resurser | 40% | -3.0 | -2.0 | -3.0 |
| | | Cirkularitet | 30% | -2.0 | -2.0 | -3.0 |
| | | Genererat farliga avfall | 30% | -1.0 | 0.0 | -3.0 |
| SOCIAL | 33% | SOCIAL | 33% | -1.9 | -1.6 | -1.9 |
| | | Arbetsmiljö på byggarbetsplats | 60% | -2.0 | -2.0 | -2.0 |
| | | Buller och vibrationer | 50% | -3.0 | -1.0 | -1.0 |
| | | Rutiner och relaterad stress | 50% | -1.0 | -3.0 | -3.0 |
| | | Olycksfall och ergonomi | | -1.0 | -2.0 | -2.0 |
| | | Påverkan tredje man | 20% | -2.6 | -1.0 | -1.4 |
| | | Buller och vibrationer | 60% | -3.0 | -1.0 | -1.0 |
| | | Luftkvalitet i närområdet | 40% | -2.0 | -1.0 | -2.0 |
| | | Under produktionskedja vid källa / tillverkning | 20% | -1.0 | -1.0 | -2.0 |
| | | Arbetsmiljö - hälsa & säkerhet | 50% | -1.0 | -1.0 | -2.0 |
| | | Arbetsvillkor - lön och arbetstid | 50% | -1.0 | -1.0 | -2.0 |
| EKONOMISK | 33% | EKONOMISK* | 33% | -0.9 | -1.2 | -2.8 |
| | | Byggarbetsplats utförandekostnader | 100% | -0.9 | -1.2 | -2.8 |
| | | Planerade kostnader maskiner | 35% | -1.7 | -3.0 | -3.0 |

| | | | | | |
|--|--|-----|------|------|------|
| | Planerade kostnader drivmedelskostnad, elkostnader | 10% | -3.0 | -0.6 | -0.6 |
| | Planerade kostnader relaterade med att säkerställa tillgång till diesel och elförsörjning mm | 20% | -0.1 | -0.2 | -3.0 |
| | Planerade kostnader med produktivitetsförändringar | 10% | -0.3 | -0.6 | -3.0 |
| | Oplanerade / oförväntade kostnader | 25% | 0.0 | -0.1 | -3.0 |

**Mycket osäkra data, förutsättningar varierar mycket mellan projekt*

Från tabellen går det att identifiera vilka kriterier där det finns eller riskerar att uppstå en negativ påverkan. Detta ger möjlighet att:

- välja det alternativet där den sammanvägda hållbarheten är högre
- identifiera vilka åtgärder som bör vidtas så att den negativa påverkan/riskerna minimeras, exempelvis vidta åtgärder så att ingen -3 eller -2 påverkan förekommer

Resultaten i exemplet visar att utifrån den valda viktningen och poängsättningen faller Alternativ 1 ut som det minst hållbara alternativet. Det alternativet avviker från de andra främst avseende domänen miljö, där föroreningar och klimat drar ner poängen kraftigt. Orsaken till detta är användningen av fossila drivmedel. Åtgärder för att minska miljöpåverkan är till exempel att byta till förnybara drivmedel, såsom HVO100 och till maskiner med motorer som har lägre emissioner. För att få alternativ 2 eller 3 med högre hållbarhet, skulle det behövas påverka inköp och avfallshantering, så att råvaror utvinning minskas och avfall återvinning ökas.

Gällande domänen social hållbarhet visar resultaten att alternativ 2 faller ut som det mest hållbara alternativet. Detta beror på att alternativet innebär minst negativ påverkan på tredje man (här ingår buller) samt mindre negativ påverkan än alternativ 3 gällande sociala aspekter i leverantörskedjan av produkterna. Detta beror delvis på att alternativ 3 kräver mer resurser i form av batterier, där det finns sociala aspekter kopplade till utvinningen av naturresurser för batterier. Frågan om batteriernas ursprung kommer troligtvis bli allt viktigare när efterfrågan på batterier ökar och aktörer i samhället vill krävställa att batterier ska komma tillverkas med hänsyn till arbetsmiljö. Åtgärder för att förbättra den sociala hållbarheten i alternativ 3 kan vara att om möjligt välja batterier som enligt eventuella branschstandards uppfyller krav på hållbar produktion och återvinning av batterier. Alternativ 2 och 3 innebär ny teknik som yrkesarbetare ska hanteras vilket kan leda till ökad stress. Här kan tydliga rutiner bidra till att förbättra den sociala hållbarheten.

För domänen kostnader så är dataunderlaget bristfälligt, men det finns en indikation att kostnader för maskiner i alternativ 2 och 3 är högre än i alternativ 1. För att kunna göra en mer säker analys av kostnader behövs data från fler referensprojekt med elektriska maskiner.

6 Diskussion och förslag på fortsatt arbete

En målsättning med detta arbete har varit att ta fram en hållbarhetsanalysmetod för att bedöma hållbarhetsaspekter som blir aktuella i samband med val av maskiner och tillhörande energiförsörjning på byggarbetsplatser. När byggbranschen styr mot klimatneutralitet så kommer elektrifiering av fordon och maskiner vara en av flera dellösningar. I en hållbarhetsbedömning är det viktigt att ha med ett livscykelperspektiv där även produktionskedjan och inte bara aktiviteter på byggarbetsplatsen inkluderas.

Den utvecklade metoden fungerar både vid planering av konventionella byggplatser och av byggplatser där elektriska maskiner ska användas. Metoden fungerar både för att ställa alternativ mot varandra för att hitta den bästa lösningen för ett byggprojekt, och för att identifiera områden där det behövs åtgärder för att förbättra hållbarhetsprestandan.

Utveckling av metoden har även lett till en samlad kunskap om de hållbarhetsaspekter som kommer bli aktuella när fler och fler byggplatser elektrifieras. Denna typ av kunskap är viktig så att övergången mot elektrifiering inte leder till omedveten suboptimering, till exempel att växthusgasutsläppen minskar i projekten men att prestandan gällande andra hållbarhetsaspekter försämras på ett oplanerat sätt. Arbetet visar att elektrifiering av arbetsplatser innebär relativt stora förändringar i både aktiviteter på byggplatsen och vilka hållbarhetsaspekter som blir aktuella. Med den utvecklade metoden synliggörs eventuella risker för suboptimering och åtgärder kan vidtas.

Vid användning av metoden behöver det göras ett urval av de hållbarhetskriterier som ska analyseras. I projektet har det gjorts en omfattande kartläggning via litteratur, intervjuer och workshoppar gällande vilka hållbarhetsaspekter som kan bli relevanta vid val av maskiner och elförsörjning av en byggplats. Projektet har identifierat ett stort antal aspekter, och för att metoden ska vara praktiskt genomförbar bör det göras ett urval baserat på vad intressenter/aktörer anser är viktigast samt att det finns rådighet att påverka resultat av bedömningen från aspekten.

Dessutom behöver det finnas tillräcklig information om de valda kriterierna för att kunna bedöma dem/poängsätta dem i metoden. En mycket viktig del av arbetet är viktningen och poängsättningen av de ingående kriterierna. Vid användande av metoden i ett planeringsskede är det troligt att det finns en brist på projektspecifika data som behövs för att kriterier ska värderas kvantitativt. Vid kvalitativa bedömningar är det viktigt att dokumentera hur användaren har resonerat vid poängsättning. I den framtagna metoden finns stöd för att poängsätta ett antal av de kriterier som identifierats.

I den framtagna metoden jämförs alternativ mot ett noll-alternativ, som innebär att ingen verksamhet utförs alls. De kriterier som ingår i metoden tar endast hänsyn till negativa effekter som alternativen kan innebära, till exempel ökade utsläpp. Det innebär att resultaten antingen blir 0 (ingen påverkan) eller ett negativt värde ned till -3 (mycket stor negativ påverkan). Om andra kriterier inkluderas, som innebär potentiellt bidrag till förbättrad hållbarhetsprestanda, kan detta påverka skalan.

De vägledningarna som är framtagna till respektive kriterium kan, och bör, justeras utifrån framtida ny kunskap och erfarenhet som leder till högre kvalitet på bedömningarna. I dagsläget är vägledningarna baserade på data som identifierats inom Electric Worksite II och via litteraturstudien. Vägledningarna kan även kompletteras med hänvisningar till exempelvis certifieringskrav eller verktyg som är tillämpliga inom branschen.

Viktningen, som är en väsentlig del av hållbarhetsbedömningsmetoden, ska spegla den frågeställning som analyseras i aktuellt fall. Aktören som genomför hållbarhetsbedömningen kan genom viktningen låta till exempel ekonomi eller miljömässiga faktorer väga tyngst, men även påverka vad som ska få störst inverkan på resultatet inom en domän – såsom klimat eller föroreningar inom domänen Miljö. Eftersom detta val har så stor betydelse för den slutgiltiga bedömningens värde är det av högsta vikt att det tydligt framgår hur viktningen är gjord vid användning av resultatet. Det gör också att viktningen behöver vara prioriterad i arbetet när metoden för hållbarhetsanalys tillämpas. Att inkludera viktningen, vilket i praktiken varit samma sak som en jämnt fördelad viktning, har bedömts viktigt i metodframtagningen då syftet med att genomföra en hållbarhetsanalys kan skilja mellan olika projekt och tillfällen och viktningen blir ett relevant verktyg att använda för att framhäva aktuellt syfte.

Det finns än så länge begränsade mängder data för att kunna hantera kostnader i metoden. Över tid, när fler entreprenader med elektrifierade byggarbetsplatser genomförs, kommer det finnas mer kunskap inom branschen och mer data som kan göra hållbarhetsbedömningarna mer robusta.

Orsaken till att en del av kriterierna för elektrifierade arbetsplatser har ett stort negativt utfall kan relateras till brist på data och osäkerhet på grund av begränsade erfarenheter. Detta kommer förändras när erfarenhet och kunskap ökar, vilket gör att erfarenhetsutbyte mellan aktörer och inom branschen blir väldigt viktigt. Troligtvis kommer kostnader som förekommer på grund av produktivitetsförändringar minska kraftigt med ökad erfarenhet av elektrifierade byggarbetsplatser, kostnader för utrustning och maskiner kommer troligtvis minska när produktionen av, och därmed tillgången till dessa ökar. Rutiner anpassade för elektrifiering för yrkesarbetare kan leda till mindre stress och oro.

Samtidigt, och för att ha ett långsiktigt fungerande system, måste vissa förutsättningar vara på plats. Ett exempel är att tillräckliga naturresurser måste finnas för att klara ökad efterfrågan kring elektrifiering. Det innebär att cirkulariteten avseende batterier måste öka och att det måste säkerställas att elektriskt och elektroniskt avfall återvinns.

De sammanfattande slutsatserna från projektet är att:

- den framtagna modellen kan ge stöd till beslut och bättre förståelse av hållbarhetsperspektivet vid val av maskiner och energiförsörjning på en byggplats
- omfattningen av hållbarhetsanalysen styrs i hög grad av vilka frågor användaren prioriterar och begränsas av vilken data som användaren kan få tillgång till
- det är viktigt att användaren dokumenterar hur arbetet med val av kriterier och poängsättning har gått till, då dessa val får stor betydelse för resultaten
- metoden ställer stora krav på användaren att kritiskt granska utfallet, och bejaka hur val av scenarier, viktning och poängbedömning påverkar resultaten
- arbetssättet vid framtagande av metoden EW II (litteraturstudier, workshoppar och intervjuer med projektets aktörer) har resulterat i en omfattande kunskapssammanställning gällande hållbarhetsaspekter som kan vara relevant
- det finns behov av att öka kunskapen om kostnader vid elektrifiering i projekt och att sådan data kan även stärka den utvecklade metoden

Vi föreslår att metoden testas ytterligare i ett verkligt, helelektrifierat projekt för att kunna utvärdera användarvänlighet, behov av förbättringar och uppdatering utifrån nya erfarenheter och lärdomar av elektrifiering.

7 Referenser

- Abhishek K. et al, 2017
 Abhishek Kumara, Bikash Sahb, Arvind R. Singhc, Yan Denga, Xiangning Hea, Praveen Kumarb, R.C. Bansald (2017). *A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development*. Renewable and Sustainable energy Reviews, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.191> och <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1364032116309479?token=31EA93E55421758EE7F9BF8CDE6C9BF6E361CE9FA17F70723D1C409693683E579EC18E5328CEBDAE4C82EB485A3FEB7C&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230512112231>.
- Belton, V. & Stewart, T.J., 2002
 Belton, V. & Stewart, T. J. (2002) *Multiple Criteria Decision Analysis: An integrated Approach*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. https://books.google.se/books?hl=sv&lr=&id=mxNsRnNkL1AC&oi=fnd&pg=PR11&ots=DMLuJQyxDz&sig=ukUDdt3Oiu6HF8e5h8cfBQYZSmA&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.
- Bernholdsson, A. et al. 2020
 Bernholdsson, A., Grauers, A., Frank, B., Björklund, E., Ohlin, G., Forsgren, H., Johansson, H., Unneback, J., Östblom, M., Aronsson, M., Lindgren, P., Brinkhoff, P., Al Fahel, R., Wijk, S. (2020) *Elektrifierad Bygg- och anläggningsplats. Genomförbarhetsstudie*. Chalmers Tekniska Högskola AB, Göteborg Energi AB, Göteborgs Stads Trafikkontor samt Park- och naturförvaltningen, NCC Sverige AB, Volvo Construction Equipment AB och Lindholmen Science Park AB [http://www4.goteborg.se/prod/Intraservice/Namndhandlingar/SamrumPortal.nsf/93ec9160f537fa30c12572aa004b6c1a/ecd1b3e76c2ccd19c125861f003f2d99/\\$FILE/Elektrifierad%20bygg%20och%20anlaggning.pdf](http://www4.goteborg.se/prod/Intraservice/Namndhandlingar/SamrumPortal.nsf/93ec9160f537fa30c12572aa004b6c1a/ecd1b3e76c2ccd19c125861f003f2d99/$FILE/Elektrifierad%20bygg%20och%20anlaggning.pdf).
- Bymiljøetaten, 2020
 Bymiljøetaten (2020). *Utslippsfri anleggsplass. Bymiljøetatens erfaring med elektriske anleggsmaskiner i Olav Vs gate*. https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2020/12/BYM_Utslippsfri-anleggsplass.pdf
- Ceu, 2016
 Thang Tling Hlawn Ceu (2016). *Jämförelse mellan två fasadbeklädnader - En hållbarhetsanalys med fokus på livscykelanalys, kostnadsanalys samt sociala aspekter*. Examensarbete. Högskolan i Borås. <http://hb.diva-portal.org/smash/get/diva2:968320/FULLTEXT01.pdf>.
- Diaz-Balteiro, L. et al, 2016
 L Diaz-Balteiroa, J. González-Pachónb, C. Romero (2016). *Measuring systems sustainability with multi-criteria methods: A critical review*. European Journal of Operational Research. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2016.08.075> 0377-2217/ och <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221716307147?via%3Dihub>.
- Dodgson, J. et al, 2009
 Dodgson, J., Spackman, M., Pearman, A. D. & Phillips, L. D. (2009). *Multi-criteria analysis: a manual*, London: Department for Communities and Local Government. https://www.researchgate.net/publication/30529921_Multi-Criteria_Analysis_A_Manual
- Ek et al, 2020a
 Ek, K., Mathern, A., Rempling, R., Karlsson, M., Brinkhoff, P., Norin, M., Lindberg, J. and Rosén, L. (2020). *A harmonized method for automatable life cycle sustainability performance assessment and comparison of civil engineering works design concepts*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES), 588. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/588/5/052023/pdf>.

- Ek et al, 2020b Ek, K., Mathern, A., Rempling, R. et al (2020b). Life Cycle Sustainability Performance Assessment Method for Comparison of Civil Engineering Works Design Concepts: Case Study of a Bridge. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (21): 1-34. doi.org/10.3390/ijerph17217909
- Ek., K. et al, 2019 Ek, K., Mathern, A., Rempling, R., Rosén, L. Claeson-Jonsson, C., Brinkhoff, P. and Norin, M. (2019). Multi-criteria decision analysis methods to support sustainable infrastructure construction. IABSE Symposium 2019 Guimarães. (PDF) Multi-criteria decision analysis methods to support sustainable infrastructure construction (researchgate.net)
- Erdogan, S. Ali et al, 2019 Seyit Ali Erdogan, Jonas Šaparauskas and Zenonas Turskis (2019). *A Multi-Criteria Decision-Making Model to Choose the Best Option for Sustainable Construction Management*. *Sustainability* 2019, 11, 2239; https://doi.org/10.3390/su11082239.
- FN-förbundet, 2023 FN-förbundet (2023). *Globala målen för hållbar utveckling*. Globala målen för hållbar utveckling - Svenska FN-förbundet, den 2023-04-13
- Grankvist, P., 2012 Grankvist, P. (2012). *CSR i praktiken - Hur företaget kan jobba med hållbarhet för att tjäna pengar*. Upplaga 2:1, Malmö: Liber AB.
- Hill, N. et al. 2023 Hill, N., Raugei, M. et al. (2023), Research for TRAN Committee – *Environmental challenges through the life cycle of battery electric vehicles*, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2023/733112/IPO_L_STU(2023)733112_EN.pdf och https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL_STU(2023)733112
- Håkansson, F., Ljung, M., 2020 Frea Håkansson & Miriam Ljung (2020). *Cirkulär ekonomi inom byggsektorn - En kvalitativ intervjustudie kring byggbranschens förhållande till cirkulär ekonomi för hållbar framtid*. Examensarbete. Malmö universitet. https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1483313/FULLTEXT01.pdf.
- IVL, 2020 IVL (2020). *Hållbar elektromobilitet. Vad krävs för att eldrivna vägtransporter ska vara miljömässigt och socialt hållbara*. https://www.ivl.se/download/18.694ca0617a1de98f4731f3/1628415650774/FULLTEXT01.pdf
- Jato-Espino, D. et al, 2014 Daniel Jato-Espino, Elena Castillo-Lopez, Jorge Rodriguez-Hernandez, Juan Carlos Canteras-Jordana (2014). *A review of application of multi-criteria decision making methods in construction*. *Automation in Construction*. Volume 45, September 2014, Pages 151-162. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580514001307?via%3Dihub.
- Landström, Å. et al, 2011 Landström, Å., Östlund, A.-S. (2011). *Choosing sustainable remediation alternatives at contaminated sites. Application and Evaluation of a Multi-Criteria Analysis method*. Master of Science Thesis in the Master's Programme Geo and Water Engineering. https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/149361.pdf.

- Lunergård, F. och Nilsson, D., 2018 Lunergård, F. och Nilsson, D. (2018). *Integrering av LCA och LCC i en multikriterieanalys Optimering av byggnadsdelar*. Examensarbete. Högskolan i Jönköping. <http://hj.diva-portal.org/smash/get/diva2:1239868/FULLTEXT01.pdf>
- Mulia, P. et al (2016) Mulia, P., Behura, A.K., Kar, S. (2016). *Categorical Imperative in Defense of Strong Sustainability*. Problems of sustainable development, vol. 11, 2, 29-36. PROBLEMY EKOROZWOJU – PROBLEMS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT (pollub.pl)
- Naturvårdsverket, 2023a Naturvårdsverket (2023a). *Miljöeffekter av elektrifiering av transporter. Redovisning av ett regeringsuppdrag NV-09921-21*. Miljöeffekter av elektrifiering av transporter (naturvardsverket.se)
- Naturvårdsverket, 2023b Naturvårdsverket (2023b). *Sveriges Miljömål*. Sveriges miljömål (sverigemiljomal.se), den 2023-04-13
- Naturvårdsverket, 2008 Naturvårdsverket (2008). *Samhällsekonomisk konsekvensanalys av miljöåtgärder*. Handbok 2008:4 • UTGÅVA 1. Samhällsekonomisk konsekvensanalys av miljöåtgärder Handbok med särskild tillämpning för vattenmiljö ISBN 978-91-620-0155-1 (naturvardsverket.se)
- NCC, 2019 NCC (2019). *SBUF rapport ID:13412, Att välja hjulvätts-rutin ur ett hållbarhetsperspektiv*, SBUF 13412 Slutrapport Att välja hjulvätts-rutin ur ett hållbarhetsperspektiv.pdf
- Penadés-Plà, V. et al, 2016 Vicent Penadés-Plà, Tatiana García-Segura, José V. Martí and Víctor Yepes (2016). *A Review of Multi-Criteria Decision-Making Methods Applied to the Sustainable Bridge Design*. Sustainability, 8, 1295. https://res.mdpi.com/sustainability/sustainability-08-01295/article_deploy/sustainability-08-01295.pdf.
- Rosén et al, 2015 Rosén, L., Back, P.-E., Söderqvist, T., Norrman, J., Brinkhoff, P., Norberg, T., et al. (2015). *SCORE: A novel multi-criteria decision analysis approach to assessing the sustainability of contaminated land remediation*. Science of the Total Environment 511 (2015): 621-638. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969714017604>.
- Rosén et al, 2009 Rosén, L., Back, P.-E., Söderqvist, T., Soutukorva, Å., Brodd, P. och Grahn, L. (2009). *HÅLLBAR SANERING. Rapport 5891 – Multikriterieanalys (MKA) för hållbar efterbehandling - Metodutveckling och exempel på tillämpning*. Naturvårdsverket. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1623657/FULLTEXT01.pdf>.
- SIS, 2020 SIS (2020). *SS-ISO 21678:2020 - Sustainability in buildings and civil engineering works – Indicators and benchmarks – Principles, requirements and guidelines (ISO 21678:2020, IDT)*.
- SIS, 2022 SIS (2022). *SS-EN 17472:2022 - Sustainability of construction works – Sustainability assessment of civil engineering works – Calculation methods*.
- Söderqvist et al, 2015 Söderqvist, T., Brinkhoff, P., Norberg, T., Rosén, L., Back, P.-E., & Norrman, J. (2015). *Cost-benefit analysis as part of a sustainability assessment of remediation alternatives for contaminated land*. Journal of Environmental Management 157 (2015). 267-278, <https://research.chalmers.se/publication/219001>.

- Ulmestig, M., 2010 Ulmestig, M. (2010). *Hållbarhet i ett vägprojekt – faktorer och indikatorer*. Examensarbete. Lunds Tekniska Högskola. <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8921039&fileId=8921040>.
- Volvo Trucks, 2023 Environment Footprint Calculator | Volvo Trucks, tillgång den 2023-03-28, <https://www.volvotrucks.com/en-en/trucks/renewable-fuels/environmental-footprint/environment-footprint-calculator.html>.
- Östlin, E., 2021 Östlin, Eira (2021). *Multikriterieanalys av lättfyllnadsmaterial i väg. En fallstudie av Stadsgårdsleden*. Examensarbete. KTH. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1570008/FULLTEXT01.pdf>.

Bilagor

- Bilaga Litteraturstudie
- Bilaga Konceptuell arbetsmodell med systemgränser och kriterier
- Bilaga Kriterier och vägledning för poängsättning

Bilaga Litteraturstudie

SYFTE OCH MÅL MED LITTERATURSTUDIEN

Syftet med litteraturstudien var att beskriva forskningsläget och utveckling inom hållbarhetsanalys av anläggningsplatser.

Målet var att identifiera befintliga metoder för hållbarhetsanalys och bedöma tillämpbarheten av dessa metoder för jämförelse av konventionell respektive elektrifierad byggsplats.

Frågeställningar som tillämpats i litteraturstudien:

- Vilka metoder finns för hållbarhetsanalys av anläggningsplatser?
- Vilka indikatorer för hållbarhet används i metoderna?
- Hur kan dessa metoder tillämpas för att jämföra hållbarhetsaspekter vid en konventionell respektive elektrifierad arbetsplats?

METOD

Litteraturstudien har genomförts inom området hållbarhetsbedömning av anläggningsplatser. Sökning av vetenskapliga artiklar och rapporter har skett i google, google scholar och i scopus databas. Även sökning av relevanta standarder har gjorts. Nyckelord som använts i sökningarna presenteras nedan.

| Anläggningsplats | Arbetsmaskiner | Hållbarhetsbedömning |
|----------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Byggplats | Anläggningsmaskiner | Multikriterieanalys |
| Byggarbetsplats | Construction machines | Multi criteria analysis |
| Bygg- och anläggning | Elektrifiering | Sustainability assessment |
| Construction site | Electric | Hållbarhetsanalys |
| Worksite | Nollutsläpp | |
| Civil Engineering | Utsläppsfri | |
| Infrastructure | Zero Emission | |
| | NRMM (Non road mobile machinery) | |

I anläggningsprojekt, har miljömässig, social och ekonomisk hållbarhet ur livscykelperspektiv blivit allt viktigare, vilket återspeglas i det stora antalet standarder i ämnet de senaste åren (Ek et al, 2020a). På senare år har även standarder publicerats med fokus på principer, krav och riktlinjer (SIS, 2020), samt mer detaljerad vägledning om beräkning av hållbarhetsindikatorer och deras aggregering (SIS, 2022). Exempel på praktiska tillämpningar av dessa är fortfarande lite begränsade.

RESULTAT

Litteraturstudien visar att hållbarhetsanalys tillämpas på olika sätt och med olika omfattning, från mer begränsad tillämpning till bredare tillämpning. En del studier är fokuserade på en specifik aspekt (som klimatpåverkan) medan andra har ett bredare hållbarhetsperspektiv. En del studier fokuserar på ett visst skede i livscykeln medan andra tittar på hela livscykelperspektivet. Syftet kan vara att jämföra två byggdelar (till exempel olika fasader, grundläggningar eller material till stommar) eller alternativ av byggprojekt (såsom broar och saneringsåtgärder). Litteratur och erfarenhet gällande elektrifiering är mer begränsade, även om det finns ett fåtal specifika och

relevanta referenser. Nedan noteras de mest relevanta studier och rapporter som relaterar till denna studies frågeställning. De som bedömes vara mest aktuella för EW II, har gråmarkerats.

| ELEKTRIFIERING Publikation eller källa | Omfattning och användaren av verktyget | Hållbarhetsaspekter som inkluderas | | | Kvalitativ/ kvantitativ |
|--|--|------------------------------------|---------|---------|----------------------------|
| | | Miljö | Ekonomi | Socialt | |
| Volvo Environmental Footprint Calculator (Volvo Trucks, 2023) | Klimatpåverkan från fordon (CO _{2e}), samt energiförbrukning (MWh), vattenförbrukning (m ³), NOx (Kg) och material (Kg) under produktion, drift och slutskede. Underlag som maskinägaren kan ha vid investerings-beslut. Gäller fossildriva och elektrificerade maskiner/fordon. | X | - | - | Kvantitativ |
| Elektrifierad bygg-och anläggningsplats. Genomförbarhetsstudie (Bernholdsson, A. et al. 2020) | Rapport gällande Electric Worksite I. Bl.a. omfattar underlag med utkast till hållbarhetsanalys för vidareutveckling genom Electric Worksite II. | X | X | X | Kvantitativ och kvalitativ |
| Utslippsfri anleggsplats. Bymiljøetatens erfaring med elektriske anleggsmaskiner i Olav Vs gate (Bymiljøetaten, 2020) | Rapport (på norska med sammanfattning på engelska) om en byggarbetsplats med nollutsläpp i Oslo, med elektrifierade maskiner. Använder kvantitativ bedömning för miljö och ekonomiparameter till kvalitativ bedömning, ex. sociala aspekter. | X | X | X | Kvantitativ och kvalitativ |
| Hållbar elektromobilitet. Vad krävs för att eldrivna vägtransporter ska vara miljömässigt och socialt hållbara (IVL, 2020) | En studie som baseras på MKA av hållbarhetsaspekter för eldrivna fordon, energibärare och infrastruktur. Bilaga 3 i dokumentet omfattar en matris med hållbarhetsaspekter. | X | X | X | Kvalitativ |
| Miljöeffekter av elektrifiering av transporter. (Naturvårdsverket, 2023a). | Naturvårdsverkets rapport om bl.a. batterier till elfordon och miljöpåverkan ur ett helhetsperspektiv i olika geografiska skala och i alla livscyklar (dock ej arbetsmaskiner, men kan läsas generellt map. dem). Även en del socialpåverkan ingår. | X | X | - | Kvalitativ |
| Environmental challenges through the life cycle of battery electric vehicles (Hill, N. et al. 2023) | CO _{2e} utsläpp för batteridrivna elfordon mot de från fordon med förbränningsmotorer utifrån en livscykelpåverkan. | X | - | - | Kvantitativ |

| MKA OCH / ELLER HÅLLBARHET Publikation eller källa | Omfattning och användaren av verktyget | Hållbarhetsaspekter som inkluderas | | | Kvalitativ/ kvantitativ |
|---|---|------------------------------------|---------|---------|-----------------------------------|
| | | Miljö | Ekonomi | Socialt | |
| Multi-criteria analysis: a manual (Dodgson, J. et al, 2009) | Regeringens vägledning om tillämpning av MCA-metoder. Linjära additiva metoden är en av de vanligaste metoderna för multikriterieanalys för det. | X | X | X | Kvantitativ <u>och</u> kvalitativ |
| Multiple Criteria Decision Analysis: An integrated Approach (Belton, V., Stewart, T. J. 2002) | Översikt över de viktigaste tankeströmmarna inom Multikriteriebeslutsanalys. | X | X | X | Kvantitativ <u>och</u> kvalitativ |
| Life Cycle Sustainability Performance Assessment Method for Comparison of Civil Engineering Works Design Concepts (Ek et al, 2020b) | Livscykel hållbarhetsbedömning metod i en vägbro fallsstudie. Metoden i linje med kraven i standarder, med användning livscykelbedömning, livscykelkostnader och inkomster samt externa effekter. | X | X | X | Kvantitativ |
| A harmonized method for automatable life cycle sustainability performance assessment and comparison of civil engineering works design concept (Ek et al, 2020a) | Hållbar design. Underlag för exempelvis projektörer för att välja mest hållbara design. Föreslår steg att följa, indikatorer, normalization och vikt. | X | X | X | Kvantitativ |
| A review of MCDM methods applied to the sustainable bridge design (Penadés-Pla, V. et al, 2016) | Granskar olika metoder och hållbara kriterier som används för beslutsfattande vid varje livscykelfas av en bro, från design till återvinning eller rivning. Undersöker 77 tidskriftsartiklar för vilka olika metoder har använts (table 1). De mest använda metoderna beskrivs kortfattat. Metod och kriterier för varje livcykelskede sammanställas (Table 2 - 5). | X | X | X | Kvantitativ och kvalitativ |
| A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy | Granskar olika MCDM (Multiple criteria decision making), med fokus på hållbarenergi projekt. | X | X | X | Kvantitativ och kvalitativ |

| | | | | | |
|--|--|---|---|---|----------------------------|
| development (Abhishek K. et al, 2017) | | | | | |
| Measuring systems sustainability with multi-criteria methods: A critical review (Diaz-Balteiro, L. et al, 2016) | Undersöker 271 tidskriftsartiklar om MCDM metoder gällande hållbarhet. Fokusera mest på aggregering metod än på vilka exakta indikatorer är. | X | X | X | Kvantitativ och kvalitativ |
| A Multi-Criteria Decision-Making Model to Choose the Best Option for Sustainable Construction Management (Erdogan, S. Ali et al, 2019) | Projektstyrning som kan leda till hållbara projekt. Villkoren för och problem med byggprojektledning. Diskuterar sätt att lösa de mha MKA för ökad hållbarhet. Skapar en modell och presenterar kriterier, för skapandet av en beslutsmodell för byggledning, som tillämpades på en turkisk fallstudie. Fokus är på att välja den bäst entreprenören map. ett antal kriterier. | X | X | X | Kvantitativ och kvalitativ |
| Circular economy in the construction sector. (Håkansson, F., Ljung, M., 2020) | Intervjustudie kring byggbranschens förhållande till cirkulär ekonomi för hållbar framtid, bl.a. mha LFM30. | X | X | | Kvalitativ |
| Jämförelse mellan två fasadbeklädnader (Ceui, 2016) | En hållbarhetsanalys med fokus på livscykelanalys, kostnadsanalys samt sociala aspekter. | X | X | X | Kvantitativ och kvalitativ |
| Multikriterieanalys av lättfyllnadsmaterial i väg (Östlin, E. 2021) | Undersöka alternativ till cellplast som lättfyllnad. MKA har konstruerats. Linjär additiv metod. | X | X | X | Kvantitativ och kvalitativ |
| Integrering av LCA och LCC i en multikriterieanalys Optimering av byggnadsdelar (Lunergård, F. och Nilsson, D., 2018) | Integrering av miljöbelastning och kostnader vid projektering. Fallstudie av ett antal fasader. MKA:n Copras (complex proportional assessment) tillämpas. | X | X | - | Kvantitativ och kvalitativ |
| A review of application of multi-criteria decision making methods in construction (Jato-Espino, D. et al, 2014) | Granskar tillämpningen av 22 olika metoder som tillhör denna disciplin inom olika områden av byggbranschen, grupperade i 11 kategorier. De viktigaste metoderna diskuteras kort och pekar på deras främsta styrkor och begränsningar. | X | X | - | Kvantitativ och kvalitativ |
| Hållbarhet i ett vägprojekt – faktorer och indikatorer (Ulmestig, M. 2010) | Identifiera faktorer och indikatorer vid planering och projektering av väg för hållbarhet. | X | X | X | Kvantitativ och kvalitativ |

| MKA FOKUS SCORE OCH PANTURA Publikation eller källa | Omfattning och användaren av verktyget | Hållbarhetsaspekter som inkluderas | | | Kvalitativ/ kvantitativ |
|---|--|------------------------------------|---------|---------|----------------------------|
| | | Miljö | Ekonomi | Socialt | |
| SCORE: A novel multi-criteria decision analysis approach to assessing the sustainability of contaminated land remediation. (Rosén, L. et al., 2015) | SCORE som är en MCDA metod, beskrivning av systemgränser, indikatorer och utvärdering hållbarhet av alternativ för sanering. | X | X | X | Kvantitativ och kvalitativ |
| Cost-benefit analysis as part of a sustainability assessment of remediation alternatives for contaminated land (Söderqvist et al, 2015) | Metod och ekonomiska poster (där en del gäller externa effekter). Fokus är på hållbara saneringsåtgärder. | X | X | X | Kvantitativ |
| HÅLLBAR SANERING Rapport 5891 – Multikriterieanalys (MKA) för hållbar efterbehandling – (Rosén et al 2009) | Metodutveckling och exempel på tillämpning MKA för hållbar efterbehandling av förorenade områden. | X | X | X | Kvantitativ och kvalitativ |
| Choosing sustainable remediation alternatives at contaminated sites (Landström, Å. et al, 2011) | Tillämpande av SCORE för att utreda bästa åtgärdsalternativ för hållbar utveckling vid sanering. | X | X | X | Kvantitativ och kvalitativ |
| Multi-criteria decision analysis methods to support sustainable infrastructure construction (Ek., K. et al, 2019) | Tillämpande av SCORE och PANTURAS-metoden hållbarhet som bedömningsmetod för broprojekt. | X | X | X | Kvantitativ och kvalitativ |

STANDARDER FÖR HÅLLBARHETSANALYS I ANLÄGGNINGSBYGGANDE

Lista enligt Ek, et al., (2020) med komplettering med två nya relevanta standarder som utvecklats och publicerats senare.

| Standardnummer (publikationsår) | Omfattning |
|--|--|
| ISO 15392 (2008, uppdaterad 2019) | Tillhandahåller allmänna principer för hållbarhet relaterade till byggnader och andra byggnadsverk och anger hållbarhetsmål. |
| EN 15643-1 (2010) till EN 15643-4 (2012) | Ett generellt ramverk för hållbarhetsbedömning av byggnader. Bedömning av byggnaders miljömässiga, sociala och ekonomiska prestanda. |
| EN 15643-5 (2017) | Beskriver specifika principer och krav för hållbarhetsbedömning av anläggningsprojekt. Kräver att miljöindikatorer är samma som EPD indikatorer i EN 15804. Föreslår att inkludera LCC och externa kostnader som indikatorer i ekonomisk dimension |
| SIS. SS-EN 15804:2012 +A2:2019 | Tillhandahåller en struktur för att säkerställa att EPD för byggprodukter, tjänster och processer härleds, verifieras och presenteras på ett harmoniserat sätt. |
| SIS. ISO/TS 21929-2:2015 | Beskriver och ger vägledning för utveckling av hållbarhetsindikatorer relaterade till anläggningsarbeten. Definierar aspekter och effekter av anläggningsarbeten som ska beaktas vid utveckling av indikatorsystem. Krav att ta med sig vid utveckling av indikatorer, samt behov på relaterade data (4.6). Borde gälla hela livscykel. Relevant info i 4.7.2 - 4.7.4, 5 (och tabell 1), 6.2 |
| SIS. ISO 21931-2:2019 | Ger ett ramverk för metoder för bedömning av hållbarhetsprestanda för anläggningsarbeten. Syftet är att förbättra kvaliteten och jämförbarheten av metoder för att bedöma anläggningsarbetenas bidrag till hållbar utveckling utifrån en livscykelansats. Följande rubriker finns med i standarden: 4 Principles for the sustainability performance assessment, 5.4 on system boundaries, 5.6 assessment sustainability categories, 5.8 methods for quantification |
| SS-ISO 21678:2020 | Hållbarhet hos byggnadsverk – Indikatorer och riktmärken – Principer, krav och riktlinjer |
| SS-EN 17472:2022 | Hållbarhet hos byggnadsverk – Hållbarhetsvärdering av anläggningar – Beräkningsmetoder Olika indikatorer om hållbarhet för civil engineering works (Annex E (fil pdf 106/124 i standarden sammanställer dessa i en lista)). En del indikatorer ingår i EN 15804 och LCA/EPD metod. Alla indikatorer följer LCA perspektiv. |

STUDIER RELEVANTA FÖR METODUTVECKLING HÅLLBARHETSANALYS

Metoden för hållbarhetsanalys baseras i hög grad på nedanstående källor. Därför beskrivs dessa studier lite mer ingående.

Från Ek et al, 2020a, är det relevant att artikeln lyfter:

- Vissa obligatoriska bedömningssteg i den föreslagna metoden ska följas, vilka är baserade på ISO 21931-2:2019.
- Jämförelse ska göras på nivån för respektive dimension, det vill säga miljömässigt, socialt och ekonomiskt alternativt för något av livscykelstadierna. Interdimensionell jämförelse är inte möjlig.

Dodgson, J. et al, 2009 lyfter:

- Bedömning av kriterierna kan kombineras till ett övergripande värde. Detta görs genom att multiplicera poängen för varje kriterium med vikten av det kriteriet, se citat:

“If it can either be proved, or reasonably assumed, that the criteria are preferentially independent of each other and if uncertainty is not formally built into the MCA model, then the simple linear additive evaluation model is applicable. The linear model shows how an option’s values on the many criteria can be combined into one overall value. This is done by multiplying the value score on each criterion by the weight of that criterion, and then adding all those weighted scores together. However, this simple arithmetic is only appropriate if the criteria are mutually preference independent.”

- Arbetsgången för multikriterieanalys enligt linjär additiv metod kan beskrivas i åtta steg, se citat:

“A full application of multi-criteria analysis normally involves eight steps:

(...)

Figure 5.1 Steps in a multi-criteria analysis

1. Establish the decision context. What are the aims of the MCA, and who are the decision makers and other key players?
2. Identify the options.
3. Identify the objectives and criteria that reflect the value associated with the consequences of each option.
4. Describe the expected performance of each option against the criteria. (If the analysis is to include steps 5 and 6, also ‘score’ the options, i.e. assess the value associated with the consequences of each option.)
5. ‘Weighting’. Assign weights for each of the criteria to reflect their relative importance to the decision.
6. Combine the weights and scores for each of the options to derive an overall value.
7. Examine the results.
8. Conduct a sensitivity analysis of the results to changes in scores or weights.

IVL, 2020, lyfter att de viktigaste hållbarhetsaspekterna är indelade i olika steg av värdekedjan för fordon och relaterad infrastruktur. Dessa omfattar sociala, miljömässiga och ekonomiska aspekter som har på fokus:

- Utvinning och bearbetning av råvaror
- Tillverkning av fordon och komponenter
- Infrastruktur och markanvändning
- Framställning och användning av el och vätgas
- Användning av fordon
- Återvinning och skrotning av material, fordon och infrastruktur

I denna IVL rapport finns inte elektriska arbetsmaskiner med, men ett liknande resonemang hade kunnat göras för dessa.

Hill, N. et al. 2023, menar att batteridrivna elfordon tenderar att uppvisa betydligt lägre livscykelpåverkan för växthusgaser än fordon med förbränningsmotorer. Dessa slutsatser användes inte direkt som stöd till poängsättning och vägledning i hållbarhetsmetod som presenteras i här presenterad rapport. I stället betraktas denna studie som ett exempel på hur nya studier kan, på kort eller lång sikt, ifrågasätta befintlig kunskap (eller säga emot förväntade slutsatser, då kunskap kommer utvecklas konstant).

Ek., K. et al, 2019 presenterar konkreta exempel på två metoder och ingående kriterier, SCORE respektive PANTURA metoden. Varje metod är utvecklad för specifika projekt, den första till saneringsprojekt och den andra till broprojekt. Relevanta lärdomar härifrån är att metoder måste anpassas till objekt / fall som bedömes samt tillgång till data och om bedömning sker i planering, anbudsskede, produktion osv.

Andra referenser är lika relevanta, men då de delvis påstår liknande saker som de första nämnda studierna har de inte inkluderats i samma omfattning i det fortlöpande arbetet.

Utifrån den konkreta information som identifierats i dessa referenser, kan det lyftas att det är möjligt att använda specifika kriterier för elektrifiering för att bedöma miljö, social och ekonomisk hållbarhet. Aggregering ska göras försiktigt, och även om det kan vara intressant att ha ett utfall i form av ett tal, är det relevant att i stället titta närmare inom varje hållbarhetsdomän.

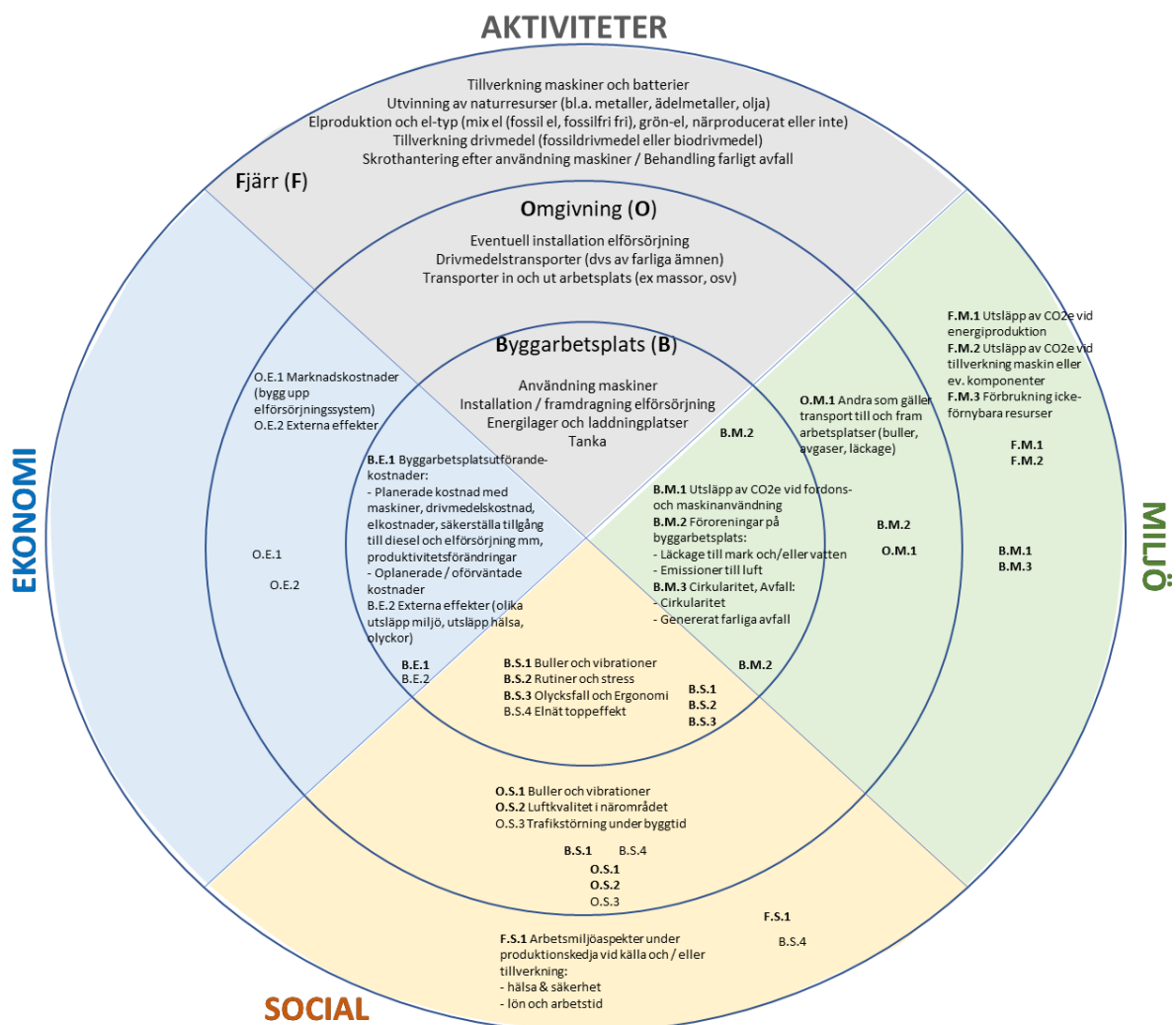
Bilaga Konceptuell arbetsmodell med systemgränser och kriterier

Figuren illustrerar en konceptuell arbetsmodell vid jämförelse av elektrifierade och icke elektrifierade byggarbetsplatser ur ett hållbarhetsperspektiv. Modellen visualiserar dels den geografiska dimensionen genom de tre ringarna för Byggarbetsplats (B) i centrum, Omgivning (O) utanför och längst ut Fjärr (F) som utgörs av allt längre bort än den direkta omgivningen, det vill säga såväl regionala, nationella som globala aspekter.

Tårtbitarna delar in aspekterna i de tre hållbarhetsdimensionerna Miljö (M), Social (S) och Ekonomi (E) samt Aktiviteter, vilket avser specificering av förutsättningar och avgränsningar för modellen.

Förkortningar som har en efterföljande rubrik gäller konsekvens av en aktivitet. Så, exempelvis "B.S.1 Buller och vibrationer" förekommer pga. användning maskiner på byggarbetsplats (B) som påverkar socialdimension (S).

Förkortningar utan en rubrik avser var någonstans konsekvensen av en aktivitet sker. Så, B.S.1 (utan rubrik) visas under social dimension och både i ringarna för byggarbetsplats och för omgivning, då buller och vibrationer inte bara påverkar arbetare på byggarbetsplats men även berörda i direkt anslutning. Förkortningar som är fetmarkerade togs med i metoden medan de som inte är fetmarkerade visas för information, då de också har lyfts och är intressanta.



Bilaga Kriterier och vägledning för poängsättning

I metoden för hållbarhetsanalys är det framtaget vägledning till hur poängsättning och bedömning av respektive kriterium och underkriterium är tänkt att göras. Dessa vägledningar presenteras nedan. Tabell 1 i rapporten visar samtliga kriterier och underkriterier samt hur de knyter an till varandra.

Observera att metoden bygger på att högsta tillgängliga poäng är 0. Detta motsvaras av att ingen aktivitet genomförs.

| | |
|--------------------|--|
| Domän | <i>Miljö</i> |
| Kriterium | <i>Klimat</i> |
| Beskrivning | <i>Utsläpp av CO₂e vid användning av fordon och maskiner, energi till dessa samt tillverkning av utrustningen</i> |

Utsläpp CO₂e vid fordons- och maskin användning

| Omfattning | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|--|--|---------------|
| Utsläpp på byggarbetsplatsen (direkta utsläpp) | Varierar från stora utsläpp till nollutsläpp vid användning av maskiner och fordon. Om det finns klimatberäkningar kan resultat från dessa ligga till grund för skalan -3 till 0. Om mer än ett underkriterium under rubriken Klimat har uppskattning på CO ₂ e utsläpp, ska mängden utsläpp summeras och skala -3 till 0 gälla totalen. Om inga projektspecifika data för klimatgasutsläpp finns kan Environmental Footprint Calculator från Volvo användas i de fall relevant lastbilsmodell används i projektet: https://www.volvotrucks.com/en-en/trucks/renewable-fuels/environmental-footprint/environment-footprint-calculator.html . | -3 |
| | | -2 |
| | | -1 |
| | | 0 |

Utsläpp CO₂e vid energiproduktion

| Omfattning | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|---|---|---------------|
| Utsläpp från produktion av energi (indirekta utsläpp) | Varierar från stora utsläpp till minimala utsläpp från produktion av energi som maskiner och fordon använder. En maskin eller ett fordon som använder förnybar el orsakar väsentligt mindre utsläpp än en maskin som använder mix-el och väldigt mycket mindre utsläpp än fordon och maskiner som drivs med fossila eller förnybara flytande eller gasformiga drivmedel. Om det finns klimatberäkningar kan resultat från dessa ligga till grund för skalan -3 till 0. | -3 |
| | | -2 |
| | | -1 |
| | | 0 |

Utsläpp CO₂e vid tillverkning maskin eller ev. komponenter

| Omfattning | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|---|--|---------------|
| Utsläpp från tillverkning av maskin, batterier m.m. | <p>Varierar från stora utsläpp till mindre utsläpp gällande tillverkning av fordon och maskiner och relevanta komponenter som möjliggör system så att maskinerna/fordonen kan användas.</p> <p>Om det finns klimatberäkningar kan resultat från dessa ligga till grund för skalan -3 till 0.</p> <p>Om inga projektspecifika data för klimatgasutsläpp finns kan Environmental Footprint Calculator från Volvo användas i de fall relevant lastbilsmodell används i projektet:</p> <p>https://www.volvotrucks.com/en-en/trucks/renewable-fuels/environmental-footprint/environment-footprint-calculator.html.</p> | -3 |
| | | -2 |
| | | -1 |
| | | 0 |

Domän Miljö
Kriterium Föroreningar
Beskrivning Olika föroreningar som uppkommer av maskin och fordon under sin användning

Läckage till mark och/eller vatten

| Omfattning | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|--|---|---------------|
| Läckage till mark eller vatten pga diesel eller t.ex. smörjoljor | <p>Varierar från stor risk till liten risk med vad det händer på byggarbetsplats vid användning maskin.</p> <p>Gäller risk med eventuellt läckage av diesel när det tankas (och från tank som användas), samt motorolja för fossildrivna maskiner. Alla maskiner kräver hydraulolja, så, där finns även risk för elektriska maskiner för läckande smörjoljor. Om det är okänt om det finns oljor som innehåller farliga ämnen, fråga leverantören.</p> <p>Vid känsliga användningar, exempelvis vid naturområde eller vattenskyddsområde, blir poängsättningen tuffare.</p> | -3 |
| | | -2 |
| | | -1 |
| | | 0 |

Emissioner till luft

| Omfattning | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|---|---|---------------|
| Direkta emissioner till luft av andra ämnen än klimatpåverkande gaser | Avser de reglerade ämnena HC, CO, NOx och partiklar och hur det påverkar den ekologiska miljön. Varierar från höga utsläpp (från maskiner och fordon som använder flytande eller gasformiga drivmedel) till nollutsläpp (från elektriska fordon och maskiner). | -3 |
| | Skala -3 till 0 kan utgå från sämsta tillåtna miljöklass vid utvärderingstillfället till EL (bästa miljöklass) eller t.ex. Gemensamma miljökrav för entreprenader, se https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/upphandling/Sa-upphandlar-vi/Forfragningsunderlag/Miljokrav-i-entreprenader/ . | -2 |
| | Information om miljöklasser för lätta och tunga fordon finns hos Transportstyrelsen: https://www.miljofordon.se/bilar/vad-aer-miljoebil/miljoeklasser/ | -1 |
| | Information om arbetsmaskiners miljöklasser (Steg) finns hos EU: https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/automotive-industry/environmental-protection/non-road-mobile-machinery_en | 0 |

Domän Miljö
Kriterium Resurser, cirkularitet, avfall
Beskrivning Användning av ändliga resurser, potential för cirkularitet och risk för farligt avfall

Förbrukning ej förnybara resurser

| Omfattning | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|---|--|---------------|
| Förbrukning ej förnybara resurser som fossil energi, metaller och mineraler | Varierar från stor risk för negativ påverkan till lite risk. | -3 |
| | Avser: <ul style="list-style-type: none"> - Förbrukning ej förnybara resurser som fossila drivmedel och ev. fossil elproduktion - Förbrukning ej förnybara resurser som metaller och mineral till elektriska och elektroniska komponenter (elektrisk motor, batterier m.m.). | -2 |
| | Användning av elektriska och elektroniska komponenter i högre skala kommer leda till brist av råvaror för tillverkning om inte hög grad av återvinning kan tillämpas. | -1 |
| | | 0 |

Cirkularitet

| Omfattning | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|--|--|---------------|
| Möjlig återvinning av förbrukade maskindelar, batterier m.m. | Varierar från stor till liten möjlighet och snabb utveckling sker inom området. Relaterat till hantering av maskindelar och tekniska komponenter. Miljöeffekter av elektrifiering finns bland annat beskrivet i Naturvårdsverkets rapportering av regeringsuppdrag Miljöeffekter av elektrifiering av transporter: https://www.naturvardsverket.se/491c55/contentassets/3a1f5d5418b043699cfedd13563f2b2a/redovisning-ru-miljoeffekter-elektrifieringen-av-transporter.pdf | -3 |
| | | -2 |
| | | -1 |
| | | 0 |

Genererat farliga avfall

| Omfattning | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|---|--|---------------|
| Mängder genererat farligt avfall från tillverkning och sluthantering av fordon och maskiner | Varierar från stor risk till lite risk. Farligt avfall som genereras från exempelvis batteritillverkning i dagsläget. Hanteringen kan påverka miljön vid exempelvis återvinning eller deponi. Det beror mycket på var någonstans i världen avfall hanteras då det beror på lokala förhållande och lagstiftning. | -3 |
| | | -2 |
| | | -1 |
| | | 0 |

Domän Social
Kriterium Arbetsmiljö på byggarbetsplats
Beskrivning Aspekter som påverkar de som arbetar på byggarbetsplats

Buller och vibrationer

| Omfattar | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|--|--|---------------|
| Buller och vibrationer vid användning maskin/fordon på byggarbetsplats och vid transport | Varierar från stor risk för negativ påverkan till liten eller ingen risk. | -3 |
| | Avser buller och vibrationer från användning av maskin på byggarbetsplats och vid transport som påverkar förare och arbetare på byggarbetsplatsen. Ta hänsyn till: <ul style="list-style-type: none"> - buller från maskin/fordon som utvärderas (förbränningsmotorer har väsentligt mycket högre ljud än elmotorer) - arbetsuppgifter som utförs av maskin/fordon (beakta att hantering av bergmassor / krossmaterial är mer störande än jordmassor) - andra maskiner på platser och om de är bullriga eller inte (eller deras arbetsuppgifter) - bullrig omgivning, exempelvis intensiv trafik eller industri - om tid arbete med maskiner skiljer sig pga. att lastkapacitet eller effektivitet skiljer sig mellan maskiner / lastbilar. | -2 |
| | | -1 |
| | Ifall det finns bullermätningar av området, kan efterlevnad av gränsvärdet beaktas. Eventuella synpunkter, tidigare erfarenheter och undersökningar kan också stötta i poängsättning, exempelvis om förare upplever att deras arbetsmiljö förbättrades pga. tystare maskiner/fordon. | 0 |

Rutiner och relaterad stress

| Omfattar | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|---|--|---------------|
| Rutiner och relaterad stress kopplat till ev förändringar i arbetsutförande och - planering | Varierar från stor risk till liten risk. | -3 |
| | Beror på omfattning ändringar rutiner som arbetare är van att ha. Med förändrade arbetssätt och behov att lära sig nya saker kan det förekomma stress. Beakta följande: <ul style="list-style-type: none"> - Maskiner och fordon med fossila drivmedel innebär etablerade arbetssätt (tanka, hur maskinen fungerar m.m.). - Maskiner/fordon med elmotor kan innebära nya sätt att planera arbete, manövrera, energiförsörja m.m. Kan även påverka andra maskiner / fordon som arbetar i samma område. Batterimaskiner måste laddas och kabelmaskiner kräver nya körsätt. - Batterimaskin kan påverka raster och pauser för förare (så att det förhindrar att de träffar sina kollegor). | -2 |
| | | -1 |
| | Med tiden och med erfarenhet kommer alla bli vanare att arbeta med nya förutsättningar och rutiner och dessa faktorer kommer få allt mindre betydelse. | 0 |

Olycksfall och ergonomi

| Omfattar | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|---|---|---------------|
| Risk för olyckor och ergonomiska besvär | Varierar från stor risk till lite risk. | -3 |
| | Beakta följande: | -2 |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Att maskiner och fordon är tystare kan innebära att de inte är så "synliga" för arbetare på byggarbetsplats eller på väg, vilket skulle kunna öka olycksrisken något samtidigt som kommunikation mellan de som arbetar på platsen underlättas vilket skulle kunna minska olycksrisken - Kabel till elektrisk kabelmaskin kan medföra ökad olycksrisk vid trånga arbetsplatser där många vistas på liten yta. | -1 |
| | Med tiden och med erfarenhet kommer alla bli vanare att arbeta med nya förutsättningar och rutiner, där arbetsberedningar och förebyggande åtgärder och rutiner hjälper minska eventuella risker. Trängsel och hinder på väg (kablarna) kan i vissa fall kvarstå som risk. | 0 |

Domän Social
Kriterium Påverkan på tredje man/utomstående i närområdet
Beskrivning Aspekter som påverkar de i omgivning runt byggarbetsplats

Buller och vibrationer

| Omfattar | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|--|---|---------------|
| Buller och vibrationer från fordon och maskiner som påverkar allmänheten i omgivningen | Varierar från stor risk för negativ påverkan till lite risk eller ingen risk. | -3 |
| | Buller och vibrationer från användning av maskiner och fordon på byggarbetsplats och vid transport som påverkar boende och verksamheter i närheten av byggplatsen. Ta hänsyn till: | -2 |
| | <ul style="list-style-type: none"> - buller från maskin/fordon som utvärderas (förbränningsmotorer har väsentligt mycket högre ljud än elmotorer) - arbetsuppgifter som utförs av maskin/fordon (beakta att hantering av bergmassor / krossmaterial är mer störande än jordmassor) - andra maskiner på platser och om de är bullriga eller inte (eller deras arbetsuppgifter), - bullrig omgivning, exempelvis intensiv trafik eller industri - eventuella känsliga verksamheter i omgivningen såsom vårdinrättningar, förskolor, bostäder - arbete som utförs på natt tid eller andra känsligare tid är mer eller mindre störande beroende på maskin / fordon som används. | -1 |
| | Ange ett avstånd mellan byggarbetsplats eller transport och berörda känsliga verksamheter i omgivningen. I fall det finns bullermätningar, kan efterlevnad av gränsvärdet beaktas. Eventuella klagomål, tidigare erfarenheter eller synpunkter kan också stötta i poängsättning. | 0 |

Luftkvalitet i närområdet

| Omfattar | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|---|---|---------------|
| Luftkvalitet med anledning av transporter och maskiner i och till byggarbetsplatsen | Varierar från stor påverkan till liten påverkan. | -3 |
| | Avser de reglerade ämnena HC, CO, NOx och partiklar och hur det påverkar människors hälsa. Varierar från höga utsläpp (från maskiner och fordon som använder flytande eller gasformiga drivmedel) till nollutsläpp (från elektriska fordon och maskiner). | -2 |
| | Beakta om elektrifiering t.ex. minskar de lokala emissionerna till luft så att luftkvaliteten förbättras för boende och verksamheter i närheten. | -1 |
| | Ta hänsyn till: <ul style="list-style-type: none"> - trafikintensitet i omgivningen, om mycket långsamgående trafik förekommer och mycket tomgångskörning - verksamheter och / eller användning i omgivning, exempelvis närhet till GC-väg (som kan innebära en risk till gående och cyklister) - eventuella känsliga verksamheter i omgivningen såsom vårdinrättningar, förskolor, bostäder. Eventuella klagomål eller synpunkter kan också stötta i poängsättning. | 0 |

Domän *Social*
Kriterium *Under produktionskedja vid källa/tillverkning*
Beskrivning *Aspekter under produktionskedja vid källa och / eller tillverkning*

Arbetsmiljö - hälsa & säkerhet

| Omfattar | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|---|---|---------------|
| Arbetsmiljövillkor som kan påverka hälsa och säkerhet (tillverkningsprocessen och under avfall hantering) | Varierar från stor risk till lite risk. | -3 |
| | Beakta tillverkning av nödvändiga insatsmedel och komponenter för de olika alternativen (råvaruutvinning, energiproduktion, maskiner/fordon, elektronik). | -2 |
| | Arbetsmiljövillkor som kan påverka hälsa och säkerhet, exempelvis dåliga förutsättningar gällande skyddsutrustning för farliga ämnen, förebyggande åtgärder för att förhindra olyckor. Relevant för vissa aktiviteter och var nästan de tar plats (utvinning naturresurser, tillverkning maskiner och utrustning, återvinning och slutdeponi där det sker utanför Sverige och Europa). | -1 |
| | Poängsättning ska spegla kunskap som beställare eller entreprenör har gällande hur det hanteras under produktionskedja. Där det inte finns koll på det, ska risk för negativ hantering antas som stor. Effekter av elektrifiering finns bland annat beskrivet i Naturvårdsverkets rapportering av regeringsuppdrag Miljöeffekter av elektrifiering av transporter: https://www.naturvardsverket.se/491c55/contentassets/3a1f5d5418b043699cfedd13563f2b2a/redovisning-ru-miljoeffekter-elektrifieringen-av-transporter.pdf | 0 |

Arbetsvillkor - lön och arbetstid

| Omfattar | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|---|---|---------------|
| Arbetsmiljövillkor som gäller lön och arbetstid (tillverkningsprocessen och under avfall hantering) | <p>Varierar från stor risk till lite risk.</p> <p>Arbetsmiljövillkor som gäller lön och arbetstid (och balans arbete och privatliv, tid för pauser osv). Relevant beroende på i vilka länder pågår vissa aktiviteter och var nånstans de tar plats (utvinning naturresurser, tillverkning maskiner och utrustning, återvinning och slutdeponi). I icke-europeiska länder är troligtvis arbetsvillkor inte lika bra.</p> <p>Poängsättning ska spegla kunskap som beställare eller entreprenör har gällande hur det hanteras under produktionskedja. Där det inte finns koll på det, ska risk för negativ hantering antas som stor.</p> <p>Effekter av elektrifiering finns bland annat beskrivet i Naturvårdsverkets rapportering av regeringsuppdrag Miljöeffekter av elektrifiering av transporter: https://www.naturvardsverket.se/491c55/contentassets/3a1f5d5418b043699cfedd13563f2b2a/redovisning-ru-miljoeffekter-elektrifieringen-av-transporter.pdf</p> | -3 |
| | | -2 |
| | | -1 |
| | | 0 |

Domän *Ekonomi*
Kriterium *Byggarbetsplats utförandekostnader*
Beskrivning *Kostnader gällande tillgång till maskiner, energi och övriga så att maskiner kan användas på byggarbetsplats, och konsekvenser gällande kostnader*

Planerade kostnader maskiner

| Omfattning | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|---------------------------------|--|---------------|
| Köpa / hyra maskiner och fordon | <p>Varierade kostnader (från mycket dyr (hundra tusental kronor till miljoner kr) till låg kostnad (hundratal kronor) för införskaffande av maskiner/fordon. Om flera kostnader redan ingår i hyran (drivmedel och förare), sätt ingen kostnad i parameter "Planerade kostnader drivmedelskostnad...".</p> <p>För närvarande är utbudet av elektrifierade fordon och maskiner på marknaden mycket begränsat, men ökad efterfrågan kommer skapa ökad tillgång. Vissa typer och modeller kommer snabbare bli kommersiellt tillgängliga och det kan skilja sig mellan batterilösningar och kabelanslutna lösningar.</p> <p>Om mer än ett underkriterium under rubrik kostnader har uppskattning på kostnader, ska kostnader summeras och omvandling till skala -3 till 0 gälla den totalen.</p> | -3 |
| | | -2 |
| | | -1 |
| | | 0 |

**Planerade kostnader
drivmedelskostnad,
elkostnader**

| Omfattning | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|----------------------------------|---|---------------|
| Drivmedelskostnader, elkostnader | Varierade kostnader. Gäller kostnader för drivmedel eller el, som kan variera med det aktuella marknadspriset, politiska reformer i form av t.ex. skatter samt ansluten totaleffekt till byggplatsen. | -3 |
| | | -2 |
| | | -1 |
| | | 0 |

**Planerade kostnader
relaterade med att
säkerställa tillgång till
diesel och elförsörjning
mm**

| Omfattning | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|---|---|---------------|
| Infrastruktur för elförsörjning och diesel användning | <p>Varierade kostnader, från mycket dyr (hundra tusental kronor till miljoner kr) till låg kostnad (hundratal kronor).</p> <p>För diesel: kostnader att placera tank, förbereda mark och personalkostnader med att tanka.</p> <p>För el: framdragnings el utöver ordinarie byggström, ev. energilager (stationär eller semi-mobil laddare), ev. extra resurser som elektriker.</p> <p>Om flera elektriska maskiner finns, kan det orsaka spänningssprång (voltage spikes) och kräver att en transformatorstation kopplas in.</p> <p>Om framdragnings av el görs ändå för permanent användning, oberoende av om elektrifierade maskiner används eller ej, ska det inte belasta kostnaden här. Bara "extra" kostnader gällande temporär elförsörjning ska läggas till för utvärdering under denna rubrik.</p> | -3 |
| | | -2 |
| | | -1 |
| | | 0 |

Planerade kostnader med produktivitetsförändringar

| Omfattning | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|----------------------------|---|---------------|
| Produktivitetsförändringar | Varierade kostnader (från mycket dyr (hundra tusental kronor till miljoner kr) till låg kostnad (hundratal kronor), som påverkas av: <ul style="list-style-type: none"> - om fossildrivna och eldrivna maskiner med samma funktion har olika kapacitet (förändrad lastkapacitet, drifttid innan tankning/laddning o.s.v.) - rutiner som kan minska antal timmar med effektivt arbete (exempelvis hantering kabel för elmaskin med kabelanslutning i icke-stationära arbete) - olika behov av extra planering: för batterimaskiner - att maskiner är laddade så att antal timmar arbete inte påverkas; för kabelmaskiner - att arbetsmoment av alla maskiner på en viss plats planeras, så att risker och störning med kablar på ett område minskas - eventuell möjlighet att utföra arbete under fler tider som effekt av reducerade bullernivåer (ifall elektrifierade maskiner / fordon används). | -3 |
| | | -2 |
| | | -1 |
| | | 0 |

Oplanerade / oförväntade kostnader

| Omfattning | Användning fordon och maskiner i byggprojektet | Poängsättning |
|------------------------------------|---|---------------|
| Oplanerade / oförväntade kostnader | Oplanerade / oförväntade kostnader pga. att alla faktorer inte var kända från början så att planering kunde ske därefter och/eller att tekniska system och levererat material inte fungerade enligt plan. Kan gälla begränsad kunskap/erfarenhet hos olika aktörer. <p>Projekt är vana att använda dieseldrivna fordon och maskiner och eventuella kostnader borde vara -1 (då något oplanerat alltid kan förekomma) för dessa.</p> <p>Projekt med elektriska maskiner har en stor risk för oplanerade eller oförväntade kostnader (-3 till -2). Ökad erfarenhet kommer minska denna typ av kostnader (-1).</p> <p>Exempel på kostnader:</p> <ul style="list-style-type: none"> - elektriker och specialisttekniker för service - fel med en del i system (ex. laddningslösning) och behov av reservdelar (som kan ta tid att få, vilket kan innebära försening i arbetsutförande och påverka rubrik "Planerade kostnader med produktivitetsförändringar"). | -3 |
| | | -2 |
| | | -1 |
| | | 0 |