



Kapasitetsanalyse konseptanalysen

Delrapport R12 i Alnabru fase 2

Dokumentnummer:	201700055 - 32
Versjon: 1.0: 31.10.2018 1.1: 17.12.2018	1.0: Ferdig og godkjent versjon 1.1 Enkelte justeringer etter UPG
Utarbeidet av:	Kenneth Nielsen og Arild Vold
Godkjent av:	Arild Vold <i>Arild Vold, 17/12-2018</i>

Innledning og sammendrag

Samlet kapasitet i en jernbaneterminal for godstransport, avhenger av kapasitet i infrastrukturen i hver del av terminalen. I tillegg avhenger samlet kapasitet av døgnfordeling av togankomster- og avganger og når togene skal betjenes for omlasting.

En jernbaneterminal for godstransport består av spor for funksjoner for ankomst/avgang, omlasting, hensetting, gjennomkjøring, uttrekk og oppbevaring av skadde vogner, løfteutstyr, lastegater og veisystemer. Ut fra døgnfordelingen av togtrafikken, regner vi oss frem til togenes gjennomsnittlige oppholdstid i terminalen fra ankomst til avgang.

I analysen av kapasitet i spor og sporforbindelser fordeles samlet oppholdstid mellom spor for ulike funksjoner i terminalen. Størstedelen av oppholdstiden fordeles mellom lastespor og hensettingsspor. Oppholdstiden i lastespor må være minimum minste tid til lossing og lasting.

I analysen av kapasitet for omlasting må togenes oppholdstid i lastespor være minimum tiden det tar for lossing/lasting og i noen tilfeller tid til andre nødvendige funksjoner i lastespor hvis vognstammer ikke skiftes ut mellom lossing og lasting. Ytterligere oppholdstid bidrar til redusert behov for doble løft av lastbærere som betjenes.

I Alnabru Fase II har vi gjennomført separate analyser for samlet sporkapasitet (sporforbindelser mellom sporgrupper og antall spor for vognstammer i spor), omlastingskapasitet (løft og lagring) og veikapasitet (rundkjøringer og planoverganger). Samlet, dimensjonerende kapasitet finnes som den minste av kapasitetene i de separate analysene for samlet sporkapasitet, omlastingskapasitet og veikapasitet.

I denne hovedteksten har vi sammenfattet og konkludert om samlet kapasitet i gjenværende alternativer i Alnabru Fase II basert på separate analyser for omlasting, spor- og vegkapasitet vedlagt i dette dokumentet:

Vedlegg 1: Analyse av sporkapasitet for ny Alnabru godsterminal. Prosjekt ny Alnabruterminale, fase II.

Vedlegg 2: Analyse av omlastingskapasitet i Alnabru fase 2.

Vedlegg 3: Vurdering av vegkapasitet i Alnabru fase 2.

Forord

I 2008-2009 ble det gjennomført en utredning om utvikling av Alnabruterminalen, der en stor fire-trinns utbygging av terminalen ble anbefalt. Umiddelbart etter utredningen var ferdig, startet arbeidet med en hovedplan for det første byggetrinn – Byggetrinn 1. Denne ble ferdigstilt i 2011. Både hovedplan og utredningen ble deretter underlagt ekstern kvalitetssikring, der forventet kostnad for Byggetrinn 1 ble anslått til 13,6 mrd. 2010-kroner.

Effekt målet i utredningen og hovedplanen innebar at terminalen skulle håndtere 1 mill. TEU per år (ca. dobling av dagens volumer) innen 2020 og 1,5 millioner TEU per år innen 2040. Iht. den eksterne kvalitetssikringsrapporten var prognoser for fremtidig vekst ambisiøse og kunne utelukke mer samfunnsøkonomisk lønnsomme alternativer. Regjeringen vedtok ikke å gå videre med prosessen, og daværende Jernbaneverket (JBV) fikk 11. november 2012 i oppdrag fra Samferdselsdepartementet (SD) om på ny å utrede en videre utvikling av Alnabruterminalen.

I oppdragsbrevet fra Samferdselsdepartementet til Jernbaneverket fra november 2012 er det bestilt en utredning for både kortsiktige og langsiktige tiltak for Alnabruterminalen, herunder tiltak for å sikre både driftsstabilitet i terminalen og å legge opp til en økning av kapasiteten i tråd med etterspørselen. Utredningsarbeidet ble organisert i to faser:

- **Fase 1** – utredning av **strakstiltak** for å bedre driftsstabiliteten- og effektiviteten i terminalen. Fase 1 - utredningen ble gjennomført av Jernbaneverket i 2014, og ga en prioritert liste med strakstiltak. Strakstiltakene planlegges gjennomført fra 2015 til og med årsskiftet 2019/2020.
- **Fase 2** – utredning av **framtidig konsept** for utviklingen av terminalen, herunder utbyggingsløsninger som legger til rette for en mer trinnvis kapasitetsøkning som er mer i takt med etterspørselen.

Fase 2-oppdraget startet opp i 2015 og besvares i denne utredningen.

Denne rapporten om kapasitetsanalyse konseptanalysen inngår sammen med flere delrapporter og hovedrapport i Jernbanedirektoratets (JDIR) utredning om «Videre utvikling av Alnabruterminalen, Fase 2».

Fase 2-oppdraget ble startet opp som et prosjekt i Jernbaneverket. Etter at Jernbaneverket ble nedlagt 1. januar 2017 ble prosjektet videreført i Jernbanedirektoratet. Der relevant benyttes fortsatt begrepet Jernbaneverket (JBV), der en omtaler tiltak og status i perioden til og med desember 2016.

Delrapporter i Alnabru fase 2¹

R00 Hovedrapport Alnabru fase 2
R01 Status og dagens situasjon
R02 Interessentanalyse
R03 Oppsummering verksted 1
R04 Behovsanalyse
R05 Mål og krav
R06 Oppsummering verksted 2
R07 Driftskonsept konseptanalysen
R08 Mulighetsrom og siling
R09 Kostnadsestimat konseptanalysen
R10 Usikkerhetsanalyse konseptanalysen
R12 Kapasitetsanalyse konseptanalysen
R13 Konseptanalyse
R14 Arealbehov
R15 Driftseffektivitet konseptanalysen

¹ R11 Samfunnsøkonomisk analyse inngikk opprinnelig i prosjektet, men analysen utføres som en del av KVV Godsterminalstruktur i Oslofjordområdet.

Innhold

1 Sentrale forutsetninger	7
2 Beregnet kapasitet for gjenværende konsepter	8
3 Sensitivitet.....	9
4 Konklusjon.....	10
5 Vedlegg	11

1 Sentrale forutsetninger

Kapasitetsanalysene er basert på «Forutsetninger for konseptutvikling og analyse», vedlegg i R13 Konseptanalyse.

Forutsetninger for 2040 og 2060 om døgnfordeling av togtrafikken, og forutsetninger om andeler av ulike lasteenheter (semi-trailere, vekselflak og containere) har stor betydning for hvor mange TEU/år det er mulig å betjene med de ulike terminalkonseptene. Forutsetninger om andel av lasteenhetene som hentes direkte i løpet av togenes opphold i lastespor, forutsetninger om tog lengdefordeling og mulig utnyttelse av sporenlengder har også betydning. Det er etablert forutsetninger om tidsbruk for ulike operasjoner i spor og skifting av godstog og deling av vognstammer/vogner mellom spor. Og det er lagt til grunn forutsetninger om sikkerhet og signalanlegg.

På dagens Alnabruterminal er det en relativt lav andel direkte omlasting. For å ta hensyn til at denne andelen vil øke med innføring av et TOS-system, er det lagt til grunn at andeler direkte omlasting i en fremtidig terminal kan oppnås med halvparten av tiden vi trenger for å oppnå disse andelene i dagens situasjon.

Videre har vi lagt til grunn at togene i lastespor for betjening med mobilt løfteutstyr oppholder seg en minimumstid for andre funksjoner enn lossing og lasting (skift av bremses, snørydding og avgangskontroll). Det er fordeler og ulemper med dette. En ulempe er at togene opptar tid i lastespor som ikke kan brukes for lossing og lasting. En kan tenke seg at snørydding og avgangskontroll foregår i hensettingsspor også for tog som ellers betjenes i lastespor med mobilt løfteutstyr. Denne muligheten må imidlertid veies opp mot ulempene med større belastning på hensettings- og avgangsspor og mer skifting.

Fordi vi har forutsatt at mobilt løfteutstyret er knyttet til spesifikke lastespor medfører dette at det mobile løfteutstyret blir stående uvirksomt i perioder. Hvis vi i stedet forutsetter at løfteenheter kan flyttes mellom lastespor, vil det være mulig å øke fleksibiliteten og i visse situasjoner betjene togene langt raskere og øke kapasiteten. Ulempen er potensielle konflikter når de mobile løfteenheter forflyttes mellom lastespor og redusert ytelse på grunn av stor tetthet av løfteenheter langs lastesporene. Rask omlasting gir også behov for flere doble løft.

Mål for håndtert volum på Alnabru er 800 000 TEU/år i 2040 og 1 100 000 TEU/år i 2060 (sum håndtert begge retninger). Dette svarer med forutsatt døgnfordeling i 2040 til 30 togpar per døgn med gjennomsnittlig 600 m lange tog og til 39 togpar per døgn i 2060 med gjennomsnittlig 622 m lange tog.

2 Beregnet kapasitet for gjenværende konsepter

I Alnabru Fase II er det gjort separate analyser for kapasitet i omlastingsenhet, samlet sporbruk og veisystem. For samlet kapasitet i konseptene er delen med minst kapasitet begrensende for samlet kapasitet i konseptene (markert med fet skrift i Tabell 1)².

Vi ser at omlasting og kapasitet for omlasting og spor er begrensende i alle utbyggingskonsepter, mens planovergangene fra ankomstområde og inn på ACN begrenser kapasitet i Referansealternativet til omtrent 600 000 TEU/år i 2040 og 650 000 TEU/år i 2060.

I 4.8.3 og implementering 4.8.3 er det spor i helger som er begrensende. Utenom helg er det tilstrekkelig kapasitet for måloppnåelse også for 4.8.3 og implementering 4.8.3.

Tabell 1: Kapasitet og driftseffektivitet i 2040 og 2060 for gjenværende konsepter i Alnabru Fase II (kapasitetsbegrensende del markert med tykk skrift), tall i 1000 TEU/år.

Konsept	Referanse+		3.7		Imp 3.7		4.8.3		Imp 4.8.3	
	2040	2060	2040	2060	2040	2060	2040	2060	2040	2060
Mål	800	1 100	800	1 100	800	1 100	800	1 100	800	1 100
Omlasting	708	870	932	1156	858	1062¹	920	1117	945	1167
Spor	640	815	850	1123	912	1112	730	870	750	890
Veisystem	600	650	1200	1275	1200	1275	1500	1600	1400	1500
Samlet kapasitet	600	650	850	1123	858	1062	730	870	750	890

¹ I forbindelse med utvikling av faseplaner kom det frem en mulighet for et ekstra lastespor på ACS. Hvis vi inkluderer det ekstra lastesporet, når vi kapasitetsmålet også for implementering 3.7

² **Samlet kapasitet i terminalen** er begrenset av «svakeste ledd». Hvis omlasting er begrensende, vil antall spor for hensetting og andre operasjoner i terminalen og veikapasiteten være tilstrekkelig. Optimale oppholdstider i lastespor for omlasting kan være forskjellig fra optimale oppholdstider når togenes totale oppholdstid og alle spor ses i sammenheng.

En riktig verdi for samlet kapasitet i terminalen forutsetter samme oppholdstid i lastespor i analysene for kapasitet for omlasting og kapasitet for samlet sporbruk på terminalen. Hvis kapasitet for samlet sporbruk er størst, kan vi øke oppholdstiden i lastespor til samme oppholdstid som beregnet for omlasting. Dette avlaster RH-spor og lastesporkapasitet blir begrensende og lik for omlasting og samlet sporbruk. Omvendt – hvis kapasitet for omlasting er størst, så kan vi redusere oppholdstiden i lastespor slik at den blir lik oppholdstiden for samlet sporbruk. Det vil da bli overskudd på løfte- og lagerkapasitet. Forutsatt tilstrekkelig veikapasitet, kan vi derfor fastslå at det er den minste av beregnet kapasitet for (a) omlasting og (b) samlet sporbruk, som vil være begrensende for samlet kapasitet i terminalen.

3 Sensitivitet

Sensitivitetsanalyse viser at resultatene for omlasting er svært sensitive for døgfordeling av ankomster og avganger i godtogtrafikken på terminalen og lastbærerfordeling for andeler av ulike lasteenheter (semi-trailer, vekselflak og containere). Sensitivitetsanalysene for døgfordeling viser at en stor andel av den fremtidige økningen i betjening av gods på Alnabru må komme fra markedet for lasting og lossing utenom rushtidene etter som det ikke er mulig å oppnå en dobling av kapasiteten i forhold til dagens kapasitet med dagens døgfordeling. En dobling forutsetter også at gjennomsnittlig antall TEU per lasteenhet øker fra i gjennomsnitt 1,3 TEU per enhet i dagens situasjon til 1,4-1,6 frem mot 2040 og 2060.

Dersom det blir vanskelig å tiltrekke seg markeder for å øke godsmengder som betjenes utenom rush, eller det blir en lastbærerfordeling med lavt antall TEU per enhet, så kan det være aktuelt å kompensere med å øke det totale antall kraner og mobile løfteenheter eller tillate at mobilt løfteutstyr forflyttes mellom lastespor.

Større tetthet av løfteutstyr øker sannsynlighet for at løfteenheter kommer inn i hverandres arbeidsområder. Dette reduserer ytelsen per løfteenhet men muligheten gir fleksibilitet og robusthet. At mobile løfteenheter er rimeligere og kan brukes mer fleksibelt enn kraner er et argument for at konsept for fremtidig utvikling av Alnabruterminalen bør inkludere en betydelig andel lastespormeter for mobile løfteenheter.

4 Konklusjon

Med Referansealternativet er vi langt unna målene for kapasitet i 2040 og 2060. I 4.8.3 og implementering 4.8.3 er samlet sportilgang i helger begrensende. Målene (800 tusen TEU/år) nås nesten i 2040 men ikke i 2060 (1 100 tusen TEU/år). Med implementering 3.7 og hovedkonsept 3.7 nås målene i henholdsvis 2040 (800 tusen TEU/år) og 2060 (1 100 tusen TEU/år), mens implementering 3.7 er nær ved å nå målet også i 2060.

Selv om det er potensiale for mere bruk av reachstackere i 4.8.3 og Implementering 4.8.3 vil spor i helg uansett være begrensende for kapasiteten. Skal vi nå målene med forutsatt døgnfordeling i konseptene 4.8.3 og 4.8.3 implementering må det suppleres med hensetting andre steder i helgene (med de ulempene det medfører i form av ekstra investeringer og tomkjøring). En flat døgnfordeling (samme frekvens hele døgnnet) med kortere omløpstid vil redusere materiellbehovet og øke måloppnåelsen slik at det da ser ut til at målet kunne nås.

Implementering 3.7 gir god måloppnåelse for 2040 og er nær kapasitetsmålet for 2060 og innehar samtidig en betydelig andel lastespor for mobile løfteenheter som gir fleksibilitet og robusthet i forhold til fremtidig usikkerhet om døgnfordeling av togtrafikken og fremtidig lastbærerfordeling.

Fordi Alnabruprosjektet fortsatt er i tidlig fase og er gjennomført etter KVVU-metodikken, er løsningene i konseptene for løft og lager spesifisert på et relativt grovt nivå. For videre planlegging vil det være nødvendig å nærmere avklare hvordan kapasitet i terminalen avhenger av ulike alternativer for utforming av kranmodulene og eventuelt kranmoduler supplert med mobilt løfteutstyr.

5 Vedlegg

Vedlegg 1: Analyse av sporkapasitet for ny Alnabru godsterminal. Prosjekt ny Alnabruterminal, fase II.

Vedlegg 2: Analyse av omlastingskapasitet i Alnabru fase 2.

Vedlegg 3: Vurdering av vegkapasitet i Alnabru fase 2.



Jernbane-
direktoratet

Analyse av sporkapasitet for ny Alnabru godsterminal

Prosjekt ny Alnabruterminal, fase II

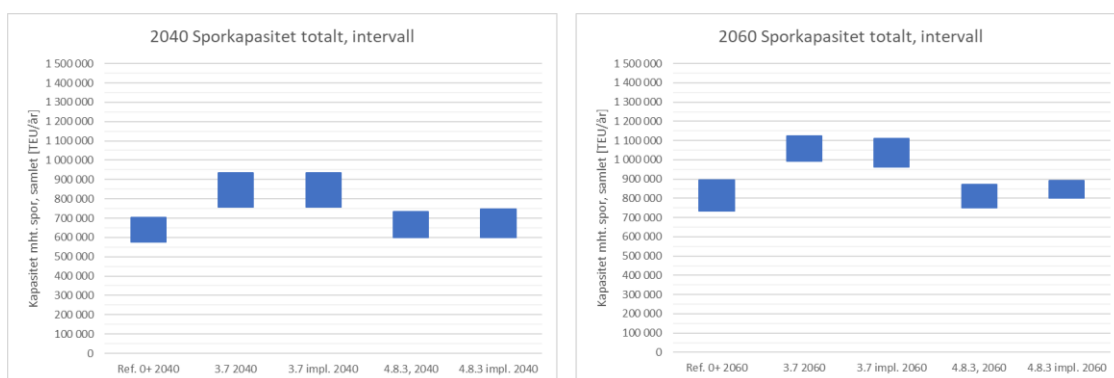
Vedlegg til delrapport 12 Kapasitetsanalyse konseptanalysen

Dokumentnummer:	201700055-33
Versjon: 1.1	17.12.2018 Godkjent rapport etter UPG
Utarbeidet av:	Kenneth Nielsen
Kontrollert av:	Gaute Borgerud <i>Gaute Borgerud 17.12.2018</i>
Godkjent av:	Arild Vold <i>Arild Vold, 17/12-2018</i>

Sammendrag

Formålet med kapasitetsanalysen er å analysere sporkapasitet og driftseffektivitet av referansekonsept for Alnabru godsterminal og to utbyggingskonsepter med to tilhørende implementeringskonsepter.

Ut fra resultatene for samlet kapasitet i konseptene ser det ut til at konsept 3.7 har vesentlig høyere kapasitet enn referanse og 4.8.3. Figuren under viser estimert samlet kapasitet med usikkerhetsintervall.



I tabellen under er forventet sporkapasitet vist sammen med angivelse av dimensjonerende forhold.

Konsept	2040		2060	
	Forventet dimensjonerende kapasitet, 2040 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet dim. kapasitet 2040	Forventet dimensjonerende kapasitet, 2060 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet dim. kapasitet 2060
Ref. 0+	640 000	Sporforbindelse	815 000	Sporforbindelse
3.7	850 000	Sporforbindelse	1 123 000	Antall spor helg
3.7 impl.	912 000	Spor hensetting virkedag	1 112 000	Antall spor helg
4.8.3	732 000	Antall spor helg	873 000	Antall spor helg
4.8.3 impl.	748 000	Antall spor helg	892 000	Antall spor helg

Bare konsept 3.7 og 3.7 impl. når målet om 800 000 TEU/år i 2040 og 1 100 000 TEU/år i 2060. Konsept 4.8.3 og 4.8.3 impl. ligger noe (6 %-8 %) under målet i 2040 men en god del (ca. 20 %) under i 2060. Konsept Ref. 0+ ligger lavest og (ca.) 20 % under målet i 2040 og rundt 25 % under i 2060.

Konsept 4.8.3 ligger høyere enn referanse, men kapasitet begrenses av sporkapasitet til hensetting i helg. Med tanke på kapasitet i sporforbindelser er 4.8.3 omtrent som 3.7.

Referansealternativet har relativt høy kapasitet sammenlignet med dagens omsetning, men det skyldes i høy grad at det er forutsatt lengre tog enn i dag. Tilsvarende er det større behov for deling av vognstammer i referanse enn i dag og også større enn i utbyggingskonseptene.

Utbyggingsalternativene er dermed mer driftseffektive med lengre spor og mindre behov for skjøting og deling (tidsbruk for operasjoner er lengre per TEU).

Usikkerheten i beregningene avspeiler mulig variasjon i forutsetninger som i sum for optimalisert skifting og bruk av strekningslok til skifting kan bidra til å øke kapasiteten i sporforbindelser.

Bruk av biomodale lok kan gi høyere kapasitet i sporforbindelser og det samme gjelder andre fordeling av trafikk over ankomstretninger (Bryn/Loenga, Grefsen og Grorud).

Dimensjonerende forhold er imidlertid hensetting i helg for 4.8.3-konseptene i 2040 og 2060 og for 3.7-konseptene i 2060. For 3.7-konseptene i 2040 er målet uansett nådd, men økt kapasitet i sporforbindelser vil gi økt fleksibilitet.

En flatere døgnfordeling enn den forutsatt vil gi høyere kapasitet i både sporforbindelser og for helgehensetting. Motsatt vil en mindre jevn døgnfordeling (sterkere topper for ankomst og avgang) gi reduserte kapasiteter.

En flatere døgnfordeling enn den forutsatt vil gi høyere kapasitet i både sporforbindelser og for helgehensetting. Motsatt vil en mindre jevn døgnfordeling (sterkere topper for ankomst og avgang) gi reduserte kapasiteter.

Totalkapasitet på terminalen vil også avhenge av løftekapasitet, veikapasitet og depotkapasitet. Før det konkluderes hvilket konsept som er best må disse kapasitetene sees i sammenheng.

1 Forord

I 2008-2009 ble det gjennomført en utredning om utvikling av Alnabruterminalen, der en stor fire-trinns utbygging av terminalen ble anbefalt. Umiddelbart etter utredningen var ferdig, startet arbeidet med en hovedplan for det første byggetrinnet – Byggetrinn 1. Denne ble ferdigstilt i 2011. Både hovedplan og utredningen ble deretter underlagt ekstern kvalitetssikring, der forventet kostnad for Byggetrinn 1 ble anslått til 13,6 mrd. 2010-kroner.

Effekt målet i utredningen og hovedplanen innebar at terminalen skulle håndtere 1 mill. TEU per år (ca. dobling av dagens volumer) innen 2020 og 1,5 millioner TEU per år innen 2040. Iht. den eksterne kvalitetssikringsrapporten var prognoser for fremtidig vekst ambisiøse og kunne utelukke mer samfunnsøkonomisk lønnsomme alternativer. Regjeringen vedtok ikke å gå videre med prosessen, og daværende Jernbaneverket (JBV) fikk 11. november 2012 i oppdrag fra Samferdselsdepartementet (SD) om på ny å utrede en videre utvikling av Alnabruterminalen.

I oppdragsbrevet fra Samferdselsdepartementet til Jernbaneverket fra november 2012 er det bestilt en utredning for både kortsiktige og langsiktige tiltak for Alnabruterminalen, herunder tiltak for å sikre både driftsstabilitet i terminalen og å legge opp til en økning av kapasiteten i tråd med etterspørselen. Utredningsarbeidet ble organisert i to faser:

- **Fase 1** – utredning av **strakstiltak** for å bedre driftsstabiliteten- og effektiviteten i terminalen. Fase 1 - utredningen ble gjennomført av Jernbaneverket i 2014, og ga en prioritert liste med strakstiltak. Strakstiltakene planlegges gjennomført fra 2015 til og med årsskiftet 2019/2020.
- **Fase 2** – utredning av **framtidig konsept** for utviklingen av terminalen, herunder utbyggingsløsninger som legger til rette for en mer trinnvis kapasitetsøkning som er mer i takt med etterspørselen.

Fase 2-oppdraget startet opp i 2015 og besvares i denne utredningen.

Denne delrapporten om sporkapasitet i konseptanalysen inngår som vedlegg i R12 Kapasitetsanalyse konseptanalysen. R12 Kapasitetsanalyse konseptanalysen inngår sammen med flere delrapporter og hovedrapport i Jernbanedirektoratets (JDIR) utredning om «Videre utvikling av Alnabruterminalen, Fase 2».

Fase 2-oppdraget ble startet opp som et prosjekt i Jernbaneverket. Etter at Jernbaneverket ble nedlagt 1. januar 2017 ble prosjektet videreført i Jernbanedirektoratet. Der relevant benyttes fortsatt begrepet Jernbaneverket (JBV), der en omtaler tiltak og status i perioden til og med desember 2016.

Delrapporter i Alnabru fase 2

R00 Hovedrapport Alnabru fase 2
R01 Status og dagens situasjon
R02 Interessentanalyse
R03 Oppsummering verksted 1
R04 Behovsanalyse
R05 Mål og krav
R06 Oppsummering verksted 2
R07 Driftskonsept konseptanalysen
R08 Mulighetsrom og siling
R09 Kostnadsestimat konseptanalysen
R10 Usikkerhetsanalyse konseptanalysen
R11 Samfunnsøkonomisk analyse <i>R 11 inngikk opprinnelig i prosjektet, men analysen utføres som en del av KVV Godsterminalstruktur i Oslofjordområdet</i>
R12 Kapasitetsanalyse konseptanalysen
R13 Konseptanalyse
R14 Arealbehov
R15 Driftseffektivitet konseptanalysen

Innhold

1	Forord	5
2	Innledning	10
2.1	Formål.....	10
2.2	Omfang og avgrensninger av analysen.....	10
2.3	Utarbeidelse	10
3	Metode	11
3.1	Generelt.....	11
3.2	Framgangsmåte ved analyse av kapasitet.....	11
3.2.1	Beregning av dimensjonerende kapasitet	11
3.2.2	Bruk av lastespor som hensettingsspor.....	12
3.2.3	Beregning av kapasitet ut fra antall spor.....	13
3.2.4	Beregning av belegg i sporforbindelser.....	14
3.2.5	Identifikasjon av dimensjonerende belegg i sporforbindelser.....	15
3.3	Skifting og samtidigheter.....	16
3.4	Elementer i analyse	17
3.5	Omregning av målvolum til antall dimensjonerende togpar per døgn.....	17
3.6	Beregning av dimensjonerende periode for belegg i sporforbindelser.....	18
3.7	Beregning av dimensjonerende og forventet kapasitet.....	19
3.7.1	Beregning av resulterende kapasitet	19
3.7.2	Beregning av kapasitet ved bruk av spor bare en gang.....	20
3.7.3	Beregning av makskapasitet	21
3.8	Andel delte vognstammer.....	22
4	Forutsetninger	25
4.1	Mål for volum	25
4.2	Volum gods på godstog	26
4.3	Skift av kombivogner og vognlastvogner	26
4.4	Døgnfordeling.....	27
4.4.1	Døgnfordeling, vekst og andel tog og gods	27
4.4.2	Vekst fra dagens volum til prognose for 2040 og 2060	28
4.4.3	Fast antall tog i rush.....	28
4.4.4	Døgnfordeling 2040 og 2060.....	30
4.4.5	Operasjonalisering av døgnfordeling.....	31
4.5	Prosess på terminalen.....	33
4.6	Øvrig trafikk (vognlastvogner)	34
4.7	Trafikk per retning.....	35
4.8	Toglengdefordeling	35
4.9	Vedlikehold på terminal.....	36
4.10	Forutsetninger for materiellomløp	36
4.10.1	Oppholdstid og omløpstid	36
4.10.2	Materiellbehov	44
4.10.3	Antall vognstammer på terminalen over tid.....	44
4.11	Reservemateriell og vogner med feil	44
4.12	Spor til vognlasttog	46
4.13	Bytte av bremseklosser	46
4.14	Snøhåndtering på Alnabru.....	46
4.14.1	Behov for snøfjerning	46
4.14.2	Kapasitetseffekter av snøfjerning i vogner	47
4.15	Beleggstid i lastespor	48

4.15.1	Beleggstid i lastespor og måloppnåelse mht. antall spor	48
4.15.2	Løftekapasitet og valg av oppholdstid i lastespor	51
4.16	Vognlasttog.....	54
4.17	Sporbehov for ankomst/avgang, lasting/lossing, hensetting og skifting.....	54
4.18	Parkering i lastespor i helg.....	54
4.18.1	Parkering i lastespor på hverdager.....	54
4.18.2	Oppholdstid med reachstacker-spor	55
4.19	Antall spor til skiftelok	56
4.20	Driftsbasis for Bane NOR	56
4.21	Atkomst ved Grorud	56
4.22	Overlapp i sporbehov	57
4.23	Utsettelse av lossing av kveldsavganger	57
4.24	Skift av vogner fra A-spor til R-spor.....	58
5	Beskrivelse av infrastrukturkonsepter.....	62
5.1	Referanse 0+	62
5.1.1	Sporplan.....	62
5.1.2	Fordeling av sporlengder på virkedager og i helg.....	62
5.1.3	Benyttede spor på virkedager og i helg.....	64
5.2	Konsept 3.7.....	66
5.2.1	Sporplan.....	66
5.2.2	Fordeling av sporlengder på virkedager og i helg.....	66
5.2.3	Benyttede spor på virkedager og i helg.....	67
5.3	Konsept 3.7 Implementering	69
5.3.1	Sporplan.....	69
5.3.2	Fordeling av sporlengder på virkedager og i helg.....	69
5.3.3	Benyttede spor på virkedager og i helg.....	71
5.4	Konsept 4.8.3	73
5.4.1	Sporplan.....	73
5.4.2	Fordeling av sporlengder på virkedager og i helg.....	73
5.4.3	Benyttede spor på virkedager og i helg.....	74
5.5	Konsept 4.8.3 Implementering.....	77
5.5.1	Sporplan.....	77
5.5.2	Fordeling av sporlengder på virkedager og i helg.....	77
5.5.3	Benyttede spor på virkedager og i helg.....	78
5.6	Oppsummering mht. spor og sporlengder.....	81
6	Resultater sporbehov	83
6.1	Sporbehov i tabellform for 2040 og 2060	83
6.2	Sporbehov over tid.....	85
7	Resultater for sporkapasitet	87
7.1	Samlet framstilling av resultater for sporkapasitet	87
7.1.1	Kapasitet mht. antall spor på terminalen	87
7.1.2	Kapasitet i sporforbindelser.....	90
7.1.3	Samlet, resulterende sporkapasitet.....	92
7.1.4	Sammenligning av kapasitet i Ref. 0+ og dagens terminal	96
7.1.5	Resultat for andel delte vognstammer.....	99
7.2	Trafikkeringsmønster og belegg i sporforbindelser	100
7.2.1	Konsept Ref. 0+.....	100
7.2.2	Konsept 3.7	102
7.2.3	Konsept 3.7 implementering.....	105
7.2.4	Konsept 4.8.3	108
7.2.5	Konsept 4.8.3 implementering.....	110
7.2.6	Kapasitet i Grorudsporet i Ref. 0+.....	113

7.3	Følsomhet ved variasjon i forutsetninger	114
7.3.1	Beregning av endret kapasitet ut fra endret utnyttelse	114
7.3.2	Hensetting i helg utenfor terminal	115
7.3.3	Driftsopplegg	115
7.3.4	Bruk av korte parkeringsspor til skiftelok	116
7.3.5	Bruk av bimodale lokomotiver	117
7.3.6	Bruk av strekningslok ved skift før avgang	121
7.3.7	Døgnfordeling i 2040 som i 2060	122
7.3.8	Jevn døgnfordeling	123
7.3.9	Andel vogner med feil	125
7.3.10	Andel vognstammer med vognlastvogner	125
7.3.11	Lange tog bare om kvelden	125
7.3.12	Ekstra spor på Nyland i 4.8.3	125
7.3.13	Ruteplan ved operasjonalisering av døgnfordeling	126
7.3.14	Doble lok ved lange tog	126
7.3.15	Ankomst i spor A24 i konsept 3.7	126
7.3.16	Endring av belegg i lastespor og kapasitet i sporforbindelser	126
7.3.17	Endret retningsfordeling	129
7.3.18	Toglengder	131
7.3.19	Endret retningsfordeling og endret lengde ut fra etterhengt vekt	134
7.3.20	Korte spor langs Alnabanen i konsept 3.7	134
7.3.21	Endret behov for spor til skadde vogner	136
8	Driftseffektivitet	137
8.1	Forsinkelse ved avgang	137
8.2	Tid for skift og deling/skjøting av vognstammer	138
8.3	Kø i planovergang	138
9	Oppsummering og konklusjon	141
10	Referanser	143
11	Vedlegg	144
	Vedlegg 1. Skjematisk sporplan Ref. 0+	144
	Vedlegg 2. Skjematisk sporplan 3.7	145
	Vedlegg 3. Skjematisk sporplan 3.7 impl.	146
	Vedlegg 4. Skjematisk sporplan 4.8.3	147
	Vedlegg 5. Skjematisk sporplan 4.8.3 impl.	148

2 Innledning

2.1 Formål

Formålet med kapasitetsanalysen er for ulike konsepter for ny Alnabru godsterminal å analysere

- Sporkapasitet
- Driftseffektivitet

Kapasitet er her i denne analysen begrenset til sporkapasitet i betydningen kapasitet i

- Antall spor som er nødvendig for å kunne ha et antall vognstammer på terminalen (inkludert reservemateriell) og utføre diverse operasjoner i spor.
Denne kapasiteten beregnes for situasjonen på virkedager og for situasjonen i helg der det er hensetting av materiell og (tilnærmet) stopp i trafikken.
- Kapasitet i sporforbindelser til å flytte vognstammer mellom spor, uten at utnyttelsesgraden (belegget per time) i sporforbindelsen blir høyere enn en akseptert grense

Formålet er å finne kapasitet i spor og sporforbindelser ved sammenligning av konsepter og resultatene vil også inngå i nyttekostnadsanalyser.

2.2 Omfang og avgrensninger av analysen

Analysen omfatter sporkapasitet på Alnabruterminalen mens kapasitet i veisystemer, løfteutstyr og deport håndteres i andre analyser.

Analysen er relatert til Alnabruterminalen isolert sett og ikke hele jernbanesystemet som må på plass for å få godstrafikken til å fungere.

Formålet er å analysere hva selve terminalen yter. Analysen av kapasitet på Alnabru begrenser seg til forhold på selve terminalen inkludert ankomst og avgangsspor.

Det er altså ikke sett på kapasitet på linjen og andre terminaler. Hvis volumene som er målet i 2040 og 2060 skal realiseres på Alnabru er det imidlertid klart at det samtidig må gjøres tiltak på andre terminaler og på linjen samt mest sannsynlig må gjøres tiltak på veisystemer rundt terminalene. Dette er altså ikke gjenstand for analyse i dette prosjektet og denne rapporten.

Beregningene er basert på en del forutsetninger om tog- og skiftemønster og er dessuten en modell av hvordan terminalen er tenkt å fungere. Det er derfor en viss innebygd usikkerhet i tallene. Metoden er imidlertid den samme for konsept 3.7, 3.7 implementering, 4.8.3 og 4.8.3 implementering slik at modell-/metodemessige tilnærminger er de samme. For referanse 0+ er det benyttet omtrent lik metode men der er det fokusert på kapasitet i veksel 611 (dagens sporplan) som er antatt å være dimensjonerende.

2.3 Utarbeidelse

Kapasitetsanalysen og rapporten (med unntak av forordet som er felles i rapportserien) er utarbeidet av Kenneth Nielsen, Trafikk og kapasitet, Jernbanedirektoratet.

3 Metode

3.1 Generelt

3.2 Framgangsmåte ved analyse av kapasitet

3.2.1 Beregning av dimensjonerende kapasitet

Kapasiteten på terminalen er i denne analysen definert som størst mulig årlig omsetning på terminalen, uttrykt ved antall TEU/år, ved akseptabel driftskvalitet (se avsnitt 3.6).

Sporkapasiteten som analyseres er

- kapasitet i spor (kapasitet for materiellet til å oppholde seg i spor, og
- kapasitet i sporforbindelser (kapasitet for å flytte materiell mellom spor)

Kapasiteten bestemmes ved å finne tidsbelegget i det som blir flaskehalsen på terminalen, dvs. det elementet med størst belegg. Når belegget eller utnyttelsen i dimensjonerende flaskehals er lavest mulig vil kapasiteten være størst mulig.

Identifikasjon av kapasitet i sporforbindelser skjer gjennom en iterativ prosess ideelt som

Antakelse om:

1. Definisjon av døgnfordeling av ankomster og avganger til og fra terminalen
2. Definisjon av aktiviteter på terminal
3. Definisjon av sporbruk for aktiviteter
4. Fordeling av skift i sporforbindelser mellom sporgrupper
5. Beregning av tidsbruk per aktivitet ut fra sporbruk
6. Summering av samlet tidsbruk i hvert sporelement
7. Beregning av utnyttelsesgrad i spor og sporforbindelser
8. Identifikasjon av flaskehals
9. Justering av sporbruk for å redusere belegg i flaskehals
10. Gjentakelse av punkt 2.-8. inntil det ikke virker mulig å oppnå (vesentlig) reduksjon i utnyttelsesgrad
11. Beregning av kapasitet ut fra identifisert flaskehals
12. Følsomhetsanalyse: kapasitet ved endring av parameterverdier
13. Identifikasjon av forventet spenn for kapasitet («konfidensintervall»)
14. Sammenligning av konsepter
15. Skalering av nivå ut fra maksimal utnyttelse

Ved fastleggelse av trafikk på terminalen i punkt 2 og 7 kan det hende at det er mulig å utnytte andre spor og sporforbindelser for på den måten å øke kapasiteten. Dette kan medføre at det utføres flere og/eller lengre skiftebevegelser enn ved et lavere volum. Driftseffektiviteten kan bli redusert per håndtert enhet,

I den foreliggende analysen har det av tidshensyn ikke vært gjennomført en like grundig iterasjon som ønsket.

3.2.2 Bruk av lastespor som hensettingsspor

Lastespor kan benyttes som hensettingsspor når det er tale om ren parkering. Er det reachstackerspor kan disse også benyttes til å utføre operasjoner som bytte av bremsklosser og avgangskontroll (atkomst fra siden i lastegate i motsetning til spor under kran) hvis de er ledige.

Motsatt vei er det ikke mulig å bruke hensettingsspor til lastespor siden det mangler løfteutstyr og lastegate.

Kapasitet begrenses av antall spor som er tilgjengelige. Det er et gitt antall spor i et konsept, fordelt på ulike typer spor. Noen spor kan brukes til flere funksjoner som vist i Tabell 1.

Tabell 1. Mulig alternativ bruk av spor på terminal.

i brukt som j					
i \ j	A	L	R	G	U
A	x	-	x	x	x
L	-/x*	X	x	x	X
R	-	-	x	x	X
G	-.**	-	-	x	X
U	-	-	-	-	X

* Hvis det er reachstackerspor kan det utføres avgangskontroll og tog kan gå direkte fra lastespor.

** Hvis det er hovedsignaler i G-spor kan de brukes som A-spor men da er de i utgangspunktet her telt som A-spor.

Sporbehov for hver type spor finnes time for time over hele uken ut fra døgnfordelingens ankomster og avganger og tilhørende aktiviteter på terminalen. Det er forutsatt at ledige L-spor benyttes til parkering og ved ytterligere behov benyttes først ledige A-spor til parkering og deretter identifiseres behov for R-spor.

A-spor og L-spor må ha en minimumsverdi som er definert ut fra maksbehovet. For hver time identifiseres behovet for ytterligere spor (R-spor) som forskjellen mellom det totale sporbehovet i den aktuelle timen og summen av minste antall A- og L-spor.

Det er da ikke sikkert at maksbehovet for spor totalt sett opptrer samtidig med maksbehovet for A-spor eller L-spor.

Spor under kran:

Antall R-spor må være minimumsverdien av antall R-spor som benyttes ved arbeid med vognstammene. Hvis det settes 3 times opphold i R-spor som en minste verdi dekker det omtrent 1 time til snøgraving, 1 time til skifting av vogner for vognlast og vogner med feil, en halv time til service (bytte av bremsklosser) og en halv times margin. (Det er da regnet med at det ikke er parallelle operasjoner for snøgraving og skift av bremsklosser.)

Mellom lossing og lasting er det en gitt tid til operasjoner. Minste antall R-spor til operasjoner avhenger av tidsbruk til disse operasjoner og av frekvensen av vognstammer som skal betjenes mht. disse operasjonene. Frekvensen av operasjoner avhenger av hvor mye frekvensen av disse kan gattes ut i den tiden som er tilgjengelig mellom lossing og lasting. Det regnes forenklet med at behovet for håndteringsfrekvensen av vognstammer til operasjoner er lik gjennomsnittet av

ankommende tog etter lossing fordelt over en periode som er lik den som er tilgjengelig (det er samme frekvens av vognstammer til og fra R for operasjoner som for ankommende tog). I en kortere disponibel tid må det regnes med at det er behov for høyere frekvens av behandling av vognstammer enn hvis perioden er lang, selv om det også kommer flere vognstammer i den lange perioden er det lettere å glatte frekvensen ut.

Hvor mange ledige lastespor det er mulig å benytte som R-spor avhenger av om det er kranspor eller reachstackerspor og hvilken funksjon i R-spor som er nødvendig. Reachstackerspor kan brukes til både parkering/skifting og til å utføre arbeid (skifte av bremseklosser eller annen service) samt til snøgraving. Derimot kan det ikke utføres arbeid i lastespor under kran siden det vil hemme løfting av lastbærere over vognstammer.

Reachstackerspor kan også brukes til avgangskontroll og det kan dermed settes opp avgang direkte fra lastespor. Dette påvirker også behovet for antall A-spor.

Forutsetning om beleggstid i lastespor påvirker behovet for antall lastespor og dermed hvor mange ledige lastespor det er til andre formål enn lasting og lossing.

Oppholdstid i lastespor påvirker også behovet for antall A-spor på grunn av at behov for parkering utenfor lastespor reduseres og dermed også behovet for parkering i A-spor. Om det i praksis vil medføre at dimensjonerende behov for parkering i R-/A-spor reduseres vil kunne variere. Avhengig av om nettobebehovet for spor går opp eller ned vil samlet kapasitet på terminalen også kunne variere.

Totalbehovet for lastespor finnes ut fra

- døgnfordeling
- årlig volum for omsetning på terminalen og tilsvarende antall togpar per døgn
- tid når lossing og lasting skjer
- tidsbruk i lastespor
- andel lossing av ankomster på kveld
- type lastespor
 - lastespor under kran eller
 - lastespor i lastegate (med mobilt løfteutstyr reachstacker/gaffeltruck)
- parkering i ledige A-spor (i tillegg til parkering i ordinære R-spor)
- andel av vognstammer som må deles fordi spor er for korte i forhold til vognstammelengden
- minste oppholdstid i R hvis vognstammer håndteres med kran
- andel av tog som må utføre operasjoner mellom lossing og lasting

3.2.3 Beregning av kapasitet ut fra antall spor

Sporkapasitet mht. antall spor beregnes for

- situasjonen på virkedager der det er ankomster og avganger til ulike tider på døgnet og samtidig diverse operasjoner på terminalen (lasting, lossing, hensetting mellom lossing og lasting, skifting, oppsamling av vogner med feil) som medfører at det er behov for skifting
- situasjon på virkedager med hensetting i spor når det ikke er operasjoner
- situasjonen i helg der det er hensetting av materiell og (tilnærmet) stopp i trafikken, men samtidig behov for at noen spor er holdt åpne for å kunne begynne trafikkeringen av terminalen (og for å kunne ta imot enkelte tog gjennom terminalen, f.eks. transitt mellom baner eller ved vending av retning i tilfelle det ikke er mulig å snu retning andre steder)

Når det sees på tilgjengelig sporlengde er det regnet med lengde for et helt antall vogner à 34 m.

Vognstammer som er lengre enn sporlengder må deles og det antas at dette skjer i et visst omfang på hverdager, men ikke maksimalt (slik at det unngås at deler av vognstammer blir sperret for mye inn bak andre vognstammer).

Beregning av kapasiteten på virkedager er gjort som et gjennomsnitt av (a) sporbruk der et spor bare benyttes for én vognstamme eller én del av en vognstamme etter deling og (b) maksimal utnyttelse der et spor benyttes fullt ut mht. lengde. Det kan i (b) være vogner fra flere vognstammer på sporet men i praksis er det mest sannsynlig bare inntil to forskjellige vognstammer (er det ledig i en del av sporet fylles resten av sporet opp så mye som mulig og resten av delt vognstamme plasseres i annet spor osv.). Antakelsen er at det er uheldig å fordele for mange vognstammer i samme spor av hensyn til driftseffektivitet og risikoen for å blokkere atkomst til noen vogner ved å parkere andre vogner foran. Samtidig virker det rimelig at dette er akseptabelt i et visst omfang (med planlagt sporbruk) og det er derfor for å beregne antall disponibel lengde benyttet et gjennomsnitt av disse verdiene.

For hensetting i helg er det antatt at sporlengder kan utnyttes maksimalt, men fortsatt ut fra et helt antall vogner à 34 m. Antakelsen er at det er mindre kritisk å bruke tid på deling og skjøting ved avslutning av uken og oppstart etter helg enn det er på virkedager.

Se også avsnitt 3.7.2 og avsnitt 3.7.3.

3.2.4 Beregning av belegg i sporforbindelser

Det er for omfattende å beregne eksakt sporbelegg og belegg av alle veksler for enhver skifte- og togbevegelse. Det er derfor valgt ut en del sentrale veksler som på forhånd er antatt å ha størst belegg. Disse vekslene er vist i vedleggene med rød sirkel og nummer.

Det er tatt utgangspunkt i sporbruk som foreslått i delrapport R07 om driftskonsept (1). Bruken av sporgrupper vil generere skiftetraffikk mellom sporgruppene og dermed en gitt kapasitet i sporforbindelser. En annen bruk av sporgrupper vil tilsvarende kunne gi andre skiftebevegelser og endret kapasitet. Ideelt skal det utføres en iterasjon med sporbruk og resulterende skiftebevegelser slik at belegg i sporforbindelser blir lavest mulig og kapasiteten tilsvarende størst mulig. En slik iterasjon er imidlertid en omfattende prosess som ikke er gjennomført fullt ut i denne analysen, men usikkerheten på sporbruk og kapasitet er omtrent lik i alle konsepter.

Sporforbindelser mellom f.eks. lastespor og hensettingsspor defineres som serien av veksler som forbinder disse sporene. Kapasitetsutnyttelse i sporforbindelser beregnes per veksler ut fra summen av tidsbelegg i vekselen ved ulike tog- og skiftebevegelser.

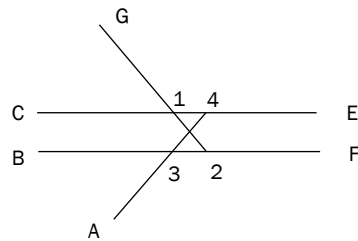
Vekselen med høyest belegg har også høyest utnyttelse, og utnyttelsesgraden beregnes som sum av tidsbelegg i en dimensjonerende periode delt på periodelengden. Se avsnitt 7.2 for resultater.

Dimensjonerende periode er i analysen satt til 2 timer. Belegg er en gjennomsnittsverdi over 2 timer bakover i tid. Verdier som vises kl. 20.30 er da gjennomsnitt av belegg i perioden 18.31-20.30

Tidsbelegg i veksler kan skyldes fysisk passering av materiell, men også tid til å løse ut forrige skiftevei, tid til å sette ny skiftevei samt reaksjonstid hos lokfører.

I tillegg er det for visse veksler et belegg selv om en togvei ikke går gjennom vekselen. Det gjelder når det ikke er andre togveier som er mulig å sette så lenge en annen togvei sperrer.

F.eks. er det i figuren under blokkert i veksler 3 (f.eks. for en togvei GF) når det er togvei gjennom veksler 2 (f.eks. togvei BF eller BE). Hvis det er togvei GE er veksler 3 ikke blokkert.



Figur 1. Sporskisse med veksler for beregning av belegg.

3.2.5 Identifikasjon av dimensjonerende belegg i sporforbindelser

I avsnitt 4.5 er det vist aktiviteter på terminalen for betjening av et godstog. Aktivitetene belegger infrastrukturen en viss tid. Det beregnes og summeres tid for belegg av hver type aktivitet i hver av de valgte veksler. Dette belegget ganges med beregnet frekvens over døgnet av ulike typer, funnet ut fra ankomster, avganger og relaterte skiftebevegelser. Frekvensene for aktiviteter er avledet av frekvensene for ankomst og avgang.

Til slutt summeres belegget av ulike typer aktivitet til samme tid og belegget i hver veksler kan da finnes over døgnet.

Det varieres i analysen andeler av trafikk og aktiviteter i deler av terminalen inntil det er dimensjonerende belegg opptrer to steder og det ikke er mulig å utjevne belastningen, jf. avsnitt 3.2.1.

Det er i Figur 2 vist et eksempel på hvordan tidsbelegg er beskrevet i beregningsmodellen for belegg i sporforbindelser. Situasjonene gjelder konsept 3.7 og aktiviteten er skift av vognstammer fra ankomstspor til lastespor før lossing (etter ankomst). Overskriften med tall fra 1.1 til 3.2 er nummer på sporveksler som markert i Figur 37.

				1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3.1	3.2
Skifting til LM før lossing	Korte tog fra RH1 til LMT	70%	Skiftelok ut i Alnabanespor				1,5	1,5									
Skiftveie			Vending av retning														
			Skiftelok inn i R	1,5			1,5	1,5									
			Kopling til vognstamme														
			Uttrekk i Alnabanespor	3			3	3									
			Vending av retning														
			Skifting inn i LMT	3			3	3									
			Frakopling av skiftelok														
			Skiftelok ut på Alnabanespor	1,5			1,5	1,5									
			Vending av retning														
			Skiftelok inn i R					1,5	1,5								

Figur 2. Eksempel på spesifikasjon av tidsbelegg i veksler.

Det sees f.eks. at vognstamme skyves til lastespor men at skiftelok først må fra et (udefinert) R-spor og inn bak vognstammen, denne må trekkes ut på Alnabanen og vognstammen må skiftes inn i lastespor. Deretter må skiftelok ut fra lastespor og inn i et nytt R-spor.

Det er her regent med at et skiftelok må kjøre 400 m i 25 km/t og at et er en reaksjonstid til å løse ut og sette skiftevei, inkl. reaksjonstid, på i alt 0,5 minutter. Samlet tid er da $0,4 \text{ km}/25 \text{ km/t} \cdot 60 \text{ min/t} + 0,5 \text{ min} = 1,46 \approx 1,5 \text{ minutt}$.

I beregningene er det for enkelhets skyld bare regnet med to tog lengder: 600 m inkl. lok og lange på 740 m inkl. lok. Korte tog på 460 m er håndtert som 600 m lange tog i beregningen. Tid for skift av

en 600 m lang vognstamme blir da (med 400 m avstand mellom sporgrupper) lik $(0,4+0,6)/25*60+0,5 = 2,9$ minutter eller avrundet 3 minutter.

En slik beskrivelse av tidsbruk som i Figur 2 er gjort for

- alle utbyggingskonsepter
- alle atkomstretninger (Bryn, Loenga, Grefsen og Grorud)
- tog lengder (≤ 600 m og 740 m)
- alle aktiviteter fra ankomst til avgang
 - (i) ankomst
 - (ii) skift til lastespor etter ankomst og før lossing
 - (iii) skift fra lastespor til hensetting etter lossing
 - (iv) skift av vogner vognlastvogner
 - (v) skift av vogner med feil
 - (vi) skift av vognstammer ved snøgraving
 - (vii) skift av vogner til lastespor før lossing
 - (viii) skift av vognstammer til A-spor etter lasting
 - (ix) avgang

Det er dessuten for visse aktiviteter spesifisert ett sett verdier for skift i ACS i sørenden ut mot Alnabanen og ett sett for skift i nordenden ut mot lastespor/A-spor ved Aker.

Det er for enkelhets skyld forutsatt at det ikke skiftes spor i forbindelse med snøgraving.

Når andeler av trafikk ganges med frekvens for hver aktivitet og summers finnes resulterende belegg mål i absolutt tid.

For hvert konsept resulterer dette i et beregningsoppsett eller matrise i regneark på ca. 3000 x 250 for å gange ut tidsbelegg for hver aktivitet med andeler av trafikk fra hver retning, andel av tog lengder som har en gitt operasjon og med frekvens samt for å summere verdiene over hele uken.

Det blir ikke praktisk mulig å presentere beregningen nærmere i rapporten, men prinsippet er forklart over.

3.3 Skifting og samtidigheter

Det er regnet med en gjennomsnittshastighet på 25 km/t ved skift og 0,5 minutt i alt for tidsbruk til utløsning av tog-/skiftevei fra tog før, setting av ny tog-/skiftevei og reaksjon hos lokfører.

Ved kjøring over lengre strekninger som fra Grorudsporet til krysset mellom RH-spor og Alnabanen f.eks. er det regnet med 35 km/t.

Skifteveier med skiftelok eller korte vognstammer i forhold til sporengede er delt opp slik at det bare er belegg gjennom en veksling av gangen. Dvs. at det er forutsatt at det først stilles skiftevei inn i ett spor og at det etterfølgende stilles ny skiftevei videre. Hvis vognstamme er for lang til første spor er det generelt regnet med at det settes skiftevei gjennom hele strekningen med en gang.

Ved ankomst er det satt belegg ved siste passerte veksling i 5 minutter etter som det er belegg fra før forsignal til innkjørsignal.

Hvis det ikke er sikkerhetssone eller mulighet til avledende sporveksel regnes det ved ankomst av tog (togvei inn) med 1 minutt belegg for utløsningstid i sikkerhetssone i veksel som har felles togvei med andre skifteveier (krav til sikkerhetssone ved skiftevei mot skiftevei er 0 m jf. (2), kapittel 3 Sikkerhetsavstander, tabell 1). Det er regnet med denne verdien der det er antatt at det ikke blir etablert sikkerhetssone for togveier gjennom avledende sporveksler eller avsporsveksel. Ved ankomst belegges ankomstspor og sikkerhetssone etter togvei slutt-punktet (i kjøreretningen) helt fra det settes togvei inn på terminalen, dvs. fra toget er før forsignal til innkjør. Dette kan da ta ca. 5 minutter. Det regnes imidlertid med at det kan settes opp doble signaler i ankomstspor slik at det kan settes togvei i to trinn og togveien kan forlenges når toget er nær nest siste hovedsignal. Effektivt belegg i veksel i sikkerhetssone kan da reduseres til utløsningstiden i togveien.

3.4 Elementer i analyse

Sporbehov analyseres mht. typer spor

- Helg
- Driftsdøgn
- Lastespor
- R-spor
- Spor til uttrekk ved skifting
- Spor til gjennomkjøring
- Ankomst- og avgangsspor
- Øvrige spor inkl. reserve
- Spor til atkomst for snøgraving
- Spor til skiftelok

3.5 Omregning av målvolum til antall dimensjonerende togpar per døgn

Det regnes om fra mål for årlig volum av håndterte enheter på terminalen til dimensjonerende antall togpar per dag med følgende faktorer: Dimensjonerende antall virkedager: 240; 34 m lange vogner med plass til 4 TEU; 85 % utnyttelse av toglengde, 95 % kombilast per tog, 20 m langt lok.

I 2040 er det med 600 m langt tog $(600 \text{ m} - 20 \text{ m}) / 34 * 4 * 85 \% = 58 \text{ TEU}$ med bare kombilast. Med 800 000 TEU år i 2040 blir antall togpar på dimensjonerende dag lik $(800 \text{ 000 TEU} / \text{år}) / (2 \text{ retninger}) / (240 \text{ dager} / \text{år}) / (58 \text{ TEU} / \text{tog}) = 28,7$. I tillegg er det estimert at det etterspørselsmessig er ekvivalent 1,6 vognlasttog (hvis disse hadde blitt kjørt alene og med samme lengde som gjennomsnittlig toglengde). Det betyr at det i alt er 30,3 togpar/døgn. Andel kombivolum er da $28,7 / 30,3 = 95 \%$. Det er i analysen for 2040 brukt en avrundet verdi på 30 togpar per dag.

Ved omregning fra kapasitetsutnyttelse til kapasitet for årlig omsetning er målvolum for kombitransport (800 000 i 2040) ganget med en faktor $30 / 30,3$ slik at resulterende volum er skalert til en verdi på 792 079 TEU/år.

I 2060 er det per tog $(642 - 20) / 34 * 4 * 85 \% = 62,2 \text{ TEU}$ hvis det er rene kombitog. Dette tilsvarer $1 / (2 \text{ retninger}) * 1100000 \text{ TEU} / \text{år} / 240 \text{ dager} / \text{år} / 62,2 \text{ TEU} / \text{tog} = 36,8$ tog per retning per døgn = 36,8 togpar. I tillegg er det estimert at det etterspørselsmessig er ekvivalent 2,3 vognlasttog (hvis disse hadde blitt kjørt alene og med samme lengde som gjennomsnittlig toglengde). Det betyr at det i alt er 39,1 togpar/døgn. Andel kombivolum er da $36,8 / 39,1 = 94 \%$. Det er i analysen for 2060 brukt en avrundet verdi på 39 togpar per dag.

Ved omregning fra kapasitetsutnyttelse til kapasitet for årlig omsetning er målvolum for kombitransport ganget med en faktor 39/39,1 slik at resulterende volum er skalert til en verdi på 1 097 187 TEU/år.

3.6 Beregning av dimensjonerende periode for belegg i sporforbindelser

Grensene for akseptabel kapasitetsutnyttelse settes (ut fra standardverdier) til:

- Høytrafikk/rush: maksimalt 75 % utnyttelse
- Døgn: maksimalt 60 % utnyttelse

Om det er rush-topp eller døgnnivå som dimensjonerer må undersøkes i hver beregning. Så lenge det er en peak vil det sannsynligvis være peaken som dimensjonerer. Med mer utjevnet døgnfordeling vil det etter hvert bli jevnere fordeling av bevegelser på terminalen og jevnere belastning, og til slutt vil døgnnivået dimensjonere. Dette er illustrert med et eksempel i Tabell 2.

Der sees det at med en mer utpreget peak i døgnfordelingen (der utnyttelsen er vesentlig høyere enn i den lave perioden) er det nødvendig (med faktoren G/U) å nedskalere mest med hensyn til belegget i peak for at ingen av utnyttelsene skal være større enn akseptabel grense (faktoren er minst). Når det er en mer flat fordeling er forskjellen ikke så stor og det sees da at det er nødvendig å nedskalere mest med hensyn til perioden med lav utnyttelse, for å komme ned på akseptabel utnyttelse.

Tabell 2. Eksempel på resulterende utnyttelsesgrad i perioder med lav og høy utnyttelse.

	Utnyttelse lav	Utnyttelse høy
Grense for utnyttelse (G)	60 %	75 %
Fordeling med peak		
Utnyttelse i delperiode	65 %	94 %
Varighet (t)	18	6
Periode	Døgn	Høytrafikk
Utnyttelse peak-fordeling (U)	72 %	94 %
Resulterende faktor (G/U)	83 %	80 %
Dimensjonerende faktor	80 %	
Resulterende belegg i periode	58 %	75 %
Fordeling uten vesentlig peak		
Utnyttelse i delperiode	65 %	80 %
Varighet (t)	18	6
Periode	Døgn	Høytrafikk
Utnyttelse flat fordeling (U)	69 %	80 %
Resulterende faktor (G/U)	87 %	94 %
Dimensjonerende faktor	87 %	
Resulterende belegg i periode	60 %	70 %

I eksemplet i Tabell 2 er utnyttelsen høyere enn grensen slik at antall tog må skaleres ned og kapasiteten dermed er lavere enn initiell antakelse.

Tilsvarende kan antall tog økes hvis utnyttelsesgraden er lavere enn akseptabel grense.

3.7 Beregning av dimensjonerende og forventet kapasitet

Som grunnlag for kapasitetsberegningene spesifiseres funksjoner på terminalen. Et generelt, konseptuavhengig sporbehov blir beregnet på bakgrunn av antall togpar på terminalen og behov for ulike sporfunksjoner.

For hvert konsept spesifiseres det for hvert spor hvilke funksjoner sporet kan benyttes til. For hver sporfunksjon identifiseres det videre hvor mange spor og hvor mange spormeter som er til rådighet. Dette sammenlignes med det behov for antall spor og antall spormeter slik at måloppnåelsen kan beregnes.

Identifisering av antall spor og spormeter til rådighet er omtalt i kapittel 5 for hvert konsept og behovet er omtalt i avsnitt 6.1.

For analyse av måloppnåelse er antall tilgjengelige spor og spormeter gruppert og aggregert innenfor funksjonene der de benyttes. Tilsvarende er det regnet aggregert for behovet. F.eks. kan et hensettingsspor også benyttes som ankomstspor eller atkomstspor for skinnegående maskiner for snørydding av vogner. Selv om det kan være flere mulige bruksformål for et spor telles det bare med én gang i regnskapet for antall spor og spormeter.

Konkret sporbruk og hensiktsmessig fordeling av vognstammer i spor er ikke vurdert i denne delen av analysen.

3.7.1 Beregning av resulterende kapasitet

Resulterende kapasitet i konseptene bestemmes ut fra kapasitet mht.

- antall spor totalt til drift på virkedager
- antall spor til hensetting på virkedager
- antall spor til hensetting i helg og
- belegg i sporforbindelser

Den resulterende kapasiteten finnes som minste verdi av disse tre individuelle kapasitetene.

Det er videre funnet et intervall for kapasiteten med en nedre og øvre verdi.

For kapasitet i sporforbindelser er intervallet funnet som en variasjon med $\pm 10\%$ av beregnet kapasitet. Dette intervallet er et subjektivt estimat av hva som kan være en rimelig usikkerhet i beregning av belegg i sporveksler ut fra arbeidet med kapasitetsanalysen. Med dette intervallet svarer usikkerheten mht. kapasitet i sporforbindelser omtrent til usikkerheten for kapasitet mht. antall spor.

For kapasitet mht. sporantall på virkedager er nedre verdi funnet som minste verdi der et spor bare benyttes til én vognstamme (en hel vognstamme eller en del av en vognstamme). Øvre verdi er funnet ut fra bruk av tilgjengelige spormeter selv om det eventuelt er gjenbruk av spor til flere (sannsynligvis to) vognstammer eller -deler. Se også avsnitt 3.7.2 og avsnitt 3.7.3.

For kapasitet mht. spor i helg er nedre og øvre verdi funnet som for virkedager.

Samlet sett er nedre verdi i intervallet lik minste verdi av de fire minste verdiene for (a) kapasitet i sporforbindelser, (b) kapasitet med antall spor i helg, (c) kapasitet med totalt antall spor til drift på

virkedager og (d) kapasitet med antall spor til hensetting på virkedager. Største verdi i intervallet er tilsvarende minste verdi av de største verdiene for de samme kapasitetene.

Sammen med intervallet for resulterende kapasitet er det beregnet *forventet kapasitet*.

Forventet kapasitet er funnet som minste verdi av verdiene for (1) beregnet (=forventet) verdi for sporforbindelser, (2) gjennomsnitt av nedre og øvre verdi for kapasitet mht. antall spor på virkedager, (3) største verdi av hensettingskapasitet på hverdager og (4) og største verdi for kapasitet mht. antall spor i helg (det antas at spor kan utnyttes mer fleksibelt i helg enn på virkedager).

Fram mot helg avtar lastning og lossing. Ankomende tog hensettes og det er generelt liten aktivitet fram til tog lastes søndag kveld. Ankomne tog må da losses før avgangene begynner igjen søndag kveld. Alnabruterminalen må ha tilstrekkelig antall spor for å romme 50 % (forutsetning) av vognstammene som er i omløp og som benytter terminalen. I helg er det da ikke nødvendig å laste og losse på samme måte som på hverdager etter som det er forutsatt at trafikken står tilnærmet stille, men det må allikevel være mulig å losse og laste i løpet av helgen for å få tømt ankomende tog og få fylt avgående tog. Imidlertid er lastespor som er nødvendige i løpet av uken (for å håndtere trafikken på en virkedag) også tilgjengelige også i helgen. Minste kapasitet i helg benytter samme beregningsmetode som for hverdager der det er krav til et visst antall lastespor. Når det gjelder dimensjonerende kapasitet for helgehensetting sees det på totalt tilgjengelige spor (-lengder).

3.7.2 Beregning av kapasitet ved bruk av spor bare en gang

Kapasitetsutnyttelse når spor bare brukes til én vognstamme (eller del av vognstamme ved deling) finnes ut fra behovet for spor ved målvolum og antall tilgjengelige spor. Som illustrasjon av metoden er det i Figur 3 og Figur 4 vist hva sporbehovet er og hva måloppnåelsen er for Ref. 0+ i 2040.

Ref. 0+. Behov for antall spor ved målvolum (100%)	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
L	0	3	4	3	10
R+A, men uten verksted, vognlast, skiftelok, overlapp	0	9	12	9	30
R, A, G inkl. verksted, vognlast, skiftelok, overlapp	2	15	14	10	41

Figur 3. Behov for spor i ulike klasser ved målvolum (800 000 TEU/år) i 2040.

Behovet for antall spor er funnet som en avrundet heltallsverdi og gjenspeiler et forventet behov.

Ref. 0+						
0. Tilgjengelige spor						
	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum	Sum
L	4	1	8	0	13	
R+A+G	9	35	4	5	53	66
L	100%	33%	200%	0%		Dim måloppnåelse
R+A+G	45%	233%	29%	50%		0%
1. fordeling av bruk av spor						
	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum	Sum
L	0	3	4	3	10	
R+A+G	2	14	14	9	39	49
L	100%	100%	100%	100%		Dim måloppnåelse
R+A+G	100%	93%	100%	90%		90%

Figur 4. Effektivt antall tilgjengelige spor før og etter om-disponering samt dimensjonerende måloppnåelse i Ref. 0+ for virkedag 2040.

I en av cellene i Figur 4 er det en verdi for måloppnåelse på 1000 %. Dette er beregningsteknisk gjort der behovet er 0 for å sikre at sporantall i denne kategorien ikke blir dimensjonerende.

I Figur 4 omdisponeres bruk av tilgjengelige spor på en måte slik at måloppnåelsen samlet sett blir størst mulig. Opprinnelig er det mangel på lange spor og det er da 0 % måloppnåelse. Ønsket trafikk med forutsatt tog lengdefordeling kan da ikke avvikles. Imidlertid er det 4 korte L-spor (C2: 400 m, 5A: 370 m, C14:320 m og C16: 430 m) og hvis disse 4 korte L-spor benyttes med deling av vognstammer fås effektivt 2 lange spor à 720 m. I tillegg kan 2 spor fra intervallet 580-720 m utgjøre 1 langt spor slik at det i alt er 3 lange spor à 720 m og 0 korte spor <400 m. Samtidig kan 2 spor i intervallet 580-720 m brukes i intervallet 440-580 m. Det gir da 3 spor i sistnevnte intervall og $8-2-2=4$ spor i intervallet 580-720 m.

Tilsvarende omfordelles bruk av R-spor. Laveste og dermed dimensjonerende måloppnåelse blir 90 % av målet eller $90 \% * 800\ 000\ \text{TEU}/\text{år} = 720\ 000\ \text{TEU}/\text{år}$. Antall spor på terminalen gir da i eksemplet en kapasitet på 720 000 TEU/år.

Det er ikke sett på det spesifikke antallet spor av det som er definert som A eller R-spor f.eks. men sett på summen av sporene som er lastespor eller ikke-lastespor. Der er da antatt at nødvendige endringer i signalering kan gjøres i konseptet hvis det er for få A-spor, eller at R-spor kan benyttes som G-spor etc. En potensiell usikkerhet er hvis det er mange spor som er uttrekksspor og kanskje bare kan benyttes som dette, da er det ikke så lett i praksis å benytte sporene til en annen funksjon, men dette er det ikke gått inn på i analysen.

3.7.3 Beregning av makskapasitet

Maksimal kapasitet ut fra spormeter finnes ved å omdisponere bruken av lastespor til R-spor, mens det ikke er mulig motsatt vei (ikke løfteutstyr i R-spor).

Ved å sette måloppnåelse av lastespor lik måloppnåelse av andre spor (R/A/G under ett) fås følgende formler, der dL er antall spormeter som omdisponeres fra lastespor (L) til R generelt, R er antall tilgjengelige spormeter, BR er behov for R-spormeter, L er tilgjengelige lastespormeter og BL er behov for lastespormeter:

$$\text{Måloppnåelse}_L = \text{Måloppnåelse}_R$$

⇔

$$(R+dL)/BR = (L-dL)/BL$$

⇔

$$(R+dL) = (L-dL)*BR/BL$$

⇔

$$R+dL*(1+BR/BL) = (L)*BR/BL$$

⇔

$$dL = (L*BR/BL - R) / (1+BR/BL)$$

⇔

$$dL = (L*BR - R*BL) / (BL+BR)$$

, der det gjelder at $dL \geq 0$ på virkedager ($dL < 0$ krever at R brukes som L men det er ikke mulig på grunn av manglende omlastingsmulighet).

Eksempel 1 med $R=20000$ m, $L=10000$ m, $BR=15000$ m, $BL=6000$ m.

$dL = (10000 \cdot 15000 - 20000 \cdot 6000) / (6000 + 15000) = 1429$ m. Dvs. at 1429 m av lastespor bør benyttes som R-spor og da er måloppnåelse $L = (10000 - 1429) / 6000 = 143$ %, Måloppnåelse $R = (20000 + 1429) / 1500 = 143$ % (det samme som for L). Dimensjonerende måloppnåelse er dermed lik 143 %.

Eksempel 2 med $R=15000$ m, $L=8000$ m, $BR=11000$ m, $BL=6000$ m.

$dL = (8000 \cdot 11000 - 15000 \cdot 6000) / (6000 + 11000) = -118$ m. Det går altså ikke an å omfordele spor. Måloppnåelse $L = 8000 / 6000 = 133$ %, Måloppnåelse $R = 15000 / 11000 = 136$ %. Det sees at måloppnåelsen for L er lavest og det stemmer med den negative verdien for dL som tilsier at det er mangel på L sammenlignet med R i forhold til behovet. Dimensjonerende måloppnåelse er dermed lik 133 %.

3.8 Andel delte vognstammer

Andel delte vognstammer er funnet ut fra å identifisere overskudd og underskudd av antall spor i forhold til behovet i hver lengdekategori. Et overskudd av lange spor kan brukes til å dekke underskudd for kortere spor og et overskudd av lastespor kan brukes til å dekke et underskudd av R-spor, men ikke omvendt.

Det kan for alle konsepter og for 2040 og 2060 beregnes hvor stor del av vognstammer som må deles gitt en viss omsetning og sporbehov. For f.eks. konsept 3.7 implementering i 2040 er det i Tabell 3 vist antall spor per lengde-kategori ved 640 000 TEU/år som er referansekapasiteten for sporkapasitet (se avsnitt 7.1.3).

Det sees i Tabell 3 at det er et underskudd på 2 lange L-spor. Dette kan ikke dekkes av andre spor uten deling, mens underskuddet på 1 spor i intervallet 440 m - 580 m kan dekkes av overskuddet på 5 L-spor i intervallet 580 m - 720 m. Underskuddet på 3 R-spor kan heller ikke dekkes av andre spor, men underskuddet på 7 R-spor kan delvis dekkes av nettooverskudd i lastespor på $5 - 1 = 4$ spor. Det er da et effektivt underskudd på $3 + (7 - 4) = 6$ R-spor som ikke kan dekkes med bruk av andre spor.

I alt er det da nødvendig å dele 3 av 7 vognstammer i lastespor eller 28 %. Denne verdien er ganget med en faktor på 1,5 for å ta høyde for at optimal sporbruk kanskje ikke alltid er mulig. Resulterende andel delte vognstammer er da 43 %. Det er nødvendig å dele $6 / (2 + 12 + 11 + 8) = 18$ % av vognstammer i R, eller effektivt $1,5 \cdot 18$ % = 27 %.

Tabell 3. Overskudd og underskudd i 3.7 implementering i 2040 ved 640 000 TEU/år.

Behov ved utnyttelse på 80% av behov (640000 TEU/år)	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720
L	0,0	2,0	3,0	2,0
R	2,0	12,0	11,0	8,0
Antall spor med tilstrekkelig lengde	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720
L	4	1	8	0
A, R, G	9	35	4	5
Overskudd (>0) / underskudd (<0)				
Overskudd L	4	-1	5	-2
Overskudd R, A, G	7	23	-7	-3

I Tabell 4 er det vist at det ved *kapasitetsgrensen* i 3.7 implementering i 2040 (912 000 TEU/år) er et underskudd på 3 lange L-spor. Dette kan ikke dekkes av andre spor uten deling, mens underskuddet på 3 spor i intervallet 440 m - 580 m kan dekkes av overskuddet på 8 L-spor i intervallet 580 m - 720 m. Tilsvarende kan underskuddet på 13 R-spor dekkes av overskuddet på 5+6=11 lengre R-spor samt 8-3=5 lengre lastespor, slik at ingen vognstammer i R trenger å deles.

I alt er det da 3 lange vognstammer som må deles. Dette er $3/(3+5+3) = 27\%$. Denne verdien er ganget med en faktor på 1,5 for å ta høyde for at optimal sporbruk kanskje ikke alltid er mulig. Resulterende andel delte vognstammer er da 41 %.

Tabell 4. Overskudd og underskudd i 3.7 implementering i 2040 ved 926 367 TEU/år.

Behov ved utnyttelse på 114% av behov (912000 TEU/år)	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720
L	0,0	3,0	5,0	3,0
R	2,0	17,0	16,0	11,0
Antall spor med tilstrekkelig lengde	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720
L	2	0	13	0
A, R, G	6	4	22	16
Overskudd (>0) / underskudd (<0)				
Overskudd L	2	-3	8	-3
Overskudd R, A, G	4	-13	6	5

Basert på en antakelse om at det kanskje ikke alltid er mulig å dele vognstammer ideelt, og at det kan bli virkning for andre vognstammer av dette, er det brukt en faktor 1,5 på behovet for deling.

Denne faktoren er funnet ut fra et eksempel med fordeling i helg i Ref. 0+ der spor bare benyttes 1 gang. Dette er vist i Figur 5. Fargene i Figur 5 viser til ulike typer behov: Gul: skiftelok, fersken: verksted, rosa: vognlast, lysegrønn: korte vognstammer (440 m), lyseblå: middelslange vognstammer (580 m), lilla: lange vognstammer (720 m).

Det er da ut fra i Figur 5 funnet at det er delt 3 av de 7 vognstammene i lastespor (43 %) av vognstammer i lastespor mens det er beregnet et nominelt behov på 2 (29 %), svarende til en faktor 1,5.

I Figur 55 og Figur 56 i 7.1.5 er resulterende andel delte vognstammer vist i konseptene.

Gruppe/spor	Kategori	Antall spor totalt som kan brukes i helg til parkering	Lengde til vognstamme (dim. i gruppe) [m]	Antall effektive spormeter til parkering med heltall vogn	Sporbruk hvis deling med maks 1 vognstamme eller vognstammedel per spor	Antall delte vognstammer i spor	Brukt spor-m	Ledig spor-m
C1 (NB1 R)	R	1	402	374	vs. 15	1	374	0
C2	L	1	400	374	vs. 20	1	204	170
C5A	L	1	370	340	vsl. 2	1	340	0
C5B (NB1 R)	R	1	370	340	vs. 15	1	340	0
C13	L	1	540	510	vsl. 1	0	442	68
C14	L	1	320	306	vsl. 2	1	102	204
				0				0
C07 (NB1 R)	R	1	600	578	vs. 13	0	578	0
C08	L	1	600	578	vsl. 3	0	578	0
				0				0
C16	L	1	430	408	skiftelok 1	0	120	288
C21	G	0	600	0				
C23	L	1	600	578	vsl. 4	0	578	0
				0				
C31	L	1	600	578	vsl. 5	0	578	0
C32	L	1	600	578	vsl. 6	1	578	0
				0				
C42	L	1	580	578	vs. 7	0	578	0
C43	L	1	580	578	vsl. 6	1	136	442
C44	L	1	580	578	vsl. 7	1	578	0
C45	L	1	580	578	vsl. 7	1	136	442
				0				
RH51-RH56 (57 finnes ikke)	RH51	1	266	238	verksted 1	1	238	0
	RH52	1	266	238	verksted 1	1	238	0
	RH53	1	266	238	verksted 2	1	238	0
	RH54	1	266	238	verksted 2	1	238	0
	RH55	1	266	238	verksted 3	1	238	0
	RH56	1	266	238	verksted 3	1	238	0
				0				
(57 finnes ikke)				0				
RH58	R	1	561	544	vs. 1	0	442	102
				0				
RH11-RH18	RH11	1	505	476	verksted 4	0	476	0
	RH12	1	505	476	VL1	0	476	0
	RH13	1	505	476	VL1	0	102	374
	RH14	1	505	476	vs. 2	0	442	34
	RH15	1	505	476	vs. 3	0	442	34
	RH16	1	505	476	vs. 4	0	442	34
	RH17	1	505	476	vs. 5	0	442	34
	RH18	1	505	476	vs. 6	0	442	34
				0				
RH22-RH28	RH22	1	541	510	vs. 16	1	510	0
	RH23	1	541	510	vs. 16	1	204	306
	RH24	1	541	510	vs. 17	1	510	0
	RH25	1	541	510	vs. 17	1	204	306
	RH26	1	541	510	vs. 18	1	510	0
	RH27	1	541	510	vs. 18	1	204	306
	RH28	1	541	510	vs. 19	1	510	0
				0				
RH31-RH38	RH31	1	502	476	verksted 5	0	476	0
	RH32	1	502	476	vs. 7	1	476	0
	RH33	1	502	476	vs. 7	1	102	374
	RH34	1	502	476	vs. 8	1	476	0
	RH35	1	502	476	vs. 8	1	102	374
	RH36	1	502	476	vs. 9	1	476	0
	RH37	1	502	476	vs. 9	1	102	374
	RH38	1	502	476	vs. 10	1	476	0
				0				
RH41-47	RH41	1	501	476	vs. 10	1	102	374
	RH42	1	501	476	vs. 11	1	476	0
	RH43	1	501	476	vs. 11	1	102	374
	RH44	1	501	476	VL2	1	476	0
	RH45	1	501	476	VL2	1	102	374
	RH46	1	501	476	vs. 12	1	476	0
	RH47	1	501	476	vs. 12	1	102	374
				0				
GI	G	0	536	0				0
				0				0
GII	A	0	488	0				0
GIII	A	1	515	510	vs. 19	1	510	0
GIV	A	1	542	510	vs. 20	1	510	0
GV	A	1	593	578	vs. 14	0	578	0
				0				0
GXI	G	0	929	0				0
				0				0
A1 Bryn	-	0	868	0				0
				0				0
A01	A	0	792	0				0
A02	A	0	693	0				0
A03	A	0	414	0				0
				0				0
A04	A	0	1315	0				0
				0				0
T1	U	0	171	0				0
T2	U	0	176	0				0
				0				0
AZ (Alnabanen)	A	0		0				0
				0				0
A# Snåspor	-	0	274	0				0
	Antall spor	56	Spor-m	25942			20146	5796

Figur 5. Eksempel på fordeling av vognstammer i Ref. 0+ ved 650 000 TEU/år.

4 Forutsetninger

4.1 Mål for volum

Målet for håndtert kombivolum på Alnabru er følgende:

- 2040: 800 000 TEU/år
- 2060: 1 100 000 TEU/år

Håndtert volum er sum av ankommende og avgående volum til og fra terminalen (uavhengig av hvor mye last det er i lastbærerne).

Av dette volum forutsettes det at

- 85 % løftes bil-tog
- 10 % løftes tog-tog
- 5 % skiftes tog-tog

I tillegg er det vognlastvolum som skiftes inn i kombitogene til fleksitog.

Transittvolumer som løftes tog-tog (10 %) eller skiftes tog-tog (5 %) regnes i analysen som *håndterte* volumer, dvs. at en TEU telles en gang på ankommende tog og en gang på avgående tog. Dette svarer til dagens registreringer der en TEU telles en gang når den løftes av en vognstamme og en gang når den løftes på en vognstamme (uavhengig av om det er flere indirekte løft underveis mellom ankomst på tog og avgang på bil eller vice versa). Andel transittvolumer i forutsetningene defineres altså som *håndterte* volumer selv om volumene passerer Alnabru.

Det kan være nyttig å være oppmerksom på at i Nasjonal Godsmodell (NGM) er transittvolumer for kombitrafikk og for vognlast angitt i OD-matriser (i tonn) for gods som *passerer* terminalen. For å omregne disse volumer til *håndterte* volumer må de ganges med 2 (teller som både ankommende og avgående), i tillegg til først å finne dimensjonerende volum og retning for hver enkelt destinasjon.

For vognlastvolumer er det benyttet en faktor 2 på omregning av passerende volum til håndtert volum og antall togpar til og fra terminalen.

Til sammenligning er det slik at hvis de i alt 15 % transitttrafikk hadde vært passerende volumer ville det svare til i alt 15 % ekstra håndtert volumer dvs. $800\,000 * 1,15 = 920\,000$ TEU håndtert i 2040 og $1\,100\,000 * 1,15 = 1\,265\,000$ TEU håndtert i 2060.

Det foreligger ikke tall fra CargoNet på omfanget av dagens transittvolum men det er små volumer sammenlignet med det som kommer og går med lastebil og transittvolum håndteres med løft tog-tog (via bakken). Når det gjelder skifting av kombigods tog-tog forekommer dette i dag (generelt) ikke. Antall TEU som er i transitt er altså i dag *løft* tog-tog og telles dermed på måte som det regnes på for gods som løftes bil-tog, dvs. samme fysiske enhet teles en gang ved ankomst og en gang ved avgang. Dagens statistikk omfatter derfor ikke volumer som skiftes og omsatt volum på Alnabru er derfor bare løftet volum. Transittvolum måles altså i statistikken som *håndtert* volum på terminalen på samme måte som det som kommer til og fra terminalen med bil.

Definerte mål for 2040 og 2060 for Alnabru kan derfor med transittvolum definert som håndtert volum sammenlignes med dagens statistikk.

4.2 Volum gods på godstog

Det regnes med at det er 85 % utnyttelse per tog. Med plass til 4 TEU per 34 m vogn er det med et 600 m langt tog (og enkeltlok på 20 m) plass til $(600 \text{ m} - 20 \text{ m}) / (34 \text{ m/vogn}) * 4 \text{ TEU/vogn} * 85 \% = 58 \text{ TEU}$.

Med en estimert andel vognlastvogner er det i gjennomsnitt ca. 95 % kombilast per tog, svarende til $95 \% * 58 \text{ TEU} = 55 \text{ TEU}$ i 2040.

I 2060 er det forutsatt 642 m lange og i gjennomsnitt og da er det plass til $(642 \text{ m} - 20 \text{ m}) / (34 \text{ m/vogn}) * 4 \text{ TEU/vogn} * 85 \% = 62 \text{ TEU}$.

Med en estimert andel vognlastvogner er det i gjennomsnitt ca. 94 % kombilast per tog, svarende til $94 \% * 62,2 \text{ TEU} = 58 \text{ TEU}$ i 2060.

4.3 Skift av kombivogner og vognlastvogner

Forutsetningen om 5 % av volum som skift svarer i utgangspunktet til at det er $5 \% * 55,1 = 2,8 \text{ TEU}$ per tog i gjennomsnitt. Dette er da ca. $2,8 / (4 * 85 \%) = 0,8$ vogner i gjennomsnitt.

Dette kan da f.eks. være et gjennomsnitt av 0 vogner for 60 % av togene og 2 vogner for 40 % av togene, eller 0 % for 80 % av togene og 4 vogner for 20 % av togene.

Det er ikke kjent eller spesifisert hvordan skiftingen av 5 % volum med kombi-gods framkommer, men en andel på ca. 30 % kan med utgangspunktet i tallene over synes et rimelig utgangspunkt (da med 2,7 vogn i gjennomsnitt).

En vognstamme vil måtte skifte kombi-vogner ut (f.eks. med lastede vekselflak) for å sende disse videre med et annet tog. Tilsvarende må vognstammen også få skiftet kombi-vogner *inn* når vogner (f.eks. da med tomme vekselflak) skal retur. Effektiv andel per vognstamme blir da det dobbelte med tanke på antall skift.

Det regnes derfor med at en dimensjonerende andel på 60 % av vogner har ett skift (som representerer 30 % av vognstammer med to skift).

Denne andelen på 60 % skifting kommer i tillegg til skifting av vogner med vognlast.

Det forutsettes at skifting av kombivogner inn og ut av vognstammer skjer i R-spor mellom lossing og lasting (eller tilnærmet belegger samme forbindelser hvis det skjer mens vognstammen blir stående i lastespor hvis dette er mulig).

Vognlastvogner antas ut fra NGM å utgjøre ca. 1,6 ekvivalent fullengde-togpar i 2040, dvs. $1,6 * 580 \text{ m} = 928 \text{ m}$ per retning per dag. Hvis det antas at det skiftes 4-5 tradisjonelle vognlastvogner per gang er det $4,5 \text{ vogner} * 16 \text{ m/vogn} = 72 \text{ m}$ per skift, eller $928 / 72 = 12,9$ tog (per retning) som har vognlastvogner. Det svarer da til at det av i alt 30,2 togpar er $12,9 / 30,2 = 43 \%$ av alle togpar som har vognlastvogner. Det må da skiftes vognlastvogner både inn og ut under oppholdet på terminalen.

Det regnes derfor med at en dimensjonerende andel på $2 * 43 \% = 86 \%$ av vogner har ett skift (som representerer 43 % av vognstammer med to skift).

Beregningsteknisk er det håndtert på samme måte og andelene er summert til en felles andel av tog som har innskifting (eller utskifting) av vogner. De to deloperasjonene kan skje til ulike tider eller som en sammenhengende operasjon. Som en tilnærming er det beregningsteknisk regnet med at det er to separate operasjoner umiddelbart etter hverandre («samtidig»).

4.4 Døgnfordeling

Ankomster og avganger til og fra Alnabru fordeler seg med ulik intensitet over døgnet og resulterer i en gitt døgnfordeling. Denne har i dag en kraftig konsentrasjon av avganger ut fra Alnabru på kvelden og en kraftig topp inn på natten, samt en tydelig topp inn på sen ettermiddag /tidlig kveld.

Døgnfordelingen for 2040 og 2060 er definert ut fra dagens fordeling.

4.4.1 Døgnfordeling, vekst og andel tog og gods

Ankomster og avganger til og fra Alnabru fordeler seg med ulik intensitet over døgnet og resulterer i en gitt døgnfordeling. Denne har i dag en kraftig konsentrasjon av avganger ut fra Alnabru på kvelden og en kraftig topp inn på natten, samt en tydelig topp inn på sen ettermiddag /tidlig kveld. Se Figur 6.

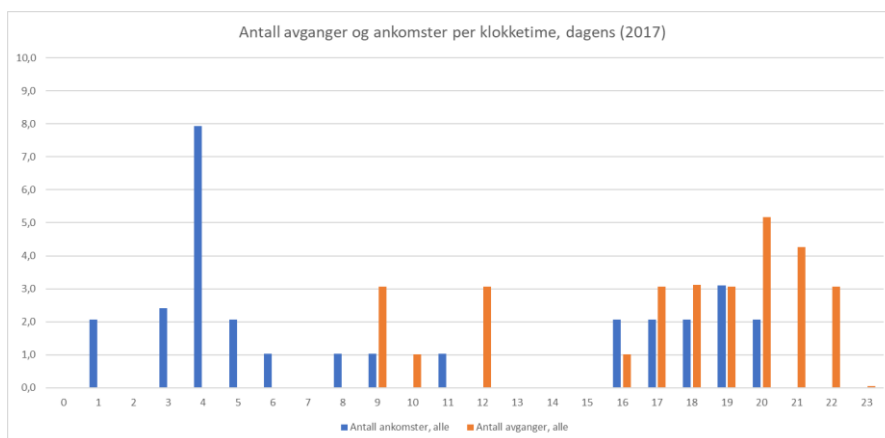
Dagens døgnfordeling har tydelige toppe i ankomst og avgang. Disse er ønsket av markedet, men også bestemt av andre forhold som sportilgang, linjekapasitet, løfteutstyr, tilgjengelig personell mm.

Døgnfordelingen resulterer i ulik belastning av spor og sporforbindelser over døgnet i forbindelse med ankomster og avganger, men også skifting forskjøvet i tid i forhold til ankomster og avganger. Resulterende belastning framkommer ved å summere belastning av ulike aktiviteter som skjer til ulike tider over døgnet, men korrelert med døgnfordelingen.

Døgnfordelingen er derfor viktig for å definere belastning på terminalen og dermed kapasiteten på terminalen.

Hva som er årsakene og hvilken vekt disse har er ikke kjent. Det antas at *grunnformen* i døgnfordelingen er markedsstyrt, men at de eksakte nivåene på toppene per klokke time er variable og vil kunne variere fra ruteplan til ruteplan ut fra endringer i markedsbehov og tildeling av ruteleier (f.eks. vil en ankomst kl. 4:58 telle med i time 4 mens en forskyving på 5 minutter til 5:03 vil telle med i time 5).

For å få fram selve formen i døgnfordelingen i 2040 og 2060 er det gjort en vektet gjennomsnittsberegning av nivåene i aktuell time, i time før og i timen etter. De relative vektene på disse nivåene er 50 %, 25 % og 25 % (det er altså halvt så mye vekt på timen før og timen etter som på aktuell time).



Figur 6. Døgnfordeling av ankomster og avganger R17 (data fra høst 2017).

4.4.2 Vekst fra dagens volum til prognose for 2040 og 2060

Dagens trafikk for 2018 med 29 togpar per dimensjonerende virkedøgn tilsvarer potensielt:

$240 \text{ døgn/år} * 2 \text{ retninger} * 29 \text{ tog/retning/døgn} * ((400-20) \text{ m/tog}) / (34 \text{ m/vogn}) * 4 \text{ TEU/vogn} * 85 \% \text{ utnyttelse per tog} * 95 \% \text{ kombilast per tog} = 502\,512 \text{ TEU/år}$.

Målet for volum i 2040 er satt til 800 000 TEU og for 2060 er det 1 100 000 TEU.

Veksten fra dagens volum er da 59 % til 2040 og 119 % til 2060. Bemerk at dette er vekst fra 2018 og ikke fra 2012.

Veksten i volum tas delvis gjennom lengre tog. Toglengden er forutsatt å øke fra dagens ca. 400 m til 600 m i gjennomsnitt i 2040 og til 642 m i 2060 (som utgangspunkt). Dette betyr at samme antall tog kan frakte 53 % mer gods i 2040 og 64 % mer i 2060 på grunn av økt toglengde (regnet ut fra netto vognstammelengde, uten lok). Resten av veksten må da tas med økt antall tog som da må øke med en $1,59/1,53 - 1 = 4 \%$ i 2040 og med $2,44/1,53 - 1 = 34 \%$ i 2060. Fra dagens antall på 29 togpar/døgn er det en økning i 2040 til $29 * 1,04 = 30$ togpar/døgn, og i 2060 er det en økning til $29 * 1,34 = 39$ togpar/døgn.

4.4.3 Fast antall tog i rush

Medio 2015 ble det i prosjektet definert en døgnfordeling for 2040 med en gitt andel ankomster og avganger i ulike tidsintervaller. For 2060 var det forutsatt en jevn fordeling over døgnnet uten rushtidstopper.

Det har siden blitt tatt opp til diskusjon å endre disse forutsetningene og beholde dagens antall ankomster og avganger i det som kan defineres som rushperiodene.

Med samme antall tog, men med økt toglengde vil transportkapasiteten i rush øke med 53 % i 2040 hhv. 64 % i 2060. Ytterligere vekst i volum og i antall tog vil da måtte komme utenom rushperiodene.

Økningen i antall tog sammenlignet med i dag er da utenom rushperiodene i 2040 på $30-29 = 1$ togpar og i 2060 på $39-29 = 10$ togpar.

Kapasitetsberegningen tar utgangspunkt i et gitt antall tog som er fordelt i henhold til en døgnfordeling. Ved å skalere antall tog ut fra en faktor mellom maksimal akseptabel utnyttelsesgrad i forhold til aktuell, største utnyttelsesgrad (faktor lik $U_{max_akseptabel}/U_{max_aktuell}$) kan antall tog beregnes ved grensen for akseptabel kapasitetsutnyttelse.

Det resulterende antall tog omregnes til ekvivalent kapasitet for terminalen (Kapasitet = $2 \cdot 240 \cdot \text{Antall togpar per døgn} \cdot \text{Antall TEU per tog}$).

Samtidig må resulterende antall tog kontrolleres med forutsatt antall tog (som var grunnlaget for døgnfordelingen).

Etter at kapasiteten er beregnet kan denne omregnes til antall togpar per døgn ved å skalere antall togpar i forutsetningen for det aktuelle året. Hvis antall tog som beregnes i iterasjonen ut fra beregnet kapasitet er *høyere* enn forutsatt indikerer det at det er kapasitet til flere tog og antall tog kan da økes. Siden det er fast antall i rush må økningen komme i periodene utenom rush. Med nytt togantall beregnes døgnfordeling på nytt og ny utnyttelsesgrad og togantall beregnes. Dette skjer inntil forutsatt og beregnet antall tog er det samme.

Hvis antall tog som beregnes er *lavere* enn forutsatt må antall tog reduseres tog. Siden det er sum av belastning over tid som er dimensjonerende er det ikke mulig på forhånd å si entydig på forhånd om det er tog i rush eller tog utenom rush som er dimensjonerende (tog utenfor rush kan påvirke aktiviteter i rushperiode og motsatt). Det må derfor ideelt sett foretas en utprøving av hvilke og hvor mange tog som skal fjernes for å komme ned på akseptabel utnyttelse.

For hver endring i antall tog må det beregnes ny, tilhørende døgnfordeling som benyttes i beregning av grense for antall tog.

Med en fast *prosentvis fordeling* vil kapasitet derimot enkelt kunne beregnes ut fra en skalering.

Forutsetningen om *fast antall tog i rush* medfører iterasjoner og kompliserer derfor framgangsmåten for å identifisere kapasiteten.

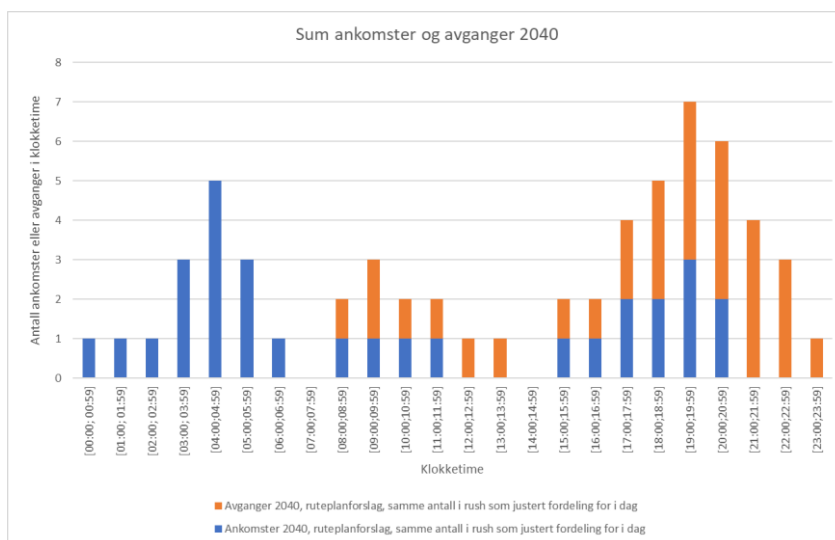
En slik iterasjon er tidskrevende og det er ikke entydig hvilke tog som skal fjernes eller legges til. Som en forenkling i denne analysen er det derfor benyttet en *skalering* av forutsatt togantall og volum. Hvis f.eks. utnyttelsesgrad beregnes til 82 % ved 800 000 TEU/år blir resulterende kapasitet ved utnyttelsesgrense på 75 % da lik $(800\ 000\ \text{TEU/år} / 82\ \%) \cdot 75\% = 731\ 707\ \text{TEU/år}$.

4.4.4 Døgnfordeling 2040 og 2060

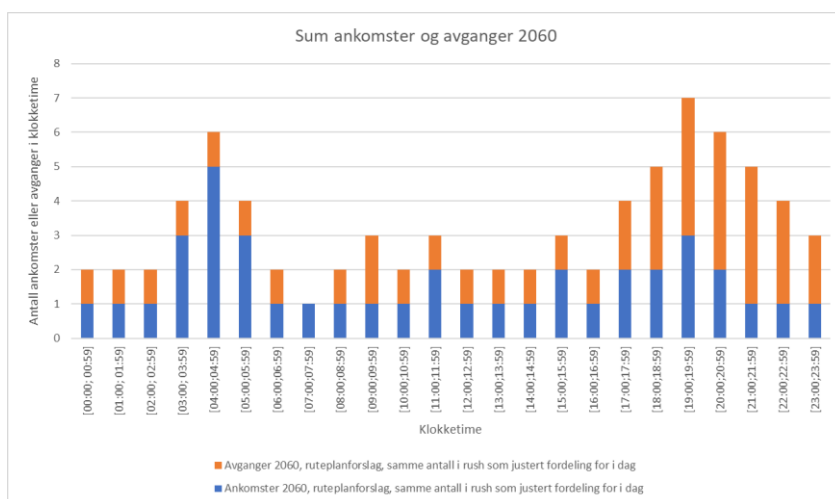
Den definerte utjevningen omtalt i avsnitt 4.4.1 er benyttet for å finne døgnfordeling i 2040 og 2060.

Det er tatt utgangspunkt i døgnfordelingen i dagens situasjon (med 29 togpar/dag) og lagt til ekstra tog i 2040 (til 30 togpar/dag) og lagt til ytterligere tog i 2060 (til 39 togpar/dag).

Figur 7 og Figur 8 viser døgnfordelingen per år (med heltallsverdier per klokke) for ankomster hhv. avganger.



Figur 7. Døgnfordeling i 2040 med 30 togpar/dag.



Figur 8. Døgnfordeling i 2060 med 39 togpar/dag.

Det er denne døgnfordelingen som er grunnlaget for beregning antall vognstammer på terminalen og for antall spor.

4.4.5 Operasjonalisering av døgnfordeling

I beregning av sporantall og belegg i sporforbindelser tas det utgangspunkt i døgnfordelingen, men denne er i tillegg *operasjonalisert* med en tenkt ruteplan for ankomster og avganger. Ankomster, avganger, skiftebevegelser til og fra lastespor og skift av vogner med feil og av vognlastvogner er relatert til denne ruteplanen ut fra når ankomst og avgang skjer.

Ankomst og avganger ut fra forutsatt døgnfordeling for 2040 og 2060 er da operasjonalisert med en rutetabell som er vist i Figur 9. Dette er en av mange muligheter for operasjonalisering men denne er benyttet for å få et mer detaljert bilde av hvordan belegget er i sporforbindelser.

Det er denne ruteplanen som er grunnlaget for beregning av bevegelser på terminalen og for belegg i sporforbindelser. Samtidig kan det tenkes andre konkrete ruteplaner men med samme (forutsatte) døgnfordeling og beregning av belegg over 2 timer vil andre ruteplaner ikke medføre vesentlige endringer for belegg i sporforbindelser.

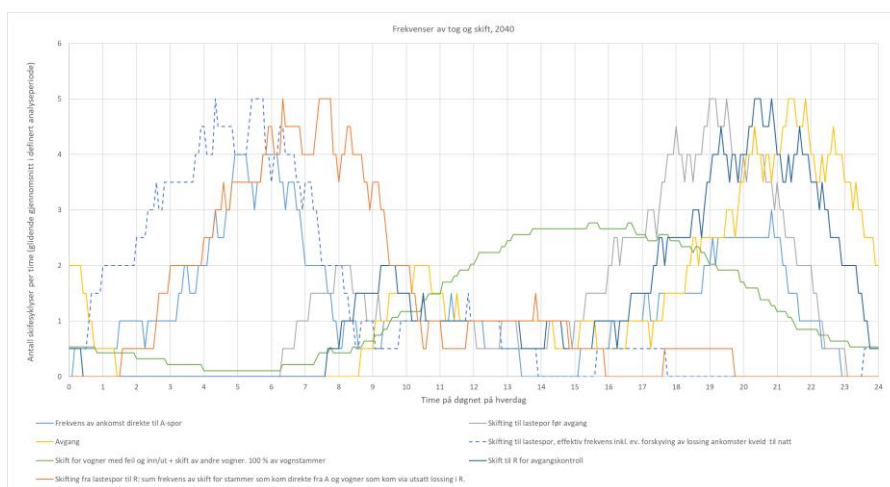
Ruteplanforslag 2040					
Klokkeslett	Ankomst nr.	Avg. Nr.	Klokkeslett	Ankomst nr.	Avg. Nr.
00.10.00	1		17.05.00	22	
01.30.00	2		17.20.00		30
02.20.00	3		17.30.00	23	
03.15.00	4		17.40.00		1
03.25.00	5		18.10.00	24	
03.50.00	6		18.20.00		2
04.10.00	7		18.30.00		3
04.20.00	8		18.45.00		4
04.40.00	9		18.50.00	25	
04.50.00	10		19.05.00	26	
04.55.00	11		19.15.00	27	
05.35.00	12		19.25.00		5
05.45.00	13		19.30.00		6
05.55.00	14		19.35.00	28	
06.30.00	15		19.50.00		7
08.10.00	16		19.55.00		8
08.40.00		21	20.05.00		9
09.05.00		22	20.15.00	29	
09.20.00	17		20.20.00		10
09.30.00		23	20.40.00		11
10.15.00	18		20.50.00	30	
10.15.00		24	20.55.00		12
11.20.00	19		21.10.00		13
11.30.00		25	21.20.00		14
12.20.00		26	21.30.00		15
13.35.00		27	21.50.00		16
15.10.00	20		22.20.00		17
15.10.00		28	22.30.00		18
16.05.00	21		22.40.00		19
16.35.00		29	23.20.00		20

Figur 9. Operasjonalisering med ruteplan av døgnfordeling 2040.

Ruteplanforslag 2060								
Klokkeslett	Ankomst nr.	Avg. Nr.	Klokkeslett	Ankomst nr.	Avg. Nr.	Klokkeslett	Ankomst nr.	Avg. Nr.
00.10.00	1		09.20.00	17		18.50.00	25	
00.20.00		31	09.30.00		23	19.05.00	26	
01.30.00	2		10.15.00	18		19.15.00	27	
02.45.00		32	10.15.00		24	19.25.00		5
02.20.00	3		11.20.00	19		19.30.00		6
02.30.00		33	11.30.00		25	19.35.00	28	
03.15.00	4		11.40.00	32		19.50.00		7
03.20.00		34	12.10.00	33		19.55.00		8
03.25.00	5		12.20.00		26	20.05.00		9
03.50.00	6		13.35.00		27	20.15.00	29	
04.10.00	7		13.50.00	34		20.20.00		10
04.20.00	8		14.25.00	35		20.40.00		11
04.35.00		35	14.45.00		38	20.50.00	30	
04.40.00	9		15.10.00	20		20.55.00		12
04.50.00	10		15.10.00		28	21.10.00		13
04.55.00	11		15.35.00	36		21.20.00		14
05.10.00		36	16.05.00	21		21.30.00		15
05.35.00	12		16.35.00		29	21.35.00	37	
05.45.00	13		17.05.00	22		21.50.00		16
05.55.00	14		17.20.00		30	22.10.00	38	
06.10.00		37	17.30.00	23		22.20.00		17
06.30.00	15		17.40.00		1	22.30.00		18
07.15.00	31		18.10.00	24		22.40.00		19
08.10.00	16		18.20.00		2	23.05.00		39
08.40.00		21	18.30.00		3	23.20.00		20
09.05.00		22	18.45.00		4	23.30.00	39	

Figur 10. Operasjonalisering med ruteplan av døgndistribusjon 2060.

Ut fra den definerte ruteplanen beregnes det da frekvenser for ulike typer aktivitet på terminalen. Dette er vist for 2040 i Figur 11. Det er her antatt at ankomster skiftes til lastespor for lossing etter at kveldsavgang er overstått. Se avsnitt 4.5 og avsnitt 4.24. Frekvensene i Figur 11 ganges med relevante andeler av trafikk og behov for ulike operasjoner samt tidsbruk for å finne belegg.



Figur 11. Frekvenser over døgnet av aktiviteter på terminalen, generert ut fra døgndistribusjon.

4.5 Prosess på terminalen

Proessen for tog ved ankomst til avgang er forutsatt å være:

- Ankomst
- Frakopling av strekningslok
- Strekningslok til parkering
- Ankomstkontroll
- Skiftelok fra R-spor og til bakende av vognstamme
- Skifting av vognstammer til lastespor
- Splitting av lange tog
- Skiftelok til R-spor
- Skift til lastespor
- Skiftelok retur til R-spor
- Lossing
- Skiftelok fra R-spor til lastespor
- Skifting av vognstamme til R-spor
- Parkering i R-spor/øvrige skifting
 - Skifting av vogner med feil
 - Skifting ut av vognlastvogner og andre vogner og skifting inn av nye ditto
 - (Evt. skifting til spor fort graving av snø)
- Skiftelok til vognstamme
- Skifting av vognstamme til lastespor før lasting
- Skiftelok til R-spor
- Lasting
- Skiftelok til lastespor
- Skifting av vognstamme til R-spor
- Skjøting av lange tog
- Skiftelok av, uttrekk og inn i nytt R-spor
- Skifting til avgangsspor
- Avgangskontroll
- Avgang fra avgangsspor

Det er regnet med at skift skjer på denne måten:

- Ankomst: ved ankomst tidspunkt
- skift til lastespor etter ankomst og før lossing: 0,5 timer etter ankomst
- skift fra lastespor til hensetting etter lossing: 2 timer etter skift til lastespor
- skift av vogner vognlastvogner: mellom lossing og lasting. Frekvens glattet ut relativt til andel tid som er tilgjengelig
- skift av vogner med feil: mellom lossing og lasting. Frekvens glattet ut relativt til andel tid som er tilgjengelig
- skift av vognstammer ved snøgraving: mellom lossing og lasting. Frekvens glattet ut relativt til andel tid som er tilgjengelig. Er ikke benyttet
- skift av vogner til lastespor før lossing: 2 timer før skift til avgangsspor
- skift av vognstammer til A-spor etter lasting: 1 time før avgang:
- avgang: til avgangstidspunktet

Belegg av ankomstsporet er forutsatt å ta 0,5 timer som dimensjonerende belegg fra belegg fra forsignal til innkjøringsignal og til vognstamme skiftes til lastespor og inkludert margin.

Belegg av avgangsspor er forutsatt å ta 1 time som dimensjonerende belegg fra vognstamme skiftes inn i sporet, det er foretatt avgangskontroll, bremseprøve og toget har kjørt ut av sporet, inkludert margin.

Verdiene er usikre og avhenger av hva som er situasjonen mht. ressurser som kan utføre oppgaver og mulig ny teknologi som kan overta manuelle kontrolloppgaver. Som beregningsgrunnlag er verdiene over imidlertid lagt til grunn.

4.6 Øvrig trafikk (vognlastvogner)

Vognlast eller øvrige vogner som skiftes inn antas å utgjøre 5 % av vognstammemeter av kombivognstammer jf. forutsetninger (avsnitt 4.1).

For 2016 er det rundt 30 togpar per dag à ca. 400 m vognlengde. Det er da ca. totalt $30 \cdot 400 = 12\,000$ vognmeter per dag. Herav er det da 5 %, dvs. 600 m vognlastvogner eller ca. 38 vogner à 16 m. Dette svarer til ca. 1,5 fullengde kombitog (togpar) med dagens lengder.

Dette svarer til $600 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ tonn/m} \cdot 240 \text{ dager/år} = 216\,000$ tonn per dimensjonerende retning per år. Med 60 % retningsbalanse er det $216\,000 / 60\% = 360\,000$ tonn per år. (Med to-akslet vognlastvogn på 16 m, egenvekt på 16 tonn, 85 % utnyttelse og 22,5 tonn aksellast fås 1,59 tonn/m. Verdiene varierer med vogntype og utnyttelse. Tall fra SITMA oktober 2017 viser at det er regnet med 40 tonn per 27 m vogn, tilsvarende 1,48 tonn/m. Det regnes her med 1,5 tonn/m.)

De 30 kombitogene har 30 skiftesykluser. Siden vognlast er forutsatt¹ å ha 40 % av volum er det $40\% \cdot (30/60\%) = 20$ skiftesykluser for vognlast.

Det betyr at det er $38 \text{ vogner} / 20 \text{ skiftesykluser} = 1,9$ vognlastvogner (à 16 m) per skiftesyklus, $600 \text{ m} / 20 \text{ skiftesykluser} = 30 \text{ m}$ vognlastvogn per skiftesyklus (modul som skiftes sammenhengende).

Skift av øvrige vogner (vognlastvogner) inn i kombistammer til fleksistammer: 5 % av kombivolum.

Det innebærer at kombi i gjennomsnitt utgjør $100\% / (100\% + 5\%) = 95,2\%$ av samlet volum målt som vognstammelengde (uten lok).

Vognlastvogner utgjør tilsvarende 4,8 % av samlet vognstammelengde.

¹ I epost av 16.11.2016 fra Vidar Flydal, JBV Marked, Terminaler, sies det at «[...] disse 5% vognlastvogner [...] antall skiftebevegelser av vognlastvogner representerer ca 40% av alle skiftebevegelser. [...] dersom vi skal få mere pålitelige tall må det foretas tellinger.»

4.7 Trafikk per retning

I beregningen er det benyttet følgende fordeling som vist i Tabell 5 av trafikk per retning jf. forutsetninger i prosjektet.

Tabell 5. Andel trafikk i per retning.

Destinasjon	Andel av trafikk 2040	Andel av trafikk 2060
Bryn	4 %	4 %
Loenga	30 %	31 %
Grefsen	19 %	20 %
Grorud	47 %	45 %
Sum	100 %	100 %

Andel trafikk til og fra Bryn er veldig lav sammenlignet med dagens andel, men dette skyldes forutsetninger i nasjonal godsmodell (NGM) om konkurranseforholdet mellom bil og tog på Sørlandet.

4.8 Toglengdefordeling

Andel tog med gitt lengde er vist i Tabell 6. Denne fordelingen er benyttet hele døgnet og for alle destinasjoner.

Tabell 6. Fordeling av toglengder i 2040 og 2060.

Toglengde	2040	2060
460 m	30 %	0 %
600 m	40 %	70 %
740 m	30 %	30 %
Gjennomsnittlig toglengde	600 m	642 m
Gjennomsnittlig vognstammelengde	580 m	622 m

Det er i prosjektet ikke tatt stilling til konkret trekraftteknologi men benyttet en generell forutsetning om toglengder. I godsstrategi fra 2016 «Godsstrategi for jernbanen 2016-2019» fra okt. 2016 nevner lengder men ikke detaljert lengde per bane. Det heter her på side 32 at «Det er klart at oppnåelse av en operativ toglengde på 740 m på alle hovedrelasjonene vil kreve en meget stor investering i lange kryssingsspor. Det er ikke realistisk å oppnå dette fullt ut for alle ruteleier i løpet av NTPperioden. For å sikre nødvendig kapasitet og effektivitet gjennom lange tog må man derfor på mellom- og lang sikt se på en miks av tiltak.» På side 33 står det «Frem til 2015 var den dimensjonerende toglengden satt til 600 m. Som er ledd i den nye godsstrategien ble det i februar 2016 vedtatt å øke den dimensjonerende toglengden til 740 m og videre på side 42 står det at «Jernbaneverket har vedtatt en ny standard for toglengder på 740 m. Frem mot 2029 vil man systematisk forlenge kryssingsspor for å gradvis øke de operative toglengdene på de ulike relasjonene opp mot 740 m.».

Godsstrategien er da ikke konkret med andel lange tog på 740 m, eller øvrig fordeling av tog lengder, men det sies samtidig at det er et mål å kunne framføre 740 m lange tog på alle hovedrelasjoner. Dette svarer til kravet i TEN-T for 2050 der hele nettet skal kunne håndtere denne tog lengden.

4.9 Vedlikehold på terminal

Vedlikehold kan gjøres i helger eller helligdager (slik er opplegget nå) - eller så lenge det er peak i driftsdøgnet, kan visse spor også vedlikeholdes i lavtrafikk-timer (og så rullere vedlikeholdet mellom spor).

Hadde det vært jevn produksjon hele døgnet måtte det gjøres vedlikehold i helger eller det må dimensjoneres med en viss overkapasitet for å ta vedlikehold i løpet av uken. Alternativt må det gjøres vedlikehold på visse timer der det da ikke kan gå tog.

4.10 Forutsetninger for materiellomløp

4.10.1 Oppholdstid og omløpstid

Omløpstid er basert kjøretid på strekningene og oppholdstid på terminalen. Oppholdstid på terminalen er basert på døgnfordelingene i 2040 og 2060 som vist i Figur 7 og Figur 8.

4.10.1.1 Prinsipp eksempel for oppholdstid, omløpstid og materiell i omløp

Det er regnet med at oppholdstid er lik på både Alnabru og endeterminal. Dette trenger ikke å være tilfellet men som et gjennomsnitt vil antakelsen være rimelig.

Et eksempel kan illustrere situasjonen. Det tenkes 10 togpar per dag etter døgnfordelingen i Figur 12. Der er det vist hvilke avganger som er koplet med hvilke ankomster.

På terminal		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Ank.		1	2	3	4	5	6	7										8	9	10					
Avg.		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
					8						9	10	1						2	3	4	5	6	7	
På endeterminal																									
Ank. (avg. på terminal blir ank.				1	2	3	4	5	6				7						8	9	10				
Endeterminal 8t senere)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Avg. (ank. på endeterminal blir avg. På endeterminal 8 timer før)			7								8	9	10					1	2	3	4		5	6	

Figur 12. Eksempel med ankomster og avganger på terminal og endeterminal. Minst 8 times opphold.

Ankomster er i Figur 12 nummerert fra 1 til 10 på terminalen og nummeret for avganger viser hvilket ankomstnummer den avgående vognstammen hadde.

F.eks. har ankomst nr. 1 (f.eks. mandag) på terminalen ankomst på terminalen i time 0 og avgang fra terminalen kl. 12 (mandag). Det er da ankomst på endeterminalen kl. 20 (mandag). Denne ankomsten (nr. 10) har siden avgang fra endeterminalen kl. 11 (dagen etter, da tirsdag). Når denne vognstammen senere ankommer terminalen igjen etter en full rundtur har den ankomst kl. 19 (tirsdag) men er da ankomst nr. 10 (ikke 1 som første gang døgnet før). Slik forskyver bruken av materiellet seg over uken og samme vognstamme har ikke samme ankomstnummer hver dag.

Det sees i eksemplet fra Figur 13 at oppholdstiden er litt forskjellig på terminalen og endeterminalen, men ikke radikalt forskjellig.

På terminal										
Ankomstnr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ank.time	0	1	2	3	5	6	9	17	18	19
Avg.time	12	18	19	20	21	22	23	28	34	35
Oppholdstid	12	17	17	17	16	16	14	11	16	16
Gjennomsnitt	15,2									
På endeterminal										
Ankomstnr.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1
Ank.time	2	3	4	5	6	7	12	18	19	20
Avg.time	16	17	18	19	21	22	25	33	34	35
Oppholdstid	14	14	14	14	15	15	13	15	15	15
Gjennomsnitt	14,4									

Figur 13. Oppholdstider på terminal og endeterminal.

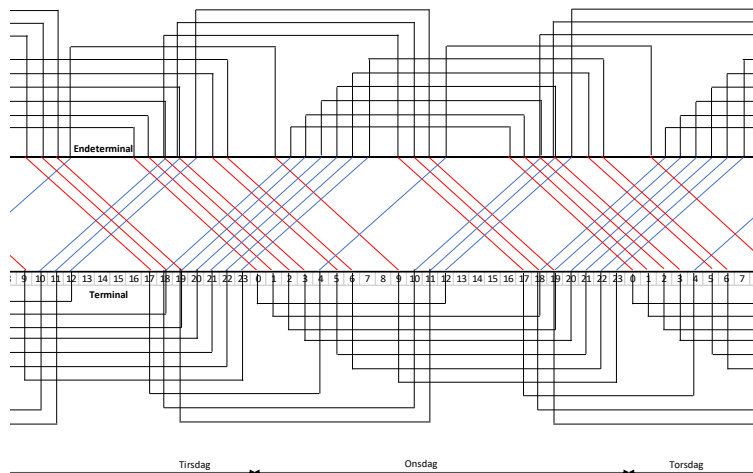
Omløpstid basert på oppholdstid på terminalen er $2 \cdot (15,2 + 8) = 46,4$ timer. Materiellbehov er da $46,4 \text{ timer} / 24 \text{ timer/døgn} \cdot 10 \text{ togpar/døgn} = 19,3$ togsett.

Omløpstid basert på oppholdstid på endeterminalen er $2 \cdot (14,4 + 8) = 44,8$ timer. Materiellbehov er da $44,8 \text{ timer} / 24 \text{ timer/døgn} \cdot 10 \text{ togpar/døgn} = 18,9$ togsett.

Faktisk antall sett i eksemplet er $(15,2 + 8 + 14,4 + 8) \text{ timer} / 24 \text{ timer/døgn} \cdot 10 \text{ togpar/døgn} = 19,0$ togsett.

I alle tre tilfeller medfører forutsetning om halvparten på terminalen i helg at det er 10 vognstammer i helgen. Forskjellen er da liten i praksis.

En konkret omløpsplan for eksemplet kan settes opp for å vise antall vognstammer som er på terminalene på ethvert tidspunkt. Dette er vist i Figur 14.



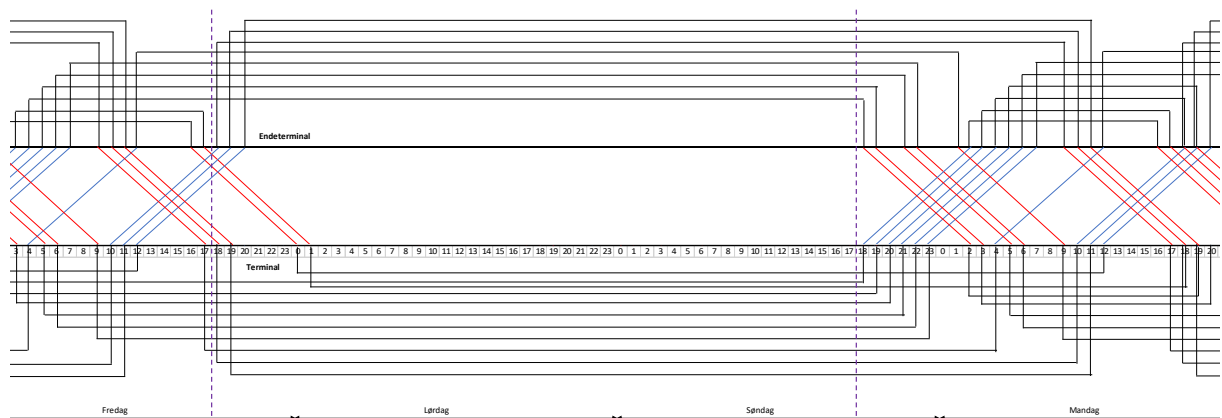
Figur 14. Eksempel på omløp med 10 togpar. 19 vognstammer i omløp.

Det framgår at det i alt er 19 togsett i omløp som beregnet (summering i Figur 14 f.eks. kl. 15 gir at det er 7 sett på endeterminalen, 3 sett på vei til endeterminalen, 3 sett på vei fra endeterminalen og 6 sett på terminalen, i alt 19 sett).

I helgen antas det som forenkling at trafikken står stille. Det er regnet med at siste avgang fra terminalen er sent fredag ettermiddag for ankomst og distribusjon lørdag morgen på endeterminalen. Tilsvarende er det regnet med at første avgang er søndag kveld for ankomst og distribusjon mandag morgen på endeterminalen.

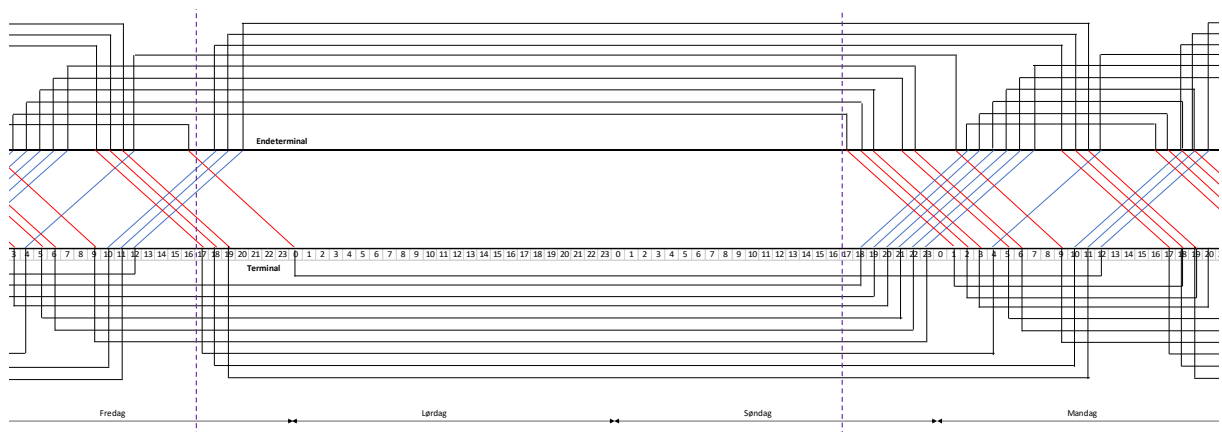
I praksis er det (empirisk) en del lavere trafikk søndag enn mandag kveld siden samlastene leverer mest til terminalene på hverdager, men for beregning av antall vognstammer i omløp og antall vognstammer på terminalen i helgen spiller det ikke noen rolle.

Antall vognstammer i helg på hver terminal kan variere med tiden for siste avgang før helg. Hvis siste avgang før helgen er fredag kl. 17 og første avgang etter helgen er søndag kl. 18 blir det i helgen 11 sett på terminalen og 8 sett på endeterminalen (fordeling med 58 % / 42 %). Dette er vist i Figur 15.



Figur 15. Eksempel på omløp med 10 togpar, ikke trafikk i helg. Fordeling med 11 hhv. 8 vognstammer i helg.

Hvis siste avgang før helgen er fredag kl. 16 og første avgang etter helgen er søndag kl. 17 (i stedet for kl. 18 som i Figur 15) blir det i helgen 10 sett på terminalen og 9 sett på endeterminalen (fordeling med 53 % / 47 %). Dette er vist i Figur 16.



Figur 16. Eksempel på omløp med 10 togpar, ikke trafikk i helg. Fordeling med 10 hhv. 9 vognstammer i helg.

For linjer med lang omløpstid vil det være sett i omløp også i helgen slik at det kan være mindre enn 50 % på terminalen. I tillegg er det også noe trafikk i helg som medfører at noen vognstammer er i omløp og færre er på terminalen. Siden andel kan variere med tider for nedtrapping før helg og oppstart etter helg og kan være noe med enn 50 % vil dimensjonerende andel på 50 % allikevel virke som en rimelig forutsetning.

Minste oppholdstid (t)	Døgnfordeling			
	R17 uglattet	R17 glattet	2040	2060
6	15,0	14,4	14,1	10,6
8	16,6	16,1	15,7	11,9
7	15,8	15,2	14,9	11,3
	Kjøretid (t)	Kjøretid (t)	Kjøretid (t)	Kjøretid (t)
	9	9	9	9
Minste oppholdstid (t)	Omløpstid (døgn)	Omløpstid (døgn)	Omløpstid (døgn)	Omløpstid (døgn)
6	2,00	1,95	1,93	1,64
8	2,14	2,09	2,06	1,74
7	2,07	2,02	1,99	1,69

Figur 24. Resulterende oppholdstider ved ulike døgnfordelinger samt resulterende omløpstid.

Maksimal dimensjonerende tid generelt for lasting eller lossing kan da finnes som total oppholdstid i terminal minus tid til andre operasjoner (jf. Figur 23) blir da i 2040 lik $\frac{1}{2} * (14,9 - (0,5+0,5+0,5+1+1)) = 5,7$ timer. I tillegg kommer da krav til frekvens i lastespor for å oppnå ønsket frekvens av vognstammer for lasting eller lossing. Se også avsnitt 4.15.

4.10.1.3 Omløpstid for alle linjer under ett

Når kjøretid varierer med destinasjon kan omløpstid beregnes per destinasjon og vektet med andel trafikk. Derved kan samlet gjennomsnittlig omløpstid finnes. Beregning er vist i Figur 25.

Bane	Andel av trafikk 2017	Andel av trafikk 2040	Andel av trafikk 2060	Kjøretid per bane (timer)	Vektet andel av omløpstid 2017 (døgn)	Vektet andel av omløpstid 2040 (døgn)	Vektet andel av omløpstid 2060 (døgn)
Østfoldbanen	15,1 %	15 %	18 %	9	0,31	0,30	0,30
Ganddal	17,5 %	10 %	10 %	9	0,35	0,20	0,17
Bergen	23,7 %	20 %	22 %	9	0,48	0,40	0,37
Trondheim	13,2 %	17 %	15 %	9	0,27	0,33	0,26
Bodø	9,7 %	12 %	11 %	19	0,28	0,35	0,28
Narvik	18,5 %	23 %	21 %	27	0,65	0,81	0,68
Sverige KVB	2,1 %	3 %	2 %	5	0,04	0,04	0,03
Sum	100,0 %	100,0 %	100,0 %	Sum, omløpstid (døgn)	2,37	2,43	2,09

Figur 25. Beregning av omløpstid.

4.10.2 Materiellbehov

Materiellbehov finnes generelt som: Antall vognstammer i omløp = Omløpstid per tog*Frekvens av tog.

Sporbehov på Alnabru i helg settes til 50 % av materiell i omløp for den aktuelle ruteplanen i gitt år.

Med f.eks. 30,3 togpar/dag i 2040 (døgnfordeling i Figur 7) er vist med avrundet verdi 30 togpar/døgn) er det $30,3 \text{ togpar/døgn} * 2,43 \text{ døgn} = 72,9 \text{ togpar}$ i omløp. Antall vognstammer på Alnabru i helg er da $50\% * 72,9 = 36,5 \approx 37$.

Hvis vognstammer er for lange i forhold til sporlengde må vognstammer deles og dette øker sporbehovet. Denne effekten er *ikke* inkludert i beregning av det konseptuavhengige sporbehovet men må vurderes i tillegg for hvert konsept.

4.10.3 Antall vognstammer på terminalen over tid

Antall vognstammer på terminalen finnes ut fra antall vognstammer som er på terminalen i helgen når trafikken står i ro (antakelse og forenkling for beregningsformål) og etterfølgende trafikk ut og inn på terminalen. Per klokke time økes antall vognstammer på terminalen med det antall ankomster som er i klokke time og reduseres med det antall avganger som er i klokke tiden.

Ankomster kan forekomme før avganger slik at det i løpet av den aktuelle klokke tiden kan være en periode der antall vognstammer er høyere enn nettoantallet av antallet fra timen før pluss nettoøkningen. For eksempel kan det være 3 ankomster og 3 avganger i samme time slik at nettoendringen ved slutten av time er null, men det kan forekomme at de 2 første ankomstene er før første avgang. Hvis rekkefølgen på ankomster - indikert med bruttoendring +1 - og avganger - indikert med bruttoendring -1 - er +1, +1, -1, +1, -1, -1 er nettoendringen lik +1, +2, +1, +2, +1, 0. Dvs. at det i to perioder er en nettoøkning på 2 vognstammer selv om det til slutt er nettoøkning på 0 sammenlignet med timen før.

For å ta høyde for denne ujevne fordelingen av ankomster og avganger legges det til 2 ekstra vognstammer til det dimensjonerende antallet fra time til time, i perioden fra første ankomst i begynnelsen av uken og til siste avgang i slutten av uken (før og etter disse tidspunktene er det bare avganger eller ankomster og da er nettoresultatet også dimensjonerende i den aktuelle timen).

4.11 Reservemateriell og vogner med feil

Ut fra feilstatistikk fra CargoNet er det estimert at det er feil på 3 % av alle vogner ved ankomst. Basert på dette og frekvens av tog og vogner per dag er det i kombinasjon med antatt mottakskapasitet på verksteder beregnet antall skift til verksted per dag og antall spor til oppsamling av vogner.

Det er forutsatt at det skiftes en stamme med vogner med feil til verksted minst en gang om dagen og at det skiftes til verksted når det er tømt hhv. fullt i spor til og fra verksted. Tilsvarende forutsettes det at det skiftes reparerte vogner fra verksted minst en gang om dagen.

Det er også forutsatt at det er to verksteder som krever hver sin håndtering og sett med spor, slik at vogner fra det ene verkstedet ikke blokkerer for vogner til det andre verkstedet.

Med en binomisk fordeling (feil på x vogner når sannsynligheten for feil å en vogn=0,03 og 21 vogner totalt; $b(x; 21, 0,03)$) finnes det at forventningsverdien er 0,63 vogn med feil per stamme.

Det svarer til å forutsette at 63 % av alle vognstammer har utskifting av 1 vogn med feil (og innskifting av tilsvarende ny vogn).

Beregningen er vist i Figur 26.

2040		Lengde [m]
580 m vognstamme	8 vogner à 17 m	136
	13 vogner à 34 m	442
	Sum	578
Sannsynlighet for feil per vogn	3 %	
Antall vogner	21	
N=antall skift av vogner		
X = Antall vogner med feil		
x	P(X=x)	E(N)=P(X=x)*x
0	52,7481 %	0,00E+00
1	34,2590 %	3,43E-01
2	10,5956 %	2,12E-01
3	2,0754 %	6,23E-02
4	0,2888 %	1,16E-02
5	0,0304 %	1,52E-03
6	0,0025 %	1,50E-04
7	0,0002 %	1,16E-05
8	0,0000 %	7,19E-07
9	0,0000 %	3,61E-08
10	0,0000 %	1,49E-09
11	0,0000 %	5,07E-11
12	0,0000 %	1,43E-12
13	0,0000 %	3,31E-14
14	0,0000 %	6,29E-16
15	0,0000 %	9,73E-18
16	0,0000 %	1,20E-19
17	0,0000 %	1,16E-21
18	0,0000 %	8,46E-24
19	0,0000 %	4,36E-26
20	0,0000 %	1,42E-28
21	0,0000 %	2,20E-31
Sum	100,0%	0,63

Figur 26. Beregning av andel vogner med feil.

Det mest sannsynlige er at det er 0 feil (ca, 53 %) og sammen med feil på 1 eller 2 vogner er dekker dette ca. 98 % av tilfellene.

Verdene vil variere med forutsetninger om antall vogner og feil per vogn.

Med lengre tog og flere vogner i 2060 vil sannsynligheten for feil øke og dermed også forventet antall skift, men det kan også tenkes at det er en større andel lange vogner. Det er for enkelhets skyld benyttet samme verdi i 2060 som for 2040.

Ved ut- og innskifting av vogner med feil er det regnet som om det skiftes en vogn av gangen. Hvis det tas ut 1, 2 eller 3 vogner og disse samles opp i R-sporgruppen kan det være færre skiftebevegelser mellom hensettingsspor og spor for oppsamling av vogner. Til gjengjeld kreves det ekstra spor for å samle opp vogner to steder.

Det er gjort en beregning av behov for antall spor til oppsamling av vogner til og fra verksted slik at beregningen avhenger av omsatt volum på terminalen. Oppsummerende kan det sies at det per verksted blir behov for 3 spor: 1 spor til oppsamling av vogner med feil, 1 spor der det hentes friske vogner til innskifting i vognstamme (det bør være ett spor med friske vogner med en buffer slik at det ikke blir tomt hvis det blir forsinkelser på verksted) eller samt 1 spor til mottak av vognstamme med reparerte vogner fra verksted (reparerte vogner kan ankomme før skadde vogner kjøres bort).

Det er forutsatt at oppsamlingsspor er inne på selve terminalområdet og ikke på verkstedsområdet.

I 4.8.3 er det mulig å bygge spor på Nyland verksted slik at de kan benyttes som parkeringsspor for skadde og reparerte vogner. Disse sporene er holdt utenfor analysen og det er forutsatt at vogner som tas ut og inn i vognstammer må håndteres så tett på R-spor som mulig for å få minst skifting og kortest kjørevei. Etter at spor på terminalen er fylt opp skiftes vognstamme med vogner til verksted. Motsatt skiftes det «friske» vogner fra verksted til R-spor når verkstedsspor er fylt opp. Se også avsnitt 7.3.12.

4.12 Spor til vognlasttog

Det regnes med at det er inntil 2 rene vognlasttog per døgn. Det forutsettes at disse trenger inntil 2 spor for å kunne stoppe på Alnabru for å kople av vogner. Selv om det er mer enn 2 vognlasttog per døgn er frekvensen antakelig så lav at behovet for overlapp er lite og at 2 spor benyttes som forutsetning.

4.13 Bytte av bremseklosser

CargoNet bytter per 2017 ca. 40 000 bremseklosser per år = 20 000 hjul/år = 83 hjul/dimensjonerende dag. Dette er igjen lik 83 hjul per dag/22 togpar per dim. dag = 3,8 hjul per tog. Dvs. at det må regnes med at alle vognstammer skal ha skiftet bremseklosser. I tillegg er det snøgraving på om lag halvparten av alle vognstammer.

I praksis betyr det at tilnærmet alle vognstammer må få utført reparasjoner som krever at det er tilgang langs vognstamme fra nabospor, dvs. at arbeidet ikke kan skje i spor under kran. I kranmoduler må vognstammer da skiftes til R-spor.

4.14 Snøhåndtering på Alnabru

4.14.1 Behov for snøfjerning

Andel av tog som har behov for snøfjerning fra hjulbrønner mm. er typisk ca. 25 % i sesongen 2016/2017. (4-5 ankomster av 19 (togpar) for RailCombi.)

Vinteren 2016/2017 var mild mht. snø og i løpet av vinteren er det ellers nødvendig å rydde snø på flere tog når det er mer snø, i perioder tilnærmet alle tog som kommer over fjellet. Som dimensjonerende andel regnes det med at 50 % av alle tog trenger snøgraving.

Tidsbruk per i dag er inntil ca. 45 minutter for å grave snø. Med lengre tog regnes det med en rund verdi på 1 time i 2040 og 2060.

Det er alltid fjerning av snø og is etter lossing. Det er ikke noe problem å løsne lastbærere, men snø og is gjør det vanskelig å sette nye lastbærere på vognene, spesielt hvis det er semihenger på en semi-vogn der det har stått en container, eller en 40 fots container der det har stått en 20 fots container (andre festepunkter).

Per i dag skjer snøfjerning i lastesporene C42, C45, C31 eller C32 der det er lastegate ved siden av sporet. Snø fjernes med gravemaskin som kjører på gummihjul i lastegaten og legger snø i henger bak gravemaskinen.

For å få atkomst langs vognstammen må alle lastbærere fjernes i lastegaten før snøfjerning. Dessuten er det ikke mulig å losse fra en vognstamme hvis det jobbes med snøfjerning på vognstammen siden den kan bevege seg.

Det er mulig å laste og losse lastbærere over vognstammen mens det et annet sted fjernes snø og is.

En måte å beregne snøfjerningsbehov på er slik:

Tog fra Narvik, Bodø, Bergen og delvis Trondheim dominerer mht. snøproblematikk. Andelen av tog som kommer fra Bodø, Trondheim, Narvik eller Sverige er satt til 50 % av totaltrafikken.

Volum Trondheim = x

Volum Bodø = $\frac{1}{4} * \text{Volum Trondheim} = \frac{1}{4} x$

Volum Narvik = Volum Trondheim = x

Volum Sverige = Volum Trondheim = x

Dvs.:

$x + \frac{1}{4} * x + x + x = 50 \% \text{ av totalvolum} \Leftrightarrow 3,25 * x = 50 \% \Leftrightarrow x = 15,4 \% \text{ av totalvolum.}$

Hvis det er behov for snørydding på 100 % av tog fra Narvik og Bodø samt 50 % for tog fra Trondheim er det behov for snørydding på $= 100\% * x + 100\% * x + 50\% * x = 2,5x = 2,5 * 15,4 \% \approx 38 \%$ av alle tog ut fra den andelen av tog som kommer på Dovrebanen og Kongsvingerbanen. I tillegg er det behov for snørydding for tog på Bergensbanen med 20 % av volum og rundt 100 % av alle tog som skal ryddes for snø.

Samlet sett er det snørydding for $20 \% + 38 \% = \text{ca. } 58 \% \text{ av alle tog.}$

Graving av snø i vognstammer (hjulbrønner) må kunne gjøres i R-spor eller i lastespor med lastegate. I spor under kran antas det at det ikke er tillatt å jobbe mens det løftes over vognstammen.

Det forutsettes at ca. 50 % av alle vognstammer har vogner som må ha snøgraving.

Snø graves bare på virkedager og i helg er spor for snø ikke regnet med i behovet. Snøfjerning antas å kunne håndteres før det sporene blir fylt med vognstammer til hensetting (evt. må siste tog rutemessig komme fra en retning uten behov for snøgraving).

4.14.2 Kapasitets effekter av snøfjerning i vogner

Snøfjerning kan skje i lastespor eller i R-spor. I lastespor vil snøfjerning gi ekstra tidsbruk og redusere sporkapasitet. Hvis det er snøfjerning i R-spor må vognstammer skiftes dit og det er da belastning av sporforbindelser. I tillegg vil et antall R-spor være opptatt til kjøring av gravemaskiner.

Gjennom det å flytte snøfjerning til R-spor belastes lastespor mindre. Til gjengjeld belastes R-spor med snøfjerningen. Med snøfjerning i R-spor i stedet for lastespor vil kapasiteten i lastespor ikke reduseres men det kreves til gjengjeld flere R-spor for atkomst med toveismaskiner i R-området.

I analysen er det antatt det ikke er nødvendig med ekstra skifting fra lastespor til R-spor for snøgraving, men at det uansett skiftes til R-spor mellom lossing og lasting. I lastespor med lastegate er det atkomst for snøgraveutstyr og det er da ikke nødvendig å skifte til R-spor for å utføre operasjonen. I analysen er det benyttet en faktor på andel vognstammer som skiftes mellom lastespor og R-spor, avhengig av typen lastespor.

Det må forutsettes at det finnes maskiner som er låst med tanke på arbeidshøyde, slik at de ikke kommer i konflikt med kontaktledning i R-spor.

Det er (jf. Figur 44) beregnet at det er behov for 2 spor samtidig til atkomst for snøgraving. Med et ledig spor mellom to vognstammer kan det betjenes to vognstammer fra ett ekstra spor. Hvis vognstammer blir stående en stund i R-spor kan behovet i praksis være høyere på grunn av overlapp, evt. 3-4 spor. Samtidig er det i konseptene tegnet lokspor for parkering av lok og behovet for egne spor til skiftelok (se avsnitt 4.19) kan være lavere enn det som er beregnet uten loksporene. Det er derfor ikke gått nærmere inn på en mer detaljert beregning av behovet.

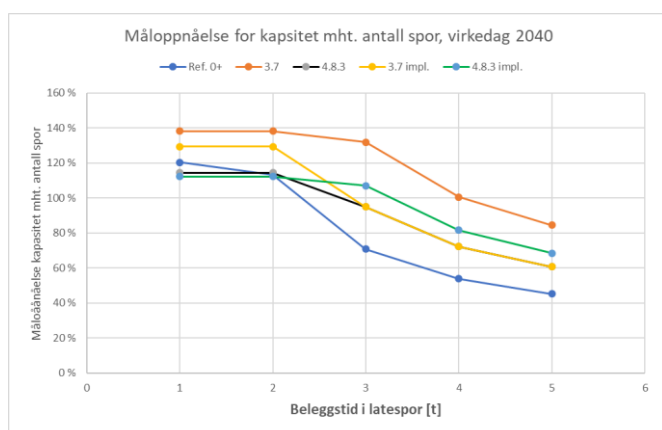
4.15 Beleggstid i lastespor

I dette avsnittet omtales det sammenhengen mellom belegg i lastespor (total tid som er belagt for opphold for lasting eller lossing, margin, tid til av- og påkobling av lok og inn- og utkjøring) og sporkapasitet samlet sett. Formålet er å vise bakgrunnen for valg av dimensjonerende beleggstid i lastespor.

4.15.1 Beleggstid i lastespor og måloppnåelse mht. antall spor

Dette avsnittet omhandler sammenhengen mellom beleggstid i lastespor og måloppnåelse mht. antall spor på virkedager (ikke helgehensetting men drift). Hensikten er å illustrere valg av dimensjonerende beleggstid i lastespor ved beregning av sporbehov. Selve sporbehovet er omtalt i kapittel 6 og måloppnåelsen mht. antall spor er omtalt i avsnitt 7.1.1.

Beleggstiden i lastespor og måloppnåelse er vist i Figur 27. Verdiene er funnet ut fra samlet antall spor og omdefinering av sporbruk fra L til R ved behov (mens det motsatte ikke er mulig siden det ikke er løfteutstyr i R-spor). I Figur 27 er verdiene funnet ved ulike beleggstider mens det i avsnitt 7.1.1 er benyttet 2 timer. De konkrete beregningene for Figur 27 er ikke gjennomgått her men følger samme prinsipp som i avsnitt 3.7.2 og avsnitt 3.7.3.



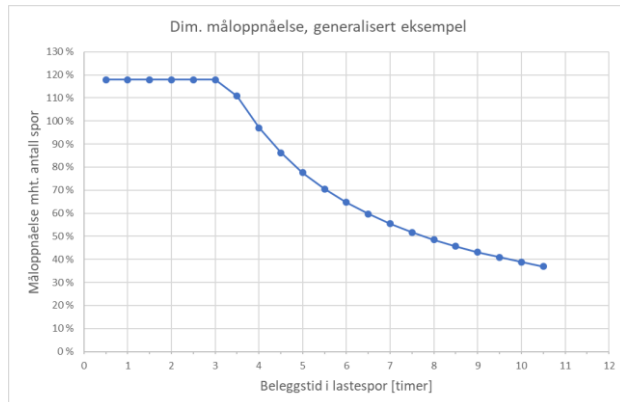
Figur 27. Beleggstid i lastespor og måloppnåelse for virkedag 2040.

Prinsippet bak formen i grafene i Figur 27 er illustrert med et eksempel i Tabell 7.

Tabell 7. Illustrasjon av dimensjonerende kapasitet etter beleggstid i lastespor.

Beleggstid	1 time	2 timer	3 timer	4 timer	5 timer
Totalt sporbehov	53/50=106 %	53/50=106 %	53/50=106 %	53/50=106 %	53/50=106 %
Lastespor	18/5=360 %	18/10=180 %	18/15 =120 %	18/20 = 90 %	18/25=72 %
Dim. måloppnåelse	106 %	106%	106 %	90 %	72 %

Generelt fås en sammenheng som vist i Figur 28 for et tenkt eksempel. Tallverdiene er basert på at det er et visst antall R-spor som er mer eller mindre konstant (spor til graving av snø, spor til vognlastvogner, spor til reserve, spor til skifting) og som varierer lite som funksjon av beleggstiden. I tillegg er det nødvendig med et antall lastespor som direkte proporsjonalt med beleggstiden samt et antall øvrige spor til parkering av vognstamme som ikke er i lastespor. Sporbruk er da omdefinert fra L til R når det er mulig, men ved lange beleggstider blir lastespor dimensjonerende og måloppnåelsen synker.



Figur 28. Generell sammenheng mellom beleggstid i lastespor og måloppnåelse.

Det sees at det generelle forløpet i Figur 28 stemmer med forløpet i Figur 27. I beregningen for Figur 28 er det regnet med 4 tog/time à 580 m, tilgjengelig 9 000 m lastespor og tilgjengelig 21 000 m R-spor.

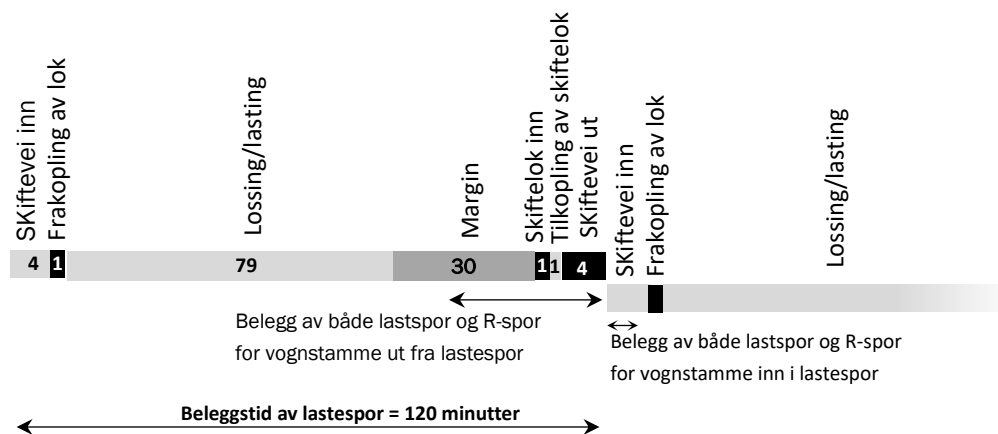
Verdiene er funnet ut fra maksimal utnyttelse av spor etter funksjon (og bruk av ledige lastespor til parkering, men ikke motsatt).

En økning i oppholdstid vil gi høyere løftekapasitet ut fra flere direkte løft samtidig men behovet for antall spor vil etter hvert begrense kapasiteten. Inntil sporantallet begynner å begrense kapasiteten vil økt oppholdstid i lastespor ikke i seg selv gi økt kapasitet: kranene kan da jobbe med flere spor samtidig, men krankapasiteten må da også fordeles på tilsvarende flere spor. Dette er omtalt i avsnitt 4.15.2. Lengre oppholdstid gir flere direkte løft til og fra vognstammer og dermed høyere

løftekapasitet. Løftekapasitet øker da noe med økt oppholdstid i lastespor men det er altså ikke fordi det benyttes flere lastespor i seg selv.

Det sees at det er maksimal måloppnåelse i Figur 27 med inntil 2-3 timers belegg i lastesporet (sum lasting eller lossing og margin samt inn- og utkjøring). Det er derfor lagt til grunn i analysen at det er 2 timers belegg i lastespor².

I Figur 29 er det vist hvordan belegget på 2 timer i lastespor er bygget opp.



Figur 29. Belegg i lastespor med ulike aktiviteter.

Belegg inn og ut antas å utgjøre (inntil) 4+4 minutter og frakopling av lok, tilkopling av lok og belegg av skiftelok inn antas å ta 1 minutt for hver aktivitet. I sum er dette da $30+4+4+1+1+1 = 41$ minutter. Effektiv tid til lasting eller lossing i ett spor er da $120-41 = 79$ minutter.

I beleggstiden forutsettes det at vognstammen planlagt står i lastespor slik at marginen er tilgjengelig i praksis. Hvis vognstammen er ferdiglosset eller ferdiglastet og det er ledige spor kan den i praksis flyttes, men må planlegges å være i lastespor i samlet tid for lasting/lossing og margin pluss tid for å kople lok.

Hvis det er helgehensetting som er dimensjonerende vil omfang av lastemoduler kunne reduseres mht. antall spor, slik at det er kan være færre spor per modul. Antall kraner må være det samme for å håndtere omlasting raskt nok (med mindre det er overskudd av løftekapasitet). Et argument for å ha flere lastespor allikevel er å kunne la vognstammer stå i lengre tid og derved gi mulighet til fleksible forhold for samlastere uten at det krever mer depotkapasitet (direkte levering og henting av gods til og fra vognstammer).

² I dag er det ifølge Thomas Kristensen i Bane NOR Godsterminaler ca. 80 % av alle tog på Alnabru som har avgang fra lastespor (det er i all hovedsak spor med lastegate slik at avgangskontroll kan utføres i lastesporet) og samtidig er det definert et maksimalt belegg i lastespor av Bane NOR på 2 timer og 30 minutter ved avgang jf. notat om termialkapsaitet i R18. RailCombi (samtaler med Ken Bang og Lars Delbekk) har definert nødvendig, dimensjonerende tid til avgangskontroll til 40 minutter men var i 2017 og tidligere 45 minutter. Resterende tid i lastespor til lasting og margin er da 1:45 timer, og dette er da faktisk kortere enn forutsetningen i denne analysen.

4.15.2 Løftekapasitet og valg av oppholdstid i lastespor

4.15.2.1 Tid for håndtering av løft på vognstamme

Det er i det følgende regnet forenklet med at det er ca. 1,1 TEU/løft. Verdien vil øke med økt tid til lasting og lossing (anslagsvis med 0,05 TEU/løft per time) og med type lastbærere, men hensikten med eksemplet er ikke å regne løftekapasitet i seg selv men å illustrere forutsatt beleggstid i forhold til variasjon i løftekapasitet.

Med 3 kraner per modul (gjelder 2 av 3 moduler i konsept 3.7) er det en løftekapasitet på ca. $3 \text{ kraner} \cdot (30 \text{ løft/time/kran} \cdot 75\%) \cdot 1,1 \text{ TEU/løft} = \text{ca. } 75 \text{ TEU/time}$ (avrundet opp). Med 600 m lange tog og 85 % utnyttelse av tog, ca. 95 % kombilast per tog og 95 % løft (85 % bil-tog og 10 % tog-tog) er det i alt behov for håndtering av $(600 \text{ m} - 20 \text{ m}) / (8,5 \text{ m/TEU}) \cdot 85\% \cdot 95\% \cdot 95\% = 52,3 \text{ TEU/vognstamme med løft}$.

Med gjennomsnittlig 642 m lange tog i 2060 er det tilsvarende 56,1 TEU/tog som skal løftes.

Med løftekapasitet på 75 TEU/time kan det i 2040 lastes eller losses en vognstamme på 52,3 TEU/75 TEU/time = ca. 0,70 time, eller 42 minutter. Med 75 % utnyttelse av sporet og 11 minutter til inn- og utkjøring er minste beleggstid da $(42+11)/75\% = 71$ minutter eller 1 time og 11 minutter.

Med antatt beleggstid på 2 timer og 75 % utnyttelse er det en margin på $25\% \cdot 2 = 0,5$ time, eller 30 minutter. Effektiv margin hvis hver vognstamme lastes raskest mulig er da ca. $120 - (42 + 11) = 67$ minutter. Utnyttelse av 3 kraner per spor når det lastes og losses over 79 minutter er da for lasting eller lossing av ett spor raskest mulig $(52,3 \text{ TEU}/79 \text{ minutter} \cdot 60 \text{ minutter/time}) / (75 \text{ TEU/time}) = 53\%$.

I 2060 kan en vognstamme tilsvarende håndteres på $56,1/75 = 0,75$ time eller 45 minutter. Minste beleggstid er med 11 minutter til inn- og utkjøring da $(45+11)/75\% = 75$ minutter eller 1,25 timer.

Utnyttelsen er dermed i 2060 lik $(56,1 \text{ TEU/time}/79 \text{ minutter} \cdot 60 \text{ minutter/time}) / 75 \text{ TEU/time} = 57\%$. Dvs. at det i 2060 kan betjenes $1/57\% = 1,8$ vognstammer samtidig med 3 kraner innenfor tidshorizonten på 79 minutter.

Både i 2040 og 2060 er det altså mulig å betjene en vognstamme med 2 times belegg og ca. 1 timer og 19 minutter effektivt til lasting eller lossing.

4.15.2.2 Løftekapasitet i 2040 og 2060 og beleggstid i lastespor

I maksperioden i 2040 er det 4 avganger per time. Ankomster kan håndteres på natten/tidlig morgen slik at dimensjonerende volum mht. løftekapasitet er 4 tog/time. I 2060 er det samme rush men ankomster gjennom hele døgnet og det må forutsettes at det i tillegg til 4 avganger også må håndteres 1 ankomst per time. Med 3 moduler svarer det til 1,33 hhv. 1,67 tog per time i 2040 og 2060.

Vognstammer håndteres ved å fordele løftekapasitet på de sporene som er i bruk. Antall spor som er i bruk avhenger av frekvensen av tog gjennom modulen og av beleggstiden:

*Antall belagte lastespor spor = Frekvens * Beleggstid*

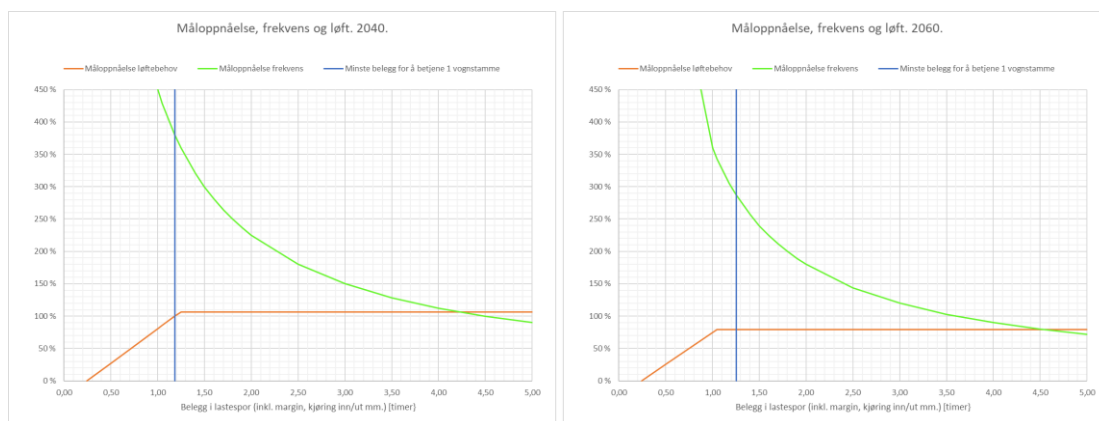
Når beleggstiden i lastespor øker er det behov for flere lastespor til å håndtere lastning eller lossing. Samtidig fordeles løftekapasitet på disse sporene over lengre tid slik at resulterende håndtert volum blir det samme. Det kan illustreres med noen beregninger i det følgende.

Effektiv løftekapasitet for kran finnes ut fra gjennomsnittlig andel av tid i beleggstiden der det er aktiv lastning eller lossing. Er det f.eks. 2 timers belegg i 2040 med 1,33 tog/time i modulen er det i gjennomsnitt 45 minutter mellom hvert tog og da en effektiv tidsavstand mellom tog i samme spor på 135 minutter (2 timer og 15 minutter, nærmeste multiplum av 45 minutter større enn 2 t). Med en forutsatt beleggstid på 2 timer er effektiv løftetid lik $2 \cdot 60 \cdot 75\% - 11 = 79$ minutter. Andel av tid det er løft er da effektiv $79/135 = 59\%$. Med et belegg av 1,33 tog/time $\cdot (135/60 \text{ time}) = 3$ spor er effektivt antall betjente spor lik $59\% \cdot 3 = 1,77$ spor. Løftekapasiteten per spor er da i gjennomsnitt lik $75 \text{ TEU/time} / 1,77 \text{ spor} = 42,4 \text{ TEU/spor}$. Behovet for løftekapasitet er i 2040 $52,3 \text{ TEU/tog} / 79 \text{ minutter} = 39,7 \text{ TEU/time}$. Måloppnåelsen er da $42,4/39,7 = 107\%$.

Siden det effektivt er mer enn 2 timers belegg i lastespor kan lastetiden også økes og da er effektiv lastetid lik $135 \text{ minutter} \cdot 75\% - 11 = 90$ minutter. Andel tid det løftes i forhold til er da $90/135 = 67\%$. Effektivt antall betjente spor er i gjennomsnitt $67\% \cdot 3 = 2$. Tilgjengelig løftekapasitet per spor er dermed lik $74,25/2 = 37,1 \text{ TEU/time}$. Nødvendig løftekapasitet er da reelt $52,3 \text{ TEU/tog} / 90 \text{ minutter} = 34,9 \text{ TEU/time}$. Måloppnåelsen er da $37,1/34,9 = 106\%$.

Det sees at når ventetid mellom vognstammer i lastespor utnyttes til lastning og lossing vil antall betjente spor gå opp, men nødvendig løftekapasitet per spor går ned. Resultatet er da det samme i begge tilfeller. Siden det regnes med heltall av intervaller vil det være avrundinger og ved korte beleggstider vil det kunne være forskjeller, men dette diskuteres ikke ytterligere her.

Figur 30 illustrerer den prinsipielle sammenhengen mellom beleggstid i lastespor og måloppnåelse av løftekapasitet og frekvens i lastemodulen. Eksemplet er basert på en lastemodul i konsept 3.7. Det er regnet med at det er 6 lastespor 3 kraner, 22,5 løft per time per kran ved 75 % utnyttelse av kraner og 1,1 TEU/løft. Det er videre regnet med at det er 11 minutter til inn- og utkjøring (jf. Figur 29) at det er akseptabelt med 75 % utnyttelse av lastespor (til lastning eller lossing samt inn- og utkjør).



Figur 30. Måloppnåelse for kapasitet av løft og frekvens i spor ut fra beleggstid i lastespor.

I avsnitt 7.3.16 er det i Tabell 49 vist maksimal beleggstid hvis ønsket frekvens skal oppnås. Der framgår det at bortsett fra konsept Ref. 0+ er det i alle konsepter mulig å belegge lastespor i 2 timer og fortsatt oppnå ønsket frekvens. I Ref. 0+ er det for få spormeter til dette i 2060 med 2 timers belegg. I analysen av kapasitet i sporforbindelser er det for Ref. 0+ ikke benyttet samme

beregningsmodell som for utbyggingskonseptene (se avsnitt 7.1.2), slik at avvik fra forutsetningen om 2 timers beleggstid ikke har betydning for resultatet.

I Figur 30 sees det at ved lave verdier for belegg lastespor er måloppnåelsen langt under 100 %. Det skyldes at resulterende tid til løfting og lossing er så lav at det tilsvarende stiller krav om en så høy løftekapasitet at det ikke kan innfris av løfteutstyret. Ved økt beleggstid reduseres samtidig løftebehovet og måloppnåelsen øker. Når beleggstiden er så lang at løftekapasiteten ikke er begrensende (ved ca. 1,2-1,3 timer) er det ingen nytte av å øke beleggstiden ytterligere: samlet løftekapasitet fordeles på flere spor som til gjengjeld må betjenes samtidig.

Det sees i Figur 30 at i 2040 krysser kurven for måloppnåelse 100 % ved en beleggstid på ca. 1,2 timer, svarende til de 1,18 timer som er beregnet tidligere. For 2060 er minste beleggstid i lastespor ca. 1,25 time. Det sees videre for 2060 at minste tid er større enn tiden der måloppnåelsen oppnår maksimalverdien, dvs. at det ikke er nok løftekapasitet med 3 kraner til 1,67 tog/time og måloppnåelsen er da også lavere enn 100 % (79 %). Måloppnåelsen begynner på 0 ved tiden 11 minutter/75 % = 15 minutter = 0,25 time, som er beleggstiden bare til inn- og utkjør inkl. margin.

Verdiene vil variere i konseptene med antall og lengde av lastespor totalt og fra modul til modul samt med type løfteutstyr, men prinsippet er det samme.

Figur 27 viser at det kan være betydelige reduksjoner i måloppnåelse for kapasitet mht. antall spor ved lange beleggstider. For noen konsepter kunne det argumenteres for å benytte 3 timer som dimensjonerende beleggstid, men det er valgt generelt å benytte 2 timer (som da gir like forhold for samlastere i konseptene).

Er det overskudd av lastespor kan disse benyttes til parkering og vognstammer kan stå lengre i lastespor og lastes og losses mens det er parkering og på den måten gi noe økt løftekapasitet. Ved å øke beleggstiden fra 2 til 3 timer kan løftekapasiteten anslagsvis økes med ca. 5 % og ved å øke fra 2 til 4 timer kan løftekapasiteten økes med ca. 10 %. Tilsvarende reduksjon i måloppnåelse i Figur 27 er imidlertid større enn dette.

I Figur 30 vil øvre grense for beleggstid - der måloppnåelse for frekvens blir mindre enn måloppnåelse for løft - flyttes nedover til en verdi for beleggstid ca. 0,5 time lavere. Fortsatt er maksimal beleggstid større enn de forutsatte 2 timene.

Poenget er ikke å beregne løftekapasitet i seg selv (dette håndteres i en egen analyse og rapport) men å illustrere at:

- En forutsetning om beleggstid på 2 timer er ikke i strid med krav til minste beleggstid for at løfteutstyr skal kunne håndtere last på vognstammer eller frekvens i lastemodulen (se avsnitt 4.15.2.1 og 4.15.1 og Figur 30).
- Selv om det er forutsatt 2 timers belegg i lastespor kan ledige lastespor i praksis utnyttes til lengre opphold og gi bedre utnyttelse av løfteutstyr.
- Det er ikke antall benyttede lastespor i seg selv som definerer kapasitet i lastemodulene når sporantall og frekvens er omtrent som i eksemplet, men derimot kapasiteten i løfteutstyret. Løftekapasiteten påvirkes indirekte av antall benyttede lastespor gjennom beleggstid (når ønsket frekvens i lastemodul skal oppnås) og andel direkte løft.

Selv om det er ledige lastespor ved forutsetning om 2 timers belegg kan det imidlertid ikke generelt forutsettes en lengre tid til lasting eller lossing uten at det påvirker behovet for lastespor og dermed potensielt samlet måloppnåelse.

Se avsnitt 7.3.16 om kapasitet i sporforbindelser ved andre forutsetninger om beleggstider.

4.16 Vognlasttog

Vognlasttog tenkes å kunne komme inn på Alnabru og sette fra seg vogner for deretter å fortsette til f.eks. Drammen. Det er prognostisert med ca. 1-2 rene vognlasttog per døgn i 2040 og 2060. For å ta høyde for sporbehov til disse togene settes behovet til 2 spor for samtidig belegg.

4.17 Sporbehov for ankomst/avgang, lasting/lossing, hensetting og skifting

Operasjoner som ankomst/avgang, lasting/lossing, hensetting og skifting krever et antall spor der vognstammene kan oppholde seg mens aktivitetene foregår. Kjøring mellom to spor (f.eks. mellom lastespor og hensettingsspor) krever en sporforbindelse, men når det her er snakk om sporbehov menes det de sporene som er nødvendige for *opphold* i forbindelse med ulike operasjoner. Oppholdet kan være langt (hensetting mellom lossing og lasting) eller kort (uttrekk for vending av retning). Sporforbindelser der spor bare benyttes for transport mellom sporgrupper er derfor ikke inkludert i betraktningen.

Gjennomkjøringsspor er i en særstilling der sporene er ment for transport av materiell mellom A og B, men det kan være nødvendig å dele bevegelsen i to og da vil det en kortere periode være opphold i et gjennomkjøringsspor. Gjennomkjøringsspor regnes derfor som *spor*, og ikke sporforbindelser.

Sporbehov finnes under generelle forutsetninger. Det er flere mulige måter å håndtere trafikk internt på terminalen på, bl.a. er det mulig å benytte lastespor til parkering hvis det er ledige lastespor. Det samme gjelder parkering i A-spor som i perioder der det ikke er behov for så mange ankomst- eller avgangsspor kan parkeres i disse sporene.

Sporbehov for f.eks. A-spor finnes ut fra aktuelt antall vognstammer som har behov for ankomst- eller avgangsspor. Maksimalverdien definerer antall nødvendige A-spor. Er det ledige spor i visse tidsrom kan det parkeres vognstammer i A-spor. Tilsvarende er det mulig å parkere vognstammer i lastespor når det er ledige lastespor. Mulig antall parkerte vognstammer i lastespor finnes ut fra forskjellen mellom maksimalt antall lastespor og antall benyttede lastespor, men verdien kan ikke være større enn antall vognstammer på terminalen minus de som er til lasting/lossing eller i A-spor.

Antall vognstammer på terminalen definerer et nødvendig minsteantall for spor. I tillegg er det nødvendig med øvrige spor for å kunne utføre de operasjonene som skal skje.

4.18 Parkering i lastespor i helg

Lastespor kan benyttes til parkering i helg der trafikken i all hovedsak står stille. På denne måten kan lastespor gjenbrukes til parkering når det ikke er behov for dem til lasting og lossing og dermed redusere samlet sporbehov. Dette virker som en rimelig forutsetning.

Det er imidlertid en forutsetning at lastespor kan benyttes til korrekte vognstammer ved oppstart av trafikken mot slutten av helgen. Det betyr at det ved ankomst i slutten av uken eller i løpet av helgen kan bli noe skifting for å posisjonere vognstammer.

4.18.1 Parkering i lastespor på hverdager

På hverdager kan lastespor teoretisk også benyttes til parkering når det er ledige lastespor. Det må her skilles mellom

- (i) ledige spor i forhold til foreslåtte antall lastespor i et gitt konsept og
- (ii) ledige spor på et aktuelt tidspunkt i forhold til maksimalt behov.

For (i) er det i utgangspunktet uproblematisk å benytte ledige lastespor. Disse blir å regne som ekstra hensettingspor. Er maksimalt behov for lastespor lik 10 og det er 18 i et konsept kan de 8 av lastesporene regnes som R-spor. Det kan imidlertid være restriksjoner knyttet til atkomst langs sporene for å utføre arbeid på vognstammer og utføre snøgraving (krever atkomst i nabospor). Det medfører at det kan være nødvendig å skifte vognstammer til ordinære R-spor i en periode for å utføre disse operasjonene.

Hvis det er lastegate (for atkomst med reachstacker eller gaffeltruck) er det lettere å komme til med gravemaskiner og andre kjøretøy langs sporet og behovet for å skifte vognstammer til R-spor reduseres.

Hvis det utføres operasjoner i lastespor vil skiftebehovet bli annerledes sammenlignet med å skifte til R-spor før operasjoner utføres.

For (ii) er kan det være mer utfordrende å benytte ledige lastespor til parkering. Antall ledige lastespor er forskjellen mellom maksimalt behov for lastespor og det aktuelle behovet for lastespor. Lastespor må kunne frigis til lasting og lossing når det er nødvendig og det vil da være behov for skifting mellom lastespor og R-spor.

Det er ikke sett på skift fra lastespor til R-spor for parkering, skift tilbake til lastespor hvis lastesporet blir ledig osv. Det er generelt regnet med at det skiftes fra A-spor til lastespor før lossing, fra lastespor til R-spor etter lossing, fra R-spor til lastespor før lasting og fra lastespor etter lasting til A-spor før avgang. Hvis det er ledige lastespor etter definisjon (ii) over antas det at vognstamme blir stående og skiftes til R-spor senere eller at det skiftes til lastespor tidligere før lasting. Hvordan dette i detalj påvirker skiftebevegelser tidsmessig er ikke analysert.

4.18.2 Oppholdstid med reachstacker-spor

Med lastespor som betjenes med reachstacker eller gaffeltruck er det prinsipielt mulig at vognstammer utelukkende benytter lastespor og står der hele oppholdstiden på terminalen. Dette vil belegge lastespor maksimalt. Hvis det ikke skal skiftes ut av lastespor vil vognstammen belegge et høyere antall lastespor enn med kran der det må skiftes fra lastespor til R-spor for å utføre operasjoner.

Med betjening i reachstackerspor er det mulig å:

- La vognstammer stå hele oppholdet
- La vognstammer stå det meste av oppholdet og ta avgang fra A-spor
- Skifte til R-spor mellom lossing og lasting og ta avgang direkte fra lastespor

Når vognstammer utelukkende står i lastespor blir maksimalt antall belagte spor lik antallet av vognstammer som er på terminalen minus antall vognstammer som er i A-spor ved ankomst (avgang tas direkte fra lastespor).

En rimelig forutsetning er derimot at det er avgang direkte fra lastespor. Forskjellen til lastespor under kran blir da at det er direkte avganger fra lastespor og at dimensjonerende antall lastespor kan bestemmes ut fra lasting og lossing, snørydding etc. samt avgangsprosedyre.

I kapasitetsanalysen er det angitt en andel av vognstammer som skiftes fra lastespor til A-spor før avgang. Denne andelen er estimert ut fra antall lastespor med lastegate, og jo høyere andel desto mer skifting er det til A-spor før avgang.

Skifting til R kan reduseres hvis vognstammer blir stående i lastespor mellom lossing og lasting. Dette forutsetter at det er mulig å utføre å komme fram til vognstammer for å gjøre de operasjonene som skal gjøres mens vognstammen er på terminalen. Det dreier seg om skifting av vogner med feil, skifting av vognlastvogner, bytte av bremseklosser, graving av snø.

4.19 Antall spor til skiftelok

Skiftelok som benyttes til skifting belegger også spor i seg selv. Antallet er i utgangspunktet lik antallet av skiftelok, men det antas at skiftelok kan dele på spor slik at det er et skiftelok i hver ende av et R-spor, eller at det er skiftelok i korte parkeringsspor som er designet for midlertidig parkering av skiftelok. Antall spor til skiftelok er derfor satt til halvparten av antall estimerte skiftelok.

I konseptene er det tegnet inn parkeringsspor til skiftelok, men det er kapasitetsanalysen ikke regnet med at disse alltid kan brukes fullt ut. Det vil være mest sannsynlig nødvendig å flytte rundt på skiftelok og bevegelser til og fra disse stikksporene vil også belegge kapasitet i sporforbindelser.

Det er generelt forutsatt at når et skiftelok er ferdig med skift av vognstamme til lastespor må det skiftes til et R-spor for å være klart til nytt oppdrag. Når det er skift av vognstamme til et R-spor er det forutsatt at skifteløket kan koples av og bli stående i samme R-spor i påvente av nytt oppdrag. Hvis skifteløket skal skiftes fra R-spor til parkeringsspor/lokspor vil det uansett belegge sporforbindelse.

4.20 Driftsbasis for Bane NOR

Det er i kapasitetsanalysen ikke sett på driftsbasis for Bane NORs «gule maskiner» og hvordan et eventuelt sporbehov på terminalen påvirker kapasiteten.

4.21 Atkomst ved Grorud

Atkomst til Alnabru for persontog ved Grorud har vært et tema som potensielt kan utfordre kapasiteten. Selv om analysen er avgrenset til selve Alnabruterminalen, og ikke kapasitet på linjen, er tilkoplingen ved Grorud et tilfelle som er i grenseland mellom terminal og linjen. Det omtales derfor kort i dette avsnittet.

Endelig løsning er ikke spesifisert i alle konseptene for koplingen ved Grorud men det er forutsatt at det som minimum bygges et ventespor på Grorud stasjon og at gjennomgående spor mot Oslo legges ytterst i spor 3 (vestligst på Hovedbanen). Dermed kan godstog vente i midten og slippe å måtte krysse motstrøms samtidig med at det er rutemessige bindinger på når godstoget kommer fra nord og må krysse motstrøms.

Med forutsetning om inntil 10 minutters-intervall i framtiden på Hovedbanen er det 10 minutter mellom passering av persontog i en retning. Med antatt 2 minutters togfølgetid persontog-persontog på Hovedbanen (mot Lillestrøm) og 3 minutters margin for forsinket persontog belegger et persontog 5 av de 10 minuttene mellom persontog. Det blir da en luke på $10 \text{ min} - 5 \text{ min} = 5 \text{ min}$ til kryssing av godstog mellom persontog mot Lillestrøm på Hovedbanen. Selve kryssingen fra Grorud og inntil vognstammen er inne på Grorudsporet vil ta ca. 3 minutter. Det er da $5 \text{ min} - 3 \text{ min} = 2 \text{ minutters}$ margin for godstoget i kryssingen over nordgående spor på Hovedbanen.

Med ventespor vil innkjøring til Alnabru i Grorudsporet fra Hovedbanen kunne fungere.

Frekvensen for ankomende tog fra Grorud er i maksperioden i 2060 ca. $50 \% * (39 \text{ togpar} * (13\%)) = 2,5 \approx 3 \text{ tog/time}$. Dette svarer med 10-minuttersintervall på Hovedbanen til at annet hvert intervall

mellom persontog brukes til å framføre godstog og at godstogene kan stå (planlagt) inntil ett 10-minuttersintervall og vente på ledig luke til kryssing av Hovedbanen.

For å sikre at godstoget som skal inn i ventespør ved Grorud treffer ruteleie på Hovedbanen mellom persontog – og ikke kommer forsinket til ventesporet – kan det med fordel være et innfasingsspor på Lillestrøm.

Uten ventespør er det for stor avhengighet til persontrafikken i begge retninger i et 10-minutters system. Med en ledig luke en vei på 5 minutter og en margin på 2 minutter for kryssing, må godstogruteleiet (uten ventespør) da treffe de 2 av i alt 10 minuttene som er til rådighet i hvert intervall og det er da tilsvarende 80 % sannsynlighet for at det vil være konflikt ved kryssing over Hovedbanen inn på Alnabru.

Med 10-minuttersintervall for persontog på Hovedbanen må det derfor minst etableres ventespør på Grorud også i referanse-alternativet. Dette er forutsatt implisitt i analysen med tanke på mulige atkomstveier, også i referansekonseptet selv om det ikke formelt er definert slik på sporplaner.

4.22 Overlapp i sporbehov

Når vognstammer skiftes mellom sporgrupper vil det være perioder med *overlapp* av belegg av spor i hver gruppe. Dette gjelder også når det er margin mellom vognstammer i lastespor, da er det belegg i lastespor på grunn av marginen men samtidig belegg i R-spor etter som vognstammen (normalt) befinner seg fysisk der. Det er overlapp i sporbelegg for vognstammer som skal fra lastespor til R-spor og for vognstammer som skal fra R-spor til lastespor.

Vognstamme som står i R-spor og som kommer fra lastespor belegger altså begge spor dobbelt en periode. Spørsmålet er da hvor mange R-spor er nødvendige i tillegg til forskjellen mellom vognstammer som er på terminalen og antall belagte lastespor.

Antall overlappende spor finnes ut fra samtidig frekvens av vognstammer inn og ut (inkl. margin) av terminalen samt tidsbelegget for disse.

Antallet av overlappende vognstammer ved avsluttet lasting er lik frekvensen i denne perioden multiplisert med tidsrommet. Siden tidsrommet for skift mellom sporgrupper er kortere enn samlet oppholdstid i R-spor vil frekvensen kunne være høyere enn frekvensen som opptrer for ankomster. Det regnes derfor med en peak-faktor på 2 for dette formålet (mot 1,5 ved intervaller på 1 time).

4.23 Utsettelse av lossing av kveldsavganger

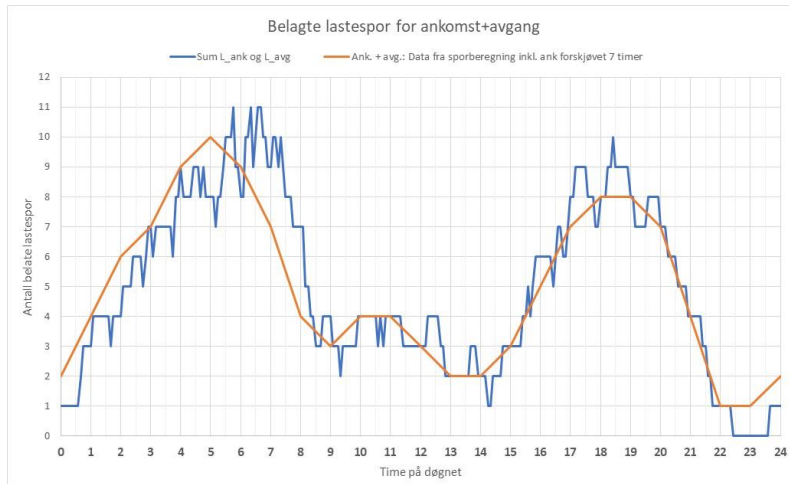
Det er regent med at ankomster på kvelden i tiden 16-23 utsetter lossing til natten. Dette er slik det gjøres i dag (2018) for å utnytte løftekapasitet til avganger. Beregningsteknisk er ankomster i intervallet 16-23 håndtert som ankomster når de kommer, men skiftebevegelser til lastespor er utsatt 7 timer.

I praksis er det mulig å la håndteringen være noe flatere enn det kvelds-«peaken» av ankomster tilsier, men som dimensjonerende antakelse er ankomstene flyttet.

I Figur 31 er det vist hvordan sporbehov beregnet på et grovere time-nivå jf. døgnfordeling i Figur 7 og Figur 8 – det dette behovet som er benyttet i analysen – forholder seg til en mer detaljert beregning der ruteplanforslaget jf. Figur 9 og Figur 10 er benyttet (oppløsning på 5-minuttersnivå).

Det sees at det er litt forskjell avhengig av hvor detaljert det regnes, men det er prinsipielt sett samme forløp. Den beregnede verdien på timenivå (oransje kurve) er lavere på natten og det svarer da til at håndteringen kan utjevnes noe. Nivået er også lavere på kvelden, men også her kan det

tenkes at enkelte avganger kan justeres i praksis. Det er uansett nivået på natten som er dimensjonerende og er brukt i analysen.



Figur 31. Sammenligning av beregnede antall lastespor med generell og detaljert beregning.

4.24 Skift av vogner fra A-spor til R-spor

Ankomstspor må håndtere avgang 4 tog/time + ank 3 tog/time som maks. Behov for $4/(75\% \cdot 1/1) + 3/(75\% \cdot 1/0,5) = 5,3 + 2 = 8$ ankomstspor.

Siste ankomster er ifølge Figur 7 for døgnfordelingen i 2040 i time 20. Da er de 2 siste ankomster som kan stå siden det er samme behov for avgangsspor (4 avg./time i time 19-21). Før det må ankomster skiftes bort for å frigi A-spor til ankomster. Ankomster som trenger å flyttes er de som kommer før de siste 2 ankomstene.

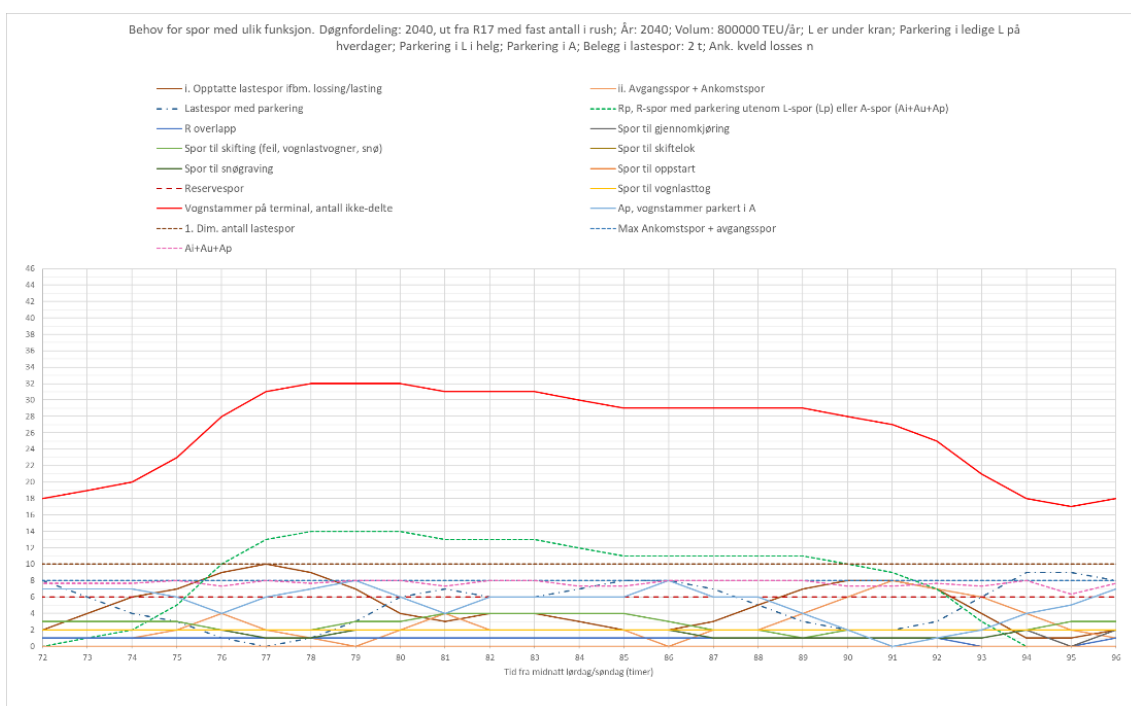
I 2060 er det ankomster hele døgnet, men det er for enkelhets skyld benyttet samme beregningsopplegg som i 2040.

Ankomster som losses direkte skiftes etter ankomst i A-spor til L-spor og etter lossing til R-spor. Det er to muligheter for håndtering og plassering av vognstammer som ikke skal losses i lastespor umiddelbart etter ankomst.

Er det nok ledige lastespor kan noen vognstammer kjøres dit umiddelbart og vente på lossing.

Andel som skiftes til lastespor avhenger av hvor mange ledige lastespor det er og også av hvor mange spor som er signalert som R-spor. Andel ledige ankomstspor vil variere over døgnet, men i dimensjonerende periode for aktivitet på kvelden benyttes verider som vist i Tabell 8.

Figur 32 og Figur 33 viser sporbehov i 2040 og 2060. Ut fra grafen for lastesporbehov kan det finnes antall ledige lastespor på kvelden ved slutten av periode for ankomster som skal utsette lossing. Dette er vist i Tabell 8 og Tabell 9 som også viser hvor stor andel av ankomster som er forutsatt skiftes fra A-spor til lastspor.

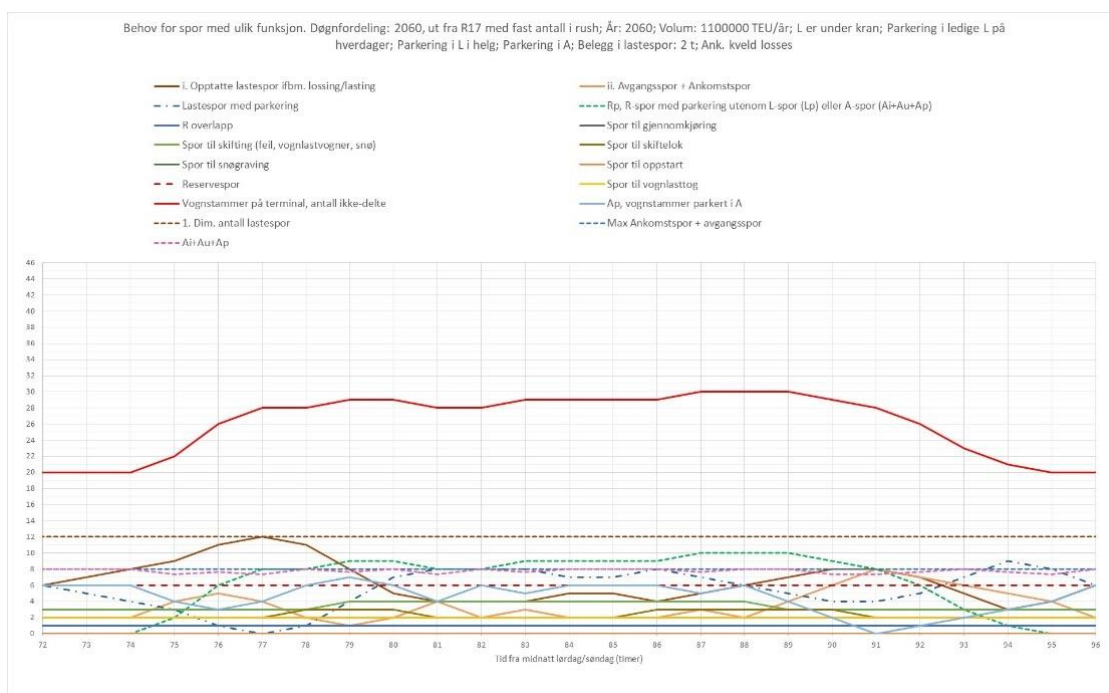


Figur 32. Sporbehov i 2040.

Behovet for A-spor til avgang faller betraktelig fra time 20. Fram til time 20 er det behov for 8 A-spor.

Tabell 8. Mulighet for å skifte til lastespor i 2040

2040	Behov L	Tilgjengelige L	Ledige L	Ankommende på kveld til A, L eller R	Ledige i A	Andel av ankommende til L (rest til R)
3.7	8	18 (6 lange)	10	12	2	$10/(12-2) = 100 \%$
3.7 impl	8	15 (0 langt)/1,3 = 12	4	12	2	$4/(12-2) = 40 \%$
4.8.3	8	15 (1 langt)	15 - (8 + (2 ekstra for deling av lange tog) = 5	12	2	$15/(12-2) = 50 \%$
4.8.3 impl.	8	19 (0 langt)	19 - (9+3 ekstra for deling av lange tog) = 7	12	2	$7/(12-2) = 70 \%$

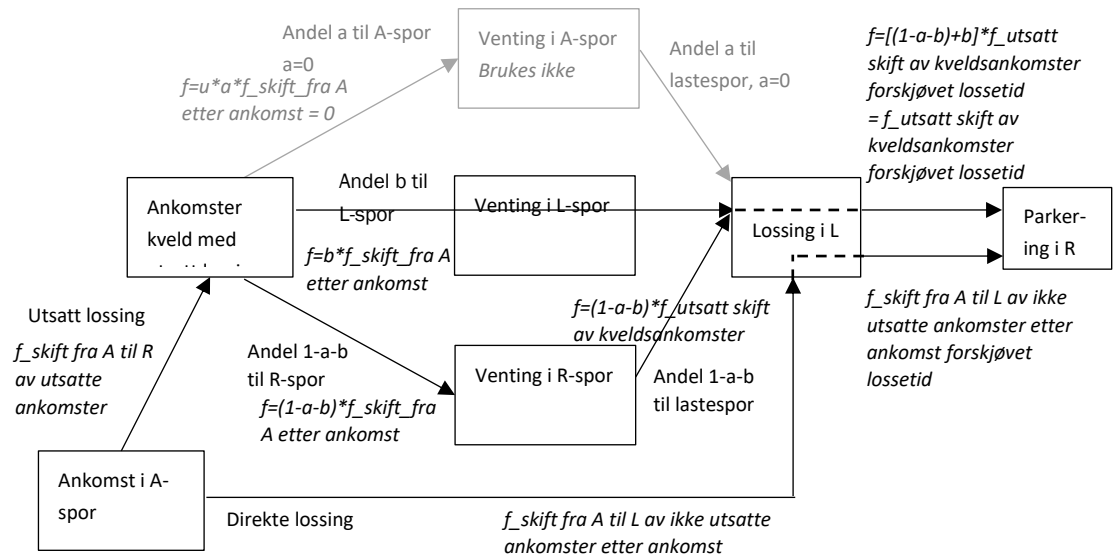


Figur 33. Sporbehov i 2060.

Tabell 9. Mulighet for å skifte til lastespor i 2040.

2060	Behov L	Tilgjengelige L	Ledige L	Ankommende på kveld til A, L eller R	Ledige i A	Andel av ankommende til L
3.7	8	18 (6 lange)	10	12	0	$10/(12-0) = 83 \%$
3.7 impl	8	15 (0 langt)/1,3 = 12	4	12	0	$4/(12-0) = 33 \%$
4.8.3	8	15 (1 langt)	15 - (8 + (2 ekstra for deling av lange tog) = 5)	12	0	$15/(12-0) = 42 \%$
4.8.3 impl.	8	19 (0 langt)	19 - (9+3 ekstra for deling av lange tog) = 7	12	0	$7/(12-0) = 58 \%$

Etter ankomst i A-spor skiftes en del vognstammer til umiddelbar losing i lastespor mens en del skiftes fra A-spor til lastespor for å vente på senere lossing, og en del skiftes til R-spor for å vente på senere lossing. Dette er vist i Figur 34.



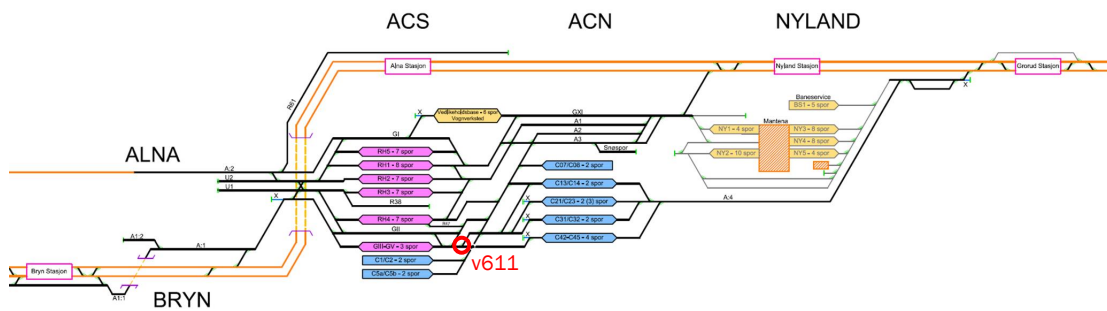
Figur 34. Skift av vognstammer fra A-spor på kveld i slutten av "peak-periode" for ankomster.

5 Beskrivelse av infrastrukturkonsepter

De etterfølgende avsnittene viser en sporskisse av hvert konsept med tilhørende markering og nummerering av veksler som er analysert i forbindelse med kapasitet i sporforbindelser. Det er vist tabeller med oversikt over fordeling sporlengder i helg til parkering og på virkedager samt tabeller som viser hvilke spor som er forutsatt benyttet i helg og på virkedager.

5.1 Referanse 0+

5.1.1 Sporplan



Figur 35. Skjematisk skisse av "referanse 0+"-alternativ.

Skjematisk sporplan er gjengitt i større format i Kapittel 11, Vedlegg.

5.1.2 Fordeling av sporlengder på virkedager og i helg

I Tabell 10 og Tabell 11 er det for virkedag og helg vist antall spor som er tilgjengelige i Ref. 0+ samt spormeter som er tilgjengelige med et heltall antall vogner à 34 m.

Tabell 10. Sporfordeling og -lengder i Ref. 0+ virkedag.

Konsept Ref 0+					
Antall spor på virkedag					
Antall	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	1	3	2	4	10
L	4	1	8	0	13
R	8	31	1	0	40
G	0	1	1	1	3
U	0	0	0	0	0
Sum	13	36	12	5	66
Antall A, R, G	9	35	4	5	53
Spormeter med hele vogner à 34 m (spesifisert lengde), for virkedag					
	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	408	1496	1258	3706	6868
L	1428	510	4624	0	6562
R	2142	15062	578	0	17782
G	0	510	578	918	2006
U	0	0	0	0	0
Sum	3978	17578	7038	4624	33218

Tabell 11. Sporfordeling og -lengder i Ref. 0+ helg.

Konsept Ref 0+					
Antall spor til parkering i helg					
Antall	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	0	2	1	0	3
L	4	1	8	0	13
R	8	31	1	0	40
G	0	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0
Sum	12	34	10	0	56
Antall A, R, G	8	33	2	0	43
Spormeter med hele vogner à 34 m (spesifisert lengde), for parkering helg					
	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	0	1020	578	0	1598
L	1428	510	4624	0	6562
R	2142	15062	578	0	17782
G	0	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0
Sum	3570	16592	5780	0	25942

5.1.3 Benyttede spor på virkedager og i helg

I Tabell 12 og Tabell 13 er det vist hvilke spor som er tilgjengelige i Ref. 0+ på hverdager og til parkering i helg.

Spor som er forutsatt å kunne benyttes er indikert med et antall >0. Spor som ikke kan benyttes er vist med et antall lik 0.

Tabell 12. Spor tilgjengelige i Ref. 0+ på hverdager.

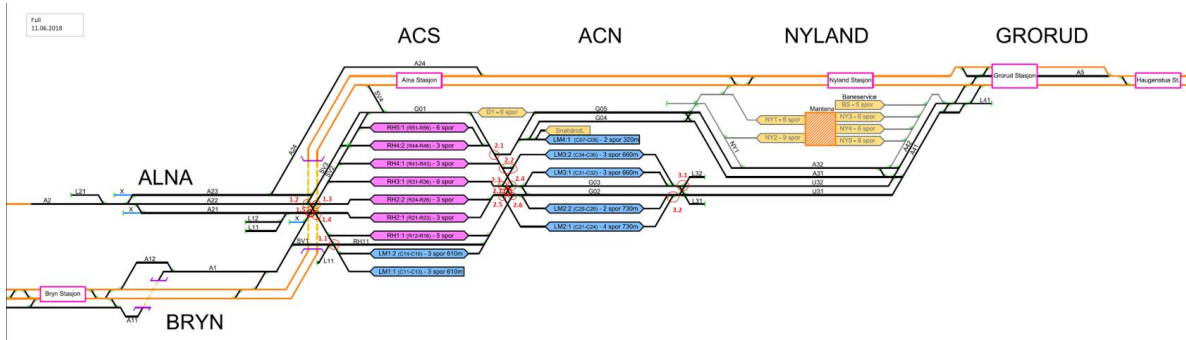
Ref. 0+ Gruppe/spor	Kategori	Antall spor totalt som kan brukes på hverdager	Lengde til vognstamme (dim. i gruppe) [m]	Kommentar	Spormeter nominelt	Antall spormeter virkedag med heittall 34 m lange vogner
					0	0
C1 (NB1 R)	R	1	402		402	374
C2	L	1	400		400	374
C5A	L	1	370		370	340
CSB (NB1 R)	R	1	370		370	340
C13	L	1	540		540	510
C14	L	1	320		320	306
					0	0
					0	0
C07 (NB1 R)	R	1	600	Ligger bak C08. Brukes som hensetting	600	578
C08	L	1	600	Reachstacker/gaffeltruck	600	578
					0	0
C16	L	1	430	Reachstacker/gaffeltruck. BUTTSPOR mot vest.	430	408
C21	G	1	600		600	578
C23	L	1	600	Reachstacker/gaffeltruck	600	578
					0	0
C31	L	1	600	Reachstacker/gaffeltruck	600	578
C32	L	1	600	Reachstacker/gaffeltruck	600	578
					0	0
C42	L	1	580	Kran	580	578
C43	L	1	580	Kran	580	578
C44	L	1	580	Kran	580	578
C45	L	1	580	Kran	580	578
					0	0
RH51-RH56 (57 finnes ikke)	R	6	266		1596	1428
(57 finnes ikke)					0	0
RH58	R	1	561		561	544
					0	0
RH11-RH18	R	8	505		4040	3808
					0	0
RH22-RH28	R	7	541		3787	3570
					0	0
RH31-RH38	R	8	502		4016	3808
					0	0
RH41-47	R	7	501		3507	3332
					0	0
GI	G	1	536		536	510
					0	0
GII	A	1	488		488	476
GIII	A	1	515		515	510
GIV	A	1	542		542	510
GV	A	1	593		593	578
					0	0
GXI	G	1	929	Fall sammen med A-spor; ikke parkering i helg.	929	918
					0	0
A1 Bryn	A	1	868	Spor fra Bryn. Brukes ikke som A	868	850
					0	0
A01	A	1	792	Nyland	792	782
A02	A	1	693	Nyland	693	680
A03	A	1	414	Nyland	414	408
					0	0
A04	A	1	1315	Gorudsporet	1315	1292
					0	0
T1	U	0	171	Uttrekkspor, korte og stort sett bare for lok. Kan ikke brukes til vognstammer.	0	0
T2	U	0	176	Uttrekkspor, korte og stort sett bare for lok. Kan ikke brukes til vognstammer.	0	0
					0	0
A2 (Alnabanen)	A	1	800	Alnabanen	800	782
					0	0
A# Snøspor	-		274	Brukes ikke i beregning av spor (f. sporbehov.	0	0
					0	0
Sum antall		66			34 744	33 218

Tabell 13. Spor tilgjengelige i Ref. 0+ i helg.

Ref. 0+ Gruppe/spor	Kategori	Antall spor totalt som kan brukes i helg	Lengde til vognstamme (dim. i gruppe) [m]	Kommentar	Spormeter nominelt	Antall meter parkering helg med heltall 34 m lange vogner
					0	0
C1 (NB R)	R	1	402		402	374
C2	L	1	400		400	374
C5A	L	1	370		370	340
CSB (NB R)	R	1	370		370	340
C13	L	1	540		540	510
C14	L	1	320		320	306
					0	0
					0	0
C07 (NB R)	R	1	600	Ligger bak C08. Brukes som hensetting	600	578
C08	L	1	600	Reachstacker/gaffeltruck	600	578
					0	0
C16	L	1	430	Reachstacker/gaffeltruck. BUTTSPOR mot vest.	430	408
C21	G	0	600		0	0
C23	L	1	600	Reachstacker/gaffeltruck	600	578
					0	0
C31	L	1	600	Reachstacker/gaffeltruck	600	578
C32	L	1	600	Reachstacker/gaffeltruck	600	578
					0	0
C42	L	1	580	Kran	580	578
C43	L	1	580	Kran	580	578
C44	L	1	580	Kran	580	578
C45	L	1	580	Kran	580	578
					0	0
RH51-RH56 (57 finnes ikke)	R	6	266		1596	1428
(57 finnes ikke)					0	0
RH58	R	1	561		561	544
					0	0
RH11-RH18	R	8	505		4040	3808
					0	0
RH22-RH28	R	7	541		3787	3570
					0	0
RH31-RH38	R	8	502		4016	3808
					0	0
RH41-47	R	7	501		3507	3332
					0	0
G1	G	0	536		0	0
					0	0
GII	A	0	488		0	0
GIII	A	1	515		515	510
GIV	A	1	542		542	510
GV	A	1	593		593	578
					0	0
GXI	G	0	929	Fall sammen med A-spor; ikke parkering i helg.	0	0
					0	0
A1 Bryn	A	0	868	Spor fra Bryn. Brukes ikke som A	0	0
					0	0
A01	A	0	792	Nyland	0	0
A02	A	0	693	Nyland	0	0
A03	A	0	414	Nyland	0	0
					0	0
A04	A	0	1315	Grundsporet	0	0
					0	0
T1	U	0	171	Uttrekkspor, korte og stort sett bare for lok. Kan ikke brukes til vognstammer.	0	0
T2	U	0	176	Uttrekkspor, korte og stort sett bare for lok. Kan ikke brukes til vognstammer.	0	0
					0	0
A2 (Alnabanen)	A	0	800	Alnabanen	0	0
					0	0
A# Snøspor	-		274	Brukes ikke i beregning av spor jf. sporbehov.	0	0
					0	0
Sum antall		56			27 309	25 942

5.2 Konsept 3.7

5.2.1 Sporplan



Figur 36. Skjematisk sporplan for 3.7, med angitt nummerering av veksler for analyse av belegg i sporforbindelser.

Skjematisk sporplan er gjengitt i større format i Kapittel 11, Vedlegg.

5.2.2 Fordeling av sporlengder på virkedager og i helg

I Tabell 14 og Tabell 15 er det for virkedag og helg vist antall spor som er tilgjengelige i Ref. 0+ samt spormeter som er tilgjengelige med et heltall antall vogner à 34 m.

Tabell 14. Sporfordeling og -lengder i 3.7 virkedag.

Konsept 3.7					
Antall spor på virkedag					
Antall	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	0	0	4	6	10
L	2	0	12	6	20
R	6	3	11	4	24
G	0	1	1	3	5
U	0	0	0	3	3
Sum	8	4	28	22	62
Antall A, R, G	6	4	16	16	39
Spormeter med hele vogner à 34 m (spesifisert lengde), for virkedag					
	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	0	0	2516	5134	7650
L	612	0	7344	4284	12240
R	2244	1428	6834	2856	13362
G	0	442	680	2652	3774
U	0	0	0	2210	2210
Sum	2856	1870	17374	17136	39236

Tabell 15. Sporfordeling og -lengder i 3.7 helg.

Konsept 3.7					
Antall spor til parkering i helg					
Antall	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	0	0	4	2	6
L	2	0	12	6	20
R	6	3	11	4	24
G	0	0	1	0	1
U	0	0	0	0	0
Sum	8	3	28	12	51
Antall A, R, G	6	3	16	6	31

Spormeter med hele vogner à 34 m (spesifisert lengde), for parkering helg					
	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	0	0	2516	1428	3944
L	612	0	7344	4284	12240
R	2244	1428	6834	2856	13362
G	0	0	680	0	680
U	0	0	0	0	0
Sum	2856	1428	17374	8568	30226

5.2.3 Benyttede spor på virkedager og i helg

I Tabell 16 og Tabell 17 er det vist hvilke spor som er tilgjengelige i Ref. 0+ på hverdager og til parkering i helg.

Spor som er forutsatt å kunne benyttes er indikert med et antall >0. Spor som ikke kan benyttes er vist med et antall lik 0.

Tabell 16. Tilgjengelige spor i 3.7 på virkedag.

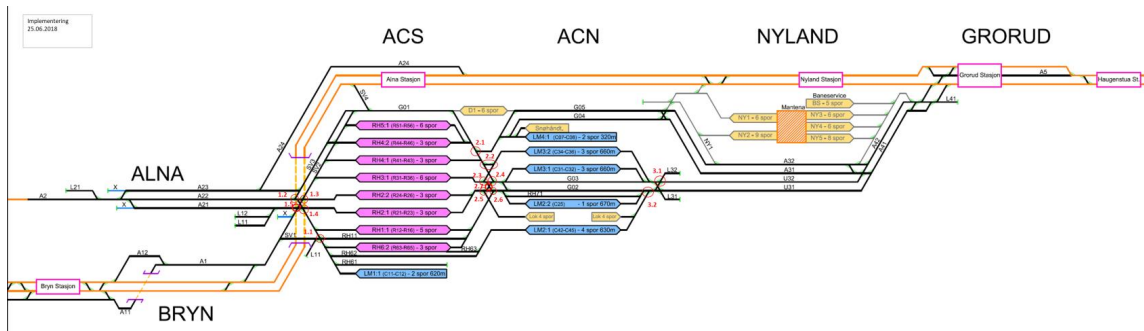
3.7 Gruppe/spor	Kategori	Antall spor totalt som kan brukes på hverdager	Lengde til vognstamme (dim. i gruppe) [m]	Kommentar	Spormeter nominelt	Antall spormeter virkedag med heitall 34 m lange vogner
RH5	R	6	400		0	0
RH4.2	R	3	500		2400	2244
RH4.1	R	3	670		1500	1428
RH3.2	A	2	695		2010	1938
RH3.1	R	4	674		1390	1360
RH2.2	R	3	740		2696	2584
RH2.1b	R	1	740		2220	2142
RH2.1a	A	2	740		740	714
RH1.2	R	4	600		1480	1428
RH1.1	A	2	600		2400	2312
					1200	1156
					0	0
LM1	L	6	610		3660	3468
LM2	L	6	720		4320	4284
LM3	L	6	660		3960	3876
LM4 (ekstra modul siden mai 2018)	L	2	330		660	612
					0	0
					0	0
G01	G	1	454		0	0
G02	G	1	729	Også uttreksspor. Må holde G02 åpent i helg; atkomst fra alle R (ikke fra RH1 til G03). G03 kan brukes til parkering.	454	442
G03	G	1	681		729	714
G04	G	1	1000	Også uttreksspor. G04 kan brukes til parkering, men fall.	681	680
G05	G	1	974	Også uttreksspor. Må holde G05 åpen i helg.	1000	986
					974	952
					0	0
A1	U	1	740	Godsspor fra Bryn. Kan regnes som et langt uttreksspor, men ikke parkering i helg.	740	714
					0	0
A21 (Alnabanen)	A	1	935	Antatt lengde	935	918
A22 (Alnabanen)	A	1	838	Antatt lengde. A21 og A23 antas å kunne benyttes til parkering, mens A22 må være ledig.	838	816
A23 (Alnabanen)	A	1	838	Antatt lengde	838	816
					0	0
U31	U	1	793		0	0
U32	U	1	743		793	782
					743	714
					0	0
A31	-			Blir som sporforbindelse	0	0
A32	-			Blir som sporforbindelse	0	0
					0	0
A42	-			Blir som sporforbindelse	0	0
A41	-			Blir som sporforbindelse	0	0
					0	0
A24 utsiden av Hovedbanen	A	1	1188		0	0
					1188	1156
					0	0
					0	0
					0	0
Sum antall		62			40 549	39 236

Tabell 17. Tilgjengelige spor i 3.7, parkering helg.

3.7 Gruppe/spor	Kategori	Antall spor totalt som kan brukes i helg	Lengde til vognstamme (dim. i gruppe) [m]	Kommentar	Spormeter nominelt	Antall meter parkering helg med heltall 34 m lange vogner
					0	0
RH5	R	6	400		2400	2244
RH4.2	R	3	500		1500	1428
RH4.1	R	3	670		2010	1938
RH3.2	A	2	695		1390	1360
RH3.1	R	4	674		2696	2584
RH2.2	R	3	740		2220	2142
RH2.1b	R	1	740		740	714
RH2.1a	A	2	740		1480	1428
RH1.2	R	4	600		2400	2312
RH1.1	A	2	600		1200	1156
					0	0
LM1	L	6	610		3660	3468
LM2	L	6	720		4320	4284
LM3	L	6	660		3960	3876
LM4 (ekstra modul siden mai 2018)	L	2	330		660	612
					0	0
					0	0
G01	G	0	454		0	0
G02	G	0	729	Også uttrekkspor. Må holde G02 åpent i helg; atkomst fra alle R (ikke fra RH1 til G03). G03 kan brukes til parkering.	0	0
G03	G	1	681		681	680
G04	G	0	1000	Også uttrekkspor. G04 kan brukes til parkering, men fall.	0	0
G05	G	0	974	Også uttrekkspor. Må holde G05 åpen i helg.	0	0
					0	0
A1	U	0	740	Godsspor fra Bryn. Kan regnes som et langt uttrekkspor, men ikke parkering i helg.	0	0
					0	0
A21 (Alnabanen)	A	0	935	Antatt lengde	0	0
A22 (Alnabanen)	A	0	838	Antatt lengde. A21 og A23 antas å kunne benyttes til parkering, mens A22 må være ledig.	0	0
A23 (Alnabanen)	A	0	838	Antatt lengde	0	0
					0	0
UB1	U	0	793		0	0
UB2	U	0	743		0	0
					0	0
					0	0
A31	-			Blir som sporforbindelse	0	0
A32	-			Blir som sporforbindelse	0	0
					0	0
A42	-			Blir som sporforbindelse	0	0
A41	-			Blir som sporforbindelse	0	0
					0	0
A24 utsiden av Hovedbanen	A	0	1188		0	0
					0	0
					0	0
					0	0
Sum antall		51			31 317	30 226

5.3 Konsept 3.7 Implementering

5.3.1 Sporplan



Figur 37. Skjematiske sporplan for 3.7 Implementering, med angitt nummerering av veksler for analyse av belegg i sporforbindelser.

Skjematiske sporplan er gjengitt i større format i Kapittel 11, Vedlegg.

5.3.2 Fordeling av sporlengder på virkedager og i helg

I Tabell 18 og Tabell 19 er det for virkedag og helg vist antall spor som er tilgjengelige i Ref. 0+ samt spormeter som er tilgjengelige med et heltall antall vogner à 34 m.

Tabell 18. Sporfordeling og -lengder i 3.7 Implementering, virkedag.

Konsept 3.7 impl.					
Antall spor på virkedag					
Antall	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	0	0	5	6	11
L	2	0	13	0	15
R	6	3	16	4	29
G	0	1	1	3	5
U	0	0	0	3	3
Sum	8	4	35	16	63
Antall A, R, G	6	4	22	16	45
Spormeter med hele vogner à 34 m (spesifisert lengde), for virkedag					
	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	0	0	3094	4998	8092
L	612	0	8194	0	8806
R	2244	1428	9962	2856	16490
G	0	442	680	2652	3774
U	0	0	0	2210	2210
Sum	2856	1870	21930	12716	39372

Tabell 19. Sporfordeling og -lengder i 3.7 implementering, parkering helg.

Konsept 3.7 impl.					
Antall spor til parkering i helg					
Antall	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	0	0	5	2	7
L	2	0	13	0	15
R	6	3	15	4	28
G	0	0	1	0	1
U	0	0	0	0	0
Sum	8	3	34	6	51
Antall A, R, G	6	3	21	6	36
Spormeter med hele vogner à 34 m (spesifisert lengde), for parkering helg					
	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	0	0	3094	1428	4522
L	612	0	8194	0	8806
R	2244	1428	9384	2856	15912
G	0	0	680	0	680
U	0	0	0	0	0
Sum	2856	1428	21352	4284	29920

5.3.3 Benyttede spor på virkedager og i helg

I Tabell 20 og Tabell 21 er det vist hvilke spor som er tilgjengelige i Ref. 0+ på hverdager og til parkering i helg.

Spor som er forutsatt å kunne benyttes er indikert med et antall >0. Spor som ikke kan benyttes er vist med et antall lik 0.

Tabell 20. Tilgjengelige spor i 3.7 impl. på virkedager.

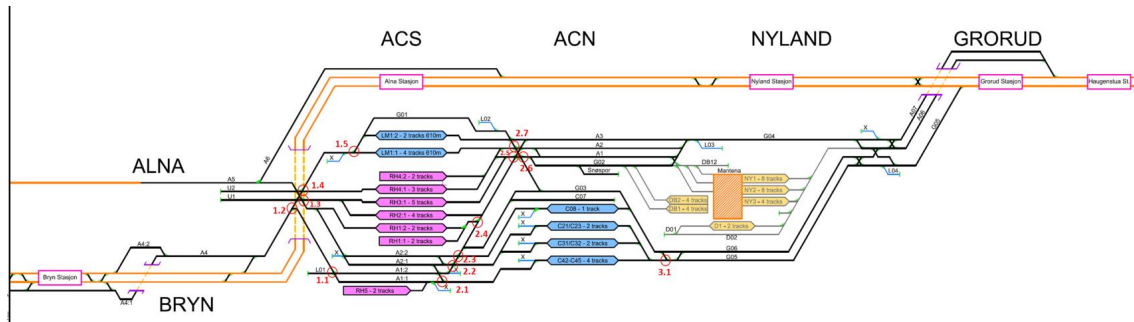
3.7 impl. Gruppe/spor	Kategori	Antall spor totalt som kan brukes på hverdager	Lengde til vognstamme (dim. i gruppe) [m]	Kommentar	Spormeter nominelt	Antall spormeter virkedag med heltall 34 m lange vogner
					0	0
RH5	R	6	400		2400	2244
RH4.2	R	3	500		1500	1428
RH4.1	R	3	670		2010	1938
RH3.2	A	3	674		2022	1938
RH3.1	R	3	690		2070	2040
RH2.2	R	3	740		2220	2142
RH2.1b	R	1	740		740	714
RH2.1a	A	2	740		1480	1428
RH1.2	R	4	600		2400	2312
RH1.1	A	2	600		1200	1156
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
LM3	L	6	660		3960	3876
LM4 (ekstra modul siden mai 2018)	L	2	330		660	612
					0	0
					0	0
G01	G	1	454		454	442
G02	G	1	729	Også uttrekkspor	729	714
G03	G	1	681		681	680
G04	G	1	1000	Også uttrekkspor. G04 kan brukes til parkering, men fall.	1000	986
G05	G	1	974	Også uttrekkspor. Må holde G05 åpen i helg.	974	952
					0	0
A1 Bryn	U	1	740	Godsspor fra Bryn	740	714
					0	0
A21 (Alnabanen)	A	1	935	Antatt lengde	935	918
A22 (Alnabanen)	A	1	838	Antatt lengde. A21 og A23 antas å kunne benyttes til parkering, mens A22 må være ledig.	838	816
A23 (Alnabanen)	A	1	838	Antatt lengde	838	816
					0	0
U31	U	1	793		793	782
U32	U	1	743		743	714
					0	0
A31	-			Blir som sporforbindelse	0	0
A32	-			Blir som sporforbindelse	0	0
					0	0
A42	-			Blir som sporforbindelse	0	0
A41	-			Blir som sporforbindelse	0	0
					0	0
A24 (jf. 4.8.3 full)	A	1	1021	Holdes åpent i helg	1021	1020
					0	0
RH6	R	3	644		1932	1836
RH61	R	1	622		622	612
RH62	R	1	587		587	578
					0	0
RH71	R	1	670		670	646
					0	0
C11	L	1	620		620	612
C12	L	1	620		620	612
					0	0
LM2: C42	L	1	630		630	612
LM2: C42	L	1	630		630	612
LM2: C44	L	1	630		630	612
LM2: C45	L	1	630		630	612
LM2: C25	L	1	670		670	646
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
Sum antall		63	Sum korte/lange		40 649	39 372

Tabell 21. Tilgjengelige spor i 3.7 impl., parkering helg.

3.7 impl. Gruppe/spor	Kategori	Antall spor totalt som kan brukes i helg	Lengde til vognstamme (dim. i gruppe) [m]	Kommentar	Spormeter nominelt	Antall meter parkering helg med heltall 34 m lange vogner
					0	0
RH5	R	6	400		2400	2244
RH4.2	R	3	500		1500	1428
RH4.1	R	3	670		2010	1938
RH3.2	A	3	674		2022	1938
RH3.1	R	3	690		2070	2040
RH2.2	R	3	740		2220	2142
RH2.1b	R	1	740		740	714
RH2.1a	A	2	740		1480	1428
RH1.2	R	4	600		2400	2312
RH1.1	A	2	600		1200	1156
					0	0
					0	0
					0	0
LM3	L	6	660		3960	3876
LM4 (ekstra modul siden mai 2018)	L	2	330		660	612
					0	0
					0	0
G01	G	0	454		0	0
G02	G	0	729	Også uttrekkspor	0	0
G03	G	1	681		681	680
G04	G	0	1000	Også uttrekkspor. G04 kan brukes til parkering, men fall.	0	0
G05	G	0	974	Også uttrekkspor. Må holde G05 åpen i helg.	0	0
					0	0
A1 Bryn	U	0	740	Godsspor fra Bryn	0	0
					0	0
A21 (Alnabanen)	A	0	935	Antatt lengde	0	0
A22 (Alnabanen)	A	0	838	Antatt lengde. A21 og A23 antas å kunne benyttes til parkering, mens A22 må være ledig.	0	0
A23 (Alnabanen)	A	0	838	Antatt lengde	0	0
					0	0
U31	U	0	793		0	0
U32	U	0	743		0	0
					0	0
A31	-			Blir som sporforbindelse	0	0
A32	-			Blir som sporforbindelse	0	0
					0	0
A42	-			Blir som sporforbindelse	0	0
A41	-			Blir som sporforbindelse	0	0
					0	0
A24 (jf. 4.8.3 full)	A	0	1021	Holdes åpent i helg	0	0
					0	0
RH6	R	3	644		1932	1836
RH61	R	1	622		622	612
RH62	R	0	587		0	0
					0	0
RH71	R	1	670		670	646
					0	0
C11	L	1	620		620	612
C12	L	1	620		620	612
					0	0
LM2: C42	L	1	630		630	612
LM2: C42	L	1	630		630	612
LM2: C44	L	1	630		630	612
LM2: C45	L	1	630		630	612
LM2: C25	L	1	670		670	646
					0	0
					0	0
					0	0
Sum antall		51	Sum korte/lange		30 997	29 920

5.4 Konsept 4.8.3

5.4.1 Sporplan



Figur 38. Skjematisk sporplan for 4.8.3, med angitt nummerering av veksler for analyse av belegg i sporforbindelser.

Skjematisk sporplan er gjengitt i større format i Kapittel 11, Vedlegg.

5.4.2 Fordeling av sporlengder på virkedager og helg

I Tabell 22 og Tabell 23 er det for virkedag og helg vist antall spor som er tilgjengelige i Ref. 0+ samt spormeter som er tilgjengelige med et heltall antall vogner à 34 m.

Tabell 22. Sporfordeling og -lengder i 4.8.3, virkedager.

Konsept 4.8.3					
Antall spor på virkedag					
Antall	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	0	1	3	4	8
L	0	0	14	1	15
R	0	2	13	6	21
G	0	0	1	2	3
U	0	0	0	4	4
Sum	0	3	31	17	51
Antall A, R, G	0	3	17	16	36
Spormeter med hele vogner à 34 m (spesifisert lengde), for virkedag					
	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	0	578	1802	4114	6494
L	0	0	8092	714	8806
R	0	884	7718	4284	12886
G	0	0	646	1836	2482
U	0	0	0	3842	3842
Sum	0	1462	18258	14790	34510

Tabell 23. Sporantall og -lengder 4.8.3, parkering helg.

Konsept 4.8.3					
Antall spor til parkering i helg					
Antall	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	0	0	3	0	3
L	0	0	14	1	15
R	0	2	13	6	21
G	0	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0
Sum	0	2	30	7	39
Antall A, R, G	0	2	16	6	24

Spormeter med hele vogner à 34 m (spesifisert lengde), for parkering helg					
	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	0	0	1802	0	1802
L	0	0	8092	714	8806
R	0	884	7718	4284	12886
G	0	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0
Sum	0	884	17612	4998	23494

5.4.3 Benyttede spor på virkedager og i helg

I Tabell 24 og Tabell 25 er det vist hvilke spor som er tilgjengelige i Ref. 0+ på hverdager og til parkering i helg.

Spor som er forutsatt å kunne benyttes er indikert med et antall >0. Spor som ikke kan benyttes er vist med et antall lik 0.

Tabell 24. Tilgjengelige spor i 4.8.3, virkedager.

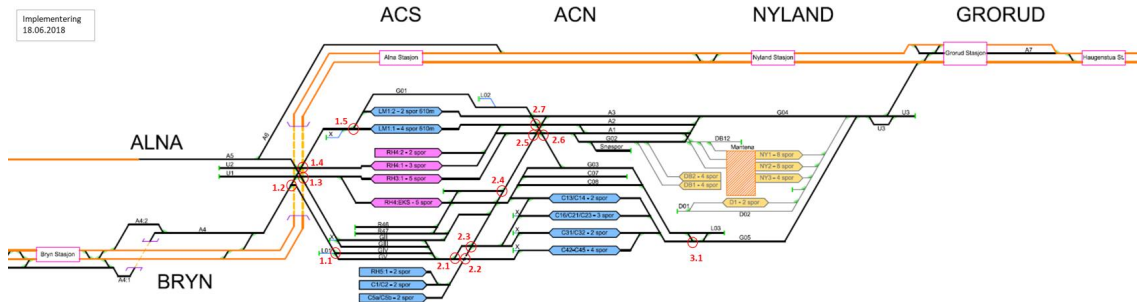
4.8.3 Gruppe/spor	Kategori	Antall spor totalt som kan brukes på hverdager	Lengde til vognstamme (dim. i gruppe) [m]	Kommentar	Spormeter nominelt	Antall spormeter virkedag med heltall 34 m lange vogner
					0	0
C107	L	1	610	Modul A	610	578
C108	L	1	610	Modul A	610	578
C109	L	1	610	Modul A	610	578
C110	L	1	610	Modul A	610	578
C111	L	1	610	Modul A	610	578
C112	L	1	610	Modul A	610	578
					0	0
C08	L	1	720	Reachstacker/gaffeltruck	720	714
					0	0
C21	L	1	610	Reachstacker/gaffeltruck	610	578
C23	L	1	610	Reachstacker/gaffeltruck	610	578
					0	0
C31	L	1	610	Reachstacker/gaffeltruck	610	578
C32	L	1	610	Reachstacker/gaffeltruck	610	578
					0	0
C42	L	1	610	Kran	610	578
C43	L	1	610	Kran	610	578
C44	L	1	610	Kran	610	578
C45	L	1	610	Kran	610	578
					0	0
RH4.2	R	2	744	R18-R17. Butt mot sør	1488	1428
					0	0
RH4.1b	R	1	731	R16	731	714
RH4.1a	R	2	657	R15-R14	1314	1292
					0	0
RH3.1	R	5	599	R13-R9	2995	2890
					0	0
RH2.1	R	4	585	R8-R5	2340	2312
RH1.2b	R	1	738	R4	738	714
RH1.2a	R	1	739	R3	739	714
RH1.1	R	2	638	R2-R1. Butt mot sør	1276	1224
					0	0
RH5	R	2	466	R20-R19. Butt mot sør	932	884
					0	0
C07	R	1	720	Ligger bak C08. Brukes som hensetting	720	714
					0	0
A1	A	1	978	Nyjand. Fall.	978	952
A2	A	1	1051	Nyjand. Fall.	1051	1020
A3	A	1	1122	Nyjand. Fall.	1122	1122
					0	0
A1.1	A	1	615	Sør for R	615	612
A1.2	A	1	637	Sør for R	637	612
A2.1	A	1	578	Sør for R. Må holdes åpent i helg.	578	578
A2.2	A	1	585	Sør for R	585	578
					0	0
A4	U	1	868	Godsspor fra Bryn. Ikke brukt som A, men som U.	868	850
A4.1	-			Godsspor ved Bryn. Ikke brukt som A.	0	0
A4.2	-			Godsspor fra Bryn. Ikke brukt som A.	0	0
					0	0
A5	U	1	740	Alnabanen. Lengde endret til effektivt 740 m. Ikke parkering i helg.	740	714
					0	0
A6	A	1	1021	Forbindelse mellom Hovedbanen og Alnabanen. Holdes åpen i helg.	1021	1020
					0	0
A06	-		946	Ligger på utsiden. Telles ikke med.	0	0
A07	-		946	Ligger på utsiden. Telles ikke med.	0	0
					0	0
G01	G	1	669		669	646
G02	G	1	1034	Må holdes åpent. Også fall.	1034	1020
G03	G	1	821		821	816
G04	-		771	Ligger på utsiden - blir som sporforbindelse	0	0
G05	U	1	1158		1158	1156
G06	U	1	1140		1140	1122
					0	0
U1	-		200	Uttrekkspor, korte og stort sett bare for lok. Kan ikke brukes til vognstammer.	0	0
U2	-		200	Uttrekkspor, korte og stort sett bare for lok. Kan ikke brukes til vognstammer.	0	0
Sum antall spor		51	Sum korte/lange		35 550	34 510

Tabell 25. Tilgjengelige spor i 4.8.3, parkering helg.

4.8.3 Gruppe/spor	Kategori	Antall spor totalt som kan brukes i helg	Lengde til vognstamme (dim. i gruppe) [m]	Kommentar	Spormeter nominelt	Antall meter parkering helg med heitall 34 m lange vogner
					0	0
C107	L	1	610	Modul A	610	578
C108	L	1	610	Modul A	610	578
C109	L	1	610	Modul A	610	578
C110	L	1	610	Modul A	610	578
C111	L	1	610	Modul A	610	578
C112	L	1	610	Modul A	610	578
					0	0
C08	L	1	720	Reachstacker/gaffeltruck	720	714
					0	0
C21	L	1	610	Reachstacker/gaffeltruck	610	578
C23	L	1	610	Reachstacker/gaffeltruck	610	578
					0	0
C31	L	1	610	Reachstacker/gaffeltruck	610	578
C32	L	1	610	Reachstacker/gaffeltruck	610	578
					0	0
C42	L	1	610	Kran	610	578
C43	L	1	610	Kran	610	578
C44	L	1	610	Kran	610	578
C45	L	1	610	Kran	610	578
					0	0
RH4.2	R	2	744	R18-R17. Butt mot sør	1488	1428
					0	0
RH4.1b	R	1	731	R16	731	714
RH4.1a	R	2	657	R15-R14	1314	1292
					0	0
RH3.1	R	5	599	R13-R9	2995	2890
					0	0
RH2.1	R	4	585	R8-R5	2340	2312
RH1.2b	R	1	738	R4	738	714
RH1.2a	R	1	739	R3	739	714
RH1.1	R	2	638	R2-R1. Butt mot sør	1276	1224
					0	0
RH5	R	2	466	R20-R19. Butt mot sør	932	884
					0	0
C07	R	1	720	Ligger bak C08. Brukes som hensetting	720	714
					0	0
A1	A	0	978	Nyland. Fall.	0	0
A2	A	0	1051	Nyland. Fall.	0	0
A3	A	0	1122	Nyland. Fall.	0	0
					0	0
A1.1	A	1	615	Sør for R	615	612
A1.2	A	1	637	Sør for R	637	612
A2.1	A	0	578	Sør for R. Må holdes åpent i helg.	0	0
A2.2	A	1	585	Sør for R	585	578
					0	0
A4	U	0	868	Godsspor fra Bryn. Ikke brukt som A, men som U.	0	0
A4.1	-			Godsspor ved Bryn. Ikke brukt som A.	0	0
A4.2	-			Godsspor fra Bryn. Ikke brukt som A.	0	0
					0	0
A5	U	0	740	Alnabanen. Lengde endret til effektivt 740 m. Ikke parkering i helg.	0	0
					0	0
A6	A	0	1021	Forbindelse mellom Hovedbanen og Alnabanen. Holdes åpen i helg.	0	0
					0	0
A06	-		946	Ligger på utsiden. Telles ikke med.	0	0
A07	-		946	Ligger på utsiden. Telles ikke med.	0	0
					0	0
G01	G	0	669		0	0
G02	G	0	1034	Må holdes åpent. Også fall.	0	0
G03	G	0	821		0	0
G04	-		771	Ligger på utsiden - blir som sporforbindelse	0	0
G05	U	0	1158		0	0
G06	U	0	1140		0	0
					0	0
U1	-		200	Uttrekkspor, korte og stort sett bare for lok. Kan ikke brukes til vognstammer.	0	0
U2	-		200	Uttrekkspor, korte og stort sett bare for lok. Kan ikke brukes til vognstammer.	0	0
Sum antall spor		39	Sum korte/lange		24 370	23 494

5.5 Konsept 4.8.3 Implementering

5.5.1 Sporplan



Figur 39. Skjematisk sporplan for 4.8.3 Implementering, med angitt nummerering av veksler for analyse av belegg i sporforbindelser.

Skjematisk sporplan er gjengitt i større format i Kapittel 11, Vedlegg.

5.5.2 Fordeling av sporlengder på virkedager og i helg

I Tabell 26 og Tabell 27 er det for virkedag og helg vist antall spor som er tilgjengelige i Ref. 0+ samt spormeter som er tilgjengelige med et heltall antall vogner à 34 m.

Tabell 26. Sporfordeling og -lengder i 4.8.3 impl., virkedager.

Konsept 4.8.3 impl.					
Antall spor på virkedag					
Antall	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	1	3	0	4	8
L	4	2	13	0	19
R	4	5	9	4	22
G	0	1	1	2	4
U	0	0	0	3	3
Sum	9	11	23	13	56
Antall A, R, G	5	9	10	13	37
Spormeter med hele vogner à 34 m (spesifisert lengde), for virkedag					
	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	408	1496	0	4114	6018
L	1428	986	7514	0	9928
R	1394	2482	5372	2856	12104
G	0	476	646	1802	2924
U	0	0	0	2686	2686
Sum	3230	5440	13532	11458	33660

Tabell 27. Sporfordeling og -lengder i 4.8.3 impl., virkedager.

Konsept 4.8.3 impl.					
Antall spor til parkering i helg					
Antall	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	0	3	0	0	3
L	4	2	13	0	19
R	4	5	9	4	22
G	0	1	0	0	1
U	0	0	0	0	0
Sum	8	11	22	4	45
Antall A, R, G	4	9	9	4	26
Spormeter med hele vogner à 34 m (spesifisert lengde), for parkering helg					
	Korte < 440	440 <= Korte < 580	580 <= Middels < 720	Lange >= 720	Sum
A	0	1496	0	0	1496
L	1428	986	7514	0	9928
R	1394	2482	5372	2856	12104
G	0	476	0	0	476
U	0	0	0	0	0
Sum	2822	5440	12886	2856	24004

5.5.3 Benyttede spor på virkedager og i helg

I Tabell 28 og Tabell 29 er det vist hvilke spor som er tilgjengelige i Ref. 0+ på hverdager og til parkering i helg.

Spor som er forutsatt å kunne benyttes er indikert med et antall >0. Spor som ikke kan benyttes er vist med et antall lik 0.

Tabell 28. Tilgjengelige spor i 4.8.3 impl, virkedager.

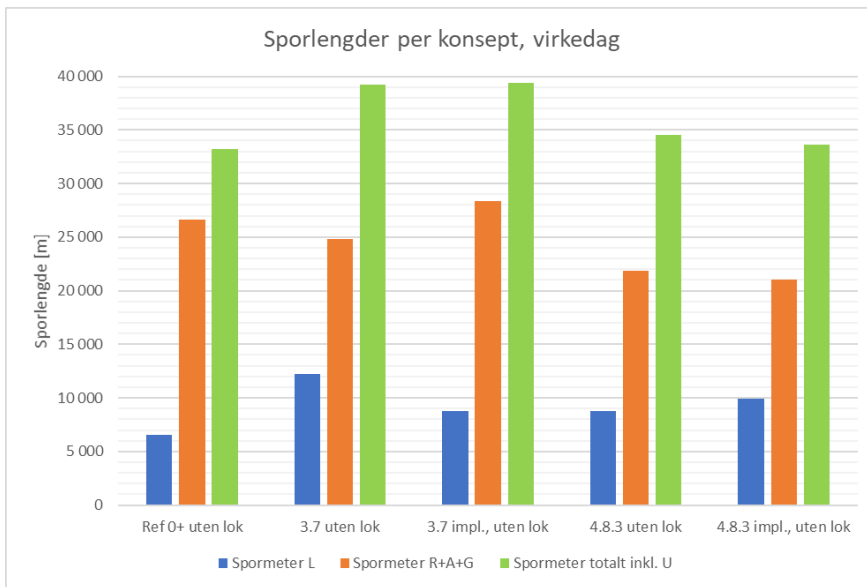
4.8.3 impl Gruppe/spor	Kategori	Antall spor totalt som kan brukes på hverdager	Lengde til vognstamme (dim. i gruppe) [m]	Kommentar	Spormeter nominelt	Antall spormeter virkedag med heittall 34 m lange vogner
C107, Modul A	L	1	610	Modul A	610	578
C108, Modul A	L	1	610	Modul A	610	578
C109, Modul A	L	1	610	Modul A	610	578
C110, Modul A	L	1	610	Modul A	610	578
C111, Modul A	L	1	610	Modul A	610	578
C112, Modul A	L	1	610	Modul A	610	578
C08	L	1	600	Reachstacker/gaffeltruck	600	578
C21	G	1	500	Reachstacker/gaffeltruck. Gjennomkjøring, men regner med at i helg er det nok med G03.	500	476
C23	L	1	500	Reachstacker/gaffeltruck	500	476
C31	L	1	600	Reachstacker/gaffeltruck	600	578
C32	L	1	600	Reachstacker/gaffeltruck	600	578
C42	L	1	580	Kran	580	578
C43	L	1	580	Kran	580	578
C44	L	1	580	Kran	580	578
C45	L	1	580	Kran	580	578
RH4.2	R	2	744	R18-R17. Butt mot sør	1488	1428
RH4.1b	R	1	731	R16	731	714
RH4.1a	R	2	657	R15-R14	1314	1292
RH3.1	R	5	599	R13-R9	2995	2890
RH5	R	2	364	R20-R19. Butt mot sør	728	680
C07	R	1	720	Ligger bak C08. Brukes som hensetting	720	714
A1	A	1	978	Nyland. Fall.	978	952
A2	A	1	1051	Nyland. Fall.	1051	1020
A3	A	1	1122	Nyland. Fall.	1122	1122
C1	R	1	383		383	374
C2	L	1	405		405	374
CSa	L	1	356		356	340
CSb	R	1	356		356	340
C13	L	1	540		540	510
C14	L	1	320		320	306
C16	L	1	430	I butt fra nord	430	408
RH4.EKS R41	R	1	541		541	510
RH4.EKS R42	R	1	484		484	476
RH4.EKS R43	R	1	470		470	442
RH4.EKS R44	R	1	615		615	612
RH4.EKS R45	R	1	601		601	578
R46	R	1	521		521	510
R47	R	1	544		544	544
GII	A	1	424	Må holdes åpent i helg.	424	408
GIII	A	1	450		450	442
GIV	A	1	529		529	510
GV	A	1	575		575	544
A4	U	1	868	Godsspor fra Bryn. Ikke brukt som A, men som U.	868	850
A4.1	-	-	-	Godsspor ved Bryn. Ikke brukt som A.	0	0
A4.2	-	-	-	Godsspor fra Bryn. Ikke brukt som A.	0	0
A5	U	1	740	Alnabanen. Lengde endret til effektivt 740 m	740	714
A6	A	1	1021	Fra Hovedbanen til Alnabanen.	1021	1020
G01	G	1	669		669	646
G02	G	1	1034		1034	1020
G03	G	1	804		804	782
G04	-	-	754	Ligger på utsiden - blir som sporforbindelse	0	0
G05	U	1	1144		1144	1122
G06	-	-	-		0	0
U1	-	-	200	Uttrekkspor, korte og stort sett bare for lok. Kan ikke brukes til vognstammer.	0	0
U2	-	-	200	Uttrekkspor, korte og stort sett bare for lok. Kan ikke brukes til vognstammer.	0	0
Sum antall spor		56			34 731	33 660

Tabell 29. Tilgjengelige spor i 4.8.3 impl., parkering helg.

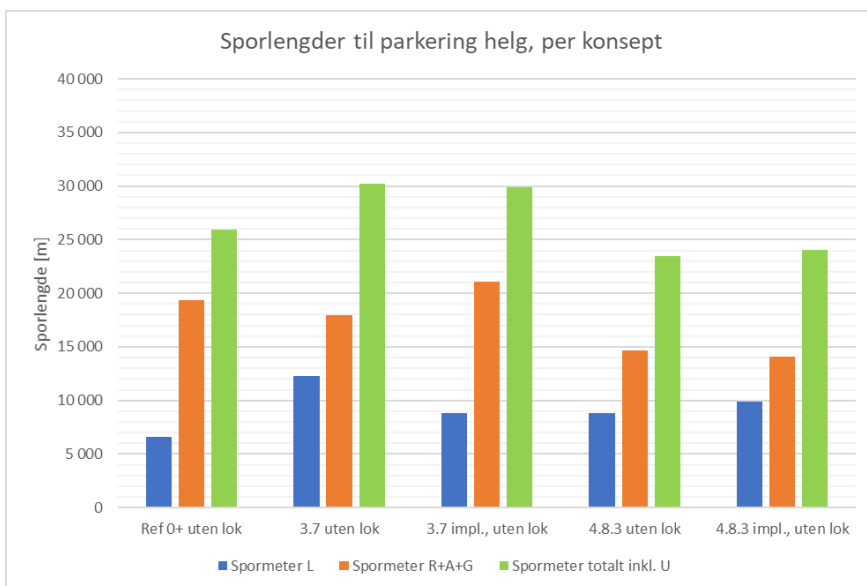
4.8.3 impl Gruppe/spor	Kategori	Antall spor totalt som kan brukes i helg	Lengde til vognstamme (dim. i gruppe) [m]	Kommentar	Spormeter nominelt	Antall meter parkering helg med heitall 34 m lange vogner
C107, Modul A	L	1	610	Modul A	610	578
C108, Modul A	L	1	610	Modul A	610	578
C109, Modul A	L	1	610	Modul A	610	578
C110, Modul A	L	1	610	Modul A	610	578
C111, Modul A	L	1	610	Modul A	610	578
C112, Modul A	L	1	610	Modul A	610	578
					0	0
C08	L	1	600	Reachstacker/gaffeltruck	600	578
					0	0
C21	G	1	500	Reachstacker/gaffeltruck. Gjennomkjøring, men regner med at i helg er det nok med G03.	500	476
C23	L	1	500	Reachstacker/gaffeltruck	500	476
					0	0
C31	L	1	600	Reachstacker/gaffeltruck	600	578
C32	L	1	600	Reachstacker/gaffeltruck	600	578
					0	0
C42	L	1	580	Kran	580	578
C43	L	1	580	Kran	580	578
C44	L	1	580	Kran	580	578
C45	L	1	580	Kran	580	578
					0	0
RH4.2	R	2	744	R18-R17. Butt mot sør	1488	1428
					0	0
RH4.1b	R	1	731	R16	731	714
RH4.1a	R	2	657	R15-R14	1314	1292
					0	0
RH3.1	R	5	599	R13-R9	2995	2890
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
RH5	R	2	364	R20-R19. Butt mot sør	728	680
					0	0
C07	R	1	720	Ligger bak C08. Brukes som hensetting	720	714
					0	0
A1	A	0	978	Nyland. Fall.	0	0
A2	A	0	1051	Nyland. Fall.	0	0
A3	A	0	1122	Nyland. Fall.	0	0
					0	0
C1	R	1	383		383	374
C2	L	1	405		405	374
					0	0
C5a	L	1	356		356	340
C5b	R	1	356		356	340
					0	0
C13	L	1	540		540	510
C14	L	1	320		320	306
					0	0
C16	L	1	430	I butt fra nord	430	408
					0	0
RH4.EKS R41	R	1	541		541	510
RH4.EKS R42	R	1	484		484	476
RH4.EKS R43	R	1	470		470	442
RH4.EKS R44	R	1	615		615	612
RH4.EKS R45	R	1	601		601	578
					0	0
R46	R	1	521		521	510
R47	R	1	544		544	544
GI I	A	0	424	Må holdes åpent i helg.	0	0
GI II	A	1	450		450	442
GI V	A	1	529		529	510
GV	A	1	575		575	544
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
A4	U	0	868	Godsspor fra Bryn. Ikke brukt som A, men som U.	0	0
A4.1	-			Godsspor ved Bryn. Ikke brukt som A.	0	0
A4.2	-			Godsspor fra Bryn. Ikke brukt som A.	0	0
					0	0
A5	U	0	740	Alnabanen. Lengde endret til effektivt 740 m	0	0
					0	0
A6	A	0	1021	Fra Hovedbanen til Alnabanen.	0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
G01	G	0	669		0	0
G02	G	0	1034		0	0
G03	G	0	804		0	0
G04	-		754	Ligger på utsiden - blir som sporforbindelse	0	0
G05	U	0	1144		0	0
€P6					0	0
					0	0
U1	-		200	Utrekkspor, korte og stort sett bare for lok. Kan ikke brukes til vognstammer.	0	0
U2	-		200	Utrekkspor, korte og stort sett bare for lok. Kan ikke brukes til vognstammer.	0	0
Sum antall spor		45			24 876	24 004

5.6 Oppsummering mht. spor og sporelengder

Oppsummering av sporelengder i konseptene for virkedag og helg er vist i Figur 40 og Figur 41.

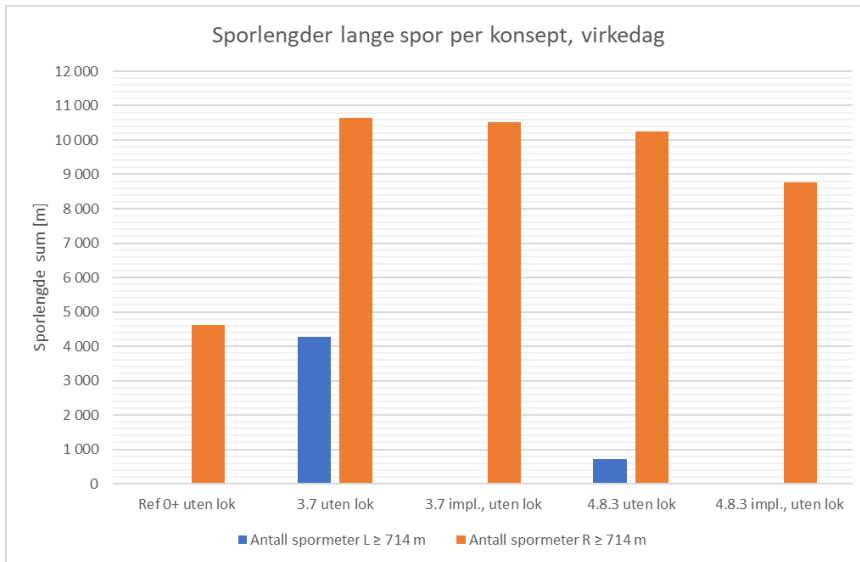


Figur 40. Samlet lengde av spor i konseptene, virkedag.

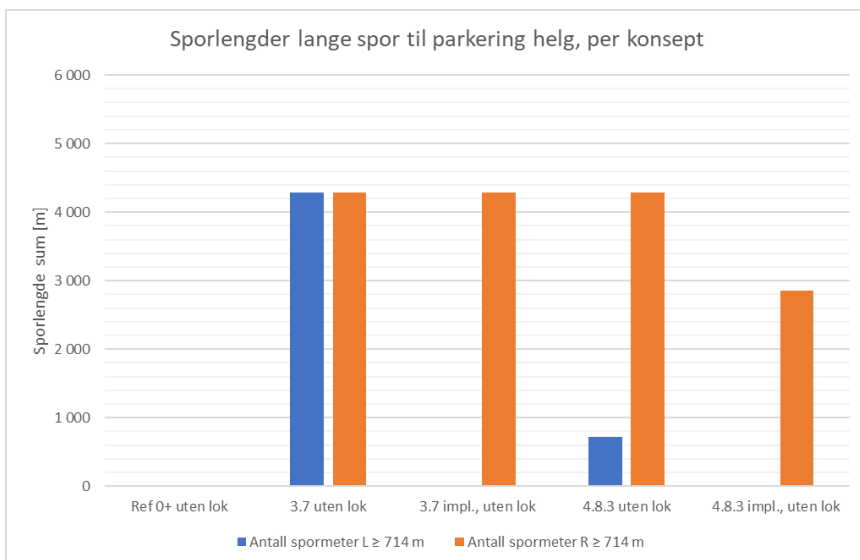


Figur 41. Samlet lengde av spor i konseptene, hensetting helg.

Oppsummering av sporenlengder for lange lastespor i konseptene for virkedag og helg er vist i Figur 42 og Figur 43.



Figur 42. Samlet lengde av lange spor i konseptene, virkedag.



Figur 43. Samlet lengde av lange spor i konseptene, parkering helg.

6 Resultater sporbehov

I de følgende tabellene og figurene er det vist hva sporbehovet er i 2040 og 2060. Sporbehovet er beregnet *konseptuavhengig* og uten hensyn til tog lengde. Et spor svarer da til en vognstamme uavhengig av lengde. Lengde av vognstammer sett opp mot sporenlengde og eventuelt behov for deling av vognstammer behandles under beregning av kapasitet mht. antall spor.

Som nevnt tidligere er det *ikke* – i de konseptuavhengige beregningene - inkludert ekstra sporbehov hvis spor er for korte i forhold til vognstammer. Dette behovet kommer i tillegg og analyseres da mer detaljert i de konseptspesifikke analysene.

Det er antatt at skifting til lastespor for lasting i begynnelsen av driftsuken (søndag kveld) og skifting fra lastespor etter lossing ved slutten av driftsuken (natten til lørdag) kan utføres på forhånd før avgang hhv. i ettertid av ankomst helg. På den måten kan skiftefrekvens reduseres og sporbehov reduseres i en periode av uken.

Det er forutsatt at det er mulig å parker i ledige A-spor og i ledige L-spor.

Når det parkeres i ledige lastespor som er reachstackerspor kan det spares utkjøring til R-spor for å foreta diverse operasjoner. Det blir da prinsipielt mindre skifting og dette er inkludert i analysen.

Når det gjelder sporbehov for snøgraving er det i analysen og beregning av sporbehov forutsatt at det er behov for et ekstra spor for å sikre atkomst med toveismaskin til spor der vognstamme står. Når det er reachstackerspor kan det sikres atkomst for snøgraving fra siden av vognstammen uten å belegge et annet spor. Dette kan da i referanse-konseptet og i 4.8.3 gi et litt lavere sporbehov enn det som er beregnet. Tilsvarende blir kapasiteten litt høyere enn det som er beregnet. I 4.8.3 er det ikke utelukkende reachstacker spor men også kranspor i modul A, og behovet er da kanskje 1 spor mindre enn beregnet. Imidlertid er dette bare av betydning på hverdager ved normal drift. I helg er det antall spormeter som er viktig og siden det er helgeparkering som er dimensjonerende (beskrives i avsnitt 7.1.3) er det derfor ikke gjort noen ytterligere analyse av effekten på virkedager. (En grov vurdering tilsier at en reduksjon i sporbehovet fra 51 til 50 spor øker kapasiteten på virkedager med en faktor $51/50 = 1,02$.)

Det er sett bort fra belegg i sporforbindelser til inn- og utkjøring av toveismaskiner for snøgraving. Det er heller ikke sett detaljert på mulighet for atkomst på gummihjul fram til aktuelt spor.

6.1 Sporbehov i tabellform for 2040 og 2060

Figur 44 viser sporbehov av ulik type i 2040 og 2060 for virkedag og uken (helg).

Sporbehov er også etterfølgende illustrert grafisk over tid i Figur 45 til Figur 48.

De 4 øverste radene viser samlet behov totalt sett. I punktform i den nedre delen av i Figur 44 er det vist hva som er maksimalbehovet i løpet av uken eller virkedøgn. Siden sporbruk overlapper vil summen av sporbehov i punktform bli større enn det som er sporbehovet totalt (4. rad fra oven).

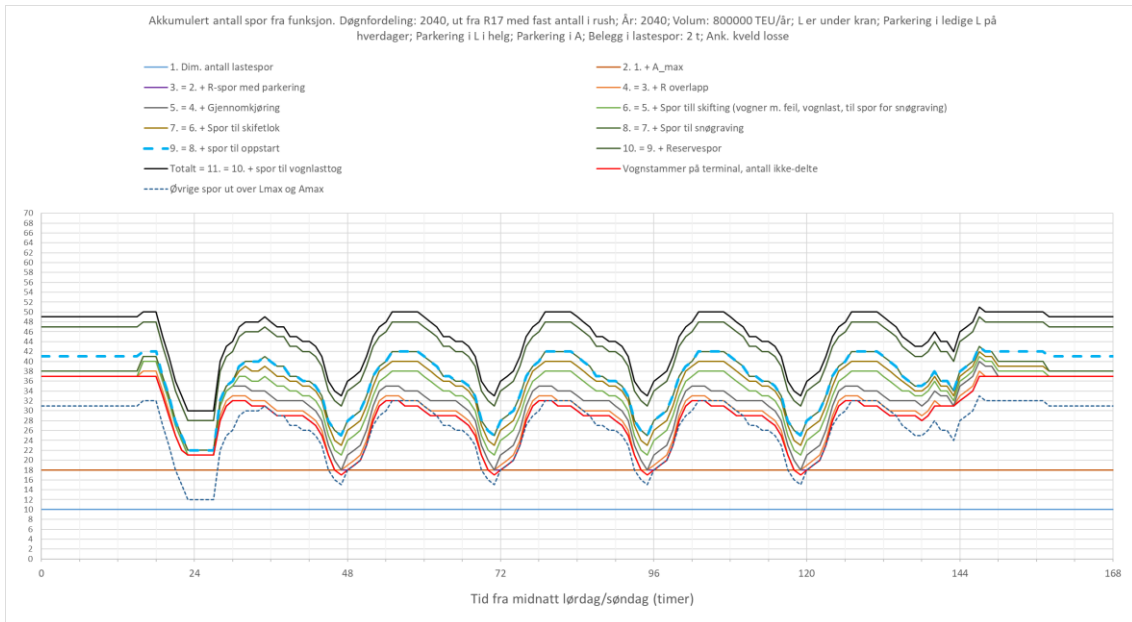
År	2040	2040	2060	2060
	Max over uken	Max over virkedag	Max over uken	Max over virkedag
Forutsetninger	Akkumulert antall spor fra funksjon. Døgnfordeling: 2040, ut fra R17 med fast antall i rush; År: 2040; Volum: 800000 TEU/år; L er under kran; Parkering i ledige L på hverdager; Parkering i Li helg; Parkering i A; Belegg i lastespor: 2 t; Ank. kveld losses natt	Akkumulert antall spor fra funksjon. Døgnfordeling: 2040, ut fra R17 med fast antall i rush; År: 2040; Volum: 800000 TEU/år; L er under kran; Parkering i ledige L på hverdager; Parkering i Li helg; Parkering i A; Belegg i lastespor: 2 t; Ank. kveld losses natt	Akkumulert antall spor fra funksjon. Døgnfordeling: 2060, ut fra R17 med fast antall i rush; År: 2060; Volum: 1100000 TEU/år; L er under kran; Parkering i ledige L på hverdager; Parkering i Li helg; Parkering i A; Belegg i lastespor: 2 t; Ank. kveld losses natt	Akkumulert antall spor fra funksjon. Døgnfordeling: 2060, ut fra R17 med fast antall i rush; År: 2060; Volum: 1100000 TEU/år; L er under kran; Parkering i ledige L på hverdager; Parkering i Li helg; Parkering i A; Belegg i lastespor: 2 t; Ank. kveld losses natt
Type spor	Sporbehov, antall spor etter funksjon, over hele uken	Sporbehov, antall spor etter funksjon, hverdag (onsdag)	Sporbehov, antall spor etter funksjon, over hele uken	Sporbehov, antall spor etter funksjon, hverdag (onsdag)
Lastespor	10	10	12	12
A-spor	8	8	8	8
R- og G-spor (utenom A- og L-spor)	33	32	35	30
Sporbehov totalt	51	50	55	50
- herav maksbehov på et gitt tidspunkt etter funksjon i R; det er gjenbruk av funksjoner slik at behov ikke nødvendigvis er samtidig				
• A med parkering	8	8	8	7
• L med parkering	10	9	12	9
• Parkering i R	19	14	21	10
• Gjennomkjøringsspor	2	2	2	2
• Spor til overlapp i tid ml. Log R	1	1	1	1
• Reservespor	6	6	6	6
• Spor til oppstart	3	0	3	0
• Spor til skifting	4	4	4	4
• Spor til skiftelok	2	2	3	3
• Spor til snøgraving	2	2	2	2
• Spor til vognlasttog	2	2	2	2
Antall L	10	10	12	12
Antall R (inkl. A og G)	41	40	43	38

Figur 44. Konseptuavhengig sporbehov over uken og for virkedøgn i 2040 og 2060.

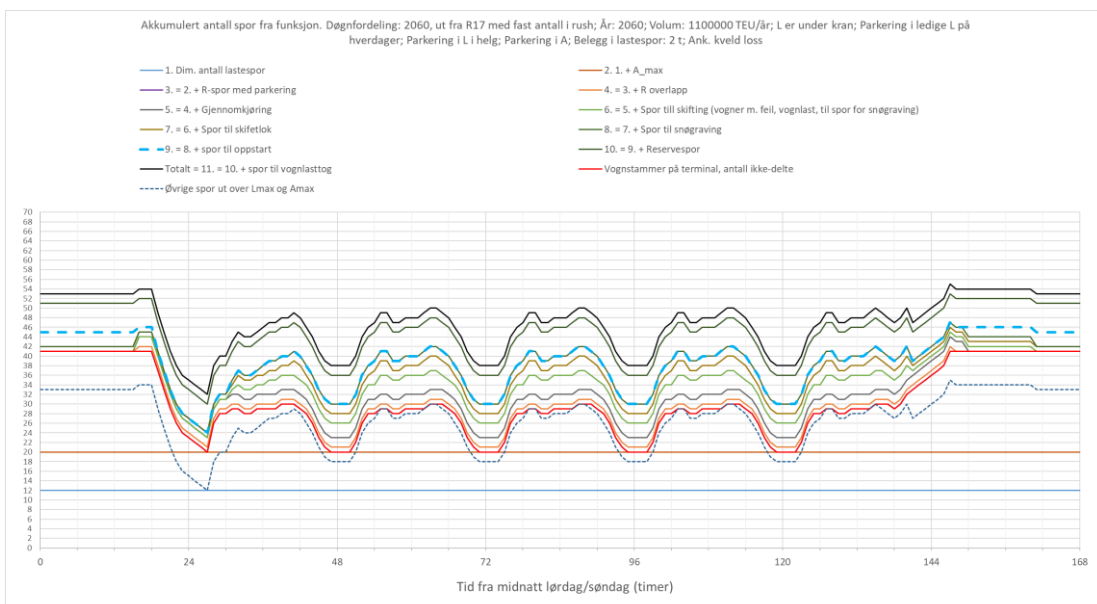
Antall R-spor som bare brukes til parkering finnes ut fra tallet «Parkering i R». F.eks. er det for 2040 over hele uken lik 19 og dette finnes også med grønn kurve i Figur 45. For virkedøgn er verdien i 2040 jf. Figur 44 lik 14. Denne verdien finnes som grønn linje i Figur 47 (eller i Figur 45).

6.2 Sporbehov over tid

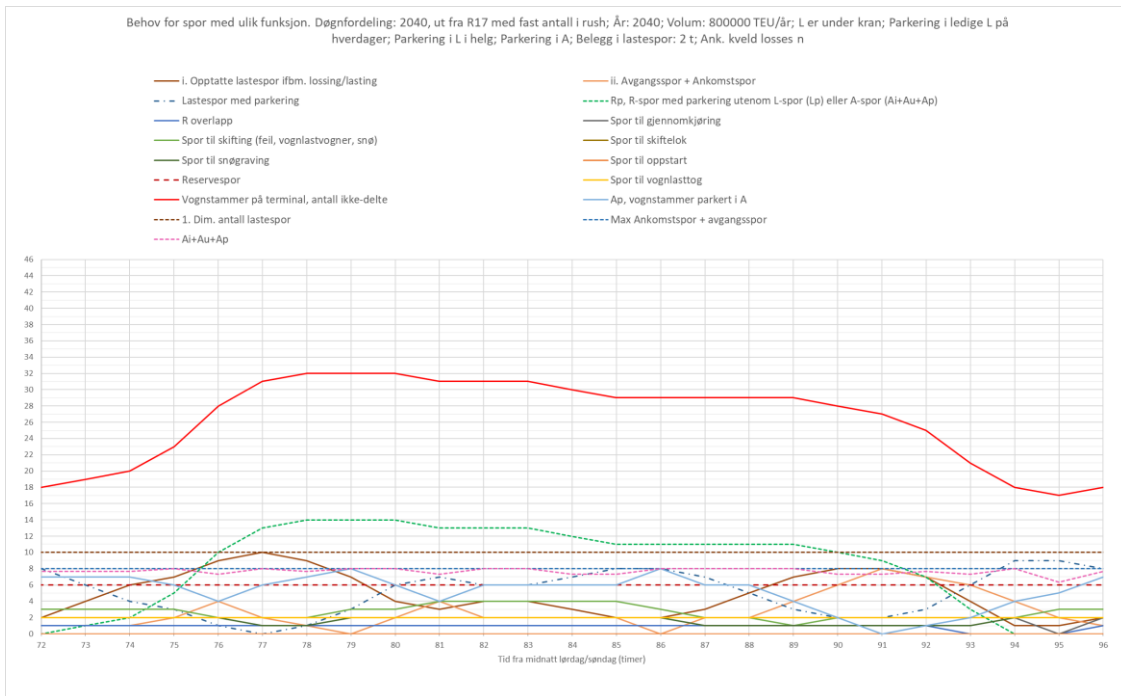
Sporbehov over tid er illustrert med grafer i Figur 45 til Figur 48.



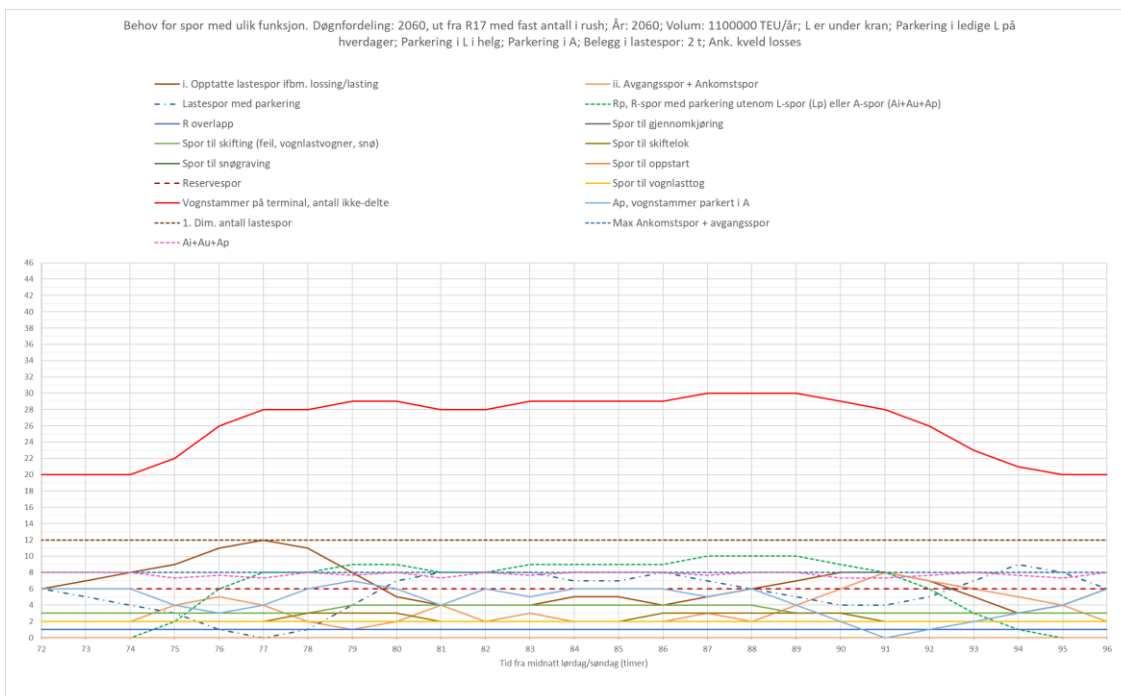
Figur 45. Sporbehov akkumulert, over uken 2040.



Figur 46. Sporbehov akkumulert over uken, 2060.



Figur 47. Sporbehov for hver type spor, virkedøgn, 2040



Figur 48. Sporbehov av hver type spor over, virkedøgn, 2060.

7 Resultater for sporkapasitet

Dette kapitlet beskriver resultater for beregning av sporkapasitet. I avsnitt 7.1 beskrives selve resultatene, i avsnitt 7.2 gis det en nærmere beskrivelse av belegg og kapasitet i sporforbindelser og i avsnitt 7.3 er det belyst hvordan samlet kapasitet på terminalen kan endre seg ved variasjon i forutsetninger.

7.1 Samlet framstilling av resultater for sporkapasitet

7.1.1 Kapasitet mht. antall spor på terminalen

Kapasitet ut fra antall spor på terminalen er analysert på to måter

- Kapasitet ut fra antall spor *totalt* inkludert ankomstspor, uttrekkspor etc. (bruttoantall) ved drift og hensetting under ett
- Kapasitet ut fra antall spor der det kan være *hensetting* på hverdager i forbindelse med driften

Hensetting i helg i 3.7 og 3.7 implementering er beregnet uten sporene A21 og A23 langs Alnabananen. Dette skyldes helning i sporene (10 ‰; krav til maksimal helning for spor som bygges for hensetting er 5 ‰, jf. (3)). En justering av konseptet med utflating av vertikalprofilen ville gjøre hensetting mulig, men kostnaden er ikke inkludert i konseptet.

For hensetting på hverdager er spor A21 og A23 også tatt ut som hensettingsspor.

Maksimalkapasiteten (jf. metode i avsnitt 3.7.3) er beregnet ut fra angitt spormeter. Den nedre grensen var først beregnet med hensetting i A21 og A23 men er nedjustert med samme andel som spormeter endrer seg uten A21 og A23. Samlet sporelengde i 3.7 endrer seg fra 31 960 m til 30 266 m, eller med -5,4 ‰. I 3.7 impl. endrer sporelengde seg fra 31 654 m til 29 920 m, eller -5,5 ‰.

For hensetting på hverdager er det i utgangspunktet benyttet samme spor som for hensetting i helg men med følgende endringer for hensetting (i kortere perioder/maksperioden):

Ref. 0+:	Som for helg
3.7:	Benytter A24
3-7 impl.	Benytter A24
4.8.3	Benytter A6
4.8.3. impl.	Benytter A6

Tabell 30 viser resultatene for kapasitet mht. antall spor.

Dimensjonerende kapasiteten mht. antall spor bestemmes av minste verdi av kapasitet på virkedager (det er nødvendig å ha vognstammer inne og utføre operasjoner) samt kapasitet i helg (det er parkering ved tilnærmet driftsstans).

Tabell 30. Kapasitet mht. antall spor, 2040 og 2060.

Kapasitet mht. antall spor [TEU/år]			Ref. 0+	3.7	3.7 impl.	4.8.3	4.8.3 impl.
2040	Virkedag, bruttoantall spor	Min v.d. 2040	720 000	854 000	800 000	800 000	743 000
		Max v.d. 2040	908 000	1 049 000	1 053 000	871 000	879 000
		Snitt v.d. 2040	814 000	952 000	927 000	836 000	811 000
	Virkedag, hensetting	Min v.d. 2040	709 000	868 000	787 000	767 000	720 000
		Max v.d. 2040	895 000	1 067 000	1 036 000	835 000	852 000
		Snitt v.d. 2040	802 000	968 000	912 000	801 000	786 000
	Helg	Min helg 2040	600 000	757 000	756 000	600 000	600 000
		Max helg 2040	809 000	942 000	933 000	732 000	748 000
		Snitt helg 2040	705 000	850 000	845 000	666 000	674 000
2060	Virkedag, bruttoantall spor	Min v.d. 2060	825 000	1 210 000	963 000	990 000	963 000
		Max v.d. 2060	965 000	1 404 000	1 295 000	1 165 000	1 177 000
		Snitt v.d. 2060	895 000	1 307 000	1 129 000	1 078 000	1 070 000
	Virkedag, hensetting	Min v.d. 2060	767 000	1 188 000	986 000	1 036 000	975 000
		Max v.d. 2060	967 000	1 459 000	1 298 000	1 128 000	1 153 000
		Snitt v.d. 2060	867 000	1 324 000	1 142 000	1 082 000	1 064 000
	Helg	Min helg 2060	734 000	994 000	993 000	750 000	800 000
		Max helg 2060	964 000	1 123 000	1 112 000	873 000	892 000
		Snitt helg 2060	849 000	1 059 000	1 053 000	812 000	846 000

Når det gjelder kapasitet for helgehensetting kan beregningen illustreres med f.eks. konsept 4.8.3 i 2040 og 2060.

2040: med vognstammer på 580 m:

37 vognstammer + 6 oppsamlingsspor + 2 vognlastspor: $37 \cdot 580 + 6 \cdot 500 + 2 \cdot 580 = 25\,690$ m.

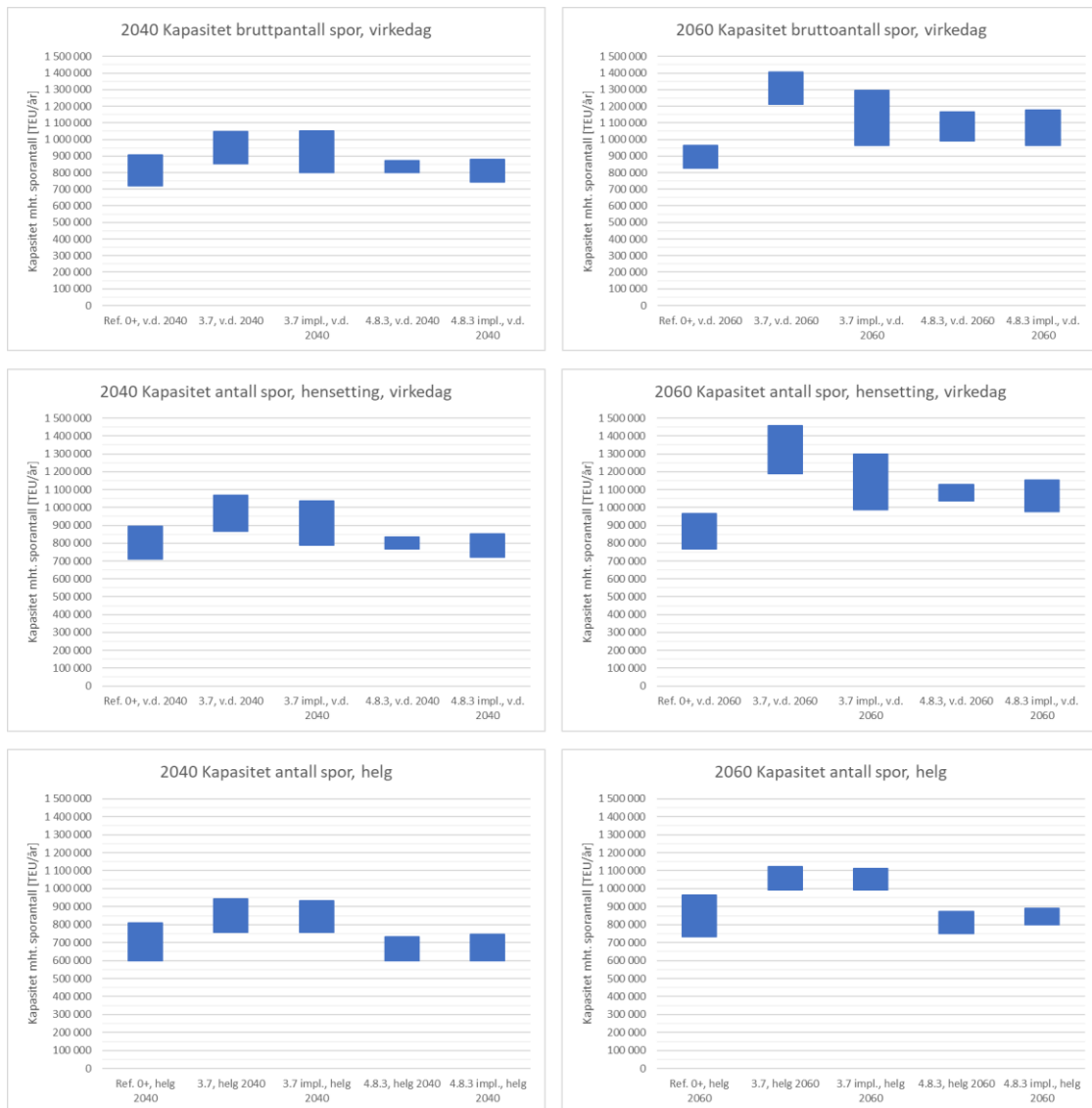
Tilgjengelig: 23 494. Måloppnåelse = $23494/25690 = 91,5\%$. Kapasitet = $91,5\% \cdot 800\,000 = 731\,600 \approx 732\,000$ TEU/år.

2060: Behov med lengre vognstammer à 622 m.

41 vognstammer + 6 oppsamlingsspor + 2 vognlastspor: $41 \cdot 622 + 6 \cdot 500 + 2 \cdot 580 = 29\,662$ m.

Tilgjengelig: 23 494. Måloppnåelse = $23494/29622 = 79,1\%$. Kapasitet = $79,1\% \cdot 1\,100\,000 \approx 872\,400$ TEU/år.

I Figur 49 er kapasiteten fra Tabell 30 mht. antall spor vist som diagram.



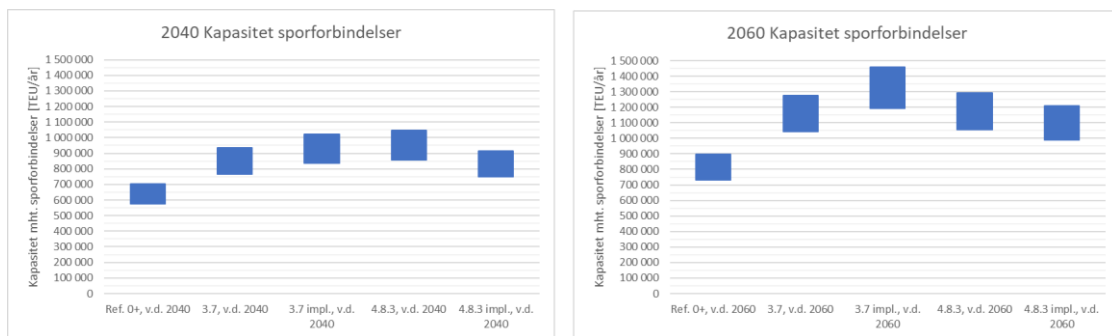
Figur 49. Kapasitet med hensyn til antall spor på virkedager og helg, 2040 og 2060.

7.1.2 Kapasitet i sporforbindelser

7.1.2.1 Resultater samlet for sporforbindelser

I Figur 50 er kapasitet mht. sporforbindelser i 2040 og 2060 vist per konsept. Tallene gjelder for virkedag (der det er mest skifting; i helgen er det lite trafikk).

Det er gjort en manuell justering av kapasitet i sporforbindelser ut fra resultater av beregninger av belegg (per konsept i avsnitt 7.2.1.2, 7.2.2.2, 7.2.3.2, 7.2.4.2 og 7.2.5.2) på bakgrunn av at det kan forventes mer deling/skjøting av lange tog enn først forutsatt. Det regnes basert på et eksempel med 3.7 impl. og 4.8.3 med en endring på ca. 1% i belegg og grovt sett 10 000 TEU/år i 2040 og 15 000 TEU/år i 2060. Dette er inkludert i tallene som er vist i Figur 50.



Figur 50. Kapasitet i sporforbindelser (virkedager), 2040 og 2060.

Forventet kapasitet i sporforbindelser er vist i Tabell 31.

Tabell 31. Forventet dimensjonerende kapasitet i sporforbindelser.

	Ref. 0+	3.7	3.7 impl.	4.8.3	4.8.3 impl.
2040	640 000	850 000	930 000	950 000	830 000
2060	815 000	1 160 000	1 325 000	1 175 000	1 100 000

Flaskehalsen for sporforbindelser er vist i Tabell 32. Sporvekselnumre refererer til benevnelser i sporskissene i infrastrukturbeskrivelsene i kapittel 5.

Skift og bruk av spor på terminalen er justert så belegg i veksler reduseres mest mulig. Når belegg reduseres i en veksler flyttes aktiviteter til en annen del av terminalen og en annen veksler vil da bli mer belastet. Maksimal kapasitet oppnås når belegget i en veksler ikke kan reduseres mer uten at belegget i en annen veksler blir større. Det er da lik belastning i to veksler som begge er (like) dimensjonerende. For referansekonseptet er det bare sett på veksler v611 for å forenkle analysen.

Tabell 32. Flaskehalsen for sporforbindelser.

Konsept	Dimensjonerende veksler 2040	Dimensjonerende veksler 2060
Ref. 0+	611	611
3.7	1.4 og 2.6	1.4 og 2.6
3.7 impl.	1.1 og 2.4	1.1 og 2.4
4.8.3	1.3 og 2.6	1.3 og 2.6
4.8.3 impl.	1.3 og 2.6	1.3 og 2.6

Dimensjonerende veksler blir i utbyggingskonseptene i hver sin ende av ACS (R-moduler), dvs. i kryss mot Alnabanen og i forbindelse mellom ACs og ACN.

Skift av vogner med feil skjer ikke gjennom v611 og tas da ikke med der. Denne skiftingen belaster til gjengjeld veksler mot Alnabanen og spor mot A-spor ved Nyland.

Etter at analysen ble gjennomført ble det gjort en analyse av korreksjon av en beregningsfeil (vedrørende beregning av margin i lastespor) i beregningsmodellen i Excel slik at kapasitet i sporforbindelse økete sammenlignet med de første resultatene. For 3.7 er revidert verdi i 2040 ca. 900 000 TEU/år, for 3.7 impl. er verdien ca. 990 000 TEU/år, for 4.8.3 er verdien ca. 940 000 TEU/år og for 4.8.3 impl. er verdien 850 000 TEU/år.

Dette endrer ikke på konklusjonene for konseptene, men forventet kapasitet i 3.7 øker fra 850 000 TEU/år til 890 000 TEU/år. For enkelhets skyld er verdien 850 000 TEU/år fortsatt benyttet i øvrige rapporter i prosjektet for Alnabru fase II. Det opprinnelige tallet for 3.7 i 2040 er beholdt og det er da et mer konservativt estimat.

7.1.2.2 Kapasitet i Ref. 0+ sammenlignet med 4.8.3

Sporkapasiteten i Ref. 0+ kan umiddelbart virke høy sammenlignet med det som er sporkapasitet på Alnabru i konsept 4.8.3. Sammenlignet med kapasiteten i 4.8.3 er det viktig å være oppmerksom på at det er forskjellige typer kapasitet som er dimensjonerende. I Ref. 0+ er det kapasitet i sporforbindelse som dimensjonerer mens det i 4.8.4 er kapasitet for helgehensetting.

Forskjellen er illustrert i Tabell 33.

Tabell 33. Sammenligning av kapasitetselementer i Ref. 0+ og 4.8.3.

	Kapasitet [TEU/år]		
	Ref. 0+	4.8.3	Forskjell
Sporforbindelser	640 000	930 000	+ 45 %
Helgehensetting	809 000	732 000	- 10 %
Dimensjonerende	640 000	732 000	+ 14 %

Kapasiteten i Ref. 0+ i sporforbindelser er vesentlig lavere enn i 4.8.3, mens det motsatt er kapasiteten for helgehensetting som er noe lavere i 4.8.3 enn i Ref. 0+. Alt i alt har Ref. 0+ lavest kapasitet. Forskjellen på de minste verdiene i hvert konsept er da slik at 4.8.3 har 14 % høyere kapasitet totalt i forhold til Ref. 0+.

Kapasitet i helgehensetting i Ref. 0+ er 26 % høyere enn kapasitet i sporforbindelser. Sporplan i dagens terminal er ikke helt identiske med Ref. 0+, men det er ifølge Multiconsult samlet sett mindre enn 100 m forskjell i samlet sporenlengde mellom Ref. 0+ og dagens. Det svarer til en forskjell i størrelsesordenen 0,4 % og det er derfor fortsatt større helgehensetting i dagens terminal enn kapasitet i sporforbindelser.

Antall spormeter til helgehensetting er i Ref. 0+ lik 25 942 m. Spormeter er i 4.8.3 tilsvarende 23 494 m. Faktor for helgehensetting for Ref. 0+ sammenlignet med 4.8.3 er da lik $25942/23494 = 1,1042$. Dvs. at kapasitet for helgehensetting i Ref. 0+ er lik $1,1042 * 732000 = 808\ 000$ som svarer (med avrundinger) til verdien på 809 000 TEU/år.

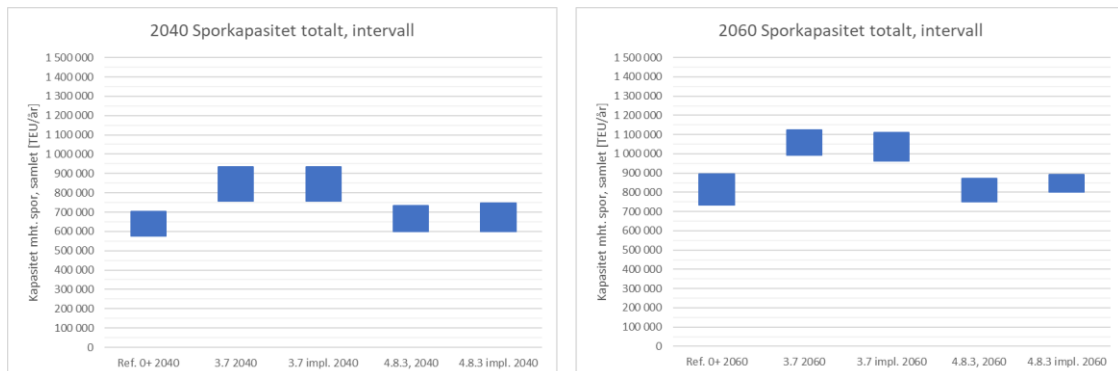
7.1.3 Samlet, resulterende sporkapasitet

I Tabell 34 er det vist hva resulterende kapasitet er, ut fra resultatene for sporantall og sporforbindelser i avsnitt 7.1.1 og 7.1.2, med estimert nedre og øvre grense samt forventet kapasitet. Det er også vist hva som er den dimensjonerende faktoren. (Tallene er gjengitt som de framkommer i beregningene, men det betyr ikke at presisjonsnivået er på ± 1 TEU/år.)

Tabell 34. Dimensjonerende kapasiteter i sporforbindelser i 2040 og 2060.

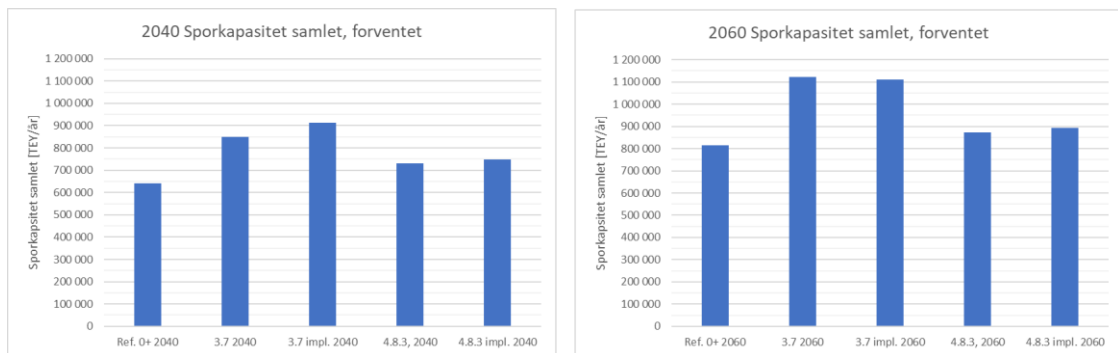
2040						
Konsept	Samlet kapasitet antall spor eller forbindelse, min, 2040 [TEU/år]	Samlet kapasitet antall spor eller forbindelse, max, 2040 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, min-verdi	Dimensjonerende forhold, max-verdi	Forventet dimensjonerende kapasitet [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet kapasitet
Ref. 0+ 2040	576 000	704 000	Sporforbindelse	Sporforbindelse	640 000	Sporforbindelse
3.7 2040	757 000	935 000	Antall spor helg	Sporforbindelse	850 000	Sporforbindelse
3.7 impl. 2040	756 000	933 000	Antall spor helg	Antall spor helg	912 000	Spor hensetting virkedag
4.8.3, 2040	600 000	732 000	Antall spor helg	Antall spor helg	732 000	Antall spor helg
4.8.3 impl. 2040	600 000	748 000	Antall spor helg	Antall spor helg	748 000	Antall spor helg
2060						
Konsept	Samlet kapasitet antall spor eller forbindelse, min, 2060 [TEU/år]	Samlet kapasitet antall spor eller forbindelse, max, 2060 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, min-verdi	Dimensjonerende forhold, max-verdi	Forventet dimensjonerende kapasitet [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet kapasitet
Ref. 0+ 2060	733 000	897 000	Sporforbindelse	Sporforbindelse	815 000	Sporforbindelse
3.7 2060	994 000	1 123 000	Antall spor helg	Antall spor helg	1 123 000	Antall spor helg
3.7 impl. 2060	963 000	1 112 000	Antall spor virkedag	Antall spor helg	1 112 000	Antall spor helg
4.8.3, 2060	750 000	873 000	Antall spor helg	Antall spor helg	873 000	Antall spor helg
4.8.3 impl. 2060	800 000	892 000	Antall spor helg	Antall spor helg	892 000	Antall spor helg

I Figur 51 er samlet kapasitet fra Tabell 34 vist grafisk.



Figur 51. Sporkapasitet totalt 2040 og 2060 med usikkerhetsintervall.

Figur 52 viser forventet kapasitet i konseptene.



Figur 52. Forventet sporkapasitet totalt, 2040 og 2060.

Forventet kapasitet kan omregnes til forventet antall togpar per atkomstvei ut fra fordelingen av trafikk per retning. Resultatet er vist i Tabell 35.

Tabell 35. Forventet antall togpar per døgn etter atkomstvei.

2040 Forventet antall togpar per døgn							
Atkomst	Mål	Ref. 0+	3.7	3.7 impl.	4.8.3	4.8.3 impl.	
Bryn	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,1	
Loenga	9,0	7,2	9,6	10,3	8,2	8,4	
Grefsen	5,7	4,6	6,1	6,5	5,2	5,3	
Grorud	14,1	11,3	15,0	16,1	12,9	13,2	
Sum	30,0	24,0	31,9	34,2	27,5	28,1	
2060 Forventet antall togpar per døgn							
Atkomst	Mål	Ref. 0+	3.7	3.7 impl.	4.8.3	4.8.3 impl.	
Bryn	1,6	1,2	1,6	1,6	1,2	1,3	
Loenga	12,1	9,0	12,3	12,2	9,6	9,8	
Grefsen	7,8	5,8	8,0	7,9	6,2	6,3	
Grorud	17,6	13,0	17,9	17,7	13,9	14,2	
Sum	39,0	28,9	39,8	39,4	31,0	31,6	

Ut fra resultatene for samlet kapasitet i konseptene ser det ut til at konsept 3.7 har vesentlig høyere kapasitet enn referanse og 4.8.3.

Bare konsept 3.7 og 3.7 impl. når målet om 800 000 TEU/år i 2040 og 1 100 000 TEU/år i 2060. Konsept 4.8.3 ligger rett under målet i 2040 men en god del under i 2060. Dette gjelder også for implementeringskonseptene.

Konsept 4.8.3 ligger litt høyere enn referanse, men kapasiteten begrenses av sporkapasitet til hensetting i helg. Med tanke på kapasitet i sporforbindelser er 4.8.3 omtrent som 3.7.

Kapasitet ved eliminering av dimensjonerende flaskehals er vist i Tabell 36. Det er vist dimensjonerende, forventet kapasitet samt hva kapasitet og flaskehals blir hvis dimensjonerende flaskehals elimineres (det siste er gjort tre ganger slik at det blir fire sett kapasiteter).

Tabell 36. Kapasitet og flaskehals ved eliminering av dimensjonerende flaskehals.

2040								
Konsept	Forventet dimensjonerende kapasitet, 2040 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet dim. kapasitet	Forventet 2. dimensjonerende kapasitet, 2040 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet 2. dim. kapasitet	Forventet 3. dimensjonerende kapasitet, 2040 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet 3. dim. kapasitet	Forventet 4. dimensjonerende kapasitet, 2040 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet 4. dim. kapasitet
Ref. 0+	640 000	Sporforbindelse	802 000	Hensetting virkedag	809 000	Antall spor helg	814 000	Antall spor virkedag
3.7	850 000	Sporforbindelse	942 000	Antall spor helg	952 000	Antall spor virkedag	968 000	Hensetting virkedag
3.7 impl.	912 000	Spor hensetting virkedag	927 000	Antall spor virkedag	930 000	Sporforbindelse	933 000	Antall spor helg
4.8.3	732 000	Antall spor helg	801 000	Hensetting virkedag	836 000	Antall spor virkedag	950 000	Sporforbindelse
4.8.3 impl.	748 000	Antall spor helg	786 000	Hensetting virkedag	811 000	Antall spor virkedag	830 000	Sporforbindelse
2060								
Konsept	Forventet dimensjonerende kapasitet, 2060 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet dim. kapasitet	Forventet 2. dimensjonerende kapasitet, 2060 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet 2. dim. kapasitet	Forventet 3. dimensjonerende kapasitet, 2060 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet 3. dim. kapasitet	Forventet 4. dimensjonerende kapasitet, 2060 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet 4. dim. kapasitet
Ref. 0+	815 000	Sporforbindelse	867 000	Hensetting virkedag	895 000	Antall spor virkedag	964 000	Antall spor helg
3.7	1 123 000	Antall spor helg	1 160 000	Sporforbindelse	1 307 000	Antall spor virkedag	1 324 000	Hensetting virkedag
3.7 impl.	1 112 000	Antall spor helg	1 129 000	Antall spor virkedag	1 142 000	Hensetting virkedag	1 325 000	Sporforbindelse
4.8.3	873 000	Antall spor helg	1 078 000	Antall spor virkedag	1 082 000	Hensetting virkedag	1 175 000	Sporforbindelse
4.8.3 impl.	892 000	Antall spor helg	1 064 000	Hensetting virkedag	1 070 000	Antall spor virkedag	1 100 000	Sporforbindelse

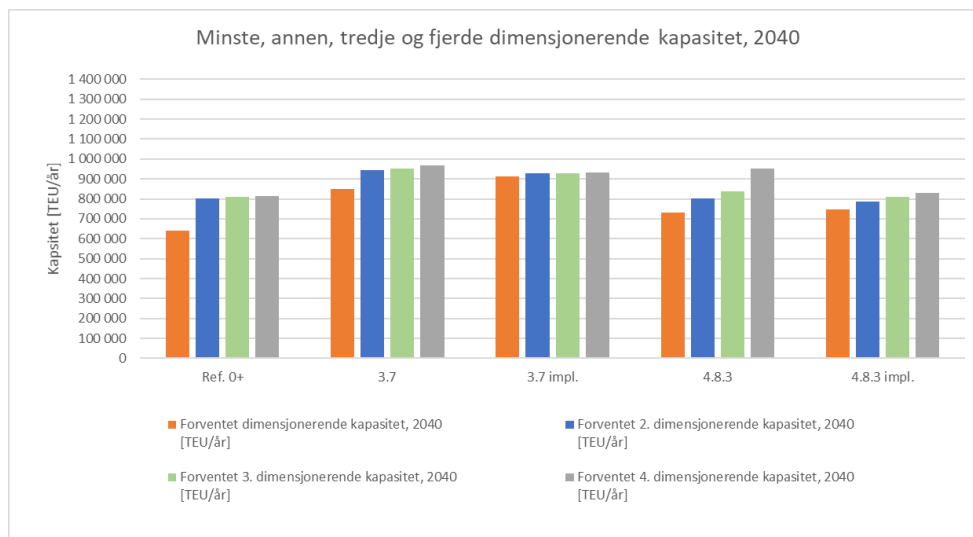
I Figur 53 og i Figur 54 er det for 2040 og 2060 vist hvordan forventet kapasitet endrer seg per konsept hvis flaskehalsene elimineres suksessivt.

Det sees at det er samme relative kapasitet med det unntaket at 3.7 implementering blir litt bedre enn 3.7 når 2. flaskehals elimineres.

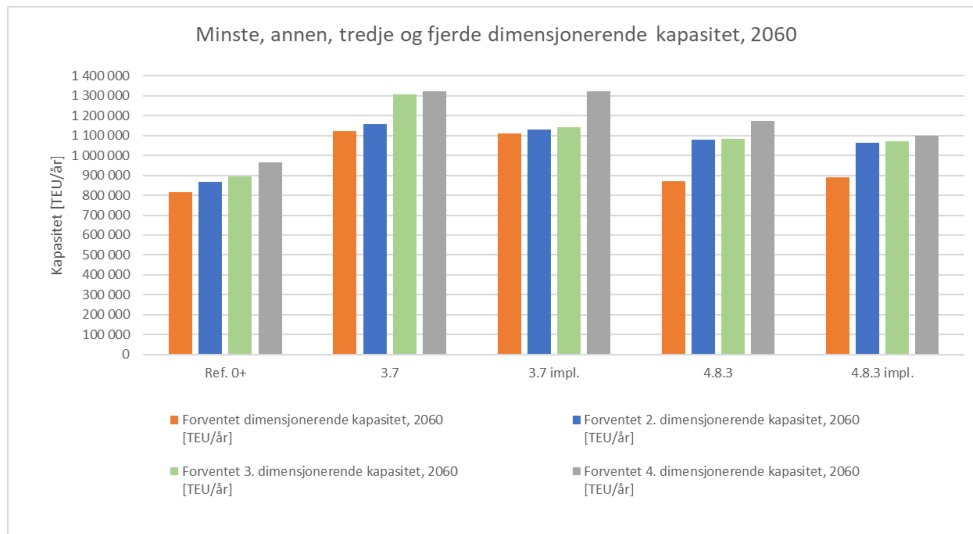
Til sammenligning med resultatene i Tabell 36 er det i Tabell 37 vist resultater når den omtalte beregningskorreksjonen i 7.1.2. Det sees at resultatene er like bortsett fra dimensjonerende kapasitet i 2040 for 3.7. Som omtalt tidligere er det for enkelthets skyld valgt å fortsette å bruke de opprinnelige verdiene jf. i Tabell 36.

Tabell 37. Kapasitet og flaskehals ved eliminasjon av dimensjonerende flaskehals, etter korreksjon av beregning for sporforbindelser.

2040								
Konsept	Forventet dimensjonerende kapasitet, 2040 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet dim. kapasitet	Forventet 2. dimensjonerende kapasitet, 2040 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet 2. dim. kapasitet	Forventet 3. dimensjonerende kapasitet, 2040 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet 3. dim. kapasitet	Forventet 4. dimensjonerende kapasitet, 2040 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet 4. dim. kapasitet
Ref. 0+	640 000	Sporforbindelse	802 000	Hensetting virkedag	809 000	Antall spor helg	814 000	Antall spor virkedag
3.7	890 000	Sporforbindelse	942 000	Antall spor helg	952 000	Antall spor virkedag	968 000	Hensetting virkedag
3.7 impl.	912 000	Spor hensetting virkedag	927 000	Antall spor virkedag	933 000	Antall spor helg	980 000	Sporforbindelse
4.8.3	732 000	Antall spor helg	801 000	Hensetting virkedag	836 000	Antall spor virkedag	930 000	Sporforbindelse
4.8.3 impl.	748 000	Antall spor helg	786 000	Hensetting virkedag	811 000	Antall spor virkedag	840 000	Sporforbindelse
2060								
Konsept	Forventet dimensjonerende kapasitet, 2060 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet dim. kapasitet	Forventet 2. dimensjonerende kapasitet, 2060 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet 2. dim. kapasitet	Forventet 3. dimensjonerende kapasitet, 2060 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet 3. dim. kapasitet	Forventet 4. dimensjonerende kapasitet, 2060 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet 4. dim. kapasitet
Ref. 0+	815 000	Sporforbindelse	867 000	Hensetting virkedag	895 000	Antall spor virkedag	964 000	Antall spor helg
3.7	1 123 000	Antall spor helg	1 215 000	Sporforbindelse	1 307 000	Antall spor virkedag	1 324 000	Hensetting virkedag
3.7 impl.	1 112 000	Antall spor helg	1 129 000	Antall spor virkedag	1 142 000	Hensetting virkedag	1 365 000	Sporforbindelse
4.8.3	873 000	Antall spor helg	1 078 000	Antall spor virkedag	1 082 000	Hensetting virkedag	1 157 000	Sporforbindelse
4.8.3 impl.	892 000	Antall spor helg	1 064 000	Hensetting virkedag	1 070 000	Antall spor virkedag	1 085 000	Sporforbindelse



Figur 53. Forventet kapasitet ved dimensjonerende kapasiteter 2040.



Figur 54. Forventet kapasitet ved dimensjonerende kapasiteter 2060.

Sammenfattende kan det sies at rangeringen i konseptene er lik selv om flaskehals er eliminert. Siden flaskehalsene er forskjellige kan det være lettere å eliminere visse flaskehals fram for andre og da vil rangering av konsepter kunne endre seg når det sees på økt kapasitet per tiltakskrone.

Hvilke tiltak som konkret er nødvendige for å eliminere en flaskehals er ikke undersøkt.

Når det gjelder Ref. 0+ spesielt er det vist at flaskehalsen i utgangspunktet er sporforbindelse (veksel 611 jf. Figur 57). Det er imidlertid andre veksler i konseptet som er tilnærmet like kritiske på grunn av saksing mellom C-spor (lastespor) og R-spor. Bare å bygge ut kapasitet forbi veksler 611 vil derfor ikke nødvendigvis eliminere flaskehalsen den mest dimensjonerende faktoren «sporforbindelse» generelt.

7.1.4 Sammenligning av kapasitet i Ref. 0+ og dagens terminal

7.1.4.1 Kapasitet i sporforbindelser for dagens terminal og Ref. 0+

Det undersøkes her, basert på resultater for Ref. 0+, hva kapasitet er for dagens terminal (2018). Selv om dagens terminal ikke er en del av konseptene for ny Alnabru-terminal er dette allikevel tatt med som sammenligning og bakgrunnsinformasjon.

Med lengre tog i 2040 enn i dag er det tilsvarende lavere frekvens ved samme volum. Alternativ er det større transportkapasitet (omsetning på terminalen) med samme frekvens av tog.

Dimensjonerende kapasitet i Ref. 0+ er estimert til 640 000 TEU/år (se Tabell 31). Målet var jf. døgnfordelingen 4 avganger per time i dimensjonerende periode. Det tilsier en resulterende frekvens på $(640000 \text{ TEU/år} / 800000 \text{ TEU/år}) * 4 \text{ avg./time} = 3,2 \text{ avganger per time}$.

Av 3,2 avganger per time er det antatt 50 % skal ut gjennom v611. Tilsvarende skal 100 % av 3,2 tog/time inn i lastemodul før lastning. I tillegg er det ankomst via Grorud som kjøres via v611 med en frekvens på $50\% * 3 \text{ tog/time} = 1,5 \text{ tog/time}$. Avganger via v611 er de til Loenga/Bryn/Grefsen +

lange tog til Grorud (via A-spor). Andel av trafikk gjennom v611 er ca. 77 % i Ref. 0+ (ut fra en enkel vurdering av andel av lastespor som trafikkeres gjennom v611).

Det fås da, enkelt beregnet, at det gjennom v611 i alt er ca. $77\% \cdot [100\% \cdot 3,2 \text{ (til lastespor via v611)} + 50\% \cdot 3,2 \text{ (avganger Loenga/Bryn/Grefsen via v611)} + 30\% \cdot 50\% \cdot 3,2] + 1,5 \cdot (640000/800000)$ (ank. via Grorudspor) = ca. 5,3 bevegelser per time.

Det svarer da til et effektivt, gjennomsnittlig totalbelegg på $(75\% \cdot 60 \text{ min/time})/5,3 \text{ bev./time} = 8,5$ min/bevegelse.

I Ref. 0+ er det 30 % lange tog som må deles eller skjøtes. Det er skjøting eller deling for 30 % av alle vognstammer inn i lastespor, 30 % av alle avganger til Grorud (via spor A1-A2 ved Nyland) og 30 % av alle avganger til Bryn/Loenga/Grefsen. Ekstra tidsbruk for deling eller skjøting er ca. 3,8 minutt. Effektiv tid til deling/skjøting som spares med korte tog ved kapasitetsgrensen er da $3,8 \text{ min/avg.} \cdot 3,2 \text{ avg./time} \cdot (30\% + 30\% \cdot 50\% + 30\% \cdot 50\%) = 7,3 \text{ min/time}$.

Per bevegelse i v611 er det en reduksjon på $7,3 \text{ min/time} / 5,3 \text{ bevegelser/time} = 1,4$ min/bevegelse på grunn av at det ikke er skjøting eller deling. I tillegg er det litt kortere belegg i v611 når det er kortere tog. Når gjennomsnittslengden generelt går ned fra 580 til 380 m spares skifting av 200 m vognstamme, hvilket svarer til $0,2/25 \cdot 60 = 0,5$ minutt. Samlet reduksjon er da $1,4 + 0,5 = 1,9$ minutter per bevegelse.

I dagens situasjon med korte tog som ikke skal deles er belegg da effektivt ca. $8,5 - 1,9 = 6,6$ minutter. Forholdstall mellom belegg i Ref. 0+ og i dagens er da per avgang lik $8,5/6,6 = 1,29$.

Forholdstall for andel trafikk i v611 i Ref. 0+ i fht. dagens (77 % (10 av 13 spor) mot 92 % i dagens (12 av 13 spor; det regnes med at kranene i Sjøcontainerterminalen ikke er i drift og at det effektivt er 2 spor der)) er dermed $77\%/92\% = 0,83$. Forholdstall for vognstammelengder i Ref. 0+ i fht. dagens (580 m mot 380 m) er 1,53 og forholdstall for belegg per bevegelser (inkl. skjøting eller deling) er 1,29.

Samlet faktor for 2040 på kapasitet i sporforbindelser i Ref. 0+ sammenlignet med kapasitet for dagens situasjon og dagens tog lengder er da en faktor $1/0,83 \cdot 1,53 \cdot 1/1,29 = 1,43$. Motsatt kan kapasiteten i dagens terminal og dagens tog lengder finnes ut fra kapasiteten i Ref. 0+ til ca. $640\,000 \text{ TEU/år} \cdot 1/1,43 \approx 450\,000 \text{ TEU/år}$.

Det er for den beregnede kapasiteten samme døgnfordeling som i 2040 og maksimalt 75 % utnyttelse. Samtidig er drift forutsatt som beskrevet i avsnitt 7.2.1.1 hvilket ikke nødvendigvis er det samme som er faktisk situasjon i dag (eller 2009, 2013 osv.), f.eks. kan det være mer saksing gjennom v611 i dag enn det som er lagt til grunn i beregningen for 2040.

Forskjellen mellom dagens terminal sammenlignet med Ref. 0+ er altså at det er kortere tog (med mindre gods per tog), det er flere tog ved samme volum (når tog er kortere) og det er kortere belegg per bevegelse (med korte tog). Alt i alt medfører det at kapasiteten i dagens terminal er en god del lavere enn i Ref. 0+ i 2040.

7.1.4.2 Omsetning i tidligere år

I 2012 var omsetningen på Alnabru 415 000 TEU, hvilket svarer til en utnyttelse på $415000 \text{ TEU}/(440000 \text{ TEU}/75\%) = 69\%$. I 2015 var håndtert volum på Alnabru 427 000 TEU. Det svarer til en utnyttelse på $427000 \text{ TEU}/(440000 \text{ TEU}/75\%) = 71\%$.

I 2008 var volum over Alnabru ca. 535 000 TEU. I 2008 var det imidlertid en ekstra sporforbindelse mellom C13/C14 og R4-gruppen på ACS, slik at v611 var mindre belastet. (Sporforbindelsen ble fjernet i perioden 2007-2008 i forbindelse med bygging av C8; det er usikkert om sporforbindelsen var tilgjengelig hele året.) Anslagsvis var det 2 spor i ACS og 10 spor i ACN (C21 er gjennomkjøringsspor) som belaster v611 av i alt 13 spor (C8, C13 og C14 belaster ikke v611), svarende til $10/13 = 77\%$. I dagens terminal er det tilsvarende 1 av 13 spor som ikke belaster v611, svarende til at v611 belastes med $12/13=92\%$. Det er samme forutsetning som for Ref. 0+.

Kapasiteten i 2008 var da høyere enn i 2018 med en faktor $(1/77\%)/(1/92\%) = 1,19$ og kapasiteten kan da for terminalen i 2008 med dagens tog lengder estimeres til $1,19*450\ 000$ TEU/år $\approx 540\ 000$ TEU/år.

Utnyttelsen i 2008 var da ca. $535000/(540000/75\%) = 74\%$.

Det er ikke undersøkt hvordan døgnfordelingen var i 2008 men dette kan også påvirke kapasiteten (lavere andel av døgntrafikk i makstimer gir høyere døgnkapasitet og tilsvarende høyere årlig kapasitet).

Dvs. at det observerte volum i 2008 ikke er kapasiteten på dagens terminal og at omsatt volum i 2008 ikke direkte kan sammenlignes med beregnet kapasitet for dagens terminal.

I 2009, etter fjerning av sporforbindelse ved C13/C14, var det anslagsvis ca. 508 000 TEU på Alnabru (estimat ut fra tall fra NHO med antatt samme andel av nasjonalt volum på Alnabru i 2009 som i 2008: $557\ 000\ \text{TEU} * (535'/587') = 508\ 000\ \text{TEU}$), og det svarer da til en kapasitetsutnyttelse i sporforbindelser på ca. $508000\ \text{TEU}/(450000\ \text{TEU}/75\%) = 85\%$.

Tilsvarende finnes estimat for 2014 til $497\ 000\ \text{TEU} * (535'/587') = 508\ 000\ \text{TEU}$ utnyttelse i f.eks. 2014 med estimert $453\ 000\ \text{TEU}$ over Alnabru til $453'/(450'/75\%) = 76\%$. Hvis volum over Alnabru i stedet estimeres ut fra antall togpar på dimensjonerende dag (26) og antatt lengde på 400 m (som i dag) fås årlig volum over Alnabru til (der 240 er dimensjoneringsfaktor for årlig volum ut fra dimensjonerende dag): $2\ \text{retninger} * 240 * 26\ \text{togpar/dim. dag} * ((400\ \text{m} - 20\ \text{m})/34\ \text{m/vogn} * 4\ \text{TEU/vogn} * 85\%) = 474\ 000\ \text{TEU/år}$. I så fall er utnyttelse i 2014 lik $474'/(450'/75\%) = 79\%$.

Andre måter å trafikere på i praksis på dagens terminal (f.eks. mer saksing gjennom v611) enn forutsatt i beregningen for Ref. 0+ (og skalering til dagens terminal som vist i beregningene over) vil påvirke hva som har vært faktisk utnyttelse i dimensjonerende sporveksel.

Utnyttelsen i dagens terminal har variert med omsatt årlig volum, men beregningene i dette avsnittet tyder på at utnyttelsen i enkelte år har vært høyere enn de 75 % som ellers er ansett som vanlig grense for akseptabel utnyttelse.

7.1.4.3 Kapasitet for Ref. 0+ med dagens tog lengder

Ref. 0+ med dagens tog lengder gir et belegg som er ca. en faktor $1/1,29$ lavere per delbevegelse (jf. beskrivelse over). Faktoren på frekvensen er en faktor 1,53 (på grunn av kortere tog lengde), eller $1/1,53$ på volum per tog. Faktoren på *kapasitet* ved dagens tog lengde er da ca. $1,29 * 1/1,53 = 0,84$. Kapasiteten i Ref. 0+ med dagens tog lengder er da ca. $640\ 000\ \text{TEU/år} * 0,84 \approx 540\ 000\ \text{TEU/år}$. Det er det samme som ble funnet i avsnitt 7.1.4.3.

Det vil si at kapasitet i Ref. 0+ med dagens tog lengder er omtrent lik det som ble håndtert i 2008, men ved en utnyttelse som er lav. Forskjellen på de to situasjonene er primært at det er en ekstra sporforbindelse i Ref. 0+ som ikke var i 2008 og at samme omsetning kan oppnås med lavere utnyttelsesgrad.

7.1.4.4 Sammenstilling av kapasitet for Ref. 0+ og dagens terminal

I Tabell 38 er det vist hva kapasiteten er i sporforbindelser for Ref. 0+ og dagens situasjon ved ulike forutsetninger.

Tabell 38. Sammenligning av kapasitet i Ref. 0+, dagens terminal og terminal i 2008.

Konsept og driftssituasjon	Kapasitet i sporforbindelse [TEU/år]
Dagens terminal med dagens toglengder (døgnfordeling 2040, $U_{\max}=75\%$)	450 000
Ref. 0+ med dagens toglengder	540 000
Terminal i 2008 med dagens toglengder (ekstra sporforbindelse mellom C13/C14 og R4 sammenlignet m. dagens; tilsvarer Ref. 0+)	540 000
Ref. 0+ i 2040	640 000

7.1.5 Resultat for andel delte vognstammer

Figur 55 og Figur 56 viser andel delte vognstammer i konseptene ved forventet, dimensjonerende kapasitet i referansekonseptet (jf. Tabell 34). Metoden for beregning er forklart i 3.8.

		640 000 TEU/år		
Versjon 2: Forventet dimensjonerende kapasitet [TEU/år]		Andel delte stammer totalt virkedag 2040 ved 640000 TEU/år	Andel delte stammer i lastespor virkedag 2040 ved 640000 TEU/år	Andel delte stammer i R virkedag 2040 ved 640000 TEU/år
640 000	Ref. 0+ 2040	30 %	43 %	27 %
850 000	3.7 2040	0 %	0 %	0 %
926 367	3.7 impl. 2040	8 %	43 %	0 %
732 276	4.8.3, 2040	4 %	21 %	0 %
748 138	4.8.3 impl. 2040	8 %	43 %	0 %
		815 000 TEU/år		
Versjon 2: Forventet dimensjonerende kapasitet [TEU/år]		Andel delte stammer totalt virkedag 2060 ved 815000 TEU/år	Andel delte stammer i lastespor virkedag 2060 ved 815000 TEU/år	Andel delte stammer i lastespor R 2060 ved 815000 TEU/år
815 000	Ref. 0+ 2060	57 %	50 %	59 %
1 165 000	3.7 2060	0 %	0 %	0 %
1 128 750	3.7 impl. 2060	12 %	50 %	0 %
872 749	4.8.3, 2060	8 %	33 %	0 %
891 732	4.8.3 impl. 2060	12 %	50 %	0 %

Figur 55. Oppsummering av andel delte vognstammer i konseptene 640 000 TEU/år i 2040 og 815 000 TEU/år i 2060.

I Figur 56 er det vist hva andel delte vognstammer er ved det som er forventet kapasitet i konseptene.

Kapasitetsgrense, deling av stammer i spor virkedag					
2040	Kapasitetsgrense (=forventet kapasitet) [TEU/år]	Kapasitetsandel av mål	Andel delte stammer totalt virkedag ved forventet kapasitet	Andel delte stammer i lastespor virkedag ved forventet kapasitet	Andel delte stammer i R virkedag ved forventet kapasitet
Ref. 0+ 2040	640 000	80 %	30 %	43 %	27 %
3.7 2040	850 000	106 %	0 %	0 %	0 %
3.7 impl. 2040	927 000	116 %	8 %	41 %	0 %
4.8.3, 2040	732 000	92 %	6 %	30 %	0 %
4.8.3 impl. 2040	748 000	94 %	9 %	45 %	0 %

Figur 56. Oppsummering av andel delte vognstammer i konseptene på virkedager i 2040 ved kapasitetsgrenser.

7.2 Trafikkeringsmønster og belegg i sporforbindelser

I de følgende avsnittene er det beskrevet hvordan trafikkeringsmønsteret er i konseptene. Det er tatt utgangspunkt i driftskonsepter beskrevet i rapport om driftskonsepter (1).

Det er gjort enkelte tilpasninger for å minimere belegg i sporforbindelser og på den måte få mest mulig kapasitet i konseptene.

Belegg over tid (f.eks. i Figur 58) er vist for 2040 og 2060.

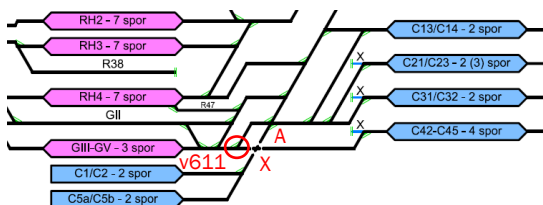
Det sees i figurene for belegg over tid at det er høyest belastning på kvelden. Dette gjelder generelt og er også bildet i 2060 selv om det er en relativt høyere belastning om natten/tidlig morgen siden det er en flatere (prosentvis) døgnfordeling enn i 2040.

Det er i alle konseptene kapasitetsutnyttelse i maksperioden som dominerer. Kapasitetsutnyttelse på døgnnivå er beregnet i analysearbeidet, men er ikke dimensjonerende og er ikke gjengitt i rapporten.

7.2.1 Konsept Ref. 0+

7.2.1.1 Trafikkeringsmønster

Det er ikke sett på samlet trafikkeringsmønster men sett på trafikk i planovergang og veksler 611 som er veksler mellom G-spor ved ACS og C-spor i ACN. Nummeret er fra dagens benevnelse. Dette er illustrert i Figur 57.



Figur 57. Kritisk veksler v611 i Ref. 0+.

Alle bevegelser mellom C21-C45 og G/R må saksnes gjennom vekslen 611. Hvis det er skift inn eller ut av C1/C2/C5a/C5b gjennom krysset merket «X» er også vekselen merket «A» opptatt og da er vekslen 611 også opptatt (det er ikke mulig med skifteveier gjennom v611 hvis både krysset «X» og vekslen «A» er opptatt av andre skifteveier).

Det er regnet med at ankomster fra Grorud kommer via Grorudsporet etter som de må benytte seg av ventespør. Avganger kan være via Aker og lange tog forutsettes å gå via A-spor ved Aker.

7.2.1.2 Belegg over tid

Dette er ikke beregnet belegg over tid for Ref. 0+.

Det er forutsatt at planovergang eller vekslen 611 (dagens nummer) mellom ACN og GII-GV er dimensjonerende.

Det er forutsatt at:

- Andel av trafikk fra Grorud: 50 %
- Andel av avganger til Grorud via Aker: 75 %
- Andel med direkte avgang fra lastespor mot Bryn/Loenga/Grefsen: 50 %
- Andel saksning i v611 (rest via Alnabanen og kjøring rundt): 50 %
- Andel 740 m lange tog: 30 %

For trafikk er det forutsatt:

- Grorud via Grorudsporet: Andel bruk av RH2 for lange tog, ikke saksning gjennom v611 er 100 %
- Grorud via Aker: Andel bruk av RH2 for lange tog, ikke saksning gjennom v611 er 100 %
- Bryn, Loenga og Grefsen med avgang fra lastespor: Andel deling/skjøting i Grorudsporet er 50 %
- Bryn, Loenga og Grefsen med avgang fra R/A-spor (G-spor): Andel deling/skjøting i Grorudsporet er 50 %

7.2.1.3 Kapasitet i sporforbindelser 2040 og 2060 i konsept Ref. 0+

Kapasiteten på terminalen er beregnet til:

- 2040: 640 000 TEU/år
- 2060: 815 000 TEU/år

7.2.2 Konsept 3.7

7.2.2.1 Trafikkeringsmønster

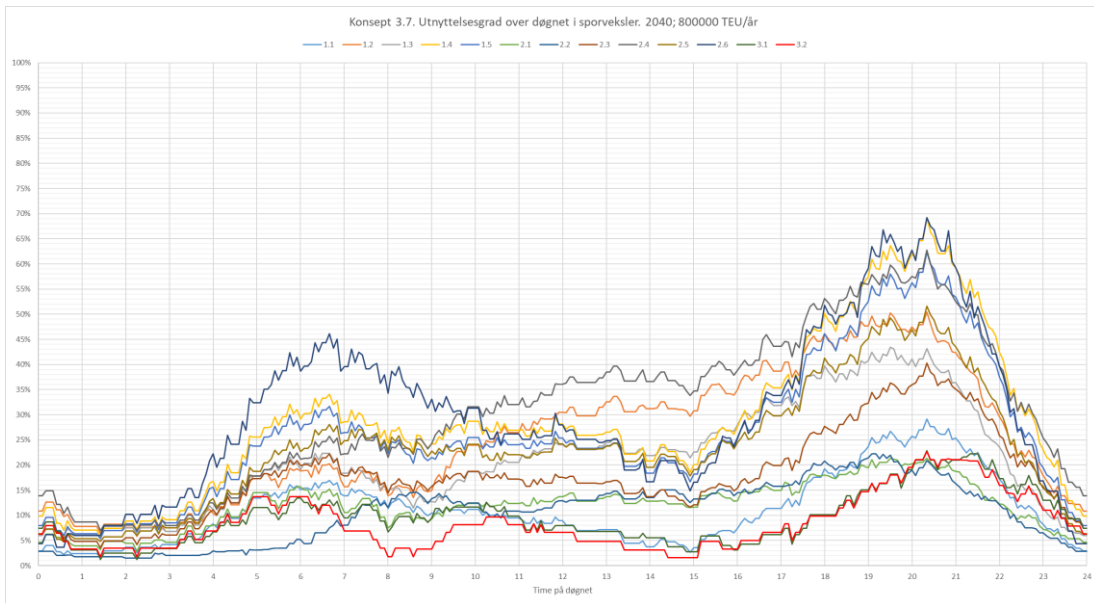
Tabell 39. Trafikering i 3.7 fullt konsept.

3.7	600 m	740 m
Bryn	Ankomst og avgang kan skje direkte i R11 slik at veksel 1.4 ikke belegges. 50 % regnes med å ankomme direkte til RH11 via 1.1. *) Ellers ank og avg. LM1. Bruk av RH1	Bruk av RH2 og LM2
Loenga	Ankomst og avgang kan skje direkte i R11 slik at veksel 1.4 ikke belegges. 50 % regnes med å ankomme direkte til RH11 via 1.1. *) Ellers ank og avg. LM1. Bruk av RH1	Bruk av RH2 og LM2
Grefsen	Bruk av RH1 og LM1	Bruk av RH2 og LM2
Grorud	Ankomst i RH3. Skift til LM3. Avgang fra RH3.	Bruk av RH2 og LM2. Skift inn i RH2 via veksel 2.5, 2.6 (og blokkering i 2.7)

*) Avgang $4 \text{ tog/time} * 32\% = 1,3 \text{ tog/time}$. Med belegg i A-spor ved avgang på 1 time håndterer 1 A-spor 1 tog/timen. Det er da under 100 % av tog Bryn/Loenga som kan benytte R11 direkte. Det regnes med at 50 % av tog fra Bryn/Loenga kan benytte R11 direkte.

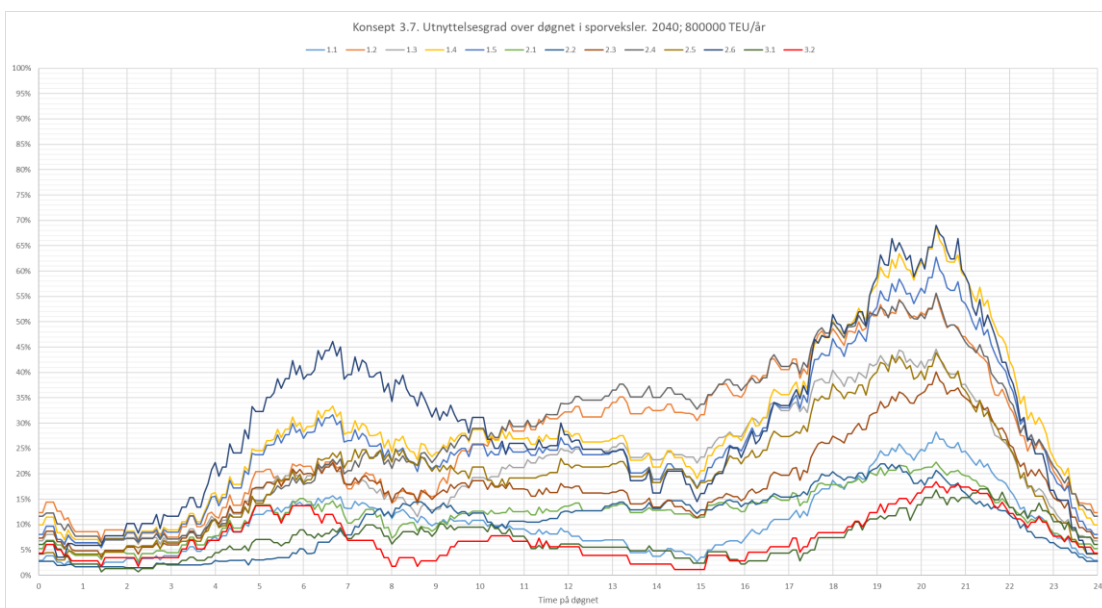
7.2.2.2 Utnyttelsesgrad i sporveksler over tid, 3.7, 2040

Figur 58 viser belegg i sporveksler i 3.7 over et virkedøgn for 2040.



Figur 58. Utnyttelsesgrad i sporveksler over tid i 3.7, 2040.

Figur 59 viser belegg med atkomst av lange tog fra Grorud via A24 (i stedet for RH2 via G03). Sammenlignet med atkomst direkte til RH2 er det marginalt høyere kapasitet. Forskjellen er veldig liten og det regnes med samme tall som for atkomst til RH2.



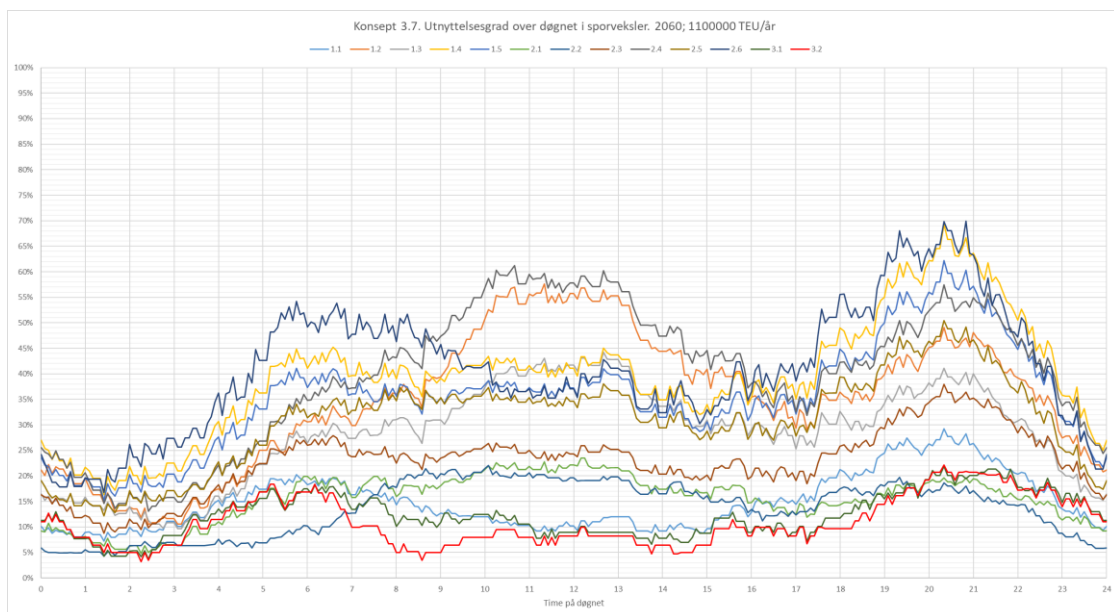
Figur 59. Utnyttelsesgrad i veksler over tid i 3.7 i 2040, ankomst i A24 av lange tog fra Grorud.

7.2.2.3 Kapasitet 2040 i sporforbindelser, 3.7

Kapasitet i sporforbindelser i 3.7 i 2040 er ut fra belegget i Figur 58 eller Figur 59 lik $792000 / (69\%) * 75\% = 860\ 000$ TEU/år (se avsnitt 3.5 mht. basisverdi på 792 000 TEU/år). Korrigeret for noe mer skifting enn det som umiddelbart er lagt til grunn i Figur 59 regnes det med at kapasiteten reduseres med rundt 10 000 TEU/år. Samlet kapasitet er da 850 000 TEU/år.

7.2.2.4 Utnyttelsesgrad i sporveksler over tid, 3.7, 2060

Figur 60 viser utnyttelsesgrad i sporveksler i 3.7 over et virkedøgn for 2060.



Figur 60. Utnyttelsesgrad i sporveksler over tid i 3.7, 2060.

7.2.2.5 Kapasitet 2060 sporforbindelser, 3.7

Kapasitet i sporforbindelser i 3.7 i 2040 er ut fra belegget i Figur 60 lik $1\ 097\ 000 / (70\%) * 75\% = 1\ 175\ 000$ TEU/år (se avsnitt 3.5 mht. basisverdi på 1 097 000 TEU/år). Korrigeret for noe mer skifting enn det som umiddelbart er lagt til grunn i Figur 60 regnes det med at kapasiteten reduseres med rundt 15 000 TEU/år. Samlet kapasitet er da 1 160 000 TEU/år.

7.2.3 Konsept 3.7 implementering

7.2.3.1 Trafikkeringsmønster 3.7 impl.

Forskjell i trafikkeringsmønster i 3.7 til 3.7 implementering er vist i Tabell 40.

For Bryn og Loenga er det regnet med at det er uttrekk i A1 av vognstamme ved skift/rygging inn i RH6. Godssporet mot Bryn har i den nordligste delen ca. 750 m fra sporkrysset ved Alnabanen en estimert gjennomsnittlig helning på 10-12 ‰ (i Network Statement for 2019 er stigningen for hele strekningen Bryn-Alnabru angitt til 10 ‰ mens strekningen Oslo S-Bryn har opp til 25 ‰ stigning (samme fra Loenga)). Det bør derfor ikke være noe teknisk problem å bruke sporet som uttrekkspor og svarer funksjonelt til uttrekk som i dag er i Alnabanen mot Grefsen. Det er trafikk i sporet til og fra Bryn men det er omtrent som for situasjonen i Alnabanen der det også er trafikk til og fra Bergensbanen, selv om det er forutsatt noe mer trafikk til Bryn/Loenga (i alt ca. 10 togpar per døgn i 2040 og 14 togpar per døgn i 2060. (Til sammenligning er det i dag (2018) inntil 8 togpar per døgn over Alnabanen, men også en høy andel av skifting som skjer den veien.)

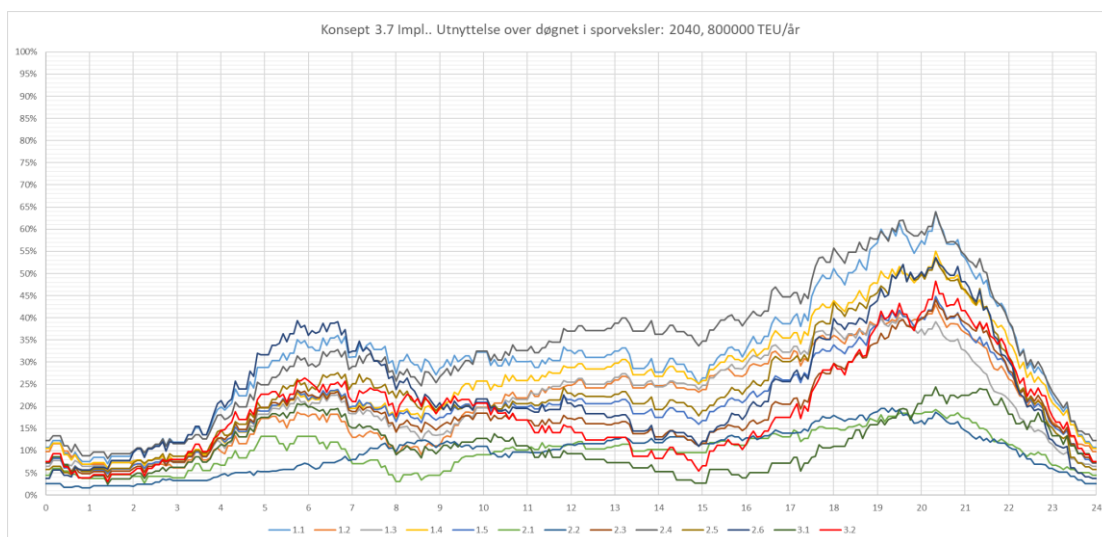
Tabell 40. Trafikering i 3.7 Impl. sammenlignet med 3.7 fullt konsept.

3.7 Impl.	600 m	740 m
Bryn	<p>Ank. i RH6. Belegg som ved ank. i RH11 i 3.7.</p> <p>Bruk av C42-C45 i stedet for LM1. Antar skift av skiftelok via Alnabanen og skyving til LM2.1 (ikke trekk og uttrekk i Grorudspor etter lossing).</p> <p>Belegg i AVS nord og mindre i ACS sør</p> <p>Mindre belegg i område 1 og mer i område 2 (2.4 og 2.6).</p> <p>Forbindelse direkte utenom kryss ved Alnabanen (veksel 1.2, 1.3, 1.4 og 1.5) men bare ett reachstackerspor i LM2.2 som kan ha direkte avgang.</p> <p>Skift via RH11 eller RH62 til LM2.1: C42-C45, uttrekk via veksel 1.1 og A1 (Bryn)</p> <p>Skift fra LM2.1 via 1.1 og uttrekk i A1 av vognstamme ved skift/rygging inn i RH6.</p> <p>Avgang fra RH6</p>	<p>Ankomst i RH2 (udelt).</p> <p>Deling mot nord i Grorudsportet i LM2 (også LM2 i 3.7 fullt men kortere spor i impl.)</p> <p>Gjelder da ekstra belegg i Grorudsporet nord for LM2</p> <ul style="list-style-type: none"> - før lossing (deling i lastespor) og etter lossing (skjøting før skift til R-spor) og - før lasting (hente i R-spor og dele i L-spor) og etter lasting (skjøting i L-spor og skift til A-spor)
Loenga	Som Bryn	<p>Ankomst i RH2 (udelt).</p> <p>Deling mot nord i Grorudsportet i LM2 (også LM2 i 3.7 fullt men kortere spor i impl.)</p> <p>Gjelder da ekstra belegg i Grorudsporet nord for LM2</p> <ul style="list-style-type: none"> - før lossing (deling i lastespor) og etter lossing (skjøting før skift til R-spor) og - før lasting (hente i R-spor og dele i L-spor) og etter lasting (skjøting i L-spor og skift til A-spor)

3.7 Impl.	600 m	740 m
Grefsen	<p>Ank i RH1 som 3.7 Lossing og lasting i LM1 som i 3.7</p> <p>Avgang mulig direkte fra LM1.1 (reachstackerspor) til forskjell fra 3.7 fullt der det er avgang fra RH1.</p> <p>Det spares da skift av vognstammer fra LM1.1 til RH1 før avgang.</p>	<p>Ankomst i RH2 (udelt).</p> <p>Deling av vognstammer i LM1</p> <p>Avgang fra RH2</p>
Grorud	<p>Stort sett som 3.7, men med mulig ekstra bruk av LM4 og LM2.1 (C42-C45). Litt mindre belegg i 2.3 og 2.4.</p> <p>Det sees i første omgang bort fra disse forskjellene til 3.7</p>	<p>Lange tog ankomst direkte til RH2 (udelt) via G03 eller G02.</p> <p>Skift til LM3. Deling i LM3 mot nord i Grorudsporet i LM2 (også LM2 i 3.7 fullt men kortere spor i impl.)</p> <p>Gjelder da ekstra belegg i Grorudsporet nord for LM3</p> <ul style="list-style-type: none"> - før lossing (deling i lastespor) og etter lossing (skjøting før skift til R) og - før lasting (deling i L) og etter lasting (skjøting i L-spor og skift til A/R-spor)

7.2.3.2 Utnyttelsesgrad i sporveksler over tid, 3.7 impl., 2040

Figur 61 viser utnyttelsesgrad i sporveksler i 3.7 impl. over et virkedøgn for 2040.



Figur 61. Utnyttelsesgrad i sporveksler over tid i 3.7 implementering i 2040.

7.2.3.3 Kapasitet 2040 sporforbindelser, 3.7 impl.

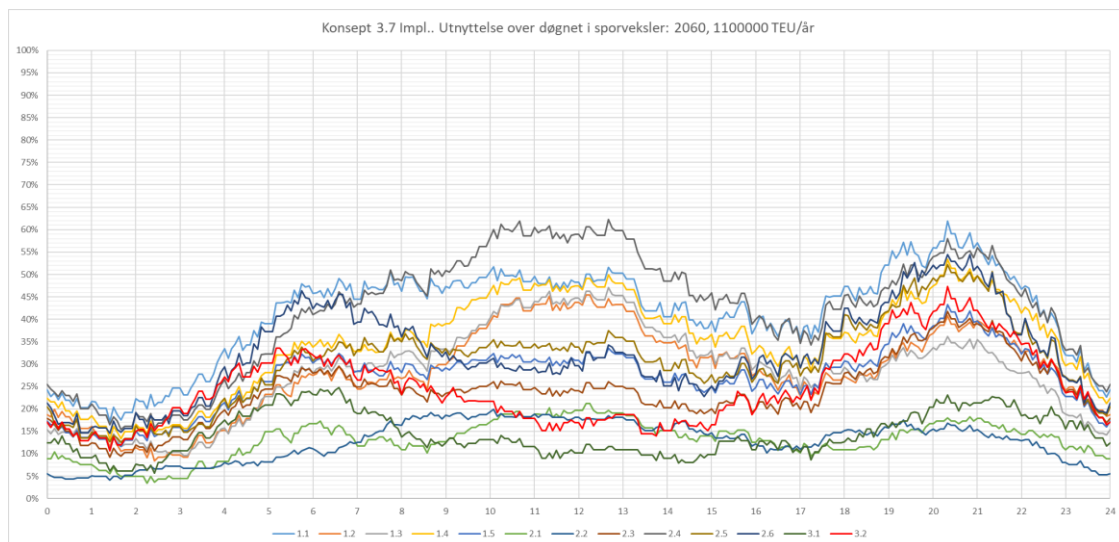
Som alternativ til uttrekk gjennom veksler 1.1 (som er dimensjonerende) i spor A1 er det gjort en manuell justering av belegg i 1.1 (skifting foregår da mot nord): Dette gjelder i 2040 34 % av trafikken (Bryn og Loenga) og det spares anslagsvis 7,5 minutt per tog (2*3 minutt med passeringer med vognstamme og en passering à 1,5 minutt med skiftelok). Effektiv bruk av dette antas å være 50 %. Samlet besparelse er da lik $34\% \text{ volum} * (3+3+1,5 \text{ minutt}) * 50\% \text{ behov} = 1,3 \text{ minutt}$ svarende til en reduksjon i belegg på $1,3/60 = 2\%$. Halvparten kan redusere belegg i 1.1 ved balansering av belegg i begge dimensjonerende veksler.

Kapasitet i sporforbindelser i 3.7 impl. i 2040 er ut fra belegget i Figur 61 lik $792000 / (64\% - 2\% / 2) * 75\% = 940\,000 \text{ TEU/år}$ (se avsnitt 3.5 mht. basisverdi på 792 000 TEU/år). Korrigert for noe mer skifting enn det som umiddelbart er lagt til grunn i Figur 61 regnes det med at kapasiteten reduseres med rundt 10 000 TEU/år. Samlet kapasitet er da ca. 930 000 TEU/år.

Selv om det ikke er uttrekk i spor A1 (mot Bryn) men i stedet gjennom 1.4 mot Alnabanen vil veksler 1.1 allikevel bli belastet. Hvis dimensjonerende belastning skal reduseres må skifting foregå i motsatt ende av R-gruppe.

7.2.3.4 Utnyttelsesgrad i sporveksler over tid, 3.7 impl., 2060

Figur 62 viser utnyttelsesgrad i sporveksler i 3.7 impl. over et virkedøgn for 2060.



Figur 62. Utnyttelsesgrad over tid i sporveksler, 3.7 impl., 2060.

7.2.3.5 Kapasitet 2060 sporforbindelser, 3.7 impl.

Som alternativ til uttrekk gjennom 1.1 i A1 er det gjort en manuell justering av belegg i 1.1: Dette gjelder i 2040 34 % av trafikken (Bryn og Loenga) og det spares anslagsvis 7,5 minutt per tog (2*3 minutt med passeringer med vognstamme og en passering à 1,5 minutt med skiftelok). Effektiv bruk

av dette antas å være 50 %. Samlet besparelse er da lik $34 \% \text{ volum} * (3+3+1,5 \text{ minutt}) * 50 \% \text{ behov} = 1,3 \text{ minutt svarende til en reduksjon i belegg på } 1,3/60 = 2 \%.$

Kapasitet i sporforbindelser i 3.7 i 2040 er ut fra belegget i Figur 61 lik $1\,097\,000 / (62 \% - 2 \% / 2) * 75 \% = 1\,350\,000 \text{ TEU/år}$ (se avsnitt 3.5 mht. basisverdi på $1\,097\,000 \text{ TEU/år}$), eller $1\,340\,000 \text{ TEU/år}$ med direkte beregning i regneark (forskjell med avrundinger. Korrigert for noe mer skifting enn det som umiddelbart er lagt til grunn i Figur 59 regnes det med at kapasiteten reduseres med rundt $15\,000 \text{ TEU/år}$. Samlet kapasitet er da $1\,325\,000 \text{ TEU/år}$.

7.2.4 Konsept 4.8.3

7.2.4.1 Trafikkeringsmønster

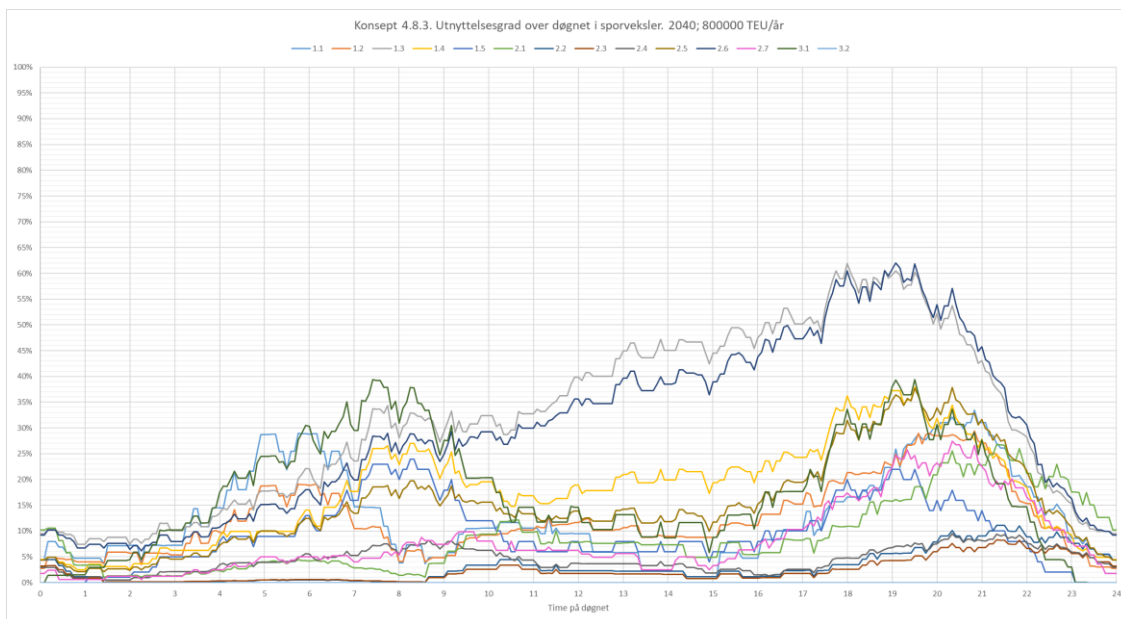
Tabell 41. Trafikking i 4.8.3 fullt konsept.

4.8.3	600 m	740 m
Bryn	<p>Korte tog A1.1 (dagens GV).</p> <p>Alle tog skiftes mellom A1.1 og C42-C45 etter ankomst</p> <p>Korte tog: Skifting fra C42-C45 via G05/G06 og G03 til RH1 eller RH2 (lok bak, skyving): NB! Annen vei til R-spor enn fra A-spor</p> <p>Korte tog: Avgang fra C42-C45</p>	<p>Lange tog A1.1 (dagens GV) (senere med splitting ved uttrekk i G05)</p> <p>Lange tog, udelt i A1 til delt i C42-C45 via uttrekk i G05 og "baklengs inn" + deling i C42-C45 med uttrekk i G05</p> <p>Lange tog, delt i C42-C45, skjøtes og kjøres via G05 og G03 til RH4 (udelt)</p> <p>Lange tog, avgang fra A1, belegg ut i spor mot kryss ved Alnabanen</p>
Loenga	<p>Korte tog A1.1 (dagens GV)</p> <p>Alle tog skiftes mellom A1 .1 og C42-C45 etter ankomst</p> <p>Korte tog: Skifting fra C42-C45 via G05/G06 og G03 til RH1 eller RH2 (lok bak, skyving): NB! Annen vei til R-spor enn fra A-spor</p> <p>Korte tog: Avgang fra C42-C45</p>	<p>Lange tog A1.1 (dagens GV) (senere med splitting ved uttrekk i G05)</p> <p>Lange tog, udelt i A1 til delt i C42-C45 via uttrekk i G05 og "baklengs inn" + deling i C42-C45 med uttrekk i G05</p> <p>Lange tog, delt i C42-C45, skjøtes og kjøres via G05 og G03 til RH4 (udelt)</p> <p>Lange tog, avgang fra A1, belegg ut i spor mot kryss ved Alnabanen</p>
Grefsen	<p>Korte tog A2.1 (dagens GIII)</p> <p>Korte tog fra A2.1 til C21-C23</p> <p>Korte tog: Skifting fra C21-C23 via G05/G06 og G03 til RH1 eller RH2 (lok bak, skyving): NB! Annen vei til R-spor enn fra A-spor</p> <p>Korte tog: Avgang fra C21-C23</p>	<p>Lange tog A2.1 (dagens GIII) (senere med splitting ved uttrekk i G05)</p> <p>Lange tog, udelt i A2.1 til udelt i C08 uttrekk i G05</p> <p>Lange tog udelt i C08: Skifting via G06 og G03 til RH1 eller RH5 (lok bak, skyving) og deling</p> <p>Lange tog, avgang fra A2, belegg ut i spor mot kryss ved Alnabanen</p>

4.8.3	600 m	740 m
Grorud	Korte tog ankomst til A1-A3 ved Nyland Korte tog fra A1-A3 til LM1-LM2 Korte tog fra LM1-LM2 til RH via Alnabanen Korte tog avgang fra A1-A3	Lange tog med ankomst i A1-A3 og splittig i lastespor Lange tog fra A1-A3 til LM1-LM2 deling/skjøting Lange tog fra LM1-LM2 til RH via Alnabanen Avgangskontroll foretas etter at tog er skjøtet og skjer delvis i A1-A3

7.2.4.2 Utnyttelsesgrad i sporveksler over tid, 2040

Figur 63 viser belegg i sporveksler i 4.8.3 over et virkedøgn for 2040.



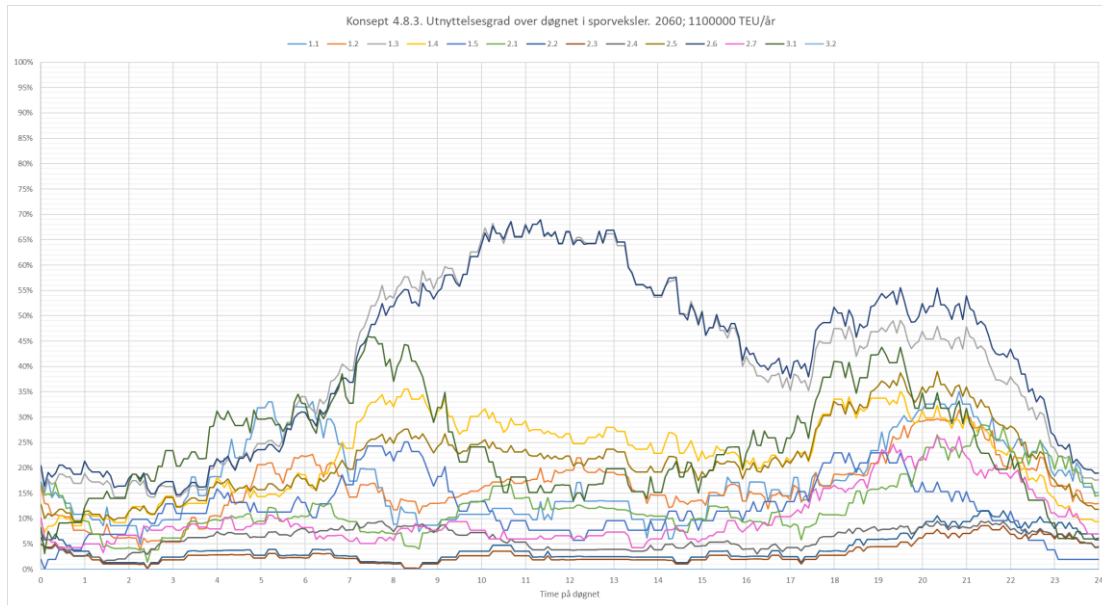
Figur 63. Utnyttelsesgrad i sporveksler over tid i 4.8.3 i 2040.

7.2.4.3 Kapasitet sporforbindelser konsept 4.8.3, 2040

Kapasitet i sporforbindelser i 4.8.3 i 2040 er ut fra belegget i Figur 63 lik $792000/62 \cdot 75\% = 960\ 000$ TEU/år (se avsnitt 3.5 mht. basisverdi på 792 000 TEU/år). Korrigert for noe mer skifting enn det som umiddelbart er lagt til grunn i Figur 63 regnes det med at kapasiteten reduseres rundt 10 000 TEU/år. Samlet kapasitet er da 950 000 TEU/år.

7.2.4.4 Utnyttelsesgrad i sporveksler over tid, 2060

Figur 63 viser belegg i sporveksler i 4.8.3 over et virkedøgn for 2060.



Figur 64. Utnyttelsesgrad i sporveksler, 4.8.3, 2060.

7.2.4.5 Kapasitet sporforbindelser konsept 4.8.3, 2060

Kapasitet i sporforbindelser i 4.8.3 i 2060 er ut fra belegget i Figur 63 lik $1\,097\,000/69\% \cdot 75\% = 1\,190\,000$ TEU/år (se avsnitt 3.5 mht. basisverdi på 1 097 000 TEU/år). Korrigert for noe mer skifting enn det som umiddelbart er lagt til grunn i Figur 63 regnes det med at kapasiteten reduseres rundt 15 000 TEU/år. Samlet kapasitet er da 1 175 000 TEU/år.

7.2.5 Konsept 4.8.3 implementering

7.2.5.1 Trafikkeringsmønster

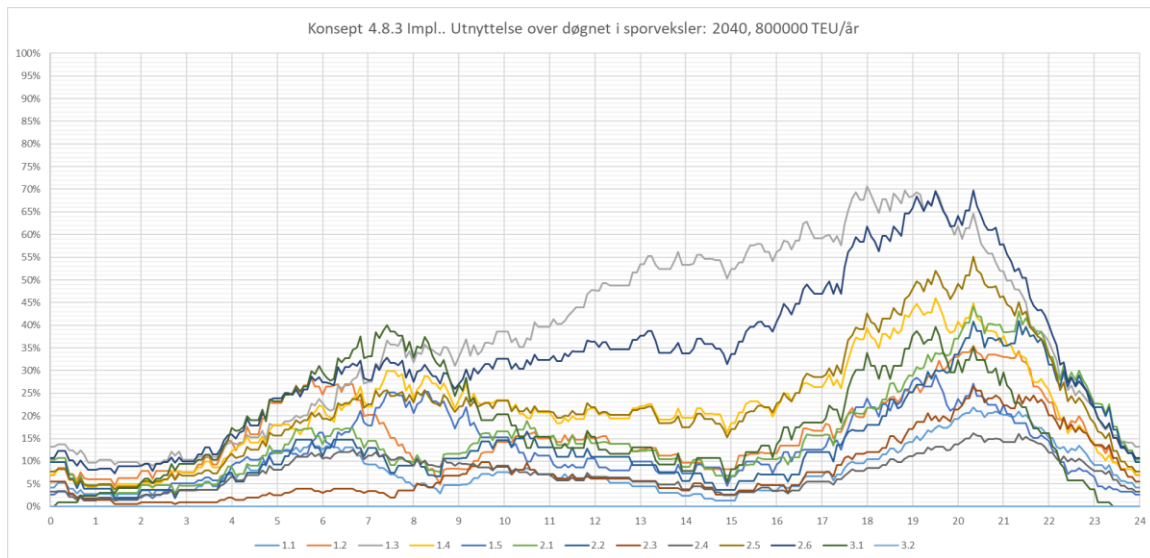
Trafikering i 4.8.3 impl er omtalt i Tabell 42.

Tabell 42. Trafikkering i 4.8.3 Impl.

4.8.3 Impl.	600 m	740 m
Bryn	<p>Korte tog GIV og GV</p> <p>Skift mellom GIV/GV og C42-C45 etter ankomst med uttrekk</p> <p>Korte tog: Skifting fra C42-C45 via G05 og G03 til RH3 eller RH1 (lok bak, skyving): NB! Annen vei til L-spor ->R-spor enn A-spor ->L-spor.</p> <p>KORTE TOG: AVGANG DIREKTE FRA LASTESPOR FOR BRYN, LOENGA OG GREFSEN.</p> <p>Korte tog: Avgang fra C42-C45</p>	<p>Lange tog, udelt fra A1 til delt i C08-C23 via saksing i ACS nord/ACN sør og siden deling i C08-C23 med uttrekk i G05</p> <p>Lange tog delt i C08-C23 Skjøting og skifting fra C08-C23 via G06 og G03 til RH3 (skyving) og deling i RH4</p> <p>Lange tog, avgang fra A1, belegg ut i spor mot kryss ved Alnabanen</p>
Loenga	<p>Korte tog GIV og GV</p> <p>Skift mellom GIV/GV og C42-C45 etter ankomst med uttrekk</p> <p>Korte tog: Skifting fra C42-C45 via G05 og G03 til RH3 eller RH1 (lok bak, skyving): NB! Annen vei til L-spor ->R-spor enn A-spor ->L-spor.</p> <p>KORTE TOG: AVGANG DIREKTE FRA LASTESPOR FOR BRYN, LOENGA OG GREFSEN.</p> <p>Korte tog: Avgang fra C42-C45</p>	<p>Lange tog, udelt fra A1 til delt i C08-C23 via saksing i ACS nord/ACN sør og siden deling i C08-C23 med uttrekk i G05</p> <p>Lange tog delt i C08-C23 Skjøting og skifting fra C08-C23 via G06 og G03 til RH3 (skyving) og deling i RH4</p> <p>Lange tog, avgang fra A1, belegg ut i spor mot kryss ved Alnabanen</p>
Grefsen	<p>Korte tog GII-GIII</p> <p>Korte tog fra Gii-GIII til C21-C23</p> <p>Korte tog: Skifting fra C21-C23 via G05/G06 og G03 til RH1 eller RH2 (lok bak, skyving): NB! Annen vei til R-spor enn fra A-spor</p> <p>Korte tog: avgang direkte fra lastespor for bryn, Loenga og Grefsen. Strengt tatt kan det være at det ikke er mulig med avgangskontroll i C43 og C44 hvis det løftes i C42 og/eller C45, men det sees bort fra dette i første omgang.</p>	<p>Lange tog, udelt fra A1 til delt i C08-C23 via saksing i ACS nord/ACN sør og siden deling i C08-C23 med uttrekk i G05</p> <p>Lange tog udelt i C08: Skifting via G06 og G03 til RH1 eller RH5 (lok bak, skyving) og deling</p> <p>Skjøring i lastespor, skift til A1-A3 og senere avgang derfra.</p>
Grorud	<p>Korte tog ankomst til A1-A3</p> <p>Korte tog fra A1-A3 til LM1-LM2</p> <p>Korte tog fra LM1-LM2 til RH via Alnabanen</p> <p>Korte tog avgang fra A1-A3</p> <p>Avgangskontroll foretas delvis i A1-A3</p>	<p>Lange tog med ankomst i A1-A3 og splittig i lastespor</p> <p>Lange tog fra A1-A3 til LM1-LM2 og deling</p> <p>Lange tog fra LM1-LM2 til RH via Alnabanen</p> <p>Avgangskontroll foretas etter at tog er skjøtet og skjer delvis i A1-A3</p>

7.2.5.2 Utnyttelsesgrad i sporveksler over tid, 2040

Figur 65 viser utnyttelsesgrad i sporveksler i 4.8.3 implementering over et virkedøgn for 2040.



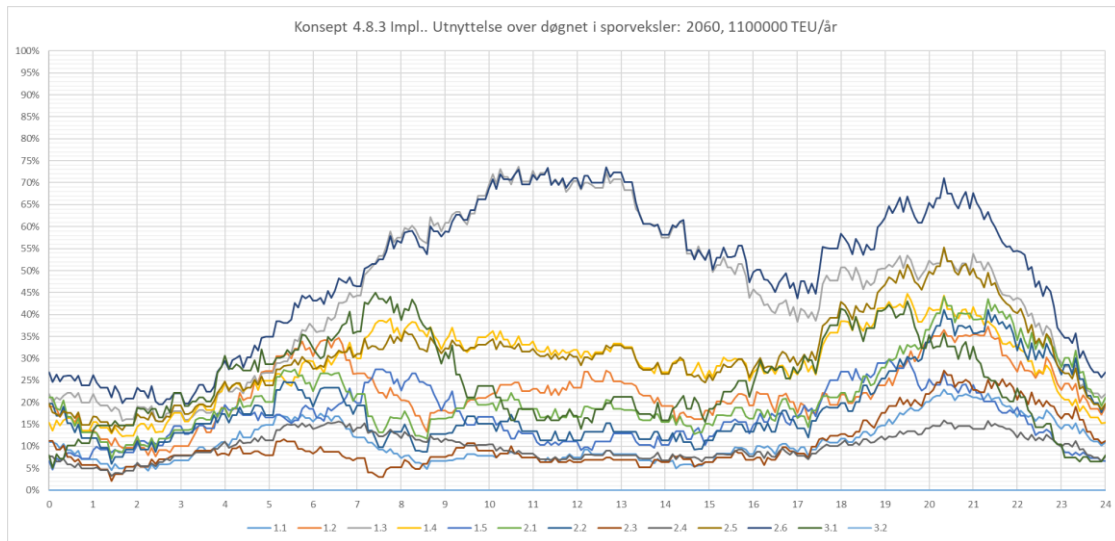
Figur 65. Utnyttelsesgrad i sporveksler over tid i 4.8.3 implementering i 2040.

7.2.5.3 Kapasitet sporforbindelser konsept 4.8.3 impl., 2040

Kapasitet i sporforbindelser i 4.8.3 implementering i 2040 er ut fra belegget i Figur 65 lik $792000/71\%*75\% = 840\ 000$ TEU/år (se avsnitt 3.2 mht. basisverdi på 792 000 TEU/år). Korrigert for noe mer skifting enn det som umiddelbart er lagt til grunn i Figur 65 regnes det med at kapasiteten reduseres rundt 10 000 TEU/år. Samlet kapasitet er da 830 000 TEU/år.

7.2.5.4 Utnyttelsesgrad i sporveksler over tid, 2060

Figur 66 viser utnyttelsesgrad i sporveksler i 4.8.3 implementering over et virkedøgn for 2060.



Figur 66. Utnyttelsesgrad i sporveksler, 4.8.3 impl., 2060.

7.2.5.5 Kapasitet sporforbindelser konsept 4.8.3 impl. 2060

Kapasitet i sporforbindelser i 4.8.3 implementering i 2060 er ut fra belegget i Figur 65 lik $1\,097\,000/74\%*75\% = 1\,110\,000$ TEU/år (se avsnitt 3.5 mht. basisverdi på $1\,097\,000$ TEU/år), eller $1\,115\,000$ med mer nøyaktig beregning. Korrigert for noe mer skifting enn det som umiddelbart er lagt til grunn i Figur 65 regnes det med at kapasiteten reduseres rundt $15\,000$ TEU/år. Samlet kapasitet er da $1\,100\,000$ TEU/år.

7.2.6 Kapasitet i Grorudsporet i Ref. 0+

Grorudsporet er i konsept Ref. 0+ antatt benyttet for ankomster og 25 av avganger via Grorudsporet.

Det tilsier at det via Grorudsporet i dimensjonerende time på kvelden i 2040 (se Figur 7 og Figur 8) er $4 \text{ avg./time} * 50\% \text{ av avganger mot Grorud} * 25\% \text{ av avganger mot Grorud i Grorudspor} + 2 \text{ ank./time} * 50\% = 0,5 \text{ avgang} + 1 \text{ ank./time} = 1,5 \text{ tog/time}$.

Avstand fra Grorud til lastespor i ACN er ca. $2,2$ km. Med en toglengde på 600 m blir kjøretiden med ca. 35 km/t (lang avstand med høyere gjennomsnittshastighet enn ellers) lik $(2,2+0,6)/35*60+0,5 = 5,3$ minutter. Ved ankomst må skiftelok dessuten kjøre ut og kople seg på. Dette antas å ta totalt $1,5$ minutt. Samlet belegg er da $6,8$ minutter. Ved avgang er belegget ca. $5,3$ minutter til toget er ute på Hovedbanen. Gjennomsnittlig, vektet belegg er da ca. $(0,5*5,3 + 1*6,8)/1,5 = 6,3$ minutter. Dette tilsier en kapasitet med 75% utnyttelse på $(60 \text{ min/time} * 75\%)/6,3 \text{ minutter/tog} = 7,1$ tog/time.

I tillegg vil det være behov for skifting ut i Grorudsporet. Ledig tid til dette er $45 \text{ min/time} - 1,5 \text{ tog/time} * 6,3 \text{ min/tog} = 35,5$ minutter/time. Med en gjennomsnittlig beleggstid ved uttrekk av lok eller lok og vognstamme på $2,3$ minutter er det kapasitet til $15,3$ eller 7 uttrekkssykluser per time.

Behovet for uttrekk oppstår ved deling eller skjøting av lange tog. Lange tog på 740 m utgjør 30% og antas å bli kjørt via A1-A3 slik at behovet for deling oppstår ved ankomst. Tidsbruk ved deling av vognstamme er ca. 1 minutt for deling av vognstamme, ca. 1 minutt for uttrekk av kort del av

vognstamme, og 2 minutter for skifting inn med kort del av vognstamme, alt 5 minutter. Resulterende belegg ved ankomst er da $1 \text{ tog/time} * 5 \text{ minutter per tog}$, hvilket er mindre enn tilgjengelig tid på ca. 35 minutter.

Det er da nok kapasitet i Grorudsporet til å håndtere ankomster og avganger.

7.3 Følsomhet ved variasjon i forutsetninger

For de fleste parametre er det en viss usikkerhet og variasjon i verdier vil påvirke resultatet for sporkapasitet.

Antall vognstammer som kan håndteres med skift, hensetting og deling avhenger bl.a. av sporantall. Definisjon av hvilke spor som benyttes og antakelser om effekter i praksis for antall delte vognstammer vil påvirke tallene. Det samme gjelder hvilken omsetning verdiene beregnes for.

Variasjoner i belegg i sporforbindelse kan bl.a. skyldes variasjon i

- Hastighet
- Avstander
- Reaksjonstider
- Antall skiftebevegelser
- Bruk av kryss/valg av skiftevei

Resultater vil derfor kunne variere og det vil være en naturlig usikkerhet knyttet til tallene. Allikevel vil tallene gi et nivå for den absolutte kapasiteten i hvert konsept, og spesielt sammenligning av kapasitet på tvers av konseptene vil være interessant der resultatene med tanke på rangering av konsepter hvis det er signifikante forskjeller i kapasitet.

I det følgende er det omtalt en rekke forhold og hvordan de kan påvirke sporkapasiteten.

7.3.1 Beregning av endret kapasitet ut fra endret utnyttelse

Det er generelt i resultatene benyttet en variasjon på $\pm 10\%$ i kapasiteten ut fra variasjoner i tidsbelegg i veksler og derav følgende utnyttelsesgrad.

10 % variasjon svarer til at $U/(U-dU) = 1,1 \Leftrightarrow U = 1,1 * U - 1,1 * dU \Leftrightarrow dU = 1/1,1 * (1,1 - 1)U$

Dvs. at hvis $U = 65\%$ er gir 10 % variasjon at $dU = 1/1,1 * (1,1 - 1) * 65\% = 5,9\%$ (av hele timen), eller en endring i belegg per time er da $\pm 3,5$ minutt av et belegg på $65\% * 60 = 39$ minutter (dvs. 35,5 til 42,5 minutter).

Det gjelder at kapasiteten, K , beregnes som en skalering av målvolum, V , og tilhørende utnyttelse, U :

$$K = V * 75\% / U, \quad U = T / 60$$

Hvis tidsbelegget endrer seg vil utnyttelsen endre seg og det fås da at: $K + dK = V * 75\% / (U - dU)$.

Dvs. at forholdstall mellom ny og opprinnelig kapasitet finnes som

$$(K + dK) / K = (V * 75\% / (U - dU)) / (V * 75\% / U) = U / (U - dU)$$

Eksempelvis gir en endring på 1 minutt belegg per time og med basis i $U=65\%$ da at $(K+dK)/K = 65\% / (65\% - 1/60) = 1,026$. Dvs. at kapasiteten øker med 2,6 % i dette eksemplet med 1 minutt reduksjon av belegg.

Med (eksempelvis) 65 % utnyttelse er kapasiteten i sporforbindelse lik $800\ 000\ \text{TEU}/\text{år} / 65\% * 75\% = 923\ 000\ \text{TEU}/\text{år}$.

Dvs. at kapasiteten med 1 minutt reduksjon per time endrer seg med $2,6\% * 923\ 000\ \text{TEU}/\text{år} = 24\ 000\ \text{TEU}/\text{år}$.

7.3.2 Hensetting i helg utenfor terminal

Helgehensetting er flaskehals er i 2040 i konsept 4.8.3 og 4.8.3 impl., og i 2060 er helgehensetting flaskehals i alle konsepter bortsett fra referanse (flaskehalsen er der sporforbindelse), se Tabell 34.

Ved å akseptere at vognstammer parkeres utenfor terminalen i helg kan kapasiteten økes. Det vil imidlertid medføre at blir det mye kjøring av tomme vognstammer fram og tilbake og det går ut over driftseffektiviteten.

Dette effektivitetstapet må i så fall estimeres og inkluderes i driftseffektivitetsberegningen. Det må ytterligere i kostnadsestimatet inkluderes en kostnad for å etablere nødvendig helgehensettingskapasitet et annet sted. Det må forutsettes at det ikke er ledig kapasitet som kan benyttes «gratis» for å betjene Alnabru (og selv om det skulle være tilfelle at det på et gitt tidspunkt skulle finnes ledig kapasitet må det være rimelig å forutsette at dette i så fall fortrenger kapasitet til andre formål slik at dette da må erstattes) og at det i en samfunnsøkonomisk analyse derfor må tas med kostander for ekstern hensettingskapasitet.

Selve virkningen av å fjerne flaskehalsen «hensetting helg» er illustrert i Tabell 36 (for gitt konsept finnes kolonne med hensetting helg som dimensjonerende faktor og deretter kan kapasitet ved neste flaskehals avleses).

Sporbehovet i helg er til hensetting 37 vognstammer i 2040 og 41 vognstammer i 2060. Måloppnåelsen med 39 spor i helg er en ca. faktor $39/50$ når det regnes forenklet og sees bort fra deling av vognstammer. Med redusert hensettingsbehov på 1 spor er måloppnåelsen da $39/(50-1)$. Kapasiteten øker da med en faktor $(39/49)/(39/50) = 50/49 = 1,02$. Hensettingskapasiteten øker da generelt med ca. 2 % per vognstamme som hensettes utenfor Alnabruterminalen.

7.3.3 Driftsopplegg

Måten spor og sporforbindelser blir brukt på er kanskje den viktigste faktoren (sammen med tidsbruk per aktivitet) for å bestemme belegg i sporforbindelser og tilhørende kapasitet.

I konseptene er det forsøkt å finne fordeling av trafikk som gir lavest mulig belegg og dermed høyest kapasitet. Det kan imidlertid ikke avvises at det finnes andre måter å gjøre dette på som ikke er beskrevet i denne analysen.

Usikkerheten er imidlertid lik i alle konsepter slik at den relative rangeringen ikke bør bli påvirket av denne usikkerheten. Derimot kan usikkerhetsintervallet for kapasitet selvsagt diskuteres og vil kunne endres med nærmere studier av konsepter og driftsopplegg.

I analysen er det som nevnt i avsnitt 3.7.1 inkludert et usikkerhetsintervall på $\pm 10\%$ for å ta høyde for at drift og tidsbruk kan være noe annet enn det som er forutsatt i beregningene.

7.3.4 Bruk av korte parkeringsspor til skiftelok

Det er på terminalen en rekke korte spor som kan brukes til parkering og posisjonering av skiftelok under drift.

Det er i beregning av belegg i sporforbindelser regnet med at skiftelok kommer fra et R-spor, men ved optimal bruk av parkeringssporene vil skifting med skiftelok kunne reduseres noe.

Hvis loket er ute i loksporet trenger det ikke å kjøre ut fra et R-spor rett før skifting. Til gjengjeld må det kjøre ut etter skifting av vogntamme tidligere slik at nettobelegget blir omtrent det samme.

Besparelse sammenlignet med skift fra RH-spor til vogntamme er 1 bevegelse ved skift fra A-spor til lastespor før lossing samt 1 bevegelse ved skift fra RH-spor til lastespor før lastning.

Hvis det sees på kveldsrush der det i hovedsak er avganger er det over en dimensjonerende periode på 2 timer 1 bevegelse fra RH-spor til lastespor før lossing per avgang. I gjennomsnitt er det 0,5 bevegelse per avgang. Det er i alt inntil 4 avganger/time. Besparelsen er da $4 \text{ avg./time} * 0,5 \text{ bevegelse/time} * 1,5 \text{ minutt/bevegelse} = 3 \text{ minutt/time}$.

Hvis det regnes med at det er et begrenset antall skiftelok som plasserer seg likt på tvers av RH-spor er det ca. 50 % sannsynlighet for at det er en fordel å posisjonere lok i stikkspor. Effekten blir da en forventet verdi på ca. $50 \% * 3 = 1,5 \text{ minutt belegg}$.

Videre er det slik at reduksjon i belastningen i en veksel ikke i seg selv øker kapasiteten. Det er to vekslers som til sammen er dimensjonerende for kapasiteten (belegg er balansert slik at det ikke kan reduseres mer ett sted uten at det økes et annet sted). Det betyr at en reduksjon i belegg må fordeles på to vekslers gjennom omfordeling av aktiviteter. Effektiv reduksjon er da det halve.

Som nevnt må skifteløket uansett ut og posisjonere seg før sik at effekten ikke kan oppnås fullt ut. Hvis det uansett må skiftes i dimensjonerende periode i f.eks. 50 % av tilfellene blir effektiv besparelse ca. 50 %

Effektiv reduksjon er da $50 \% * 1,5 \text{ minutt} = 0,75 \text{ minutt}$. Det utgjør ca. $0,75/60 = 1,25 \%$. Den kapasitetsmessige effekten er vist i Tabell 43.

Tabell 43. Kapasitetsøkning i sporforbindelser ved bruk av parkeringsspor til skiftelok.

Konsept	Spart effektiv utnyttelse per ankomst [minutter]	Økt kapasitet i sporforbindelser [TEU/år]	
		2040	2060
Ref. 0+	1,25 %	9 000	10 000
3.7	1,25 %	15 000	21 000
3.7 impl.	1,25 %	18 000	27 000
4.8.3	1,25 %	19 000	21 000
4.8.3 impl.	1,25 %	15 000	19 000

Kapasitetsøkningen avhenger hva som er praktisk mulig med tanke på parkering og posisjonering av skiftelok, men verdiene i Tabell 43 kan gi en pekepinn på nivået.

7.3.5 Bruk av bimodale lokomotiver

7.3.5.1 Belegg ved ankomst

Med bimodale lokomotiver (lok som kan kjøre en kortere eller lengre strekning uten kjørestrom og dermed kan kjøre igjennom lastespor) er det ved ankomst ikke nødvendig å benytte skiftelok for å skifte vognstammer fra A-spor til lastespor.

Tabell 44 viser hvordan skifting er som hovedregel med skiftelok og hva som er besparelsen med bimodalt strekningslok.

Tabell 44. Besparelser ved bruk av bimodalt lok.

Konsept	Beskrivelse og kvantifisering	Bryn/Loenga/Grefsen	Grorud
Ref. 0+	Beskrivelse	Ankomst med strekningslok foran. Strekningslok av. Skiftelok inn foran vognstammen for å trekke den inn i lastespor, eller bak vognstammen for å skyve den inn i lastespor. Bimodalt strekningslok sparer bortskifting av strekningslok og skift av skiftelok ut fra parkering og inn i A-spor. Strekningslok må da skiftes bort for lastespor men sporforbindelse i nord mot Grorudsporet er neppe dimensjonerende.	Ankomst i Grorudspor og påkopling av skiftelok foran for å trekke hele vognstamme med strekningslok inn i lastespor. Bimodalt strekningslok kan kjøre vognstamme inn i lastspor selv og sparer belegg av forbindelse på begge sider av lastespor for kjøring av skiftelok for posisjonering før ankomst av tog i Grorudsporet.
	Besparelse	Enten 2 bevegelser i sør + 1 i nord på ACS eller 2+1 bevegelse i nord på ACS à 1,5 minutt	1 bevegelse sør for lastemodul i ACN = 1 bevegelser nord i ACS à 1,5 minutt
3.7	Beskrivelse	Ankomst med strekningslok foran. Strekningslok av. Skiftelok inn foran vognstammen for å trekke den inn i lastespor, eller bak vognstammen for å skyve den inn i lastespor. Bimodalt strekningslok sparer skift av skiftelok ut fra parkering og inn i A-spor. Strekningslok må da skiftes bort for	I utgangspunktet er det ankomst i A-spor i ACS og bortkjøring av strekningslok via Alnabanen. Deretter skiftelok til sør via Alnabanen eller fra nord. Med bruk av strekningslok spares skift av skiftelok inn til vognstamme og bortkjøring av strekningslok. Dette er imidlertid på grunn av

Konsept	Beskrivelse og kvantifi-sering	Bryn/Loenga/Grefsen	Grorud
		lastespor men sporforbindelse i nord mot Grorudsporet er neppe dimensjonerende.	strekningslok i seg selv, og ikke fordi det er bimodalt strekningslok.
	Besparelse	Enten 2 bevegelser i sør + 1 i nord på ACS eller 2+1 bevegelse i nord på ACS à 1,5 minutt	Enten 2 bevegelser i sør + 1 i sør på ACS eller 2+1 bevegelse i sør på ACS à 1,5 minutt
3.7 impl.	Beskrivelse	Ankomst med strekningslok foran. Strekninglok av Skiftelok inn foran vognstammen for å trekke den inn i lastespor, eller bak vognstammen for å skyve den inn i lastespor. Bimodalt strekningslok sparer skift av skiftelok ut fra parkering og inn i A-spor. Strekningslok må da skiftes bort far lastespor men sporforbindelse i nord mot Grorudsporet er neppe dimensjonerende.	I utgangspunktet er det ankomst i A-spor i ACS og bortkjøring av strekningslok via Alnabanen. Deretter skiftelok til sør via Alnabanen eller fra nord. Med bruk av strekningslok spares skift av skiftelok inn til vognstamme og bortkjøring av strekningslok. Dette er imidlertid på grunn av strekningslok i seg selv, og ikke fordi det er bimodalt strekningslok.
	Besparelse	Enten 2 bevegelser i sør + 1 i nord på ACS eller 2+1 bevegelse i nord på ACS à 1,5 minutt	Enten 2 bevegelser i sør + 1 i sør på ACS eller 2+1 bevegelse i sør på ACS à 1,5 minutt
4.8.3	Beskrivelse	Ankomst med strekningslok foran. Strekninglok av Skiftelok inn foran vognstammen for å trekke den inn i lastespor, eller bak vognstammen for å skyve den inn i lastespor. Bimodalt strekningslok sparer skift av skiftelok ut fra parkering og inn i A-spor. Strekningslok må da skiftes bort far lastespor men sporforbindelse i nord mot Grorudsporet er neppe dimensjonerende.	Ankomst i A1-A3 og påkopling av skiftelok bak. Frakopling og bortsifting av strekningslok. Skyving av vognstamme inn i lastespor i modul A. Bortkjøring av strekningslok. Bimodalt strekningslok kan kjøre inn i lastespor i modul A selv og sparer belegg av utkjøring av skiftelok til bakende av vognstamme og bortkjøring av strekningslok nord for modul A samt skiftelok inn i R sør for modul A.
	Besparelse	Enten 2 bevegelser i sør + 1 i nord på ACS eller	2 bevegelse nord for lastemodul i ACS og

Konsept	Beskrivelse og kvantifisering	Bryn/Loenga/Grefsen	Grorud
		2+1 bevegelse i nord på ACS à 1,5 minutt	1 bevegelse sør for lastemodul i ACS à 1,5 minutt
4.8.3 impl.	Beskrivelse	Ankomst med strekningslok foran. Strekningslok av Skiftelok inn foran vognstammen for å trekke den inn i lastespor, eller bak vognstammen for å skyve den inn i lastespor. Bimodalt strekningslok sparer skift av skiftelok ut fra parkering og inn i A-spor. Strekningslok må da skiftes bort for lastespor men sporforbindelse i nord mot Grorudsporet er neppe dimensjonerende.	Ankomst i A1-A3 og påkopling av skiftelok bak. Frakopling og bortskifting av strekningslok. Skyving av vognstamme inn i lastespor i modul A. Bortkjøring av strekningslok. Bimodalt strekningslok kan kjøre inn i lastespor i modul A selv og sparer belegg av utkjøring av skiftelok til bakende av vognstamme og bortkjøring av strekningslok nord for modul A samt skiftelok inn i R sør for modul A.
	Besparelse	Enten 2 bevegelser i sør + 1 i nord på ACS eller 2+1 bevegelse i nord på ACS à 1,5 minutt	2 bevegelse nord for lastemodul i ACS og 1 bevegelse sør for lastemodul i ACS à 1,5 minutt

Når besparelsene vektes med ca. 50 % Bryn/Loenga/Grefsen og 50 % Grorud samt 50 % på besparelse i sør og 50 % på besparelse i nord fås det at samlet besparelse som vist i Tabell 45.

Effektiv spart utnyttelse per ankomst er funnet ved å anta at belegget fordeles 50 % i dimensjonerende veksler og 50 % i andre veksler.

Tabell 45. Sparte antall bevegelser med bimodalt lok.

	Sparte antall bevegelser			Spart tid per ankomst [minutt]	Spart utnyttelse per ankomst [minutter]	Spart effektiv utnyttelse per ankomst [minutter]
	Sør for ACS	Nord for ACS	Gjennomsnitt			
Ref. 0+	0,5	1,25	0,9	1,3	2,2 %	1,1 %
3.7	1,75	1,25	1,5	2,3	3,8 %	1,9 %
3.7 impl.	1,75	1,25	1,5	2,3	3,8 %	1,9 %
4.8.3	1	2	1,5	2,3	3,8 %	1,9 %
4.8.3 impl.	1	2	1,5	2,3	3,8 %	1,9 %

Tallene i Tabell 45 for spart effektiv utnyttelse per ankomst ganges med frekvensen for ankomst. I dimensjonerende periode på kvelden regnes det med at det totalt er ca. 2 ankomster per time (totalt til terminalen), jf. Figur 7 og Figur 8.

Samtidig deles det på 2 for å ta høyde for at redusert belegg i en veksler må fordeles på et par av dimensjonerende veksler (balansering av belegg). Dette betyr at de prosentvise besparelsene kan benyttes direkte som estimat for prosentvis endring i kapasitet.

1,1 % redusert belegg svarer i 2040 for Ref. 0+ ved kapasiteten på 640 000 TEU/år (se Tabell 31) til en kapasitetsøkning på ca. $640\,000 \text{ TEU/år} / 94\% * 1,1\% = 15\,000 \text{ TEU/år}$ i 2040 og 20 000 TEU/år i 2060 (gitt at kapasitetsutnyttelsen er ca. 65 % i dimensjonerende flaskehals).

Basert på utnyttelsesgraden i hvert konsept (kan beregnes som $\text{Utnyttelse} = \text{Mål} / \text{Kapasitet} * 75\%$) finnes brøken $(K+dK)/K$ og endringen i kapasitet beregnes. Resultatet er vist i Tabell 46.

Tabell 46. Mulig kapasitetsgevinst i sporforbindelser ved bruk av bimodalt lok.

Konsept	Spart effektiv utnyttelse per ankomst [minutter]	Endring i kapasitet [TEU/år]	Økt kapasitet i sporforbindelser [TEU/år]	
			2040	2060
Ref. 0+	1,1 %	1,1 %	8 000	9 000
3.7	1,9 %	1,9 %	24 000	32 000
3.7 impl.	1,9 %	1,9 %	28 000	42 000
4.8.3	1,9 %	1,9 %	29 000	33 000
4.8.3 impl.	1,9 %	1,9 %	22 000	29 000

Resultatet i Tabell 46 er bare kapasitet i sporforbindelser isolert sett og ikke dimensjonerende kapasitet for spor generelt.

7.3.5.2 Bimodalt lok ved avgang

Ved avgang er det ikke nødvendig for lokomotiver å komme inn i lastspor, men bare fram til vognstammen, og da kan vanlig, elektrisk strekningslok kjøre fram til enden av lastespor. Det er da mulig å ha avgang fra lastespor direkte (hvis det er asfaltert lastegate og avgangskontroll kan foretas i lastespor) eller benyttes til skift til A-spor for avgangskontroll der.

For skift mellom lastspor og A-spor før avgang er det ingen forskjell på om det er skiftelok eller bimodalt strekningslok som benyttes.

7.3.5.3 Påvirkning på materiellbehov

Med bimodale lokomotiver (lok som kan kjøre en kortere strekning uten kjørestrøm) er det ved ankomst ikke nødvendig å benytte skiftelok for å skifte vognstammer fra A-spor til lastespor. Til gjengjeld vil strekningslok være opptatt lengre enn ved bruk av skiftelok og det fører til behov for flere strekningslok, mens det tilsvarende er behov for færre skiftelok.

Virkningen er ikke kvantifisert.

7.3.6 Bruk av strekningslok ved skift før avgang

Ved avgang er det ikke nødvendig for lokomotiver å komme inn i lastespor, men bare fram til vognstammen, og da kan vanlig, elektrisk strekningslok kjøre fram til enden av lastesporet. Det er da mulig å ha avgang fra lastesporet direkte (hvis det er asfaltert lastegate og avgangskontroll kan foretas i lastespor) eller benyttes til skift til A-spor for avgangskontroll der.

For skift mellom lastespor og A-spor før avgang er det ingen forskjell på om det er skiftelok eller bimodalt strekningslok som benyttes.

Skift med strekningslok krever at strekningslok belegges lengre tid enn hvis det benyttes skiftelok, men til gjengjeld spares det (fortsatt ved avgang) skiftebevegelser i den enden av A-spor som blir forrest i togets kjøreretning. Siden strekningsloket allerede er påkoblet ved ankomst fra lastespor er det ikke nødvendig å kjøre skiftelok bort og det er heller ikke nødvendig å skifte strekningsloket ut foran A-sporet og inn i A-sporet før avgang. Det kan da spares 4 bevegelser med skiftelok à 1,5 minutt før avgang.

Bevegelsene er fordelt med ca. en time mellom seg. Per time regnes det med at det er litt under 4 sparte bevegelser, men dimensjonerende kan det regnes med 4 sparte bevegelser. Dette svarer da til $4 \cdot 1,5 = 6$ minutter spart belegg.

Med antatt 50 % i dimensjonerende veksler og en faktor 1/2 for å fordele besparelsen på et par (balansering så to flaskehalsar blir like store) av dimensjonerende veksler er tidsbelegg redusert med effektivt $6 \cdot 50\% \cdot 1/2 = 1,5$ minutt. Dette svarer da til $1,5/60 = 2,5$ %. Effekten er vist i Tabell 47.

Tabell 47. Kapasitetsøkning i sporforbindelser ved bruk av strekningslok til skift før avgang.

Konsept	Spart effektiv utnyttelse per ankomst [minutter]	Økt kapasitet i sporforbindelser [TEU/år]	
		2040	2060
Ref. 0+	2,5 %	18 000	21 000
3.7	2,5 %	31 000	42 000
3.7 impl.	2,5 %	37 000	55 000
4.8.3	2,5 %	39 000	43 000
4.8.3 impl.	2,5 %	30 000	38 000

7.3.7 Døgnfordeling i 2040 som i 2060

I 2060 er det en litt flatere døgnfordeling enn i 2040. Hvis døgnfordelingen i 2060 benyttes i 2040 vil det bli litt høyere kapasitet i sporforbindelser.

Resultatet for helgehensetting endrer seg også siden det er gjennomsnittlig kortere oppholdstid i terminalen og dermed lavere materiellbehov og høyere måloppnåelse.

Hensettingsbehov i 2040 er 37 vognstammer. Med skalering av hensettingsbehov for 41 vognstammer i 2060 (med mål om 1 100 000 TEU/år) finnes behovet i 2040 med samme døgnfordeling til $41/1100000 \cdot 800000 = 29,8$ vognstammer. I tillegg er det sporbehov for 6 spor til verkstedsoppsamling + 2 spor til vognlast. Forenklet beregnet er det da behov for $29,8 \cdot 580 + 6 \cdot 500 + 2 \cdot 580 = 21\,444$ spormeter i helg.

I konsept 4.8.3 er det 23 494 tilgjengelige spormeter for hensetting i helg. Med døgnfordeling fra 2060 i 2040 er måloppnåelse da på $23\,494/21\,444 = 109,6\%$ tilsvarende en kapasitet på ca. 877 000 TEU/år i 2040, hvilket da er over målet (mens det med forutsatt døgnfordeling er kapasitet lavere enn målet).

Resultatet for sporforbindelser finnes forenklet ved å skalere resultatet fra 2060 til 2040 med justering av toglengde (volum gods) og antall tog (belegg i veksler).

Gjennomsnittlig vognstammelengde er forutsatt 622 m i 2060 og 580 m i 2040. Transportkapasitet i 2040 er da $580/622 = 93\%$ av transportkapasiteten i 2060.

Samtidig er det i 2040 30 togpar per dag mens det i 2060 er 39 togpar per dag. Dvs. at det i 2040 er mulig å øke trafikken med en faktor $39/30 = 1,3$ sammenlignet ved samme beleggsgrad som i 2060.

Samlet faktor på kapasitet i sporforbindelser er da økt kapasitet på $1,3 \cdot 0,93 = 1,21$. Avhengig av hva kapasiteten er i utgangspunktet i hvert konsept fås da en ny kapasitet.

I Tabell 48 er det vist hvordan kapasitet i sporforbindelser, hensettingskapasitet i helg og dimensjonerende kapasitet endrer seg med døgnfordeling fra 2060 i 2040.

Tabell 48. Endring i kapasitet ved døgnfordeling i 2040 som i 2060.

Konsept	Tilgjengelig antall spormeter hensetting helg	Mål-oppnåelse helgehensetting	Kapasitet helgehensetting [TEU/år]	Kapasitet i sporforbindelse basis [TEU/år]	Faktor kapasitet i sporforbindelse	Kapasitet sporforbindelser døgnf. 2060 [TEU/år]	Dim. kapasitet med døgnford. 2060 [TEU/år]	Dim. kapasitet med døgnford. 2040 [TEU/år]	Økning i kapasitet med døgnford. 2060
Ref. 0+	25 942	121,0 %	970 000	640 000	1,21	775 000	775 000	640 000	21 %
3.7	30 226	141,0 %	1 130 000	890 000	1,21	1 075 000	1 075 000	890 000	21 %
3.7 impl.	29 920	139,5 %	1 115 000	980 000	1,21	1 185 000	1 115 000	912 000	22 %
4.8.3	23 494	109,6 %	875 000	930 000	1,21	1 125 000	875 000	732 000	20 %
4.8.3 impl.	24 004	111,9 %	895 000	840 000	1,21	1 015 000	895 000	748 000	20 %

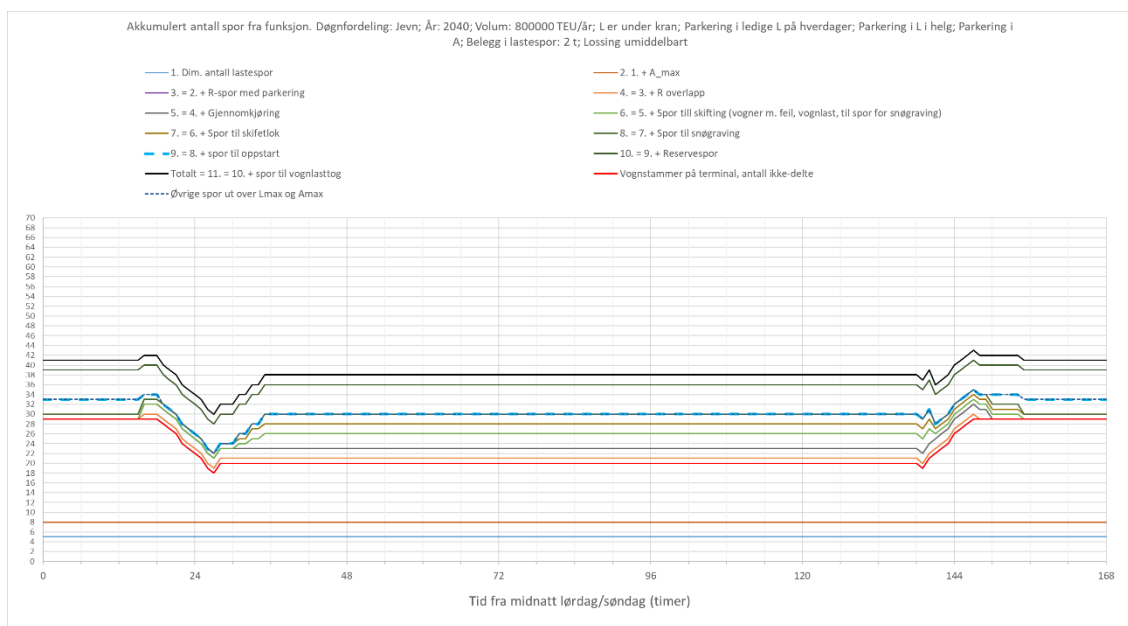
Det sees i Tabell 48 at det generelt er ca. 20 % økning i kapasitet hvis det i 2040 er samme døgnfordeling som i 2060.

Resultatene kan generaliseres (for både 2040 og 2060) og flatere døgnfordeling enn den forutsatt vil altså gi høyere kapasitet i både sporforbindelser og for helgehensetting. Motsatt vil en mindre jevn døgnfordeling (sterkere toppe for ankomst og avgang) gi reduserte kapasiteter.

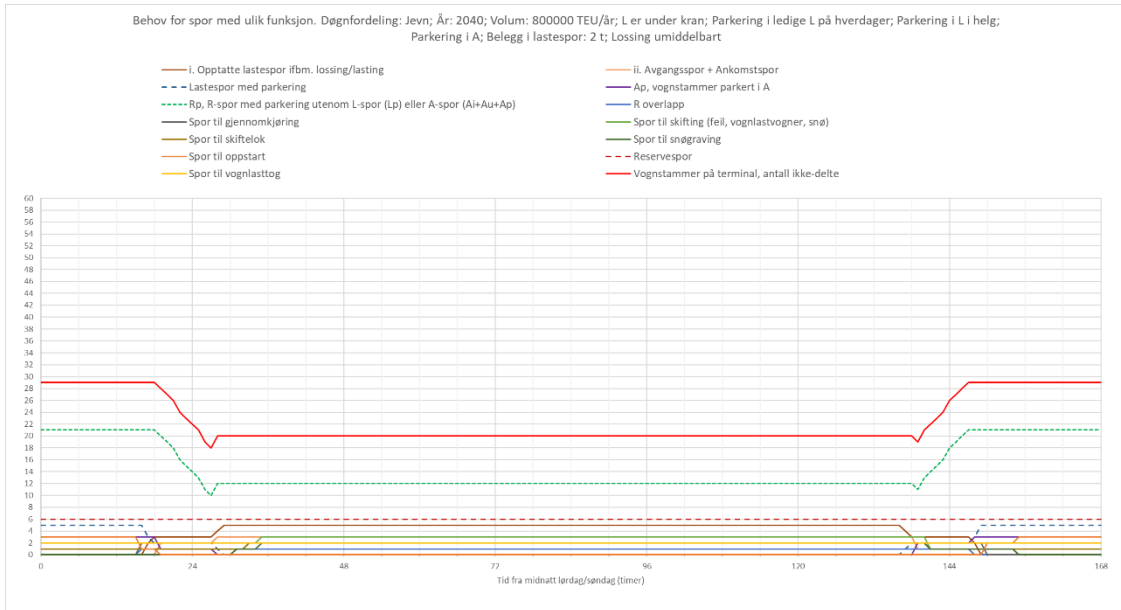
7.3.8 Jevn døgnfordeling

Døgnfordeling er viktig for sporbehov, både under drift og ved hensetting i helg samt for belegg i sporforbindelser.

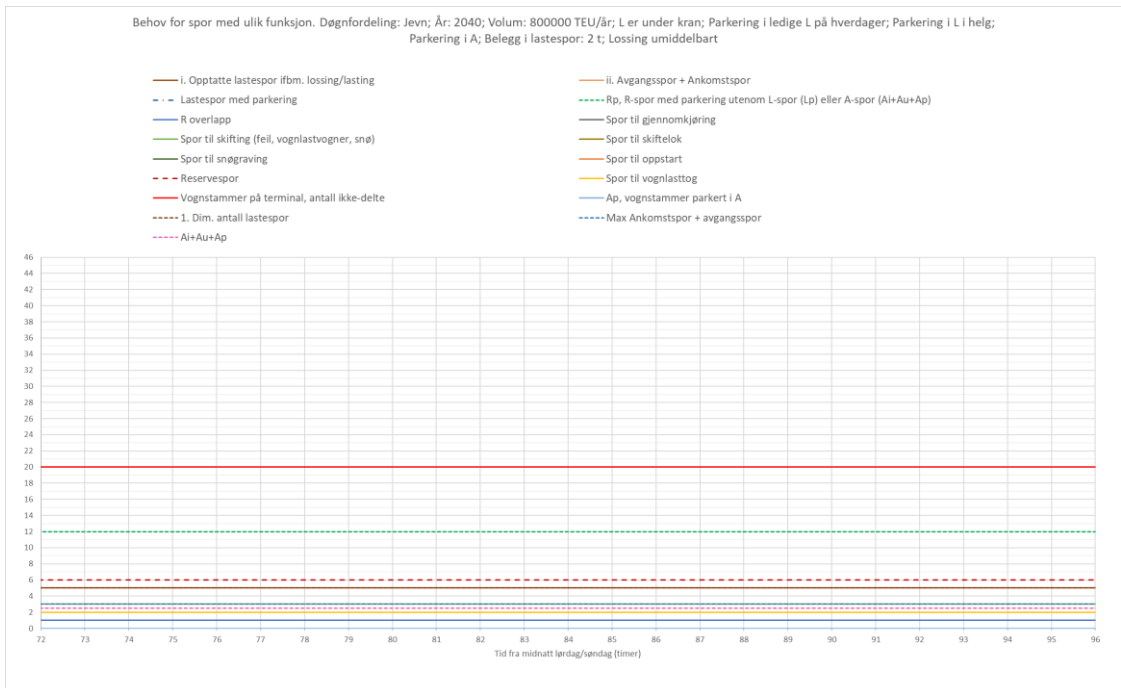
I Figur 67 til Figur 69 er det for 2040, med helt jevn døgnfordeling hele døgnet, vist hvordan akkumulert sporbehov er over uken, hvordan sporbehov per type er over uken og hvordan sporbehov er over et virkedøgn.



Figur 67. Akkumulert sporbehov over uken i 2040 med jevn døgnfordeling.



Figur 68. Sporbehov over uken i 2040 med jevn døgnfordeling.



Figur 69. Sporbehov over døgnet i 2040 med jevn døgnfordeling.

Med en jevn døgnfordeling vil omløpstid bli redusert og materiellbehov tilsvarende redusert. Sporbehov i helg med jevn fordeling i 2040 er redusert fra 37 til 29 vognstammer.

Behovet i 2040 er 37 vognstammer i terminalen + 6 spor til verkstedsoppsamling + 2 spor til vognlast = 46 spor. Forenklet beregnet er det da behov for $37 \cdot 580 + 6 \cdot 500 + 2 \cdot 580 = 26\,620$ spormeter i helg.

Med jevn fordeling reduseres behovet for spormeter da lik $29 \cdot 580 + 6 \cdot 500 + 2 \cdot 580 = 20\,980$ m.

I konsept 4.8.3 er det 23 494 tilgjengelige spormeter for hensetting i helg. Med jevn døgnfordeling er måloppnåelse på $23\,494 / 20\,980 = 112\%$ tilsvarende en kapasitet på 896 000 TEU/år i 2040, hvilket da er over målet (mens det med forutsatt døgnfordeling er kapasitet lavere enn målet).

Endring materiellbehov kan også skyldes endret omløpstid på grunn av endret kjøretid.

For belegg i sporforbindelser viser en eksempelberegning for 3.7 og 2040 at en flat døgnfordeling øker kapasiteten med 49 %.

7.3.9 Andel vogner med feil

Standardforutsetningen er at 63 % av tog skifter 1 vogn med feil inn og ut av vognstammen.

I 3.7 for 2040 øker kapasiteten med 4 % hvis andel av tog med skifting settes til 25 %.

7.3.10 Andel vognstammer med vognlastvogner

Standardforutsetningen er at 30 % av tog skifter vognlastvogner inn og ut av vognstammen.

I 3.7 for 2040 øker kapasiteten bare med 0,4 % hvis andel av tog med skifting settes til 10 %.

Endringen er størst i tidsperiode der dimensjonerende belegg ikke opptrer (mellom peak for ankomst og avgang).

7.3.11 Lange tog bare om kvelden

Forutsetning i analysen er at tog lengdefordeling gjelder som gjennomsnitt hele døgnet og er ikke fordelt slik at det er korte tog på dagtid og lange på kveld på 30 %.

Hvis det bare er lange tog på kveld der det generelt også er størst belegg i sporveksler må det regnes med at kapasiteten vil bli redusert i sporforbindelser etter som lengre tog belegger forbindelser lengre tid og lengre tog kan medføre større behov for deling og skjøting av vognstammer.

Virkningen er ikke kvantifisert.

7.3.12 Ekstra spor på Nyland i 4.8.3

På Nyland er det i 4.8.3 mulig å benytte spor til hensetting av vogner med feil ved ut- og innskifting fra vognstammer. Dette er ikke standardforutsetningen i analysen (jf. avsnitt 4.11).

Med 1200 m spor ekstra på Nyland (jf. (1)) tilsier det en økning i hensettingskapasitet i helg på $1200/23\,494 = 5\%$. I alt 25 204 m.

Måloppnåelse er da $(1200+23494)/25666 = 96\%$ svarende til en kapasitet på 770 000 TEU/år.

(Konsept 3.7 har fortsatt flere spormeter i helg med 31 960 m, og kapasitet på 942 000 TEU/år jf. Tabell 30).

7.3.13 Ruteplan ved operasjonalisering av døgfordeling

Døgfordeling er operasjonalisert med en ruteplan jf. avsnitt 4.4.5. Dette er en måte å operasjonalisere på og andre ruteplaner vil kunne gi litt andre prosentvise utslag. Belegget er imidlertid beregnet glidende over to timer og det er derfor sannsynligvis liten variasjon.

Samtidig er det inkludert et usikkerhetsintervall i beregningene og resultatet vil sannsynligvis ikke endre seg mht. konklusjon.

7.3.14 Doble lok ved lange tog

740 m lange tog vil mest sannsynlig kreve doble lok, men i kapasitetsanalysen (og i utredningen generelt) er det forutsatt enkelt lok. Med doble lok vil vognstammelengde reduseres.

Volum for et 740 m langt tog er da redusert med faktor $(740-2*20)/(740-20) = 0,97$.

Gjennomsnittlig vognstammelengde reduseres da til:

2040: $30\%*440+40\%*580+30\%*700 = 574$ m (fra 580 m).

2060: $70\%*580+30\%*700 = 616$ m (fra 622 m)

Dette er for både 2040 og 2060 en reduksjon på 1 % og antall togpar øker da prinsipielt også med en faktor $1/99\%=1,01$. Dette har i praksis ingen betydning for beregning av belegg eller antall spor siden det regnes med heltall av togpar, men basisvolum for antall togpar ved omregning til kapasitet (TEU per år) bør strengt tatt korrigeres slik at de forutsatte ruteplanene med heltallsverdier av togpar tilsvarer en omsetning som er ca. 1 % lavere (f.eks. en andel av målvolum i 2040 på $30/(30,3*1,01)=0,98$ i stedet for en andel på $30/30,3=0,99$).

Kapasiteten etter omregning er da også ca. 1 % lavere. Hvis kapasiteten f.eks. blir beregnet til 850 000 TEU/år med enkle lok er korrigert verdi da med doble lok 841 500 TEU/år.

7.3.15 Ankomst i spor A24 i konsept 3.7

Ved ankomst av tog fra Grorud i spor A24 på utsiden av Hovedbanen kan belastningen i sporveksler endres. Imidlertid viser beregning at det ikke endrer på dimensjonerende kapasitet. Se Figur 59.

Det kan imidlertid ikke avvises at det i andre sammenhenger kan være økt fleksibilitet/kapasitet ved å benytte denne muligheten.

7.3.16 Endring av belegg i lastespor og kapasitet i sporforbindelser

Ut fra antall spor i konseptene og ønsket betjeningsfrekvens i lastespor (ut fra døgfordeling) kan største beleggstid finnes i konseptet. Dette er vist i Tabell 49.

Tabell 49. Gjennomsnittlige, største beleggstider ut fra antall lastespor og frekvens i lastemoduler.

	Ref 0+	3.7	3.7 impl.	4.8.3	4.8.3 impl.
2040					
Effektivt antall lastespor med 30 % lange tog på 740 m	9	19	10	11	13
Frekvens i lastespor [tog/time]	4	4	4	4	4
Gjennomsnittlig beleggstid [t]	2,25	4,75	2,50	2,75	3,25
2060					
Effektivt antall lastespor med 30 % lange tog på 740 m	9	19	10	11	13
Frekvens i lastespor [tog/time]	5	5	5	5	5
Gjennomsnittlig beleggstid [t]	1,80	3,80	2,00	2,20	2,60

Bortsett fra konsept Ref. 0+ er det i alle konsepter mulig å belegge lastespor i 2 timer og fortsatt oppnå ønsket frekvens. I Ref. 0+ er det for få spormeter til dette i 2060 med 2 timers belegg.

I konsept 3.7, 3.7 impl., 4.8.3 og 4.8.3 impl. er det for beregning av kapasitet i sporforbindelser i utgangspunktet benyttet en forutsetning om belegg på 2 timer.

Som det framgår av tabellen er det mulig å belegge lastesporene lengre. Teknisk sett er det også mulig å betjene en vognstamme på kortere tid og minste tid for å ha nok løftekapasitet med 3 kraner i en modul i 3.7 er ca. 1,3 timer. (Minste tid til løft er ca. 52,3 TEU til løft per vognstamme/(3 kraner*22,5 løft/time/kran*1,01 TEU/løft) = 0,77 timer. Med margin på 25 % av totalbelegg og tid til inn- og utkjøring er det ca. 1,27 timers totalbelegg i 2040. I 2060 er det ca. 1,34 timer.)

Virkingen på kapasitet i sporforbindelser av endret beleggstid i lastespor vises i Tabell 50. Det vises endring fra basisverdi med 1,5 timers belegg og 3 timers belegg. I tillegg vises endring i sporforbindelseskapasitet i 2040 ved de angitte beleggstidene fra Tabell 49.

Tabell 50. Endring i kapasitets ved endrede beleggstider i lastespor [TEU/år], ca.-verdier.

Beleggstid	Endring i kapasitet i sporforbindelser [TEU/år]					
	1,5 timer	3 timer	4,75 timer	2,5 timer	2,75 timer	3,25 timer
Konsept						
3.7	-34 000	89 000	75 000	-	-	-
3.7 impl.	-62 000	135 000	-	48 000	-	-
4.8.3	-28 000	46 000	-	-	56 000	-
4.8.3 impl.	-25 000	58 000	-	-	-	52 000

Med fast oppholdstid og dedikerte lastespor kan behov for løfteutstyr reduseres, men da må vognstammer skiftes til andre lastespor (som da bare fungerer som parkeringsspor). Hvis det ikke er kranpor kan andre operasjoner utføres fra lastegate og behov for skifting reduseres.

Hvis det er samme beleggstid i lastespor i alle konsepter (uavhengig av antall lastespor) er det like forutsetninger for operatører og samlastere. Med variabel beleggstid fra konsept til konsept ut fra antall lastespor som er tilgjengelig vil forholdene for drift og effektivitet være forskjellige.

Endring i sporkapasitet i Ref. 0+ er ikke beregnet ved endret beleggstid i lastespor. Det bemerkes ut fra Tabell 49 at i Ref. 0+ er det i 2060 ikke lastespor nok til å stå de 2 timene som er forutsatt generelt i sporkapasitetsanalysen. Kapasitet i sporforbindelser i Ref. 0+ er imidlertid beregnet på en litt annen måte enn for utbyggingskonseptene (se avsnitt 7.1.2).

Siden konsept 3.7 har overskudd av lastespor kan vognstammer stå lengre enn de forutsatte 2 timene, eller i gjennomsnitt 4,8 timer, og kapasiteten i sporforbindelser er da høyere enn det som er vist i avsnitt 7.1.3.

3.7 impl. er mest følsom for endring i beleggstid i lastespor.

Hvis kapasitet i sporforbindelser økes ved lengre opphold i lastespor, blir kapasiteten sporforbindelser i 3.7 jf. avsnitt 7.1.2 lik og Tabell 50 lik $850\ 000 + 75\ 000 = 925\ 000$ TEU. Med korreksjon som omtalt i avsnitt 7.1.2 kan samlet kapasitet i sporforbindelse i 3.7 være rundt 965 000 TEU/år.

Jf. Tabell 30 er hensettingskapasitet i helg lik 942 000 TEU/år. Dette blir da kapasitetsgrensen i 3.7 selv om kapasiteten øker isolert sett i sporforbindelser.

Sporbehov er i utgangspunktet beregnet med 2 timers belegg. Beregningsmodellen er i utgangspunktet bare satt opp til å håndtere beleggstider i hele antall timer. Med 1 time er lastesporbehovet i 2040 lik 5, dvs. en endring på -5, og i 2060 er det det samme.

Verdien for *endring* i sporbehov ved belegg på 1,5 time finnes interpolert fra verdien for 1 og 2 timer, og er da lik $\frac{1}{2}*(-5+(0)) = -2,5$, dvs. avrundet -3, men konservativt regnet som -2. Resultatene er vist i Tabell 51.

Tabell 51. Endring i sporbehov med endret beleggstid.

År	2040		2060	
	1,5 timer	3 timer	1,5 timer	3 timer
Endring i behov for antall lastespor	-2 (fra 10 til 8)	+6 (fra 10 til 16)	-2 (fra 12 til 10)	+6 (fra 12 til 18)

Behovet for lastespor ved 1,5 timer kan også beregnes som Antall lastespor = $1,25 * T * f$, der 1,25 er en peakfaktor, funnet ut fra beregningsmodellen for sporbehov, T er beleggstiden i timer og f er frekvensen av tog (dvs. vognstammer) per time i lastemodulen. Da finnes behovet i 2040 til $1,25 * 4 * 1,5 \approx 8$ lastespor og i 2060er behovet $1,25 * 5 * 1,5 \approx 10$ lastespor. I begge tilfeller er det en endring på -2 lastespor, som beregnet over.

I 2060 er frekvens i lastemolduler økt og beleggstiden reduseres tilsvarende. Det er bare konsept 3.7 som har nok lastespor til å håndtere 3 timers belegg (bare 3.7 har 18 lastespor). Det stemmer også med verdiene i Tabell 49 der det er vist at maksimal beleggstid i de andre konseptene er lavere enn 3 timer.

7.3.17 Endret retningsfordeling

I 2017 var andel tog som ble framført som vist i Tabell 52. Tallene kan oppgjøres på litt forskjellig måte, men viser omtrent samme bile (innmeldte ruteleier fra operatørene viser ikke antall tog som ble kjørt).

Andelene av trafikk i Tabell 52 sier bare noe om antallet av tog, men ikke noe om fraktet volum.

Tabell 52. Andel av trafikk, empirisk 2017.

Atkomst	Antall togpar ukebasis, august 2017)	Avviklet 1. kvartal 2017, estimat TIOS	Innmeldte ruteleier ukebasis 2017	Laste-losseplan mars 2017
Bryn	21 %	20 %	19 %	23 %
Loenga	7 %	8 %	17 %	2 %
Grefsen	26 %	27 %	23 %	26 %
Grorud	47 %	46 %	42 %	49 %

Andelen av trafikk som er forutsatt i sporkapasitetsanalysen i avsnitt 4.7 er gjentatt i Tabell 53.

Tabell 53. Forutsatt andel trafikk i per retning, jf. tidligere forutsetninger.

Destinasjon	Andel av trafikk 2040	Andel av trafikk 2060
Bryn	4 %	4 %
Loenga	30 %	31 %
Grefsen	19 %	20 %
Grorud	47 %	45 %
Sum	100 %	100 %

I sum er det for Bryn og Loenga (samme atkomstvei til Alnabru) 34 % i 2040 mens det i 1. kvartal 2017 i hht. TIOS var ca. 28 %. Forskjellen er da ca. 21 % høyere trafikk i sporkapasitetsanalysen. For Loenga (Østfoldbanen) spesielt er det forutsatt 30 % i 2040 mot 8 % i 2017 (TIOS), dvs. en økning med 275 %, mens det for Bryn (Ganddal) er en reduksjon fra 20 % til 4 %, dvs. med 80 %.

I Tabell 54 er det vist en annen retningsfordeling som er benyttet i følsomhetsanalyse. Verdiene er der mer i tråd med de observerte verdiene i 2017 (TIOS) fra Tabell 53.

Tabell 54. Andel trafikk i per retning i følsomhetsanalyse.

Destinasjon	Andel av trafikk 2040	Alternativ fordeling 2040 i følsomhetsanalyse	Andel av trafikk 2060	Alternativ fordeling 2060 i følsomhetsanalyse
Bryn	4 %	20 %	4 %	20 %
Loenga	30 %	8 %	31 %	9 %
Grefsen	19 %	26 %	20 %	27 %
Grorud	47 %	46 %	45 %	44 %
Sum	100 %	100 %	100 %	100 %

Med de alternative retningsfordelingene, men med samme lengde på tog som forutsatt i analysen, finnes kapasitet i sporforbindelser ut fra beregningsmodellen med endret retningsfordeling. Resultatene er vist i Tabell 55. Resultatene er funnet ved justering av andeler for skift i ulike områder, men andre valg av kombinasjoner av parameterverdier kan gi litt andre resultater.

Tabell 55. Endring i kapasitet i sporforbindelser isolert sett ved endret retningsfordeling.

	Endring i kapasitet i sporforbindelser [TEU/år]	Endring i kapasitet i sporforbindelser [TEU/år]
Konsept	2040	2060
3.7	0	0
3.7 impl.	90 000	140 000
4.8.3	-22 000	-25 000
4.8.3 impl.	-6 000	-7 000

Endringen i 2040 i konsept 3.7 er 0, svarende til en faktor 1, og endringen i 4.8.3 svarer til en faktor $(935\ 000 - 22\ 000)/935\ 000 = 0,98$ (for kapasitet, se Tabell 34).

Økt andel tog fra Bryn, Loenga og Grefsen medfører i 3.7 at vognstammer skiftes fra RH1 og ut på Alnabanen for å komme inn i LM1. I 4.8.3 kjøres de «direkte» til C42-C45 og slipper belegg ut på Alnabanen. Dette gir i utgangspunktet lavere belegg i veksler mot sør i ACS. Samtidig er det mange andre tog- og skiftebevegelser som benytter sporforbindelsene og ved å justere andel bevegelser inntil det er balanse i to veksler (slik at belegg ikke kan reduseres i den ene uten at det økes i den andre) fås da i beregningsmodellen verdiene i Tabell 55.

Det sees at 3.7 generelt er mest robust for kapasitetsendring hvis trafikken øker mot Bryn/Loenga/Grefsen. 3.7 impl. får økt kapasitet mens 4.8.3 og 4.8.3 impl. får redusert kapasitet. Selv om kapasiteten går ned i 4.8.3 er kapasiteten i sporforbindelser så høy at det fortsatt er kapasitet fra helgehensetting som dimensjonerer. 3.7 impl. er mest følsom for endring i retningsfordeling.

Hvis endringen er motsatt av det som er grunnlaget i Tabell 54, altså at det er mer trafikk over Grorud, vil 4.8.3 få økt kapasitet i sporforbindelser og 3.7 få redusert kapasitet.

Samtidig er det viktig å huske at det i 4.8.3 er hensettingskapasitet i helg som er begrensende.

Referanse er ikke undersøkt, men det antas fortsatt at veksler mellom C-spor og G-spor (v611) fortsatt er dimensjonerende med ca. samme verdi (jf. avsnitt 7.1.2).

Hvis retningsfordeling endres fordi det er ulik etterhengt vekt per strekning vil tog lengde også kunne endre seg.

7.3.18 Toglengder

7.3.18.1 Generelt om toglengder

En rekke forhold påvirker valg av toglengde og forskjell i toglengde per destinasjon eller bane. Et sentralt kriterium er lønnsomheten ved kjøring av tog og lønnsomheten påvirkes av hvor mange enheter som kan fraktes med toget. Marginalkostnaden ved framføring faller med økende toglengde inntil toget blir for langt til å kunne krysse på tilgjengelige kryssingsspor, det blir for tungt til å kunne framføres med ett lok i dimensjonerende stigning på en gitt bane.

Hvis det på grunn av toglengde og -vekt er nødvendig med to lok stiger enhetskostnadene i et «sprang» og det er da nødvendig å øke toglengde ytterligere før lønnsomhetene igjen er på samme nivå som beste verdi med ett lok.

Det er i dag en viss spredning i lengden av tog som blir framført. Det viser at det ikke bare er maksimal toglengde som blir framført, men at det i praksis er en rekke forhold som påvirker faktisk framført toglengde. Det samme gjelder i framtiden faktorene er bl.a. trekkraft (loktype og om det er 4-akslede eller 6-akslede lok), mulighet til bruk av hjelpelok, avveining av frekvens mot toglengde, pris for transport veid opp mot frakttidspunkt på døgnet, kryssingssporlengde i aktuelle kryssinger for et gitt tog og tilhørende ruteleie mv.

Fordeling av antall tog per retning i sporkapasitetsanalysen er bl.a. basert på etterspørselstall fra NGM (nasjonal godsmodell; resultater fra modellkjøring desember 2016). Disse etterspørselsvolumene er beregnet som antall tonn per år. I kapasitetsanalysen er det regnet overordnet ut fra disse tallene og forenklet antatt at det er samme andel tog som andel volum. Dette innebærer at det implisitt er regnet med samme vekt per lastbærer og samme antall lastbærere per tog per retning.

I godsstrategi fra 2016 «Godsstrategi for jernbanen 2016-2019» fra okt. 2016 nevner lengder men ikke detaljert lengde per bane. Det heter her på side 32 at «Det er klart at oppnåelse av en operativ toglengde på 740 m på alle hovedrelasjonene vil kreve en meget stor investering i lange kryssingsspor. Det er ikke realistisk å oppnå dette fullt ut for alle ruteleier i løpet av NTPperioden. For å sikre nødvendig kapasitet og effektivitet gjennom lange tog må man derfor på mellom- og lang sikt se på en miks av tiltak.» På side 33 står det «Frem til 2015 var den dimensjonerende toglengden satt til 600 m. Som er ledd i den nye godsstrategien ble det i februar 2016 vedtatt å øke den dimensjonerende toglengden til 740 m og videre på side 42 står det at «Jernbaneverket har vedtatt en ny standard for toglengder på 740 m. Frem mot 2029 vil man systematisk forlenge kryssingsspor for å gradvis øke de operative toglengdene på de ulike relasjonene opp mot 740 m.».

Godsstrategien er da ikke konkret med andel lange tog på 740 m, men det sies samtidig at det er et mål å kunne framføre 740 m lange tog på alle hovedrelasjoner. Dette svarer til kravet i TEN-T for 2050 der hele nettet skal kunne håndtere denne toglengden.

En mer detaljert undersøkelse av andel tog per retning vil kreve at det sees på stigning på baner, loktype, mulighet for og lønnsomhet av bruk av doble lok, markedsforhold og krav til frekvens, kryssingssporlengder på strekningene, kapasitet i endeterminale etc. Dette vil kreve en mye mer omfattende analyse av trafikkgrunnlag og markedsforhold på hver bane.

Slik informasjon har ikke vært tilgjengelig som grunnlag for prosjektet og det er derfor regnet generelt.

Det har heller ikke vært meningen i prosjektet å gjøre en vurdering av strekningskapasitet eller kapasitet i endeterminaler, men å analysere kapasitet på Alnabru isolert sett med en *gitt* døgnfordeling og toglengdefordeling. Andre tiltak på strekning, endeterminaler, veisystemer etc. må utredes separat.

7.3.18.2 Følsomhet for endret toglengde

Lengde av tog påvirker:

- Krav til sporenlengder på terminalen (ankomstspor, lastespor, hensettingsspor)
- Behov for deling og skjøting på terminalen
- Antall togpar og frekvens av ankomster og avganger

Hvis lengdebegrensninger av tog skyldes ulik etterhengt vekt på strekningene blir det samtidig en annen retningsfordeling enn det som er forutsatt i analysen.

Konsepter med lange spor er bedre i stand til å håndtere økt toglengde og rangering av konsepter

Rangering ut fra sporenlengder: 3.7 > 4.8.3 > Ref. 0+

Hvis toglengden konsekvent er over 740 m er det ingen konsepter som i utgangspunktet håndterer dette i alle spor, men et større antall spor (eller spormeter) vil da være en fordel for legger å kunne finne spor til deling av vognstammer.

For å vurdere effekten av toglengde på kapasitet i sporforbindelser omtales det her en følsomhetsanalyse av endrede toglengder generelt.

Når det gjelder kapasitet til helgehensetting vil denne avhenge av antall spormeter som er tilgjengelig og antall vognmeter som er i omløp vil være tilnærmet konstant ettersom omsetning i TEU/år er den samme. En forskjell er likevel at endret antall tog kan gi grunnlag for en annen døgnfordeling og dermed påvirke oppholdstiden på terminalen, men det sees det bort fra her (likvis det er sett bort fra dette ved skalering av resultater generelt).

Det er i 2040 1,6 ekvivalente vognlasttog med 580 m vognstamme. Belegg med kortere tog og vektet gjennomsnittlig lengde på 465 m vognstamme øker med en faktor $(36+1,6*580/465)/30,3 = 1,25$ på grunn av antall tog. Kapasiteten endres da med en faktor $1/1,25=0,8$. Ekvivalent kan det sies at med samme antall tog kan det transporteres færre TEU fordi vognstammer er kortere og faktoren er $465/580=0,8$.

Samtidig kan det i beregningsmodellen (regneark) settes at 100 % av tog er < 740 m slik at det ikke er nødvendig med deling og skjøting. Da finnes en faktor på kapasitet ut redusert deling og skjøting.

Samlet sett er virkningen i 2040 for kapasitet med dagens etterhengte vekter og ekvivalente maksimale toglengder vist i Tabell 56. Virkningen er ikke analysert for 2060 men antas å følge samme mønster.

Tabell 56. Faktor på kapasitet i sporforbindelse ved kortere tog (ingen 740 m lange tog).

2040	Faktor på frekvens	Faktor på deling og skjøting ved korte tog	Samlet faktor på sporkapasitet
3.7	$1/1,25=0,8$	$985000/901000=1,09$	$1,09*0,8 = 0,87$
4.8.3	$1/1,25=0,8$	$970000/935000=1,04$	$1,04*0,8 = 0,83$

Nettovirkningen er da at kapasiteten i sporforbindelser reduseres 13 % eller 17 % i konsept 3.7 og 4.8.3 med kortere (og flere) tog enn i forutsetningene etter som kapasitetsreduksjonen fra flere men kortere tog er større enn kapasitetsøkningen fra færre delinger og skjøtinger.

Motsatt kan det tenkes at det generelt kjøres med doble (4-akslede) lok og da er minste lengde 840 m (800 m vognstamme) og største lengde er ca. 1070 m (1030 m vognstamme).

Antall togpar reduseres da i 2040 til 18 per dag og belegg reduseres til en faktor $(18+1,6*580/(2*465))/30,3 = 0,63$. Kapasiteten øker i sporforbindelser med en faktor $1/0,63 = 1,59$.

Samtidig vil behovet for deling og skjøting i terminalen øke. I utgangspunktet er utnyttelsen ekvivalent til $800\ 0000/890\ 000*75\% = 67\%$. Gjennomsnittlig belegg er ca. 2,25 min per bevegelse. Det svarer da til $67\%*60/2,25 = 18$ bevegelser per time. Hvis ca. halvparten av disse er med vognstammer (halvpart av passeringer er bare lok) som må deles eller skjøtes er det et tillegg på rundt 4 minutter. Enkelte bevegelser kan være rene passeringer som ikke har tillegg for deling eller skjøting. Hvis 20 % av vognstammepasseringer (anslag) ikke har tillegg er Det gir da i stedet et belegg på ca. $67\% + (1/2*(1-20\%)*18*4)/60 = 115\%$. Kapasiteten reduseres og må ganges med en faktor $67\%/115\% = 0,58$.

I alt endrer kapasiteten seg da med en faktor $1,59*0,58 = 0,92$.

I beregningsmodellen er det i imidlertid tatt utgangspunkt i at lengste tog er 740 m. Hvis lengste tog er 800 m eller 1000 m blir det ytterligere behov for deling og skjøting i tillegg til det som er forutsatt i beregningsmodellen for 740 m lange tog. Dette reduserer generelt kapasiteten i terminalen.

Nettovirkningen av utelukkende å ha lange tog på 800 m eller lengere ved generelt å benytte doble lok ser ut til å bli en reduksjon i kapasitet i sporforbindelser på om lag 10 %.

I tillegg er det også behov for å håndtere ankomst og avgang av så lange tog og det er i konseptet (ikke i noen konsepter) mulig å håndtere at alle ankomster og avganger er mint 800 m. Dette vil ytterligere legge press på kapasiteten i konseptet og redusere kapasiteten.

Størst kapasitet på terminalen oppnås når det er en balanse mellom (a) så lange tog som mulig for å redusere frekvens og belegg, og (b) så korte tog som mulig for å redusere behov for deling og skjøting i spor på terminalen samt for lange ankomst- og avgangsspor.

Det ser ut til, basert på overslagsberegningene som er presentert her, at flere men kortere tog reduserer kapasiteten, og at færre men lengre tog også reduserer kapasiteten. Den forutsatte tog lengdefordelingen ser da ut til å gi et slags optimum mht. kapasitet i sporforbindelser.

Samtidig er kapasiteten i sporforbindelser ikke dimensjonerende slik at kapasiteten ikke reelt reduseres selv om tog lengdefordelingen blir en annen.

En mer detaljert kvantifisering av effekten av kortere tog eller lengre tog vil kreve en betydelig mer omfattende analyse og er ikke foretatt her.

7.3.19 Endret retningsfordeling og endret lengde ut fra etterhengt vekt

Per i dag og med ett lok per tog størst etterhengt vekt på Dovrebanen og Kongsvingerbanen, til Bergen er det ca. 95 % av denne vekten og til Ganddal og Østfoldbanen er det ca. 77 %. Ved å omregne de forutsatte volumene per retning fås da at antall tog for 2040 er 5 % over Bryn, 35 % over Loenga, 18 % over Grefsen og 42 % over Grorud. For 2060 blir det tilsvarende 5 % over Bryn, 36 % over Loenga, 19 % over Grefsen og 40 % over Grorud.

Med de forutsatte andelene, men korrigert for kortere tog på Østfoldbanen og Sørlandsbanen enn på de andre banene, vil forskjellen bli enda større i antall tog.

Lengden av tog er da ulik er retning og det er da tilsvarende ingen tog som er lengre enn 536 m (vognstammelengde 516 m). Dette er da i motstrid med godsstrategi, men det er da ikke behov for deling og skjøring av vognstammer inne på terminalen.

Siden det med dagens begrensninger i trekraft er kortere tog enn forutsatt i prosjektet må antall tog øke.

Ut fra resultatene i avsnitt 7.3.17 om endret døgnfordeling og avsnitt 7.3.18 om endret tog lengde finnes estimert faktor på kapasitet ved å multiplisere faktorene for kapasitetsendring fra avsnitt 7.3.17 og Tabell 56.

I konsept 3.7 resulterer det i en kapasitetsendring med en faktor $1 \cdot 0,87 = 0,87$. I konsept 4.8.3 resulterer det i en endring med en faktor $0,98 \cdot 0,83 = 0,81$.

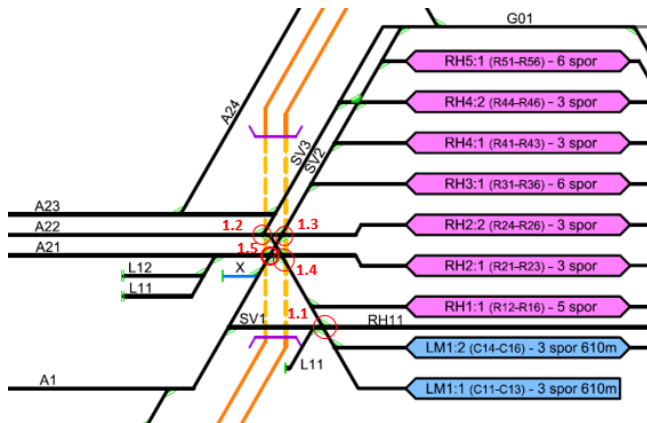
Alt i alt er det mange faktorer som påvirker hvordan et gitt volum i tonn per år skal oversettes til antall tog per år på hver bane. Hvis det bare sees på stigningsforhold og etterhengt vekt med ett 4-akslet lok (og dagens forutsetninger) vil kunne gi et resultat som ikke gjenspeiler det som er mest rimelig forutsetning om trafikken på banene.

I mangel av bedre grunnlag og for å holde betraktningen generell er det altså benyttet like forutsetninger for alle baner.

7.3.20 Korte spor langs Alnabanen i konsept 3.7

Hvis konsept 3.7 utformes uten full lengde på spor A21 og A23, men disse er lange nok til uttrekk av lok, og det er samme forbindelser som i fullt konsept, vil vognstammer ikke kunne skiftes via forskjellige spor, men må alle trekkes ut på Alnabanen. Skift av strekningslok og skiftelok alene kan skje som før selv om sporene A21 og A23 er korte.

Figur 70 viser et utsnitt av skjematisk sporplan for konsept 3.7.



Figur 70. Utsnitt av skjematisk sporplan for konsept 3.7.

Uttrekk av hele vognstammer skjer ved ankomster og avganger, ved skift mellom RH1 og LM1 og ved skift av vogner med feil. Uttrekk av hel vognstamme kan forekomme med vognlastvogner hvis vognlastvogner skal på i motsatt ende i forhold til skiftelok.

Ankomst og avganger for Bryn og Loenga er forutsatt 50 % til RH11 som ikke belaster 1.4. Øvrige 50 % ankommer og avgår via veksel 1.4. Dette er uendret med korte A-spor i A21 og A23. For Grefsen gjelder at alle tog må ankomme og avgå i A22 og dette endrer det ikke belegg i 1.3 eller 1.4 på vei inn i RH1 (korte tog) eller RH2 (lange tog).

Ved skift mellom RH1.1 og LM1 (eller motsatt) må vognstammer benytte A22, men veksel 1.4 må uansett passeres uansett om det trekkes ut i A21 eller A22.

Alle vognstammer med vogner med feil i RH11, RH1.1 og RH2.1 (RH21-RH23) må trekkes ut i A22 i stedet for (potensielt) A21. Uttrekk blir det samme gjennom 1.4 mens skift til RH5 ikke vil belaste 1.4 hvis det skiftes fra A22 i stedet for A21. Det samme gjelder ved skift tilbake med ny vogn fra RH5 til RH1. Isolert sett vil tvungen bruk av A22 da medføre lavere belegg i 1.4, men dette er ikke en direkte følge av at A21 og A23 er kortere og kan gjøres uansett. Veksel 1.2 og 1.3 vil bli mer belastet ved uttrekk til A22 i stedet for A21 (alle passeringer i A22 gjennom 1.2 vil samtidig blokkere bruk av 1.3), men veksel 1.2 eller 1.3 er ikke funnet til å være dimensjonerende i konsept 3.7 i kapasitetsanalysen.

Effektiv økning i belegg i veksel 1.2 og 1.3 kan estimeres ut fra skift av vogner med feil. Halvparten av belegget antas å eksistere fra før slik at økningen er halvparten av belegget.

Belegg = $1/2 * (\text{Frekvens av skift hvis alle skifter} * \text{Andel med feil} * \text{Tidsbruk av skift} * \text{Andel av skift i sør på ACS}) = 1/2 * (2,5 \text{ skiftesyklus/time} * 63 \% * 2,4 \text{ min/skiftesyklus} * 50 \%) = 0,95 \approx 1 \text{ min/time}$. Dette svarer til en økt utnyttelsesgrad til $1 \text{ min}/60 \text{ min/time} = 1,7 \% \text{ per time}$, eller grovt regnet 2 %. (Hvis dette hadde vært i dimensjonerende veksel hadde det tilsvart en kapasitetsreduksjon i 2040 på ca. 25 000 TEU/år.)

Vognstammer med vogner med feil i sporgruppe RH2.2 og videre mot RH5 må trekkes ut i A22, men det er uansett naturlig å gjøre dette selv om A21 og A23 er lange.

Så lenge det er A22 som er det lange sporet er det ikke endring av belegg i veksel 1.4 ved uttrekk av vognstammer. (Hvis sporplanen ble utformet slik at det er A21 som er det lange sport ville det til gjengjeld medføre økt belegg gjennom veksel 1.4.)

Korte spor i A21 og A23 medfører derfor ikke direkte økt belegg i dimensjonerende sporforbindelser, men færre lange spor langs Alnabanen vil gi høyere belegg i selve spor A22 og lavere fleksibilitet ved avvik og behov for å trekke vognstammer bort fra RH-gruppen. F.eks. vil et forsinket tog fra Bergen med ankomst i A22 medføre at tog til Bergen må vente i RH-spor til det forsinkede toget har ankommet. Med lange spor i A21 ville det avgående toget kunne trekke ut i A21 fram og redusere følgeforsinkelsen (slipper å vente på at ankommende tog kjører inn over en strekning på ca. 1100 m og sparer egen kjøretid ut, anslagsvis en tidsbesparelse på $2 * 1,1/30 * 60 + 0,5 = 5$ minutter).

Tilsvarende gjelder det at uttrekk av vognstammer kan gjøres mer fleksibelt når det kan trekkes ut uavhengig fra LM1/RH1.1/RH2.1 og RH2.2-RH4 samtidig. Det kan da gjøres uavhengig av hverandre og det er også mindre avhengighet mellom uttrekk av vognstamme og ankomst og avgang fra/til Bergen.

Denne uavhengigheten er ikke kvantifisert i analysen men det vil være mindre ventetid generelt og dermed høyere driftseffektivitet og punktlighet. Ventetiden, når det er konflikt, vil i gjennomsnitt være halvparten av belegg av spor det er konflikt om, og det svarer grovt sett til ca. halvparten av tiden i sum for å skifte inn og ut over en strekning på en halv vognstammelengde pluss rundt 400 m i sporforbindelser, eller samlet sett $1/2 * (2 * ((0,6/2 + 0,4)/25 * 60 + 0,5)) = 2,2$ minutter.

7.3.21 Endret behov for spor til skadde vogner

Det er i utgangspunktet forutsatt 2x3 spor til skadde vogner og oppsamling til (og fra) verksted. Hvis dette behovet kan reduseres til 2x2 spor vil hensettingskapasiteten i helg øke.

Forenklet sett er sporbehovet som følger:

2040

37 vognstammer + 6 oppsamlingsspor + 2 vognlastspor: $37 * 580 + 6 * 500 + 2 * 580 = 25\ 690$ m.

2060: Behov med lengre vognstammer à 622 m.

41 vognstammer + 6 oppsamlingsspor + 2 vognlastspor: $41 * 622 + 6 * 500 + 2 * 580 = 29\ 662$ m.

Forholdstallet mellom kapasitet med justert sporbehov og opprinnelig kapasitet kan finnes som:

Kapasitet₁/Kapasitet₂

$= (\text{Mål} * \text{Måloppnåelse}_1) / (\text{Mål} * \text{Måloppnåelse}_2) = \text{Måloppnåelse}_1 / \text{Måloppnåelse}_2$

$= (\text{Spor}_1 / \text{Behov}_1) / (\text{Spor}_2 / \text{Behov}_2) = \text{Spor}_1 / \text{Spor}_2 * \text{Behov}_2 / \text{Behov}_1$

$= \text{Behov}_2 / \text{Behov}_1$.

Med redusert sporbehov på $2 * 500$ m = 1000 m endrer kapasiteten seg med $1000 / 25690 = 3,9$ % i 2040 og med $1000 / 29662 = 3,4$ % i 2060.

I konsept 3.7 svarer endringen til økt kapasitet i helg (ut fra verdier i Tabell 30) på 37 000 TEU/år i 2040 og til 38 000 TEU/år i 2060. Kapasiteten for hensetting i helg er i utgangspunktet større enn målene og øker da enda mer.

I konsept 4.8.3 svarer endringen til økt kapasitet i helg på 29 000 TEU/år i 2040 og til 30 000 TEU/år i 2060. Samlet kapasitet er da i 2040 ca. 761 000 TEU og ca. 903 000 TEU/år i 2060. Dette er i begge tilfeller fortsatt under målene.

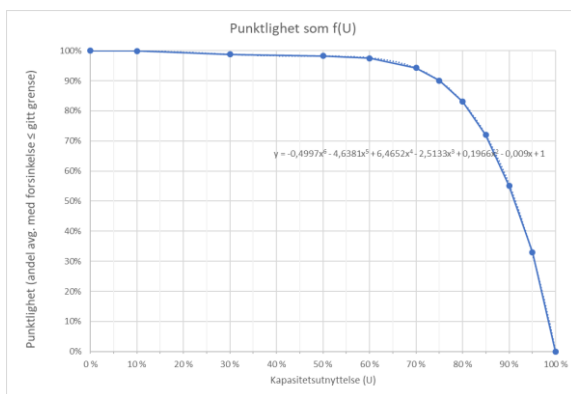
8 Driftseffektivitet

Det er gjort et estimat på effekt av driftseffektivitet i konseptene. Dette estimatet er gjort på et grovt nivå og er bl.a. basert på estimat for forsinkelse i planovergang i konsept med planovergang. En mer fullstendig analyse av veisystem inkludert planovergang vil kunne gi andre resultater men resultatene indikerer et nivå på gevinster i konseptene.

8.1 Forsinkelse ved avgang

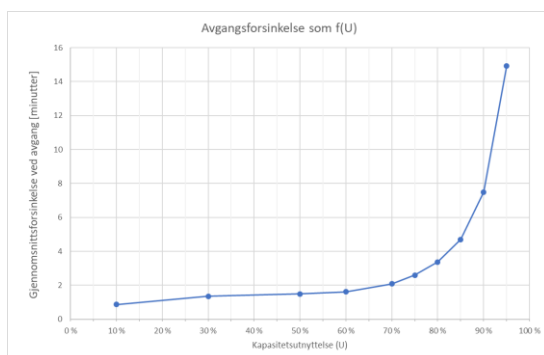
Forsinkelse ved avgang er estimert ut fra en antatt sammenheng mellom utnyttelsesgrad i konseptet ved volum lik kapasitet i referanse, og en beregning av gjennomsnittlig ventetid når det er antatt at forsinkelser er eksponensialfordelt og at 75 % kapasitetsutnyttelse gir 90 % avgangspunktlighet med grense på 5 minutter og 59 sek.

Antatt sammenheng mellom utnyttelsesgrad og punktlighet er vist i Figur 71.



Figur 71. Antatt sammenheng mellom utnyttelsesgrad og punktlighet.

Resulterende sammenheng mellom utnyttelse og avgangsforsinkelse er vist i Figur 72.



Figur 72. Sammenheng mellom Utnyttelsesgrad og gjennomsnittlig forsinkelse.

Resulterende avgangsforsinkelse per konsept ved forventet kapasitet er vist i Figur 73. Forventet kapasitet er begrenset oppad til målvolum i 2040 (800 000 TEU).

Forsinkelse ved avgang	K aktuell	Volum effektiv	K_sporforbindelse i konsept	U ved K_benyttet-K_ref0+	Punktligghet	$\lambda(U, P)$	1/A - Gjnsn. Forsinkelse	Endring fra Ref. 0+ [minutt]
Antatt ideell situasjon				75 %	90 %	0,38	2,60	
Ref. 0+	640 000	640 000	640 000	75 %	90 %	0,38	2,60	
3.7	850 000	800 000	850 000	71 %	94 %	0,47	2,15	-0,45
3.7 Impl.	926 367	800 000	960 000	63 %	97 %	0,60	1,67	-0,93
4.8.3	732 276	732 276	960 000	57 %	98 %	0,65	1,54	-1,06
4.8.3 Impl.	748 138	748 138	830 000	68 %	96 %	0,52	1,93	-0,67

Figur 73. Forsinkelse i konseptet it fra utnyttelsesgrad.

8.2 Tid for skift og deling/skjøting av vognstammer

Det er regnet med det ved deling eller skjøting er nødvendig å vente i 50 % av tilfellene og at det i snitt ventes 1,3 minutt (ca. halvparten av gjennomsnittsbelegg for enkeltoperasjoner). Dette ganges med 6 for å få med forsinkelse i hver operasjon fra ankomst til avgang. Videre ganges dette med andelen delte vognstammer i aktuelt konsept.

Dette er en veldig grov beregning men får fram en effekt av å spare deling/skjøting.

Det kan også være ventetid generelt i terminalen med forskjell mellom konseptene, på grunn av ulik utnyttelsesgrad. F.eks. vil skifting til R-spor før avgang ha en sannsynlighet for venting som direkte avgang fra lastespor ikke har. Skjøting og deling vil imidlertid dominere og som forenkling sees bare på dette.

	Gjennomsnittlig tidsbruk til deling i L før lossing [minutter]	Gjennomsnittlig tidsbruk til skjøting i L etter lossing [minutter]	Gjennomsnittlig tidsbruk til deling i R etter lossing [minutter]	Gjennomsnittlig tidsbruk til skjøting i R før lastning [minutter]	Gjennomsnittlig tidsbruk til deling i L før lastning [minutter]	Gjennomsnittlig tidsbruk til skjøting i L etter lastning [minutter]	Gjennomsnittlig tidsbruk i sum til deling/skjøting [minutter]	Tillegg fra venting ved skifting for deling og skjøting	Sum tidsbruk til deling og skjøting	Forskjell til Ref. 0+
Ref. 0+	1,7	2,5	0,9	1,3	1,7	2,5	10,7	2,6	65,7	0,0
3.7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,5	-13,2
3.7 Impl.	1,8	2,7	0,0	0,0	1,8	2,7	8,9	1,2	64,6	-3,4
4.8.3	1,2	1,8	0,0	0,0	1,2	1,8	5,9	0,8	59,2	-6,5
4.8.3 Impl.	1,8	2,7	0,0	0,0	1,8	2,7	8,9	1,4	62,7	-3,0

Figur 74. Tid for skift og deling/skjøting av vognstammer.

8.3 Kø i planovergang

Det er gjort en grovberegning for kø i planovergang i referansealternativet. Beregningen er gjengitt i Figur 75. Det er bare sett på selve planovergangen ved spor C42-C45 og det er ikke sett på porten inn til terminalen eller på kø i de andre planovergangene lengre inne i lastesporområdet.

Kø i planovergang	Ref 0+ 2040
Høytrafikk (0=lavtrafikk, 1=høytrafikk)	1
TEU på terminal per år	700 000
Toglengde	600
Togpar per døgn	26,5
Dim andel per time av antall avganger per døgn, høytrafikk	13,3 %
Dim andel per time av antall avganger per døgn, lavtrafikk	3,3 %
Dimensjonerende andel skift i PLO per time (avh. av døgnfordeling)	13,3 %
Andel av gods på bil	85 %
Volum gods på bil til og fra terminal per år	595 000
Volum gods på bil til og fra terminal per dag	2479
Volum gods på bil til og fra terminal per dag per retning	1240
Dimensjonerende andel biltrafikk per time i maksperiode	9 %
Dimensjonerende andel biltrafikk per time i lavtrafikk	4,5 %
Dimensjonerende andel biltrafikk i makstime	9,0 %
Dimensjonerende antall biler inn eller ut per time	111,56
Andel biltrafikk i ACN	90 %
Antall biler per time til eller fra ACN	100,40625
Andel biler i PLO	0,67
Antall biler per time til eller fra PLO	66,94
Antall biler per minutt til eller fra PLO	1,12
Belegg per passering av bil	0,21
Belegg per time med bil [minutt]	14,34
Andel togtrafikk i ACN	82 %
Andel togtrafikk i PLO i ACN	44 %
Andel togtrafikk i planovergang	36 %
Antall enkeltbevegelser per avgang (100 % via PLO; kan også være via Grorud)	4
Tidsbelegg per enkeltbevegelse for skifting i PLO (forskjellig fra belegg i v610)	2,25
Samlet tidsbelegg per avgang i PLO uten deling/skjøting	9
Tidtillegg for skjøting og deling per operasjon	3,68
Andel deling og skjøring	30 %
Tidtillegg for skjøring og deling effektivt	1,104
Samlet tidsbelegg per avgang i PLO inkl. deling/skjøting	10,104
Antall avganger per time hele terminal	3,5
Antall avganger som berører PLO	1,28
Belegg per time i PLO fra tog	12,97
Antall avganger per time i PLO	1,28
Antall enkeltbevegelser per time i PLO	5,13
Antall intervaller mellom at PLO er stengt på grunn av skifting = antall enkeltbevegelser totalt	5,13
Max utnyttelse	75 %
Tilgjengelig tid til bil	32,03
Tid per intervall til bil	6,24
Antall biler per intervall	13,04
Tilgjengelig tid per bil [min]	0,48
Strøm av biler i PLO per retning [biler/minutt]	1,12
Stengetid PLO [minutt]	2,25
Antall biler i stengetid i PLO	2,51
Lengde av kø [m]	62,75
Tid for å avvikle kø [min]	0,54
Varighet kø [minutt]	2,79
Gjennomsnittlig køtid når det er kø [min]	1,39
Sannsynlighet for å oppleve kø	45 %
Effektiv tid i kø for biler i PLO [minutt]	0,62
Effektiv tid i kø for alle biler i terminal [minutt]	0,42
Effektiv tid i kø for alle lastbærere i terminal i periode (høytrafikk/lavtrafikk) [minutt]	0,35
Makstime, ca. 2 x 3 timer	
Effektiv tid i kø for alle lastbærere i terminal i makstime [minutt]	0,35
Lavtrafikk, ca. 18 timer	
Effektiv tid i kø for alle lastbærere i terminal i lavtrafikk [minutt]	0,06
Vektet verdi	0,13

Figur 75. Grovberegning av kø og ventetider i planovergang.

Resulterende forskjeller er vist i Figur 76.

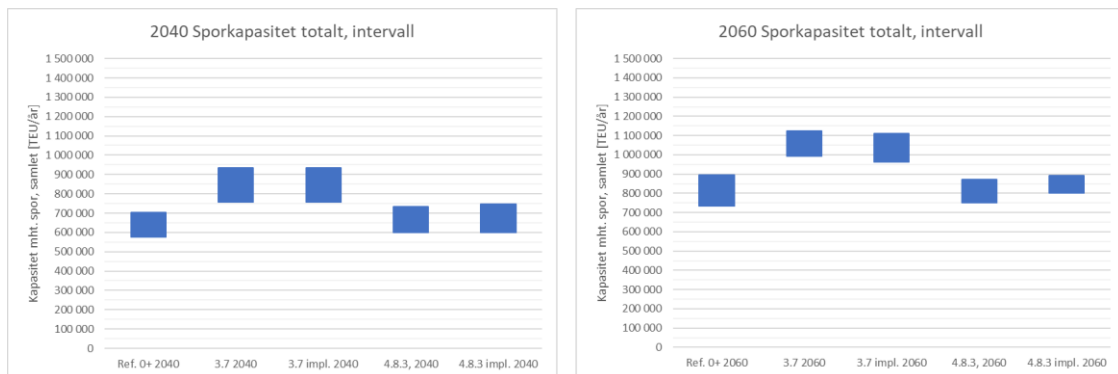
Sum besparelse per TEU sammenlignet med Ref. 0+ [minutt/TEU] for ankomst eller avgang								
Verdier ved kapasitetsgrense								
Konsept og kapasitet i beregning	Skiftetid fra deling av tog ved ankomst [minutter/TEU]	Forsinkelse i planovergang ved ankomst [minutter/TEU]	Sum tidsbesparelse per TEU ved ankomst [minutter/TEU]	Forsinkelse i planovergang ved avgang [minutter/TEU]	Skiftetid fra deling av tog ved avgang [minutter/TEU]	Forsinkelse ved avgang på terminal ut fra utnyttelsesgrad som er lik K_Ref.0+ [minutter/TEU]	Sum tidsbesparelse per TEU ved avgang [minutter/TEU]	Sum besparelse per TEU ved ankomst og avgang saml. med Ref. 0+ [minutter/TEU]
3.7 ved 850000 TEU/år	-6,4	0,0	-6,4	0,0	-6,8	-0,1	-6,9	-13,3
3.7 impl. ved 890000 TEU/år	-1,4	0,0	-1,4	0,0	-1,8	-0,4	-2,2	-3,6
4.8.3 impl. ved 750000 TEU/år	-3,0	0,0	-3,0	0,0	-3,5	-1,0	-4,5	-7,6
4.8.3 impl. ved 770000 TEU/år	-1,3	0,0	-1,3	0,0	-1,7	-0,6	-2,3	-3,6

Figur 76. Resulterende forsinkelser i planovergang (estimat) i konseptene.

9 Oppsummering og konklusjon

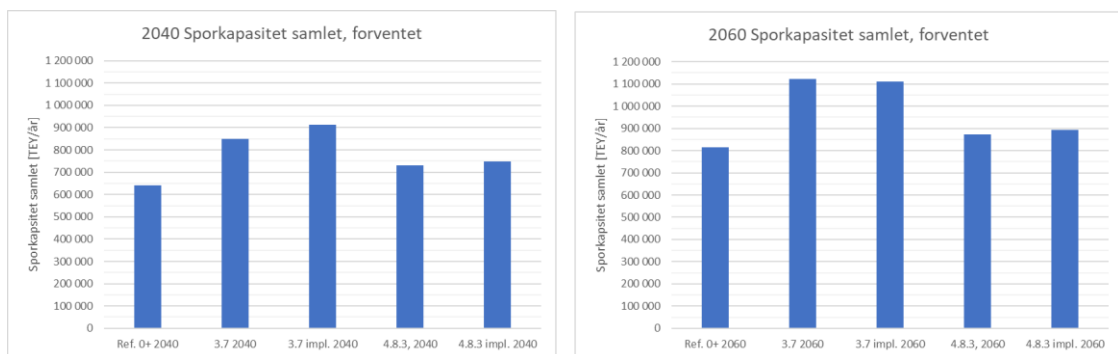
Ut fra resultatene for samlet kapasitet i konseptene ser det ut til at konsept 3.7 har vesentlig høyere kapasitet enn referanse og 4.8.3.

Figur 77 viser samlet, resulterende sporkapasitet med usikkerhetsintervaller.



Figur 77. Samlet forventet sporkapasitet.

Forventet kapasitet i konseptene er illustrert grafisk i Figur 78.



Figur 78. Forventet, samlet sporkapasitet i 2040 og 2060.

Verdiene i Figur 78 er også angitt i Tabell 57 sammen med dimensjonerende forhold for kapasiteten.

Tabell 57. Forventet kapasitet i konsepter og dimensjonerende forhold.

Konsept	2040		2060	
	Forventet dimensjonerende kapasitet, 2040 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet dim. kapasitet 2040	Forventet dimensjonerende kapasitet, 2060 [TEU/år]	Dimensjonerende forhold, forventet dim. kapasitet 2060
Ref. 0+	640 000	Sporforbindelse	815 000	Sporforbindelse
3.7	850 000	Sporforbindelse	1 123 000	Antall spor helg
3.7 impl.	912 000	Spor hensetting virkedag	1 112 000	Antall spor helg
4.8.3	732 000	Antall spor helg	873 000	Antall spor helg
4.8.3 impl.	748 000	Antall spor helg	892 000	Antall spor helg

Resultatet for 3.7 i 2040 er strengt tatt 890 000 TEU/år etter en korreksjon i beregning (se avsnitt 7.1.2), men det opprinnelige tallet er beholdt og er da et mer konservativt estimat.

Bare konsept 3.7 og 3.7 impl. når målet om 800 000 TEU/år i 2040 og 1 100 000 TEU/år i 2060. Konsept 4.8.3 og 4.8.3 impl. ligger noe (6 %-8 %) under målet i 2040 men en god del (ca. 20 %) under i 2060. Konsept Ref. 0+ ligger lavest og (ca.) 20 % under målet i 2040 og rundt 25 % under i 2060.

Konsept 4.8.3 ligger høyere enn referanse, men kapasitet begrenses av sporkapasitet til hensetting i helg. Med tanke på kapasitet i sporforbindelser er 4.8.3 omtrent som 3.7.

Referansealternativet har relativt høy kapasitet sammenlignet med dagens omsetning, men det skyldes i høy grad at det er forutsatt lengre tog enn i dag. Tilsvarende er det større behov for deling av vognstammer i referanse enn i dag og også større enn i utbyggingskonseptene.

Utbyggingsalternativene er dermed mer driftseffektive med lengre spor og mindre behov for skjøting og deling (tidsbruk for operasjoner er lengre per TEU).

Usikkerheten i beregningene avspeiler mulig variasjon i forutsetninger som i sum for optimalisert skifting og bruk av strekningslok til skifting kan bidra til å øke kapasiteten i sporforbindelser.

Bruk av biomodale lok kan gi høyere kapasitet i sporforbindelser og det samme gjelder andre fordeling av trafikk over ankomstretninger (Bryn/Loenga, Grefsen og Grorud).

Dimensjonerende forhold er imidlertid hensetting i helg for 4.8.3-konseptene i 2040 og 2060 og for 3.7-konseptene i 2060. For 3.7-konseptene i 2040 er målet uansett nådd, men økt kapasitet i sporforbindelser vil gi økt fleksibilitet.

En flatere døgnfordeling enn den forutsatt vil gi høyere kapasitet i både sporforbindelser og for helgehensetting. Motsatt vil en mindre jevn døgnfordeling (sterkere topper for ankomst og avgang) gi reduserte kapasiteter.

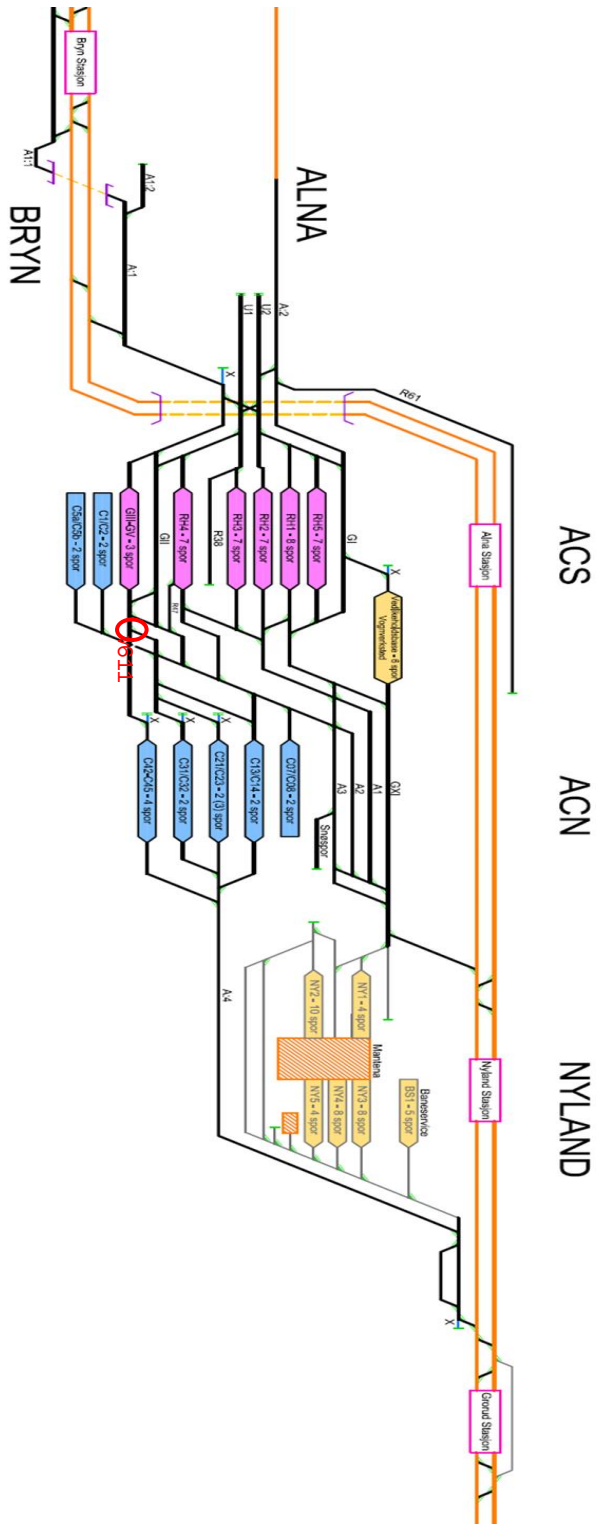
Totalkapasitet på terminalen vil også avhenge av løftekapasitet, veikapasitet og depotkapasitet. Før det konkluderes hvilket konsept som er best må disse kapasitetene sees i sammenheng.

10 Referanser

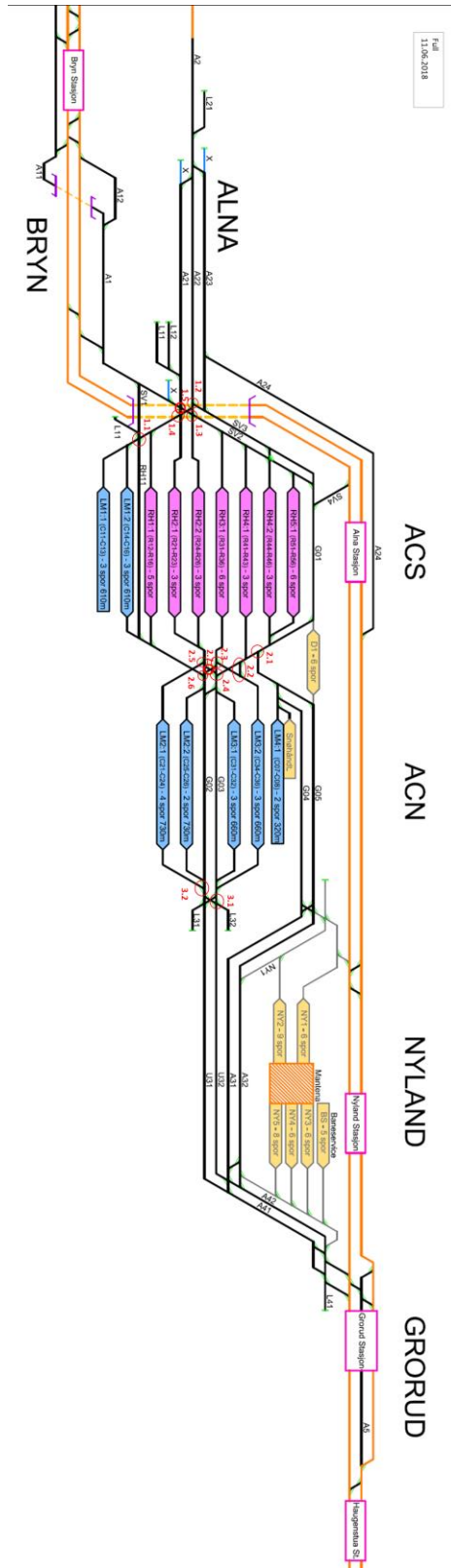
- (1) R07 Driftskonsept konseptanalysen, dokumentnr. 201700055 – 28, Jernbanedirektoratet, 2018
- (2) Teknisk regelverk, Bane NOR,
<https://trv.jbv.no/wiki/Signal/Prosjektering/Forriglingsutrustning#Sikkerhetsavstand>,
oppdatert, 17.09.2018
- (3) Teknisk regelverk, Bane NOR, Overbygning/Prosjektering/Sporets trasé kapittel 4
Vertikaltrasé, punkt e),
https://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Prosjektering/Sporets_tras%C3%A9, oppdatert 8.
oktober 2018

11 Vedlegg

Vedlegg 1. Skjematisk sporplan Ref. 0+



Vedlegg 2. Skjematisk sporplan 3.7



Analyse av omlastingskapasitet i Alnabru fase 2

Vedlegg til delrapport R12 Kapasitetsanalyse konseptanalysen

Dokumentnummer:	201700055 - 34
Versjon: 1.0: 29.10.18 1.1: 17.12.18	1.0: Ferdigstilt og godkjent til konseptanalysen 1.1: Enkelte justeringer etter UPG
Utarbeidet av:	Arild Vold
Kontrollert av:	Gaute Borgerud <i>Gaute Borgerud 17.12.2018</i>
Godkjent av:	Arild Vold <i>Arild Vold, 17/12-2018</i>

Sammendrag

Fra siling etter mulighetsstudie i Alnabru Fase II, gjenstår konseptene benevnt Referansealternativet, alternativ 3.7 og alternativ 4.8.3 med tilhørende implementeringskonsepter.

Omlastingsenhetene er kjernen i en godsterminal. Elementene i omlastingsenhetene består lastespor, løfteutstyr og lagerplass for intermodale lasteenheter. Elementet med lavest kapasitet begrenser samlet kapasitet.

I denne delrapporten analyseres omlastingskapasiteten i de gjenværende konseptene. I analysene optimaliseres godstogenes oppholdstider i lastespor for best mulig samlet utnyttelse av løfte-, lastespor- og lagerkapasitet.

Prosjektforutsetninger som særlig påvirker kapasitet i omlastingsenheten er gjennomsnittlig volum per lasteenhet (TEU) og døgnfordelingen av godstogankomster og -avganger. Forutsetning om innføring av TOS-system og en mulig form for depotprising vil også påvirke kapasiteten.

Prosjektet har forutsatt at vi får lengre tog og betydelig flere togankomster og -avganger utenom rush frem mot 2060 og at gjennomsnittlig antall TEU per løfteenhet øker mot 2040 og 2060. Med forutsetningene lagt til grunn, ser vi at konseptene har ganske lik samlet kapasitet for omlasting. Utbyggingskonseptene når eller er nær ved å nå effektmålet for kapasitet. Det er ingen store forskjeller mellom hovedkonsepter og implementeringskonsepter. Referansealternativet har betydelig lavere kapasitet. Både Imp 4.8.3 og Referanse har ulempen at liten bredde på de fleste lastegatene på ACN reduserer ytelsen til det mobile løfteutstyret.

Imp 3.7, Imp 4.8.3 og 4.8.3 og Referansealternativet er robuste på den måten at man kan tenke seg å øke antall mobile løfteenheter for å oppnå samme måloppnåelse selv om gjennomsnittlig volum per lasteenhet (TEU) blir lavere og vi ikke får utjevningen i døgnfordelingen av togankomster og -avganger som forutsatt, eller vi ikke lykkes med innføring av TOS-system i fremtiden. Men større tetthet av løfteenheter vil redusere driftseffektiviteten og øke sannsynligheten for konflikter mellom løfteenhetene og redusere ytelsen.

Konsept 3.7 er mindre fleksibelt med hensyn til løftekapasitet, siden kranandelen er så dominerende. Det er mer begrenset hvor mange ekstra kraner det er mulig å etablere. Men 3.7-konseptet har sporlengder som samsvarer godt med forutsatt tog lengdefordeling og mange lastespor som bidrar til god måloppnåelse med de grunnleggende prosjektforutsetningene. Det kan også være et pluss at kranmoduler er godt egnet for automatisering.

Generelt kan vi konkludere at konsepter med en betydelig andel mobile lastespor er mer robust enn konsepter med stor andel kranspor – både i forhold til lastbærerfordeling og usikkerhet om andel direkte løft. Men lastegatene må være tilstrekkelige brede for å unngå ineffektiv drift.

Forord

I 2008-2009 ble det gjennomført en utredning om utvikling av Alnabruterminalen, der en stor fire-trinns utbygging av terminalen ble anbefalt. Umiddelbart etter utredningen var ferdig, startet arbeidet med en hovedplan for det første byggetrinn – Byggetrinn 1. Denne ble ferdigstilt i 2011. Både hovedplan og utredningen ble deretter underlagt ekstern kvalitetssikring, der forventet kostnad for Byggetrinn 1 ble anslått til 13,6 mrd. 2010-kroner.

Effekt målet i utredningen og hovedplanen innebar at terminalen skulle håndtere 1 mill. TEU per år (ca. dobling av dagens volumer) innen 2020 og 1,5 millioner TEU per år innen 2040. Iht. den eksterne kvalitetssikringsrapporten var prognoser for fremtidig vekst ambisiøse og kunne utelukke mer samfunnsøkonomisk lønnsomme alternativer. Regjeringen vedtok ikke å gå videre med prosessen, og daværende Jernbaneverket (JBV) fikk 11. november 2012 i oppdrag fra Samferdselsdepartementet (SD) om på ny å utrede en videre utvikling av Alnabruterminalen.

I oppdragsbrevet fra Samferdselsdepartementet til Jernbaneverket fra november 2012 er det bestilt en utredning for både kortsiktige og langsiktige tiltak for Alnabruterminalen, herunder tiltak for å sikre både driftsstabilitet i terminalen og å legge opp til en økning av kapasiteten i tråd med etterspørselen. Utredningsarbeidet ble organisert i to faser:

- **Fase 1** – utredning av **strakstiltak** for å bedre driftsstabiliteten- og effektiviteten i terminalen. Fase 1 - utredningen ble gjennomført av Jernbaneverket i 2014, og ga en prioritert liste med strakstiltak. Strakstiltakene planlegges gjennomført fra 2015 til og med årsskiftet 2019/2020.
- **Fase 2** – utredning av **framtidig konsept** for utviklingen av terminalen, herunder utbyggingsløsninger som legger til rette for en mer trinnvis kapasitetsøkning som er mer i takt med etterspørselen.

Fase 2-oppdraget startet opp i 2015 og besvares i denne utredningen.

Denne rapporten om omlastingskapasitet i konseptanalysen inngår som vedlegg i R12 Kapasitetsanalyse konseptanalysen. R12 Kapasitetsanalyse konseptanalysen inngår sammen med flere delrapporter og hovedrapport i Jernbanedirektoratets (JDIR) utredning om «Videre utvikling av Alnabruterminalen, Fase 2».

Fase 2-oppdraget ble startet opp som et prosjekt i Jernbaneverket. Etter at Jernbaneverket ble nedlagt 1. januar 2017 ble prosjektet videreført i Jernbanedirektoratet. Der relevant benyttes fortsatt begrepet Jernbaneverket (JBV), der en omtaler tiltak og status i perioden til og med desember 2016.

Delrapporter i Alnabru fase 2¹

R00 Hovedrapport Alnabru fase 2
R01 Status og dagens situasjon
R02 Interessentanalyse
R03 Oppsummering verksted 1
R04 Behovsanalyse
R05 Mål og krav
R06 Oppsummering verksted 2
R07 Driftskonsept konseptanalysen
R08 Mulighetsrom og siling
R09 Kostnadsestimat konseptanalysen
R10 Usikkerhetsanalyse konseptanalysen
R12 Kapasitetsanalyse konseptanalysen
R13 Konseptanalyse
R14 Arealbehov
R15 Driftseffektivitet konseptanalysen

¹ R11 Samfunnsøkonomisk analyse inngikk opprinnelig i prosjektet, men analysen utføres som en del av KVV Godsterminalstruktur i Oslofjordområdet.

Innhold

1 Innledning	7
2 Lastemoduler i gjenværende konsepter	8
3 Forutsetninger for analyse av omlastingskapasitet	10
3.1 Effektmål for fremtidig kapasitet i Alnabruterminalen.....	10
3.2 Forutsetninger om løfteutstyrets ytelse, andel direkte løft og bruk av lager	10
4 Oppholdstider for lossing eller lasting	12
4.1 Øvre og nedre grense for tid til lossing eller lasting.....	12
4.2 Optimalisering av oppholdstider for maksimal kapasitet i omlastingsenheten	13
5 Beregnet omlastingskapasitet	14
6 Direkte omlasting	18
7 Sensitivitet	20
8 Konklusjon	24
Vedlegg I. Forutsetninger for omlasting og lager	25
1.1 Kapasitetsmål fordelt på ulike typer lasteenheter.....	25
1.2 Direkte omlasting og lagring.....	25
1.3 TOS og depot-prising	26
1.4 Lager per spormeter i kranmoduler og mobile lasteenheter.....	27
Vedlegg II. Analysemetode og forutsetninger for omlastingskapasitet	28
1.1 Akseptabel kapasitetsutnyttelse	28
1.2 Tid til lossing/lasting og samlet oppholdstid i lastespor.....	29
1.2.1 Optimal tid til lossing/lasting	29
1.2.2 Samlet oppholdstid i lastespor	30
1.2.3 Andel direkte løft som funksjon av tid til lossing/lasting	31
1.3 Kapasitet i løfteutstyr.....	31
1.4 Andel direkte hentet som funksjon av tid til lossing/lasting	32
1.5 Kapasitet i lastespor	34
1.6 Kapasitet i lager	35
1.7 Separat beregning av kapasitet i kranmoduler og mobile lastegater	36
Vedlegg III. Spor, løfteutstyr og lager	37
1.1 Referanse	37
1.2 Konsept 3.7	39
1.3 Konsept 4.8.3	41
1.4 Konsept Imp 3.7	44
1.5 Konsept Imp 4.8.3	46
Vedlegg IIII. Kapasitet og oppholdstider for ulike forutsetninger om begrensning i lager og oppholdstid	50
9 Referanser	56

1 Innledning

Samlet kapasitet for betjening av godsvolumer i terminalkonsepter (TEU/år) er begrenset av kapasitet i spor og sporforbindelser, omlastingsenheter og veisystem. Alternative fremtidige terminalkonsepter må utformes slik at det er tilstrekkelig kapasitet i omlastingsenheter, sporarrangement, lager og veisystem. Samtidig gir det en unødvendig kostnad dersom de enkelte elementene overdimensjoneres.

Omlastingsenhetene er kjernen i en godsterminal. Elementene i omlastingsenhetene består av lastespor, løfteutstyr og lagerplass for intermodale lasteenheter. Elementet med lavest kapasitet begrenser samlet kapasitet.

De gjenværende konseptene etter siling i Alnabru Fase II er benevnt Referansealternativet, alternativ 3.7 og alternativ 4.8.3 med tilhørende implementeringskonsepter.

Hovedteksten i dette dokumentet beskriver kort dimensjonene i omlastingsenhetene i de gjenværende konseptene. Videre beskrives trafikkvolumer for å nå målsetningene og andre forutsetninger for analyse av omlastingskapasitet. Det er forklart hvordan samlet kapasitet avhenger av sammenhengen mellom elementene i omlastingsenhetene og godstogenes oppholdstid i lastespor for lossing og lasting, samt forhold som påvirker løfteutstyrets maksimale ytelse.

Videre er det beskrevet hvilke optimale oppholdstider vi har kommet frem til for lossing eller lasting for størst mulig samlet kapasitet i omlastingsenhetene i de gjenværende konseptene. Vi presenterer og omtaler resultatene for omlastingskapasitet i de gjenværende konseptene, og supplerer med sensitivitetsanalyse av endrede forutsetninger om døgnfordeling av togtrafikken til og fra terminalen, gjennomsnittlig volum per lasteenhet (TEU) og innføring av TOS (Terminaloperativsystem).

Mer utdypende beskrivelse av de relevante forutsetningene for omlasting og lager er presentert i Vedlegg I.

I Vedlegg II beskrives analysemetode med forutsetninger og de grunnleggende formler for beregning av løftekapasitet, lastesporkapasitet og lagerkapasitet. Vi beskriver forutsetninger om akseptabel kapasitetsutnyttelse av løfteutstyr, lastespor og lager og hvordan formlene tar hensyn til andelen direkte omlasting. Vi beskriver også hvordan vi finner optimal oppholdstid for lossing/lasting for størst mulig kapasitet i omlastingsenhetene.

I Vedlegg III beskriver vi de fysiske dimensjonene i konseptenes lastespor, lager og løfteutstyr.

Vedlegg III viser tabeller med resultater fra kapasitetsanalyse av gjenværende konsepter for løfteutstyr og antall lagerplasser for containere/vekselplak og semitrailere i kran og mobile lastegater.

2 Lastemoduler i gjenværende konsepter

I analysene av omlastingskapasitet i de gjenværende konseptene, er det egne beregninger for kranmoduler og mobile lastegater. Årsaken er den store forskjellen i løftekapasitet per spormeter, og fordi lageret for lasteenheter kan være ujevnt fordelt mellom kranmoduler og mobile lastegater.

I kranmodulene er det inntil 6 lastespor. Arbeidsareal per kran spenner omtrent 200 meter. Tog i ulike lastespor i en kranmodul må dele på krankapasiteten. Hvis vi øker kran tetthetene vil ytelsen per kran reduseres på grunn av større sannsynlighet for at kranene må inn i hverandres arbeidsareal.

Fastsetting av antall mobile løfteenheter er basert på eksisterende løfteutstyr i dagens terminal. Av tilgjengelig løfteutstyr, er det forutsatt at det kan benyttes inntil 5 reachstackere og 8 gaffeltrucker i rushtidsperiodene. I Referansealternativet gir dette 1 mobil løfteenhet per 385 meter lastespor. Vi forutsetter denne avstanden mellom mobile løfteenheter og det samme forholdstallet mellom reachstackere og gaffeltrucker i alle konseptene, unntatt i fullt utbygd 3.7 der det kun er en løfteenhet på et kort spor for mobilt løfteutstyr (Tabell 1).

Tabell 1 Forutsatt løfteutstyr i gjenværende konsepter

	Ref. 0+	3.7	3.7 impl.	4.8.3	4.8.3 impl
Lastespor	13	19	14	15	19
Kraner	2	18	6	6	5
Reachstackere	5	1	3	3	4
Gaffeltruck	8	0	4	5	7

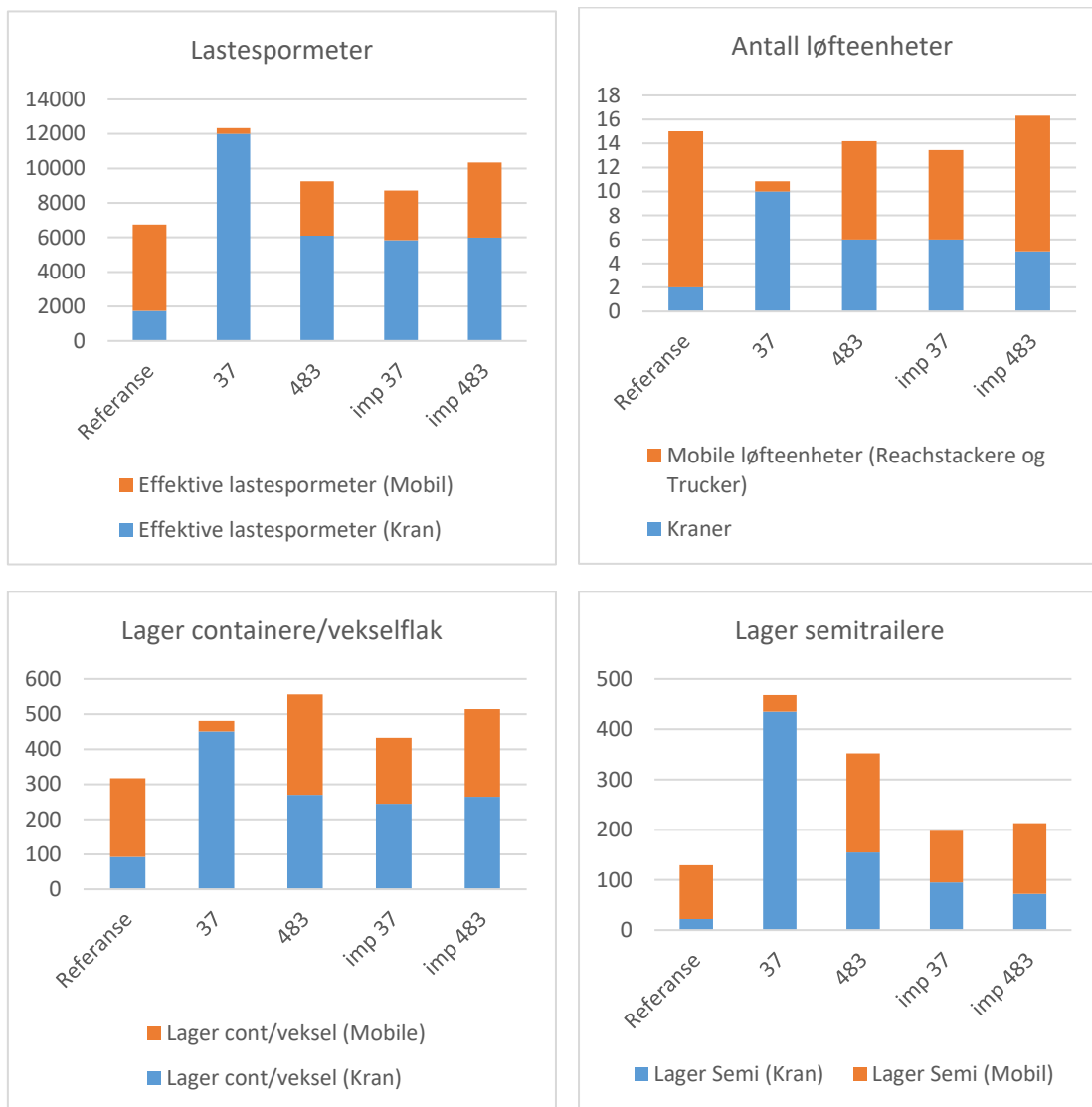
Figur 1 viser den fysiske dimensjoneringen av omlastingsmodulen i de ulike gjenværende konseptene i Alnabru Fase II. Vi ser spesielt at referanse og 3.7 har veldig ulik balanse mellom kraner og mobile løfteenheter. Vi ser også at konsept 3.7 har relativt få løfteenheter, men mange lastespor. Alle utbyggingskonsepter har større lager enn referansealternativet. Og vi ser at 3.7-alternativet har relativt mange lagerplasser for semi-trailere.

Ingen av konseptene har perfekt samsvar mellom forutsatt tog lengdefordeling² og lastesporlengder. Men det er forutsatt at vi kan oppnå en relativt høy utnyttelse ved å dele tog slik at deler av vognstammer fra ulike tog kan plasseres på samme spor. Vi har lagt til grunn en prosentvis utnyttelse av lastespor ut fra en skjønnsmessig vurdering av hvordan sporlengdene kan utnyttes for inntil to vognstammedeler fra ulike tog (Tabell 2). Vurderingene er basert på at det er lettere å utnytte lastespor i den grad de er tilpasset forutsatt tog lengdefordeling.

² Toglengdefordelingen i 2040 og 2060 er uttrykt ved andeler 460, 600 og 740 meter lange tog. Se delrapport R13 Konseptanalyse, vedlegg om «Forutsetninger for konseptutvikling og analyse».

Tabell 2: Prosentvis utnyttelse av effektiv lastesporlengde

	Referanse	3.7	4.8.3	Imp 3.7	Imp 4.8.3
Utnyttet	87%	96%	94%	92%	90%



Figur 1: Lastespormeter, løfteutstyr (antall kraner, reachstackere og trucker) og antall lagerplasser for containere/veksel og semi-trailere i de gjenværende konseptene etter siling i Alnabru Fase II.

3 Forutsetninger for analyse av omlastingskapasitet

I dette kapitlet omtaler vi effektmål for kapasitet og forutsetninger. Og vi omtaler forutsetningene som er spesielle for beregning av omlastingskapasitet.

Analyse av kapasitet i omlastingsenhetene i de gjenværende konseptene i Alnabru Fase II er basert på døgnfordeling av togtrafikken og andre forutsetninger som spesifisert i vedlegg «Forutsetninger for konseptutvikling og analyse» i delrapport 13 Konseptanalysen.

3.1 Effektmål for fremtidig kapasitet i Alnabruterminalen

I dagens situasjon er det tydelige rushtidsperioder. Døgnfordelingen viser rushtidstopper morgen og kveld.

Døgnfordelingen vi legger til grunn for analyse av kapasitet i 2040 og 2060 er basert på dagens situasjon, men skalert for større trafikk og noe utjevning fremover i tid slik at summen av godsvolumer til og fra terminalen blir omtrent 800 000 TEU/år i 2040 og 1 100 000 TEU/år i 2060.

I kapasitetsmålene er det forutsatt at betjening av godsvolumene er fordelt på løft tog-tog (10%), løft bil-tog (85%) og skift tog-tog (5%). Videre forutsettes at lastbærerfordelingen (dvs. andel semi-trailere, vekselflak og containere) endrer seg mot 2040 og 2060. Andel semitrailere og containere øker mens andel vekselflak går ned.

3.2 Forutsetninger om løfteutstyrets ytelse, andel direkte løft og bruk av lager

Beregning av kapasitet i omlastingsenheten i alternativene gjøres ut fra løfteutstyrets ytelse, minimum tidsbruk for lossing eller lasting og variable for antall av ulike løfteenheter, lastespormeter, og lagerplasser.

Flere av lastegatene på ACN er i dag smalere enn forutsatt bredde for maksimal ytelse (50 m). Fordi det ikke gjøres endringer av betydning på ACN i Referanse og Implementering 4.8.3, antar vi at mobilt løfteutstyr yter kun 75% av maksimal ytelse i disse konseptene. For resterende alternativer antar vi at det mobile løfteutstyret kan yte 100% av maksimal ytelse.

Togenes oppholdstid for lossing eller lasting påvirker andel som hentes/leveres direkte og påvirker samlet kapasitet i omlastingsenheten. En andel av lasteenhetene hentes/leveres direkte av lastebil mens toget losses/lastes. Enheter som hentes/leveres direkte trenger ikke lagerplass. Andelen direkte omlasting forutsettes å være den samme for både bil-tog og tog-tog omlasting³. Vekselflak og

³ Imidlertid ligger det en mulig effektivitetsforbedring i å koordinere togene slik at tog-tog har høyere direkte omlasting.

containere som hentes/leveres direkte og *alle* semi-trailere trenger betjening med kun et løft. Vekselflak og containere som settes i lager trenger et ekstra løft⁴.

Operatørene på dagens Alnabru vurderer lagerkapasiteten som en begrensning for samlet kapasitet i omlastingsenhetene. RailCombi har rapportert at det per i dag er svært begrenset med lagringsplass man.-fred. mellom kl.0400- kl.10:00 og gjennom hele helgen fredag ettermiddag til mandag morgen. Det er økt vekst i bruk av trailere og dette gir kundene et overskudd av vekselflak som ofte blir stående. Økt bruk av vekselflak som ikke kan stables er også en økende utfordring når det gjelder kapasiteten i terminalens depoter. Når det er fullt i lastegatenes depoter så vil det være vanskelig å håndtere spesielt 40 fots containere eller semitrailere uten å være til hinder for øvrig trafikk eller risikere å kjøre under hengende last. På grunn av plassproblemer vil antall mobile løfteenheter i praksis være lavere ved høy fyllingsgrad i depotene enn ved lav fyllingsgrad i depotene. Er fyllingsgraden i lageret høy vil i tillegg kapasiteten reduseres drastisk grunnet lengre kjøring i forbindelse med lasting/lossing av hver enhet.

For analysene legger vi til grunn at det er innført et TOS-system i 2040 og 2060 med mulighet for prising av lagerplass. Vi legger til grunn at det vil gi en større andel direkte løft og dermed redusere behovet for lagerplasser i forhold til dagens situasjon. Vi antar at vi kan oppnå samme andel direkte omlasting allerede etter 2 timer oppholdstid for lossing/lasting som det vi oppnår i dag etter 4 timer. For semitrailere innebærer dette at hele 51% omlastes direkte når oppholdstid for lossing eller lasting er fire timer i 2040.

I analysene deler vi de tilgjengelige lagerplassene slik at kran- og mobile lastegater har egne lagerplasser for containere/vekselflak/semitrailere. For containere/vekselflak teller vi plassene i tegningsgrunnlaget i henholdsvis kranmoduler og mobile lastegater. I praksis kan en tenke seg at lastespor med rikelig lager for semi-trailer vil betjene tog med en større andel semi-trailere enn lastespor med lite lager for semi-trailer. I tillegg er det mulig å kjøre med skifte-traktor til eksterne lagre eller andre lastegater for lagring. Det er ingen opplagt måte å fordele lager for semi-trailere mellom kranmoduler og mobile lastegater. For analysene har vi delt det totale antall plasser for semi-trailere til kranmoduler og lastegater for mobilt løfteutstyr i samsvar med andel av maksimal ytelse (omlastingskapasitet) i kran- og lastespor når lager ikke er en begrensning.

⁴ Enkelte containere trenger et 3.løft hvis de må flyttes internt i lageret fordi de står over containere som skal hentes tidligere. Andelen 3.løft avhenger av fyllingsgraden i lageret. Vi modellerer ikke et tredje løft, men forutsetter at akseptabel kapasitetsutnyttelse er tilstrekkelig lav for å ivareta dette.

4 Oppholdstider for lossing eller lasting

Vi forutsetter at alle godstog dras ut av lastespor for hensetting i RH-spor mellom lossing og lasting.

Belegg i lastespor utenom lossing og lasting inkluderer tid til inn- og utkjøring og margin for tid mellom hver vognstamme. For togstammer som omlastes i mobile lastespor er det i tillegg lagt inn tid for utskifting av skadde vogner, utskifting av bremses, snørydding i materiell og avgangskontroll i lastespor, mens dette skjer i R-spor for tog som betjenes for omlasting i kranspor.

4.1 Øvre og nedre grense for tid til lossing eller lasting

Vi forutsetter øvre og nedre grenser for oppholdstid i lastespor (Tabell 3 og Tabell 4).

Øvre grenser sikrer at tid til lossing og lasting, samt andre operasjoner i lastespor er innenfor togenes samlede opphold i terminalen, dvs. øvre grenser for tid til lasting eller lossing er beregnet som: Togets totale tid i terminalen – (tid til inn-/utkjøring og andre operasjoner i lastespor eller hensettingsspor).

For di gjennomsnittlig løftekapasitet per lastespormeter er betydelig høyere i mobile lastegater enn i kranmodulene, er minimum oppholdstider for lossing eller lasting betydelig kortere i de mobile lasteenhetene enn i kranmodulene.

Nedre grenser for oppholdstid er basert på gjennomsnittlig tid for lossing eller lasting med tilgjengelig løfteutstyr når vi antar at lastesporene er fullt belagt (dvs. For kranmoduler innebærer dette at krankapasiteten må fordeles på alle sporene under kranene⁵). I minimum tid til lossing eller lasting inkluderer vi forutsetning om at løfteutstyret utnyttes maksimalt 75 % (25% margin for driftsforstyrrelser).

Tabell 3: Øvre grenser for oppholdstid i lastespor for lossing eller lasting (timer)

	Kran	Mobil
2040	6,25	6.25
2060	4,45	4.45

Tabell 4: Nedre grenser for lossing eller lasting (timer)

	Referanse		3.7		4.8.3		Imp 3.7		Imp 4.8.3	
	Kran	Mobil	Kran	Mobil	Kran	Mobil	Kran	Mobil	Kran	Mobil
2040	2,40	1,33	3,6	1,1	2,93	1,1	2,80	1,2	3,33	1,2
2060	2,13	1,20	3,33	0,9	2,67	1,1	2,53	1,1	3,1	1,1

⁵ Nedre tid ikke er minste fysiske tid som må til for å betjen en vogntamme (denne tiden er 40-50 minutter med 3 kraner), men tiden som vognstammene har til rådighet hvis alle spor er utnyttet.

4.2 Optimalisering av oppholdstider for maksimal kapasitet i omlastingsenheten

I Vedlegg II forklares metode vi har lagt til grunn for optimalisering av oppholdstider for størst mulig kapasitet i omlastingsenhetene. Det fremgår der at vi definerer funksjoner for hvordan kapasitet i løfteutstyr, lastespor og lager avhenger av oppholdstid i lastespor for lossing eller lasting. Og videre at vi ut fra disse funksjonene bestemmer de optimale oppholdstidene ved å løse et max-min-problem.

I funksjonene for løftekapasitet inngår parametere for antall kraner, reachstackere og trucker og hva de kan yte (løft per time), samt andel direkte omlasting som funksjon av oppholdstid. For lastesporkapasitet inngår maksimalt *samlet samtidig* godsvolum på lastesporene (TEU) og gjennomsnittlig andel av togstammen som utnyttes for last. For lagerkapasitet inngår antall lagerplasser og lasteenhetenes gjennomsnittlige oppholdstid i lageret.

Generelt er det lengre optimale oppholdstider for lossing eller lasting i 2040 enn i 2060 (Tabell 5). Årsaken er endring i lastbærerfordelingen. Reduksjon i vekselflak fra 2040 mot 2060 og økning i containere og semi-trailere gir mindre direkte løft i 2060 med samme oppholdstid for lossing eller lasting. Men antall TEU per løft blir høyere i 2060. Dette gjør løftekapasiteten mindre begrensende i 2060, mens lastesporkapasiteten er den samme, siden antall effektive lastespormetere er den samme i 2040 og 2060. Redusert begrensnings i løftekapasiteten gjør det mulig å betjene et tog raskere i 2060 – og vi kan redusere oppholdstiden og dermed betjene flere tog på tilgjengelige lastespor.

Det er betydelige forskjeller i hva som er optimale oppholdstider i de gjenværende konseptene. Konsept 3.7 har lengre optimale oppholdstider for lossing eller lasting enn de andre konseptene fordi sporkapasiteten er mindre begrensende relativt til andre begrensninger. Dersom vi reduserer lageret tilstrekkelig, vil det være optimalt å øke oppholdstiden ytterligere. Vi får da større andel direkte løft og mindre behov for lager, men sporkapasiteten og samlet kapasitet blir lavere.

For alle konseptene er optimale oppholdstider i kranmodulene innenfor øvre og nedre grenser. For optimale oppholdstider er løftekapasitet og sporkapasitet i balanse og er begrensende for samlet kapasitet i kranmodulene.

For de mobile lastegatene, nås de nedre grensene for de optimale oppholdstidene. Årsaken er at lastesporkapasiteten er begrensende. En viktig årsak til dette er at det i en andel av togenes oppholdstid foregår andre operasjoner enn lossing og lasting (snørydding, skifting av bremses og avgangskontroll) og at det ikke kan foregå lasting og lossing samtidig.

Tabell 5: Optimale oppholdstider (timer) i lastespor for lossing eller lasting (tall i rødt indikerer at optimale verdier ligger på øvre eller nedre grense)

	Referanse		3.7		4.8.3		IMP 3.7		IMP 4.8.3	
	Kran	Mobil	Kran	Mobil	Kran	Mobil	Kran	Mobil	Kran	Mobil
2040	2,5	1,3	3,8	1,1	3,2	1,1	3,0	1,2	3,5	1,2
2060	2,3	1,2	3,5	0,9	3,0	1,1	2,8	1,1	3,3	1,1

5 Beregnet omlastingskapasitet

Vi får at flere av de gjenværende konseptene oppnår mål for kapasitet på 800 000 TEU/år i 2040 og 1 100 000 TEU/år i 2060 (Figur 2, Figur 3, Figur 4 og Figur 5). Til tross for de begrensede tiltakene i Referansealternativet ser vi at omlastingsenheten i Referansealternativet kan være i stand til å betjene betydelig større godsvolumer enn det som betjenes på Alnabruterminalen i dagens situasjon.

Kapasiteten i alternativene er betydelig høyere i 2060 enn i 2040. Årsaken er:

- Lastbærerfordeling påvirker antall løft per TEU. I 2040 og 2060 tilsier lastbærerfordelingen at antall TEU per lastebærer er henholdsvis 1,43 og 1,57.
- Døgnfordeling av togtrafikk til og fra terminalen og togenes samlede oppholdstid i terminalen uttrykt ved en timepeakfaktor, som er lik forholdet mellom maksimalt antall tog i lastespor og gjennomsnittlig antall tog i lastespor per døgn (1,56 i 2040 og 1,33 i 2060)
- Oppholdstid for lossing eller lasting. Omtrent 10% reduksjon i oppholdstider fra 2040 til 2060 gir plass for flere tog, men samtidig lavere andel direkte omlasting per lastbærer.

Videre kan tog lengder også påvirke kapasiteten fordi lengre tog gir kortere samlet tidsbruk per TEU for inn- og utkjøring i lastespor. Spart tid kan i stedet brukes til effektiv lossing og lasting.

Det er elementet med minst kapasitet som er dimensjonerende for hva omlastingsenheten totalt kan yte⁶. I kranmodulene er det spor og løftekapasitet som blir begrensende. Hvis optimal oppholdstid reduseres vil løftekapasiteten alene bli begrensende, mens sporkapasiteten blir begrensende hvis oppholdstiden forlenges. Vi kan kompensere med ekstra kraner, men det vil redusere driftseffektiviteten og effektiviteten per kran⁷.

Tilsvarende for lastegater med mobilt utstyr ser vi generelt at spor er begrensende. Dette skyldes at en stor del av tiden i lastespor brukes til andre operasjoner enn lossing og lasting (totalt 2 timer i forbindelse med lossing/lasting). Optimal tid i lastespor når nedre grense for oppholdstid (minimum gjennomsnittlig tid det tar å losse/laste togene). Vi kan forutsette ekstra mobile løfteenheter og/eller flytting av løfteenheter når det ikke forgår lossing/lasting i et spor, men dette vil gå utover driftseffektiviteten og redusere sannsynligheten for redusert ytelse fordi enhetene kommer i konflikt med hverandre.

Vi ser at lageret for semi-trailere er sterkt overdimensjonert i 3.7 og 4.8.3, men mer i balanse med samlet kapasitet i øvrige alternativer. Fordi det er rikelig med lager i hovedkonseptene, samtidig som oppholdstiden i kranmodulene er relativt lang, får vi mye direkte omlasting og stort overskudd på

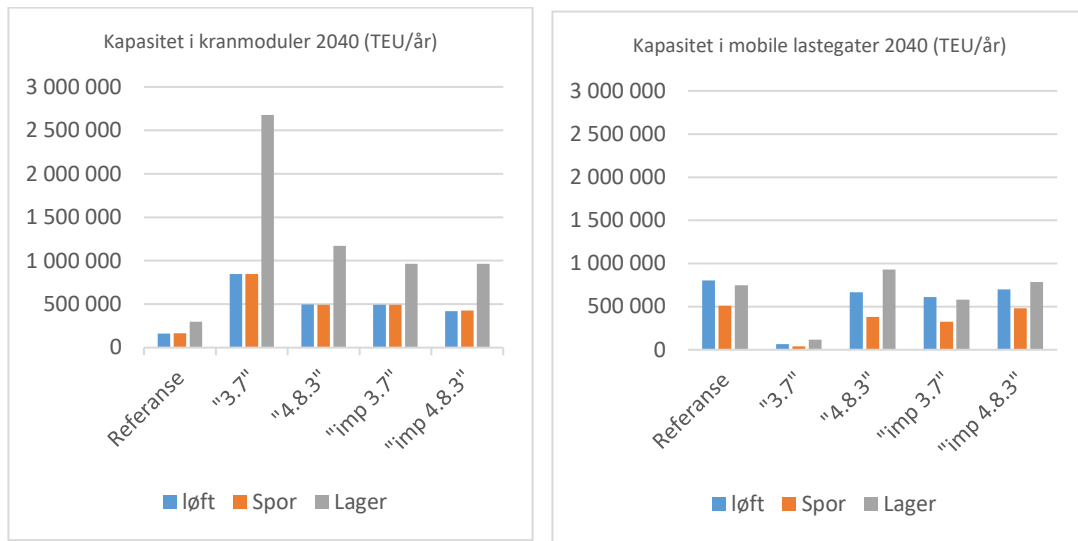
⁶ Hvis det er ulikt hva som begrenser kapasiteten i de ulike delene av terminalen, kan samlet kapasitet i hele terminalen være lavere enn f.eks samlet løftekapasitet selv om samlet løftekapasitet er lavere enn samlet spor- og lagerkapasitet. Dette kan skje hvis løftekapasitet er begrensende i kranmodulene, mens spor- eller lagerkapasitet er begrensende i de mobile lastegatene.

⁷ For kranmoduler er det mulig å øke tetthetene av kraner fra ca. 200 m per kran til ca. 150 m per kran. Dette øker maksimal ytelse med 33%. Men større sannsynlighet for konflikt mellom kranene, tilsier at ytelsen per kran reduseres med ca. 4.5% (jf. ETC, februar 2018). Allikevel vil det gi en samlet økning i ytelse på 27%.

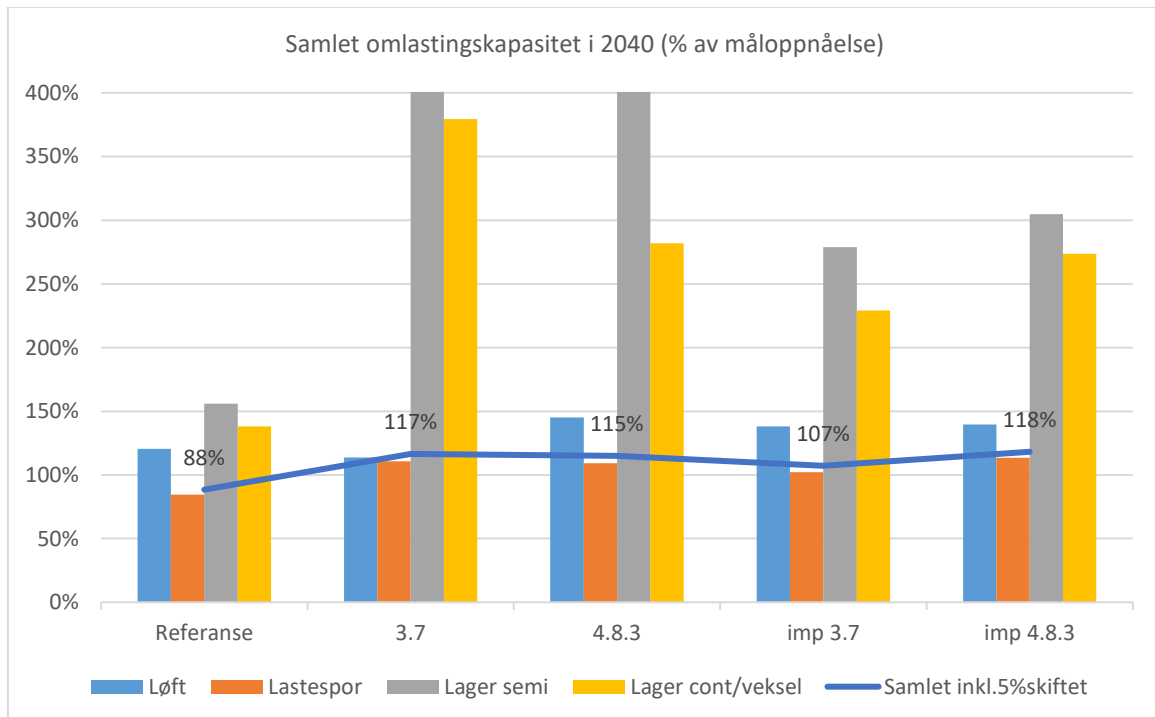
lagerplasser for disse konseptene. Hvis oppholdstidene i kranmodulene reduseres vil vi få mer bruk for lageret, men da vil direkte omlasting gå ned og samlet kapasitet vil bli lavere.

Ekstra lagerplasser er en ressurs det er mulig å leie ut for å finansiere drift av terminalen. Men det tar også plass. For videre planlegging av langsiktig utvikling av Alnabruterminalen er det grunn for å vurdere om vi bør erstatte en del lagerplasser med lastespor i de gjenværende konseptene som legges til grunn for videre planlegging (eks. ved å fjerne eget semi-lager i kranmodulene og i stedet blande semi-hengere i det som nå er avsatt til containere⁸). Dette vil redusere begrensninger i spor- og lagerkapasitet og kan øke den samlede kapasiteten i omlastingsenheten og totalt i terminalkonseptene.

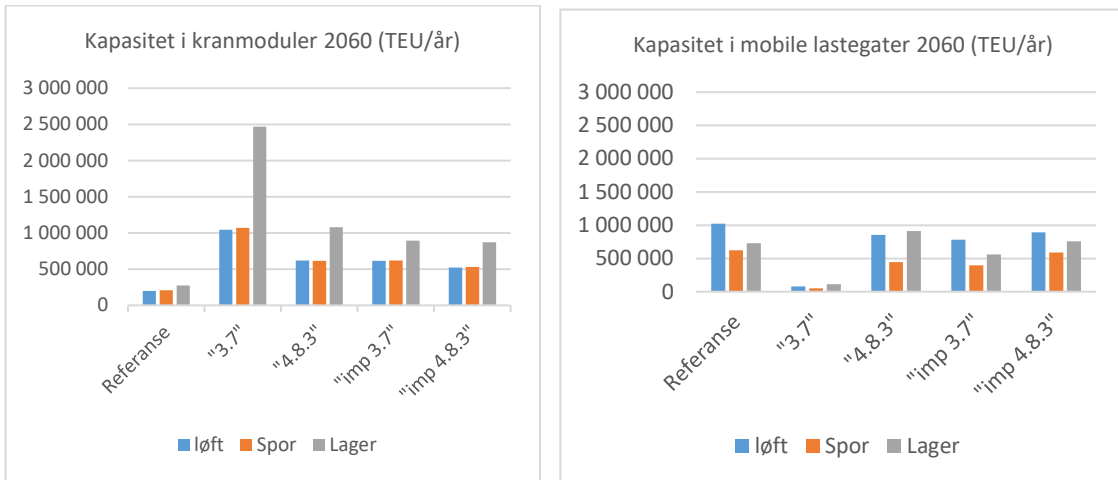
⁸ Med bedre plass i LM4 kan det være mulig å forlenge c08 som et gjennomgående lastespor med mulighet for å motta og betjene 740 meter lange tog.



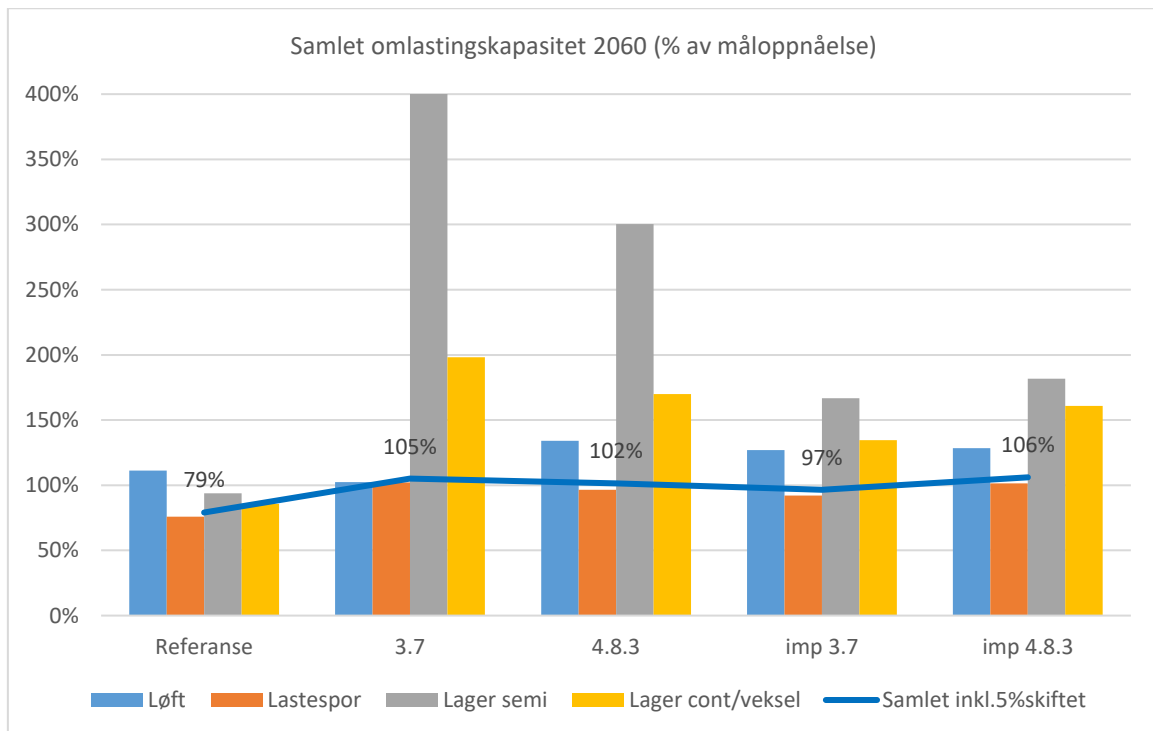
Figur 2: Kapasitet i prosent av måloppnåelse i de ulike delene av omlastingsenhetene i 2040 med oppholdstider basert analyse av samlet sporbruk.



Figur 3: Ytelse i gjenværende konsepter som prosent av kapasitetsmål for 2040 (800 000 TEU/år). Heltrukken linje m/prosentandel gjelder samlet kapasitet i omlastingsenheten for terminalen i 2040, inklusive skifting av kombivognstammer. Antatt at lager for semi-trailere kan benyttes for lageret beregnet for containere/vekselplak og vice versa. Lager for semitrailere går opp til 1044%.



Figur 4: Kapasitet i prosent av måloppnåelse i de ulike delene av omlastingsenhetene i 2060 med oppholdstider basert på analyse av samlet sporbruk.



Figur 5: Ytelse i gjenværende konsepter som prosent av kapasitetsmål for 2060 (1100 000 TEU/år). Heltrukken linje m/prosentandel gjelder samlet kapasitet i omlastingsenheten for terminalen i 2060, inklusive skifting av kombivognstammer. Antatt at lager for semi-trailere kan benyttes for lageret beregnet for containere/veksel og vice versa. Lager for semitrailere går opp til 596% for 3.7.

6 Direkte omlasting

Andel direkte omlasting påvirker hvor mange lasteenheter løfteutstyret kan betjene per dag og hvor mange enheter som trenger plass i lager. For analysen av omlastingskapasitet er det forutsatt en sammenheng mellom togenes opphold i lastespor og andel direkte omlasting som vi antar samsvarer med at det er installert et TOS-system på terminalen. TOS-systemet bidrar til å redusere behovet for lager og doble løft. Tabell 6 viser andel direkte omlasting for vekselflak/containere for optimale oppholdstider for lossing og lasting. Andel enheter med behov for lagerplass blir som vist i Tabell 7. Semi-trailere løftes kun en gang, men en andel som ikke hentes direkte har behov for plass i lager.

Andel direkte omlasting er lavere i 2060 enn i 2040. Årsaken er at de optimale oppholdstidene er kortere i 2060 (Tabell 6). Kortere oppholdstider reduserer sannsynligheten for at lastebilene kommer for henting eller levering mens toget står inne for lossing eller lasting.

Andelen av alle lasteenheter (inklusive semi-trailere) med behov for doble løft går opp fra 2040 til 2060 (Tabell 7). Årsaken er kortere omlastingstider i 2060 og fordi andelen containere øker. Containere har en lavere sannsynlighet for å bli hentet innen oppholdstid for lossing og lasting enn andre lasteenheter. Samtidig blir dette noe kompensert fordi det er en høyere andel semi-trailere i 2060 som aldri krever doble løft. Tabell 8 viser hvordan de optimale slår ut i antall TEU per løft.

Tabell 6: Samlet andel av vekselflak/containere med direkte omlasting basert på analyser med optimale oppholdstider for lossing og lasting i 2040 og 2060

	Referanse		3.7		4.8.3		imp 3.7		imp 4.8.3	
	2040	2060	2040	2060	2040	2060	2040	2060	2040	2060
Kran	0,39	0,29	0,49	0,38	0,45	0,35	0,44	0,34	0,48	0,37
Mobil	0,26	0,19	0,23	0,15	0,23	0,17	0,25	0,17	0,25	0,17

* I 2060 utgjør andel enheter vekselflak/containere $(20\% \cdot 1,1 + 45\% \cdot 1,6) / (35\% \cdot 2 + 20\% \cdot 1,1 + 45\% \cdot 1,6) = 0,57\%$ av omlastet volum (TEU), der volum per lasteenhet er henholdsvis (2,0), (1,1) og (1,6) TEU/enhet for semi-trailere, vekselflak, og containere.

Tabell 7: Andel enheter (inklusive semi-trailere) med behov for lagerplass basert på analyser med optimale oppholdstider for lossing og lasting i 2040 og 2060

	Referanse		3.7		4.8.3		imp 3.7		imp 4.8.3	
	2040	2060	2040	2060	2040	2060	2040	2060	2040	2060
Kran	0,43	0,49	0,35	0,43	0,38	0,45	0,39	0,47	0,37	0,44
Mobil	0,52	0,57	0,54	0,59	0,54	0,58	0,53	0,58	0,53	0,58

Tabell 8. Antall TEU per løft basert på analyser med optimale oppholdstider for lossing og lasting i 2040 og 2060

	Referanse		3.7		4.8.3		imp 3.7		imp 4.8.3	
	2040	2060	2040	2060	2040	2060	2040	2060	2040	2060
Kran	1,13	1,08	1,18	1,12	1,16	1,11	1,15	1,10	1,17	1,10
Mobil	1,06	1,03	1,05	1,02	1,05	1,03	1,06	1,03	1,06	1,03

7 Sensitivitet

Resultatene fra kapasitetsanalysene er sensitive i flere henseende.

Hovedresultatene i denne rapporten er basert på forutsetning om at de mobile løfteenheterne er knyttet til lastegater slik at antall løfteenheter per lastespormeter alltid er det samme. Men potensielt kan vi forbedre den samlede kapasiteten ved å øke antall kraner og/eller reachstackere⁹, men dette kan ha negative følger for driftseffektiviteten. Alternativt kan vi tenke oss at mobilt løfteutstyr flyttes fra lastespor der det foregår andre operasjoner enn lossing eller lasting, og at det i stedet brukes der det foregår lossing eller lasting. Dette vil redusere minimum tid til lossing eller lasting.

I Vedlegg III er det inkludert resultater fra beregninger uten nedre og øvre grenser for tid til lossing eller lasting og hovedresultater som også er vist tidligere i denne rapporten. Resultatene uten nedre og øvre grenser samsvarer med en situasjon der mobilt løfteutstyr flyttes fra lastespor der det foregår andre operasjoner enn lossing eller lasting, og at det i stedet brukes der det foregår lossing eller lasting. Vi ser videre av resultatene i vedlegg III også gjengitt i Tabell 9, at konsepter med betydelig innslag av mobile løfteenheter får en betydelig økning i kapasiteten når vi ikke har øvre og nedre grenser for oppholdstid. Men som tidligere nevnt må dette også ses i sammenheng med mulig redusert/forbedret ytelse med kortere avstand mellom løfteenheterne samt konsekvenser for driftseffektiviteten. Hvis løftekapasitet ikke er begrensende for måloppnåelse vil vi uansett unngå redusert driftseffektivitet. Vi ser at den relative økningen er betydelig større for Konsept 4.8.3 enn for de andre konseptene. Årsaken er at de andre konseptene enten har mindre innslag av mobilt løfteutstyr (3.7 og Imp 3.7), eller at det i utgangspunktet er forutsatt redusert ytelse som følge av trange arbeidsforhold i lastegatene.

Tabell 9: Resultater for samlet kapasitet i omlastingsenhetene i % av kapasitetsmål - med øvre og nedre grenser på oppholdstid for lossing eller lasting (hovedresultater) og uten grenser i 2060

	Referanse	Konsept 3.7	Konsept 4.8.3	Imp 3.7	Imp 4.8.3
Uten grenser	85%	108%	129%	107%	117%
Med grenser	79%	105%	102%	97%	106%

For utvikling av scenarioene er det lagt til grunn at trendene i markedet for godstransport viser en økende andel semi-trailere og store lasteenheter (se delrapport R04 Behovsanalyse). Men det er betydelig usikkerhet knyttet til fremtidig andeler av ulike lasteenheter. I tillegg til dagens situasjon, har vi tre scenarioer for fremtidige andeler av ulike lasteenheter (Tabell 10).

Med dagens andel av lasteenheter og dagens døgnfordeling, ser vi at det er svært begrenset hvor mye gods som kan betjenes i omlastingsenhetene i konseptene (Figur 6a). Videre ser vi at

⁹ Hvis lastespor- lager- og løftekapasitet ikke er begrensende for den totale kapasiteten i terminalen, kan det være grunn til å redusere antall mobile lasteenheter for å redusere kapitalkostnadene til løfteutstyr. Dette vil øke oppholdstiden i lastespor. Når det er manglende kapasitet i hensettingssporene er det en win-win å forlenge oppholdstiden i lastespor siden det både reduserer utgifter til løfteutstyr (forbedrer driftseffektiviteten) og samtidig gir en større total kapasitet i terminalen. Alternativt kan en i mindre grad redusere løfteutstyret men i stedet benytte tid i lastespor til utskifting av skadde vogner.

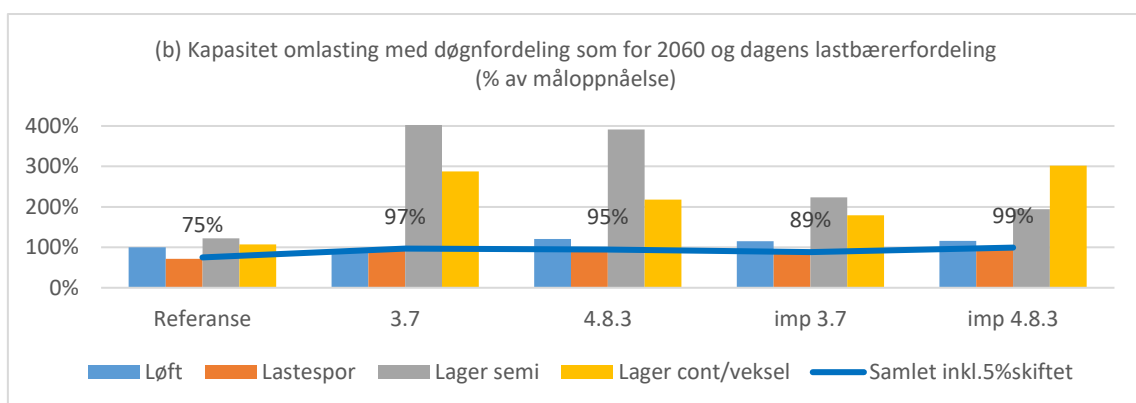
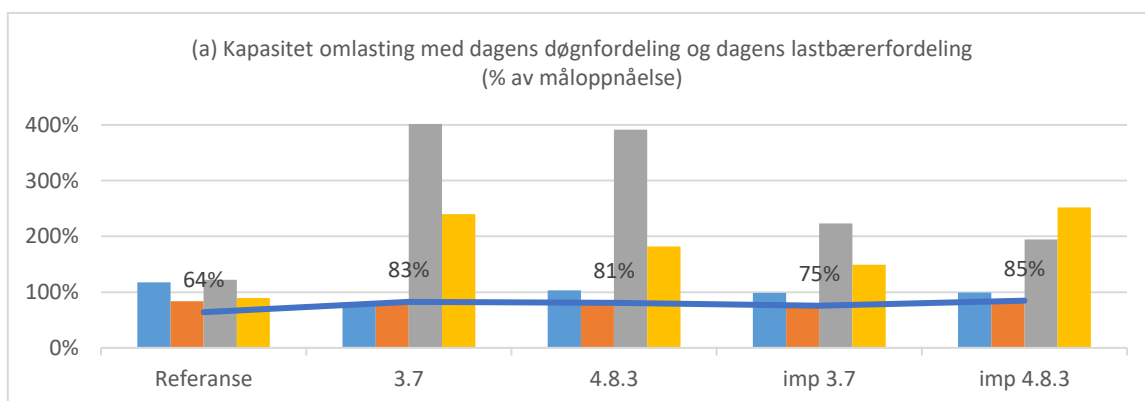
kapasiteten øker betydelig i konseptene med dagens andeler av lasteenheter, men døgnfordeling som i 2060 (Figur 6b).

For 2060 er hovedresultatene (Figur 5) beregnet med scenario 2 for andel av ulike lasteenheter. Beregnet kapasitet i 2060 med scenario 1 og 3 (Figur 7), viser at kapasiteten er sensitiv med hensyn på antall TEU per lasteenhet.

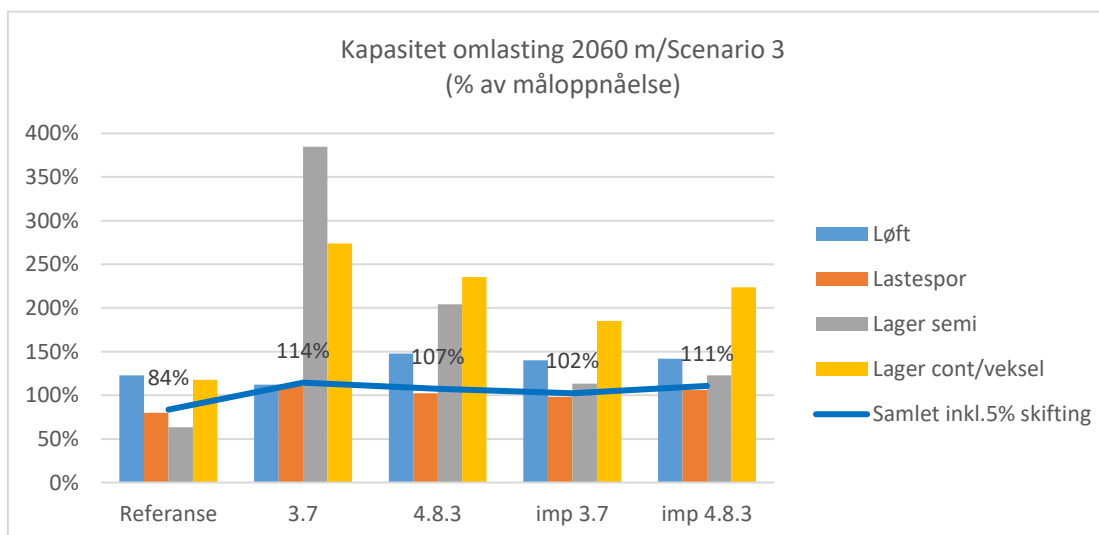
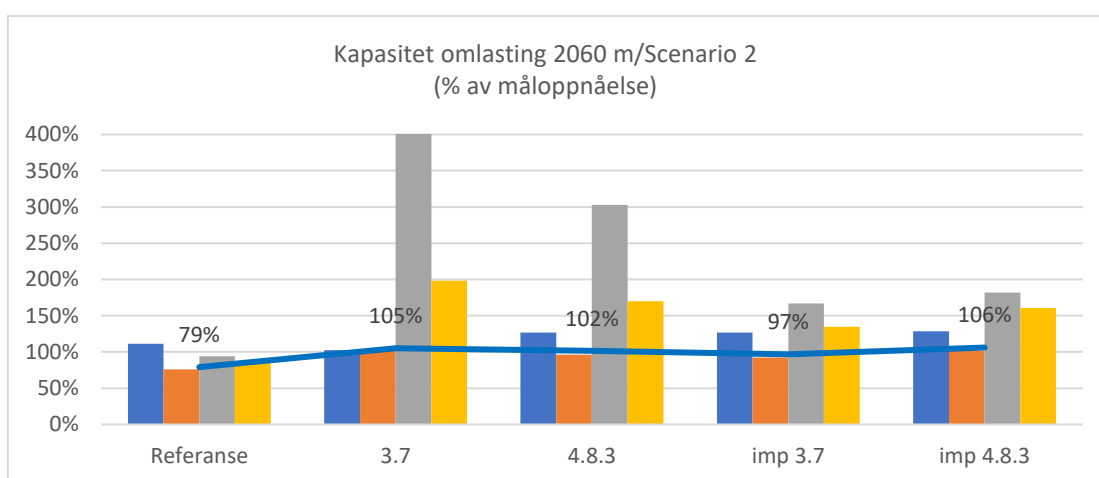
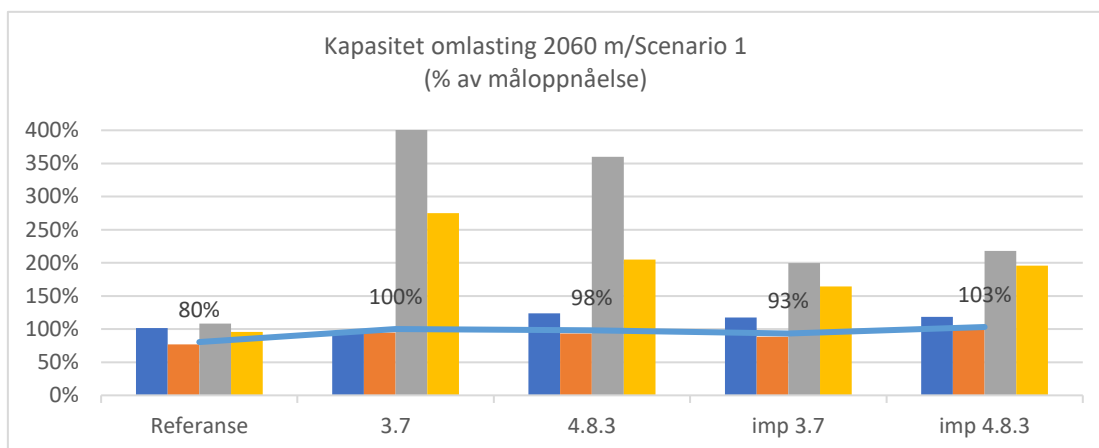
I konsepter med stort innslag av kranspor, er løftekapasitetene begrensende. Økende antall TEU per lasteenhet er viktig for at slike konsepter skal yte godt. Det er tydelig at høy andel semi-trailere gir høy kapasitet i 3.7-alternativet. Samtidig ser vi at lageret blir mer utnyttet når antall TEU per lasteenhet øker. Årsaken er at de optimale oppholdstidene for lasting og lossing blir kortere og vi får lavere andel direkte løft.

Tabell 10: Dagens andeler og scenarier for fremtidige andeler av ulike lasteenheter i Alnabru Fase II (Andeler i TEU)

	Semi-trialer	Vekselflak	Containere
Dagens situasjon (2015)	35%	47%	18%
Sceanrio 1	30%	45%	25%
Sceanrio 2	35%	20%	45%
Scenario 3	50%	20%	30%



Figur 6: Ytelse med dagens andeler av lasteenheter og (a) dagens døgnfordeling og (b) døgnfordeling som forutsatt for 2060. Heltrukken linje m/prosentandel gjelder samlet kapasitet i omlastingsenheten for terminalen i 2060, inklusive skifting av kombivognstammer.



Figur 7: Ytelse i gjenværende konsepter for ulike forutsetninger om scenario for andeler av ulike lasteenheter. Heltrukken linje m/prosentandel gjelder samlet kapasitet i omlastingsenheten for terminalen i 2060, inklusive skifting av kombivognstammer.

Vi har basert oss på at andel direkte løft vil bli høyere enn i dag som følge av forutsetninger om bruk av TOS-system og mulig depotprising. Dersom vi også i fremtiden må legge til grunn omtrent samme andel direkte omlasting som i dag¹⁰, i situasjonen med scenario 2 for andel lasteenheter og døgnfordeling som i 2060, vil kapasiteten gå ned (Tabell 11). Vi ser at sensitiviteten varierer med innslaget av kraner. Årsaken er at overskudd av løftekapasitet i mobile lastespor kompenseres for større andel doble løft.

Tabell 11: Kapasitet i omlastingsenhetene med scenario 2 for andel lasteenheter og døgnfordeling som i 2060 med og uten TOS

	Referanse	3.7	4.8.3	Imp 3.7	Imp 4.8.3
Med TOS	79	105	102	97	106
Uten TOS	78	99	98	93	103

I konsept 3.7 implementering ligger det i kostnadsestimatet og faseplanen bygging av tre reachstackerspor, dvs. et tredje spor mot DB Schenker, som har egen lastegate på 20m bredde. Dette ene sporet fjernes i faseplanen, for at endelig løsning skulle være lik med tegning. En kan tenkte seg at dette sporet ville blitt bygget. Det er derfor nyttig å se hvordan dette sporet slår ut i en sensitivitetsanalyse. Videre vil reachstackersporene C07/C08 i konsept 3.7 bli 480 m jf. faseplanen. De ligger som 330 i endelig løsning, men for en sensitivitetsvurdering kan vi anta at de kan være 480 m i konsept 3.7 og 3.7 implementering. Effekten er at kapasitet for omlasting går opp fra 105% til 106% av måloppnåelse for 3.7 og fra 98% til 103% for Imp 3.7 i 2060.

For videre planlegging er det relevant å vurdere følgende punkter:

- I kapasitetsanalysene er det lagt til grunn at lastegater for mobilt lasteutstyr delvis brukes til andre funksjoner enn lossing og lasting (dvs. til snørydding, bremseprøver mm). Disse funksjonene utføres i R-sporene for tog som betjenes i kranmoduler. Dersom det er mulig med driftskonsepter hvor også tog som betjenes i mobile lastegater får disse funksjonene utført i R-spor, så vil den samlede kapasiteten i mobile lastegater øke.
- I gjenværende alternativer er lager ingen begrensning. I videre planlegging må det vurderes nærmere om noe lager kan erstattes med eks. ekstra lastespor. Det må tas i betraktning at en stor del av kundegrunnlaget er samlastere i umiddelbar nærhet til Alnabruterminalen, og at det bør være mulig å legge til rette for at semi-trailerne i hovedsak kjøres direkte fra samlasternes terminaler til lastegatene (I dag blir det kjørt inn et betydelig antall lasteenheter tidlig på dagen som opptar lagerplasser i flere timer før de lastes på tog).

¹⁰ ca 20% direkte omlasting i dag. I dag er oppholdstiden for lossing eller lasting noe under 2 timer.

8 Konklusjon

Vi ser av hovedresultater og sensitivitetsanalyse at det er mange forhold som påvirker kapasitet i omlastingsenheten. Utjevning i døgnfordelingen er spesielt viktig for måloppnåelse frem mot 2060.

Imp 3.7, Imp 4.8.3 og 4.8.3 er robuste på den måten at man kan tenke seg å øke antall mobile løfteenheter hvis lastbærerfordelingen forblir omtrent som i dag med stor andel små lasteenheter. Disse konseptene er kun delvis tilpasset forutsatt tog lengdefordeling og har derfor ulempen med mer deling og skjøting av tog enn fullt utbyg 3.7. For Imp 4.8.3 er det også en ulempe at vi må forvente redusert ytelse for mobilt løfteutstyr fordi flere av lastegatene på ACN er smale.

Konsept 3.7 er mindre fleksibelt med hensyn til løftekapasitet, siden kranandelen er så dominerende. Men konseptet har sporenlengder som samsvarer godt med forutsatt tog lengdefordeling og mange spor som bidrar til at vi kan nå målsetningene med dette konseptet selv om lastbærerfordelingen blir som i dag. Det er også et pluss at kranmoduler er egnet for automatisering.

Vi har basert oss på at andelen direkte løft er høyere enn i dag som følge av forutsetninger om bruk av TOS-system og en mulig form for depotprising. Dersom vi også i fremtiden må legge til grunn omtrent samme andel direkte omlasting som i dag, vil kapasiteten gå ned. I konsepter med stor andel mobile løfteenheter, vil overskudd av løftekapasitet kompensere. Vi kan til en viss grad kompensere med flere mobile løfteenheter og flere kraner, men det vil redusere driftseffektiviteten å øke sannsynligheten for konflikter mellom løfteenhetene og redusert ytelse.

Generelt kan vi konkludere med at konsepter med en betydelig andel mobile lastespor er mer robust enn konsepter med stor andel kranspor – både i forhold til lastbærerfordeling og usikkerhet om andel direkte løft. Men lastegatene må være tilstrekkelig brede for å unngå ineffektiv drift.

Vi kan nå målsetningene både med 4.8.3/Imp 4.8.3 og 3.7/Imp 3.7. Det ser ut for at 4.8.3/Imp 4.8.3 er mer tilpasningsdyktig til lastbærerfordeling. Men Imp 3.7 er også tilpasningsdyktig. Realisering av 3.7 kan eventuelt besluttes basert på fremtidig utvikling i lastbærer- og tog lengdefordelingen.

Vedlegg I. Forutsetninger for omlasting og lager

Identifiserte kapasitetsbehov for Alnabruterminalen er spesifisert i delrapport R04 Behovsanalyse» og i forutsetninger fra vedlegget «Forutsetninger for konseptutvikling og analyse» i delrapport R13 Konseptanalyse. Kapasitetsmål er spesifisert i delrapport R05 om Mål og krav.

I dette vedlegget utdyper vi noen av de sentrale forutsetningene for analysen av omlastingskapasitet.

1.1 Kapasitetsmål fordelt på ulike typer lasteenheter

Vi grupperer lastbærerne i semi-trailere, vekselflak og containere. Det er ulikt hvor mye hver lasteenhet rommer. Betjening og lagring av ulike lasteenheter er også forskjellig. Forventet kapasiteten i et terminalkonsept avhenger av forventet andel av ulike lasteenheter og hvor godt terminalen er tilpasset disse.

I Alnabru Fase II har vi lagt til grunn tre ulike scenarier for andeler av ulike lasteenheter og gjennomsnittlig volum per type lasteenhet, TEU/lasteenhet (Tabell 1 og 2). Vi ser at det er lagt til grunn en relativt høy andel store containere i 2040 (80% 40'-45' og 20% 20'.

Tabell 1. Fordeling av kapasitetsmål i 2040 for Alnabru Fase II på lasteenheter på volumer (TEU) og antall enheter (sum begge retninger)

2040	Semi-trailer	Veksel-flak	Container	Sum
1000 TEU per år	240 (30%)	360 (45%)	200 (25%)	800
TEU/Enhet	2	1,1	1,8	
1000 enheter per år	120 (21%)	327 (59%)	111 (20%)	558
Høytrafikk per dag (1000 TEU/år)	1006	1510	839	3355

Tabell 2. Fordeling av kapasitetsmål i 2060 for Alnabru Fase II på lasteenheter på volumer (TEU) og antall lasteenheter (sum begge retninger)

2060	Semi-trailer	Vekselflak	Container	Sum
Per år (1000 TEU)	385 (35%)	220 (20%)	495 (45%)	1100
TEU/Enhet	2	1,1	1,6	
1000 enheter/per år	193 (27%)	200 (28%)	309 (44%)	702
Høytrafikk per dag (1000 TEU/år)	1615	923	2076	4613

1.2 Direkte omlasting og lagring

I forutsetningene for konseptutvikling og analyse i Alnabru Fase II inngår betjening av kombigods som løft tog-tog (10%), løft bil-tog (85%) og skift tog-tog (5%). En andel av lasteenhetene omlastes direkte. Enheter som hentes direkte trenger ikke lagerplass. Andelen direkte omlasting forutsettes å

være den samme for både bil-tog og tog-tog omlasting¹¹. Veksleflak og containere som hentes direkte, samt alle semi-trailere trenger betjening med kun et løft. Men vi forutsetter at alle veksleflak og containere som settes i lager trenger et ekstra løft¹².

Andelene av ulike lasteenheter for betjening på Alnabru i 2040 og 2060 påvirker behovet for lager og andelen doble løft. Det påvirker behov for lager fordi de ulike lasteenhetene har forskjellig andel direkte omlasting ved samme oppholdstid for lossing eller lasting.

I prosjektet forutsetter vi at togene losses ferdig før de lastes og vi forutsetter i utgangspunktet at lossing og lasting tar like lang tid, og at andel direkte omlasting er den samme for lossing og lasting.

Andel direkte omlasting påvirker behov for lager og den totale ytelsen i lasteenheten. Andel av ulike lasteenheter som hentes/leveres direkte bil-tog eller tog-tog avhenger av togenes oppholdstid i lastespor (se Vedlegg II, Tabell 3).

Hvis vi legger til grunn en situasjon uten TOS, 4 timer oppholdstid i lastespor (for lossing eller lasting), andeler av ulike lasteenheter som i 2040 og 2060 (Tabell 1 og 2) og forutsetninger om andel direkte omlasting for ulike lasteenheter, så får vi at direkte omlasting av veksleflak og containere utgjør 36% og 29% i 2040 og 2060. Med forutsatt fordeling av lasteenheter vil 78% av enhetene være veksleflak og containere i 2040 og 73% i 2060. Av alle lasteenheter får vi dermed at henholdsvis $0,78*(1-0,36) = 49\%$ og $0,73*(1-0,29) = 52\%$ trenger et ekstra løft. Enheter som trenger ekstra løft trenger også lagerplass og i tillegg trengs lagerplass for semitrailere som ikke hentes direkte. Av total omlasting utgjør behov for lagerplass for semi-trailerne $0,22%*(1-0,34%)=15\%$ i 2040 og $0,27%*(1-0,34%)= 18\%$ i 2060. Totalt blir det da behov for lagerplass til 64% av lasteenhetene i 2040 og 70% i 2060. Totalt inklusive semi-trailere, får vi at løfteenhetene i gjennomsnitt løftes $0,22 + 0,78 + 0,78*(1-0,36) = 1,5$ ganger i 2040.

I analysene for beregning av kapasitet i omlastingsenheten, trenger vi en kontinuerlig funksjon for sammenhengen mellom andel direkte omlasting og oppholdstid for lossing eller lasting. Vedlegg II inkluderer forutsetninger om sammenhengene mellom togenes oppholdstid for lossing/lasting og andel direkte omlasting, samt for lasteenhetenes oppholdstid i lager.

1.3 TOS og depot-prising

Sammenhengen mellom oppholdstid for lossing eller lasting og direkte omlasting i Vedlegg II, Tabell 3, samsvarer med opplysninger om dagens oppholdstider og direkte omlasting¹³.

I analysene av gjenværende konsepter i Alnabru Fase II skal vi anta at det er innført et TOS-system. Videre antar vi at TOS-systemet gir informasjon for pricing av doble løft og oppholdstid i depot og at dette vil øke andelen direkte omlasting og redusere lasteenhetenes oppholdstid i lager. Vi antar at andel direkte omlasting ved fire timer i stedet kan oppnås allerede etter 2 timer. For semitrailere innebærer dette at hele 51% er hentet direkte når oppholdstid for lossing eller lasting er fire timer.

¹¹ Imidlertid ligger det en mulig effektivitetsforbedring i å koordinere togene slik at tog-tog har høyere direkte omlasting.

¹² Alternativt kan en tenke seg at det benyttes lastebiler som hever og senker lasteplanet slik at bena på veksleflak kan slås ut og leveres/hentes i lager uten løft.

¹³ Presentasjon av Vidar Flydal (Bane NOR) sommer 2018 og data fra RailCombi sommer 2018.

1.4 Lager per spormeter i kranmoduler og mobile lasteenheter

I analysene deler vi de tilgjengelige lagerplassene slik at kran- og mobile lastegater har egne lagerplasser for containere/veksleflak/semitrailer. For containere/veksleflak teller vi plassene i tegningsgrunnlaget i henholdsvis kranmoduler og mobile lastegater. I praksis kan en tenke seg at lastespor med rikelig lager for semi-trailer vil betjene tog med en større andel semi-trailere enn lastespor med lite lager for semi-trailer. I tillegg er det mulig å kjøre med skifte-traktor til eksterne lagre eller andre lastegater for lagring. Det er ingen opplagt måte å fordele lager for semi-trailere mellom kranmoduler og mobile lastegater. For analysene har vi delt det totale antall plasser for semi-trailere til kranmoduler og lastegater for mobilt løfteutstyr i samsvar med andel av maksimal ytelse (omlastingskapasitet) i kran- og lastespor når lager ikke er en begrensning.

Vedlegg II. Analysemetode og forutsetninger for omlastingskapasitet

Omlastingsenheten i en terminal består av elementer med løfteutstyr, lastespor og lager. Tid til lossing/lasting og togenes totale oppholdstid i lastesporene påvirker samlet kapasitet i omlastingsenheten. Vi uttrykker samlet kapasitet i omlastingsenheten som antall lasteenheter eller TEU som kan betjenes per dag. For beregning av kapasitet per år, legger vi til grunn at terminalen er operativ 310 dager per år, men deler samtidig med en faktor 1,3 for å ta hensyn til at behovet per dag varierer gjennom ukene og at kapasiteten ikke kan utnyttes fullt ut hele tiden.

Vi trenger også en faktor for å ta hensyn til at behovet varierer gjennom døgnet. I forutsatt døgnfordeling (vedlegg «Forutsetninger for konseptutvikling og analyse» i delrapport R13 Konseptanalyse) er det full aktivitet i omlastingsenheten for lossing av ankomende tog i morgenrushet, deretter er det en periode med lavere aktivitet. I kveldsrush er det full aktivitet for betjening av tog som skal lastes. På natten er det også full aktivitet for betjening av tog som ankommer om natten, samt for tog som ankommer om natten. Samlet gir dette en relativt høy belastning gjennom en stor andel av døgnet. Vi kan dimensjonere behovet per time ved å benytte en faktor vi beregner som maks belastning i lastespor relativt til gjennomsnittlig belastning. Faktoren varierer noe avhengig av samlet oppholdstid i lastespor, men variasjonene er såpass små at vi benytter en felles faktor lik 1,56 for alle konsepter for 2040 og 1,33 for 2060¹⁴ som er representativt dersom togene har en total oppholdstid på ca. 3 timer til lossing eller lasting.

Seksjon 1.1 omhandler hva som anses som akseptabel kapasitetsutnyttelse i de ulike elementene i omlastingsenheten. Verdier for akseptabel kapasitetsutnyttelse inngår i funksjoner for beregning av kapasitet for lastespor, løftekapasitet og lager.

I seksjon 1.2 beskriver vi rammene for fastsetting av tid til lossing/lasting og samlet oppholdstid i omlastingsenhetene, og hvordan tid til lossing/lasting kan optimeres for størst mulig samlet kapasitet i omlastingsenheten.

I seksjon 1.3 til 1.5 beskriver vi funksjoner med parametere som ligger til grunn for beregning av kapasitet for betjening av lasteenheter i lastespor, løfteutstyr og lager. I funksjonene inngår variabler for togenes oppholdstid og andel direkte omlasting som funksjon av tid til lossing/lasting. I seksjon 1.6 er det omtale om hvorfor vi må ha separate beregninger av kapasitet i kran- og mobile moduler.

Parameterverdier er hentet fra delrapport R13 Konseptanalyse, vedlegg «Forutsetninger for konseptutvikling og analyse».

1.1 Akseptabel kapasitetsutnyttelse

Planlagte pauser, uforutsette hendelser og andre forhold gjør det vanskelig å opprettholde maksimal kapasitetsutnyttelse i de ulike delene av omlastingsenheten gjennom hele døgnet. Planlagte og uforutsette hendelser kan være behov for reparasjoner og bytte av førere av kraner og mobile lasteenheter.

¹⁴ En faktor på 1,33 tilsvarer en situasjon der terminalen utnyttes fullt 75% (18 timer) gjennom dagen og stengt resterende.

I ETC (september 2016, s.24, Alnabru – Multicriteria analysis, v.3.1) er det oppgitt intervaller for uavbrutt drift som betraktes som «tilstrekkelig», «nesten utilstrekkelig» og «ikke tilstrekkelig» for å betjene gods i samsvar med målsetningene (Tabell 1). Vi legger «Tilstrekkelig» til grunn for akseptabel kapasitetsutnyttelse.

Tabell 1. Grenser for kapasitetsutnyttelse i omlastingsenheter

Capacity utilization ranges	Ability to handle aimed cargo demand		
	Sufficient	Barely able	Not sufficient
Dynamic loading track capacity	< 80%	80% – 90%	> 90%
Dynamic storage capacity	< 60%	60% – 80%	> 80%
Dynamic handling capacity	< 75%	75% – 90%	> 90%

1.2 Tid til lossing/lasting og samlet oppholdstid i lastespor

Vi forutsetter at alle tog dras ut av lastespor for hensetting i R-spor mellom lossing og lasting. I tillegg til omlasting, kan lastesporene i prinsippet også benyttes til ankomst- og avgangsjekk og opphold i forbindelse med utskifting av skadde vogner. Samlet oppholdstid i lastespor for lossing eller lasting kan uttrykkes ved:

$$OT(t_{II}) = t_{II} + a \cdot t_{IO} + t_{dh} + t_{ic} + t_{oc},$$

der

t_{II} = Tidsbruk i lastespor for lossing eller lasting (avhenger av konsept og om det er kran eller mobile løfteenheter)

t_{IO} = Tid for innkjøring + utkjøring av tog i forbindelse med lossing eller lasting (sporbelegg) (0,2 timer = 12 minutter)

$t_{dh} + t_{oc}$ = Tidsbruk i lastespor for mobile lasteenheter for andre funksjoner enn lossing og lasting, dvs. håndtering av skadde vogner, snørydding, skifting av bremses og t_{oc} = avgangskontroll (1 time ved lossing eller lasting)

t_{ic} = Tid for ankomstsjekk (0)

Det er en faktor a i ligningen for å ta hensyn til at togene enten losses/lastes sammenhengende ($a=1$) eller trekkes ut av lastespor mellom lossing og lasting ($a=2$).

For kranmodulene er $t_{dh} + t_{oc}$ null, fordi tid for disse funksjonene skjer i R-spor. For mobile lastespor er tid for disse funksjonene satt til 1 time ved lossing eller lasting i Alnabru Fase II.

Tid til lossing/lasting må minimum være tiden lasteutstyret trenger for å losse/laste toget. Ytterligere tid til omlasting øker andelen direkte omlasting.

1.2.1 Optimal tid til lossing/lasting

Samlet kapasitet for omlasting er begrenset av elementet med minst kapasitet i omlastingsenheten. For størst mulig samlet kapasitet i omlastingsenheten, kan vi justere tid til lossing/lasting slik at

minste kapasitet blir størst mulig. Med optimal tid til lossing/lasting vil enten (a) kapasitet i løfteutstyr og lastespor eller (b) kapasitet i lager og lastespor være begrensende for kapasitetene i omlastingsenheten. Men hvis øvre eller nedre grenser for oppholdstid gir optimal oppholdstid, vil enten lager, spor eller løft alene være begrensende elementer.

Kortere oppholdstid øker antall tog det er plass til å kjøre inn og ut av lastesporene i løpet av en dag. Men kortere tid til lossing/lasting reduserer sannsynligheten for at en lasteenhet kan løftes direkte bil-tog eller tog-tog. Redusert tid til lossing/lasting gir dermed lavere andel direkte omlasting tog-bil og tog-tog. Lasteenheter som ikke kan løftes direkte trenger et ekstra løft via lager. Ekstra løft via lager bruker av kapasiteten i løfteutstyret og lageret, og reduserer dermed det totale antall lasteenheter som kan mottas og sendes (og dermed tog lengdene eller antall tog som kan betjenes).

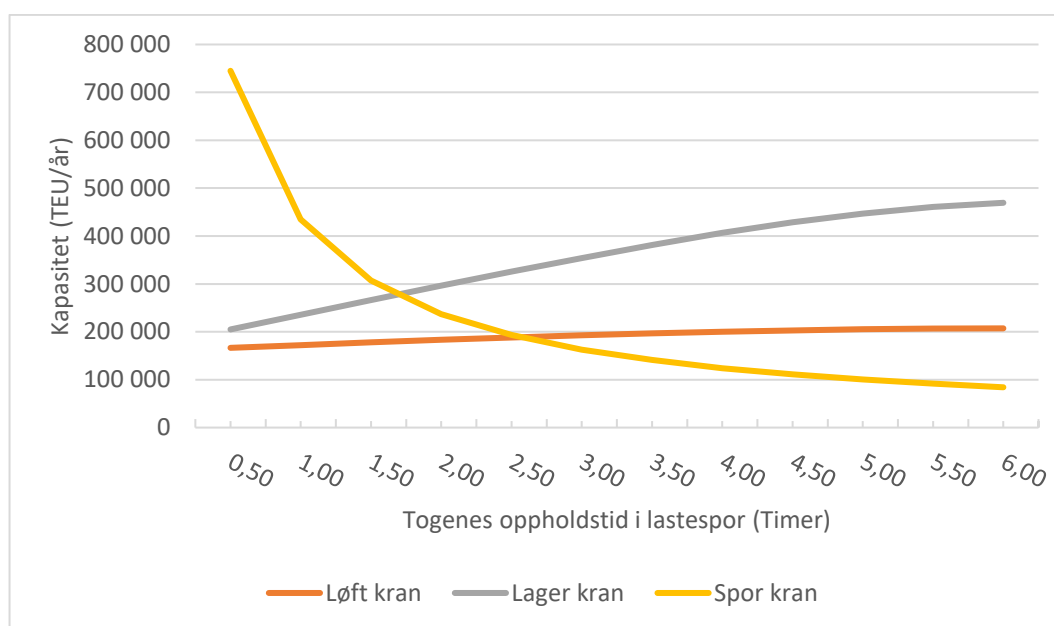
Beregninger av kapasitet i omlastingsenheten gjøres med beregninger for optimalisering av oppholdstid for lossing/lasting for størst mulig samlet kapasitet (SK) i omlastingsenheten:

$$\text{Max } SK(t_{il}) = \text{Max} (\text{Min} [C_{ls}(OT(t_{il})), C_{lu}(t_{il}), C_l(t_{il})]),$$

der C_{ls} , C_{lu} og C_l er kapasitet i henholdsvis lastespor, løfteutstyr og lager.

Når laste- og lossetid ikke er begrenset, får vi for eksempel at samlet kapasitet i kranmodulen i Referansealternativet i 2040 begrenses av kapasiteten i løfteutstyr og lastespor (Figur 1).

For konsistens og størst mulig samlet kapasitet bør oppholdstiden for lossing eller lasting avstemmes slik at det er størst mulig samsvar mellom oppholdstid beregnet i kapasitetsanalysen for samlet sporbruk og oppholdstid vi får for maksimal samlet kapasitet i omlastingsenheten.



Figur 1. Kapasitet i lastespor, løfteutstyr og lager i kranmodul i Referansealternativet i 2040 som funksjon av togenes oppholdstid til lossing (eller lasting). Løft og spor er begrensende for samlet kapasitet når oppholdstiden ikke er begrensende. Maks kapasitet fås for tid der kurver for løft og lager krysser (2,5 timer).

1.2.2 Samlet oppholdstid i lastespor

Siden lossing/lasting ikke kan foregå samtidig med utskifting av skadde vogner, skifting av bremses eller andre operasjoner, vil man oppta sporkapasitet uten at det bidrar til høyere direkte omlasting

hvis man skal fortsette å stå i lastespor for slike operasjoner. Samlet oppholdstid, inklusive lossing/lasting, må ikke bli så lang at det blir en opphopning og kø for innkjøring til lastespor. Det er særlig i ettermiddagsrush dette problemet kan oppstå. Dersom det viser seg at kapasitet i omlastingsenheten er begrensende for samlet kapasitet i terminalen, kan togenes tid i lastespor reduseres. Men da må godstogene ha en større andel av samlet oppholdstid andre steder i terminalen.

For å komme frem til optimale verdier for oppholdstid i lastespor og tid til lossing/lasting, må tid i lastespor og tid til omlasting ses i sammenheng med kapasitet i andre spor på terminalen.

1.2.3 Andel direkte løft som funksjon av tid til lossing/lasting

Direkte omlasting kan skje når toget står i lastespor. Hvis andel direkte omlasting øker, kan den totale løftekapasiteten betjene flere lasteenheter per dag.

I beregning av kapasitetsutnyttelse i terminalens løfteutstyr, lastespor og lager forutsetter vi at alle lasteenheter med kortere total oppholdstid enn togets oppholdstid til lossing eller lasting blir direkte omlastet mellom tog og bil (i samsvar med ETC, september 2016, s.111).

Vekselflak og containere som ikke hentes innen lossing avsluttes, settes i lager og trenger derfor et ekstra løft når de skal hentes (semi-trailerne trenger kun ett løft av/på vognstamme). For å hente frem containere som er lagret med en annen containere oppå, kan det være behov for et tredje løft. Fordi vi må forvente at dette løftet utføres raskt og fordi containere under andre containere kun utgjør en liten andel av lasteenhetene antar vi at dette dekkes innenfor avsatt tidsbruk til betjening av lasteenhetene.

Andelen enheter som hentes direkte avhenger hovedsakelig av kundenes adferd. Kundene kan delvis påvirkes gjennom restriksjoner, avgifter eller insentiver, men det vil påvirke konkurranseforholdet til jernbane/veitransport. Et TOS-system vil være til hjelp for å registrere antall løft og lagertid for lasteenheter i terminalen.

I seksjon 1.4 er det beskrevet hvordan vi har estimert sammenhengen mellom tid til lossing eller lasting og andel direkte omlastet.

1.3 Kapasitet i løfteutstyr

Løfteutstyret i en terminal kan bestå av kun kraner, kun reachstackere/trucker eller en kombinasjon. Løftekapasitet (TEU/år) kan uttrykkes med følgende formel:

$$C_{eq} = KU_{lu} * (P_c + P_{mE}) * t_{wd} * t_y * f_{Tu},$$

der

KU_{lu} = akseptabel kapasitetsutnyttelse i løfteutstyr (0,75)

$P_c = N_k p_k$ er kapasiteten til kranene, der N_k er antall kraner, p_k er kapasitet per kran (løft/time)

$P_{mE} = N_r p_r + N_t p_t$ er kapasiteten for mobilt løfteutstyr, der p_r er kapasitet per reachstackere og p_t er kapasitet per truck.

t_{wd} = timer per døgn, m /peak-faktor for dimensjonering for makstime 24*peakfaktor. Peakfaktor er lik 1/1,56 i 2040 og 1/1,33 i 2060

t_y = Gjennomsnittlig antall arbeidsdager per år inklusive peak-faktor (310/1,3)

f_{Tu} = Antall TEU per lasteenhet (veiet middel basert på lastbærerefordelingen, 1,55 i 2040 og 1,64 i 2060).

Når vi tar hensyn til doble løft, blir løftekapasitet for betjening av godsvolumer:

$$C_{eqDL} = C_{eq} / (1 + ACV * (1 - DL(t_{II}))),$$

der ACV er andel containere/vekselplak (dvs., lasteenheter som krever et ekstra løft hvis de ikke omlastes direkte) og $DL(t_{II})$ er andel direkte løft av containere/vekselplak som funksjon av tid til lossing eller lasting (nærmere beskrevet i neste seksjon).

Kapasitet i kraner P_c og mobile løfteenheter P_{mE} avhenger av maksimal ytelse ved uhindret bruk (Tabell 2) og reduksjon i ytelse som følge av fysiske begrensninger der løfteutstyret benyttes. For kraner kan det være reduksjon i ytelse som følge av fysiske begrensninger når det er relativt kort avstand mellom kranene (< 200 m). For de mobile lasteenhetene kan det være reduksjon i ytelse som følge av trangt arbeidsområde.

Vi legger til grunn at det er samme tetthet av reachstackere per lastespormeter og antall trucker per lastespormeter som det er i referansealternativet (ca 1 løfteenhet per 385 meter). En økning i antallet mobile løfteenheter må ses i sammenheng med eventuell redusert/forbedret¹⁵ maks ytelse per løfteenhet og implikasjoner for driftseffektiviteten. Vi kan også øke tettheten av kraner, men det må eventuelt ses i sammenheng med reduksjon/forbedret maks ytelse per kran.

Løftekapasiteten trenger ikke være statisk siden en tidvis kan flytte det mobile løfteutstyr dit det trengs når det er pause i lossing/lasting på andre spor. Men i denne analysen har vi forutsatt at det mobile løfteutstyret ikke flyttes mellom spor (på grunn av redusert driftseffektivitet og risiko for at stor tetthet vil skape konflikter).

Tabell 2. Maksimal (100%) ytelse for ulike typer løfteutstyr (kilde: rapport om Prosjektforutsetninger i Alnabru Fase II)

	Kran	Reachstacker	Truck
Løft per time	30	25	38

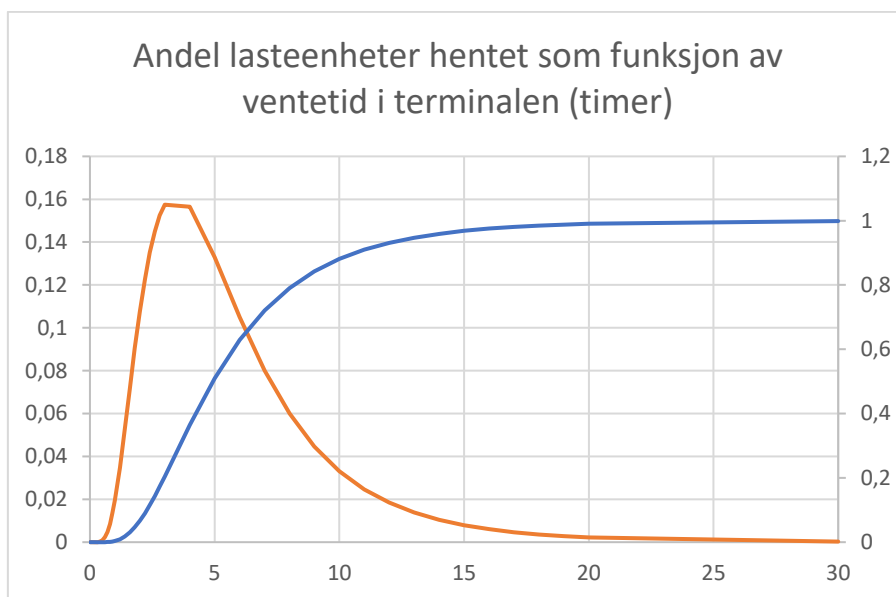
1.4 Andel direkte hentet som funksjon av tid til lossing/lasting

Vi kan forutsette at lossing skjer med jevn hastighet og at sannsynligheten, H, for at en lasteenhet hentes en tid T etter at lossing har startet, kan beskrives med en log-normal fordeling

$$H = \text{LOGNORM}(T, GO, VGO),$$

der GO er gjennomsnittlig ventetid og VGO er varians i ventetid. Den kumulative log-normale fordeling viser da hvor stor andel av lasteenhetene som er hentet som en funksjon av tid, T, i terminalen (se Figur 2). Ved å sette T lik togets oppholdstid i lastespor, viser den kumulative log-normale fordelingen andel direkte hentet.

¹⁵ Redusert ytelse kan skje fordi løfteenheter kommer i konflikt, mens forbedret ytelse kan skje fordi løfteenheter bidrar til kortere gjennomsnittlig kjørelengde mellom lastbærere som skal betjenes.



Figur 2. Log-normal fordeling og kumulativ log-normal fordeling med forventningsverdi 5,9 og varians 15,1 for 2040.

Før den kumulative log-normale fordelingen for å beregne andel containere og vekselflak direkte hentet som funksjon av togets oppholdstid hentet, må vi bestemme GO og VGO.

For å forenkle estimering og beregninger, approksimerer vi i stedet den kumulative log-normale fordelingen med et 2.grads polynom som vi estimerer med lineær regresjon. For hver type lasteenhet, får vi da et polynom for sammenhengen mellom tid til lossing/lasting og andel direkte hentet.

Vi har tre verdsett per type lasteenhet for sammenhengen mellom togets oppholdstid, «train dwell time», og andel direkte hentet «share of direct handling» (Tabell 3). Verdiene er basert på markedskunnskap og tidligere analyse av Alnabruterminalen.

Vi antar at vi kan legge til grunn at andelene direkte omlasting oppgitt i Tabell 3, gjelder for lasting eller lossing i henholdsvis 2, 3 og 4 timer, og at dette gir direkte omlasting og lagertid i en situasjon med TOS-system på terminalen. Vi får da følgende polynomer for semi-trailere, vekselflak og containere andel direkte omlasting og oppholdstid for lossing eller lasting (Tid = tid til lossing eller lasting):

$$\text{DirectTrailer} = (-0.5 * \text{Tid} * \text{Tid} + 11.5 * \text{Tid} + 13) / 100$$

$$\text{DirectSwap} = (-1.5 * \text{Tid} * \text{Tid} + 18.5 * \text{Tid} + 11) / 100$$

$$\text{DirectCont} = (-1 * \text{Tid} * \text{Tid} + 12 * \text{Tid} + 0.00000000000003) / 100$$

Tilsvarende kontinuerlig sammenheng mellom oppholdstid i lager og tid for lossing eller lasting:

$$\text{TidLagerTrailer} = 0.05 * \text{Tid} * \text{Tid} - 0.95 * \text{Tid} + 6.9$$

$$\text{TidLagerSwap} = 0.1 * \text{Tid} * \text{Tid} - 1.1 * \text{Tid} + 5.1$$

$$\text{TidLagerCont} = 0.05 * \text{Tid} * \text{Tid} - 1.05 * \text{Tid} + 12.3$$

Tabell 3. Forutsetninger om oppholdstider og andel direkte omlasting (kilde: MCA- analyse, s. 111, Table 77, ETC, september 2016)

type of unit	average overall dwell time	train dwell time	loading or unloading time	average storage dwell time	share of direct handling
	[h]	[h]	[h]	[h]	[%]
trailers	7,0	4	2	5,2	34
		6	3	4,5	43
		8	4	3,9	51
swaps	5,0	4	2	3,3	42
		6	3	2,7	53
		8	4	2,3	61
containers	12,3	4	2	10,4	20
		6	3	9,6	27
		8	4	8,9	32

1.5 Kapasitet i lastespor

Lastesporkapasitet i terminalen (TEU/år) kan beregnes med formelen:

$$C_{LTy} = KU_{ls} * \frac{2 * N_{TEUtr} * f_t * t_{wd} * t_y}{2 * OT}$$

KU_{ls} = Akseptabel kapasitetsutnyttelse i lastespor (0,8)

N_{TEUtr} = Samlet godsvolum på toglangdene som får plass i lastesporene ved lossing eller lasting (TEU)

f_t = Andel av togstammen som utnyttes for last (0,85)

t_{wd} = Gjennomsnittlig arbeidstid per dag, dvs. timer per døgn/timepeakfaktor(24/1,56 i 2040 og 24/1,33 i 2060)

t_y = Gjennomsnittlig antall arbeidsdager per år inklusive peak-faktor (310 dager/1,3)

OT = Togenes totale oppholdstid i lastespor i forbindelse med lossing eller lasting

Slik ligningene for beregning av kapasitet i spor er formulert, er sporkapasiteten for 2040 og 2060 uavhengig av ulik lastbærerefordeling men påvirkes positivt av den lavere timepeakfaktoren i 2060.

Alle de gjenværende konseptene har lastespor med effektive sporelengder som avviker fra forutsatt toglangdefordeling. Vi skal anta at effektive sporelengder mellom 460 og 600 meter kan benyttes for 460 meter lange tog, effektive lengder mellom 600 og 740 meter lange spor kan benyttes for 600 meter lange tog og spor over 740 meter for 740 meter lange tog. I noen tilfeller kan tog splittes for å utnytte tilgjengelige lastespor. Men det vil alltid være en andel av den effektive lastesporlengden som ikke kan utnyttes. Ut fra en vurdering av alternativene har vi anslått forutsetninger om maksimal prosentvis utnyttelse av lastesporene i alternativene (Tabell 4 nedenfor). Vurderingene er basert på at det er lettere å utnytte lastespor i den grad de er tilpasset forutsatt toglangdefordeling.

Tabell 4. Samlet effektiv lastesporlengde og forutsatt prosentvis utnyttelse i analyse av kapasitet for omlasting.

	Referanse	3.7	4.8.3	Imp 3.7	Imp 4.8.3
Samlet effektiv lastesporlengde	6750 m	12330 m	9260 m	8660	10350
Utnyttet	87%	96%	94%	92%	90%

1.6 Kapasitet i lager

Lagerkapasiteten i terminalen beregnes som (TEU/år):

$$C_{st} = KU_l * \frac{N_{st}}{t_{st}} * t_d * t_y$$

der

KU_l = Akseptabel utnyttelse av lager (Semitrailere: 90%, Vekselflak: 80%, Containere 70%, der containere kan stables to i høyden)

N_{st} = Antall lagerplasser (TEU)

$t_{st} = t_t - t_{lt}$ (Gjennomsnittlige oppholdstid for lasteenheter i terminallageret), der t_t er gjennomsnittlig oppholdstid i terminalen (På lastesporene + i terminallager) og t_{lt} er gjennomsnittlig oppholdstid på lastesporene.

t_d = Timer per dag (24)

t_y = Gjennomsnittlig arbeidsdager per år samt peak-faktor (310/1,3).

For containere er det forutsatt at det kan stables to containere i høyden.

Som omtalt innledningsvis og vist i Tabell 3, er den gjennomsnittlige oppholdstiden forskjellig for de ulike lasteenhetene. Og i praksis kan vi skille mellom plasser for semi-trailere og plasser for vekselflak og containere. En semi-trailer rommer to TEU. Hvis vi betegner antall fysiske lagerplasser for semi-trailer som $S_{trailer}$, får vi $N_{st} = 2 \text{ TEU} * S_{trailer}$.

Vi deler de tilgjengelige lagerplassene slik at kran- og mobile lastegater har egne lagerplasser for containere/vekselflak/semitrailere. For containere/vekselflak teller vi plassene i henholdsvis kranmoduler og mobile lastegater. I praksis kan en tenke seg at lastespor med rikelig lager for semi-trailer vil betjene tog med en større andel semi-trailere enn lastespor med lite lager for semi-trailer. I tillegg er det mulig å kjøre med skifte-traktor til eksterne lagre eller andre lastegater for lagring. Det er ingen opplagt måte å fordele lager for semi-trailere.

For analysene har vi delt det totale antall plasser for semi-hengere i kranmoduler og mobile lastespor i samsvar med andel av total omlasting i kranmoduler og mobile lastespor når lager ikke er en begrensning. Videre antar vi at lager for semi-trailer kan benyttes for containere/vekselflak¹⁶ innen kranmodulene og lastegater for mobile lastespor. Det er ikke realistisk å bruke lager for containere i kranmodulene for semi-trailere, siden det vil kreve ekstra løft for semi-hengerne. Men siden samlet lager for semi-hengere er rikelig i nye kranmoduler unngår vi dette i analysene. For øvrige lastespor antar vi at det er mulig å bruke lagre for semi-trailere på lagerplasser avsatt for containere/vekselflak og vice versa.

I dag er det lite eller ingen praksis for å lagre semitrailere på plasser ment for containere. Samtidig vil det være rasjonelt at man i fremtiden utnytter den plassen man har til rådighet på en best mulig måte. En kan også tenke seg at semi-trailere i større grad hentes direkte.

¹⁶ I samsvar med antagelse I ETC (Januar 2018, s.83) «Overall storage means, that all storage spaces are assumed as TEU-storage spaces. This also means, that trailer spaces are partly occupied by containers and swaps.»

1.7 Separat beregning av kapasitet i kranmoduler og mobile lastegater

Generelt er løftekapasiteten per spor lavere i kranmoduler enn i de mobile lasteenhetene. Årsaken er at antall spormeter per kran bør være over 200 meter for effektiv utnyttelse av kranene. Når det er inntil seks spor under kranene, blir det få kraner per spormeter. Med mobile lasteenheter får vi en betydelig høyere tetthet av løftekapasitet per spormeter. Også lagerkapasiteten varierer betydelig.

På grunn av den store forskjellen i løfte- og lagerkapasitet per spormeter og forskjeller i antall lagerplasser for containere/vekselplak, har vi separate analyser for kranmoduler og mobile moduler.

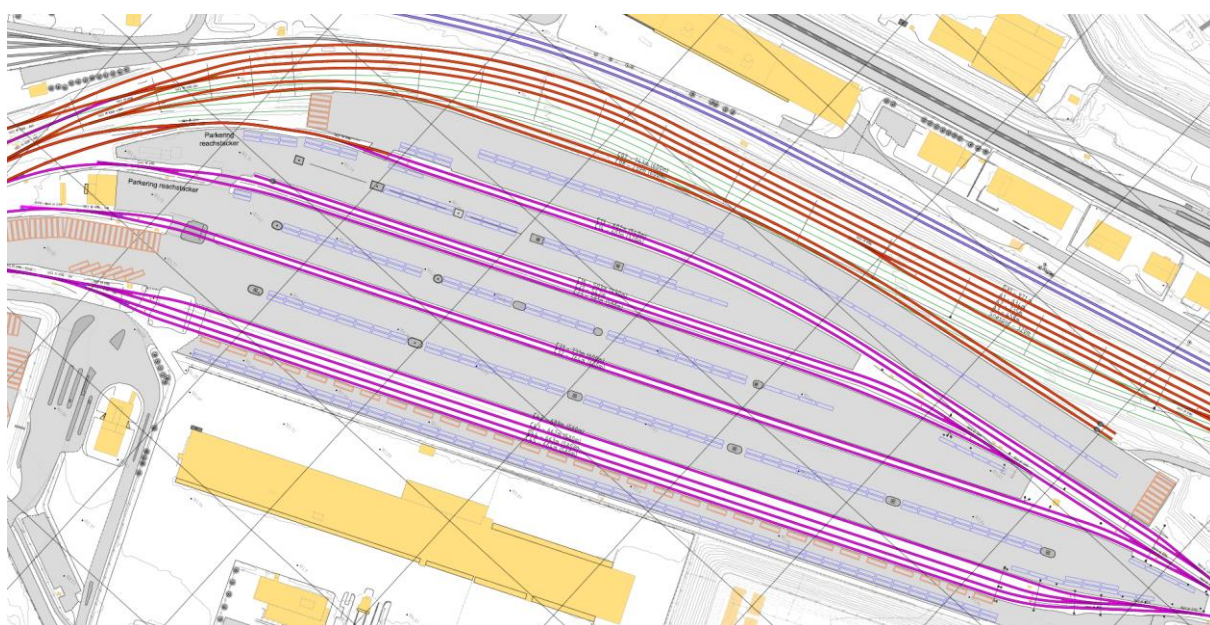
I beregninger av kapasitet for lager, fordeler vi plasser for containere/vekselplak i samsvar med antall markerte lagerplasser i henholdsvis kranmoduler og lastegater for mobilt løfteutstyr. For semitrailere fordeler vi lagerplassene med andeler i samsvar med maksimal samlet kapasitet i henholdsvis kranmoduler og lastespor hvis lager ikke er en begrensning.

Vedlegg III. Spor, løfteutstyr og lager

1.1 Referanse

Omlastingsenhetene i Referansealternativet består av en kranmodul med fire spor og to kraner og flere moduler for mobile løfteenheter på ACN. Lastegatene er nummerert som LG1-LG5 nedenfra og opp på ACN (Figur 1).

Kranmodulen består av lastesporene under kran (c43-c45) og lastespor i mobile lastegater (c42). I tillegg er det to lastespor med reach-stackere på ACS. Noen spor er betegnet som lastespor, men vurdert som ikke egnet som lastespor (c21, c5b, c07). Disse sporene er vurdert som uegnet fordi de krever reachstackere som kan håndtere løft over spor.



Figur 1. Utsnitt av ACN i Referansealternativet.

Mange av sporene kan betjene hele 580 meter lange togstammer (men R-spor har noe kortere lengder). LG4 og LG6 (Tabell 1) kan ikke betjene hele 580 meter lange togstammer, men kan ta imot en splittet 720 meter lang togstamme (Tabell 1). Oppsummert har vi spor for 7 stk. 580 m lange togstammer og 2 spor for 440 m samt spor for mottak av delte 740 meter lange tog. Ingen spor kan betjene hele 610 meter lange tog. Fordelingen avviker noe fra forutsatt toglengdefordeling, men vi forutsetter at det skjer en tilpasning med deling og skjøting slik at sporene blir godt utnyttet.

Tabell 1. Spor og effektive sporenlengder i lastegater i Referansealternativet

	LG1	LG2	LG3	LG4	LG5	LG6
	c43/c44/c45	c42/c32	c31/c23	c14/c16	c08/c13	c2/c5a
spor (m)	580	580	600	320	600	400
spor (m)	580	600	500	500	540	370
spor (m)	580					
Sum (m)	1740	1180	1100	820	1140	770

Lager

Vi forutsetter at kranene i hovedsak kun benyttes for c43-c45. I Referanse er det omtrent like mye lager per spormeter i kran- og mobile lastegater, med unntak av LG 6 som har få plasser (Tabell 2). I LG6 må togene i praksis være kortere enn sporlengden tillater eller stå lenger for høy andel direkte omlasting. Hvis de to sporene i LG6 til sammen mottar en 580 meter lang togstamme, får vi at lager per spormeter blir $23/580 = 0,04$. Dette er fortsatt noe lavt. En mulighet vil være at disse sporene betjener tog med en relativt høy andel semi-trailere som kan hentes/leveres direkte.

I dag er det kun to rader med lager for LG1 (syd for kranmodulen på ACN). Lageret er plassert som vist i Figur 1 markert med blå rektangler. Vi forutsetter samme bruk av lastegaten i analyse av Referansealternativet som i dag, dvs. raden med semi-trailer nærmest sporene i Figur 2 blir i stedet brukt som kjøre-/omlastingsfelt. Kranmodulen har derfor ingen lagerplasser for semi-trailere. Videre har vi redusert antall lagerplasser i LG2 og LG5 med til sammen 30 plasser for containere/veksleflak på grunn av smale lastegater.

Av det totale lageret for containere/veksleflak, er en andel tilknyttet kranmodulen og en andel tilknyttet de lastegater for mobile løfteenheter. For semi-trailere er det antatt at lager er fordelt tilsvarende maksimal løfte- og sporkapasitet når lager ikke er begrensende.

Lager for semi-trailere er lokalisert i enden av mobile lastegater og eksternt lager. Semi-trailere kan transporteres med terminaltraktor til et av de eksterne lagrene hvis det ikke er plasser i lastegatene (GPM, Trekanttomta Skråparkeringa og rampe på søndre terminal).

Tabell 2. Lagerplasser og lagerplasser per spormeter for semi-trailer og containere/veksleflak i kranmoduler og mobile lastegater i Referansealternativet

Lager	LG1	LG2	LG3	LG4	LG5	LG6	Ekstern	Totalt	Andel
Plasser for cont./vekslef. (kran)	92							92	29 %
Plasser for cont./vekslef. (mobil)		60	52	39	51	23		225	71 %
pr sp.meter	0,053	0,051	0,047	0,048	0,045	0,030			
Sum (plasser for veksleflak/containere)								317	
Plasser for semi (kran)								22	17 %
Plasser for semi (mobil)								107	83 %
Plasser for semi (extern)							129		
Sum (plasser for semi-trailere)								129	

Løft

Vi legger til grunn at det i dag er totalt 9 gaffeltrucker og 6 reachstackere (presentasjon fra Vidar Flydal, Bane NOR 14.juni 2018). Utstyret er fordelt mellom to terminaloperatører. En betydelig andel av utstyret er ofte uvirksomt i dag. Men for kapasitetsanalysene skal vi forutsette det samme utstyret, men kun en reachstacker og en gaffeltruck er i reserve og resten i virksomhet. Det svarer til $5010/13 = 385$ meter spor per mobil løfteenhet og i gjennomsnitt $15/10 = 1,5$ mobil enhet per spor.

Vi bruker gjennomsnittlig antall mobile løfteenheter per spormeter som løftekapasitet til de mobile lastesporene. Hvis vi sammenligner med de enkelte mobile lastegatene, ser vi at kranmodulen har

relativt lav løftekapasitet per spormeter (Tabell 3). Og løftekapasiteten varierer avhengig av sporelengder i de mobile lastemodulene.

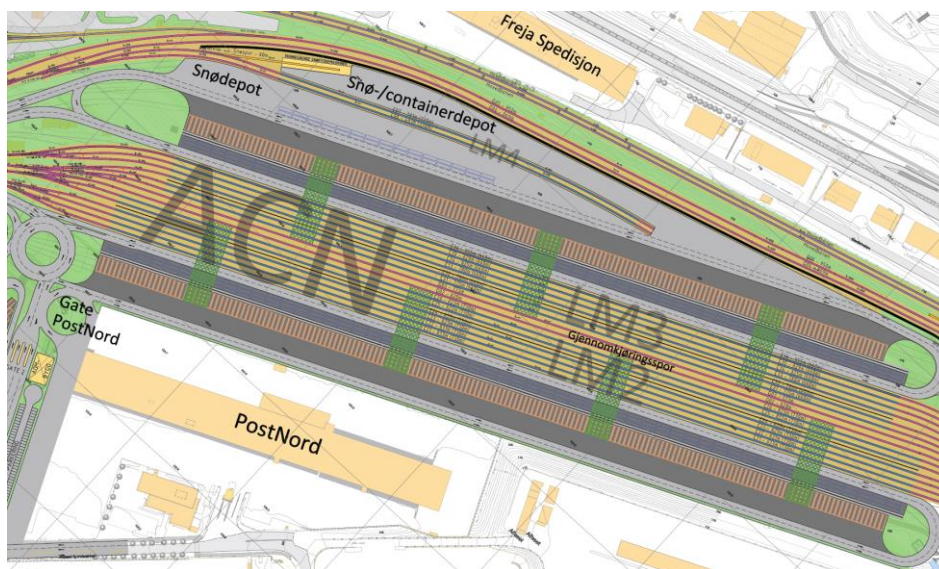
Tabell 3. Grunnleggende parametere for kapasitetsanalyse av referansealternativet. Antall løfteenheter er avrundet til nærmeste hele tall, mens løft per time er basert på fordeling med 1 løfteenhet per 385 meter

Løft	LG1	LG2	LG3	LG4	LG5	LG6	Totalt
	c43/c44/c45	c42/c32	C31/c23	c14/c16	c08/c13	c2/c5a	
Antall kraner	2						2
Antall mobile løfteenheter		3	3	2	3	2	13
Løfte per time (kran)	60,000						60
Løft per time (mobil)		101	94	70	98	66	429
Sum							489

1.2 Konsept 3.7

Omlastingsenhetene i 3.7-alternativet består av tre kranmoduler (LM1 på ACS og LM2 og 3 på ACN) pluss to korte spor for betjening med mobilt løfteutstyr (LM 4). Alle kranmodulene har seks lastespor. En av modulene har fire kraner og kan motta 730 meter lange togstammer og to av modulene har tre kraner og kan motta henholdsvis 660 og 610 meter lange tog.

Vi forutsetter at inntil 660 meter lange togstammer kan splittes og kjøres inn i de to korte sporene for mobilt løfteutstyr. Men de to delene av togstammen kan ikke omlastes samtidig.



Figur 2. Utsnitt av ACN i alternativ 3.7

Ut fra forutsatt tog lengdefordeling, er antall spor med mulighet for å motta 740 meter lange tog tilstrekkelig for å unngå deling for betjening i lastespor. Vi antar at det skjer en tilpasning for å utnytte de 660 meter lange sporene slik at vi i sum kan utnytte en høy andel av den effektive lastesporlengden.

Tabell 4. Spor og sporlengder i lastegater i 3.7-alternativet

	LM1	LM2	LM3	LM4
Spor (m)	6*610 m	6*730 m	6*660 m	330 m
Sum	3660 m	4380 m	3960 m	330 m

Lager

Lageret er jevnt fordelt mellom kranmodulene, og den mobile lastegaten har relativt mange lagerplasser. Det er ikke avsatt plass til eksternt lager for semi-trailere i 3.7. Fordi den mobile lastegaten ikke har internt lager for semi-trailere kan man alternativt benytte plasser for containere/vekeselflak eller kjøre trailere til og fra ledige lagerplasser i de interne lagrene i kranmodulene eller andre steder.

Tabell 5. Lagerplasser og lagerplasser per spormeter for semi-trailer og containere/veksleflak i kranmoduler og mobile lastegater i 3.7-alternativet

	LM1	LM2	LM3	LM4		
Lager					Totalt	Andel
Plasser for cont./veksself. (kran)	138	163	150		451	94 %
Plasser for cont./veksself. (mobil)				30	30	6 %
pr sp.meter	0,038	0,037	0,038	0,091		
Sum (plasser for veksselflak/cont.)					481	
Plasser for semi (kran)	132	178	158		435	93 %
Plasser for semi (mobil)					33	7 %
Plasser for semi (extern)						
Sum (plasser for semi-trailere)					468	

Løft

3.7-alternativet er satt opp med totalt 10 traverskraner, eventuelt 11 dersom det installeres en ekstra kran og det aksepteres redusert kapasitet per kran i LG3.

Løftekapasiteten er omtrent lik i kranmodulene. Det er trangt mellom lastespor og bilfelt i enden på c08. Med tilsvarende antall løfteenheter per spormeter som i Referansealternativet er det kun 0,9 mobile løfteenheter i c08. Vi antar ingen redusert ytelse for det mobile lasteutstyret.

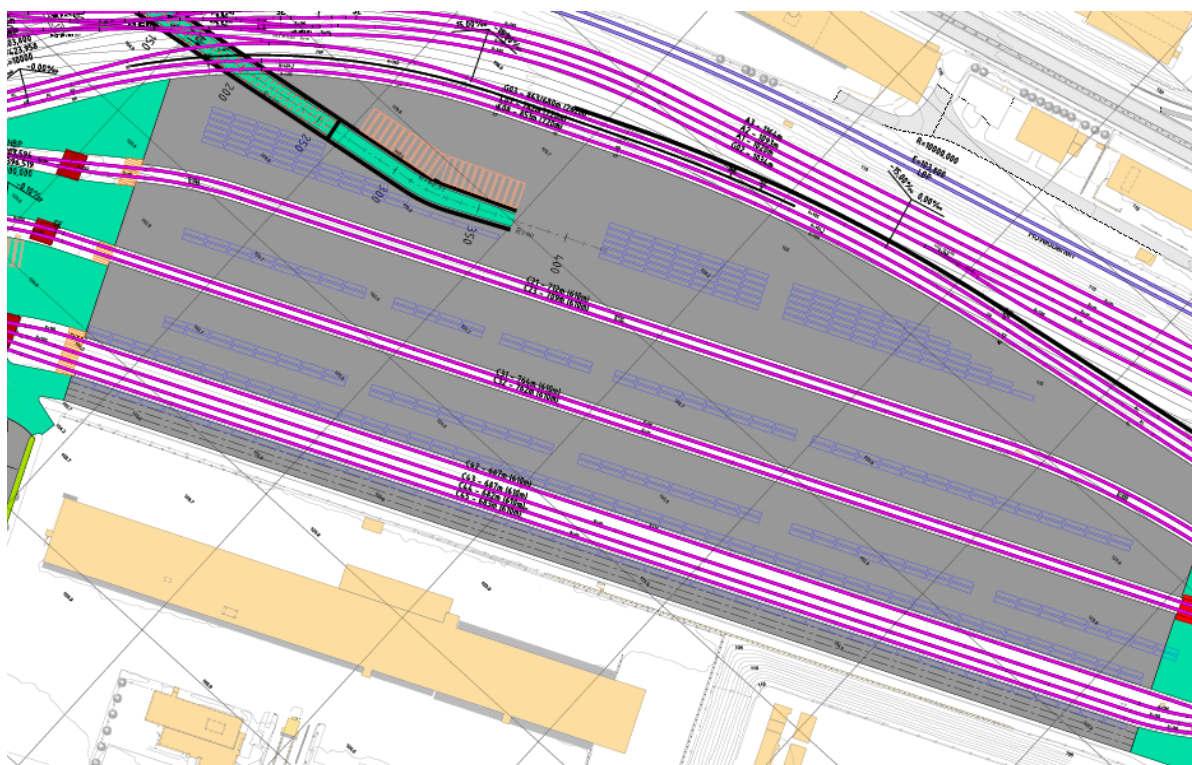
Tabell 6. Grunnleggende parametere for løftekapasitet (per time) i 7.3-alternativet

	LM1	LM2	LM3	LM4	Totalt
Løft					
					Totalt
Antall kraner	3	4	3		10
Antall mobile løfteenheter				1	1
Løft per time (kran)	90	120	90		300
Løfte per time (mobil)				28	28
Sum					328

1.3 Konsept 4.8.3

I 4.8.3-alternativet er kranmodulen på dagens ACN forlenget og den er utstyrt med tre kraner. En kunne alternativt tenke seg å benytte c42 som et spor for mobile løfteenheter. Vi ville i så fall miste mange lagerplasser. Siden vi oppnår mål for omlastingskapasitet vil det telle unødig negativt for driftseffektiviteten hvis vi inkluderer flere mobile løfteenheter og samtidig mister lagerplasser.

Antall lastegater på ACN er redusert fra 5 i referanse til 4 i konsept 4.8.3. For to av lastegatene er det kun adkomst via planoverganger. Lastegaten lengst mot nord er utstyrt med adkomst via kulvert. Spor c07 er uegnet som lastespor fordi det ligger inneklemt mellom to andre spor der det ene er gjennomkjøringsspor med kontaktledning. I tillegg er det etablert en ny kranmodul med seks spor og tre kraner på ACS (Modul A) benevnt LG5.



Figur 3. Utsnitt av ACN i 4.8.3.

Et av lastesporene i 4.8.3 kan motta togstammer på 720 meter (c08) og resterende 14 lastespor kan motta togstammer på 610 m (Tabell 7). Lastesporlengdene avviker noe fra forutsatt toglangdefordeling, men vi forutsetter at det skjer en tilpasning med deling av tog slik at sporlengdene blir godt utnyttet. Vi antar at to spor i LG5 på ACS brukes for å splitte en 720 m lang togstamme.

Tabell 7. Spor og effektive sporlengder i lastegater i 4.8.3-alternativet

	LG1/LG2a	LG2b	LG3	LG4	LG5
	c42-c45	c32	C31/c23	c21/c08	c107-c112
spor (m)	4x610	610	610	610	3x610
spor (m)			610	720	
spor (m)					
Sum	2440	610	1220	1330	3660

Lager

I motsetning til Referansealternativet, forutsetter vi at også c42 betjenes av kran. Dette gir mulighet for to rader med lager langs c42. Det blir to rader med plasser for containere for c32 i LG2.

Det totale lageret for containere/vekselplak, er omtrent likt fordelt mellom kranmodulen og de mobile lastegatene. For semi-trailere kan vi anta at lager er fordelt tilsvarende løfte- og sporkapasitet når lager ikke er begrensende (Tabell 8).

I snitt er det mer lager per spormeter i mobile- enn i kranbaserte lastegater. Lageret er også litt ujevnt fordelt mellom de mobile lastegatene og mellom de kranbaserte lastegatene. For å redusere

begrensninger i lager i Modul A (Lastegate 5), kan vi alternativt anta at vi kan stable tre containere i høyden eventuelt forutsette at togene har en relativt høy andel semi-trailere.

For semi-trailere er det internt lager i kun LG5 og LG4. En stor andel av det totale lageret for semi-trailere er lokalisert i LG5. Men semi-trailere kan transporteres med terminaltraktor til ledige plasser i interne og eksterne lagre.

Tabell 8. Lagerplasser og lagerplasser per spormeter for semi-trailer og containere/veksleflak i kranmoduler og mobile lastegater i 4.8.3

	LG1/LG2a	LG2b	LG3	LG4	LG5	Ekstern		
	c42-c45	c32	C31/c23	c21/c08	c107-c112			
Lager							Totalt	Andel
Plasser for cont./veksel. (kran)	138				132		270	49 %
Plasser for cont./veksel. (mobil)		80	68	138			286	51 %
per sp.meter	0,057	0,131	0,056	0,104	0,036			
Sum (plasser for veksleflak/cont.)							556	
Plasser for semi (kran)					145		155	44 %
Plasser for semi (mobil)		35		23			197	56 %
Plasser for semi (extern)						149		
Sum (plasser for veksleflak/cont.)							352	

Løft

Når vi legger til grunn at det er samme forhold mellom antall reachstackere og lastespormetere og antall trucker og lastespormeter som det er i referansealternativet, får vi at det vil være 3,15 reachstackere og 5,05 trucker i konsept 4.8.3.

Sammenlignet med de enkelte mobile lastegatene, ser vi at kranmodulen har relativt lav løftekapasitet per spormeter (Tabell 9). Og løftekapasiteten er ganske lik for de mobile lastemodulene.

I 4.8.3-alternativet er det større bredde på lastegatene for mobile lasteenhetene enn i Referansealternativet. Vi legger derfor ikke inn redusert ytelse på grunn av manglende arbeidsareal for de mobile løfteenhetene.

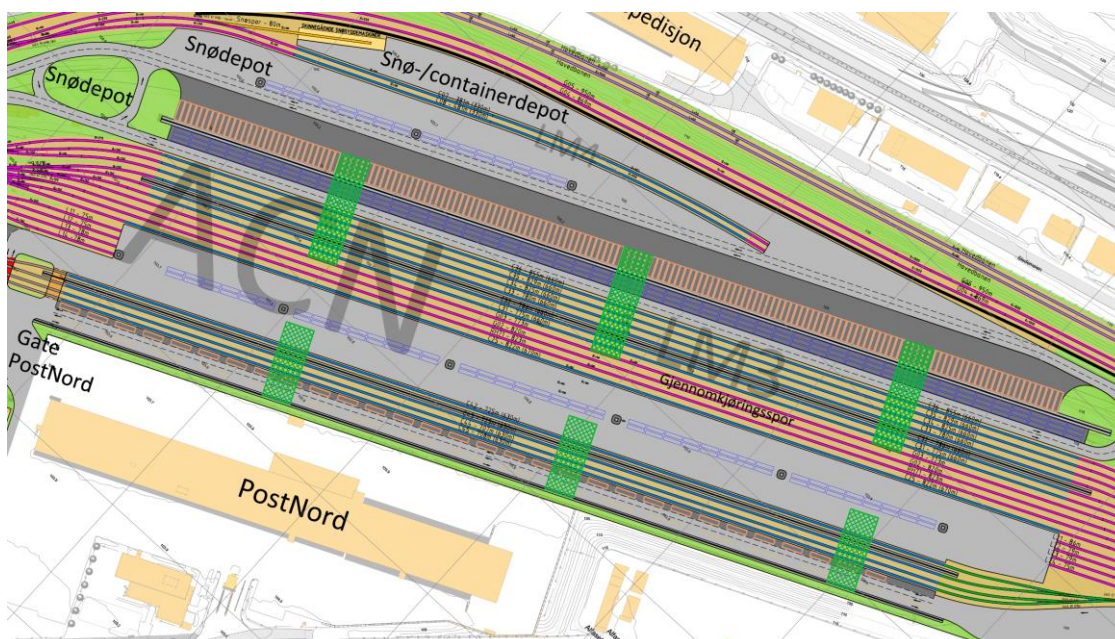
Tabell 9. Grunnleggende parametere for løftekapasitet (per time) i 4.8.3-alternativet

	LG1/LG2a	LG2b	LG3	LG4	LG5	Sum/snitt
	c42-c45	c32	C31/c23	c21/c08	c107-c112	
Løft						
Antall kraner	3				3	6
Antall mobile løfteenheter		2	3	3		8
Løft per time (kran)	90,0				90	180
Løft per time (mobil)		52	105	114		270
Sum						451

1.4 Konsept Imp 3.7

I imp 3.7-alternativet forlenges dagens kranmodul (LM5) på ACN slik at den kan motta 630 meter lange togstammer (Figur 4). Tilsvarende som for referansealternativet erstatter vi raden med semi-trailere i lastegaten syd for kranmodulen med to rader med plasser for containere/vekselak langs sydsiden.

c42 benyttes som lastespor for mobile løfteenheter. Sporet på andre siden av lastegaten (c25) er også lastespor for mobile løfteenheter (LM2). Videre nordover er det lagt inn nye spor for gjennomkjøring på ACN og en ny kranmodul med 6 lastespor med 660 meter effektiv lastesporlengde (LM3). De nye sporene inngår i fullt utbygd 3.7-alternativ. I tillegg er en del av spor c08 bevart som omlastingsspor med mobil løfteenhet (LM4). På ACS er det en bred lastegate med to spor for mobilt løfteutstyr (LM1).



Figur 4. Utsnitt av ACN i implementeringsalternativet for 3.7-alternativet.

Det mangler spor med mulighet for å motta hele 720 meter lange tog (Tabell 10). En mulighet er å benytte 3 av sporene i LM3 for plass til to 720 m lange tog, der et av sporene brukes for de to korteste delene av delte togstammer. Videre antar vi at det skjer en tilpasning med deling av tog.

Tabell 10. Spor og sporelengder i lastegater i imp 3.7-alternativet

	LM1	LM2	LM3	LM4	LM5
	c11/c12	c42/c25	C31-c23	c08	c43/c44/c45
spor (m)	2*620	630	6*660	330	3*630
		670			
Sum	1240	1300	3960	330	1890

Lager

Lager i den forlengede kranmodulen i LM5 er begrenset til en rad med semi-trailere syd for lastesporene. Det er satt av tre felt for biltrafikk slik at det i prinsippet er egne kjørefelt i begge, og eget felt for av- og pålasting. Dette prinsippet gjelder for hele konseptet. Ulempen er at det blir mangel på lagerplasser i LM5. En kan tenke seg et krav om «Just-in-time» for all henting og levering til denne modulen. Men vi vil i stedet forutsette at lageret organiseres slik det er i dag med to kjørefelt og to rader med containere. De to kjørefeltene skal da betjene trafikk i begge retninger samt av- og pålasting.

Lagerplasser for containere/vekselplak i implementeringskonseptet er fordelt med henholdsvis overvekt av lager i kranmodulene (Tabell 11). Lager for semi-trailer fordeles med prinsipp som i de andre alternativene, dvs. tilsvarende løfte- og sporkapasitet når lager ikke er begrensende. Lageret for containere/vekselplak er jevnt fordelt innen kranmodulene og innen de mobile modulene. Men lagerplass per spormeter varierer betydelig mellom kranspor og mobile spor.

Tabell 11. Lagerplasser og lagerplasser per spormeter for semi-trailer og containere/vekselplak i kranmoduler og mobile lastegater i Imp 3.7

	LM1	LM2	LM3	LM4	LM5	Ekstern		
	c11/c12	c42/c25	C31-c23	c08	c43/c44/c45			
Lager							Totalt	Andel
Plasser for cont./vekselplak. (kran)			150		94		244	56 %
Plasser for cont./vekselplak. (mobil)	80	76		32			188	44 %
pr sp.meter	0,065	0,058	0,038	0,097	0,051			
Sum (plasser for vekselplak/cont.)							432	
Plasser for semi (kran)			159				95	48 %
Plasser for semi (mobil)							103	52 %
Plasser for semi (extern)						39		
Sum (plasser for vekselplak/cont.)							198	

Løft

Vi legger til grunn at det er samme forhold mellom antall reachstackere og lastespormetere og antall trucker og lastespormeter som det er i referansealternativet. Vi får da at det vil være 2.9 reachstackere 4,6 trucker og fordelt på 5 spor i imp 3,7 (Tabell 12).

Bredden på de mobile lastegatene er tilstrekkelig for å forutsette at arbeidsareal for de mobile løfteenheterne er tilstrekkelig for at det mobile løfteutstyret kan yte 100%.

Tabell 12. Grunnleggende parametere for løftekapasitet i implementeringsalternativet for 3.7

	LM1	LM2	LM3	LM4	LM5	Eksternt	Totalt
	c11/c12	c42/c25	C31-c23	c08	c43/c44/c45		
Løft							
Antall kraner			3		3		6
Antall mobile løfteenheter	3	3		1			7
Løftekap. (kran)	0	0	90	0	90		180
Løftekap. (mobil)	106	111	0	28	0		246
Sum							426

1.5 Konsept Imp 4.8.3

I imp 4.8.3-alternativet samsvarer ACN med referansealternativet og lastemodulene på ACN er relativt uforandrede fra dagens situasjon. En kunne alternativt tenke seg å benytte c42 som et spor for mobile løfteenheter. Vi ville i så fall miste mange lagerplasser. Siden vi oppnår mål for omlastingskapasitet vil det telle unødig negativt for driftseffektiviteten hvis vi inkluderer flere mobile løfteenheter og samtidig mister lagerplasser. I likhet med fullt utbygd 4.8.3-alternativ, forutsetter vi derfor at c42 betjenes med kran. Spor c07 er uegnet som lastespor fordi det ligger inneklemt mellom to andre spor der det ene er gjennomkjøringsspor med kontaktledning.

ACS har ny kranmodul med seks spor og tre kraner (Modul A).

Ingen av lastesporene kan motta togstammer på 720 meter (Tabell 13). Syv lastespor kan motta 610 meter lange togstammer, et spor kan motta 610 meter og 5 spor kan motta 580 meter lange togstammer, dvs. 12 spor kan motta 580 meter eller lengre togstammer. I tillegg kan to lastespor motta 440 m eller lengre togstammer. I henhold til forutsatt tog lengdefordeling, er 4 spor for korte til å motta hele togstammer.

For å ivareta forutsatt tog lengdefordeling med implementering 4.8.3 kan 720 m lange togstammer splittes og betjenes i eks. LG4 og LG7. For øvrig antar vi at det vil skje en tilpasning gjennom deling og skjøting.

Tabell 13. Spor og sporlengder i lastegater i implementeringsalternativet for 4.8.3

	LG1/LG2a	LG2b	LG3	LG4	LG5	LG6	LG7
	c42-c45	c32	C31/c23	c16/c14	c13-c08	c107-c112	c2/c5a
spor (m)	4*580	600	600	430	540	6*610	405
spor (m)			500	320	600		365
spor (m)							
Sum	2320	600	1100	750	1140	3660	770

Lager

I forhold til tegningene av imp 4.8.3 reduserer vi antall lagerplasser for cont/veksel i LG2b og LG5 med til sammen 30 plasser på grunn av for lite arbeidsareal for mobile løfteenheter.

Andel av lager i kran- og mobile lastegater, er omtrent likt fordelt (Tabell 14). I snitt er det omtrent samme antall lagerplasser for containere/veksleflak per spormeter i mobile- og i kranbaserte lastegater. Som i fullt utbygd 4.8.3, er lageret litt ujevnt fordelt mellom lastegatene. Vi forutsetter maks to containere i høyden selv om det kan være forsvarlig å stable tre containere i høyden i lastegate 5 (Modul A). Vi kan videre anta at togene i lastegater med lite lager for containere/veksleflak har en relativt høy andel semi-trailere og vice versa.

For semi-trailere er det kun internt lager i de mobile lastegate LG2, LG5 på ACN og i kranmodulen LG6 på ACS, totalt 255 plasser, mens det er 433 plasser for semitrailere i fullt utbygd 4.8.3. En stor andel av det totale lageret for semi-trailere er lokalisert i LG6. I beregningene fordeles lageret i forhold til kapasitet uten begrensninger i lager og oppholdstid.

Tabell 14. Lagerplasser og lagerplasser per spormeter for semi-trailer og containere/veksleflak i kranmoduler og mobile lastegater i Imp 4.8.3

	LG1/LG2 a	LG2b	LG3	LG4	LG5	LG6	LG7		
	c42-c45	c32	C31/c 23	c16/c 14	c13- c08	c107- c112	c2/c5 a		
Lager								Totalt	Andel
Plasser for cont./veksel. (kran)	126					138		264	51 %
Plasser for cont./veksel. (mobil)		75	58	45	49		23	250	49 %
pr sp.meter	0,054	0,123	0,053	0,060	0,043	0,038	0,030		
Sum (plasser for veksel­flak/cont ainere)								514	
Plasser for semi (kran)						145		72	34 %
Plasser for semi (mobil)		45			6			141	66 %
Plasser for semi (extern)							17		
Sum (plasser for veksel­flak/cont ainere)								213	

Løft

Vi legger til grunn at forholdet er det samme mellom antall reachstackere og lastespormetere og antall trucker og lastespormeter som det er i referansealternativet. Vi får da at det vil være 4,4 reachstackere 7 trucker og fordelt på spor i imp 4.8.3 (Tabell 15).

Ser vi nærmere på de enkelte mobile lastegatene, ser vi at kranmodulen har relativt lav løftekapasitet per spormeter (Tabell 15). Og løftekapasiteten er ganske lik for de mobile lastemodulene.

I implementeringsalternativet for konsept 4.8.3 er det samme bredde på de mobile lastegatene som i Referansealternativet. Vi antar derfor tilsvarende at ytelsen til de mobile løfteenheter er redusert med 25% på grunn av begrenset arbeidsareal for mobile løfteenheter.

Tabell 15. Grunnleggende parametere for løftekapasitet i implementeringsalternativet for konsept 4.8.3

	LG1/LG2 a	LG2 b	LG3	LG4	LG5	LG6	LG7	Total t
	c42-c45	c32	C31/c2 3	c16/c1 4	c13- c08	c107- c112	c2/c5 a	
Antall kraner	2					3		5
Antall mobile løfteenheter		2	2	2	3		2	11
Løft per time (kran)	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	90,0	0,0	90,0
Løfte per time (mobil)	0,0	52,2	94,2	64,2	97,6	0,0	65,9	322,0
Sum								412,0

Vedlegg III. Kapasitet og oppholdstider for ulike forutsetninger om begrensning i lager og oppholdstid

I dette vedlegget vises tabeller med resultater for optimalisering av kapasitet med hensyn på oppholdstider for lossing eller lasting i gjenværende alternativer i Alnabru Fase II for 2040 og 2060. Det er gjort optimalisering for:

- Ingen øvre eller nedre grenser for oppholdstider for lossing og lasting i lastespor og ingen begrensning i lager
- Ingen øvre eller nedre grenser for oppholdstider for lossing og lasting i lastespor
- Beregning i øvre og nedre grenser for oppholdstider.

Tabellene viser total kapasitet i 2040 og 2060 uten og med begrensninger i lager og togenes oppholdstid i lastespor når årsvolum antas å være 240 ganger mulig betjening per dag. «Sum kapasitet i terminal» fås ved å dividere kapasitet i omlastingsenheten med 0,95 for å finne hva terminalen totalt kan betjene når vi forutsetter at 5% av godsvolumene betjenes med deling, skifting og skjøting av kombivognstammer.

Referansealternativet

Tabell 1. Total kapasitet i Referansealternativet i 2040 uten og med begrensninger i lager og togenes oppholdstid i lastespor (TEU/år)

	Oppholds tid i Kranmod ul	Kapasite t i Kranmo dul	Begrens ende element	Oppholds tid Modul mobilt	Kapasite t mobil Mobilt	Begrens ende element	Sum kapasitet i moduler	Sum kapasite t terminal
Uten begren sning	2,5	160370	-	0,4	755575	-	915944	964152
		18 %			82 %			121 %
Begren sning i lager	2,5	160370	Løft/Sp or	0,7	651893	Lager/S por	812263	855013
		20 %			80 %			107 %
Begrensning i lager og oppholdstid								
	2,5	160370	Løft/Sp or	1,3	511849	Spor	672218	707598
		24 %			76 %			88 %

Tabell 2. Total kapasitet i Referansealternativet i 2060 uten og med begrensninger i lager og togenes oppholdstid i lastespor (TEU/år)

	Oppholds tid i Kranmod ul	Kapasite t i Kranmo dul	Begrense nde element	Oppholds tid Modul mobilt	Kapazit et mobil Mobilt	Begrense nde element	Sum kapasit et i module r	Sum kapasit et termin al
Uten begrensn ing	2,3	200880	-	0,3	974333	-	117521 3	12370 67
		17 %			83 %			112 %
Begrensn ing i lager	2,3	200880	Løft/Sp or	1	682231	Lager/Spo r	883111	92959 1
		23 %			77 %			85 %
Begrensning i lager og oppholdstid								
	2,3	200880	Løft/Sp or	1,2	625379	Spor	826259	86974 6
		24 %			76 %			79 %

Konsept 3.7

Tabell 3. Total kapasitet i 3.7 i 2040 uten og med begrensninger i lager og togenes oppholdstid i lastespor (TEU/år)

	Oppholdstid i Kranmodul	Kapasitet i Kranmodul	Begrensningselement	Oppholdstid Modulmobilt	Kapasitet mobil Mobilt	Begrensningselement	Sum kapasitet i moduler	Sum kapasitet terminal
Uten begrensning	3,8	845254	-	0,3	60142	-	905397	953049
		93 %			7 %			119 %
Begrensning i lager	3,8	845254	Lager/Spør	0,3	60142	Løft/spør	905397	953049
		93 %			7 %			119 %
Begrensning i lager og oppholdstid								
	3,8	845254	Lager/Spør	1,1	40451	Spør	885705	932321
		95 %			5 %			117 %

Tabell 4. Total kapasitet i 3.7 i 2060 uten og med begrensninger i lager og togenes oppholdstid i lastespor (TEU/år)

	Oppholdstid i Kranmodul	Kapasitet i Kranmodul	Begrensningselement	Oppholdstid Modulmobilt	Kapasitet mobil Mobilt	Begrensningselement	Sum kapasitet i moduler	Sum kapasitet terminal
Uten begrensning	3,5	1046180	-	0,2	77693	-	1123873	1183024
		93 %			7 %			108 %
Begrensning i lager	3,5	1046180	Løft/Spør	0,2	77693	Løft/spør	1123873	1183024
		93 %			7 %		102 %	108 %
Begrensning i lager og oppholdstid								
	3,5	1046180	Løft/Spør	0,9	51965	Spør	1098144	1155941
		95 %			5 %		100 %	105 %

Konsept 4.8.3

Tabell 5. Total kapasitet i 4.8.3 i 2040 uten og med begrensninger i lager og togenes oppholdstid i lastespor (TEU/år)

	Oppholds tid i Kranmod ul	Kapasite t i Kranmo dul	Begrens ende element	Oppholds tid Modul mobilt	Kapasite t mobil Mobilt	Begrens ende element	Sum kapasitet i moduler	Sum kapasite t terminal
Uten begren sning	3,2	494619	-	0,3	572331	-	1066950	1123105
		46 %			54 %			140 %
Begren sning i lager	3,2	494619	Lager/S por	0,3	572331	Løft/spo r	1066950	1123105
		46 %			54 %			140 %
Begrensning i lager og oppholdstid								
	3,2	494619	Lager/S por	1,1	378986	Spør	873605	919584
		57 %			43 %			115 %

Tabell 6. Total kapasitet i 4.8.3 i 2060 uten og med begrensninger i lager og togenes oppholdstid i lastespor (TEU/år)

	Oppholds tid i Kranmod ul	Kapasite t i Kranmo dul	Begrens ende element	Oppholds tid Modul mobilt	Kapasite t mobil Mobilt	Begrens ende element	Sum kapasitet i moduler	Sum kapasite t terminal
Uten begren sning	3,0	616414	-	0,1	735640	-	1352054	1423215
		46 %			54 %			129 %
Begren sning i lager	3,00	616414	Lager/S por	0,1	735640	Løft/spo r	1352054	1423215
		46 %			54 %			129 %
Begrensning i lager og oppholdstid								
	3,0	616414	Lager/S por	1,1	444525	Spør	1060939	1116778
		58 %			42 %			102 %

Konsept Imp 3.7

Tabell 7. Total kapasitet i imp 3.7 i 2040 uten og med begrensninger i lager og togenes oppholdstid i lastespor (TEU/år)

	Oppholds tid i Kranmod ul	Kapasite t i Kranmo dul	Begrens ende element	Oppholds tid Modul mobilt	Kapasite t mobil Mobilt	Begrens ende element	Sum kapasitet i moduler	Sum kapasite t terminal
Uten begren sning	3,0	492572	-	0,1	567065	-	1059638	1115408
		46 %			54 %			139 %
Begren sning i lager	3	492572	Løft/Sp or	0,4	484260	Lager/S por	976833	1028245
		50 %			50 %			129 %
Begrensning i lager og oppholdstid								
	3,0	492572	Løft/Sp or	1,2	322840	Spor	815413	858329
		60 %			40 %			107 %

Tabell 8. Total kapasitet i imp 3.7 i 2060 uten og med begrensninger i lager og togenes oppholdstid i lastespor (TEU/år)

	Oppholds tid i Kranmod ul	Kapasite t i Kranmo dul	Begrens ende element	Oppholds tid Modul mobilt	Kapasite t mobil Mobilt	Begrens ende element	Sum kapasitet i moduler	Sum kapasite t terminal
Uten begren sning	2,8	613484	-	0,1	699083	-	1312567	1381649
		47 %			53 %			126 %
Begren sning i lager	2,8	613484	Løft/Sp or	0,6	504893	Lager/S por	1118377	1177239
		55 %			45 %			107 %
Begrensning i lager og oppholdstid								
	2,8	613484	Løft/Sp or	1,1	3951336 5 %	Spor	1008618	1061703
		61 %			39 %			97 %

Konsept Imp 4.8.3

Tabell 9. Total kapasitet i imp 4.8.3 i 2040 uten og med begrensninger i lager og togenes oppholdstid i lastespor

	Oppholds tid i Kranmod ul	Kapasite t i Kranmo dul	Begrens ende element	Oppholds tid Modul mobilt	Kapasite t mobil Mobilt	Begrens ende element	Sum kapasitet i moduler	Sum kapasite t terminal
Uten begren sning	3,5	418201	-	0,5	666899	-	1085100	1142210
		39 %			61 %			143 %
Begren sning i lager	3,5	418201	Løft/Sp or	0,5	666899	Løft/spo r	1085100	1142210
		39 %			61 %			143 %
Begrensning i lager og oppholdstid								
	3,5	418201	Løft/Sp or	1,2	479858	Spor	898059	945325
		47 %			53 %			118 %

Tabell 10. Total kapasitet i imp 4.8.3 i 2060 uten og med begrensninger i lager og togenes oppholdstid i lastespor (TEU/år)

	Oppholds tid i Kranmod ul	Kapasite t i Kranmo dul	Begrens ende element	Oppholds tid Modul mobilt	Kapasite t mobil Mobilt	Begrens ende element	Sum kapasitet i moduler	Sum kapasite t terminal
Uten begren sning	3,3	521119	-	0,3	853961	-	1375081	1447453
		38 %			62 %			132 %
Begren sning i lager	3,3	521119	Løft/Sp or	0,7	697633	Lager/S por	1218752	1282897
		43 %			57 %			117 %
Begrensning i lager og oppholdstid								
	3,3	521119	Løft/Sp or	1,1	587312	Spor	1108432	1166770
		47 %			53 %			106 %

9 Referanser

ETC (September 2016) Alnabru – Multicriteria analysis, v.3.1, Cowi, 28.11.2016

ETC (Februar 2018) ALNABRU – REPORT ON CAPACITY FOR CONCEPT 3.7, 3.6 AND THE REFERENCE ALTERNATIVE v.3.1, Cowi, 7.02.2018



Vurdering av veikapasitet i Alnabru fase 2

Vedlegg til delrapport R12 Kapasitetsanalyse konseptanalysen

Dokumentnummer:	201700055 - 35
Versjon: 1.0	31.10.2018, Ferdig og godkjent
Utarbeidet av:	Arild Vold
Godkjent av:	Arild Vold <i>Arild Vold 31/10-18</i>

Innledning og sammendrag

Alternative fremtidige terminalkonsepter må utformes slik at det er tilstrekkelig kapasitet i veisystemet til og fra adkomstene på terminalen og i det interne veisystemet på terminalen. De gjenstående konseptene er benevnt Referansealternativet, alternativ 3.7 og alternativ 4.8.3, samt tilhørende implementeringskonsepter.

I dette notat redegjør vi for forutsetninger, analysemetode og resultater fra analyse av kapasitet i veisystemet i terminalkonseptene som gjenstår før endelig evaluering og rangering i Alnabru Fase II.

I kapittel 1 forklarer vi de grunnleggende behov, mål og forutsetninger for veikapasitet inn og ut av terminalen.

I kapittel 2 beskriver vi kort veiløsningene i gjenværende konsepter. Videre viser vi til tidligere analyser av veikapasitet i veiløsningene og oppsummerer forutsetningene de er basert på samt resultater. Vi forklarer skalering av resultatene for sammenligning av resultater fra ulike analyser med ulike forutsetninger.

I kapittel 3 ses de gjenværende konseptene i sammenheng og hvert konsept er gitt en score for veikapasitet. Vi har rangert veiløsningene på følgende skala fra 1-5:

- 1: Konseptet gir en nedgang eller kan betjene de samme godsmengder som i dagens situasjon
- 2: Konseptet kan betjene større godsmengder enn i dagens situasjon, men vi oppnår ingen av målene
- 3: Konseptet kan betjene godsmengdene i 2040, men vi oppnår ikke målene for 2060
- 4: Konseptet kan betjene godsmengdene i 2040 og 2060
- 5: Konseptet kan betjene mer enn målene for 2040 og 2060

Ut fra tegningsgrunnlag, kvantitative resultater og vurderinger i forhold til trafikkgrunnlag har vi kommet frem til at:

- Referansealternativet har en score på 2
- 3.7 og imp 3.7 har en score på 5
- 4.8.3 og Imp 4.8.3 scorer 5

Forord

I 2008-2009 ble det gjennomført en utredning om utvikling av Alnabruterminalen, der en stor fire-trinns utbygging av terminalen ble anbefalt. Umiddelbart etter utredningen var ferdig, startet arbeidet med en hovedplan for det første byggetrinn – Byggetrinn 1. Denne ble ferdigstilt i 2011. Både hovedplan og utredningen ble deretter underlagt ekstern kvalitetssikring, der forventet kostnad for Byggetrinn 1 ble anslått til 13,6 mrd. 2010-kroner.

Effekt målet i utredningen og hovedplanen innebar at terminalen skulle håndtere 1 mill. TEU per år (ca. dobling av dagens volumer) innen 2020 og 1,5 mill. TEU per år innen 2040. Iht. den eksterne kvalitetssikringsrapporten var prognoser for fremtidig vekst ambisiøse og kunne utelukke mer samfunnsøkonomisk lønnsomme alternativer. Regjeringen vedtok ikke å gå videre med prosessen, og daværende Jernbaneverket (JBV) fikk 11. november 2012 i oppdrag fra Samferdselsdepartementet (SD) om på ny å utrede en videre utvikling av Alnabruterminalen.

I oppdragsbrevet fra Samferdselsdepartementet til Jernbaneverket fra november 2012 er det bestilt en utredning for både kortsiktige og langsiktige tiltak for Alnabruterminalen, herunder tiltak for å sikre både driftsstabilitet i terminalen og å legge opp til en økning av kapasiteten i tråd med etterspørselen. Utredningsarbeidet ble organisert i to faser:

- **Fase 1** – utredning av **strakstiltak** for å bedre driftsstabiliteten- og effektiviteten i terminalen. Fase 1 - utredningen ble gjennomført av Jernbaneverket i 2014, og ga en prioritert liste med strakstiltak. Strakstiltakene planlegges gjennomført fra 2015 til og med årsskiftet 2019/2020.
- **Fase 2** – utredning av **framtidig konsept** for utviklingen av terminalen, herunder utbyggingsløsninger som legger til rette for en mer trinnvis kapasitetsøkning som er mer i takt med etterspørselen.

Fase 2-oppdraget startet opp i 2015 og besvares i denne utredningen.

Denne rapporten om vurdering av veikapasitet i konseptanalysen inngår som vedlegg i R12 Kapasitetsanalyse konseptanalysen. R12 Kapasitetsanalyse konseptanalysen inngår sammen med flere delrapporter og hovedrapport i Jernbanedirektoratets (JDIR) utredning om «Videre utvikling av Alnabruterminalen, Fase 2».

Fase 2-oppdraget ble startet opp som et prosjekt i Jernbaneverket. Etter at Jernbaneverket ble nedlagt 1. januar 2017 ble prosjektet videreført i Jernbanedirektoratet. Der relevant benyttes fortsatt begrepet Jernbaneverket (JBV), der en omtaler tiltak og status i perioden til og med desember 2016.

Delrapporter i Alnabru fase 2¹

R00 Hovedrapport Alnabru fase 2
R01 Status og dagens situasjon
R02 Interessentanalyse
R03 Oppsummering verksted 1
R04 Behovsanalyse
R05 Mål og krav
R06 Oppsummering verksted 2
R07 Driftskonsept konseptanalysen
R08 Mulighetsrom og siling
R09 Kostnadsestimat konseptanalysen
R10 Usikkerhetsanalyse konseptanalysen
R12 Kapasitetsanalyse konseptanalysen
R13 Konseptanalyse
R14 Arealbehov
R15 Driftseffektivitet konseptanalysen

¹ R11 Samfunnsøkonomisk analyse inngikk opprinnelig i prosjektet, men analysen utføres som en del av KVV Godsterminalstruktur i Oslofjordområdet.

Innhold

1 Behov, mål og forutsetninger	7
2 Foreliggende analyser	8
2.1 Veikapasitet i 4.8.3 Hovedkonsept	8
2.1.1 Trafikkgrunnlag	8
2.1.2 Regler og funksjonalitet.....	9
2.1.3 Resultater	10
2.2 Kapasitetsanalyse av veisystemet i 3.7 Hoved- og implementeringskonsept	10
2.2.1 Trafikkgrunnlag	10
2.2.2 Regler og funksjonalitet.....	10
2.2.3 Resultater	10
2.3 Kapasitetsanalyse veisystemet i Referansealternativet og 4.8.3 Implementeringskonsept ..	11
3 Oppsummering og rangering	13

1 Behov, mål og forutsetninger

Antall turer med lastebil inn og ut av terminalen for å nå målsetning for betjening av godsmengder på Alnabruterminalen, avhenger av antall TEU per kjøretøy og andeler av kjøretøyene med last en og begge veier.

Antall TEU per lastebil er bestemt ut fra forutsetninger om andeler av ulike lasteenheter og andeler av ulike kjøretøytyper (truck for semi-henger og lastebil med eller uten henger for ulike kombinasjoner av store og små lasteenheter).

For kapasitetsanalyse av veikapasitet benytter vi forutsetninger fra vedlegg «Forutsetninger for konseptutvikling og analyse» i delrapport R13 Konseptanalyse. Vi deler lastbærerne som betjenes i terminalen i semi-trailere, vekselflak og containere. Det er ulikt hvor mye hver lasteenhet rommer.

Identifisert kapasitetsbehov i Alnabru Fase II er spesifisert i delrapport R04 Behovsanalyse. Kapasitetsmål er spesifisert i delrapport R05 Mål og krav. I kapasitetsmålene inngår betjening av løft tog-tog (10%), løft bil-tog (85%) og skift tog-tog (5%). Kapasitetsmål, forutsetning om fordeling av godsvolumer på lasteenheter (TEU) per år, og antall TEU per lasteenhet gir oss antall og prosentvis fordeling av ulike lasteenheter (Tabell 1 og Tabell 2). Mål for kapasitet på en dimensjonerende dag fås ved å dividere henholdsvis antall arbeidsdager (310 dager) og antall arbeidstimer per dag (24 timer) på peak-faktorer beregnet ut fra variasjoner fra dag til dag og time til time.

Tabell 1: Fordeling av kapasitetsmål i 2040 for Alnabru Fase II på volumer (TEU) og antall lasteenheter.

	Semi-trailer	Vekselflak	Container	Sum
Per år (1000 TEU)	240 (30%)	360 (45%)	200 (25%)	800
Per år (Enheter)	120 (21%)	327 (59%)	111 (20%)	558
Høytrafikk per dag (TEU)	1006	1510	839	3355

Tabell 2: Fordeling av kapasitetsmål i 2060 for Alnabru Fase II på volumer (TEU) og antall lasteenheter

	Semi-trailer	Vekselflak	Container	Sum
Per år (1000 TEU)	385 (35%)	220 (20%)	495 (45%)	1100
Per år (Enheter)	193 (27%)	200 (28%)	309 (44%)	702
Høytrafikk per dag (TEU)	1615	923	2076	4613

2 Foreliggende analyser

Gjenværende konsepter før kapasitetsanalyse for rangering og anbefaling for videre planlegging består av Referansealternativ, og hovedkonsepter benevnt 3.7 og 4.8.3 med implementeringskonsepter.

I hovedkonsept og implementeringskonsept 4.8.3 inngår tilnærmet samme veiløsning utenfor terminalområdet og samme løsning for hovedport som for anbefalt konsept fra hovedplanarbeidet i Jernbaneverket, om utvikling av Alnabruterminalen fra Januar 2010 (UAC-00-A-11048). Løsningen for det interne veinettet i 4.8.3 samsvarer også med løsningen i anbefalt konsept fra hovedplanarbeidet.

I arbeidet med utredning forut for hovedplanen ble det gjort kapasitetsanalyse av løsningen med dagens løsning for hovedporten og ny løsning for hovedporten (Trafikksimulering på veinett, UAC-00-A-11046). Analysen ble gjennomført med simuleringsverktøyet Vissim i år 2009. Analysen inkluderer beregninger av kødannelse som følge av planovergang med bom ved inn- og utkjøring på ACN.

Simuleringene fra 2009 inkluderer ikke egne løsninger for et Referansealternativ. Vi kan imidlertid bruke resultatene fra simuleringene for hovedplanløsningen fra 2010 med dagens løsning for hovedporten.

I kapasitetsanalyser gjennomført for Alnabru Fase II «Alnabru – Report on capacity for concept 3.6, 3.7 and the Reference alternative» (ETC, februar 2018), er det henvist til analysen i 2009. I tillegg beskrives veiløsning, forutsetninger og resultater fra simulering med Vissim for 3.7-alternativet.

Resultatene fra analysene er oppsummert i kapitlene nedenfor. For implementeringskonseptene er det ikke gjort egne analyser, men veiløsningen i tilknytning til hovedport i disse konseptene samsvarer med tilsvarende hovedkonsepter. Løsningen på det interne veinettet er til dels kvalitativt vurdert i hovedkonseptene, og blir tilsvarende vurdert i implementeringskonseptene.

2.1 Veikapasitet i 4.8.3 Hovedkonsept

Veiløsningen er tilnærmet den samme i hoved- og implementeringskonsept 4.8.3 som i anbefalt konsept i hovedplan fra 2010. Veiløsningen har nytt adkomstområde og dagens bi-adkomster. VISSIM-simuleringene er gjennomført for situasjonen i år 2040 med målsetning om betjening av 1,1 millioner TEU/år.

2.1.1 Trafikkgrunnlag

Det er lagt til grunn at 1,1 mill. TEU betjenes på 310 dager med en peak-faktor på 1,3. I analysen fra 2009 er dette omregnet til 4461 kjøretøy med eller uten last på en dimensjonerende dag. Det antas 50/50 trafikk til og fra terminalen i dimensjonerende time. Det forutsettes at 50% av semi-trailerne til ACN går via depotet. Det er inkludert noen trafikkvolumer for transport av lasteenheter mellom modulene for tog-tog omlasting (77 kjøretøy per dag). Det er i tillegg lagt inn 10% annen trafikk som kommer og går via hovedporten.

I Alnabru Fase II er kapasitetsmålet for en høytrafikkdag i 2060 det samme som i Vissim-simuleringene for 2040 fra 2009 (UAC-00-A-11046). Men på grunn av ulike forutsetninger om andel biler med last begge veier, og at det er forutsatt at en andel på 15% betjenes tog-tog i Alnabru Fase II gir målene noe forskjell i hvor mange kjøretøyer dette tilsier. Inklusive peak-faktor på 1,3, har vi kommet frem til at målene for Alnabru Fase II tilsier at det blir det betjent 2581 kjøretøyer i 2040 og

3990 i 2060 (inkludert omlasting bil-bil v/biadkomst til Schencker). For 2060 er det 12% flere biler i analysen fra 2009².

2.1.2 Regler og funksjonalitet

Analysene ble utført for en situasjon med dagens hovedport og for en situasjon med en ny gate-løsning. Fartsgrensen er satt til 30 km/t og generelt må biler vike for biler fra høyre i rundkjøringer og T-kryss.

Hovedfunksjoner i hovedport er:

- Teknisk kontroll
- Ankomstkontroll (henvisning til sted for levering/henting)
- Organisering av trafikken av lasteenheter

Med dagens hovedgate tar teknisk kontroll 3 minutter. Det er forutsatt at manuell check-in tar 2 minutter. For hurtig-felt er det forutsatt at check-in tar 10 sekunder (veiing). Utsjekk tar 10 sekunder.

Av trafikken til terminalen, er det forutsatt at 2/3 går gjennom hovedport (50% gjennom hurtig-felt). Ca. 1/3 går gjennom biadkomster (50% Post nord og 50% Schenker).

² Utredningens mål for 2040 og 2060 gir følgende trafikk for omlasting bil-tog:

Årlig TEU bil 2040: $800.000 \cdot 0,85 = 680.000$

Årlig TEU bil 2060: $1.100.000 \cdot 0,85 = 935.000$,

der faktoren 0,85 gjelder andel kombilast på jernbane som omlastes bil-tog. Inkludert omlasting bil-bil (v/biadkomst til Schenker) på en dimensjonerende dag, blir det:

$(680.000 \cdot 1,3/0,84)/310$ dag per år = 3395 TEU per dag (inn- og utgående kjøretøy) i 2040

$(935.000 \cdot 1,3/0,84)/310$ dag per år = 4668 TEU per dag (inn- og utgående kjøretøy) i 2060

der faktoren 0,84 inngår for å ta hensyn til at 16% av samlet trafikk inn/ut av hovedport og Schenkers port er biler som omlastes bil-bil (se Behovsanalysen R04 for nærmere forklaring).

Følgende beregning benyttes for antall kjøreturer per dag (inn- og utgående kjøretøy) i 2040 og 2060:

$$\frac{\text{Daglig volum} \cdot 2 \text{ turer}}{\frac{\text{snitt TEU}}{\text{lastebil}} + \left(\frac{\text{snitt TEU}}{\text{lastebil}} \cdot \text{Andel biler med last begge veier} \right)} = \text{Antall kjøreturer per dag}$$

Av lastebiler som kjører til og fra terminalen antar vi at 30% har last begge veier, og for snitt TEU/lastebil antar vi 1,7 i 2040 og 1,8 i 2060. Med forventet kombilastvolum i 2040 og 2060 gir dette følgende:

$(3395 \cdot 2) / (1,7 + (1,7 \cdot 0,3)) = 2\ 581$ antall kjøreturer per dag i 2040

$(4668 \cdot 2) / (1,8 + (1,8 \cdot 0,3)) = 3\ 990$ antall kjøreturer per dag i 2060

Dette er trafikk i begge retninger (inn/ut av terminalen), det vil si at antall kjøretøy er halvparten. Vi forutsetter at lastbilenes andel som kommer i peaktiden er 9% (år 2040) og 8% (år 2060) av peak dag.

2.1.3 Resultater

Generelt viser VISSIM-beregningene tilfredsstillende trafikkavvikling tilsvarende 1,1 mill. TEU. Selv med trafikkgrunnlag tilsvarende 1,5 mill. TEU og 10 % andel av døgntrafikken i makstimen etter byggetrinn 4 er det tilfredsstillende trafikkavvikling. Dette gjelder både gjennom hovedporten og det sentrale veinettet i forbindelsen med kulverten under sporområdet. Det sterkest belastede elementet i veisystemet med størst kø er selve hovedporten (innsjekkingen) med 6 felt.

Med trafikkgrunnlag tilsvarende 1,5 mill. TEU er hovedkonklusjonen at med et nytt atkomstområde vil trafikkavviklingen i veinettet etter byggetrinn 1 (tilsvarende 4.8.3) fungere bra. Det er ingen større avviklingsproblemer selv med 14 % av døgntrafikken i høytrafikktimen (I Alnabru Fase II er det lagt til grunn at kun 8% av turene inngår i høytrafikktimen). Køene vokser seg større ved planovergangen, men pga. avstanden til rundkjøringen ved adkomstområdet får køen liten innflytelse på trafikkavviklingen i det øvrige veinettet.

Ut fra en samlet vurdering antar vi at veikapasiteten i 4.8.3-alternativet er 1,5 millioner TEU per år, og at vi på grunn av jevnere døgntrafikk kan anta at den øker til 1,6 frem mot 2060.

2.2 Kapasitetsanalyse av veisystemet i 3.7 Hoved- og implementeringskonsept

Veiløsningen i 3.7-alternativet inkluderer nytt adkomstområde til hovedport og endringer i veisystemet inn mot terminalen inklusive ny løsning for biadkomst ved Schenker. Det er 1-2 kjørefelt i hver retning. Veisystemet har planfrie kryssinger mellom tog og bil i hele terminalområdet. Kapasitetsbegrensningene vil derfor i hovedsak oppstå i rundkjøringene i tilknytning til hoved- og biadkomster.

I kapasitetsanalysene fra ETC (januar 2018) er veisystemet i 3.7-konseptet delt i det interne veisystemet, adkomstene til terminalen og lastegatene. ETC (januar 2018) har brukt simuleringer med VISSIM for å finne mulige kapasitetsbegrensninger.

Veiløsningen er tilnærmet den samme i implementeringskonseptet i 3.7, men det er forutsatt planovergang til lastegate c42/c25. Lastesporene c42/c25 utgjør omtrent 15% av total effektiv lastesporlengde i konseptet og brukes for å betjene en tilsvarende andel av gods- og trafikkmengdene. Tatt i betraktning av at 4.8.3 betjener ca. 41% av trafikken over planovergangen (se neste kapittel for redegjørelse) uten problemer, kan vi fastslå at dette ikke vil utgjøre noen kapasitetsbegrensning i Imp 3.7, og vi kan fastslå at veikapasiteten i Imp 3.7 vil være omtrent som i fullt utbygd 3.7.

2.2.1 Trafikkgrunnlag

Basert på forutsetninger i konseptanalysen (vedlegg «Forutsetninger for konseptutvikling og analyse» til R13 Konseptanalyse) vil det være 2 581 kjøreturer per dag i 2040 og 3 990 kjøreturer per dag i 2060 (høytrafikkdager). Forutsetningene som lå til grunn da kapasitetsanalysen for 3.7 ble gjennomført, var basert på et behov for å betjene 2903 biler i 2040 og 3656 biler i 2060 på høytrafikkdager.

Ut fra en forutsetning om at trafikkfordelingen over døgnet i 2040 er omtrent som i dag, får vi at 9% av døgntrafikken kommer i høytrafikktimen ETC (februar 2018). For 2060 var det forutsatt at togtrafikken er jevnt fordelt over døgnet og at 8% av døgntrafikken kommer i høytrafikktimen.

2.2.2 Regler og funksjonalitet

Det er forutsatt at lastebilene ankommer og forlater terminalen i samme port. På terminalområdet er fartsgrensen satt til 40 km/t.

2.2.3 Resultater

Resultater fra Vissim-simuleringer av rundkjøringene viser at det kan bli noen kødannelser i begrensede perioder som i verste fall kan redusere kapasiteten i korte perioder. ETC (februar 2018)

konkluderer med at det interne veisystemet kan håndtere trafikken, men det må undersøkes om det er behov for å justere vegløsningen for identifiserte mulige begrensninger i rundkjøringene.

Det er ikke gjort kapasitetsanalyse av biadkomstene til DB Schenker og Post Nord. Analyse av hovedporten er basert på Vissim-analysene fra 2009. ETC (februar 2018) baserer seg på dimensjonering av de ulike elementene i hovedporten i analysen fra 2009, og mener hovedporten i 3.7 kan håndtere trafikkstrømmene vi har lagt til grunn for kapasitetsanalysen. Men anbefaler også at design av hovedport og biadkomst ved Schenker må analyseres nærmere i senere faser av prosjektet. Hensyn til bil-bil omlasting via Schenkers terminal, i samsvar med de endelige prosjektforutsetningene, forsterker behovet for å vurdere løsningen ved Schenkers biadkomst.

Ut fra en samlet vurdering antar vi at veikapasiteten i 3.7-alternativet er noe lavere enn i 4.8.3. Årsaken er flere rundkjøringer i 3.7 som er kilde til kødannelse. Allikevel antas at vi også med 3.7 og Imp 3.7 oppnår målsetningen om betjening av omtrent 1,2 millioner TEU per år, og at vi på grunn av jevnere døgntrafikk kan anta at den øker til 1275 tusen frem mot 2060.

2.3 Kapasitetsanalyse veisystemet i Referansealternativet og 4.8.3 Implementeringskonsept

Trafikksimuleringene med simuleringverktøyet Vissim fra 2009 (UAC-00-A-11046), inkluderte beregninger av kapasitetsutnyttelse i løsning fra hovedplanarbeidet fra 2009 (byggetrinn 1) men med dagens port, dvs. veiløsningen ved hovedport er omtrent som i Referansealternativet for Alnabru Fase II.

VISSIM-simuleringene fra 2009 er gjennomført for situasjonen i år 2040. Det er lagt til grunn samme trafikkgrunnlag og regler/funksjonalitet som for analyse av 4.8.3-alternativet (seksjon 2.1.1 og 2.1.2).

Alternativet har også de samme stengetidene på planovergangen som forutsatt for veiløsning i 4.8.3-alternativet. Det forutsettes at bom stenges 3x4 minutter og 2x2 minutter per time. Resultater fra Vissim-modellen ble brukt for å bestemme lengde på køer på flere steder i veisystemet i hovedport og i terminalen. Det viste seg at kapasitetsutnyttelsen var størst i hovedporten. Resultatene viser at kapasitetsutnyttelse i hurtig-felt vil være 48% av kapasiteten i en høytrafikktime med 10% av døgntrafikken. Teknisk kontroll har seks felt. Med gjennomsnittlig 3 minutter per stop, kan den betjene 120 biler per time. Kapasitetsutnyttelsen blir 38%. Innsjekking med 3 felter og en betjeningstid på 2 minutter gir en samlet kapasitet på ca. 90 kjt/t. Med 10 % av døgntrafikken i makstimen gir dette en belastningsgrad på ca. 95 %. Dette indikerer at selve innsjekkingen er det mest kritiske elementet. Med dagens hovedgate, må bilene krysse planovergang med jernbanespor når de kjører fra hovedport og inn i terminalen til ACN. Det er ikke beregnet belegg på planovergangen. Men simuleringene viser at veinettet bryter sammen når den er stengt i mer enn 4 minutter både ved 9% og 10% av samlet trafikk per time (dvs. at planovergangen med kryss er en flaskehals).

I simuleringen var det antatt at 57% av totaltrafikken betjenes på ACN og at 43% betjenes i Modul A på ACS. I Referansealternativet blir en større andel av trafikken betjent på ACN. Vi kan anta at fordelingen av biltrafikk til ACN og ACS er proporsjonal med antall lastespormeter. Lastesporene på «Gamla» utgjør ca. 11% av alle lastespormeter. I analysen fra 2009 er det videre forutsatt at ca. 20% av godstrafikken går til/fra Lastegate 1 på ACN mellom kranmodul og Post nord og trenger derfor ikke krysse planovergangene. Vi kan anta at tilsvarende gjelder for Referansealternativet. Videre er det en andel av trafikken i lastegaten mellom c08 og c21 som går via kulvert i 4.8.3 mens all denne trafikken går via planovergangene i Referanse. Vi antar at halvparten av trafikken til c08/c21 benytter kulvert og halvparten vil benytte planovergangene. Samlet lengde på c08 og c21 utgjør ca. 17% av samlet lastespormeter i 4.8.3.

Andel av trafikken som vil benytte planovergangen i 4.8.3 kan grovt anslås til:

$$57\% - 0,57 * 20\% - 0,57 * 0,5 * 17\% = 41\%$$

Og i 4.8.3 implementering til:

$$57\% - 0,57 * 20\% = 46\%$$

I Referanse blir tilsvarende andel:

$$89\% - 0,89 * 20 = 71\%$$

Antall kjøretøyer er 11% lavere i forutsetningene vi har gjort i Alnabru Fase II for betjening av 1,1 millioner TEU per år (se seksjon 2.1.1). Vi kan anta en belastning på 1,1 millioner TEU tilsvarer $0,89 * 95\% = 85\%$ belegg i innsjekkingen (basert på at en andel vil gå direkte til «Gamla» i Referanse men ikke i 4.8.3). Vi antar det samme for planovergangen. Ved en belastning på 1,1 millioner TEU vil belegget på planovergangen i Referanse dermed utgjøre $(71\%/41\%)*(100\%-11%)*(0,85) = 132\%^3$.

Hvis vi antar at belastningen ikke bør overskride 70%, kan vi dermed anslå at samlet kapasitet i Referanse vil være begrenset til $1,1/132\%*70\% = 587\ 000$ TEU per år.

I tillegg er det gjort en egen vurdering av veg- og bomtrafikk i referanse som del av kapasitetsanalysene i Alnabru Fase II (ETC februar 2018). ETC (februar 2018) påpeker at det er fire kryssinger i plan mellom vei og bane på ACN. De skriver at simuleringene viste at det bygde seg opp lange køer ved planovergangene i høytrafikktimer (s.254). ETC konkluderer med at det interne veisystemet kan betjene i størrelsesorden 550 000-700 000 TEU. De konkluderer videre at hovedporten kan oppnå en kapasitet på 700 000 – 900 000 TEU dersom den oppgraderes.

Ut fra en samlet vurdering av analysene i hovedplanarbeidet fra 2009 og ETC i Alnabru fase 2 antar vi at veikapasiteten i referansealternativet er begrenset til omtrent 600 000 TEU/år i 2040, og at vi på grunn av jevnere døgntrafikk kan anta at den øker til 650 000 frem mot 2060.

For Implementering 4.8.3 er det forutsatt ny hovedport som i full 4.8.3. I seksjon 2.1 kom vi frem til at veisystemet i 4.8.3 kan betjene ca. 1,5 mill. TEU/år. I 4.8.3 mangler sidekulvert til den nordligste delen av ACN. I 4.8.3 utgjør trafikken i sidekulverten ca. $0,5 * 17\%$. Denne trafikken må gå over planovergangene i Imp 4.8.3. Ut fra dette anslår vi at veikapasiteten i Imp 4.8.3 vil være ca. $(100\% - 8,5\%) * 1,5 = 1,4$ mill. TEU/år, og at vi på grunn av jevnere døgntrafikk kan anta at den øker til 1,5 mill. frem mot 2060.

³ Det siste leddet (0,85) viser forventet belegg på planovergangen med dagens hovedport og hovedplan-konsept fra 2010 med trafikkprognoser fra hovedplan-arbeidet fra 2010. Det nest siste leddet viser at det er litt mindre trafikk i prosjektforutsetningene for Alnabru Fase II. Det første leddet får frem hvor mye mer av trafikken som må gå over planovergangen i Referanse.

3 Oppsummering og rangering

Kapasitetsanalysene for vei er gjennomført på ulike tidspunkter med til dels ulike forutsetninger. Det som er avgjørende for hvilken kapasitetsutnyttelse vi får på vei i de gjenværende konseptene, er antall kjøretøy til og fra terminalen og døgnfordeling av disse. Når vi har vurdert resultater fra kapasitetsanalysene, har vi sett resultatene i forhold avvik mellom forutsetninger for tidligere analyser og prosjektforutsetningene i Alnabru Fase II om antall kjøretøy til og fra terminalen.

Vi har rangert veiløsningene på følgende skala fra 1-5:

- 1: Konseptet gir en nedgang eller kan betjene de samme godsmengder som i dagens situasjon
- 2: Konseptet kan betjene større godsmengder enn i dagens situasjon, men vi oppnår ingen av målene
- 3: Konseptet kan betjene godsmengdene i 2040, men vi oppnår ikke målene for 2060
- 4: Konseptet kan betjene godsmengdene i 2040 og 2060
- 5: Konseptet kan betjene mer enn målene for 2040 og 2060

Ut fra tegningsgrunnlag, kvantitative resultater og vurderinger i forhold til trafikkgrunnlag har vi kommet frem til at:

- Referansealternativet har en score på 2
- 3.7 og imp 3.7 har en score på 5
- 4.8.3 og Imp 4.8.3 scorer 5