

NULLFIB

DELRAPPORT 2: BATTERITOG

VEDLEGG C: ARBEIDSMASKINER

Sammendrag

Sporbundne arbeidsmaskiner i Norge benytter utelukkende dieselmotorer for fremdrift og til drift av hydraulikksystemer for arbeidsutstyr som for eksempel pakkaggregater, snøfresere, kraner, lifter m.m.

For å oppnå 0-utslipp for arbeidsmaskiner kan bruken av fossilbasert diesel erstattes med biodiesel. Dette er lite energieffektivt og vil på sikt bli dyrere enn ved bruk av ordinær diesel, og derved trekke opp prisen for fornyelser og vedlikehold av infrastrukturen.

Bimodale arbeidsmaskiner for KL og diesel har vært tilgjengelig fra flere produsenter i flere år. Det er i senere tid også blitt utviklet arbeidsmaskiner for batterielektrisk kjøring og for drift av arbeidsutstyret på maskinene.

Energitettheten i batterier øker gradvis, og er i dag på et nivå som også bør gjøre det interessant å legge om deler av dieseldriften til batterielektriskdrift. Det er forutsett at energitettheten i batterier vil øke betraktelig frem mot 2030, noe som gjør at satsning på bruk av batterier som energibærer for arbeidsmaskiner vil være interessant både for elektrifiserte og ikke-elektrifiserte strekninger.

Det anbefales at det gjennomføres en utredning for å vurdere hvilke typer maskiner som kan benytte batteridrift, for hvilke arbeidsoppgaver og for hvilke banestrekninger. Dette vil gi grunnlag for en vurdering av hvordan en omlegging av driftsformen i fremtiden kan gjøres.

Prosjektnummer: 21007122	Saksnummer: 201900404-1	Revisjon: 00
Utarbeidet av: Dag Wilhelm Aarsland	Kontrollert av: Geir Vadseth	Godkjent av: Stephen Oommen

Innhold

1 Arbeidsmaskiner	4
1.1 Sporbundne arbeidsmaskiner	4
1.2 Veg-skinne maskiner.....	4
1.3 Dieselforbruk for sporbundne arbeidsmaskiner	5
1.4 Dieselforbruk	5
1.5 Beregning av batterikapasitet for arbeidsmaskin	5
1.6 Utviklingen av utslippsfrie batteridrevne arbeidsmaskiner	6
1.6.1 Eksempel på nødvendig batterikapasitet for 8-timers arbeidsskift.....	7
1.7 Anbefaling.....	7
2 Referanser	8

1 Arbeidsmaskiner

1.1 Sporbundne arbeidsmaskiner

En sporbunden arbeidsmaskin kan beskrives som et spesiallaget kjøretøy for beredskap, bygging, vedlikehold eller til kontrollvirksomhet av jernbaneinfrastrukturen. Kjøretøyene er spesiallagde for spesielle arbeidsoppgaver, og har jernbanehjul tilsvarende andre jernbanekjøretøy.

Samtlige sporbundne arbeidsmaskiner i Norge er dieseldrevne. Grunnen for dette er at personell som benytter disse maskinene skal kunne jobbe under spenningsløst KL-anlegg og at et godt alternativ til diesel ikke har vært tilgjengelig. Maskinene benyttes til arbeid både på elektrifiserte og ikke-elektrifiserte strekninger. Dieseldrift gir denne fleksibiliteten. Med dagens batteriteknologi vil mye av dieseldriften kunne erstattes med batteridrift, spesielt innen områder der KL er utbygd og som gir mulighet for lading av batterier fra KL.

Figur 1 viser en ledningsmaskin med batteridrift. Denne maskinen har kapasitet for ca. 8-timers arbeid i KL-anlegg (1). Foruten at den er utslippsfri, er støyen sammenlignet med dieseldrift redusert med 20 dBA. Ved at maskinen er utslippsfri og at støyen er redusert, gir gunstige arbeidsforhold, spesielt ved arbeid i tunneller.



Figur 1: Ledningsmaskin Plasser&Theurer HTW 100 E³ for arbeid med KL-anlegg (1).

1.2 Veg-skinne maskiner

Grunnprinsippet for en veg-skinnemaskin er at den er bygget som en standard anleggsmaskin/traktor/lastebil men i tillegg har påbygd skinneføringshjul slik at de også kan kjøre på skinnegangen for eksempel frem til områder der det ikke er veg. Flere arbeidsoppgaver må også gjennomføres mens maskinen står eller kjører på skinnene. Denne typen maskiner har blitt populære blant entreprenører da dette gir fleksibilitet, er et standardprodukt (hyllevarer) som dermed har kort anskaffelsestid, og er adskillig billigere enn sporbundne maskiner. Disse maskinene kan imidlertid kun benyttes når annen togtrafikk er avstengt.

Markedet for veg-skinne-maskiner med batteridrift er i støpeskjeen. Mer utstrakt bruk ligger i tilgangen til lading. En entreprenør som leverer tjenester til Bane NOR, opplyser at et av vurderingskriteriene i tilbud for arbeidsoppdrag er miljøvennlige maskiner. For å kunne vinne oppdrag,

er det dermed anskaffet maskin med batteridrift. Det opplyses imidlertid at det ved arbeid langs jernbanen ikke er tilgjengelige lademuligheter, slik at maskinen i realiteten ikke kan benyttes.

1.3 Dieselforbruk for sporbundne arbeidsmaskiner

Dieselforbruket for sporbundne arbeidsmaskiner er innhentet for de maskinen som eies og driftes av Bane NOR SF. Det gis en kort forklaring av typene:

LTR17 ble anskaffet i perioden 2015-2018. Den betegnes som lastetraktor, og er bygget for flerfaglige arbeidsoperasjoner. Maskinen har en forholdsvis kraftig dieselmotor, førerhus med førersete og 4 passasjerplasser. Den har i tillegg et lasteplan med løftekran. Maskinen benyttes til snørydding med sporrensere, plog, snøkost og snøfres. I tillegg benyttes den til sporarbeider og enkle arbeidsoperasjoner i KL-anlegget.

LM7 ble anskaffet i perioden 2012-2014 og betegnes som ledningsvogn. LM7 er ikke en vogn, men en maskin bygget for tyngre/mer omfattende arbeider i KL-anlegg. Maskinen har 2 dieselmotorer, en fremdriftsmotor og en mindre motor for arbeidskjøring.

Bane NOR eier totalt ca. 100 arbeidsmaskiner. Det finnes flere forskjellige typer enn det som er nevnt over. Alle er imidlertid dieseldrevne. Det antas at de fleste kan benytte biodiesel for en 0-utslippsløsning.

1.4 Dieselforbruk

Dieselforbruket for 2 maskintyper ved forskjellige arbeidsoperasjonerverifisert er som følger:

Dieselforbruk pr. time ved tung snørydding (kost og sporrensere) for LTR17

Forbruket til LTR17 er på opptil 100 liter/time ved arbeid med snøfres i tung snørydding (full effekt på motor). Med kost og sporrensere er et forbruk på ca. 60 liter/time mer realistisk, men vil avhenge av hvor mye kost som brukes.

Dieselforbruk pr. time ved kjøring på fri linje for LM7:

Lm7 kan ha et dieselforbruk på 150 liter/time hvis begge motorene går på full belastning. Normalforbruk ved fremføring er 40-50 liter/time med begge motorer aktive.

Dieselforbruk pr. time ved arbeid/arbeidskjøring for LM7:

Ved arbeid antas det at Lm7 bruker i snitt ca. 15-20 liter/time.

Diesel omregnet til kWh: 1 liter = 10,0 kWh

LTR17 lastetraktor forbruker 100 liter/time med bruk av fres i tung snørydding tilsvarer 1 MWh.

LTR17 lastetraktor forbruker 60 liter/time med bruk av snøkost og sporrensere tilsvarer 0,6 MWh

LM7 ledningsmaskin forbruker 50 liter/time ved kjøring på fri linje som tilsvarer 0,5 MWh.

LM7 ledningsmaskin forbruker gj.sn 17 liter/time ved arbeidskjøring som tilsvarer 0,18 MWh.

1.5 Beregning av batterikapasitet for arbeidsmaskin

Dette kapitlet gir et eksempel på nødvendig batterikapasitet for en type arbeidsoperasjon som er forholdsvis energikrevende. Dieselforbruket i foregående kapittel legges til grunn som forutsetning for beregningen. Beregningen må sees som sterkt forenklet.

LTR17 i tung snørydding med snøfres antas å være en forholdsvis energikrevende arbeidsoppgave og tas som eksempel i beregningen her.

Beregning av batterikapasiteter gjøres med forutsetninger at virkningsgrad for motor er 0,3 og hydraulikksystemet for drift av arbeidsutstyr er 0,6. Beregningene gjøres for følgende konsepter:

- Arbeidsutstyret drives hydraulisk, med hydraulikkpumper og motorer
- Arbeidsutstyret drives elektrisk med elmotorer

Beregning av energibehovet for snøfresing:

100 liter diesel pr. time = 1 MWh, som tilsvarer energiforbruket. $1\text{MWh (dieselforbruk)} \times 0.3 \text{ virkningsgrad motor} \times 0.6 \text{ virkningsgrad hydraulikk} = 0.18 \text{ MWh}$. Snøfresing gir et energibehov på 180kWh.

Ved batteridrift (virkningsgrad 0,9 og hydraulisk drift) av snøfresing blir energiforbruket = 330 kWh.
Ved batteridrift (virkningsgrad 0.9) og elektrisk drift av snøfresing (virkningsgrad 0.95) blir energiforbruket = 210 kWh.

For et 8 timers skift med snørydding antas 4 timer med kontinuerlig snøfresing: Dette betyr at det er nødvendig med 1.7 MWh batterikapasitet med hydraulisk system, og 1.1 MWh batterikapasitet for helelektrisk system. Ved en energitetthet på 80 Wh /kg for batteriinstallasjonen vil vekten for 1.7 MWh bli ca. 21 tonn og for 1.1 MWh bli ca. 14 tonn.

Ved en antatt fremtidig batteriteknolog i 2025-2030 vil batteriinstallasjonen kunne redusere til ca. 1/3 av vekten, dvs. henholdsvis 7 tonn og 5 tonn. Dette vil fullt ut erstatte vekten for diesel- og hydraulikkinstallasjonene.

Andre arbeidsoppgaver for LTR17 og for LM7 som er beskrevet i kapittelet over, har et mindre effektbehov og gir derved mindre behov for batterikapasitet.

Ved batteridrift kan fremdrifts- og arbeidssystemer med dieselmotor, gearkasser, kraftuttak, kjølesystem for hydraulikkolje m.m. erstattes med lettere og mer pålitelige elektriske komponenter. Ved kombinert drift fra KL og batteri er det imidlertid også nødvendig med andre installasjoner, på lik linje som for et batteritog, men i mindre skala.

For arbeid i områder med KL synes batteridrift å være en mulig løsning som kan erstatte dieseldrift, mens det på ikke-elektrifiserte banestrekninger vil være mer utfordrende. Dette vil kreve tilrettelegging med KL ladestrekninger (delelektrifisering) og/eller ladestasjoner. Det må gjøres en nøyere beregning/simulering av mulighetene for en overgang til batteridrift innen de forskjellige baneområdene, samt for de forskjellige arbeidsoppgavene maskintypene skal dekke. Dette må gjøres av produsentene for arbeidsmaskiner.

1.6 Utviklingen av utslippsfrie batteridrevne arbeidsmaskiner

Pakkemaskinen i Figur 2 er en hybrid arbeidsmaskin som benytter KL som energikilde, og har i tillegg batteridrift. De to siste maskinene er levert både for AC og DC. Sammenlignet med dieseldrift gir elektrisk drift en reduksjon av støynivået under arbeid på 13dBA. Slike maskiner er forholdsvis nye på markedet og lite utbredt i bruk. Hittil er det produsert og levert 7 maskiner av denne typen.

Maskinen i Figur 2 ble levert av Plasser&Theurer til entreprenørbedriften Krebs Gleisbau så tidlig som 2016. En 10-års kontrakt for bruk er inngått med den Sveitsiske infrastruktureieren SBB.



Figur 2: Unimat 09-32/4S Dynamic E³ pakkmaskin fra Plasser&Theurer, for drift fra KL og batteri.

Data fra maskinen (Figur 2) i operativ drift viser at den etter 110 timers elektrisk drift hadde et forbruk på 44 420 kWh (tilbakemating er inkludert). Skulle denne benyttet diesel ville forbruket ha vært 12

548 liter. Kostnadsbesparelsen ved elektrisk drift har vært 100 Euro pr. time. En realistisk levetid for en slik maskin er 20.000 timer, dette gir kostnadsreduksjon sammenlignet med dieseldrift på 19,6 MNok. Vedlikeholdskostnadene ved elektrisk drift er også lavere enn ved diesel. Sammenlignet med dieseldrift er den totale reduksjonen av utslipp ved elektrisk drift i levetiden beregnet til å bli 31,5 tonn. (2)

1.6.1 Eksempel på nødvendig batterikapasitet for 8-timers arbeidsskift

Energiberegning pr. time ved bruk av batterier:

$(44 \text{ 420kWh}/0,9 \text{ (10\% effekttap)})/110 \text{ driftstimer} = 450 \text{ kW}$

For et 8-timers skift bli energibehovet $450 \text{ kW} \times 8 \text{ timer} = 3.6 \text{ MWh}$

Tilsvarende energibehov ved dieseldrift:

$12 \text{ 548 liter diesel} = 125.5 \text{ MWh}$. Dette gir effektforbruk pr. time: $125.5 \text{ MWh}/110 \text{ timer} = 1.14 \text{ MW}$.

$1.14 \text{ MW} \times 8 \text{ timer} = 9,1 \text{ MWh}$

Energiforbruket ved dieseldrift er 2.5 ganger høyere enn ved batteridrift. Legges det til en sikkerhetsmargin slik at batteripakken er på 4 MWh vil den kunne bygges på en vogn og benyttes på ikke elektrifiserte strekninger. Det må tilrettelegges for lading av batteripakken mellom arbeidsskiftene.

1.7 Anbefaling

Det bør gjennomføres en utredning for å vurdere hvilke typer maskiner som kan benytte batteridrift, for hvilke arbeidsoppgaver og for hvilke banestrekninger.

2 Referanser

1. **Plasser & Theurer.** Plasser and Theurer. [Internett] 15 oktober 2019.
<https://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/e3-technology/overview.html>.
2. **Plasser&Theurer.** Plasser&Theurer. [Internett] [Sisert: 25 November 2019.]
<https://www.plassertheurer.com/en/media-library/publications.html>.