



Omstillingen af infrastrukturen
til batteritog
Strategisk analyse

Maj 2024

Indhold

1	Indledning	4	11	Udbudsmæssige overvejelser	35
1.1	Kommissorium	5	12	Miljø	36
1.2	Organisering	5	12.1	Miljøkonsekvensvurdering	36
2	Sammenfatning	6	12.2	Støj	36
2.1	Videre proces	9	13	Konsekvenserne af forøget aksellast	39
3	Trafikalt grundlag	10	13.1	Nødvendige forstærkninger af spor	39
3.1	Analysernes metodik	10	13.2	Konsekvenser for fornyelse og vedligehold	40
3.2	Landsdelstrafik	12	14	Økonomi	43
4	Materielforudsætninger	14	14.1	Anlægsoverslag	43
4.1	Hvordan fungerer batteritog?	14	15	Risikovurdering	47
4.2	Batteritog i dag	15	15.1	Økonomiske risici	47
4.3	Batteriteknologi	17	15.2	Tidsmæssige risici	47
4.4	Energiforbrug og rækkevidde	18	Bilag: Konceptet for opladning af batteritog	49	
4.5	Ladetid	19	Sammenligning af ladeinfrastruktur	52	
4.6	Materielforudsætninger i denne analyse	19	Kompleksiteten i ladeinfrastruktur til batteritog	53	
4.7	Behov for nyt togmateriel	21	Bilag: Grundløsning for ladeinfrastruktur til batteritog	54	
5	Dimensionering af ladeinfrastrukturen	22	Supplerende køreledningsanlæg i Odense	54	
6	Konsekvenser for allerede elektrificerede strækninger og stationer	24	Ladeinfrastruktur i Frederikshavn	56	
6.1	Kapacitet til opladning af batteritog i det øvrige elektrificerede net	26	Ladeinfrastruktur i Herning	59	
7	Samspil med strækningen Varde-Nørre Nebel	28	Ladeinfrastruktur i Struer	63	
8	Depotladestik	29	Ladeinfrastruktur i Svendborg	67	
9	Synergi ved ladeinfrastruktur til tog, busser og bil	30	Ladeinfrastruktur i Thisted	70	
9.1	Midtjyske Jernbaners undersøgelser	30	Ladeinfrastruktur i Tønder	72	
9.2	Regulerings- og markedsmæssige forhold	30	Ladeinfrastruktur i Viborg	76	
1.1	Rentabilitet ved kombinerede anlæg	31	Bilag: Allerede besluttet ladeinfrastruktur på statslige strækninger	79	
10	Udrulningsplan	32	Ladeinfrastruktur i Holstebro og Skjern	79	
10.1	Forudsætninger for udrulningsplanen	32	Bilag: Ordliste	82	
10.2	Mulig udrulningsplan	33			
10.3	Beslutningsfrist for ladeinfrastruktur	34			

1 Indledning

Med denne rapport afrapporteres hovedresultaterne af den strategisk analyse, som har undersøgt nødvendige infrastrukturelle tiltag i forbindelse med omstilling af dele af den statslige jernbaneinfrastruktur til batteritog.

Analysen er gennemført af Banedanmark i samarbejde med Trafikstyrelsen.

Målet for analysen har været at tilvejebringe et overordnet beslutningsgrundlag for kommende projekter, som skal klargøre den statslige infrastruktur til batteritog.

Baggrunden for analysen er, at der i forbindelse med Infrastrukturplan 2035 blev truffet beslutning om, at hele den statslige togtrafik skal være emissionsfri. Det blev aftalt, at strækninger, der ikke elektrificeres med køreledninger, skal elektrificeres gennem batteritogdrift.

De statslige strækninger omfattet af denne rapport, er regionale strækninger i Midt- og Vestjylland, Svendborgbanen, i Nordjylland og strækningen Roskilde-Køge, jf. Figur 1.



Figur 1: Status på elektrificeringen og strækninger til batteritog

Statens kontrakt vedr. passagertrafik i Midt- og Vestjylland samt på Svendborgbanen udløber ultimo 2028, med option på op til to års forlængelse. Det er på den baggrund og som følge af at levetiden på det eksisterende togmateriel først udløber fra 2030 og de næste år frem, oplagt at introducere batteritog efter 2030.

I regi af undersøgelserne af batteritog i landsdelstrafikken undersøger DSB et scenarie med elektrificering af strækningen Vejle-Struer.

1.1 Kommissorium

Kommissoriet har defineret projektets første delmål som gennemførelse af en strategisk analyse, der tilvejebringer et grundlag for politisk stillingtagen til, hvordan baneinfrastrukturen skal opgraderes til understøttelse af batteritog.

Den strategiske analyse skal:

- Fastlægge den forventede praktiske rækkevidde for batteritog i 2030, som lægges til grund for dimensionering af ladeinfrastrukturen.
- Opstille den sandsynlige fremtidige udvikling af togbetjeningen på de berørte strækninger af betydning for indretning og dimensionering af ladeinfrastrukturen, herunder en særskilt vurdering af hensynet til eventuelle landsdelstog København – Herning – Struer samt den nye jernbane Aarhus-Silkeborg.
- Indeholde et forslag til udrulningsplan for etableringen af ladeinfrastruktur, herunder med angivelse af kritiske beslutningsterminer for opfyldelsen af denne plan.
- Opstille et overblik over eventuelt øvrige infrastrukturmæssige forudsætninger for at indsætte batteritog på strækningerne.
- Indeholde et opdateret overblik over økonomien i udrulningen af ladeinfrastrukturen baseret på tidligere oplæg og nyeste viden fra de igangværende undersøgelser.

Desuden skal den strategiske analyse tage højde for sammenhængen til fremtidige planer for batteritogsdrift for henholdsvis Nordjyske Jernbaner og banen mellem Varde og Nørre Nebel samt indeholde en vurdering af mulighederne for synergi med ladeinfrastruktur til brug for privatbanerne og for busser og biler på stationer.

Som grundlag for den strategiske analyse skal der inddrages viden om praktiske løsningsmodeller i eksempelvis Slesvig-Holsten og andre steder, hvor batteritog er under implementering. Denne viden skal viderebringes i afrapporteringen.

1.2 Organisering

Projektets følgegruppe har haft deltagelse af Transportministeriets Departement, Banedanmark og Trafikstyrelsen.

Følgegruppen har med udgangspunkt i kommissoriet haft det overordnede ansvar for projektets fremdrift og prioriteringer.

Analysearbejdet i projektet har været organiseret i en arbejdsgruppe under ledelse af Banedanmark og med deltagelse af Banedanmark, Trafikstyrelsen og Transportministeriets Departement.

Desuden har Trafikstyrelsen gennemført en omfattende markedsdialog med producenterne af batteritog, så projektet har kunnet opstille et veldokumenteret scenarie for batteritogs ydeevne i 2030, som er den tidligst forventede termin for omstillingen til batteritog på nogle af strækningerne.

Der har i forløbet været gennemført besøg hos det nordtyske trafikselskab NAH.SH samt DB i Kiel. Samtidig blev der gennemført en besigtigelse af de kommende værksteds- og vedligeholdelsesfaciliteter i Rendsburg. Her blev der givet en introduktion til det tyske koncept for ladeinfrastruktur.

2 Sammenfatning

Det er med Infrastrukturplan 2035 besluttet, at hele den statslige togtrafik skal være CO₂-neutral. Af aftalen fremgår det, at fremtidens løsning for strækninger, der ikke elektrificeres med køreledninger, er elektrificering gennem batteritogsdrift. For at understøtte emissionsfri drift med batteritog på regionale strækninger skal elektrificeringen af hovednettet suppleres med ladeinfrastruktur på flere lokaliteter.

Ved planlægningen af ladeinfrastruktur er der taget udgangspunkt i et driftsoplæg for 2030, med udgangspunkt i det nuværende trafikomfang, men tilpasset batteritogs køredynamik. Batteritog er hurtigere end det nuværende dieselmateriel, men det kan være nødvendigt med længere ophold ved endestationerne pga. behovet for opladning.

Batteritogs forventede minimumsrækkevidde er en dimensionerende faktor for omfanget og placeringer af ladeinfrastruktur.

I denne strategiske analyse tages udgangspunkt i en konservativ vurdering baseret på dagens teknologi uden forventning til teknologisk udvikling. På den baggrund antages en minimumsrækkevidde for batteritog på 90 km i analysen, svarende til minimumsrækkevidden ved udgangen af 2023, når der bestilles et nyt standardbatteritog, typisk til levering omkring år 2027.

Det vurderes at være et meget robust scenarie med afsæt i batteriernes garanterede ydeevne i det sidste leveår under vanskelige vejrforhold som meget lave temperaturer og meget sne. Der er således reservekapacitet under normal drift.

Allerede i dag er der batteritog på markedet, som præsterer længere rækkevidde, men det vurderes vigtigt at ladeinfrastrukturen planlægges til at understøtte et

bredt udvalg af batteritog, så der er konkurrence ifm. kommende udbud af batteritog.

Togtrafikken på de ikke-elektrificerede statslige bane-strækninger, hvor supplerende ladeinfrastruktur er nødvendig, fordeler sig på to forskellige trafikkontrakter:

- Statslig kontrakt for togtrafik i Midt- og Vestjylland samt på Svendborgbanen
- Togtrafik mellem Frederikshavn og Skørping (trafikbestiller: Region Nordjylland)

Der vil kræves etablering af ladeinfrastruktur for at understøtte drift med batteritog på begge ovennævnte trafikkontrakter. Da trafikbestillingen ikke følger de samme kontraktterminer, kan den strategiske analyse grundløsning opdeles i relation til de ovennævnte trafikkontrakter.¹

Etablering af ladeinfrastruktur nord for Limfjorden skal koordineres med Nordjyske Jernbaners planer for nyt materiel, da det ikke forventes, at andre operatører skal anvende ladeinfrastrukturen.

Etableringen af ladeinfrastruktur finansieres af FL §28.63.08.51. Prognosen for restbevillingen, efter anlæg af ladeinfrastruktur i Holstebro og Skjern, er 773 mio. kr.

Anlægsbudgettet for grundløsningens anlæg af nødvendig ladeinfrastruktur ved batteritogs rækkevidde på 90 km udgør 937 mio. kr., hvilket er ca. 18 pct. højere end bevillingen. Placering af ladeinfrastruktur i grundløsningen fremgår af Tabel 1.

¹ Strækningen Roskilde-Køge er statslig, men er allerede elektrificeret i begge ender.

Tabel 1: Oversigt over ladeinfrastruktur ved forskellige rækkevidder for batteritog.

Lokation	Trafikkontrakt	Ladeinfrastruktur nødvendig ved rækkevidde		Anlægsoverslag i inkl. 50 % korrektionstillæg (PL24)*)
		90 km	103 km	
Frederikshavn	Region Nordjylland	✓	✓	124 mio. kr.
Herning	Statslig	✓	✓	624 mio. kr.
Struer	Statslig	✓	✓	
Thisted**)	Statslig	✓	✓	
Tønder	Statslig	✓	✓	
Odense***)	Statslig	✓	✓	
Svendborg	Statslig	✓		189 mio. kr.
Viborg	Statslig	✓		

Bemærkninger til tabellen:

*) Anlægsomkostningerne er inklusive tillæg til støjafskærmning svarende til 2,5 mio. kr. pr. lokalitet på stationerne i Frederikshavn, Struer, Svendborg, Thisted, Tønder og Viborg

***) Omkostninger til forøgelse af aksellasten fra 18 ton til mindst 20 ton på strækningen Struer-Thisted, så der kan køre batteritog på strækningen, er ikke inkluderet i anlægsbudgettet. Dette omfatter både finansiering af et ekstraordinært stort fornyelsesprojekt, yderligere arbejder for at opgradere lasteevnen samt potentielt udgifter til en løsning på Oddesundbroens bæreevne.

****) Anlæg af køreledningsanlæg ved perronspor 8 på Odense Station. Er en forudsætning for indsættelse af batteritog på Svendborgbanen.

Det bemærkes, at introduktionen af tungere batteritog vil indebære et øget slid på infrastrukturen. En modelberegning, der er behæftet med stor usikkerhed, indikerer, at slidafledte vedligeholdelsesomkostninger vil kunne stige med 200 pct. sammenlignet med de nuværende dieseltog², svarende til omkring i alt omkring 130 mio. kr. pr. år (PL2024) for alle strækninger, hvor der introduceres nye tog med forøget aksellast.

Den i grundløsningen antagende minimumsrækkevidde på 90 km afspejler et robust scenarie med rummelig reservekapacitet i normal drift. Batteritog vil på de statslige strækninger ikke skulle indsættes før tidligst slutningen af 2030, hvorfor der godt kan tænkes en fortsat udvikling af batteritogs minimumsrækkevidde, så den bliver mere end 90 km.

Udviklingen går hurtigt, og f.eks. har Stadler FLIRT Akku som ses i Figur 2 en batterirækkevidde på 150

km, og har kørt 224 km på en opladning ved 0 °C. Med andre ord kan ladeinfrastrukturen i grundløsningen være overdimensioneret i forhold til det behov, der er på den anden side af 2030. Hvis batteritogets rækkevidde eksempelvis øges til 105 km, kan omfanget af nødvendig ladeinfrastruktur reduceres, hvormed anlægsbudgettet reduceres til 748 mio. kr. Det skyldes at ladeinfrastruktur i Svendborg og Viborg derved ikke er nødvendig.

I næste undersøgelsesfase på NAB fase 2-niveau vil minimumsrækkevidden for batteritog blive genbesøgt med henblik på at sikre, at der ikke anlægges unødvendig ladeinfrastruktur.

² Med den eksisterende brug af de nuværende dieseltog estimeres de slidafledte vedligeholdelsesomk. til 65 mio. kr. pr. år (PL2024), for de pågældende strækninger.

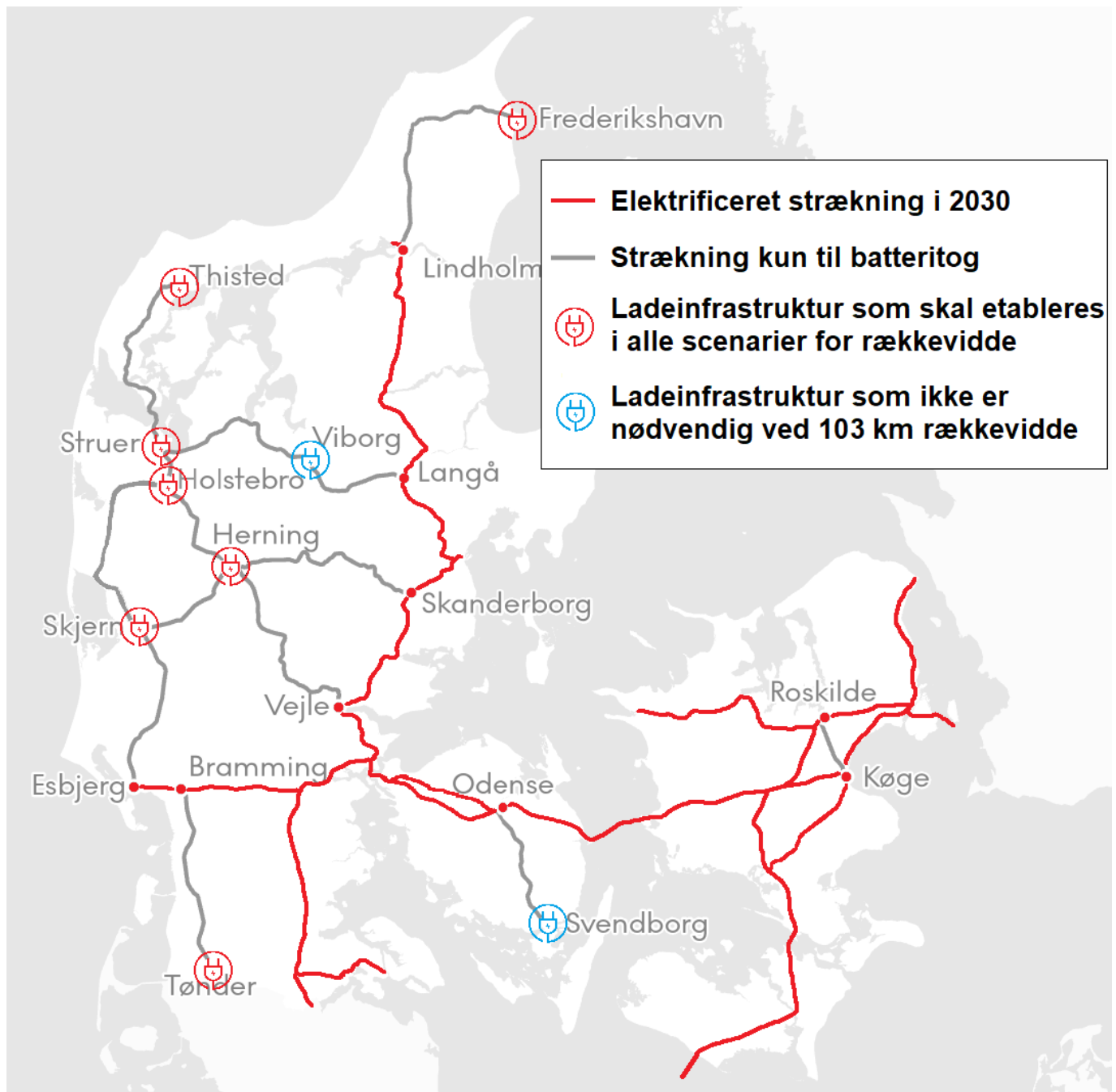


Figur 2: Stadler FLIRT Akku er allerede indsat i Nordtyskland

Udrulningen af ladeinfrastruktur foreslås samtidig planlagt, så de lokaliteter som kun skal etableres, hvis batteritogs maksimale rækkevidde er 90 km, bliver etableret sidst. Derved mindskes risikoen for, at der etableres ladeinfrastruktur, som vil blive unødvendig ved forbedret rækkevidde for batteritog.

Den nødvendige ladeinfrastruktur for batteritog ved en rækkevidde på batteri på 90 km eller 103 km er vist i Figur 3.

Ladeinfrastruktur til batteritog er med den nuværende teknologiske udvikling ikke aktuel i relation til godstog, og dette forventes ikke ændret frem mod 2030.



Figur 3: Elektrificering i 2030 og mulige scenarier for ladeinfrastruktur i grundløsningen.

2.1 Videre proces

Næste skridt er teknisk modning af projektet, til afrapportering af beslutningsgrundlag på fase 2-niveau.

Det indstilles at undersøge ladeinfrastruktur på placeringer nævnt i grundløsningen i dybden. Der er undervejs i det gennemførte undersøgelsesgrundlag opstået usikkerhed omkring definition og håndtering af støj, lige som den teknologiske udvikling på batterier også kan ændre på behovet for ladeinfrastruktur. Begge temaer har særligt fokus i næste NAB fase 2-undersøgelse.

3 Trafikalt grundlag

3.1 Analysernes metodik

Afvikling af dieseltogsmateriel og introduktion af nyt batteritogs materiel foregår lige nu flere steder i Europa. I Danmark har Midtjyske Jernbaner sammen med staten indkøbt syv batteritogsæt og er i gang med omstillingen af infrastrukturen med henblik på at batteritogene sættes i drift i løbet af 2025.

Egentlige driftserfaringer er på nuværende tidspunkt meget sparsomme, men erfaringer med planlægningen og udrulning af infrastrukturen er til stede. Særligt i Tyskland er de i flere regioner nået langt med implementeringen.

I Tyskland viser erfaringerne, at når et jernbanenet skal overgå fra dieseltog til at blive betjent med batteritogs materiel, er det mest fordelagtigt at planlægge det hele som et samlet "system". Det vil i praksis sige, at indretningen af ladeinfrastrukturen planlægges i henhold til den køreplan, man ønsker at afvikle og det togmateriel, som der påtænkes benyttet. Den optimale rækkefølge, som det nordtyske trafikelskab NAH.SH har fulgt, er først at fastlægge den køreplan, der skal køres, hvorefter der vælges/indkøbes togmateriel. Slutteligt planlægges og etableres den nødvendige ladeinfrastruktur.

En sådan "optimal rækkefølge" i planlægningen har ikke været mulig i denne analyse, da hverken den fremtidige køreplan eller det fremtidige togmateriel på nuværende tidspunkt er kendt.

For at kunne planlægge placering og dimensionering af den ladeinfrastruktur, der vil være brug for, når dieseltogsmateriellet er udskiftet med batteritog, har projektet derfor defineret henholdsvis et bud på den fremtidige trafik og et bud på det batteritogs materiel, der skal stå for betjeningen i Jylland og på Svendborgbanen. Disse forudsætninger er også anvendt for regionaltogetrafikken i Nordjylland, om end udskiftning

gen til batteritog først ventes at ske senere. Forudsætninger vedrørende det fremtidige batteritogs materiel fremgår af kapitel 4.

Det væsentligste sigte for udarbejdelsen af den eller de mulige fremtidige køreplaner er at undersøge, om der synes væsentligt ændrede forhold, som kunne påvirke beslutningen om de konkrete placeringer af ladeinfrastruktur samt at kunne dimensionere denne, så den imødekommer de forventede behov i form af f.eks. den nødvendige elektriske effekt og antal elektrificerede spor.

Projektet har i tilgangen til analyserne valgt, at udgangspunktet for de fremtidige køreplaner skal være den nuværende kendte trafik. Derved kan det vurderes, i hvilket omfang overgangen til batteritogsdrift vil kunne medføre ændrede rejsetider, ændret materielbehov, mv.

Konklusionen på denne indledende vurdering er, at der med batteritog og den foreslåede ladeinfrastruktur kan tilbydes en trafikbetjening svarende til den, der tilbydes i dag. Indsættelse af batteritog kan desuden lokalt betyde reduktioner i køretid, som kan udnyttes til f.eks. ekstra ophold for at oplade, øget robusthed eller lidt kortere rejsetid.

De trafikale vurderinger er baseret på et robust scenarie, hvor det er forudsat, at materiellet ikke kører sammenbundet mellem flere strækninger, men i stedet kører frem og tilbage mellem to endestationer. Dette er et robust scenarie, da fremtidens operatør og køreplaner ikke kendes, men som også kan betyde et lidt højere materielbehov end i den nuværende køreplan.

Ved den praktiske fastlæggelse af køreplanen kan det være muligt fortsat at sammenbinde den materielmæssige kørsel strækninger imellem, hvorved det må antages, at materielbehovet kunne være sammenligneligt med i dag.

Det er vigtigt at understrege, at den af passagererne oplevede køreplan, og dermed de produktionsmæssige konsekvenser (rejsetider, togminutter, materielforbrug), udarbejdes på baggrund af en fremtidig trafikkontrakt, herunder de præcise egenskaber for det anvendte togmateriel, operatørernes egen planlægning og Banedanmarks konkrete tildeling af kapacitet.

3.1.1 Køreplanerne

Til brug for analysen har Trafikstyrelsen udarbejdet et driftsoplæg – et eksempel på en fremtidig køreplan for 2030 for trafikken i Midt- og Vestjylland, på Svendborgbanen samt i Nordjylland.

Driftsomfanget afspejler som udgangspunkt trafikken i kontrakten med Arriva for perioden 2020 – 2028 og for Nordjyske Jernbaner fra 2023. For Nordjyske Jernbaner er dog forudsat en udvidelse med betjening til Hobro, og at Nordjyske Jernbaner ikke forventes at betjene Aalborg Lufthavn i 2030.

På Svendborgbanen er forudsat en køreplan med tre tog i timen pr. retning, som har kørt i en årrække, men som pt. er fraveget pga. en udfordret infrastruktur og mangel på materiel.

Der er generelt forudsat timedrift på linjer, hvor der i 2023 er enkelte huller i denne.

Køretiderne, der ligger til grund for køreplanlægningen, er i relation til acceleration og nedbremsning beregnet ud fra et elektrisk togsæt, ET, hvor den maksimale hastighed i beregningerne er begrænset til 140 km/t, alternativt gældende strækningshastighed, hvis denne er lavere. Dialog med togleverandører viser, at ET-materiellets køreegenskaber er tæt på at være sammenligneligt med et fremtidigt batteritogs køreegenskaber.

Der er udarbejdet oplæg til konkrete køreplaner for de strækninger, som Arriva pt. betjener, samt for Nordjyske Jernbaners kørsel på strækningen Frederikshavn – Aalborg – Hobro. I forhold til dagens køreplaner giver batteritog mulighed for mindre køretidsreduktioner, som opnås som følge af batteritogets bedre køreegenskaber (i forhold til det nuværende dieselmateriel) og en ændret køreplan, hvor f.eks. tog måske krydser andre steder end i dag. De reducerede køretider benyttes

til enten ekstra ophold for at oplade, øget robusthed eller lidt kortere rejsetid.

Da de fremtidige køreplaner i det store hele er baseret på dagens trafik, er produktionen (antal togkilometer) uændret i forhold til dagens situation. Derimod viser beregningerne, at reducerede køretider kan give en mindre reduktion af antal togtimer på 5-10 pct.

3.1.2 Materielbehov

Der er udarbejdet produktionsplan for togmateriellet (omløbsplan) til køreplanseksemplet for det fremtidige driftsoplæg.

Udgangspunktet for omløbsplanerne har været, at en strækning betjenes isoleret af tog "frem og tilbage", altså lukkede løb på den pågældende køreplanlagte strækning. Ligesom i dag har sammenbinding af trafikken strækninger imellem betydning for robustheden. Dette gælder dog særligt i fremtiden, hvor batteritog er afhængige af ophold til at lade op.

For trafikken i Midt- og Vestjylland samt på Svendborgbanen kræves i det udarbejdede køreplanseksempel i alt 54 togsæt mod 51 i den nuværende køreplan (K23). Det er muligt at vælge sammenbinding mellem flere strækninger, hvorved behovet for togsæt evt. kan reduceres til at være på niveau med i dag.

Til trafikken i Nordjylland kræves i køreplanseksemplet i alt 20 togsæt, hvilket ikke vurderes at afvige fra en situation med dieseltog. I den nuværende køreplan benytter Nordjyske Jernbaner 18 togsæt, hvilket dog ikke omfatter en udvidelse af driften til Hobro, men indeholder betjening af Aalborg Lufthavn.

Behovet for togsæt i det fremtidige driftsoplæg er vist i Tabel 2 og er opgjort med hhv. grundbehov (antal togsæt) og evt. forstærkning (antal togsæt) til opformering på afgang med mange passagerer. Behovet for forstærkning kan variere alt efter passagerefterspørgslen. Til togsæts behovet skal tillægges operatørens behov for reserver (drift, vedligehold).

Tabel 2: Materielbehov på de enkelte strækninger

Strækning	Grundbehov	Evt. forstærkning	I alt
Esbjerg – Tønder – Niebüll.	6	0	6
Esbjerg – Nørre Nebel	3	0	3
Esbjerg – Skjern	3	0	3
Skjern – Herning – Aarhus	5	1	6
Vejle – Herning – Holstebro – Struer	7	0	7
Aarhus – Herning – Struer	6	1	7
Aarhus – Viborg – Struer	9	2	11
Struer – Thisted	3	0	3
Odense – Svendborg	5	2	7
I alt for Midt- og Vestjylland samt Sv.banen	47	7	54
Hirtshals/Skagen – Frdhvn. – Aalborg – Hobro	14	6	20

3.1.3 Effekttæk på ladeinfrastrukturen

Effekttækket – dvs. hvor meget energi der skal trækkes fra elnettet – på den enkelte lokation for etablering af ladeinfrastruktur er beregnet ud fra, hvor meget hvert batteritog vil skulle oplades ved en given station på et givent tidspunkt. Dette gøres – med udgangspunkt i køreplansscenariet – på baggrund af, hvor langt det enkelte batteritog har kørt siden sidste opladning, og hvor lang tid det holder for at oplade. Når der er flere batteritog, som skal lade op samtidigt, summeres effekttækkene for de enkelte tog.

På nogle stationer er opholdstiden ikke tilstrækkelig til, at toget kan lades helt op. I disse tilfælde regnes der med ekstra opladning ved den efterfølgende station med ladeinfrastruktur. F.eks. vil et tog fra Vejle til Struer afgå fuldt opladet fra Vejle. Undervejs forudsættes det opladet mellem Herning og Gødstrup, hvor tiden dog ikke er tilstrækkelig til, at toget her bliver fuldt opladet. Toget bliver derfor først fuldt opladet igen i Struer.

Ladehastigheden bestemmes ud fra hvor lang tid, der er til at oplade, og hvor meget energi, toget skal oplade på det pågældende ophold. Ladehastigheden kan blive afstemt efter opholdstid og energibehov, for at toget oplader med den lavest mulige ladehastighed, da dette bl.a. skåner batteriet.

Ved driftsforstyrrelser kan der dog være behov for hurtig opladning, hvorfor ladeinfrastrukturen altid dimensioneres til min 2,5 MVA³, svarende til at der kan lynoplades med 27,5 kV, 80 A.

3.2 Landsdelstrafik

Nærværende undersøgelse går ikke i detaljen med afviklingen af landsdelstrafik mellem elektrificerede og ikke-elektrificerede strækninger, herunder København-Herning-Struer. Denne analyse varetages i særskilt undersøgelse gennemført af DSB.

Ladeinfrastrukturen i Struer og Herning bliver i denne analyses grundløsning dog dimensioneret med tilstrækkeligt langt køreledningsanlæg og tilstrækkelig høj effekt til, at eventuel landsdelstrafik med batteritog Struer-Herning-Vejle-København også vil kunne understøttes.

³MVA står for megavolt ampere, og er enheden for transformerstationers effekt. Effektmæssigt svarer MVA til megawatt (MW).



4 Materielforudsætninger

For at fastlægge tekniske karakteristika for batteritog, som kan leveres til drift i 2030, har Trafikstyrelsen haft dialog med flere togleverandører. I kapitlet forklares, hvordan et batteritog er bygget op, og hvordan drift med batteritog adskiller sig fra de nuværende dieseltog, samt hvilke parametre der er forudsat i analysen. Desuden vises eksempler på batteritog.

4.1 Hvordan fungerer batteritog?

I batteritog er energien til togets fremdrift lagret i batterier ombord på toget. Batterierne oplades via en strømaftager på taget af toget, enten ved ladestationer eller på strækninger som er elektrificeret med køreledninger. Ved længere ophold, eksempelvis når toget parkeres over natten, er det endvidere muligt at oplade toget via et stik.

Et batteritog er opbygget som et almindeligt el-tog, men ombord på toget vil der desuden være nogle batterimoduler samt dertilhørende komponenter til opladning og opbevaring af batterierne. Dertil kommer et energistyresystem, som sikrer optimal udnyttelse, rækkevidde og levetid for batterierne ved drift og opladning.

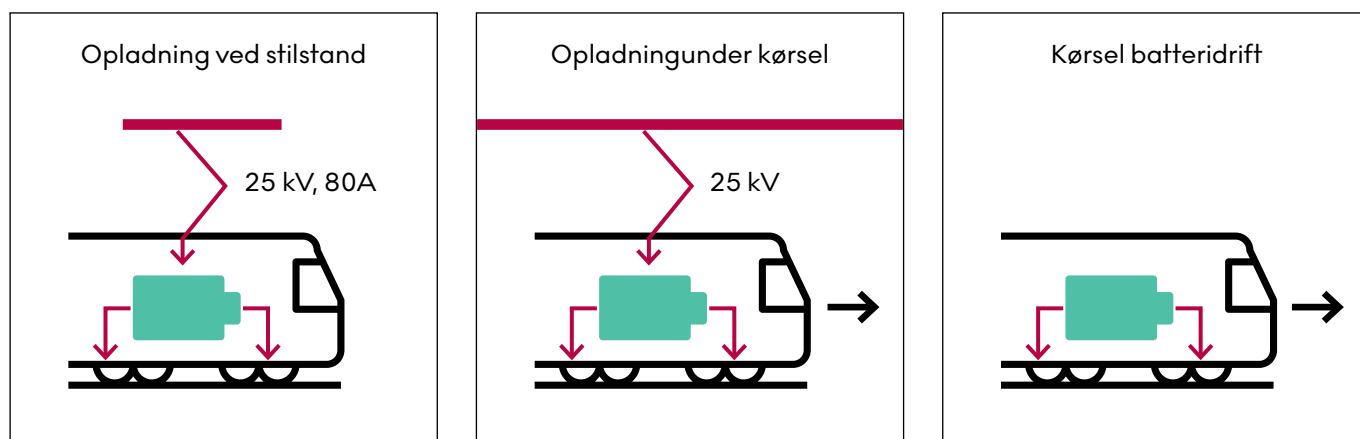
Batteritog kan som udgangspunkt køre som almindelige el-tog på strækninger, der er udstyret med køreledninger, mens batteridriften foregår på de strækninger, hvor der ikke er køreledninger.

Toget kan oplade batteriet, når det kører på strækninger med køreledninger, og er således egnet til drift både, hvor der er køreledninger, og hvor der ikke er.

Når toget kører på batteridrift, vil batteriet blive afladet undervejs. Når toget bremser, bruges motoren til at generere strøm, som bliver overført til batteriet, således at batteriet oplades under nedbremsning.

De tre driftstilstande for batteritog er illustreret i Figur 4.

Mekanisk er batteritog simple end dieseltog, hvorfor de også kræver mindre vedligeholdelse.



Figur 4: De tre driftstilstande for batteritog.

4.1.1 Sammenhæng mellem materiel og infrastruktur

Batteritog vil have fordele som bedre acceleration og højere tophastighed end de nuværende dieseltog på sidebanerne, hvilket kan anvendes til ekstra robusthed i køreplanerne eller eventuelt reduceret rejsetid.

Behovet for opladningstid, den mindre rækkevidde (end dieseltog) og placeringen af ladeinfrastrukturen giver dog en anden type bindinger i planlægningen af trafikken i sammenligning med dieseltog. Der skal således planlægges med tilstrækkelig opladningstid ved stationer, hvor der oplades, herunder med en robusthed, der tager højde for forekommende forsinkelser og dermed afkortet opladningstid.

Etablering af korte strækningselektrificeringer, hvor batteritog kan lade op under kørsel forbedrer robustheden i forhold til opladning ved stilstand, da der her ikke er nogen tidsmæssig binding i relation til opladningen.

4.1.2 Hævning og sænkning af strømaftageren

Strømaftageren på toget af toget hæves og sænkes som på almindelige el-tog, når toget skal lade eller køre under køreledninger. Det er både muligt at hæve og sænke strømaftageren, når toget holder stille og under kørsel. Strømaftageren kan hæves og sænkes ved, at det aktiveres af lokomotivføreren. Hvis der installeres det nødvendige udstyr, er det dog også teknisk muligt, at det aktiveres automatisk.

De udviklingsmæssige perspektiver ved et sådant systems introduktion, herunder evt. samspil med de nye digitale sikringssystemer, foreligger ikke. Derfor er det i denne analyse forudsat, at toget holder stille, når strømaftageren hæves eller sænkes.

4.1.3 Klima og miljø

Indførslen af batteritog i Danmark giver miljø- og klimamæssige gevinster, da man herved udfaser kørsel med dieseltog på en lang række regionale og lokale banestrækninger, der ikke tænkes elektrificeret med køreledninger.

Batteritog vil bidrage til den grønne omstilling, da det giver mulighed for kørsel med tog uden direkte CO₂- og partikelemissioner fra toget. Ligeledes har batteritog lavere energiforbrug (højere energieffektivitet) end tilsvarende dieseltog.

4.2 Batteritog i dag

Batteritog leveres i dag til regionaltrafik i flere lande i Europa, og de største europæiske togleverandører har batteritog i deres portefølje. Batteritog forventes således mere og mere udbredt i Europa i de kommende år.

Fleere togproducenter kan levere batteritog baseret på standardplatforme til regionaltrafikken. Batteritog leveres i dag som togsæt med maksimal hastighed på 140 eller 160 km/t. Batteritog kan således understøtte en trafik, som svarer til den trafik, der i dag kører på de statslige regionale jernbanestrækninger, der ikke elektrificeres, og teknologien vurderes moden til at udfylde det fremtidige behov for trafik på disse strækninger.

De efterfølgende tre eksempler er batteritog, som findes på markedet i dag, og som i størrelse minder om de tog, der kører på de danske lokal- og regionalbaner i dag. Alle tre batteritog bygger på kendte el-tog, som findes i et stort antal i Europa. Togene deler konstruktion og komponenter med eksisterende el-tog, men har blot fået tilføjet batteripakker og det tilhørende udstyr. I de kommende år forventes flere togleverandører at bringe tilsvarende tog på markedet.

4.2.1 Siemens Mireo Plus B til Midtjyske Jernbaner

Fra 2025 bliver Midtjyske Jernbaner den første operatør i Danmark til at bruge batteritog, med 7 togsæt af typen Mireo Plus B fra Siemens, som visualiseres i Figur 5.

De kommende batteritog indsættes på privatbanen Lemvigbanen og på regionalbanestrækningen Skjern-Holstebro.

Togene er ca. 47 m lange og kan køre op til 140 km/t. Togtypen er også bestilt af flere tyske operatører, og platformen understøtter en version, der kan køre op til 160 km/t.

4.2.2 Stadler Flirt Akku til NAH.SH

Siden oktober 2023 har Stadlers batteritog Flirt Akku været i drift i Slesvig-Holsten. Det regionale trafiksel-skab NAH.SH har i alt bestilt 55 tog.

Toget, som vises i Figur 6, er ca. 46 m langt og kan køre op til 160 km/t.

4.2.3 CAF Civity til Verkehrsverbund Rhein-Ruhr (VRR)

I 2025 begynder trafiksel-skabet VRR driften med batteritog i det vestlige Tyskland. Trafiksel-skabet har bestilt 63 tog fra producenten CAF i to versioner på hhv. 45 eller 55 m. Togene kan køre 140 km/t, men CAFs Civity-plattform muliggør også tog, der kan køre 160 km/t. Toget ses i Figur 7.



Figur 5: Midtjyske Jernbaners Siemens Mireo B.
Foto: RailcolorOntrack / Midtjyske Jernbaner



Figur 6: Stadler Flirt Akku. Foto: Trafikstyrelsen



Figur 7: CAF Civity. Foto: CAF

4.3 Batteriteknologi

Batterierne sammensættes i flere batteripakker, hvor batterierne placeres i kompakte moduler, som er designet/tilpasset til at blive placeret ombord på toget. Typisk placeres batteripakkerne under gulvet. Et eksempel på placering af batteripakke ses i Figur 8.

Batteritypen skal, om muligt, have høj kapacitet, høj energitæthed, være holdbar og understøtte hurtig opladning (og hurtig afladning). Mulighed for at batterierne kan yde hurtigoplading er nødvendig for at sikre korte ophold ved ladestationerne og effektiv udnyttelse af energien ved nedbremsning af toget.

Der anvendes avancerede strømstyringssystemer ombord på toget for at sikre optimal anvendelse og ydelse af batterierne. Eksempelvis er det en fordel, at der ikke oplades med større effekt, end der er behov for. Ligeledes kan temperatur have stor betydning for batteriernes ydeevne. For at sikre lang holdbarhed er batteriets fulde kapacitet ikke til rådighed ved opladning og afladning i almindelig drift.

I særlige situationer kan der være mulighed for, at den ekstra kapacitet anvendes til at bringe et tog frem til nærmeste opladning eller afsætningsmulighed for passagerer i tilfælde, hvor rækkevidden ellers ikke er tilstrækkelig.



Figur 8: Batteripakke monteret under toget. Foto: Trafikstyrelsen

4.3.1 Batterikapacitet kan tilpasses behovet

Togproducenter kan levere tog af samme type men med forskellige batteristørrelser. En større batterikapacitet betyder i udgangspunktet ekstra omkostninger og tilføjer ekstra vægt til toget. En større batterikapacitet kan muliggøre længere rækkevidde og/eller større robusthed i trafikafviklingen.

Togene leveres typisk med en batteristørrelse, der er afpasset den konkrete trafik, som togene skal anvendes til jf. det udbud, som operatør eller materielejer gennemfører for anskaffelse af batteritog. Når der i forbindelse med materieludbud skal opstilles kravspecifikationer, kan der stilles krav om længere rækkevidde.

4.3.2 Batterilevetid

Batteriernes kapacitet vil aftage med tiden, og batterier mister lidt af deres ydeevne, efterhånden som de aflades og oplades. Batteritypen skal derfor være holdbar iff. at kunne tåle gentagne opladninger (og afladninger) hver dag i en længere årrække. Det kan forventes, at batterierne bliver udskiftet minimum en gang i løbet af togets forventede levetid på 30 år. Dette sker inden, at batterierne når et niveau, hvor de ikke længere kan holde tilstrækkeligt med energi til, at trafikken kan gennemføres.

Togproducenterne yder normalt en garanti for batteriernes levetid. En garanti kan være betinget af, at toget bruges til den trafik, som det er tiltænkt jf. udbud ved køb, og at togproducenten har adgang til togets data. Desuden vil leverandøren typisk betinge, at de selv står for service på batterisystemet.

4.3.3 Batterier og vægt

Batterierne og det tilhørende udstyr medfører en øget vægt af toget sammenlignet med et tilsvarende dieseltog. Batteriernes vægt afhænger bl.a. af, hvor stor en kapacitet batterierne skal have, og hvilken type batteriteknologi der anvendes.

Det vil være op til togproducenterne at sammensætte togets batteripakke, så den er velegnet til den trafik, der skal kunne leveres i Danmark, og tilpasset de strækninger togene skal betjene, jf. det konkrete udbud af indkøb af nyt togmateriel som materielejeren fastlægger.

4.4 Energiforbrug og rækkevidde

Grundlæggende hænger rækkevidden sammen med togets batterikapacitet, og hvor stort et energiforbrug toget har, når det kører.

Et tog med lavt energiforbrug har større rækkevidde end et med højere energiforbrug. Tilsvarende har et tog med stor batterikapacitet længere rækkevidde end et med lille batterikapacitet.

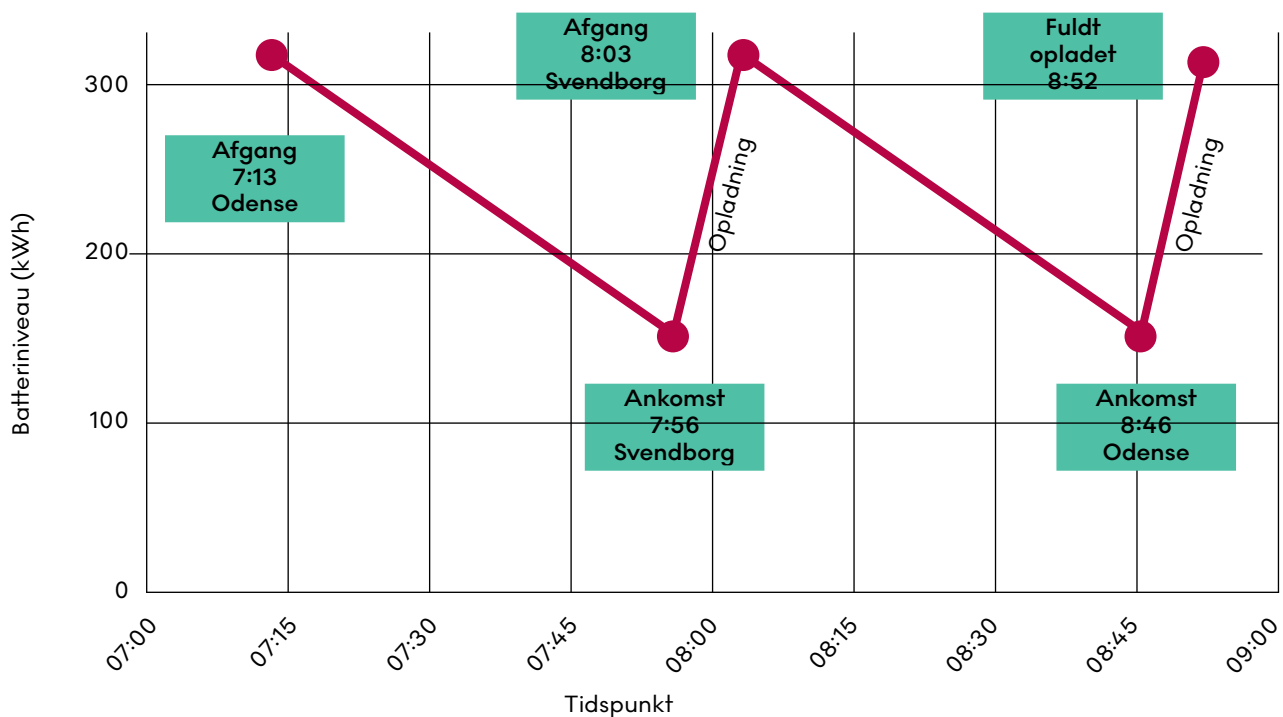
Brugen af toget er ligeledes væsentlig, da toget også skal have en tilstrækkelig rækkevidde i hele batterierens levetid.

Energiforbruget afhænger dels af togtypen, dels af en række konkrete forhold, herunder bl.a.:

- togets hastighed og størrelse
- banens længdeprofil og hastighedsprofil
- antal standsninger undervejs
- vejr og temperaturforhold
- passagerbelægning mv.

Energiforbruget er større, når der accelereres, hvis der er en høj passagerbelægning og udendørstemperaturer under frysepunktet. Ved mere gunstige driftsforhold kan et batteritog forventes at bruge mindre energi, hvilket betyder, at et batteritog ofte vil skulle oplade i kortere tid end planlagt i en køreplan.

Der er behov for en vis robusthed i køreplanen, så den også hænger sammen i driftssituationer med ekstra høje eller lave temperaturer eller med høj belægningsgrad, jf. Figur 9 med togets batteriniveau i et køreplaneksempel på Svendborgbanen.



Figur 9: Eksempel på kørsel på Svendborgbanen og togets batteriniveau

4.5 Ladetid

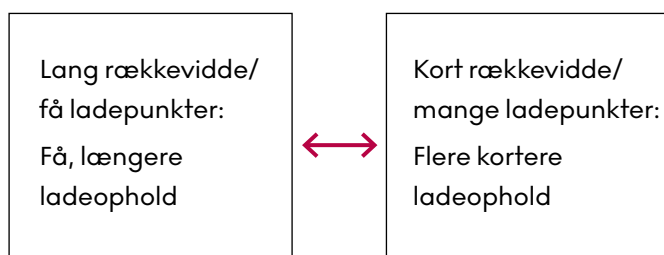
I køreplanen skal der afsættes tid til at oplade batterierne. Mange steder vil et batteritog dog ikke skulle have en fuld opladning, men kun benytte et kortere ophold til at fylde lidt energi på batterierne.

Hvor hurtigt der kan lades; er et direkte resultat af både, hvad der er tilgængeligt fra ladeinfrastrukturen, og hvad toget kan tage imod. Ladetiden afhænger desuden af, hvor meget energi der er behov for til den planlagte kørsel. Er der god tid til at oplade, kan toget lade langsommere og skåne batteriet.

Ladetiden er et kritisk parameter, når trafikken skal planlægges. Her bør togmateriel og ladeinfrastruktur betragtes som et samlet system, hvor hensyn til bl.a. den ønskede trafikbetjening, robusthed og investeringer i materiel og ladeinfrastruktur skal balanceres. Hvis der er langt mellem ladestationerne, betyder det, at toget skal oplades mere, når det når frem. Sammenhængen kan skitseres som vist i Figur 10.

Tilrettelægges en køreplan med kort tid til at lade toget op, kræves yderligere ladeinfrastruktur ved andre standsninger eller eventuelt på delstrækninger. En meget stram køreplan med kraftig opladning, hvor batterierne belastes hårdt, kan føre til en kortere rækkevidde sidst i batteriernes levetid.

Kræves toget fuldt opladet ved endestationen, kan der opstå situationer, hvor der ikke er nok vendetid, og det er nødvendigt med et ekstra togsæt, for at trafikken kan køres. Vælges en løsning med et minimum af ladeinfrastruktur, vil robustheden være lavere ved driftsforstyrrelser.



Figur 10: Sammenhæng mellem togets rækkevidde og udbredelsen af ladeinfrastruktur

Ovenstående er bare nogle eksempler på, hvad opladningstiden kan betyde i samspillet mellem tog, køreplaner og ladeinfrastruktur.

4.6 Materielforudsætninger i denne analyse

I denne analyse er forudsat, at de nye batteritog er en udskiftning af de nuværende dieseltog (Lint/Desiro) med tilsvarende batteritog. Det vil sige, at der forudsættes "små" to-vogns togsæt, der er ca. 45 m lange, og med omkring 120 siddepladser, svarende til den konfiguration, som eksempelvis anskaffes af Midtjyske Jernbaner.

Der er taget udgangspunkt i dialog med en række europæiske togleverandører og i de tog, der er bestilt på sammenlignelige strækninger andre steder i Europa.

Baseret på denne togtype, anvendes følgende forudsætninger i analysen:

- Mindst 90 km rækkevidde
- Op til ca. 9 km drift pr. minuts opladning
- Aksellast maksimalt 20 t.
- Acceleration: 0,7-1,1 m/s²

Rækkevidden er opgivet under ugunstige driftsvilkår (worst case) og er et resultat af den brugbare batterikapacitet og energiforbruget, som igen afhænger af strækningen der køres på, køreplanen og togets design. En fuld opladning kan tage 10-15 minutter, afhængigt af toget og dets ladehastighed. Er der ikke behov for en fuld opladning, vil opladningstiden være kortere. De batteritog, der er på markedet i dag, lever op til et maksimalt akseltryk på 20 tons, men har i praksis ofte et lavere akseltryk.

I kapitel 0 gennemgås de forskellige lokationer, hvor der skal etableres ladeinfrastruktur. I de oplyste ladetider tages udgangspunkt i hurtigst mulige opladning af batteritog med den maksimale strømstyrke 80 A. Hertil er lagt et minuts tillæg for til- og frakobling af batteritogets pantograf (strømaftager) samt tillæg for trinvis ind- og udfasning af opladningen, så det bagvedliggende forsyningsnet ikke overbelastes.

4.6.1 Robusthed

I de i analysen benyttede forudsætninger om batteritog er indbygget en robusthed. Energiforbruget er baseret på tog, der accelererer hurtigt med en høj passagerbelægning og med udendørstemperaturer under frysepunktet. Ved andre end de forudsatte driftsforhold kan et batteritog forventes at bruge mindre energi. Det betyder også, at et batteritog ofte vil skulle oplade i kortere tid end planlagt i en køreplan.

4.6.2 Mulig udvikling af batteritogs minimumsrækkevidde

Da analyserne blev påbegyndt i omkring årsskiftet 2022/2023 var forventningen i markedet, at minimumsrækkevidden for batteritog var 80 km. I løbet af 2023 viste projektets markedsanalyser, at denne minimumsrækkevidde var forøget til 90 km, hvilket anvendes i dimensioneringen af netværket af ladeinfrastruktur til batteritog i denne analyse.

I foråret 2024 er der indikationer af, at flere leverandører i forbindelse med udbud kan levere batteritog, som har en minimumsrækkevidde på mere end 100 km. Efter et forsigtighedsprincip regnes der dog fortsat kun med 90 km minimumsrækkevidde, idet der afventes erfaring fra flere udbud af batteritog.

Hvis minimumsrækkevidden for batteritog forøges til 103 km, er det ikke nødvendigt at etablere ladeoplysningsstation og køreledningsskinne i Svendborg og Viborg. Fordelen ved ikke at skulle anlægge ladeinfrastruktur i Svendborg er desuden, at der kan være en mulig udfordring med støj fra tog under opladning.

Svendborg og Viborg er derfor indstillet som lokationer, som forventes etableret i sidste udrulningsbølge, så markedet for batteritog kan nå at udvikle sig end mere, og måske opnå over 103 km minimumsrækkevidde, inden beslutningsterminen for den sidste udrulningsbølge.

At forudsætte batteritog med en længere rækkevidde og undlade ladeinfrastruktur i Viborg og Svendborg kan have nogle konsekvenser, som dog vurderes at være begrænsede eller kan mitigeres.

For at kunne undlade ladeinfrastruktur i Viborg og Svendborg, skal der ved kommende togudbud kravspecificeres tog med en længere rækkevidde på minimum 103 km. Dette kan medføre, at indkøbsprisen for togene kan blive højere, hvis der skal benyttes et større batteri. Baseret på hvad der er teknisk muligt og forlydender fra igangværende udbud vurderes der dog at kunne opnås en god konkurrence med flere bydere ved en minimumsrækkevidde på 105 km.

At undlade ladeinfrastruktur i Viborg og Svendborg medfører, at togene skal holde i længere tid i hhv. Struer og Odense for at oplade, hvilket potentielt kan betyde, at der er behov for flere togsæt for at trafikken kan afvikles. En togleverandør vil typisk afgive et tilbud på togmateriel baseret på, at en konkret køreplan kan køres. Risikoen for et større materielbehov kan mitigeres ved at ladeinfrastruktur i Viborg og Svendborg indarbejdes som optioner i et udbud af togmateriel, som en togleverandør kan vælge at bruge til at optimere et tilbud.

Ved at undlade ladeinfrastruktur i Svendborg vil det ikke være muligt at opretholde nøddrift mellem Ringe og Svendborg under sjældne driftsforstyrrelser på den nordlige del af Svendborgbanen.

I forbindelse med afrapporteringen af beslutningsgrundlag på NAB fase 2-niveau, vil der blive gennemført nye analyser af batteritogs forventede rækkevidde efter 2030. Afhængigt af udviklingen, kan behovet for etablering af ladeinfrastruktur blive reduceret, f.eks. i form af at der ikke etableres ladeinfrastruktur i Svendborg og Viborg. Konsekvenser og mitigerende tiltag som følge af at undlade ladeinfrastruktur i Viborg og Svendborg beskrives ligeledes i det kommende beslutningsgrundlag.

4.7 Behov for nyt togmateriel

Hovedparten af de nuværende små dieseltogsæt på de statslige jernbanestrækninger er i dag omkring 20 år gamle. Et tog forventes generelt at have en levetid på ca. 30 år, men det er ofte muligt at levetidsforlænge tog, eksempelvis til 35 eller 40 år. Sammen med målet om at udfase dieseldriften til fordel for bæredygtige teknologier, betyder det, at der skal gennemføres en anskaffelse af nye tog til de fleste statslige jernbanestrækninger i løbet af de kommende ca. 10 år.

Oversigt over omfanget af dieselmateriel, på både de statslige strækninger og lokalbanernes strækninger, hvor der udestår beslutning om udskiftning fremgår af Tabel 3.

Tabel 3: Antal små dieseltog, angivet efter driftsår, hvor toget opnår en alder på mindst 30 år, svarende til forventet gennemsnitlig levetid. Kilde: Dansk Jernbneklub.

	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	Efter 2040
<i>Operatør</i>															
Arriva						8	2	27						20	2
Lokaltog	13	4								28	8		5		
Nordj. Jernbaner				1				6	1						17
Sum	13	4		1		8	2	33	1	28	8		5	20	19
Akkumuleret	13	17	17	18	18	26	28	61	62	90	98	98	103	123	142

5 Dimensionering af ladeinfrastrukturen

De trafikale analyser, analyser af samtidighed for batteritogs stationsophold og undersøgelser af materiellets forudsætninger har resulteret i, at behov for ladeinfrastruktur har kunnet identificeres.

Undervejs i undersøgelserne er batteritogs forventede rækkevidde blevet forøget fra 80 km til 90 km, hvorved ladeinfrastruktur i Hjørring ikke indgår i grundløsningen.

I Holstebro og Skjern er der allerede truffet beslutning om etablering af ladeinfrastruktur, som fra 2025 skal betjene batteritog på Skjern - Holstebro.

Foruden etablering af ladeinfrastruktur som beskrevet i Tabel 4, etableres følgende:

- På Odense Station skal den eksisterende elektrificering udvides til også at omfatte spor 8, som i dag ikke er elektrificeret
- På Langå Station forudsættes spor 1 elektrificeret ifm. den forestående elektrificering af strækningen Fredericia-Lindholm.
- På stationerne i Esbjerg, Køge, Roskilde, Vejle og Ålborg er alle perronspor fuldt elektrificerede, så der skal der ikke ske nogen tilpasning i forbindelse med introduktion af batteritog på de statslige strækninger.

I den følgende Tabel 4 gennemgås de stationer, hvor der skal etableres ladeinfrastruktur, på baggrund af det opstillede køreplansscenarie. I bilagssektionen er de enkelte lokaliteter beskrevet nærmere.

Tabel 4: Det identificerede behov for ladeinfrastruktur

Lokation	Anvendelse af dobbeltkoblet materiel	Beregnet effektbehov
Frederikshavn	✓	5,0 MVA
Herning	✓	7,5 MVA
Struer	✓	6,5 MVA
Svendborg	✓	2,5 MVA
Thisted		2,5 MVA
Tønder		2,5 MVA*)
Viborg	✓	2,5 MVA**)

Bemærkninger til tabellen:

*) Da der sker krydsning i Tønder, trækker to tog tilsammen op til 4,4 MW i ét enkelt minut. Det sidst ankomne tog bør derfor vente med at oplade til det første er kørt, og mister således ét minuts opladning. Batteriniveauet er alligevel tilstrækkeligt til at gennemføre trafikken.

***) I morgenmyldretiden forekommer der tidspunkter, hvor der køres med dobbelttraktion. Det vil kunne planlægges, at størstedelen af opladningen foregår i Struer og mellem Langå og Aarhus. Der er dermed ikke nødvendigvis behov for at dimensionere ladeinfrastrukturen i Viborg efter denne spidsbelastning.

Tabel 4b: Allerede besluttet:

Lokation	Anvendelse af dobbelt-koblet materiel	Beregnet effektbehov
Holstebro		2,5 MVA
Skjern		2,5 MVA*)

Bemærkninger til tabellen:

*) Ladeinfrastrukturen i Skjern er allerede under udførelse og er dimensioneret til 2,5 MVA. Derfor vil der skulle køreplanlægges efter at reducere batteritogs samtidige ophold på stationen i Skjern. Det kan f.eks. ske ved at køreplanlægge krydsning i Ølgod (som pt. anvendes til krydsning på mange afgang) eller Borris.

I den nedenstående Figur 11 vises kort over grundløsningen.



Figur 11: Samlet kort over elektrificeringen samt ladeinfrastruktur

6 Konsekvenser for allerede elektrificerede strækninger og stationer

I relation til trafik på statslige trafikkontrakter vil batteritog, jf. Tabel 5 og , kunne trække strøm på en række strækninger og stationer, som enten er eller er planlagt elektrificeret med køreledningsanlæg.

Det er forventeligt, at togtrafikken på regionernes privatbaner også på sigt skal køre med batteritog. Midtjyske Jernbaner forventer således at køre med batteritog på Lemvigbanen i løbet af 2025, mens Lokaltog er ved at gennemføre udbud af batteritog med henblik på, at materiellet skal indsættes ifm. Lokaltogs trafik i Region Sjælland.

Det kan derfor forventes, at batteritog på privatbaner kommer til at trafikere strækninger og stationer, som er oplistet næste side i Tabel 6 og vist i Figur 12.

Beslutningskompetencen i relation til anvendelse af batteritog på de pågældende strækninger ligger imidlertid hos regionerne.

Batteritog vil under drift og opladning trække el fra de nævnte stationer og strækninger. I den forbindelse skal det undersøges, om der er effekt nok i de elektrificerede strækninger.

Tabel 5: Status for stationer og strækninger med togsystemer på statslige kontrakter

Strækning/Station	Status køreledningsanlæg	Forventet trafik
Esbjerg – Bramming	Er klar til batteritog	Esbjerg – Tønder – Niebøll
Hobro – Lindholm	Planlagt ibrugtaget ultimo 2026	NJ's trafik til Hjørring/ Frederikshavn/Skagen
Aarhus – Langå	Planlagt ibrugtaget ultimo 2026	Aarhus – Langå – Viborg – Struer
Aarhus – Skanderborg	Planlagt ibrugtaget ultimo 2026	Aarhus – Skanderborg – Silkeborg – Herning
Vejle	Planlagt ibrugtaget ultimo 2026	Vejle – Herning – Struer
Odense	Mangler køreledning i spor 8. Denne indgår i projektet.	Odense – Svendborg
Roskilde	Er klar til batteritog	Roskilde- Køge
Ølby- Køge	Er klar til batteritog	Roskilde – Køge



Figur 12: Samlet kort over elektrificeringen samt ladeinfrastruktur

Tabel 6: Status for stationer og strækninger med togsystemer på regionale kontrakter

Strækning/Station	Status køreledningsanlæg	Forventet trafik
Holbæk	Er planlagt ibrugtaget ultimo 2024	Lokaltog: Holbæk – Nyk. Sjælland
Tølløse	Lokaltog har ønske om at købe strøm til eget køreledningsanlæg	Lokaltog: Tølløse – Slagelse
Slagelse	Er klar til batteritog	Lokaltog: Slagelse – Tølløse
Nyk. Falster	Forventes at kunne ibrugtages medio 2027	Lokaltog: Nyk. Falster – Nakskov
Helsingør – Snekkersten	Er klar til batteritog	Lokaltog: Hillerød – Helsingør
Esbjerg	Er klar til batteritog	(Esbjerg)-Varde-Nørre Nebel

6.1 Kapacitet til opladning af batteritog i det øvrige elektrificerede net

Kørestrømsbekendtgørelsen bestemmer, at operatører, som trafikerer Bane-danmarks infrastruktur, altid har ret til at købe kørestrøm, når trafikken sker på elektrificerede strækninger. Derfor skal elektrificeringen også være i stand til at håndtere supplerende effekttræk fra lokalbaner, godsoperatører mv. I dette tilfælde fra alle tænkelige systemer af batteritog.

Kapacitetsdimensioneringen af den udrullede og planlagte elektrificering i Elektrificeringsprogrammet (EP) har ikke taget højde for fremtidige batteritog.

Kapacitetsmæssigt er der dog generelt ret gode muligheder for at skabe plads til supplerende trafik med batteritog, da EP har været planlagt med en vis effekt-mæssig margin, idet effekttrækket fra Fremtidens Tog og omfanget af gods i transitkørsel ikke var kendt, da EP blev planlagt.

Der er gennemført indledende effektsimuleringer i simuleringmodellen Esmeralda, som er brugt i forbindelse med dimensioneringen af den nationale elektrificering. Simuleringerne er fortaget for de elektrificerede strækninger, hvor der forventes indsat batteritog i forbindelse med den statslige kontrakt for togtrafik i Midt- og Vestjylland samt på Svendborgbanen.

Modellen er gennemført igen med tillæg af batteritog på den ovennævnte trafikkontrakt. Da Regionerne endnu ikke har truffet endelig beslutning om indkøb af batteritog, er der ikke gennemført effektsimuleringer for denne potentielle trafik. Det gælder herunder også trafikken Skørping – Frederikshavn, idet den køres af Nordjyske Jernbaner, hvor Region Nordjylland ikke har truffet beslutning om indkøb af batteritog.

Der er gennemført indledende effektsimuleringer af følgende strækninger:

- Esbjerg – Bramming (delstrækning af Esbjerg-Tønder)
- Odense Station (opladning af batteritog på Svendborgbanen)
- Vejle Station (opladning af batteritog på Vejle-Struer)
- Aarhus-Skanderbrog (delstrækning af Aarhus-Herning-Struer)
- Aarhus-Langå (delstrækning af Aarhus-Langå-Struer)

Ved gennemførelse af de nye modelkørsler er det blevet afklaret, at der er tilstrækkelig kapacitet i elektrificeringen i Esbjerg og Odense, til at der kan introduceres batteritog.

I Vejle og Aarhus er der dog kapacitetsudfordringer, som i yderste konsekvens kan kræve at forsynings-siden af elektrificeringen af strækningen Vejle – Aarhus skal forstærkes. Dette vil blive afklaret inden afrapporteringen af beslutningsgrundlag, hvor der er blevet gennemført yderligere analyser af strækningen på baggrund af en forbedret modelkørsel.



7 Samspil med strækningen Varde-Nørre Nebel

Som en del af undersøgelserne skal sammenhængen til fremtidige planer for batteritogdrift på banen til Nørre Nebel også undersøges.

Staten har som en option til den statsligt udbudte togtrafik i Midt- og Vestjylland haft trafikken på strækningen Varde-Nørre Nebel i udbud i 2019 for Sydtrafik.

Arriva vandt udbuddet, og togtrafikken gennemføres sammenbundet med den øvrige togtrafik på strækningen Varde-Esbjerg.

Strækningen Varde-Nørre Nebel er 38 km. En isoleret drift vil derfor kunne opretholdes, hvis Region Syddanmark etablerer ladeinfrastruktur et sted på linjen, f.eks. i Varde eller Nørre Nebel.

Hvis der efter en fremtidig introduktion af batteritog på strækningen Varde-Nørre Nebel fortsat ønskes at opretholde en sammenbunden togtrafik, vil batteritog skulle køre en samlet strækning på 56 km, som vist i ovenstående Figur 13, hvilket pt. kræver, at der etableres ladeinfrastruktur til batteritog i Nørre Nebel. Der er i indeværende køreplan typisk køreplanlagt med seks minutters vendetid i Nørre Nebel, hvilket muliggør tilstrækkelig ladetid til, at toget kan returnere til Esbjerg.



Figur 13: Strækningen Nr. Nebel - Varde - Esbjerg

Det vil være Region Syddanmark, der skal finansiere og projektere etableringen af ladeinfrastruktur på strækningen, hvis regionen træffer beslutning om anvendelse af batteritog på strækningen.

Hvis minimumsrækkevidden for batteritog er 112 km ved beslutningsterminen for indsættelse af batteritog på strækningen, vil det ikke være nødvendigt at etablere ladeinfrastruktur i Nørre Nebel eller Varde. Dog vil der skulle etableres depotladestik til batteritog, som opstilles på Varde Station over natten.



8 Depotladestik

Depotladestik anvendes primært til at holde strøm på toget under klargøring, eller når toget er på værksted. Til forskel fra selve opladningen af batteritog, hvor der altid oplades via togets strømaftager fra køreledningsanlægget, evt. bestykket med køreledningsskinne, er der ikke en fast standard for depotladestik.

Ladehastigheden er lavere for depotladestik end for køreledningsanlæg, og stik er derfor alene relevant ved parkering af togsæt på opstillingsspor eller på endestationer med en lang vendetid.

Til opladning kan benyttes 1.000 eller 1.500 V-stik, men det er muligt, at der kommer flere løsninger i fremtiden. DB Energie, som er infrastrukturforvalter for elektrificeringen i Tyskland, arbejder på at standardisere 400 V stik, idet disse kan etableres uden behov for transformere.

Der tilsluttes ét stik pr. togsæt, som kan levere en ladeeffekt fra ca. 100 til 400 kW. En fuld opladning via stik tager således 1-4 timer afhængig af den mulige ladeeffekt og togets batterikapacitet.

Da der ikke er en standard for depotladestik, anbefales det, at endelig afklaring af type og placering sker i forbindelse med, at fremtidigt togmateriel afklares. Her er det dog vigtigt, at der vælges én standardløsning, så Banedanmark ikke skal drifte forskellige typer anlæg. Det vil samtidig sikre, at materiel kan flyttes frit rundt på alle strækninger.

Modellen for finansiering af fremmednetstik (pt. anvendes fremmednetstik til togvarme) har hidtil været, at operatøren etablerer ladestik, og Banedanmark overtager driftsansvaret for anlæg ved perroner og opstillingsspor, mens operatøren afholder forbrugsomkostninger. En lignende model synes relevant i relation til depotladestik.

9 Synergi ved ladeinfrastruktur til tog, busser og bil

Ved planlægningen af ladeinfrastruktur kan muligheden for at skabe synergi på tværs af de forskellige trafiktyper undersøges. Især i landområderne kan det være en udfordring at tiltrække kommercielle aktører til etablering af ladeinfrastruktur til især biler.

9.1 Midtjyske Jernbaners undersøgelser

Midtjyske Jernbaner, som skal etablere ladeinfrastruktur til batteritog i Lemvig, har undersøgt muligheden for synergi. Her var visionen at gentænke hele stationsområdet som et grønt klimaområde. Der var dialog med Midttrafik om opladning af deres kommende batteribusser og et ønske om at tilbyde bilister at oplade deres elbiler.

Der var således tale om, at en 3-i-1-løsning skulle komme lokalområdet til gode og styrke Lemvig Kommunes i forvejen stærke klimaprofil.

En række af både regulerings- og markedsmæssige udfordringer hindrede dog en samlet løsning. Lovgivningen tillod eksempelvis ikke en fælles løsning for opladning af busser og tog, trods at Midttrafik har trafikkontrakten på begge dele.

Derfor er det endt med en 2-i-1 løsning, for opladning af batteritog og elbiler, hvor opladningen af elbiler bliver udbudt som en koncession⁴, så Midtjyske Jernbaner ikke selv skal stå for driften. Teknisk set er de to systemer helt adskilt, og ladeoperatøren skal selv opbygge ladeinfrastrukturen til opladning af biler. El-

tilslutningen er dog delt, således forsyningselskabet kun har skullet trække et forsyningskabel.

Systemet er forberedt til tilslutning af solceller på taget af værkstedsbygninger og for etablering af batteri, når lovgivningen og markedet er klar.

9.2 Regulerings- og markedsmæssige forhold

Når Banedanmark etablerer elektrificering, sker dette på baggrund af reglerne i Kørestrømsbekendtgørelsen. Denne omtaler alene salg af strøm til jernbanevirksomhed, hvorfor det vil kræve ændringer at inkludere strøm til andre transportformer.

Hvis staten skal sælge strøm til opladning af busser og biler, skal reglerne om offentlige aktiviteter på kommercielle markeder iagttages. Herunder skal det sikres, at der ikke sker konkurrenceforvridning i forbindelse med de statslige aktiviteter, hvilket vil kræve konkurrenceudsættelse. Dette er der model for.

Hvis der i forbindelse med etablering af ladeinfrastruktur til batteritog også skal etableres kommerciel opladning af elbiler og busser, vil der kunne hentes inspiration fra de løsninger, som anvendes på statsvejnettet, hvor ladeparker udbydes som koncessioner. Udbud af koncessioner sikrer konkurrenceudsættelse af aktiviteten. Der er dog tale om aktiviteter, som Banedanmark ikke har erfaring med.

⁴ Begrebet koncession anvendes, når en offentlig bevilling eller tilladelse gives til at drive virksomhed uden efterfølgende konkurrence fra anden side. Dette sker typisk efter udbud.

1.1 Rentabilitet ved kombinerede anlæg

Teknisk set er det tvivlsomt, om det er rentabelt at etablere kombinerede anlæg til opladning af tog, biler og busser.

Tog oplades med 25.000 volt vekselstrøm, mens biler og busser oplades med maksimalt 1.000 volt jævnstrøm. Det er helt forskellige elektriske systemer, som omformer elnettets strøm til opladning af tog hhv. biler/busser, så det synes meget svært at identificere synergi-potentiale mellem tog og øvrige transportformer.

Ved etablering af lange forsyningsledninger – hvor et lokalt forsyningselskab ikke vil have ejerskabet af forsyningsledningen – kan der være synergi i at have fælles statsligt/privat ejerskab af forsyningsledningen, såfremt der kan udfærdiges en model for fordeling af etableringsomkostninger og drift-/vedligeholdelsesomkostninger.



10 Udrulningsplan

I forbindelse med projektet skal forligskredsen beslutte, i hvilken rækkefølge de enkelte delprojekter skal udføres.

10.1 Forudsætninger for udrulningsplanen

Flere forhold er bestemmende for, hvilken rækkefølge de enkelte lokationer skal prioriteres i, og flere af disse forhold er afhængige af andre beslutninger. Disse fremgår nedenfor i en ikke-prioriteret rækkefølge:

- Den kommende trafikkontrakt for trafikken på strækningerne
- "Sammenhængende" lokationer, som betjener samme knudepunkt
- Øvrige Banedanmarkprojekter på strækningerne/lokationerne
- Udviklingen af batteritogs rækkevidde

10.1.1 Den kommende trafikkontrakt

Statens trafikkontrakt med Arriva, *Passagertrafik udført som offentlig service i Midt- og Vestjylland samt på Svendborgbanen, løber* – forudsat kontraktens option på to års forlængelse – frem til udgangen af 2030.

Den politiske beslutning om emissionsfri kørsel bevirker, at der i det næste udbud skal stilles krav om indfasning og anvendelse af batteritog.

Batteritogene vil forventeligt blive leveret over to til tre år, hvorfor al ladeinfrastruktur ikke nødvendigvis behøver at stå klar ultimo 2030.

Ved bestilling af batteritog må der forventes tre til fire års leveringstid af de første togsæt, hvortil skal lægges en udbudsperiode på op til ét år.

Kontraktens vilkår for indfasning af batteritog i trafikken skal samtænkes med udrulningsplanen for ladeinfrastrukturen.

10.1.2 Sammenhængende og uafhængige lokationer/strækninger

Nogle lokationer og strækninger hænger trafikalt naturligt sammen, mens andre er helt uafhængige i trafikal forstand.

Indfasningen af batteritog på en strækning er således afhængig af, at der etableres ladeinfrastruktur på de nødvendige lokaliteter. Ladeinfrastrukturen i hhv. Herning og Stuer skal desuden konstrueres, så den kan benyttes af batteritog fra flere af strækningerne.

Tabel 7 viser de strækninger, hvor der tænkes indsat batteritog, samt hvor hver enkelt strækning kræver ladeinfrastruktur. Som en forklaring til tabellen kan nævnes, at ladeinfrastruktur på strækningen Herning-Gødstrup, samt stationerne Herning, Struer, Thisted og Viborg, af trafikale årsager hænger sammen. Herunder er ladeinfrastruktur i Viborg og Thisted kun relevant, hvis der også er ladeinfrastruktur i Struer.

De resterende lokationer i Svendborg, Tønder, Frederikshavn og evt. Hjørring kan etableres uafhængigt af alle andre lokationer, idet eventuel ladeinfrastruktur i Hjørring dog skal samtænkes med Frederikshavn.

1.1.1 Øvrige projekter på strækninger/lokationer

Anlæg af ladeinfrastruktur skal koordineres med øvrige anlægs- og fornyelsesprojekter i Banedanmark for at sikre, at der ikke opstår et u hensigtsmæssigt sammenfald i anlægsarbejderne. Omvendt kan behovet for spærringer mindskes, hvis ladeinfrastrukturens anlægsarbejder lægges i ly af andre spærringer, f.eks. i forbindelse med fornyelsesprojekter. Dette udnyttes f.eks. ved etableringen af ladeinfrastruktur i Skjern og Holstebro, som etableres samtidigt med fornyelsesarbejder på strækningen.

Tabel 7: Afhængigheder mellem lokaliteter.

Strækning	Nødvendig ladeinfrastruktur
Odense - Svendborg	Svendborg og yderligere elektrificering i Odense
Bramming - Tønder	Tønder
Struer - Thisted	Struer og Thisted
Struer - Vejle	Struer og Herning
Struer - Langå	Struer og Viborg
Aarhus - Herning	Herning
Herning - Skjern	Herning
Aalborg - Frederikshavn	Frederikshavn
Frederikshavn – Skagen*)	Frederikshavn og evt. Skagen
Hjørring - Hirtshals*)	Hjørring eller Hirtshals
Varde - Nørre Nebel*	Nørre Nebel

Bemærkninger til tabellen:

*) Ikke statslige strækninger, hvor trafikken kører i samdrift med betjeningen af statslige strækninger.

Ibrugtagningen af ladeinfrastruktur på Svendborg Station er afhængig af, at Signalprogrammet er udrullet på Svendborgbanen.

Endelig er fornyelse af Thybanen med forøget akseltryk en forudsætning for, at der kan køre batteritog på Thybanen.

Banedanmark har i forbindelse med den strategiske analyse screenet de lokationer, hvor der forventeligt skal etableres ladeinfrastruktur, for tilstedeværelse af øvrige projekter i perioden 2029-2031. Denne screening har ikke identificeret andre projekter, som på nuværende tidspunkt er i konflikt med den indstillede udrulningsplan.

10.2 Mulig udrulningsplan

Lokationerne, hvor der skal etableres ladeinfrastruktur, lader sig dele i to eller flere "rul", som er dannet af køreplansmæssige årsager.

Af nedenstående fremgår en mulig udrulningsplan, som kan konkretiseres nærmere i den næste fase med et beslutningsgrundlag på NAB fase 2-niveau i henhold til ny anlægsbudgettering.

Lokaliteter med forventet indgåelse af kontrakter i 2027, projektering i 2027 og anlæg i 2029-2030:

- Herning Station: Elektrificering af 4x120 meter perronspor i spor 1-4
- Strækningen Gødstrup-Herning: Elektrificering af 6,5 km strækning fra Gødstrup trinbræt til Herning Station, samt perronspor 1-4 jf. ovenfor
- Struer Station: Elektrificering af 4x120 meter perronspor i spor 1-5
- Thisted Station⁵: Elektrificering af 2x50 meter perronspor i spor 1 og 2

⁵ Introduktion af batteritog på strækningen Struer – Thisted kræver at aksellasten opgraderes fra 18 til 20 ton, jf. afsnit 13.1.

Lokaliteter med forventet indgåelse af kontrakter 2028, projektering i 2028, og anlæg i 2030-2031:

- Svendborg Station: Elektrificering af 2x100 meter perronspor i spor 1 og 2
- Odense Station: Elektrificering af 100 meter perronspor i spor 8
- Viborg Station: Elektrificering af 2x100 meter perronspor i spor 1 og 2
- Tønder Station: Elektrificering af 2x50 meter perronspor i spor 1 og 2
- Frederikshavn Station: Elektrificering af 2x100 meter perronspor i spor 1 og 2
- Evt. Hjørring Station: Elektrificering af 2x100 meter perronspor i spor 1 og 2

10.3 Beslutningsfrist for ladeinfrastruktur

Inden der kan præsenteres beslutningsgrundlag for de enkelte lokationer, skal der gennemføres en programfase, hvor projektet teknisk set modnes yderligere og der opstilles anlægsbudget på NAB fase 2-niveau.

Fristen for beslutning om etablering af ladeinfrastruktur, som skal stå klar ultimo 2030, er ultimo 2025. Dette skyldes forberedende arbejder og indgåelse af kontrakt, eventuel detailprojektering, indgåelse af aftaler med forsyningselskaber, opmålinger, geotekniske borer og udarbejdelse af udbudsmateriale for de enkelte entrepriser. Fristen kan udskydes et halvt år, hvis der gennemføres samlet programfase.

Tilsvarende er fristen for beslutning om etablering af ladeinfrastruktur, som skal stå klar ultimo 2031, ultimo 2026, og så fremdeles.

Ladeinfrastrukturen i Frederikshavn kan beslattes og anlægges senere, hvis Nordjyske Jernbaner introducerer batteritog senere end 2032.

11 Udbudsmæssige overvejelser

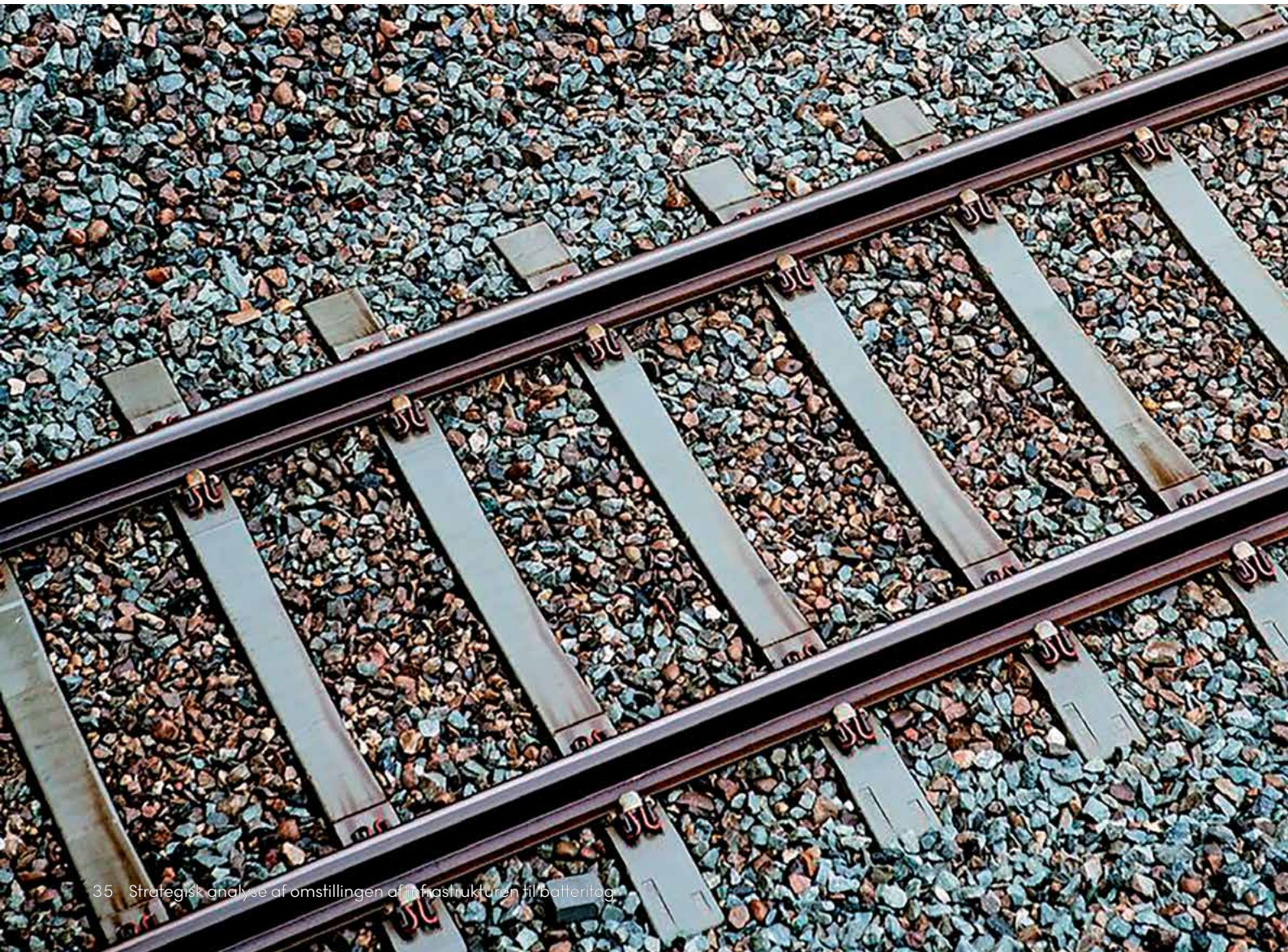
Ved udbuddet af ladeinfrastruktur på stationerne i Holstebro og Skjern har markedet kun vist begrænset interesse i at deltage i udbuddet. Årsagen skal både ses i det relativt lille udbud og i en forholdsvis travl branche.

Udbuddet af ladeinfrastruktur for de resterende lokationer og strækninger anbefales derfor at blive gennemført samlet, så udbuddet får et større omfang. Udrulningen af ladeinfrastruktur kan godt strækkes over et par år, da en kommende operatør for den statslige trafikkontrakt i Midt- og Vestjylland samt på Svendborgbanen ikke kan forvente at få alle nye batteritog leveret ved kontraktstart.

Projekterne, som i slutningen af 2023 har haft udbudt anlæg af ladeinfrastruktur på stationerne i Holstebro og Skjern, har benyttet sig af både hoved- og totalentrepriseudbud.

Køreledningsanlæggene har været udbudt i hovedentreprise, idet Banedanmark har stor erfaring med at anlægge køreledningsanlæg.

Ladeforsyningsstationerne har været i udbud i totalentrepriser, da der er tale om ny teknologi, hvor der ikke findes en entydig markedsstandard.



12 Miljø

12.1 Miljøkonsekvensvurdering

I det følgende er der redegjort for de væsentligste emner og problemstillinger inden for miljø i forbindelse med omstilling af dele af den statslige jernbaneinfrastruktur til batteritog. Områderne er hovedsageligt identificeret ud fra det foreløbige arbejde med miljø på projektet med etablering af ladeinfrastruktur på stationerne i Holstebro og Skjern. Etablering af ladeinfrastruktur til statisk opladning på endestationer i form af køretråd eller -skinne samt ladeforsyningsstation på stationsområder kræver i samtlige tilfælde, at der udarbejdes en screeningsansøgning for at få vurderet, om projektet kræver en miljøkonsekvensvurdering. På baggrund af screeningsprocessen for projekterne med ladeinfrastruktur på stationerne i Holstebro og Skjern forventes det ikke, at etablering af statisk ladeinfrastruktur vil medføre pligt til at udarbejde en miljøkonsekvensvurdering.

Elektrificeringen af strækningen mellem Herning og Gødstrup vil ligeledes kræve en screeningsansøgning for at få taget stilling til, om der skal udarbejdes en miljøkonsekvensvurdering. Da strækningselektrificering potentielt kan have væsentlige miljømæssige konsekvenser i forbindelse med eksempelvis påkrævede broarbejder, påvirkning af beskyttet natur eller trafik- og arealmæssige påvirkninger, kan det for denne del af projektet imidlertid blive nødvendigt at udarbejde en miljøkonsekvensvurdering. Hvis strækningselektrificeringen medfører, at der skal udarbejdes en miljøkonsekvensvurdering, vurderes det, at denne kan holdes inden for tidsplanen.

12.2 Støj

Ved introduktionen af batteritog og ladeinfrastruktur til opladning af batteritog, introduceres nye støjkluder på jernbanen.



Ladeforsyningsstationerne vil afgive en begrænset støj, og selve batteritoget vil også under opladning afgive støj.

12.2.1 Støj fra ladeinfrastrukturen

Støj, der forekommer fra de ladeforsyningsstationer, som skal opstilles på eller omkring endestationerne, kan minimeres ved relativt simple tekniske løsninger, som bygningsisolering og hensigtsmæssig placering af ventilation mv.

Herved vil støjen holde sig under de vejledende grænseværdier for støj i både dag-, aften- og nattetimerne.

12.2.2 Støj fra batteritoget

Det væsentligste enkeltstående miljøforhold ved omstillingen af dele af den statslige jernbaneinfrastruktur til batteritog er støj fra batteritog, som er under opladning på endestationerne.

Støjen fra batteritogene kommer fra selve opladningen og vil udspringe fra dels transformeren og dels konverteren, som begge er placeret på taget af togsættet. Ligeledes vil klimaanlæg og køleanlæg for batteripakkerne placeret på taget medføre støj, ligesom kompressorerne monteret under togsættet vil bidrage.

Støjen fra opladningen af batteritog vil således kun stamme fra togsættet og dets opladning.

Miljøstyrelsen har på forespørgsel fra Banedanmark vurderet, at støjen fra den statiske ladeinfrastruktur – herunder også batteritog under opladning – på endestationerne er at betragte som terminalstøj og derved skal reguleres som virksomhedsstøj og ikke som strækingsstøj. Således er den vejledende grænseværdi for støj fra ladeinfrastrukturen, og derved opladningen af batteritogene i forbindelse med driften, betydeligt lavere end fra forbigående tog. Denne mulige problematik omkring støj fra batteritog under opladning er ny. I den eksisterende tolkning af dieseltogs grænseflade mellem strækingsstøj og terminalstøj ses der på om opholdet ved perronen er køreplanlagt eller ej. Miljøstyrelsens nye vurdering af batteritogs grænseflade mellem strækings- og terminalstøj baserer sig ikke på køreplanen, men på om der sker passagerudveksling eller ej. Derved skærper Miljøstyrelsen kravene i støjteknisk forstand.

Den vejledende udtalelse fra Miljøstyrelsen siger bl.a.:

"... den del af aktiviteterne, der indebærer opladning af tog på endestationer må henføres under terminalaktiviteter, hvorimod den del af aktiviteterne der indebærer på- og afstigning af passagerer, må henføres under almindelige køreplanlagt trafikafvikling."

De to ovennævnte aktiviteter kan hverken støjmæssigt eller tidsmæssigt adskilles fra hinanden i den almindelige planlagte trafikafvikling på stationer, hvor opladning og passagerudveksling foregår samtidigt. Dette uanset om toget kører videre i samme retning eller vender kørselsretning.

Banedanmark vil derfor gå i dialog med Miljøstyrelsen for at få uddybet og konkretiseret den vejledende udtalelse, som styrelsen har givet i relation til sondringen mellem strækings- og terminalstøj, og udfordre definitionen af opladningsstøj fra batteritog som terminalstøj.

Der forventes, at der i forbindelse med afrapporteringen af det endelige beslutningsgrundlag om de respektive ladeanlæg foreligger en endelig afklaring



af sondringen mellem strækings- og terminalstøj, hvorved omfanget af eventuelle afværgforanstaltninger vil blive afdækket.

Grundet Miljøstyrelsens tilbagemelding er støjproblematikken blevet aktuel at forholde sig til i forbindelse med planlægningen af ladeinfrastrukturen på henholdsvis Skjern Station og Holstebro Station. Derfor er der på baggrund af de foreløbige data for det indkøbte materiel til strækningen Skjern-Holstebro arbejdet med en angivelse af hvilket lydniveau, der kan forventes i forbindelse med opladningen på stationerne. De foreløbige beregninger indikerer, at støjen fra opladning af batteritogene på både Holstebro Station og Skjern Station ikke kan overholde de vejledende grænseværdier for støj i aften- og nattetimerne, ligesom der også er tvivl om, hvorvidt det vil være muligt at overholde grænseværdierne i weekender. Som konsekvens af dette skal der udarbejdes en egentlig klarlæggelse af konsekvenserne af ladeinfrastrukturens støjpåvirkning igennem en certificeret støjberegning.

12.2.3 Støjkortlægning

Ved at få foretaget en støjberegning på et projekt, kan støjudbredelsen kortlægges præcist, og det kan fastlægges, om der forekommer overskridelse af de vejledende grænseværdier for støj. En støjberegning vil i et sådan tilfælde indeholde en beskrivelse af hvilke tekniske installationer, der kan nedbringe støjen, så den kommer under de vejledende grænseværdier sammen med et bud på de økonomiske omkostninger ved disse løsninger.

Støjberegningerne kræver dog et teknisk modnet projekt, hvor præcis placering af ladeinfrastrukturen kendes, hvorfor de først gennemføres i forbindelse med

programfasen. Denne type støjberegninger er under udarbejdelse for projekterne i Skjern og Holstebro.

Beregningerne kan anvendes til projektering af støjafskærmning eller – forudsat det er disproportionalt dyrt at støjafskærme, og at støjpåvirkningen er på et niveau i nærheden af de vejledende grænseværdier – at ansøge kommunen om en dispensation fra Miljøbeskyttelseslovens § 42, som regulerer erhvervsvirksomheder, hvis aktiviteter skønnes at indebære en nærliggende risiko for væsentlig forurening. En dispensation vil således gives af kommunen, hvilket kan betyde forskellige løsninger og vilkår for forskellige lokaliteters støjpåvirkning. Endvidere vil eventuelle dispensationer sandsynligvis blive givet ud fra det materiel, der forventes anvendt, og derved er det ikke sikkert, at operatørerne har fri mulighed for at skifte materiel.

En indledende screening indikerer, at såfremt der er tale om terminalstøj, så vil det i forbindelse med grundløsningen ikke være muligt at overholde de vejledende grænseværdier for virksomhedsstøj på stationerne i Frederikshavn, Struer, Svendborg, Thisted, Tønder og Viborg. Eventuelle støjafskærmende tiltag kan f.eks. være støjskærme, facadeisolering eller støjisolerende vinduer.

Da projektet fortsat kun er på undersøgelsesniveauet for en strategisk analyse, er det ikke muligt at kortlægge de konkrete tiltag på den enkelte lokalitet. Der er derfor i budgettet afsat et foreløbigt forventet beløb på 2,5 mio. kr. på hver af de førnævnte lokationer. I forbindelse med den næste undersøgelsesfase laves en støjkortlægning for de enkelte lokationer for at afdække det konkrete behov.



13 Konsekvenserne af forøget aksellast

Nyt togmateriel, hvad enten der er tale om nye dieseltog eller batteritog, er tungere end de nuværende anvendte dieseltog. Vægtforøgelsen skyldes, at nye standardtog på markedet er bygget til andre specifikationer end de nuværende. Dieseltog leveres generelt som dieselhybridtog, hvor teknikken er tungere end for de nuværende tog, og ved batteritog bidrager tilførslen af batterier også til vægten. Generelt bliver standardtog, hvad enten det er dieseltog eller batteritog, i dag designet til at have en maksimal aksellast på 20 ton, hvor den maksimale aksellast tidligere typisk var mellem 16 og 18 ton.

Det betyder, at der fremadrettet – uanset om der skal køres med batteritog eller nye dieseltog – skal regnes med minimum 20 t aksellast på den statslige infrastruktur.

Dette afsnit gennemgår konsekvenserne af den øgede aksellast ved fremtidig batteritogsdrift på de statslige strækninger.

En højere aksellast har betydning på to måder:

1. Højere vægt betyder, at infrastrukturen skal kunne bære tungere tog.
2. Højere vægt kan medføre større slid på infrastrukturen, og deraf kan der være højere variable vedligeholdelsesomkostninger.

13.1 Nødvendige forstærkninger af spor

Nye regionaltog – til ikke fuldelektrificerede strækninger – har typisk en maksimal aksellast på mellem 19 og 20 ton, hvilket er en forøgelse ift. det nuværende dieselmateriel, som har maksimal aksellast på mellem 16 og 18 ton.

Årsagen til den øgede aksellast er, at nye standardtog – både diesel- og batteritog – designes efter de fælles-europæiske TSI-normernes trafikkode P5, som dækker lokale pendlertog og fastsætter den maksimale aksellast til 20 ton.

De fleste statslige strækninger har en maksimal aksellast på minimum 20 ton, men to banestrækninger skiller sig ud, da de kun har 18 ton maksimal aksellast:

- Skjern – Holstebro (besluttet opgraderet i 2025)
- Struer – Thisted (uafklaret)

Strækningen mellem Skjern og Holstebro bliver, i forbindelse med fornyelsesprojektet i 2025 forud for idriftsættelsen af batteritog, opgraderet til en tilstrækkelig aksellast for betjening af batteritog. Det sker ved ekstraordinær fornyelse af 17 vandgennemløb, hvilket koster 16 mio. kr.

På strækningen Struer-Thisted skal der gennemføres mere omfattende ekstraarbejder for at muliggøre kørsel med nye regionaltog. Ekstraarbejderne omfatter ift. de tilstandskritiske arbejder, følgende:

- 370 meter fornyelse af skinner
- 200 meter ballastrensning
- 670 meter ny sporkasse
- 700 meter afvanding
- Et sporskifte

Meromkostningerne for de ovennævnte ekstraarbejder, som er en forudsætning for forøgelse af aksellasten, er af Banedanmark vurderet at udgøre i størrelsesordenen 65 mio. kr.

Det bemærkes, at denne meromkostning forudsætter, at der forinden er gennemført et omfattende fornyelsesprojekt på strækningen, hvilket foreløbigt antages at udgøre i størrelsesordenen 365 mio. Kr.

Fornyelsesprojektet på 365 mio. kr. består af væsentligt mere omfattende fornyelsesarbejder, end, hvad der almindeligvis prioriteres ud fra Banedanmarks almindelige prioriteringsprincipper. I disse prioriteringsprincipper indgår overvejelser om de enkelte strækningers passagertal og punktlighedsforhold.

Der udestår desuden afklaring af, om Oddesundbroen kan bære togmateriel med op til 20 ton. Den gennemførte screeningsrapport om broens tilstand fra 2022 forholder sig ikke til, om brudgrænsetilstand er tilstrækkeligt til, at der kan køre tog med op til 20 ton aksellast. Løsningsrummet for dette omfatter potentielt alt fra en bomløsning for tunge køretøjer, så de ikke er på broen samtidig med toget, til en komplet udskiftning af broen. De økonomiske aspekter ved en eventuel håndtering af utilstrækkelig brudgrænsetilstand er pt. ukendte.

De nævnte udgifter til både ekstraordinært store fornyelsesarbejder samt aksellastopgradering er ikke indeholdt i nærværende anlægsoverslag, og der er ikke fundet finansiering hertil inden for Banedanmarks bevilling.

Det skal bemærkes, at det i praksis vil være meget vanskeligt at omgå problematikkerne ved strækningens reducerede maksimale aksellast. Det vil kræve specialombygning af et nyt standardbatteritog, hvilket vil hindre en kommende operatør i at omdisponere materiel mellem Thybanen og de øvrige strækninger, som operatøren skal betjene.

Det skal derfor afklares om:

- Banen skal fornys til kun 18 ton aksellast og strækningen Struer-Thisted udgår fra de statslige strækninger, som skal omfattes af drift med batteritog. I stedet anvendes levetidsforlængede dieseltog med maksimal aksellast på højest 18 ton. Dette er en midlertidig løsning, som ikke kan forventes at fungere i mere end 20-25 år, da det til den tid næppe vil være muligt at finde denne type tog.
 - Banen fornys med opgradering af aksellasten til minimum 20 ton.

13.2 Konsekvenser for fornyelse og vedligehold

Banedanmark vedligeholder og fornyer jernbanen med henblik på at opretholde en stabil og sikker togdrift. Vedligehold er, når Banedanmark smører sporskifter, sliber skinner mv. for at forlænge anlægselementernes levetid samt forebygge og rette fejl. På et tidspunkt vil anlægselementerne dog være så nedslidte, at effekten af vedligeholdelsesindsatsen falder, og hvor det økonomisk giver mening at foretage en større udskiftning af anlægselementerne. Det er det, der kaldes fornyelse.

Konsekvenserne for omkostningerne til fornyelse er estimeret vha. Banedanmarks Sporanalysemodel, mens konsekvenserne for omkostninger til vedligehold er estimeret vha. en formel opstillet på baggrund af undersøgelsesresultater fra ORE (Office for Research and Experiments of the International Union of Railways).

I estimeringen af konsekvenserne for omkostningerne til fornyelse og vedligehold indgår de af Banedanmarks strækninger, hvor alle de nuværende dieselpassagertog forventes udskiftet med batteritog. Elektrificerede strækninger, hvor batteritogene skal bruge kørestrøm samt lokalbaner er ikke medtaget. De inkluderede strækninger er angivet i den følgende Tabel 8:

Tabel 8: De analyserede banestrækninger

Baner inkluderet i analysen	
25 Lindholm – Frederikshavn	56 (Herning) – (Skjern)
32 (Langå) – (Struer)	78 (Odense) – Svendborg
33a (Holstebro) – (Herning)	90 (Esbjerg) – Varde
33b Holstebro – Struer	91 (Varde) – Skjern
34 (Struer) – Thisted	92 (Skjern) – (Holstebro)
39 Herning – (Vejle)	94 (Bramming) – Ribe
40 (Roskilde) – Køge	95 (Ribe) – Tønder
55 (Skanderborg) – (Herning)	96 (Tønder) – Tønder Grænse

Der tages udgangspunkt i, at der anvendes Siemens Mireo B Plus eller tilsvarende materiel på samtlige strækninger, da Midtjyske Jernbaner, som de første indkøbere af batteritog til Danmark, har valgt disse. Batteritogene kommer hovedsageligt til at erstatte eksisterende Desiro- og Lint41-dieseltog, der kører på strækningerne i Tabel 8.

Det er i den forbindelse vigtigt at bemærke, at der kan forventes de samme konsekvenser, hvis der i stedet for batteritog bliver indsat nye dieseltog fra anerkendte togproducenter (Stadler, CAF, Hitachi), idet disse også har en maksimal aksellast på mellem 18 ton og 20 ton. Aksellasten er forøget ift. de nuværende dieseltog, da der i realiteten ikke længere er et marked for almindelige dieseltog. Fremadrettet sælges dieseltog med hybridteknologi, som også forøger den maksimale aksellast til mellem 18 ton og 20 ton.

Der regnes med, at Desiro- og Lint41-tog har en gennemsnitsvægt på 68 ton pr. tomt togsæt, mens Mireo B Plus vejer 93 ton pr. tomt togsæt⁶. Hertil er i analysen tillagt 10 ton til passagerer og bagage⁷. Da begge togtyper har seks aksler, regnes med en aksellast på 13 ton pr. aksel for dieseltog, og 17 ton pr. aksel for batteritog.

For fremtidig fornyelse estimeres den øgede aksellast ikke at medføre væsentlige ændringer i omkostningerne, da belastningen på strækningerne i forvejen er lav.

⁶ Jf. foreløbig opgørelse fra Siemens fra 2022.

⁷ Der tages ikke højde for, hvad vægten af brændstof måtte være for Desiro- og Lint41-tog. Det vurderes, at det maksimalt drejer sig om ét ton, og at det derfor er af en størrelsesorden, der ikke har en betydelig påvirkning på analysens resultater.

Derimod forudses der en markant stigning i de slidafledte vedligeholdelsesomkostninger. I forbindelse med den forventede øgede aksellast er der foretaget modelberegning af konsekvenserne for de vedligeholdelsesomkostninger, som vil kunne opstå ved forøgelse af det rullende materiels aksellast. Denne modelberegning er behæftet med stor usikkerhed, da Banedanmark ikke har erfaringsdata for de vedligeholdelsesmæssige aspekter ved aksellastforøgelser i det aktuelle aksellastinterval. På det nuværende grundlag forudses, at slidafledte vedligeholdelsesomkostninger vil kunne stige med 200 pct. sammenlignet med de nuværende dieseltog⁸, svarende til omkring i alt omkring 130 mio. kr. pr. år (PL2024) for alle strækninger, hvor der introduceres nye tog med forøget aksellast.

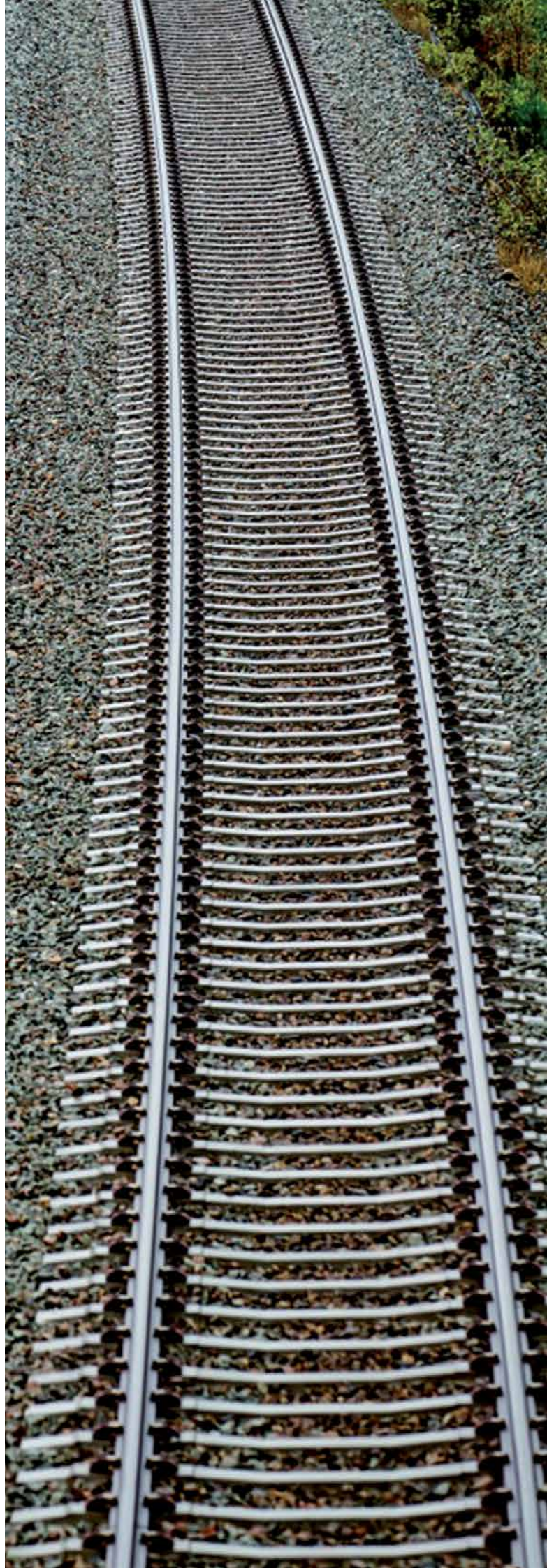
De øgede slidafledte vedligeholdelsesomkostninger skyldes:

- Et øget behov for skinnerlibning
- Flere UT⁹-fejl og derved et behov for hyppigere udskiftning af skinner
- Et øget behov for sporjustering
- Kortere levetid for krydsninger

Der er tale om en langsigtet og gennemsnitlig estimering af ændringen i bruttobehovet for de udvalgte baner. Derudover er der tale om en simpel betragtning, og resultaterne er behæftet med usikkerhed. Der er ikke taget højde for, hvordan banernes nuværende tilstand og prioriteringen af Banedanmarks økonomiske ramme til fornyelse og vedligehold spiller ind.

⁸ Med den eksisterende brug af de nuværende dieseltog estimeres de slidafledte vedligeholdelsesomk. til 65 mio. kr. pr. år (PL2024), for de pågældende strækninger.

⁹ UT-fejl står indre revnefejl i skinnen, som er detekteret ved ultralydstest.



14 Økonomi

Banedanmark har udarbejdet et anlægsoverslag, hvor prissætningen er foretaget, jf. principperne for en NAB-fase 1 undersøgelse, hvorfor anlægsoverslaget indeholder et korrektionstillæg på 50 pct, jf. principperne i Ny Anlægsbudgettering (NAB).

Anlægsoverslaget er dog foretaget på et screeningsniveau som led i en "reduceret" undersøgelse i henhold til ny anlægsbudgettering og er derved ikke på et reelt NAB-fase 1-niveau. Overslaget må forventes at være behæftet med en væsentlig usikkerhed, hvilket korrektionstillægget på 50 pct. er med til at understrege om end usikkerheden godt kan være større end 50 pct.

Det er forudsat, at Signalprogrammet er udrullet på alle de berørte strækninger, således der ikke er udgifter til immunisering af de gamle analoge sikringssystemer.

14.1 Anlægsoverslag

14.1.1 Overordnede forudsætninger

Budgetteringen er foretaget jf. de førnævnte principper i hovednotatet for Ny Anlægsbudgettering. Pris-

sætningen er således baseret på erfaringer fra tidligere projekter, der indeksreguleres med det senest realiserede BYG61-indeks for anlægsarbejder. Anlægsoverslaget reguleres efterfølgende med BYG42-indekset for boligbyggerier på Finansloven.

Banedanmark har imidlertid oplevet flere projekter, hvor entreprisetilbuddene er væsentligt højere end de erfaringsbaserede budgetter. Som konsekvens heraf er der indarbejdet et korrektionstillæg, svarende til en fordyrelse på 50 pct. på entreprisudløbne i projektet.

14.1.2 Grundløsning

Banedanmark har udarbejdet et anlægsoverslag for en grundløsning, som består af et program af enkeltprojekter, der udførelsmæssigt ikke hører sammen i teknisk forstand. Grundløsningen omfatter den nødvendige ladeinfrastruktur under antagelse af minimumsrækkevidde for batteritog på 90 km. Grundløsningen etablerer ladeinfrastruktur på lokaliteter som oplystes i Tabel 9.

Tabel 9: Ladeinfrastruktur som skal etableres i grundløsningen i PL24.

Lokalitet	Antal elektrificerede spor	Ladeeffekt
Frederikshavn	2	4,4 MW
Herning-Gødstrup	1 på strækning, 4 i Herning	7,5 MW
Struer	5	6,5 MW
Svendborg	2	2,2 MW
Thisted	2	2,2 MW
Tønder	2	2,2 MW
Viborg	2	2,2 MW
Suppl. køreledningsanlæg i Odense	1	2x2 MW*)

Bemærkninger til tabellen:

*) Der tilsluttes til kørestrømsanlægget på Odense Station, som i gennemsnit kan levere 2,0 MW til hver af op til to stillestående batteritogsæt i spor 8

Undersøgelsen af løsningerne er gennemført på et grundigt niveau for en screening. Anlægsoverslaget indeholder et korrektionstillæg på 50 pct., som det foreskrives af hovednotat for Ny anlægsbudgettering for NAB fase 1.

Der er indlagt et tillæg på 2,5 mio. kr. pr. lokalitet, der skal håndteres støj fra batteritog under opladning, hvis denne støj ender med at blive defineret som terminalstøj. Dette forhold forventes afklaret inden afrapporteringen af beslutningsgrundlag på NAB 2-niveau.

Det skal bemærkes, at omkostninger til forøgelse af aksellasten fra 18 ton til mindst 20 ton på strækningen Struer-Thisted ikke er inkluderet i anlægsbudgettet, trods at opgraderingen er en forudsætning for drift med batteritog. Omkostningerne hertil udgør i størrelsesordenen 65 mio. kr., forudsat at opgraderingen sker i forbindelse med det forestående fornyelsesprojekt på strækningen.

Anlægsoverslaget for grundløsningen fremgår af Tabel 10.

Den samlede anlægsudgift for grundløsningen samt den nuværende økonomiske prognose for omkostninger til etablering af ladeinfrastruktur i Holstebro og Skjern, er 1.075 mio. kr. (PL2024). I forbindelse med Infrastrukturplan 2035 er der afsat 907 mio. kr. (PL2024) til etablering af statslig ladeinfrastruktur til batteritog.

Det bevirker, at grundløsningen er 18 pct. dyrere end den ved forliget afsatte anlægsøkonomi.

Bemærk at omkostninger til forøgelse af aksellasten til 20 ton på strækningen Struer – Thisted, ikke er indeholdt i anlægsbudgettet.

Tabel 10: Samlet anlægsbudget for grundløsningen fordelt på NABs hovedposter i PL24.

Hovedposter	Grundløsning
1 - Spor anlæg	8
2 - Anlægsarbejder	9
3 - Broer og konstruktioner	5
4 - Kørestrøm	383
7 - Tele	12
8 - Bygninger	49
9 - Arealer	2
10 - Forst	19
11 - Andet	7
12 - Arbejdsplads	19
13 - Projektstyring og administration	78
Korrektion for forhøjede enhedspriser	34
Basisoverslag (mængder x enhedspris)	625
Korrektionstillæg K1 (50 pct.)	312
Ankerbudget (K1 + Fysikoverslag)	937
Total udgift (anlægsoverslag i mio. kr.)	937

I Tabel 11 er NAB-budgettet fordelt på de enkelte lokaliteter.

Tabel 11: Anlægsbudget fordelt på grundløsningens geografiske lokationer i PL24.

Lokalitet	[Mio. kr.]	
	Basisoverslag*)	Total udgift inkl. 50 pct. korr.tillæg
Frederikshavn	83	124
Herning-Gødstrup	159	239
Struer	120	179
Svendborg og køreledningsanlæg i Odense	71	107
Thisted	65	98
Tønder	64	96
Viborg	63	94
I alt	625	937

Bemærkninger til tabellen:

*) Der er som mitigerende handling afsat 2,5 mio. kr. til støjafskærmning pr. lokation i Frederikshavn, Struer, Svendborg, Thisted, Tønder og Viborg. Omfanget af afskærmning på de enkelte stationer er ikke undersøgt for nærværende. Der udestår desuden en tilbundsgående granskning af definitionen af støj fra opladning, jf. Afsnit 14.2.

Det skal bemærkes, at grundløsningen omfatter ladeinfrastruktur til understøttelse af statsligt finansieret togtrafik på to forskellige kontraktformer. Ladeinfrastrukturen i Frederikshavn er nødvendig for understøttelse af eventuelle batteritog på strækningen mellem Skørping og Frederikshavn, som er statsligt finansieret, men hvor Region Nordjylland har trafikkøberansvaret. Alle øvrigt nævnte lokationer er planlagt med henblik på at understøtte drift med batteritog på den statslige kontrakt for togtrafikken i Midt- og Vestjylland og på Svendborgbanen.

Da Regionsrådet i Region Nordjylland har beslutningskompetencen for indkøb af togtrafik på strækningen Frederikshavn-Skørping, afventer behovet for ladeinfrastruktur i Frederikshavn, at der i regionsrådet træffes beslutning om introduktion af emissionsfri drift i form af batteritog.

Grundløsningen kan derfor deles i to: Frederikshavn og alle øvrige lokationer.

1.1.1 Besparelsesmulighed

Grundløsningen er baseret på, at batteritog har en minimumsrækkevidde på mindst 90 km. Der er en

konservativ antagelse, da der allerede er leverandører, som kan levere batteritog med rækkevidde på eksempelvis 150 km. Det er dog vigtigt i forbindelse med kommende udbud af batteritogmateriel, at ladeinfrastrukturen planlægges efter en rækkevidde, som markedet generelt kan levere.

Hertil er kravet om, at ladeinfrastrukturen defineres ud fra minimumsrækkevidde et meget robust scenarie, hvor der under normal drift er reservekapacitet i systemet. Med det grundlag vil toget kunne køre i det sidste leveår af batteriet under hårde vejrforhold som meget lave temperaturer og meget sne. Sådanne situationer er sjældne. Det vil være muligt at opstille en "nødkøreplan" i tilfælde med ekstremt vejr, hvor der er ekstra tid til at oplade, lavere hastighed mv.

Hvis batteritogsmateriellet har en minimumsrækkevidde på over 103 km, eller der køres med lidt mindre reservekapacitet, er ladeforsyningsstationerne i Viborg og Svendborg ikke nødvendige. Ved fravalg af ladeforsyningsstationer og køreledningsskinneanlæg i Svendborg og Viborg vil der kunne spares 190 mio. kr., hvormed den samlede anlægssum inkl. etablering af ladeinfrastruktur i Holstebro og Skjern, reduceres til

881 mio. kr. (PL24). Denne udgift kan holdes indenfor budgetrammen på rådighedspuljen til ladeinfrastruktur, FL §28.63.08.51, som er på i alt 907 mio. kr.

Batteritogs forventede rækkevidde efter 2030 vil blive genbesøgt i forbindelse med afrapporteringen af programfasen, hvor der kan tages endeligt stilling til behovet for etablering af ladeinfrastruktur i Svendborg og Viborg.



15 Risikovurdering

Banedanmark arbejder systematisk med risikostyring af projekter, baseret på principperne for Ny Anlægsbudgettering. Det indebærer en systematisk tilgang til identifikation og vurdering af projektrisici allerede fra projekternes tidlige faser.

Målet med en tidlig identifikation af risici er, at der tidligt i udviklingen af projektet kan arbejdes med mitigerende handlinger, som kan reducere sandsynligheden for, at den enkelte risiko indtræffer, eller som kan mildne konsekvenserne af, at risikoen indtræffer.

I relation til nærværende projekt er der indledningsvist afholdt en identifikations- og vurderingsworkshop med deltagelse af projektledelsen og fagspecialister, hvor risici er blevet identificeret, vurderet og dokumenteret i projektets risikoregister.

Projektets risici er blevet vurderet med hensyn til sandsynlighed og konsekvens på en skala fra 1-5, hvor intervallerne er beregnet med baggrund af projektets budget.

Risici er blevet vurderet og kategoriseret som økonomiske og/eller tidsmæssige risici.

15.1 Økonomiske risici

Af de væsentligste økonomiske risici kan nævnes:

- at både rådgiver- og entreprenørbranchen er presset. Effekterne heraf kan være forringet kvalitet og fordyrelse.
- at, afledt af ovenstående, kan der være få eller ingen bud på udførsel af projektet.
- at støj fra batteritog under stillestående opladning kan lede til omfattende krav om støjbekæmpelse, f.eks. ved opsætning af støjskærme.

Mitigerende handlinger i relation til de økonomiske risici er at gennemføre udbud i god tid og at samle alle opgaver, så udbud får markedsmæssig tyngde. Forhastede udbud og små udbud kan føre til få tilbud, hvilket typisk vil fordyre projektet.

I relation til risici i relation til støj fra batteritog under opladning, så skal der gennemføres konkrete støjsimuleringer i programfasen, hvor risici afdækkes endeligt.

Til foreløbig afdækning af de økonomiske risici i relation til støj fra opladning af batteritog er der afsat 2,5 mio. kr. til støjbekæmpende tiltag på stationerne i Frederikshavn, Struer, Svendborg, Thisted, Tønder og Viborg.

15.2 Tidsmæssige risici

Af de væsentligste tidsmæssige risici kan nævnes:

- at eventuelle landzonetilladelser bliver påklaget.
- at både rådgiver- og entreprenørbranchen er presset.
- der opstår uforudsete arealbehov.

Mitigerende handlinger i relation til de påklagede landzonetilladelser er, at Banedanmark allerede på et tidligt projektstadium indsender ansøgninger om landzonetilladelser, inden projektet har været i udbud og er detailprojekteret.

Ved at gennemføre udbud i god tid og ved at samle alle opgaver, så udbud får markedsmæssig tyngde, forventes det, at ikke blot økonomiske risici men også tidsmæssige risici kan mitigeres. Det skyldes, at risikoen for, at der ikke modtages tilbud, reduceres ved at udbyde i god tid.



Bilag: Konceptet for opladning af batteritog

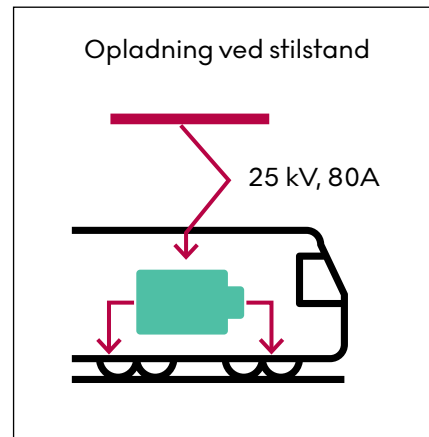
Ladeinfrastruktur anvendes til at oplade batteritog uden for de banestrækninger, som er elektrificerede med køreledninger til understøttelse af eltog.

Ladeinfrastrukturen kan etableres som statisk opladning ved endestationerne, illustreret i Figur 14, hvor batteritoget lader op i stilstand. Denne løsning er typisk billigere end elektrificering med køreledninger. Opladningen vil uanset type af batteritog ikke kunne overstige 80 ampere, svarende til ca. 2 megawatt pr. togsæt, idet varmeudviklingen i kontaktpunktet mellem strømaftager og køreledningssystemet ellers bliver overophedet.

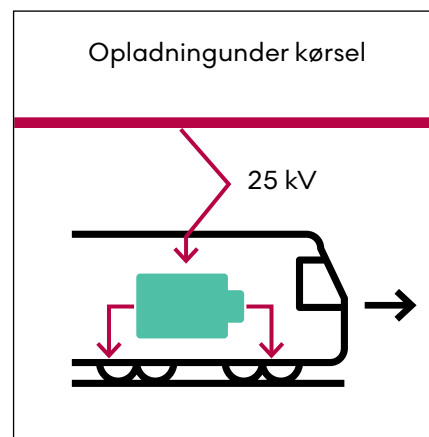
Desuden kan der etableres elektrificerede delstrækninger, illustreret i Figur 15, på dele af strækninger, hvor batteritog lader op under kørsel. Det muliggør dels gennemkørsel med batteritog af lange strækninger, som ikke er elektrificeret med køreledninger, dels er det muligt at indhente eventuelle forsinkelser helt eller delvist, hvis andelen af den køreplanlagte vendingstid, som anvendes til opladning, reduceres.

Ved køreplanlægningen kan linjer desuden med fordel anvende allerede elektrificerede strækninger til opladning af materiellet. Derved kan behovet for opladning ved endestationer reduceres. Et eksempel herpå er den elektrificerede delstrækning Aarhus-Langå, hvor batteritog videre mod Struer vil kunne lade op.

Den statiske opladning ved stationer er i langt de fleste tilfælde den mest omkostningseffektive løsning, hvis der ikke allerede findes elektrificerede delstrækninger undervejs, men det er sværere at genoprette punktligheden, idet vendetiden ifm. driftsforstyrrelser typisk ikke kan minimeres ved kortere ophold på stationer pga. behovet for opladning. En forsinkelse vil således potentielt ikke kunne indhentes. Derved kan det ved stram køreplanlægning tage adskillige afgange, inden en forsinkelse bliver indhentet. I værste fald skal tog aflyses for at få genoprettet rettidig drift.



Figur 14: Statisk opladning



Figur 15: Dynamisk opladning

Desuden skaber batteritog støj under opladning fra bl.a. kølesystemer, transformere og konvertere, som kan være til gene for stationernes naboer. Denne støj forventes dog mindre end tomgangsstøjen fra de nuværende dieseltog. Aspekterne omkring støj fra batteritog afdækkes i Afsnit 12.2.

Den mest robuste planlægning af drift med batteritog er, når opladningen sker under kørsel på elektrificerede strækninger, hvorefter batteritoget begiver sig ud på ikke-elektrificeret bane. Ved at opladningen sker under kørsel, bruges køretiden til opladning, hvilket ikke har punktlighedsmæssige udfordringer.

Materiellet slides desuden mindre, når toget oplades under kørsel, idet kontaktpunktet mellem køreledning og pantograf (strømaftager) derved flytter sig. Dette hindrer varmeudvikling, som kan reducere levetiden af køretråd og pantografens kontaktskinne. Det er imidlertid dyrere at elektrificere strækninger med køreledninger end statisk opladning ved stationer.

Når der skal elektrificeres på stationer langt fra adgang til det overordnede eltransmissionsnet (Energinet), vil det typisk ske med elforsyning fra distributionsnettets 10 kV del. I forbindelse med etablering af ladeinfrastruktur til batteritog på strækningen mellem Holstebro og Skjern er der blevet udviklet et koncept for etablering af små isolerede, elektrificerede "øer", helt uafhængigt af den øvrige elektrificering af banen.

Ladeinfrastrukturen til statisk opladning består overordnet set af to dele:

- Ladeforsyningsstation som omdanner 10 kV fra den lokale elforsyning til 27,5 kV kørestrøm.
- Køreledningsanlæg over den del af perronsporet, som skal anvendes af batteritog. Køreledningsanlægget kan etableres som køretråd eller køreskinne, alt afhængigt af sikkerhedsmæssige forhold.

I relation til ladeforsyningsstationerne regnes der med ydre dimensioner på maksimalt 6x30 meter for en enhed á 2,5 MVA, som kan levere op til 2,2 MW til opladning af batteritog. Effekten er tilstrækkelig til hurtigoplading af et enkelt batteritogsæt eller til normal opladning af to togsæt.

Ved etablering af mindre anlæg på op til 2x2,5 MVA – svarende til den nødvendige effekt til hurtigoplading af to batteritogsæt – vil det i de fleste tilfælde være mest økonomisk optimalt at etablere de relativt omkostningstunge ladeforsyningsstationer. Det skyldes, at omkostningerne til etablering af 60 kV eller 150 kV forsyningskabler fra nærmeste overordnede transformestation (med mulighed for tilslutning til Energinet) er for høje til, at det er økonomisk optimalt at etablere en forsyningsstations baseret på traditionel banetransformerteknik.

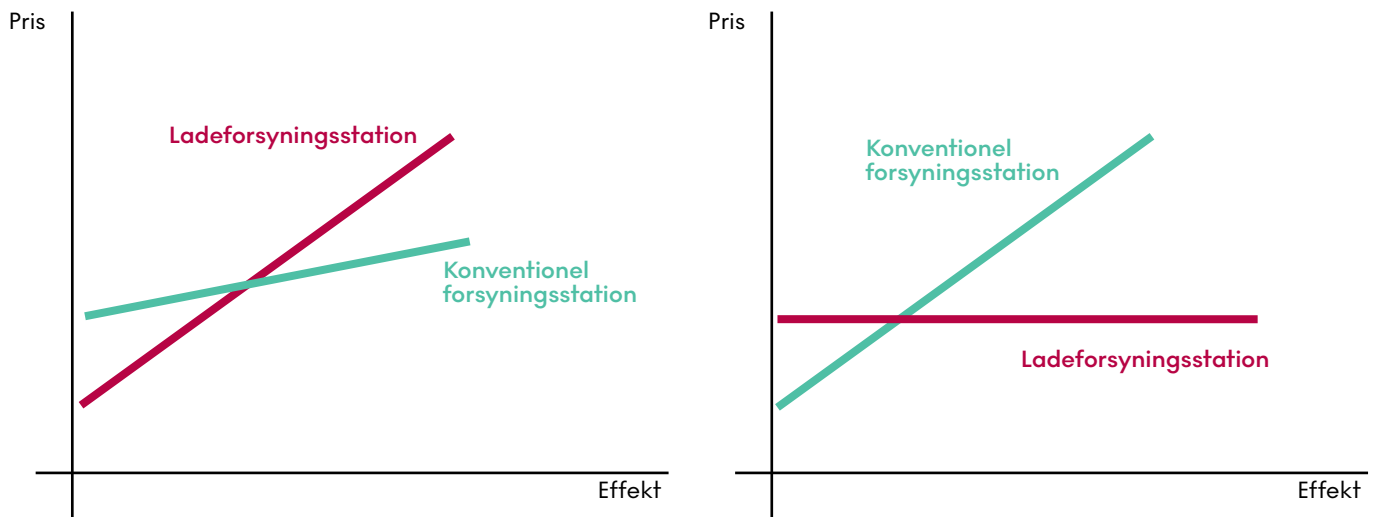
En ladeforsyningsstation tilsluttet distributionsnettets 10 kV del er en meget kompleks konstruktion med omfattende konvertersystemer, som sikrer et symmetrisk træk på elnettets tre faser. Dette er et ufravigeligt krav fra forsyningselskaberne, idet elnettet ellers risikerer at komme i ubalance med fare for nedbrud. De omfattende konverteranlæg er med til at gøre ladeforsyningsstationen ganske omkostningstunge, sammenlignet med almindelige banetransformersystemer.

Markedsdialog med tre af branchens førende leverandører har i forbindelse med projekterne i Holstebro og Skjern afdækket de tekniske muligheder for at etablere en ladeinfrastruktur, som imødekommer kravene fra forsyningselskaberne.

I Tyskland er der ved træk op til 1,0 MW ikke noget krav om, at alle elnettets faser skal belastes ligeligt. Derved er det muligt at etablere væsentligt billigere ladeinfrastruktur, som – med reduceret ladestyrke – kan oplade batteritog udenfor de ellers elektrificerede strækninger. Det er en teknisk løsning, som på baggrund af Green Power Danmarks krav til forbrugsanlæg, ikke kan anvendes i dansk kontekst.

På lokaliteter, hvor der er behov for samtidig opladning af flere batteritog, vil det typisk være mest omkostningseffektivt at etablere forsyningslinjer fra nærmeste adgang til Energinets overordnede transmissionsnet og at strømforsyne ladeinfrastrukturen med en almindelig banetransformer. Omkostningerne til opskalering af en ladeforsyningsstation til eksempelvis at understøtte hurtig opladning af tre batteritog, vil være langt højere end at erstatte ladeforsyningsstationen med et fem km langt forsyningskabel og en tilhørende banetransformer, styringsystemer mv.

Sammenhængen mellem effekt, afstand til Energinet og pris for ladeforsyningsstation hhv. konventionel forsyningsstation (forsyningsstation med banetransformer koblet direkte på det overordnede eltransmissionsnet) er kompleks, og kan ikke illustreres i samme graf. I Figur 16 er dog vist de to primære styrende sammenhænge, nemlig sammenhængen mellem effektbehovet og prisen for de to typer anlæg samt sammenhængen mellem afstanden til Energinet og prisen for de to typer anlæg.



Figur 16: Sammenhæng mellem pris og effekt/afstand til energinet for de to anlægstyper.

Ladeforsyningsstationerne bliver opført som lange smalle teknikbygninger i et design, som matcher Bandedanmarks øvrige teknikbygninger. Da der endnu ikke er detailprojekteret for en ladeforsyningsstation, er det endnu ikke muligt at vise en visualisering af enheden.

Foruden forsyningsdelen, som enten består af en ladeforsyningsstation tilsluttet det lokale 10 kV distributionsnet eller en konventionel forsyningsstation med

banetransformer tilsluttet Energinets 60 eller 150 kV del, består ladeinfrastrukturen af et køreledningssystem.

Køreledningssystemet kan etableres enten med opspændt køretråd, som det kendes fra den almindelige elektrificering, eller som en kort skinne med indeklemt køretråd.

De to systemer ses nedenfor i Figur 17.



Figur 17: To typer køreledningssystemer: Til venstre for sporet køreledning i skinne, til højre for sporet opspændt køreledning.

Systemet med skinne anvendes på lokationer med ringe pladsforhold, eller hvor der ønskes en mere diskret løsning. Afstanden mellem masterne er kortere, når der anvendes skinne, sammenlignet med et opspændt system. Dog kan skinnedsystemet udføres med væsentlig større afstand mellem masterne, end det er vist i figuren forrige side. Der vil af pladshensynsmæssige forhold blive etableret skinnedsystem ved den kommende ladeinfrastruktur på Holstebro Station, mens der på Skjern Station opsættes opspændt køreledning over perronsporene.

Når der elektrificeres delstrækninger, anvendes der opspændt køretråd, da det derved er muligt at have meget lang afstand mellem køreledningsmasterne.

Sammenligning af ladeinfrastruktur

For øjeblikket planlægges ladeinfrastruktur ikke blot til batteritog, men også elbiler, elbusser, ellastbiler og elfærger.

Kompleksiteten er ikke ens for de forskellige typer ladeinfrastruktur, hvilket også bevirker, at etableringsomkostningerne er vidt forskellige. Det skyldes, at der er forskel på, hvordan de enkelte typer transportmidler bliver ladet op.

I Tabel 12 er der oversigt over ladeinfrastrukturen til forskellige typer transportmidler.

Tabel 12: Sammenligning af karakteristika for forskellige el-transportmidler.

Transportmiddel	Spænding	Effekt	Strøm	Kompleksitet
Elbil, hjemmeopladning	0,4 kV	11 kW	3 faser vekselstrøm	lav
Elbil, lynopladning	0,4-0,8 kV	50-300 kW	3 faser vekselstrøm ensrettet til Jævnstrøm	Mellem
Elbus, depotopladning	0,8-1,0 kV	100-200 kW		
Ellastbil, natopladning	0,8-1,0 kV	100-200 kW		
Ellastbil, lynopladning*)	1,25 kV	Op til 3,75 MW		
Batteritog, natopladning	1,0-1,5 kV	100-400 kW		
El-færge, Ærøfærgeren, Ellen	1,0 kV	4 MW		
Konventionel elektrificering af banen	25 kV	Typisk 20-60 MW	Direkte træk på typisk to faser på Energinet	Mellem
Batteritog, ladeinfrastruktur	25 kV	Op til 2x2,4 MW	3 faser vekselstrøm ensrettet til jævn-strøm, derefter konverteret til 1 fase vekselstrøm,	Høj

Bemærkninger til tabellen:

*) Forventet industristandard, Megawatt Charging System (MCS), under udvikling

Kompleksiteten i ladeinfrastruktur til batteritog

Ladeinfrastruktur til batteritog er komponentmæssigt den mest komplicerede ladeinfrastruktur, da den skal levere 25 kV vekselstrøm i en enkelt fase.

Ladeinfrastrukturen el-forsynes typisk fra eldistributionsnettets 10 kV del, da der ofte er langt til den nærmeste Energinet transformerstation, hvor der alternativt kunne elektrificeres som ved den øvrige elektrificering af fjernbanen.

Da distributionsnettet ikke har samme robusthed som Energinets overordnede transmissionsnet, skal der via loadbalancing sikres et ligeligt træk på alle tre faser. Dette skyldes både tekniske og reguleringsmæssige krav.

Teknisk set bliver 10 kV vekselstrøm, fordelt på tre faser, kørt gennem tre transformere, så spændingen falder fra 10 kV til 1 kV. De tre faser ensrettes, så de kan "sammles". Jævnstrømmen konverteres nu tilbage til vekselstrøm og sendes efterfølgende gennem en transformer, så spændingen hæves til nominelt 25 kV i en fase, ganske som den almindelige elektrificering.

Anlæggenes kompleksitet betyder, at de er dyrere at anlægge end f.eks. ladeparker til opladning af elbiler, med samme totaleffekt.

Desværre er det ikke muligt at anvende jævnstrøm til opladning af batteritog – det ville ellers have reduceret kompleksiteten i systemerne – da dette system ikke vil være kompatibelt med den øvrige elektrificering til eltog, som er 25 kV, 50 Hz, i en fase.

Bilag: Grundløsning for ladeinfrastruktur til batteritog

I dette bilag beskrives den nødvendige ladeinfrastruktur, som skal etableres for at muliggøre introduktion af batteritog på det statslige strækninger som ikke er planlagt elektrificeret. Der tages udgangspunkt i den nødvendige ladeinfrastruktur for afvikling af det samme betjeningsomfang som i dag med batteritog, fremskrevet til år 2030, jf. beskrivelserne i Afsnit 3.

Supplerende køreledningsanlæg i Odense

På Odense Station er der, som en del af elektrificeringen af hovednettet, allerede etableret kørestrømsanlæg over perronspor 3, 4, 5, 6 og 7.

Svendborgbanen, som ses i Figur 19, anvender dog spor 8, som pt. ikke er elektrificeret, da nuværende drift på Svendborgbanen sker med dieseltog.

Derfor skal der etableres 100 meter køreledningsanlæg over spor 8, som tilsluttes kørestrømsforsyningen for det øvrige anlæg på stationen.

Spor 8 ses i Figur 19.



Figur 18: Svendborgbanen ligger relativt isoleret fra øvrige strækninger til batteritog.



Figur 19: Arriva tog holder ved det ikke elektrificerede perronspor 8.

Ladeinfrastruktur i Frederikshavn

Der etableres ladeinfrastruktur i Frederikshavn, så tog på strækningen Lindholm-Frederikshavn kan oplade under stationsopholdet i Frederikshavn.

De omtalte strækninger ses i Figur 20.

Ladeinfrastrukturen vil også kunne anvendes af trafikken på Skagensbanen, idet denne trafik er flettet sammen med trafikken mellem Frederikshavn og Hjørring/Skørping. Fra Lindholm og sydpå kan batteritog anvende køreledningsanlæg, som er ved at blive etableret.

Dimensionering af ladeinfrastrukturen i Frederikshavn

Strækningen mellem Lindholm og Frederikshavn er 82 km. Batteritog vil kunne betjene den statslige strækning Lindholm-Frederikshavn uden opladning under-

vejs. Vendetiden i Frederikshavn bliver dog relativt lang på de afgang, hvor der anvendes dobbeltkoblet materiel, idet to batteritog skal lades op.

I den nuværende køreplan anvendes dobbeltkoblet materiel på udvalgte afgang i morgen- og eftermiddagsmyldretiden. Nordjyske Jernbaner oplyser, at i dag afvikles ca. 10 pct. af afgangene med dobbeltkoblet materiel af knapt 84 meters længde. Desuden krydser tog på mange afgang på Frederikshavn Station, hvilket også kræver ekstra opladningseffekt, da flere togsæt vil skulle lade samtidigt.

Ladeforsyningsstationen skal dimensioneres som en enhed á 5,0 MVA, svarende til, at der kan leveres 2x80 A, 27,5 kV på køretråden.

Med den nuværende køreplan, hvor tog krydser på Frederikshavn Station, nogle gange endda i dobbeltkoblet



Figur 20: Ladeinfrastruktur i Frederikshavn vil understøtte både Lindholm-Frederikshavn og Frederikshavn-Skagen

konfiguration, vil batteritog ikke altid kunne hurtigoplades med maksimal ladeeffekt på 2,2 MW. Det vurderes dog tilstrækkeligt med den planlagte effekt i Frederikshavn.

Ladetid i Frederikshavn

I den nuværende køreplan fortsætter alle tog til Skagen. Gennemkørende tog til/fra Skagen skal (forudsat Nordjyske Jernbaner etablerer egen ladeinfrastruktur i Skagen) lade i seks minutter på Frederikshavn Station. Dette holder sig indenfor rammerne af den nuværende køreplan.

Hvis der introduceres drift, som kun kører til Frederikshavn og ikke videre til Skagen, vil batteritog skulle lades i op til 10 minutter. Det vil dog fortsat være muligt at afvikle trafikken indenfor den nuværende køreplan, hvorfor brugerne ikke vil opleve forskel i holdetiden sammenlignet med dagens trafik.

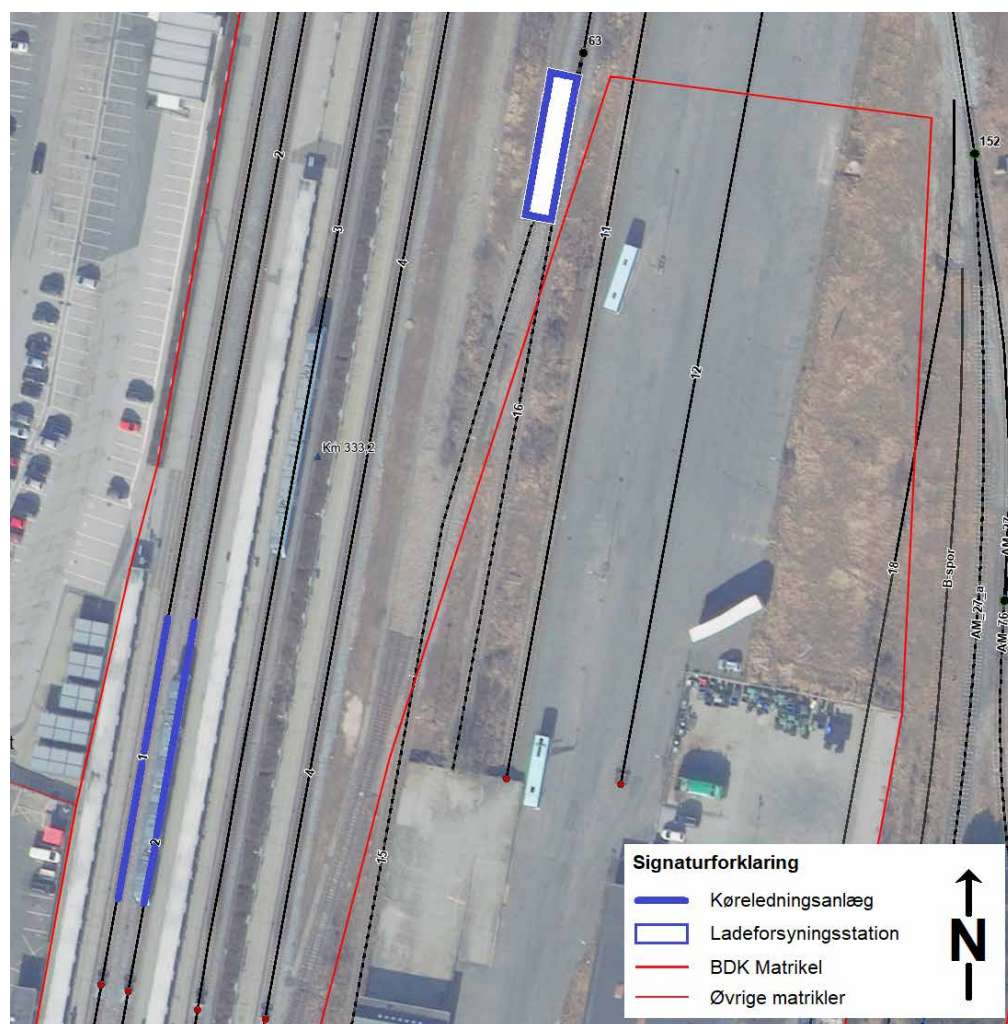
Placering af ladeinfrastrukturen i Frederikshavn

Der etableres i grundløsningen 100 meter køreledningsanlæg i spor 1 og 2, som begge derved kan oplade dobbeltkoblet batteritogsæt, som vist i Figur 21.

Et foreløbigt forslag til placering af ladeforsyningsstationen er i den østlige side af stationen, 130 meter nordøst for de to elektrificerede perronspor. Denne placering er på Banedanmarks egen matrikel og hindrer ikke sporadgang eller trafik på nogen spor. Placeringen er i udkanten af erhvervsområde.

Afstand fra ladeforsyningsstationen til nærmeste beboelse: Ca. 180 meter.

Afstand fra køreledningsanlæg til nærmeste beboelsesbygning: Ca. 75 meter.



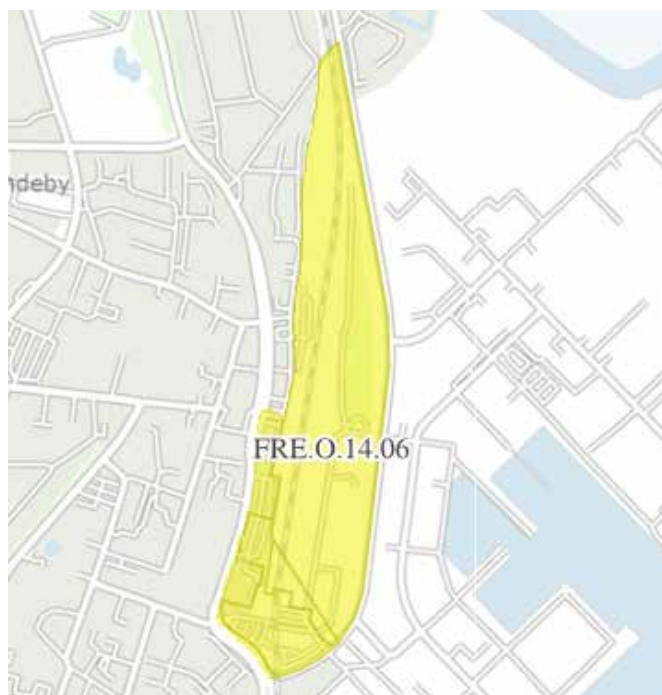
Figur 21: Forventet placering af ladeforsyningsstation og køreledningsanlæg i Frederikshavn

Arealforhold og plangrundlag

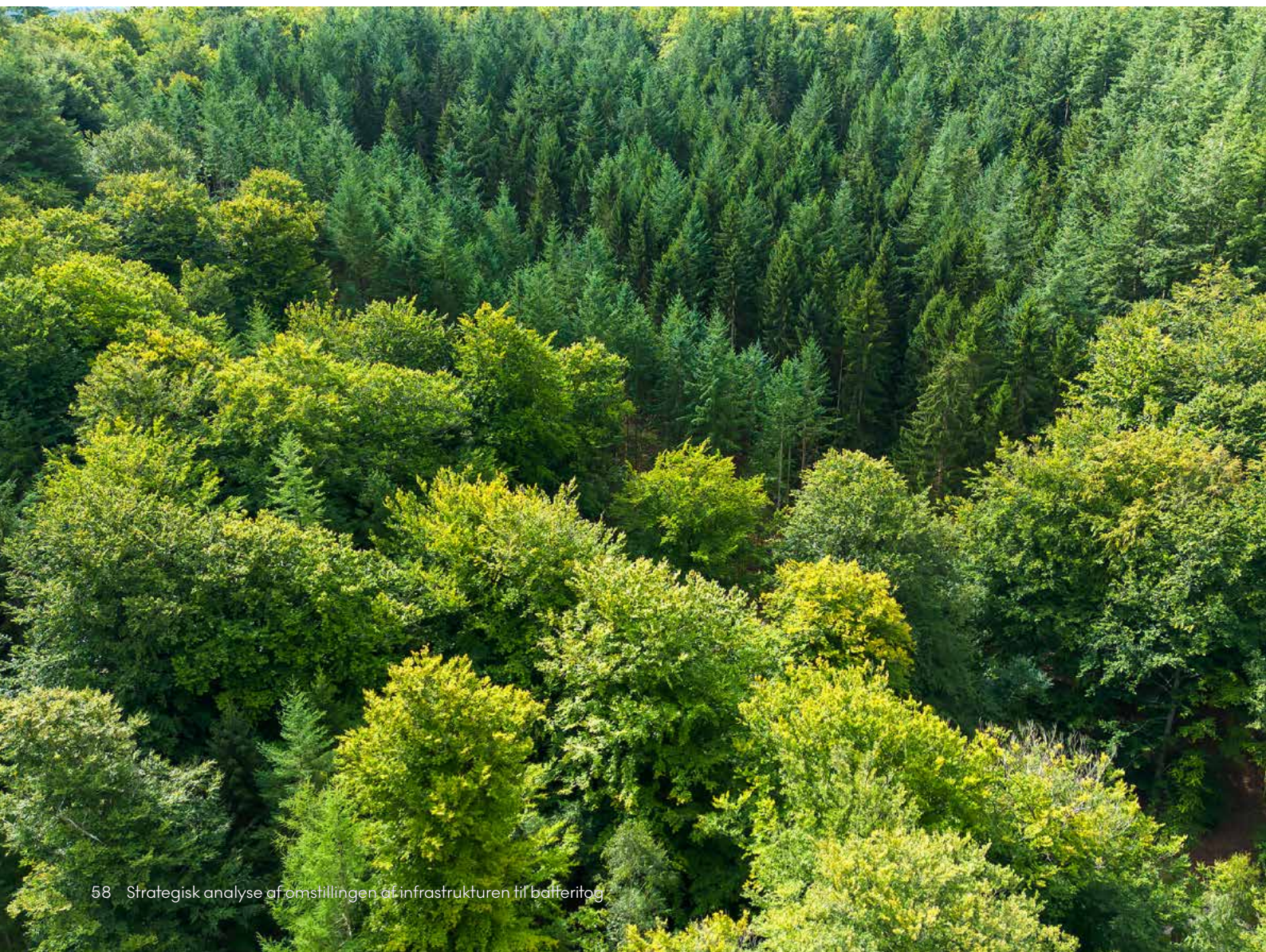
Området, hvor ladeinfrastruktur planlægges etableret, er ikke omfattet af lokalplan, men af Kommuneplanramme FRE.O.14.16.

Kort over området vises i Figur 22.

Der er ikke angivet nogen generelle anvendelsesbestemmelser for området, og det derved meget overordnede plangrundlag kan derfor ikke forventes at hindre etablering af ladeinfrastruktur på den påtænkte lokalitet.



Figur 22: Ladeinfrastruktur i Frederikshavn vil understøtte både Lindholm-Frederikshavn og Frederikshavn-Skagen



Ladeinfrastruktur i Herning

Strækningen mellem elektrificeringen på Vejle Station og den kommende ladeinfrastruktur på stationen i Struer er 130 km, hvilket batteritog ikke kan forventes at tilbagelægge uden opladning undervejs.

Ladeinfrastrukturen i Holstebro er – jf. projektets kommissorium – kun dimensioneret til opladning af et enkelt togsæt, og stationsopholdet for de gennemgående togsystemer Vejle-Struer og Aarhus-Struer er ikke langt nok til at kunne sikre tilstrækkelig opladning.

I Herning, som ses i Figur 23, er stationsopholdet for tog på strækningen Vejle-Struer heller ikke langt nok for alle tog til at kunne sikre tilstrækkelig opladning på stationen.

Af disse trafikale årsager skal der etableres strækningsopladning mellem Herning og Gødstrup, så stationsopholdet ikke bliver for langt på Herning Station.

Dimensionering af ladeinfrastrukturen i Herning

Herning er et knudepunkt for togtrafikken i Midt- og Vestjylland, hvor flere tog ofte har samtidigt stationsophold på Herning Station. Derved sikres korte skiftetider mellem de forskellige tog. Herunder skal eventuelle landsdelstog også kunne lade op samtidigt med togsystemerne til og fra Aarhus og Skjern.

Opladningskapaciteten bør derfor ikke etableres som mindre end 7,5 MW, da mindre effekt vil skabe ringere skiftforhold for brugerne, idet ikke for mange tog må skulle oplades samtidigt. Dette er et effektbehov, som er væsentligt større end de fleste andre steder, hvor der skal etableres ladeinfrastruktur, og som bevirker, at det



Figur 23: Herning vil fortsat være det helt centrale knudepunkt for togtrafikken i Midt- og Vestjylland.

almindelige koncept for ladeinfrastruktur ikke er egnet som løsning i Herning.

For at reducere stationsopholdet for gennemkørende togsystemer, f.eks. Vejle-Struer og Aarhus-Struer, vil strækningen mellem Herning Station og Gødstrup blive elektrificeret. Derved kan tog på denne delstrækning lade op under kørsel.

I den sydvestlige del af Herning, godt 2 km fra banen, ligger der en Energinet-transformerstation, hvor der er adgang til det overordnede eltransmissionsnet. Da der er et ret omfattende behov for opladning af batteritog i Herning, er tilslutning til det overordnede el-transmissionsnet og anvendelse af konventionel transformerteknik den økonomisk mest rentable løsning.

Banetransformeren vil blive direkte forsynet fra indgangsskinne på Energinets transformerstation, således at der trækkes direkte på det overordnede forsyningsnet, ganske som det sker ved elektrificeringen af den øvrige fjernbane. Ved anvendelse af dobbelt banetransformer vil det desuden være muligt at sikre meget høj forsyningsikkerhed for al ladeinfrastruktur i Herning.

Forsyningsstationen vil, for at reducere belastningen af elnettet, skulle etableres med rampetider, hvor opladningen påbegyndes gradvis, ganske som ved lade-forsyningsstationerne.

Det er en nedskalaret løsning af den i forbindelse med Elektrificeringsprogrammet planlagte forsyningsstation ved Herning, som samtidig kun skal effektforsyne et meget begrænset køreledningsanlæg iff. oprindeligt planlagt.

Ladetid i Herning

Etableringen af køreledningsanlæg mellem Herning Station og standsningsstedet i Gødstrup bevirker, at tog på strækningen Vejle-Struer og Aarhus-Herning-Struer kan oplade under kørsel. Den elektrificerede strækning bliver 6,3 km, og der bliver ved to minutters stationsophold i Herning tid til i alt syv minutters opladning. Det er rigeligt til begge gennemkørende togsystemer. Etableringen af elektrificering til strækningsopladning bevirker, at ingen gennemkørende

tog forsinkes af opladning i Herning, hvilket både er til fordel for passagerer og punktlighed.

Togsystemet fra Esbjerg, som evt. vil skulle vende i Herning, vil på nogle afgangse skulle foretage en fuld opladning, hvilket tager op til 11 minutter, da der forud for disse afgangse kun har været begrænset mulighed for opladning i Skjern. Der skal derfor etableres tilstrækkelig ladekapacitet til, at eventuelle dobbeltkoblede togsystemer ikke får forlænget deres opladning.

Placering af ladeinfrastrukturen i Herning

Da Energinets store transformerstation i Herning ligger i byens sydvestlige udkant, skal der etableres forsyningskabel fra denne og frem til den kommende forsyningsstation, som vil komme til at ligge tæt på banestrækningen Herning-Gødstrup. Forsyningskablet bliver 2,2 km langt og vil skulle ligge parallelt med dele af Energinets overordnede forsyningsnet. I Figur 24 ses oversigtskort over området.

Foruden strækningen Herning-Gødstrup, elektrificeres perronsporene på Herning Station, så op til 120 meter lange batteritog kan oplades under ophold på Herning Station. Det samme gælder for standsningsstedet i Gødstrup.

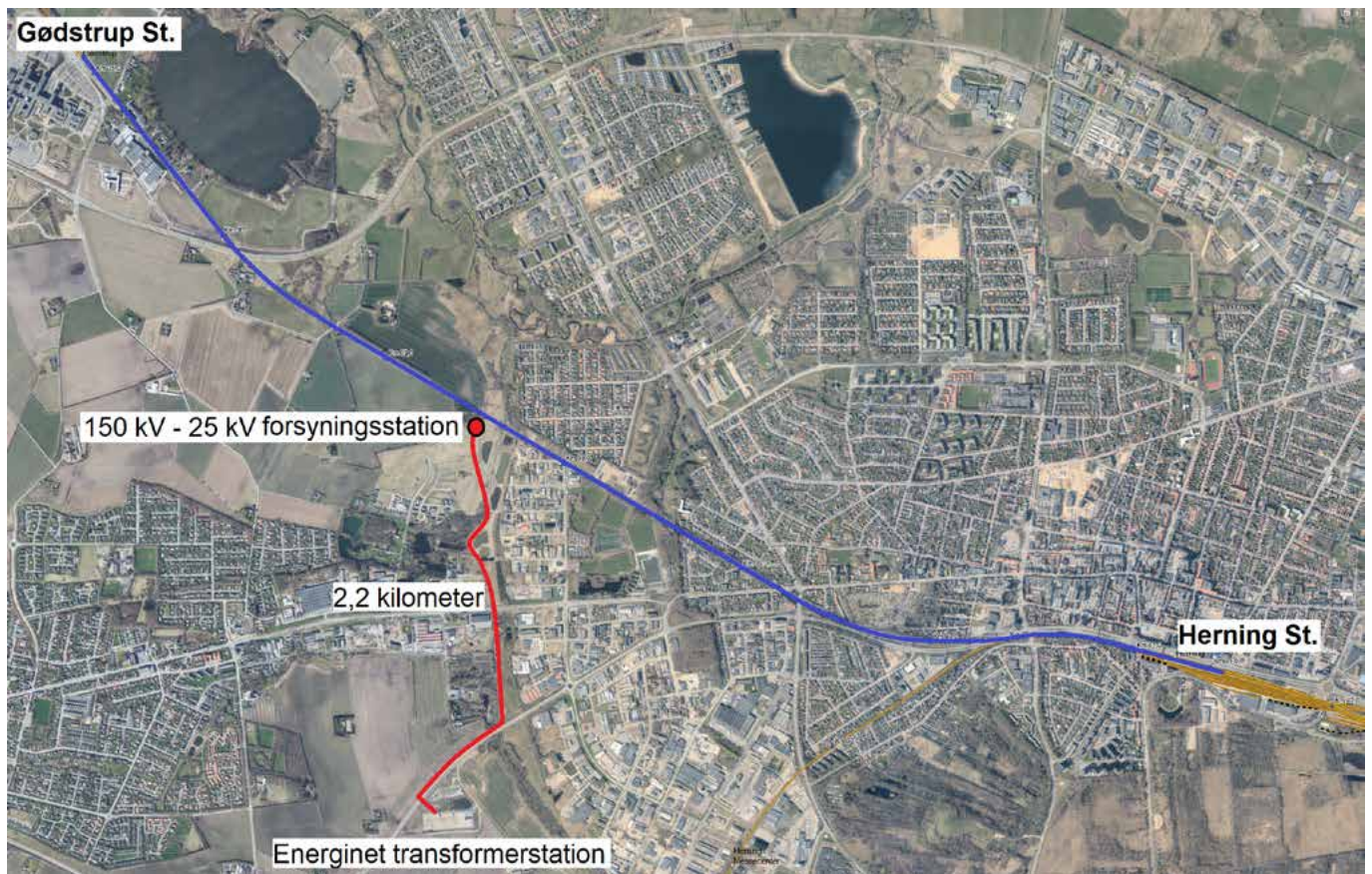
Løsningen vil også muliggøre opladning af batteritog på strækningen Herning-Skjern-Esbjerg, som evt. vender på Herning Station, da alle perronspor på Herning Station elektrificeres.

Afstand fra køreledningsanlæg til nærmeste beboelsesbygning: ca. 100 meter.

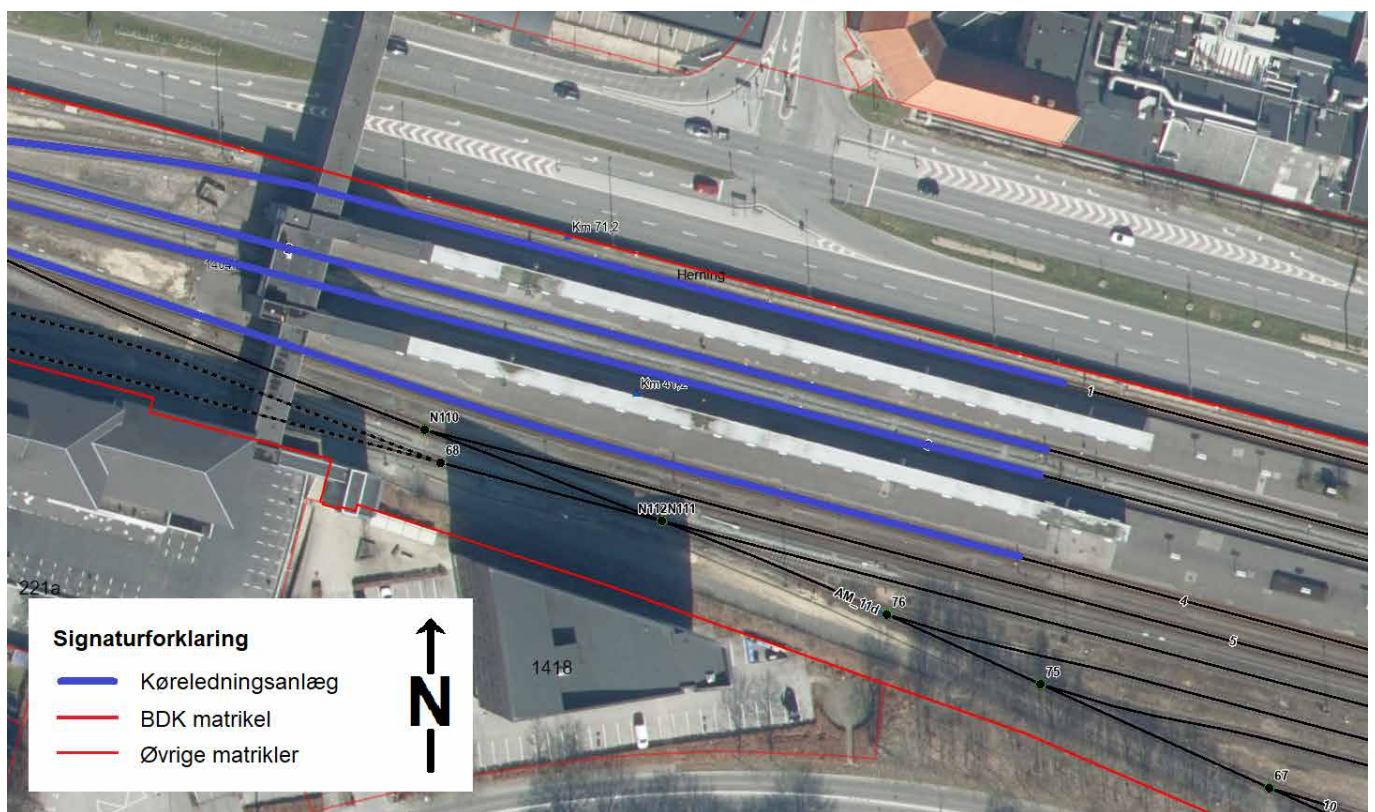
Af tekniske grunde kan det blive nødvendigt at føre elektrificeringen helt til den østlige side af perronerne. Dette vil blive undersøgt i forbindelse med projektets programfase.

Da elektrificeringen af Herning Station er en del af en strækningselektrificering, defineres støj under opladning som strækningstøj, hvorfor afstanden mellem køreledningsanlægget og nærmeste beboelsesbygning ikke umiddelbart er et problem i et støjperspektiv.

Figur 25 viser minimumsomfanget af elektrificering inde på Herning Station.



Figur 24: Strækningen Herring – Gødstrup samt forsyningskabel og forsyningsstation.



Figur 25: Minimums elektrificering af perronspor på Herring Station

Arealforhold og plangrundlag

Området hvor forsyningsstationen planlægges etableret, er et rekreativt område i landzone, beliggende på matrikel 6p, Bassumgård, Snejbjerg. Matriklen er privatejet af et ejendomsselskab. Området er omfattet af lokalplan 51.B16.2, Bolig-, institutions- og rekreativt område ved Langvadbjergvej i Snejbjerg. Lokalplanområdet fremgår af den røde signatur i Figur 26.

Lokalplanen foreskriver, at området skal anvendes til grønt område. Indenfor området kan der etableres anlæg til områdets tekniske forsyning, men der må som udgangspunkt ikke bygges i området.

Der skal derfor i programfasen påbegyndes en dialog med Herning Kommune om perspektiverne for udarbejdelse af tillæg til lokalplanen og landzonetilladelse. Alternativt skal forsyningsstationen flyttes 100 meter mod nordvest, som også er landzone men hverken omfattet af lokalplan eller kommuneplanramme. Her vil etablering kun kræve landzonetilladelse.

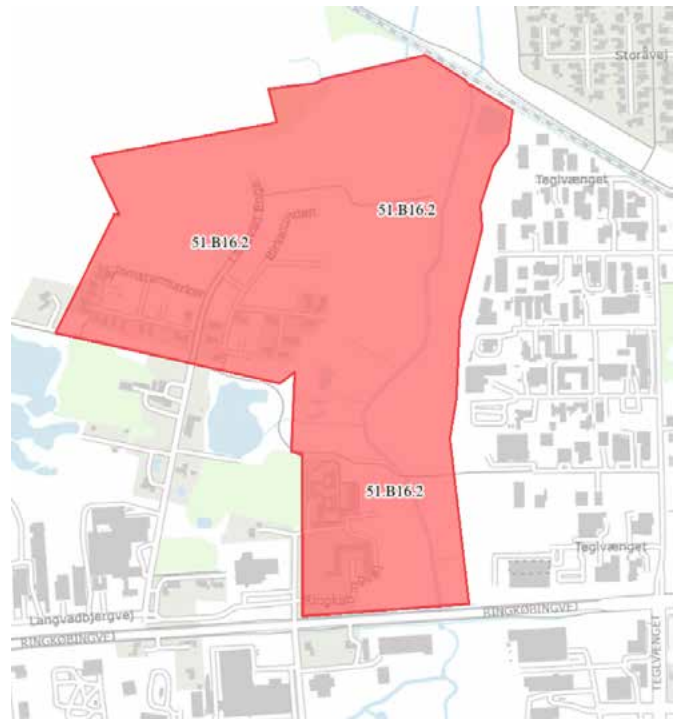
Konsekvenser af strækningselektrificeringen

Når strækningen mellem Herning og Gødstrup skal elektrificeres, skal køreledningsanlægget føres under en række broer på strækningen. De fleste broer har tilstrækkelig højde til, at der umiddelbart kan elektrificeres. Enkelte broer er så lave, at der skal anvendes broophæng og "bird protection", så der ikke opstår kortslutninger ved broerne. Teknikken er velkendt og anvendes allerede i dag ved elektrificeringsprojekter på det øvrige banenet.

Sporet under broerne ved Bryggergade, Messevejen og Ringkøbingvej skal desuden sænkes, idet der mangler yderligere 10-15 cm frihøjde for at muliggøre etablering af køreledningsanlæg.

Gangbroen mellem Fuglsangvej og Dronningens Boulevard er en beton buebro fra 1954. Broen er så lav, at den skal udskiftes med en ny og højere gangbro.

Når strækningen bliver elektrificeret, vil der skulle ske beskæring og træfældning af træer på strækningen, så grene ikke kommer for tæt på køreledningsanlægget.



Figur 26: Lokalplanområde 51.B16.2

Der vil desuden skulle tinglyses samme eldriftsservitut på matriklerne op til banen, som anvendes ved den øvrige elektrificering i Danmark. Konsekvenserne af denne servitut er bl.a., at der ikke må opføres nye bygninger indenfor en afstand af 10 meter fra banens spormidte, og at naboerne er forpligtet til at beskære træer, så de ikke er i fare for at kunne være til fare for køreledningsanlægget.

Mere information om eldriftsservituten kan ses på Banedanmarks hjemmeside under følgende link: [Eldriftsservitut | Banedanmark](#).

Ladeinfrastruktur i Struer

Der skal etableres ladeinfrastruktur i Struer, så tog på strækningerne Herning-Struer, Langå-Struer og Thisted-Struer kan oplade under ophold i Struer.

I Figur 27 ses strækningerne, som ladeinfrastrukturen i Struer skal understøtte.

Da Struer er et knudepunkt for togtrafikken i Nordvestjylland, vil der skulle etableres en relativt omfattende ladeinfrastruktur. Dels kører der dobbeltkoblede togsæt på strækningerne Vejle-Herning-Struer, Aarhus-Herning-Struer og Aarhus-Langå-Struer, dels er der med dagens køreplan desuden samtidige stationsophold for flere togsæt på mange afgang.

Dimensionering af ladeinfrastrukturen i Struer

Stationen i Struer er et af to store knudepunkter for togtrafikken i Midt- og Vestjylland. Tog fra tre forskellige baner har endestation i Struer, og derfor vil flere



Figur 27: Struer er et knudepunkt for togtrafikken i Midt- og Vestjylland.

batteritog skulle oplade samtidigt. Heraf kører en del afgang på strækningerne Vejle-Herning-Struer og Aarhus-Langå-Struer med dobbeltkoblet materiel, hvilket forøger behovet for opladningseffekt.

Analyser af det opstillede køreplansscenarie viser, at opladningseffekten i Struer skal være mindst 6.5 MVA, hvilket er en meget høj effekt i relation til konceptet for anvendelse af ladeforsyningsstationer. Den økonomisk set mest optimale løsning er, at der etableres en forsyningsstation med almindelig banetransformer, som kobles direkte på Energinet ved transformerstationen i Struer. Denne er beliggende relativt tæt på Struer Station. Da der køres med dobbeltkoblet materiel på både Langå-Struer og Vejle-Struer, bør der elektrificeres mindst 100 meter på hver af de fem perronspor.

Det skal bemærkes, at når der elektrificeres ved etablering af forsyningsstation med konventionel 1-faset transformer (som det kendes fra eksempelvis Elektrificeringsprogrammets forsyningsstationer i Esbjerg og Sønderborg), er meromkostningen for opskalering af anlægget meget begrænset ift. de tilsvarende opskalerings omkostninger ved etablering af ladeforsyningsstationer. Det er årsagen til, at det ikke er økonomisk optimalt at etablere en ladeforsyningsstation, men at der i stedet skal anvendes en mere konventionel løsning for forsyndingsdelen af kørestrømsanlægget.

Understøttelse af landsdelstrafikken

Struer-København

Hvis der skal opretholdes direkte landsdelstrafik med batteritog mellem Struer og København, kommer dette formodentligt til at ske med en batteriudstyret udgave af IC5 eller 3-vogns batteritog på regionaltogetsplatform til 160 km/t, idet der kun derved kan opretholdes et togsystem, der kan matche de nuværende IC3-togsystemer med hensyn til kapacitet, komfort og rejsetid. Dette vil kræve elektrificering af minimum 120 meters afsnit af perronsporet, som er minimumslængden for perroner på strækningen.

DSB undersøger, i projektet "Undersøgelse af batteritog i landsdelstrafikken" sammen med Trafikstyrelsen og Banedanmark, perspektiverne for afvikling

af landsdelstrafikken med batteritog. Dette arbejde forventes afrapporteret i sommeren 2024.

Ladetid i Struer

Ladeinfrastrukturen i Struer skal understøtte opladning af batteritog fra tre forskellige strækninger:

- Vejle-Struer
- Langå-Struer
- Struer-Thisted

Strækningen Vejle-Struer er 130 km. Batteritog får en supplerende opladning på strækningen mellem Herning og Gødstrup, hvor den effektive opladningstid er minimum seks minutter. Der skal i praksis derfor oplades til 76 km kørsel. Det medfører et behov for minimum 10 minutters vendetid, hvilket allerede er opfyldt i den nuværende køreplan. Brugere oplever således ikke en ændring i forhold til dagens situation.

Strækningen Langå – Struer er 102,5 km. Da der kun er begrænset tid til supplerende opladning i Viborg,

vil batteritog som kommer fra Langå ankomme til Struer med et opladningsbehov på op til 90 km drift, hvilket kræver mindst 11 minutters vendetid. Dette behov er allerede på mange afgangene foreneligt med den nuværende køreplan, og vurderes ikke at være en udfordring.

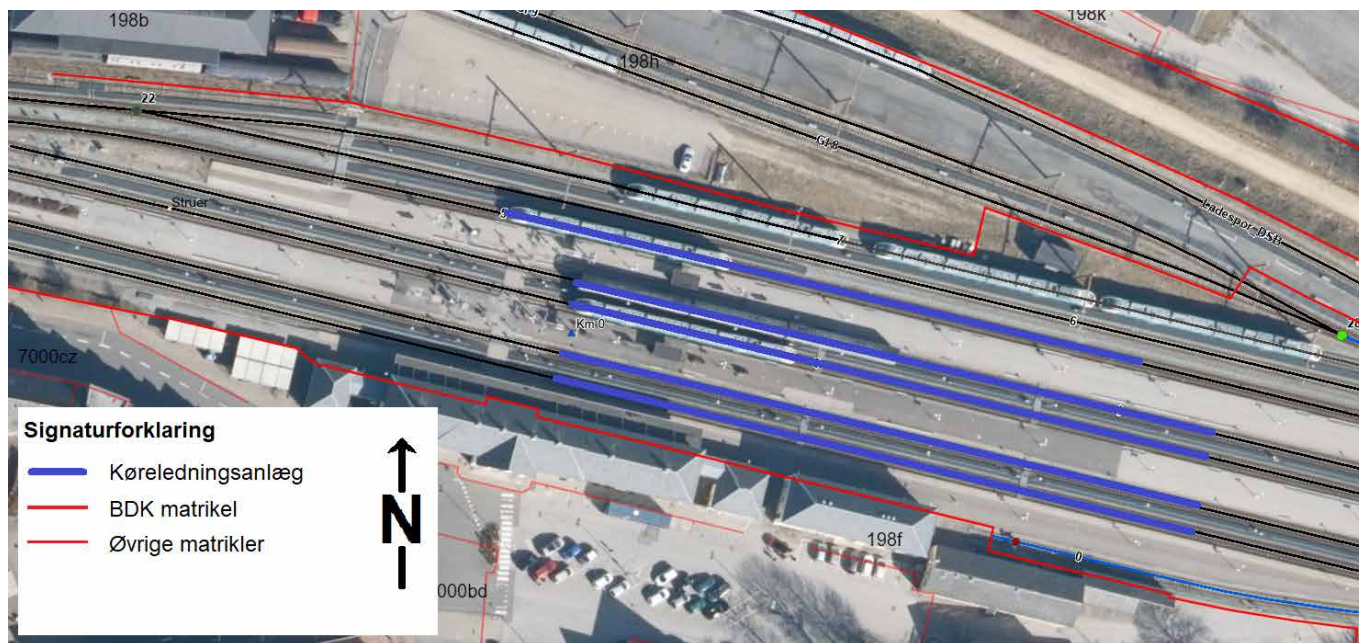
Strækningen Struer – Thisted er 74 km og opladning forudsættes også at ske i Thisted. Der vil skulle køreplanlægges med minimum 10 minutters vendetid i Struer, så batteritog under alle driftsforhold vil nå at kunne lade op. Minimumsvendetiden er allerede i dag opfyldt på de fleste afgangene, og det vurderes muligt at planlægge en køreplan, som muliggør opladning på alle afgangene uden uforholdsmæssig stor spildtid.

Placering af ladeinfrastrukturen i Struer

Forsyningsstationen forventes etableret ved transformerstationen i Struer, hvor det er muligt at koble sig direkte på Energinet. Denne vil blive etableret i et erhvervsområde i den sydlige del af Struer. Der bliver teknisk set tale om den samme løsning som i Herning.



Figur 28: Forventet placering af forsyningsstation og forsyningsledning til Struer Station.



Figur 29: Udstrækningen af det kommende køreledningsanlæg på Struer Station.

Dog skal der suppleres med etablering af et godt to km langt forsyningskabel gennem Struer. Kablet vil være et 25 kV forsyningskabel, som etableres under kommunalt vejareal (typisk under cykelsti). Her vil forsyningskablet ligge under gæsteprincippet, hvor kablets ejer (Banedanmark) vil være forpligtet til at flytte kablet, hvis forsyningskablet kommer til at ligge i vejen for f.eks. et kommende vejprojekt. I Figur 28 vises kortudsnit af Struer med forventet placering af forsyningsstation og indledende oplæg til føringsvej for forsyningskabel.

Afstand fra køreledningsanlæg til nærmeste beboelsesbygning: 40 meter.

Alle perronspor forudsættes elektrificeret, så op til 120 meter lange batteritog kan blive opladet under opholdet på Struer Station.

Figur 29 viser omfanget af køreledningsanlæg inde på Struer Station.

Arealforhold og plangrundlag

Området, hvor forsyningsstationen skal anlægges, er ikke omfattet af lokalplan men kun af kommuneplanramme 2 C 3 – Aflastningsområde vest for Holstebrovej.

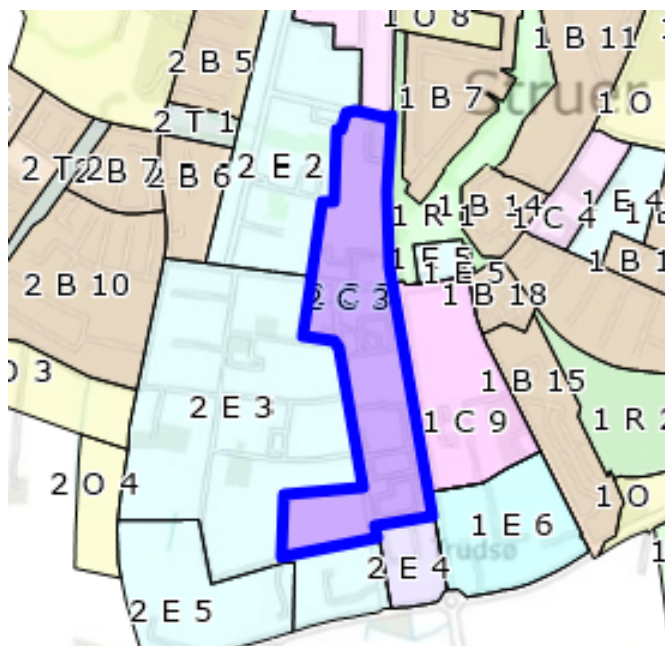
Kommuneplanrammens område fremgår af Figur 30.

Den generelle anvendelse er opgivet til at være: *Centerområde, specifikt til butikker med særligt pladskrævende varer, aflastningsområde.*

Denne anvendelse stemmer dog ikke overens med, at der er placeret en stor transformerstation i den nordlige del af området, hvor det netop vil være aktuelt at placere en forsyningsstation.

Alternativt skal forsyningsstationen placeres øst for Struer Station, men denne placering vil kræve ca. 700 meter længere forsyningskabler, hvilket fordyrer anlægget.

Muligheden for placering af forsyningsstationen afklares endeligt i programfasen.



Figur 30: Kommuneplanramme 2 C 3 i Struer.



Ladeinfrastruktur i Svendborg

Der er 48,3 km mellem stationerne i Odense og Svendborg. Strækningen fremgår af Figur 31. Da rækkevidden for standard batteritog er 90 km, vil der skulle etableres ladeinfrastruktur i Svendborg i grundløsningen.

Den teknologiske udvikling af batterier kan medføre, at et standardbatteritog har en rækkevidde på 100 km, eller der kan i den kommende trafikkontrakt stilles krav om tilstrækkelig rækkevidde til at kunne afvikle drift uden anvendelse af ladeinfrastruktur i Svendborg.

Der er besluttet, at der af robusthedsmæssige årsager ikke satses på en løsning, hvor ladeinfrastruktur i Svendborg fravælges i grundløsningen.

Etablering af ladeinfrastruktur i Svendborg vil gøre det muligt at der i forbindelse med driftsforstyrrelser kan afvikles en isoleret drift Odense-Ringe og Ringe-



Figur 31: Svendborgbanen og ladeinfrastruktur i Svendborg.

Svendborg, da hver af delstrækningerne er så korte, at der kan returneres uden opladning i Ringe.

Dimensionering af ladeinfrastrukturen i Svendborg

Strækningen mellem Odense og Svendborg er 48,3 km.

Standardrækkevidden for batteritog er 90 km, hvorved der ved vending i Svendborg minimum skal oplades til yderligere 2 x 3,3 km kørsel. Af robusthedsmæssige årsager bør der dog oplades mere, da der ellers over en hel dag kan akkumuleres et underskud af strøm i batteriet.

Ladeforsyningsstationen kan dimensioneres som en standardenhed á 2,5 MVA, svarende til at der kan leveres 80 A, 27,5 kV til køreledningsanlægget.

Ladetid i Svendborg

Den indeværende køreplan er tilrettelagt med skarp vending på kun fem minutter ved mange afgang. Det betyder, at den faktiske ladetid er reduceret til ca. fire minutter. Her vil det være muligt at supplere enkeltkøbet materiel med strøm til 36 km kørsel, og dobbeltkøbet materiel vil kunne deloplades til yderligere 18 km kørsel. Det er i begge tilfælde nok til at kunne opretholde drift hele dagen uden at tømme batteriet. Der er således ikke behov for forlængede vendetider i forhold til dagens situation. Den korte vendetid gør det imidlertid vanskeligt at indhente større forsinkelser.

Placering af ladeinfrastrukturen i Svendborg

Der skal etableres 100 meter køreledningsanlæg i spor 1 til understøttelse af dobbeltkøbet materiel.

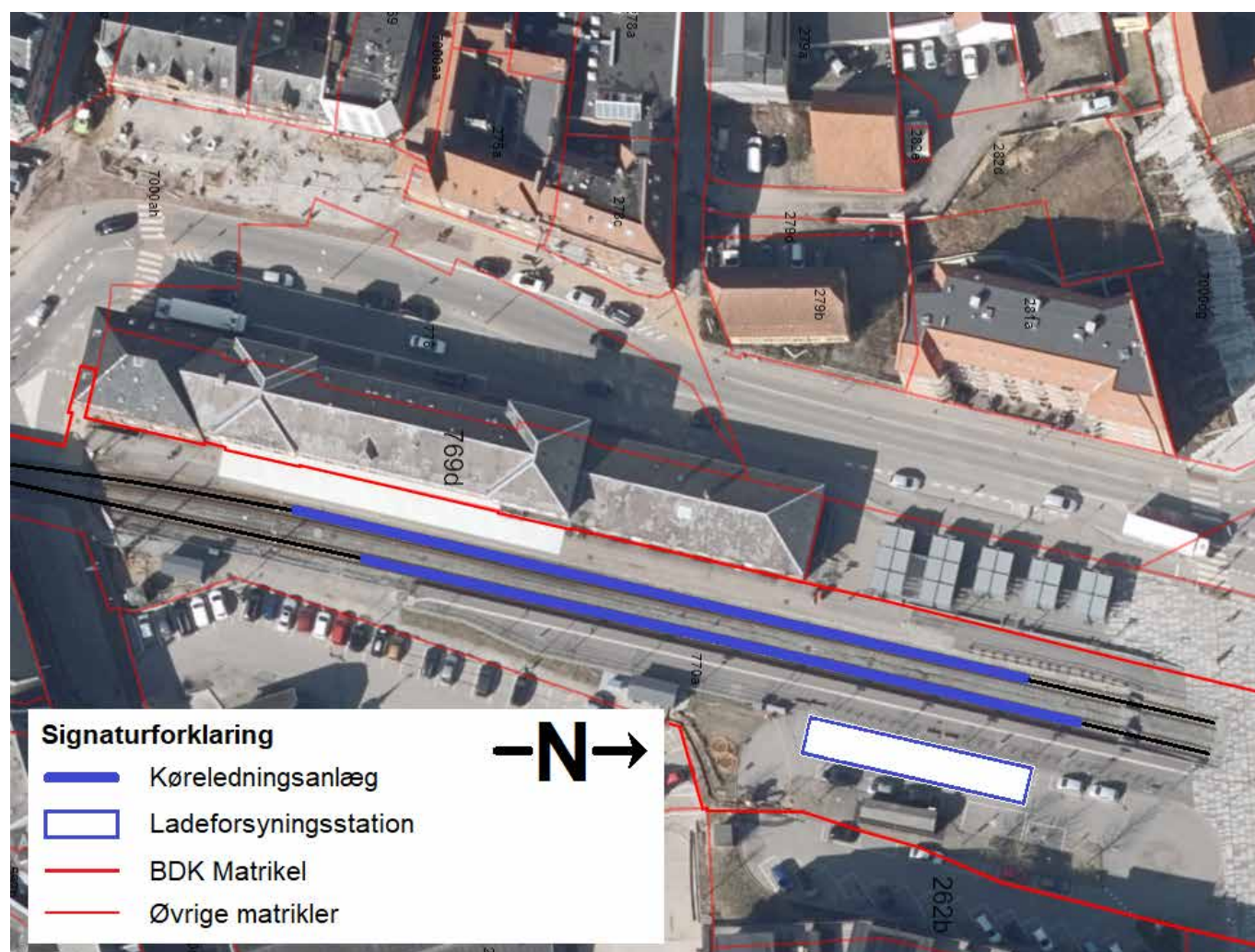
I spor 2 vil køreledningsanlægget også understøtte opladning af dobbeltkøbet materiel. Den effektive længde af perron 2 er 89 m. Da batteritog i mange tilfælde er lidt længere end det nuværende materiel, kan der blive behov for en kort perronforlængelse i den sydlige ende, så også døren ind til førerhuset er dækket af perron. Evt. blot med en ristperron.

En indledende placering af lade-forsyningsstationen kan være for enden af parkeringspladsen på østlige side af Svendborg Station. Oplæg til placering af lade-forsyningsstation og omfanget af køreledningsanlægget fremgår af Figur 32.

Parkeringspladsen vil skulle afkortes, og der vil skulle nedlægges ca. otte parkeringspladser.

Afstand fra lade-forsyningsstationen til nærmeste beboelse: Ca. 20 meter.

Afstand fra køreledningsanlæg til nærmeste beboelsebygning: 25 meter.



Figur 32: Forventet placering af lade-forsyningsstation og køreledningsanlæg i Svendborg.

Arealforhold og plangrundlag

Ladeforsyningsstationen forventes etableret på et areal, der allerede er ejet af Banedanmark. Under etableringen af anlægget skal der etableres arbejdsplads som midlertidigt kommer til at inddrage den øvrige del af parkeringspladsen ved Svendborg Station. Denne del af parkeringspladsen er ejet af Svendborg Kommune.

Området, hvor ladeforsyningsstationen forventes etableret, er omfattet af delområde 13 i lokalplan 349 for Svendborg Havn og banearaler.

Lokalplanområdet ses i Figur 33. Lokalplanen er fra maj 2005.

Områdets anvendelse er planlagt til offentlige og jernbanemæssige formål. I relation til bestemmelser for bebyggelsens omfang angives det at: *Indenfor delområdet kan der etableres de for jernbanedriften nødvendige mindre bygningsanlæg og servicefaciliteter.*

Det vurderes, at etableringen af en ladeforsyningsstation, udformet som en opskaleret udgave af Banedanmarks øvrige teknikbygninger, er forenelig med den relativt rummelige anvendelsesformulering.



Figur 33: Det aktuelle lokalplanområde.



Ladeinfrastruktur i Thisted

Der skal etableres ladeinfrastruktur i Thisted, så tog på strækningen Struer-Thisted kan oplade under stationsopholdet på endestationen i Thisted. Strækningen ses på Figur 34.

Dimensionering af ladeinfrastrukturen i Thisted

Der anvendes ikke dobbeltkøbet materiel på strækningen, hvorfor der blot skal elektrificeres 50 meter perronspor på stationen i Thisted.

Selvom der dagligt kun er ganske få daglige afgangene i Thisted, etableres der i grundløsningen køreledningsspor over begge perronspor, for at sikre billig redundans ifm. fejl eller service på køreledningsanlægget.

Ladeforsyningsstationen kan dimensioneres som en standardenhed á 2,5 MVA, svarende til at der kan leveres 80 A, 27,5 kV på køretråden.



Figur 34: Thisted Station er sidste stop på Thybanen.

Ladetid i Thisted

Strækningen Struer-Thisted er 74 km, og der køres ikke med dobbeltkøbet materiel. Med introduktionen af batteritog og ladeinfrastruktur i Thisted skal gældende køreplan tilpasses, idet der ellers ikke er tilstrækkelig tid til at oplade batteritog i Thisted.

Fuld opladning ved 2,2 MW tager knapt 10 minutter, men kan reduceres med et par minutter, hvis opladningstiden tilsvarende forøges i Struer.

Den lange ladetid vil under driftsmæssigt ugunstige forhold (f.eks. meget koldt vejr) i sjældne tilfælde bevirke, at det bliver svært at normalisere driften ved driftsforstyrrelser, idet hele det køreplanlagte ophold i Thisted skal bruges på opladning af batteritog, inden det returnerer til Struer.

Placering af ladeinfrastrukturen i Thisted

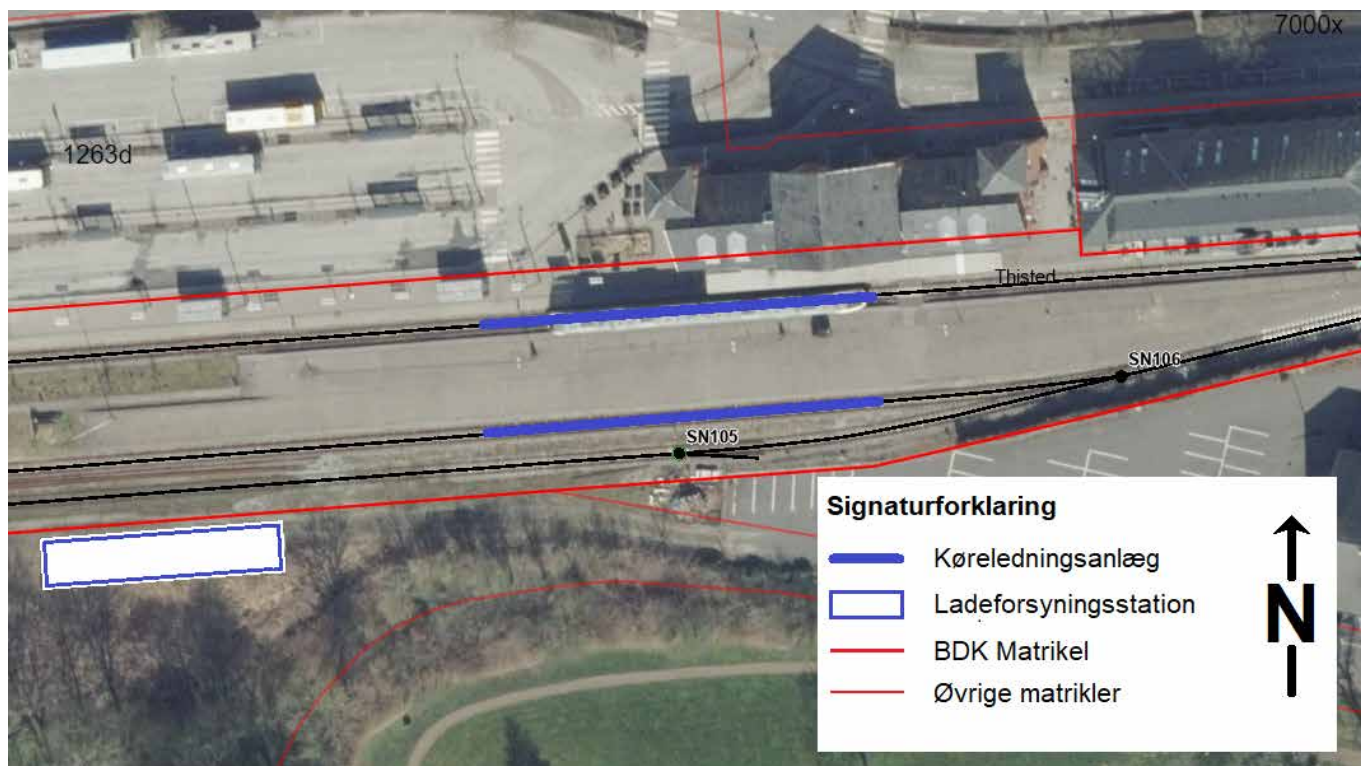
Der skal etableres 50 meter køreledningsanlæg i spor 1 og spor 2, som begge kan oplade et enkelt batteritogsæt.

En indledende placering af ladeforsyningsstationen kan være i den sydlige del af stationen, skråt overfor den del af perronsporene, som skal elektrificeres.

Udstrækning af køreledningsanlæg og placering af ladeforsyningsstation fremgår af Figur 35.

Afstand fra ladeforsyningsstationen til nærmeste beboelse: Ca. 80 meter.

Afstand fra køreledningsanlæg til nærmeste beboelsesbygning: 25 meter.



Figur 35: Forventet placering af ladeforsyningsstation og køreledningsanlæg i Thisted.

Arealforhold og plangrundlag

Arealet er ejet af Thisted Kommune og er et ubenyttet randområde tæt på stationen.

Arealet er omfattet af lokalplan 352 F-10 fra 1998, som lægger området ud til grønt område, hvor der desuden vil være mulighed for at opføre en udstillings-/kunstbygning. Der er dog ikke sket nybygning i de 25 år, som lokalplanen har eksisteret. Lokalplanområdet fremgår af Figur 36.

Planforholdene skal afklares med Thisted Kommune, idet en ladeforsyningsstation ikke svarer til anvendelsesbestemmelserne i lokalplanen.

Utilstrækkelig aksellast på Thybanen

Pt. har strækningen Struer-Thisted kun en maksimal aksellast på 18 ton, hvilket ikke er tilstrækkeligt til, at batteritog kan køre på strækningen. For at kunne betjene batteritog skal den maksimale aksellast på strækningen forøges til 20 ton.

I afsnit 13 redegøres nærmere for problematikken omkring forøget aksellast.



Figur 36: Lokalplanområde 352 F-10.

Ladeinfrastruktur i Tønder

Der skal etableres ladeinfrastruktur i Tønder, så tog på strækningen Esbjerg-Niebuß, som fremgår af Figur 37, kan oplade under stationsopholdet i Tønder.

Alternativt skal der træffes aftale med de tyske jernbanemyndigheder om, at de danske batteritog kan oplades i Niebuß i Tyskland, forudsat at der her er tilgængelig ladeinfrastruktur.

En sådan aftale med de tyske jernbanemyndigheder vil dog hindre kørsel Esbjerg-Tønder-Esbjerg (uden kørsel til Niebuß), da strækningen mellem Bramming og Tønder er 64 km, og batteritog derfor ikke kan forventes at kunne køre Bramming-Tønder-Bramming uden opladning.



Figur 37: Ladeinfrastrukturen i Tønder ligger tæt på den dansk/tyske grænse.

Dimensionering af ladeinfrastrukturen i Tønder

Strækningen mellem Bramming og Tønder er 64,0 km. Strækningen mellem Tønder og Niebuß er 17,4 km.

Standardrækkevidden for batteritog er 90 km, hvorved etablering af ladeinfrastruktur i Tønder er tilstrækkelig. Der skal dog lades i begge retninger, såfremt der anvendes batteritog med standardbatteri.

Der skal etableres 50 m køreledningsanlæg, da ladeinfrastrukturen kun skal understøtte opladning af et enkelt batteritogsæt, idet der i den nuværende køreplan ikke anvendes dobbeltkoblet materiel.

Ladeforsyningsstationen kan dimensioneres som en standardenhed á 2,5 MVA, svarende til at der kan leveres 80 A, 27,5 kV på køretråden.

Ladetid i Tønder

Med introduktionen af ladeinfrastruktur i Tønder introduceres køreplanbindinger, idet tog krydser på Tønder Station, hvor der samtidig skal lades. Den nødvendige ladetid er for tog, som kører helt til Niebuß, op til 10 minutter, mens tog som vender i Tønder skal oplade i knapt seks minutter.

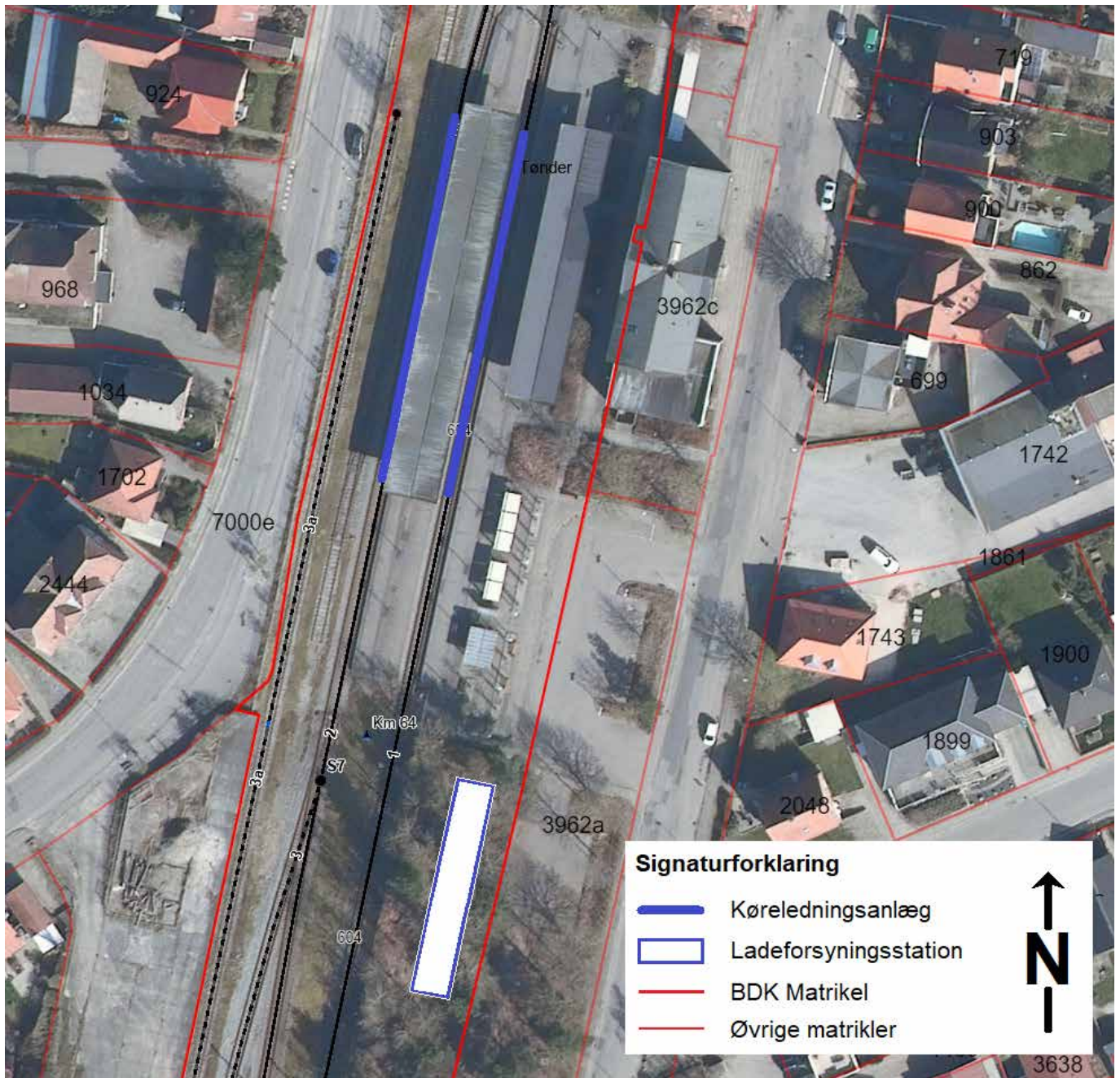
Ladetiden kan for tog til Niebuß fordeles på begge retninger, idet der dog mindst skal lades i to minutter i sydgående retning. Ved lange vendetider i Niebuß (mere end 10 minutter) skal der medregnes ladetid til tomgangsforbruget på Niebuß Station. Det er ladetider, som er mulige at køreplanlægge uden omfattende ændringer af køreplanen, da bl.a. batteritogs bedre accelerationer reducerer køretiderne.

Placering af ladeinfrastrukturen i Tønder

Der skal etableres 50 meter køreledningsanlæg i spor 1 og spor 2, som begge kan oplade et enkelt batteritogsæt.

En mulig placering af ladeforsyningsstationen kan være i den sydøstlige del af stationen, mellem pendlerparkeringen og banen, i forlængelse af busterminalen. Arealet er tæt beplantet med træer og krat.

Udstrækning af køreledningsanlæg og oplæg til placering af ladeforsyningsstation fremgår af Figur 38.



Figur 38: Forventet placering af ladeforsyningsstation og køreledningsanlæg i Tønder.



Figur 39: Ladeforsyningsstationen kan placeres bag træerne til højre i billedet.

Beplantningen mellem pendlerparkeringen og vej vil visuelt afskærme ladeforsyningsstationen mod vej. Pendlerparkeringspladsen og den tiltænkte placering af ladeforsyningsstationen er vist i Figur 39.

Arealet er ejet af Banedanmark, og der forventes ikke nedlagt parkeringspladser.

Afstand fra ladeforsyningsstationen til nærmeste beboelse: 50 meter.

Afstand fra køreledningsanlæg til nærmeste beboelsesbygning: 28 meter.



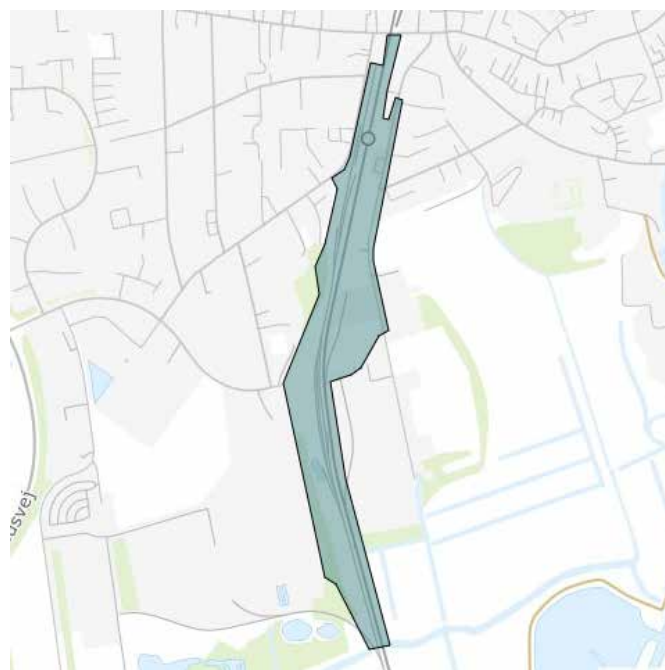
Figur 40: Halvtaget mellem spor 1 og 2 skal sandsynligvis tilpasses.

Halvtag over perronen mellem spor 1 og 2

Tønder station er udstyret med omfattende halvtagskonstruktioner over perronerne, som skærmer passagererne, som vist nedenfor i Figur 40. Det vil bestræbes at bibeholde mest muligt af dette halvtag, som dog sandsynligvis vil skulle reduceres lidt i siderne mod de to spor.

Arealforhold og plangrundlag

Området, hvor ladeforsyningsstationen planlægges etableret, er omfattet af kommuneplanområde 610.81.1. Området ses i Figur 41. Anvendelsesbestemmelserne er tekniske anlæg og station. Der er derfor ikke bestemmelser i plangrundlaget, som hindrer etablering af ladeforsyningsstation på den viste lokalitet.



Figur 41: Rammeområde 610.81.1 - Stationen

Ladeinfrastruktur i Viborg

Der skal etableres ladeinfrastruktur på strækningen Langå-Struer, som ses i Figur 42, hvis der ikke i en kommende trafikkontrakt betinges mindst 103 km rækkevidde for batteritog.

Strækningen Langå-Viborg er 40 km, så det er realistisk, at tog fra Langå returnerer fra Viborg til Langå uden mulighed for opladning.

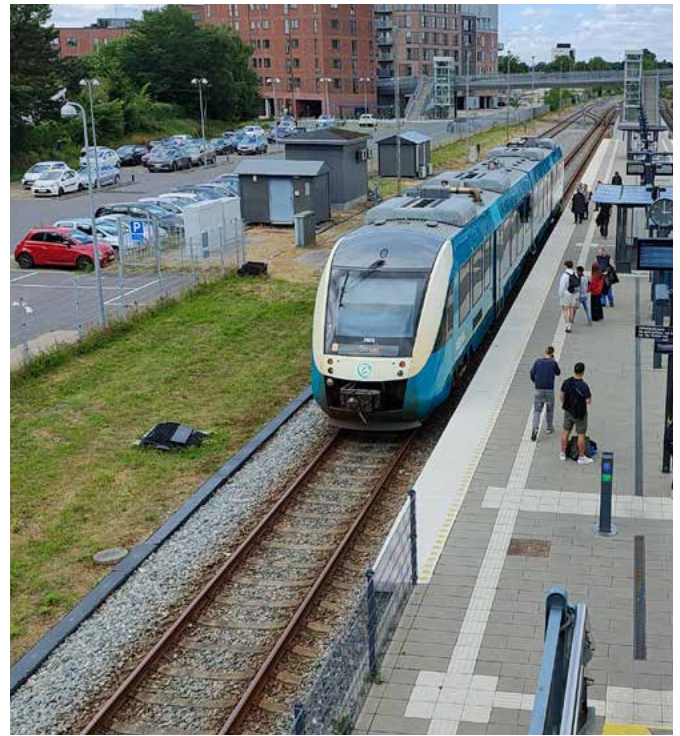
Etablering af ladeinfrastruktur i Viborg vil dog give mere robusthed i tilfælde af driftsforstyrrelser.

Det vil desuden ikke længere være muligt, at tog fra Langå vender i Skive, hvis ikke der etableres ladeinfrastruktur i Viborg.

Der vil være en køreplansbinding, da der fortsat skal køreplanlægges med "skæv krydsning", så opladningen af det ene tog er færdig, inden det andet begynder at lade.



Figur 42: Viborg ligger midt på strækningen Langå-Struer.



Figur 43: Et enkelt togsæt ved perronen i Viborg

Perronerne på Viborg Station, som ses i Figur 43, er fornyet indenfor de senere år og fremstår med god plads til etablering af det nødvendige køreledningsanlæg.

Dimensionering af ladeinfrastrukturen i Viborg

Strækningen mellem Struer og Langå er 102,5 km. Minimumsrækkevidden for batteritog er fastlagt til 90 km i grundløsningen. Dette er et robust scenarie, hvor der er restkapacitet under normal drift. I programfasen genbesøges minimumsrækkevidden, og eventuelle konsekvenser ved at køre tog mellem Struer og Langå uden opladning i Viborg undersøges.

Der skal etableres 100 meter køreledningsanlæg, da ladeinfrastrukturen skal understøtte opladning af dobbeltkoblet materiel.

Ladeforsyningsstationen kan dimensioneres som en standardenhed á 2,5 MVA, svarende til at der kan leveres 80 A, 27,5 kV på køretråden.

Ladetid i Viborg

Med dagens køreplan er der typisk fire eller fem minutters stationsophold i Viborg, mens enkelte morgenafgange i vestlig retning er planlagt med kun to minut-

ters stationsophold. I en situation, hvor batteritog skal deloplades i Viborg, kan der ikke længere køreplanlægges med to minutters stationsophold.

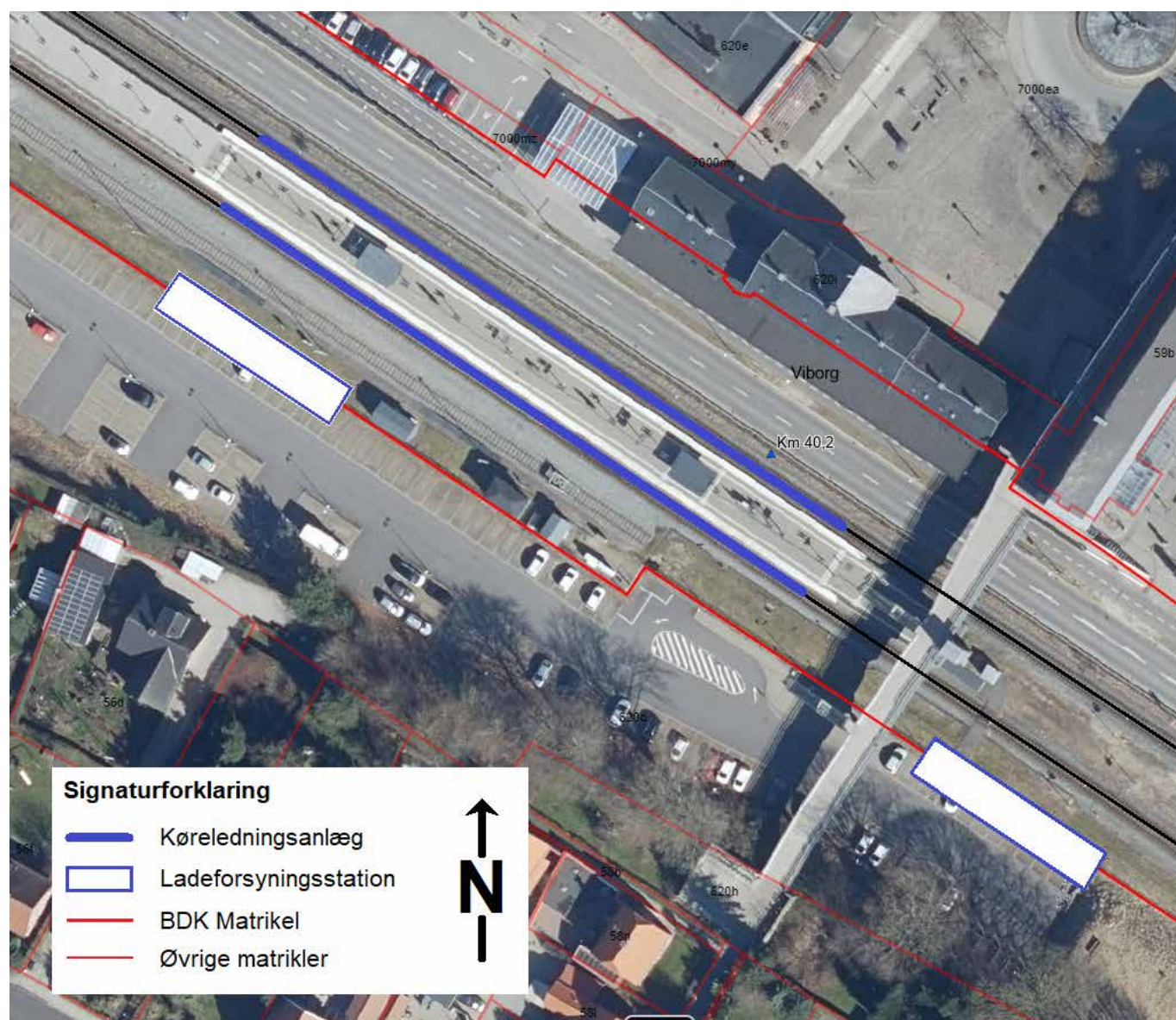
Minimumsopholdet vil være knapt tre minutter ved et enkelt batteritogsæt og ca. fire minutter ved anvendelse af dobbeltkøbet materiel. Det er forhold, som er mulige at håndtere, men som skal medregnes i køreplanlægningen.

Placering af ladeinfrastrukturen i Viborg

Der skal etableres 2x100 meter køreledningsanlæg, som vil understøtte opladning af to sammenkoblede batteritogsæt på begge perronspor.

En mulig placering af ladeforsyningsstationen er i forbindelse med pendlerparkeringen på den sydlige side af Viborg Station.

Udstrækning af køreledningsanlæg og to indledende oplæg til placering af ladeforsyningsstationen er illustreret på kortet i Figur 44. Placeringen bag gangbroen er at foretrække af æstetiske årsager, da ladeforsyningsstationen vil kunne virke meget dominerende lige ud for perronerne. Denne placering kan dog vanskeliggøre anlægsarbejderne. Er det ikke muligt at placere ladeforsyningsstationen bag gangbroen, kan den etableres på parkeringsarealet ud for perronen. Endelig placering afklares i programfasen.



Figur 44: To mulige placeringer af ladeforsyningsstation og køreledningsanlæg i Viborg



Figur 45: Den foretrukne placering af ladeforsyningsstationen er i enden af pendlerparkeringen.

Afstand fra ladeforsyningsstationen til nærmeste beboelse: 32 meter.

Afstand fra køreledningsanlæg til nærmeste beboelsesbygning: 46 meter.

Der vil skulle erhverves areal af Viborg Kommune (dele af matr.nr. 620o og evt. dele af matr.nr. 620h) til etablering af ladeforsyningsstationen, som optimalt set kan forsøges placeres i enden af pendlerparkeringen på den sydlige side af stationen.

Der vil ved begge mulige placeringer skulle nedlægges ca. 15 parkeringspladser. Den fortrukne placering af ladeforsyningsstationen er vist i Figur 45.

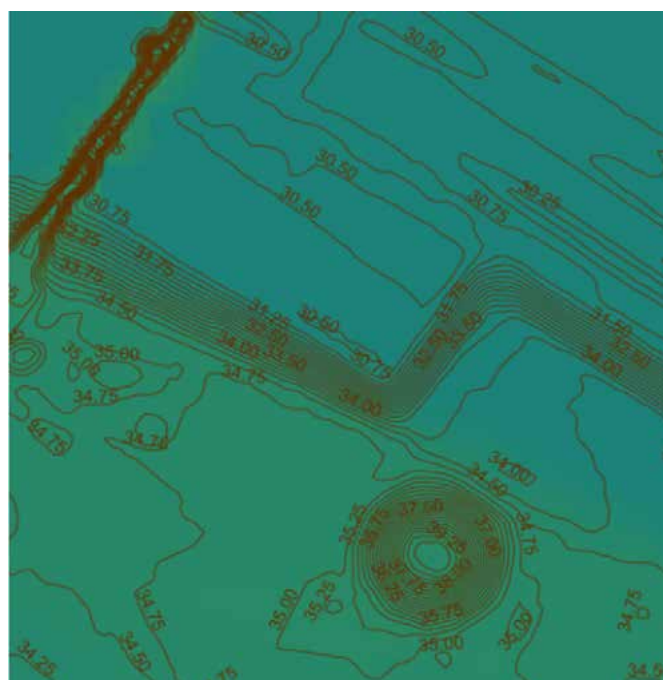
Ganske tæt på det foretrukne areal ligger der – helt skjult af skov – en kegleformet, ca. fem meter høj hævnings i terrænet.

Kortet over terrænkoter i Figur 46 viser denne hævnings i terrænet.

Lokationen er ikke registreret som fortidsminde, men det skal undersøges nærmere, om der er tale om en gravhøj og, om placering af ladeforsyningsstationen tæt på terrænhævnings er mulig.

Arealforhold og plangrundlag

Området, hvor ladeforsyningsstationen er tænkt placeret, er ikke omfattet af lokalplan, men udelukkende kommuneplanen. Der er ikke defineret en kommuneplanramme for området.



Figur 46: Terrænkoter som afslører en kegleformet terrænhævnings tæt på den foretrukne placering af ladeforsyningsstationen.

Bilag: Allerede besluttet ladeinfrastruktur på statslige strækninger

Ladeinfrastruktur i Holstebro og Skjern

Banedanmark er i gang med at etablere ladeinfrastruktur til batteritog i Holstebro og Skjern. Entrepriserne planlægges gennemført i 2025, hvor der samtidig gennemføres fornyelsesprojekt på strækningen Skjern-Holstebro. Fornyelsesprojektet forbedrer blandt andet strækningens maksimale aksellast til 22½ ton, så den nuværende maksimale aksellast på 18 ton, som gælder for dele af den samlede strækning, ikke længere forhindrer anvendelse af batteritog.

Dimensionering af ladeinfrastrukturen

Ladeinfrastrukturen er jf. projektets kommissorium blevet planlagt til at understøtte en isoleret drift med batteritog på strækningen Skjern-Holstebro i et drifts-omfang svarende til det nuværende. På begge stationer bliver der derfor anlagt korte køreledningsanlæg på ca. 50 m ved to perronspor på hver station.

Strækningen Esbjerg – Herning er 102 km.

Køreledningsanlægget understøtter ikke opladning af dobbeltkoblet materiel, og der er ikke køreledningsanlæg ved stationernes tredje perronspor. Det betyder, at når fremtidig trafik med batteritog skal køre på strækningen Herning-Esbjerg, vil dobbeltkoblede batteritog skulle køre uden mellemliggende opladning i Skjern. Da batteritogs rækkevidde forøges ved dobbeltkobling, vil driften kunne opretholdes i langt de fleste driftssituationer. Forøges batteritogs minimumsrækkevidde med blot fem km. til 95 km, vil driften Esbjerg-Herning kunne gennemføres med dobbeltkoblet materiel under alle driftsforhold. Det skal desuden bemærkes at passagertallene på strækningen ikke kræver anvendelse af dobbeltkoblet materiel, men der anvendes i dag på enkelte afgang dobbeltkoblet materiel, når materiel skal flyttes. Eventuelle transitkørsler må af en fremtidig operatør planlægges som

enkeltstående kørsel, hvis ikke transitkørsel kan undgås i køreplanlægningen.

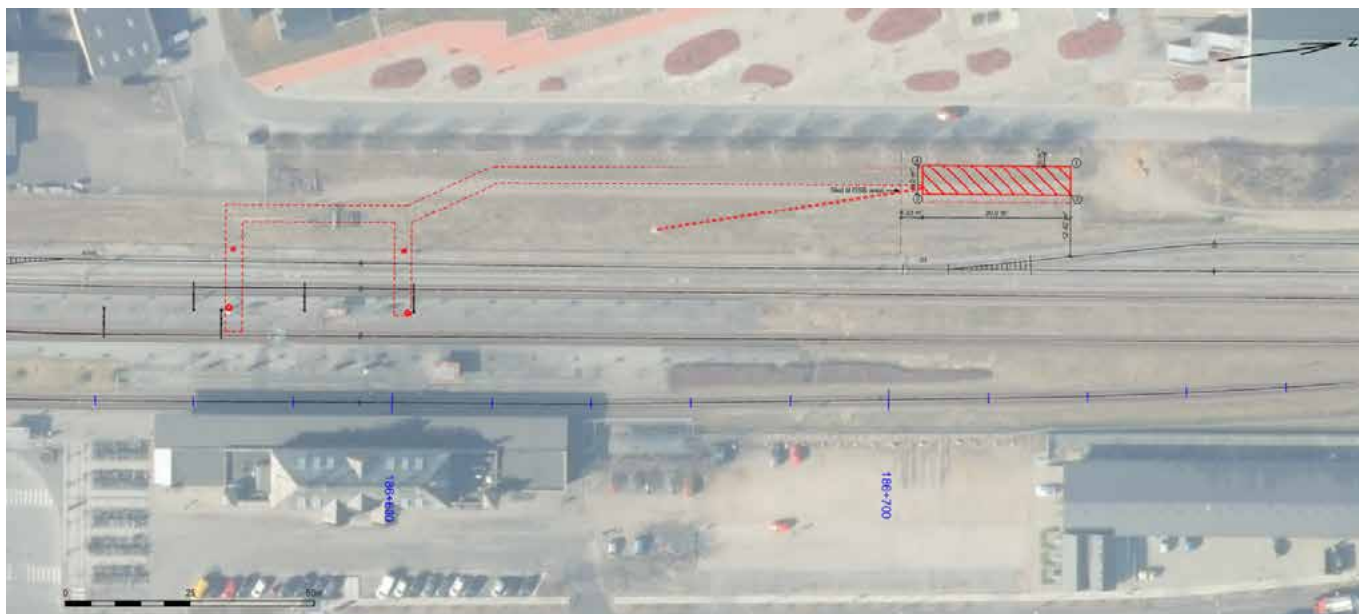
Ladetider

Strækningen Skjern-Holstebro er 71 km. Ladetiden i Holstebro er derved op til ni minutter ved hurtigst mulige opladning. Den nuværende køreplan har relativt lange vendetider i begge byer, så batteritog vil i almindelig drift oplade med kun 1,0 MW. I tilfælde af driftsforstyrrelser kan toget hurtiglades med op til 2,2 MW.

Ved introduktionen af batteritog på strækningen Aarhus-Herning – Esbjerg, som er 101 km, skal der regnes med op til 2¼ minuts opladning under stationsopholdet i Skjern, da det ikke kan forventes, at batteritog har en rækkevidde som er længere end 90 km ved ugunstige driftsbetingelser. Ved krydsning i Skjern forlænges ladetiden til 3½ minut.

Der kan ikke planlægges samtidigt stationsophold for tre batteritog (svarende til krydsning i Skjern for Esbjerg-Herning samt endestationsophold for Skjern-Holstebro), da der kun er to elektrificerede spor. Der kan dog skabes mulighed for dette, f.eks. ved at planlægge krydsning i Borris, som det sker på mange afgang i dag.

Samspillet mellem opladning af batteritog på strækningen Skjern-Holstebro og batteritog på strækningen Aarhus-Herning-Esbjerg lægger køreplansbindinger, men i relation til opladningstid er der ikke udfordringer, da der er meget lange vendetider på Skjern Station for linjen Skjern-Holstebro, hvormed det er muligt at undgå overlappende opladning for de to togsystemer.



Figur 47: Oversigtskort over køreledningsanlæg og ladebaseringsstation i Holstebro

Placering af ladeinfrastrukturen i Holstebro

I Holstebro etableres der køreledningsskinne, da det teknisk set ikke er muligt at opspænde et almindeligt køreledningsanlæg på stationen. Køreledningsskinne kendes bl.a. fra centralafsnittet på S-banen, hvor anlægstypen anvendes af pladshensyn og for at minimere risikoen for nedfaldne køreledninger.

Der etableres 50 meter køreledningsskinne i spor 2 og spor 3 til understøttelse af enkeltkoblet materiel, jf. projektets kommissorium.

Placeringen af ladebaseringsstationen og køreledningsskinne fremgår af Figur 47.

Afstand fra ladebaseringsstationen til nærmeste beboelse: Ca. 50 meter.

Afstand fra køreledningsanlæg til nærmeste beboelsesbygning: Ca. 50 meter.

Ladebaseringsstationen kommer til at ligne Banedanmarks øvrige teknikbygninger.

Placering af ladeinfrastrukturen i Skjern

I Skjern etableres der almindeligt opspændt køreledning, ganske som det kendes fra den øvrige fjernbane. Da der etableres to forskellige typer køreledningsanlæg på stationerne i Holstebro og Skjern, får Banedanmark driftserfaring med begge typer anlæg, inden ladeinfrastrukturen på øvrige lokationer kommer i udbud.

Der etableres 50 meter køreledningsanlæg i spor 1 og spor 2 til understøttelse af enkeltkoblet materiel, jf. projektets kommissorium.

Placeringen af ladeforsyningsstationen og køreledningsanlægget fremgår af Figur 48.

Afstand fra ladeforsyningsstationen til nærmeste beboelse: Ca. 20 meter.

Afstand fra køreledningsanlæg til nærmeste beboelsesbygning: Ca. 60 meter.

Ladeforsyningsstationen kommer til at ligne Banedanmarks øvrige teknikbygninger.



Figur 48: Oversigtskort over køreledningsanlæg og ladeforsyningsstation i Skjern

Bilag: Ordliste

El-distributionsnet:	Forsyningssekskabernes del af elnettet som er på maksimalt 60 kV. Nettet anvendes til den overordnede fordeling af strøm i byerne, hvor spændingen typisk er 10 kV.
Dobbeltkoblede materiel:	To sammenkoblede togsæt, som kræver dobbelt så meget strøm for opladning sammenlignet med et enkelt togsæt. Kan også kaldes dobbelt traktion, da der er to enheder som kan trække.
Effekttræk:	Den elektriske effekt som trækkes på et system. F.eks. den elektriske effekt som et batteritog aftager under opladning.
Elektrificeringsprogrammet	Elektrificeringsprogrammet – også kaldet EP – er Banedanmarks program for udrulning af fjernbanens elektrificering. EP elektrificerer primært hovednettet som er de mest trafikerede strækninger.
El-transmissionsnet:	Det helt overordnede højspændingsnet med spændinger mellem 60 og 300 kV. Dette net ejes af Energinet og det er dette net som EP tilslutter sig ved konventionel elektrificering.
Forsyningsstation:	Elforsyningen til køreledningsanlæg. Består primært af bane-transformatorer koblet direkte på Energinets el-transmissionsnet.
Krydsning:	Når to modkørende tog på en enkeltsporet jernbane passerer hinanden på en station.
kV	Kilovolt = 1000 volt.
Ladeforsyningsstation:	Forsyningsdelen af ladeinfrastruktur til batteritog som er tilsluttet distributionsnettet.
Megawatt Charging System:	Den forventet kommende industristandard for opladning af tung transport. Er under udvikling
MVA:	Mega Volt Ampere. Er et effektudtryk som anvendes i forbindelse med transformertechnologi.
MW	Mega Watt. Det tilsvarende effektmål som batteritogs effektoptag måles i.



BANEDANMARK INFRASTRUKTUR TIL TØG

Banedanmark
Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

Telefon 82 34 00 00
Banedanmark@bane.dk
www.bane.dk

Strategisk analyse af omstillingen
af infrastrukturen til batteritog

Version:1.0
Sagsnr.: 2021-15634

Revideret: 19-04-2024
Revideret af: CJNS
Godkendt: 26-04-2024
Godkendt af: HI
Forsidebillede: Lasse Bak

