

KVU Nord-Norgebanen

Kapasitetsanalyse

23.08.2023



VERSJONER

Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Kontroll	Godkjent
30.06.2023	Høringsutkast	SW	CH	AJ
23.08.2023	Kommentarer innarbeidet	SW	CH	AJ/NFH

Dette notatet er utarbeidet i forbindelse med Alternativanalysen i KVU Nord-Norgebanen, 2023. Det er Multiconsult AS som er hovedleverandør med Anders Jordbakke/Nina Fjeldheim Hoelsæter som prosjektleder. Christine Handstanger fra Infracore AS har ledet kapasitetsanalysen med bidrag fra Simon Wimmer og Michele Prisma fra Trenolab.

INNHOOLD

1	BEREGNING AV ANTALL KRYSSINGSSPOR	4
2	METODE OG FORUTSETNINGER.....	5
2.1	GRUNNLAGSDATA	5
2.1.1	<i>Forutsetninger og grunnlagsdata for Nord-Norgebanen</i>	<i>5</i>
2.1.2	<i>Forutsetninger og grunnlagsdata for eksisterende baner</i>	<i>5</i>
2.2	METODE	6
2.2.1	<i>Beskrivelse av metode benyttet for Nord-Norgebanen</i>	<i>6</i>
2.2.2	<i>Beskrivelse av metode benyttet for eksisterende baner</i>	<i>7</i>
2.3	EKSEMPEL PÅ RUTEMODELL.....	8
3	RESULTATER.....	9
3.1	KONSEPT A2 (OG A3): NORD-NORGEBANEN, FAUSKE-TROMSØ (MED ARM TIL HARSTAD I A2)	9
3.1.1	<i>Beregninger for Nord-Norgebanen</i>	<i>9</i>
3.1.2	<i>Rutemodell for A2 Nord-Norgebanen</i>	<i>10</i>
3.1.3	<i>Beregninger for eksisterende baner</i>	<i>12</i>
3.2	KONSEPT A4: NORD-NORGEBANE, NARVIK-TROMSØ	14
3.2.1	<i>Beregninger for Narvik-Tromsø</i>	<i>14</i>
3.2.2	<i>Rutemodell for A4 Narvik-Tromsø.....</i>	<i>15</i>
3.2.3	<i>Beregninger for eksisterende baner</i>	<i>15</i>
3.2.4	<i>Rutemodell for A4 Eksisterende baner - Ofotbanen</i>	<i>16</i>
3.3	KONSEPT A1: VIDERE UTVIKLING AV EKSISTERENDE INFRASTRUKTUR	17
3.4	FØLSOMHETSANALYSE AV KONSEPT A1	19
3.4.1	<i>Konsept A1 med økt godstrafikk</i>	<i>19</i>
3.4.2	<i>Konsept A1 med økt persontrafikk</i>	<i>21</i>
3.5	FLASKEHALSER SØR FOR STEINKJER	22
4	REFERANSER.....	23

Vedlegg 1: Beregninger av antall kryssingsspor sør for Steinkjer.

1 BEREGNING AV ANTALL KRYSSINGSSPOR

I dette studiet beregnes antall kryssingsspor som behøves for å kunne kjøre togtilbudet beskrevet i konseptene A1, A2, A3 og A4. Analysen omfatter kun strekninger og ikke hensettings-, verksteds- vende- eller banestrømforsyningskapasitet. Beregnet antall kryssingsspor skal inngå i kostnadsberegningene.

Antall kryssingsspor ble beregnet for følgende konsepter:

- A1: Videreutvikling av dagens infrastruktur [3]. Dette konseptet medfører økt trafikk på Nordlandsbanen og sannsynligvis på Dovrebanen.
 - For A1 ble det utført en følsomhetsanalyse med mere trafikk:
 - A1-mere godstrafikk [4].
 - A1-mere persontrafikk [5].
- A2: Full utbygging av Nord-Norgebanen, Fauske-Tromsø med arm til Harstad. Dette konseptet gir økt trafikk på Nordlands- og Dovrebanen [1].
- A4: Delvis utbygging av Nord-Norgebanen med Narvik-Tromsø. Dette konseptet gir økt trafikk på Ofotbanen [2].

Beregninger for konsept A3, Nord-Norgebanen Fauske-Tromsø (uten arm til Harstad), er dekket gjennom beregningene til konsept A2.

2 METODE OG FORUTSETNINGER

2.1 Grunnlagsdata

Beregningene er utført med grunnlagsdata fra Jernbanedirektoratet og Bane NOR. Forutsetninger og grunnlagsdata for beregning av antall kryssingsspor er gitt i 2.1.1 og 2.1.2.

2.1.1 Forutsetninger og grunnlagsdata for Nord-Norgebanen

- Strekningens lengde på overordnet nivå (trasédata).
- Linjehastighet for godstog 100 km/h. Linjehastighet til persontog var ikke kjent og ble antatt til 100 km/h.
- Stigningen var ukjent og ble satt til 0 promille. Usikkerhet tilknyttet stigning blir justert i kjøretidstillegget.
- Tilbudskonsept som beskriver antall avganger per dag med angivelse av tidsrom for avgang, se kapittel 1.
- I beregningen av antall kryssingsspor benyttes gjennomsnittlig framføringshastighet $v = 90$ km/h for gods- og persontog. Det er flest godstog på Nord-Norgebanen, derfor er godstog dimensjonerende for valg av hastighet i denne beregningen.
- Det forutsettes at stasjonene Setermoen, Bardufoss, Storsteinnes og Evenes bygges som to-spors stasjoner. I en eventuell forprosjektfase kan denne forutsetningen revurderes. Bjerkvik er forgreningstasjon. Harstad og Tromsø er endestasjoner. Disse vil kunne kreve flere enn to spor.

Beregning av framføringstider for bruk i rutemodellavhengige tilleggsvurderinger:

- Jernbanedirektoratets standard for rutemodeller benyttes [6].
- Generell beskrivelse av rullende materiell for godstog [7]. For godstog ble elektrisk 6-akslet lokomotiv benyttet (modelltog: 1400 tonn, 600 m, 6600 kW). For persontog ble FJ006 benyttet (modelltog: 300 tonn, 110 m, 3000 kW, 200 km/h).
- For godstog benyttes minste tekniske kjøretid med 10 % kjøretidstillegg og 2 % i usikkerhetstillegg for å hensynta stigning og andre forhold med påvirkning på framføringstiden.
- For persontog benyttes minste tekniske kjøretid. På Nord-Norgebanen benyttes 100 km/h, selv om det forventes at linjehastigheten blir høyere.

2.1.2 Forutsetninger og grunnlagsdata for eksisterende baner

- Det forutsettes at alle kryssingsspor i eksisterende infrastruktur er lange nok til kryssing med 600 m lange godstog.
- Elektrifisering av Nordlandsbanen. For persontog er dette forutsatt å utgjøre 3 % i kjøretidsgevinst.
- Tilbudskonsept som beskrevet i 2.1.1.
- Rullende materiell som beskrevet i 2.1.1.
- I beregningen benyttes gjennomsnittlig framføringshastighet $v=80$ km/h. Denne hastigheten er lavere enn 90 km/h for Nord-Norgebanen. Lavere hastighet benyttes fordi geometrien vanligvis ikke tillater høyere hastigheter.
- For beregninger sør for Steinkjer (gitt i vedlegg), ble forutsetninger tilknyttet tilbudskonsept gitt av Jernbanedirektoratet. Disse beregningene benyttes i vurderinger av flaskehalser.

2.2 Metode

Fremtidens ruteplan for Nord-Norgebanen og eksisterende baner er ikke kjent. Derfor benyttes en ruteuavhengig metode for å beregne antall kryssingsspor. Det betyr at resultatet fra beregningen skal kunne fungere for mange forskjellige ruteplaner. Jernbanedirektoratets standard for kapasitetsplanlegging benyttes [8]. Til slutt ble det utarbeidet eksempler på rutemodeller for å visualisere tilbudskonseptene.

2.2.1 Beskrivelse av metode benyttet for Nord-Norgebanen

Trinn 1: Infrastrukturen deles inn i strekninger. Hver strekning har likt antall tog per døgn.

Trinn 2: Beregne antall minutter i kjøretid mellom hvert kryssingsspor:

Antall minutter mellom hver avgang og retning = T/N_1

T = tid, for eksempel 24 timer.

Antall tog N_1 består av summen av gods- og persontog per retning.

For å finne kjøretiden frem til kryssing med tog i motsatt retning, divideres det på totalt antall tog N, der

$N = N_1 + N_2$, og N_2 er antall tog i motsatt retning.

Antall minutter kjøretid mellom hver kryssing = T/N

Denne beregningen gir kjøretiden mellom hver kryssing. Beregningen gir minste antall kryssingsspor og inneholder ingen reservekryssinger. For å oppnå en robust løsning, forutsettes det én kryssingsmulighet i reserve på hver side av kryssingssporet. Det betyr at toget passerer to reservekryssingsspor før det må krysse med motgående tog. Dette innebærer en tredeling av strekningen (kjøretiden).

Antall minutter kjøretid mellom hver kryssing divideres derfor på 3.

Antall minutter kjøretid mellom hvert kryssingsspor $T_x = (T/N)/3$.

Trinn 3: Beregne antall km mellom hvert kryssingsspor:

Antall km mellom hvert kryssingsspor:

$L = v \cdot T_x$, der L er avstanden mellom to kryssingsspor.

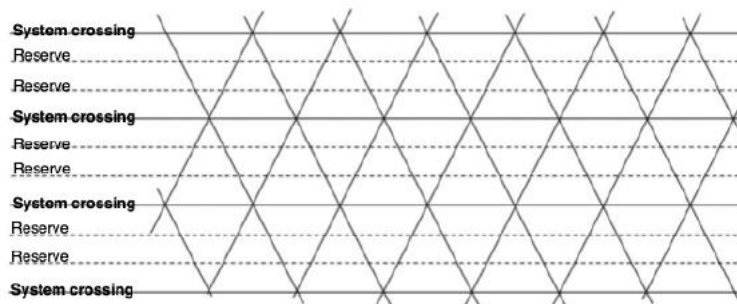
'v' er hastigheten til toget.

Trinn 4: Beregne antall kryssingsspor

Antallet kryssingsspor beregnes ved å ta lengden S på strekningen og dividere med lengden L mellom to kryssingsspor:

Antall kryssingsspor = S/L

Figur 2-1 illustrerer prinsippet for metoden i en grafisk rutemodell.



Figur 2-1: Prinsipp for inndeling av strekning med kryssingsspor inklusive reservekryssinger.

Eksempel:Trinn 1:

$N = 30$ tog per døgn, $T = 24$ timer, $S = 180$ km, $v = 90$ km/h (25 m/s)

Trinn 2:

Antall minutter kjøretid mellom hver kryssing = T/N .

= 24 timer/ 30 tog, $\rightarrow 0,8$ time (48 minutter mellom hver kryssing).

Antall minutter kjøretid mellom hvert kryssingsspor $T_x = (T/N)/3$.

$T_x = 48$ minutter / 3 = 16 minutter (960 sekunder) mellom hvert kryssingsspor.

Trinn 3: Antall km mellom hvert kryssingsspor

$$L = v \cdot T_x$$

$L = 25$ m/s \cdot 960 sekunder = 24 000 m, $\rightarrow 24$ km.

Med dimensjonerende hastighet v på 90 km/h, blir dette 24 km mellom hvert kryssingsspor.

Trinn 4: Antall kryssingsspor

$S/L = 180$ km/24 km $\rightarrow 8$ kryssingsspor.

Antall kryssingsspor kan bli justert opp dersom obligatoriske stoppesteder (stasjoner) ikke gir ønsket inndeling av strekningen.

Eksempel:

Bjerkvik-Storsteinnes, der Setermoen stasjon kommer i tillegg til de to beregnede kryssingsspor (3.1.1).

Metoden beskriver at avstanden mellom kryssingsspor ikke skal overstige 50 km. En skjønnsmessig vurdering av lengden er gjort i tilfeller der den beregnede lengden er litt over 50 km og trafikkmengden er lav.

Metoden er overordnet modell, det betyr at den inneholder mange forenklinger. For eksempel vil forutsetningen gitt i 2.1.2 om at alle kryssingsspor i eksisterende infrastruktur er lange nok til kryssing med 600 m lange godstog ikke gi et korrekt bilde. Eksisterende strekninger er dominert av persontog. Metoden skiller ikke på person- eller godstog. Derfor kan det være at antallet nye kryssingsspor på eksisterende bane er overestimert. En videreutvikling av metoden bør vurderes i neste planfase.

2.2.2 Beskrivelse av metode benyttet for eksisterende baner

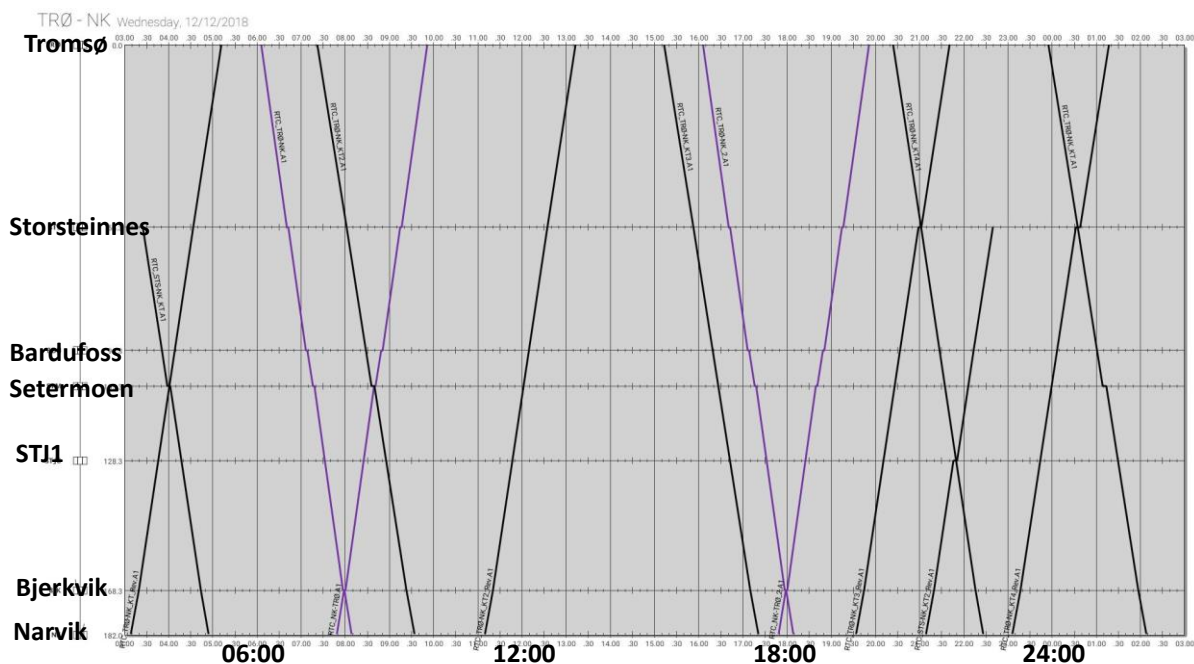
Trinn ble 1-4 gjentatt for eksisterende baner. Deretter ble antall kryssingsspor beregnet sammenlignet med antall kryssingsspor på eksisterende strekning og eventuell differanse notert. Dersom avstanden mellom to kryssingsspor var lengre i eksisterende infrastruktur enn den beregnede avstanden, ble dette registrert som enda et kryssingsspor.

På strekningen Steinkjer-Støren og Lillehammer-Hamar ble metoden for beregning av antall kryssingsspor tilpasset togtilbudet. Dette tilbudet har høy andel persontog og trafikken er høyere i rushtiden enn utenom rushtiden. Avstanden mellom kryssingene ble lav, og dobbeltspor måtte derfor vurderes. Metoden ble derfor justert. I stedet for en tredeling av strekningen ble strekningen delt inn i 5 deler. Dette ga 4 «reservekryssinger» mellom kryssingsspor. Dette er to «reservekryssinger» mer enn ved en tredeling av strekningen.

2.3 Eksempel på rutemodell

Det ble utarbeidet eksempler på rutemodeller for å visualisere hvordan tilbudskonseptet kan operasjonaliseres. I dette arbeidet ble det utført enkelte tilpasninger i avgangstidsrom for noen av togene.

En grafisk fremstilling av en rutemodell er et veg-tid-diagram, der y-aksen angir strekning og x-aksen angir tiden. Linjene i diagrammet angir posisjonen til togene. Lilla linjer viser persontog og svarte linjer viser godstog. Figur 2-2 viser eksempel på en grafisk framstilling av en rutemodell.



Figur 2-2: Eksempel på grafisk fremstilling av en rutemodell.

Kjøretiden til toget ble beregnet i ruteplanleggingsverktøyet *trenissimo*.

Kjøretiden til toget inkluderer kjøretidstillegg. Kjøretidstillegget inkluderer tidstap for retardasjon, akselerasjon og oppholdstid. Fordi strekningens lengde er basert på trasédata, ble usikkerhet tilknyttet linjeføring lagt til. For godstog ble 10 % i kjøretidstillegg og 2 % i tillegg for usikkerhet tilknyttet linjeføring forutsatt. For persontog ble minste tekniske kjøretid benyttet, det vil si uten kjøretidstillegg.

Sett i arbeidstrinn «lage rutemodell». For at en rutemodell skal kunne testes (avsnittet under), må den logisk sett konstrueres først, og dette trinnet bør beskrives. I dette trinnet kan det avdekkes at tilbudskonseptet ikke lar seg operasjonalisere på den gitte infrastrukturen. Når dette er tilfellet, kan enten

- tilbudskonseptet justeres, for eksempel ved å endre døgnfordelingen, eller
- den forutsatte infrastrukturen suppleres/justeres.

Rutemodellen ble deretter testet for om den fungerte ved å kjøre en deterministisk simulering. I en deterministisk simulering simuleres rutemodellen uten at det tilføres forsinkelser.

3 RESULTATER

3.1 Konsept A2 (og A3): Nord-Norgebanen, Fauske-Tromsø (med arm til Harstad i A2)

Konsept A2 er likt med konsept A3, med unntak av at strekningen Bjerkvik-Harstad utgår i konsept A3. Kapittel 3.1 vil derfor kun omhandle konsept A2. Resultatene vil være like for konsept A3.

3.1.1 Beregninger for Nord-Norgebanen

Nord-Norgebanen kan deles inn i 6 strekninger, fremstilt i Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Oversikt over strekninger og antall gods- og persontog per døgn, sum begge retninger (N).

Strekning	Antall godstog/ døgn	Antall persontog/døgn	SUM
Fauske-Narvik	26	4	30
Narvik-Bjerkvik	26	8	34
Bjerkvik-Storsteinnes	14	4	18
Storsteinnes-Tromsø	8	4	12
Bjerkvik-Evenes	12	4	16
Evenes-Harstad	0	4	4

I Tabell 3-2 vises resultatet fra beregningen for antall kryssingsspor basert på metoden. Forutsatt en gjennomsnittlig framføringshastighet på 90 km/h, blir beregnet antall kryssingsspor 7 for strekningen Fauske -Narvik. Nord for Narvik må alt bygges nytt. For Bjerkvik-Storsteinnes blir antallet beregnede kryssingsspor 2. På strekningen ligger Setermoen og Bardufoss. For å oppnå jevne avstander mellom stasjonene, kreves det 3 stasjoner mellom Bjerkvik og Storsteinnes. De andre strekningene er kortere enn beregnet lengde mellom kryssingssporene og antall blir derfor null.

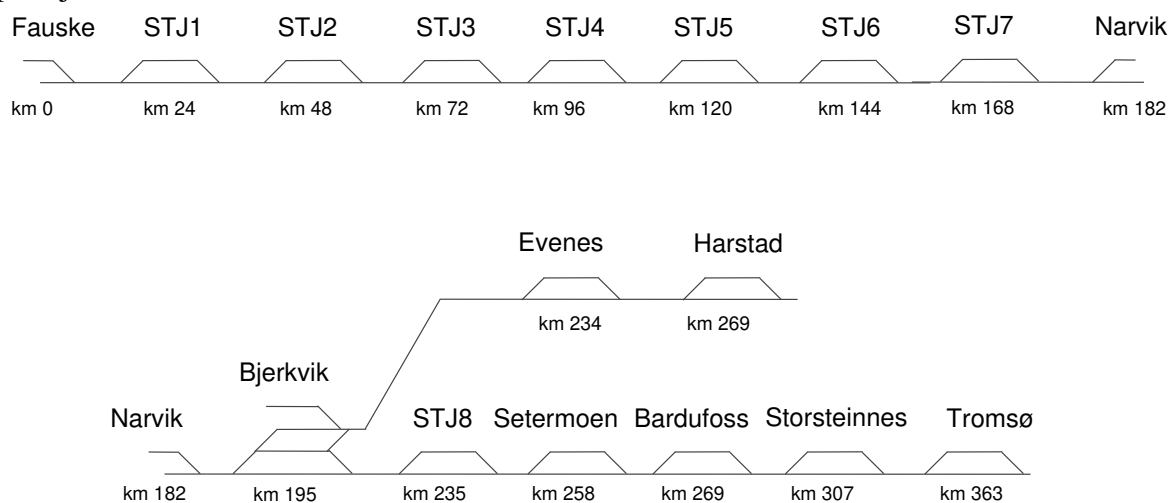
Samlet må 15 stasjoner bygges. Syv av disse ligger sør for Narvik.

Tabell 3-2: Oversikt over strekninger og beregnet antall kryssingsspor.

Strekning	Avstand S [km]	Lengde mellom x- spor, L, [km]	Hastighet v [km/h]	Beregnet antall x-spor
Fauske-Narvik	180	24	90	7
Narvik-Bjerkvik	14	21	90	0
Bjerkvik-Storsteinnes	112	40	90	2
Storsteinnes-Tromsø	56	60	90	0
Bjerkvik-Evenes	39	45	90	0
Evenes-Harstad	35	utelatt	90	0

Figur 3-1 viser en skjematisk fremstilling av Nord-Norgebanen for A2 med kryssingssporene. Kryssingssporene med betegnelsene STJ1-STJ8 er navngivelse i modellen og har ingen tilknytning til geografisk beliggenhet. Kryssingssporene er angitt med km for plassering fra 0-

punktet i km på Fauske. Plasseringen er den beregnede km, og er ingen eksakt angivelse for posisjonen.

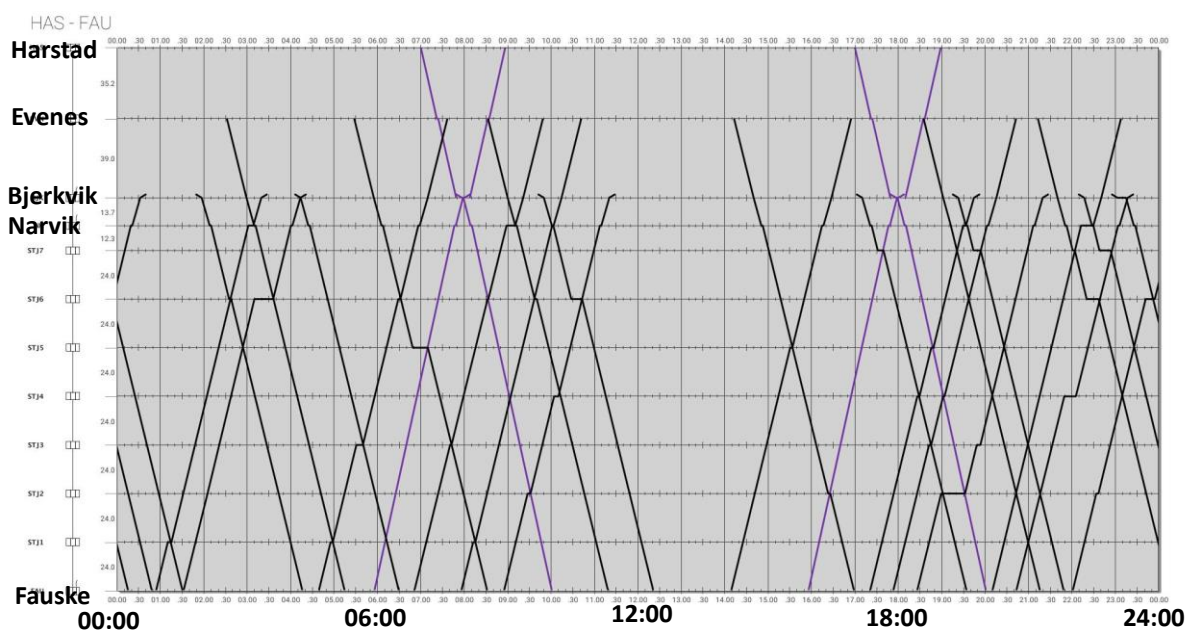


Figur 3-1: Skjematisk fremstilling av kryssingsspor for A2 på Nord-Norgebanen.

3.1.2 Rutemodell for A2 Nord-Norgebanen

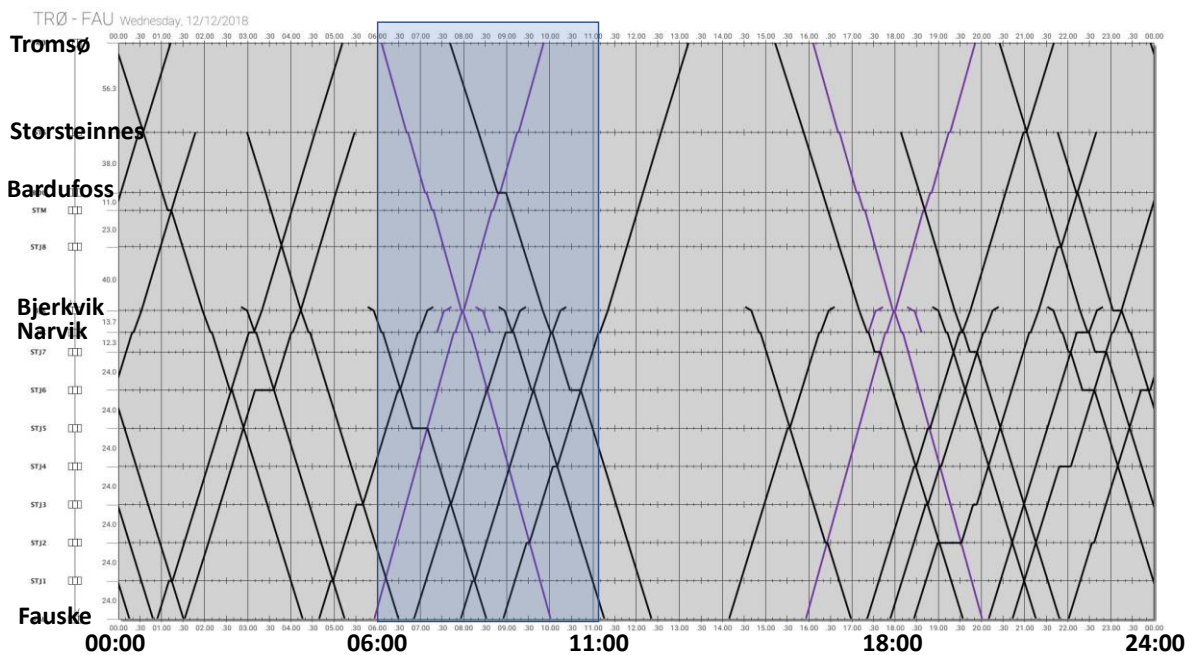
Det ble utarbeidet et eksempel på rutemodell for A2. I Figur 3-2 vises grafisk eksempel på rutemodell for A2 for strekningen Harstad-Fauske.

En grafisk fremstilling av en rutemodell er et veg-tid-diagram, der y-aksen angir strekning og x-aksen angir tiden. Linjene i diagrammet er toget. De svarte linjene fremstiller godstog og lilla linjer viser persontog.



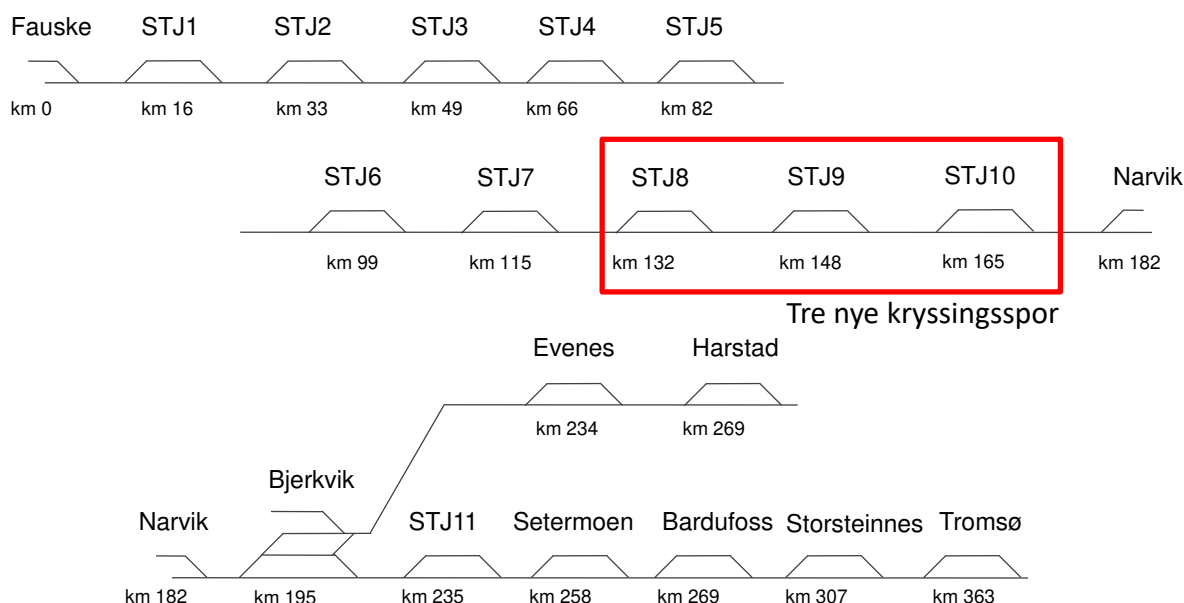
Figur 3-2: Eksempel på rutemodell for strekningen Harstad-Fauske. Y-aksen viser strekning og x-aksen viser tidsrom (00.00-24:00). Svarte linjer illustrerer godstog og lilla linjer viser persontog.

I Figur 3-3 vises eksempel på rutemodell for strekningen Tromsø-Fauske. Mellom klokken 06:00 og klokken 11:00 går det 9 tog mellom Fauske og Narvik, vist med blå skravur. I tilbudskonseptet går godstog ikke med jevne intervaller. Det kan derfor oppstå fortettinger av godstog, slik rutemodellen viser klokken 09:00-11:00. For å gjøre denne rutemodellen mere robust mot forsinkelser, ble antallet tog mellom Fauske og Narvik lagt til grunn for ny beregning av antall kryssingsspor. Dette gir en avstand mellom kryssingsspor på 16,5 km i stedet for 24 km, oppgitt i Tabell 3-2. Antall kryssingsspor øker fra 7 til 10.



Figur 3-3: Eksempel på rutemodell for strekningen Harstad-Fauske. Y-aksen viser strekning og x-aksen viser tidsrom (00.00-24:00). Svarte linjer illustrerer godstog og lilla linjer viser persontog. Klokken 06:00-11.00, vist med blå skravur, går det 9 tog mellom Fauske og Narvik.

I Figur 3-4 vises en skjematisk fremstilling av strekningene Fauske-Narvik, Narvik Tromsø og Narvik-Harstad. Kryssingssporene med betegnelsene STJ1-STJ11 er navngivelse i modellen og har ingen tilknytning til geografisk beliggenhet.



Figur 3-4: Skjematisk fremstilling av strekningen Fauske til Tromsø og Harstad. I rød ramme vises de 3 nye kryssingssporene som anbefales tilført strekningen for å gjøre rutemodellen robust.

Samlet må 18 stasjoner bygges. Ti av disse ligger sør for Narvik.

3.1.3 Beregninger for eksisterende baner

Nordlandsbanen

Nordlandsbanen mellom Fauske og Steinkjer kan deles inn i 5 strekninger (trinn 1 i metoden).

Tabell 3-3 gir en oversikt over avstand mellom kryssingssporene per strekning, trinn 1-3 i metoden.

Tabell 3-3: Oversikt over strekninger og antall gods- og persontog per døgn, sum begge retninger (N).

Strekning	Avstand S [km]	Antall tog N	Tid mellom x-spor [min]	Avstand mellom x-spor [km]
Fauske-Rognan	26,5	47	10,2	13,6
Rognan-Ørtfjell	113	40	12	16
Ørtfjell-Mo i Rana	37	58	8,3	11
Mo i Rana-Mosjøen	92	42	11,4	15,2
Mosjøen-Steinkjer	280,5	38	12,6	16,8

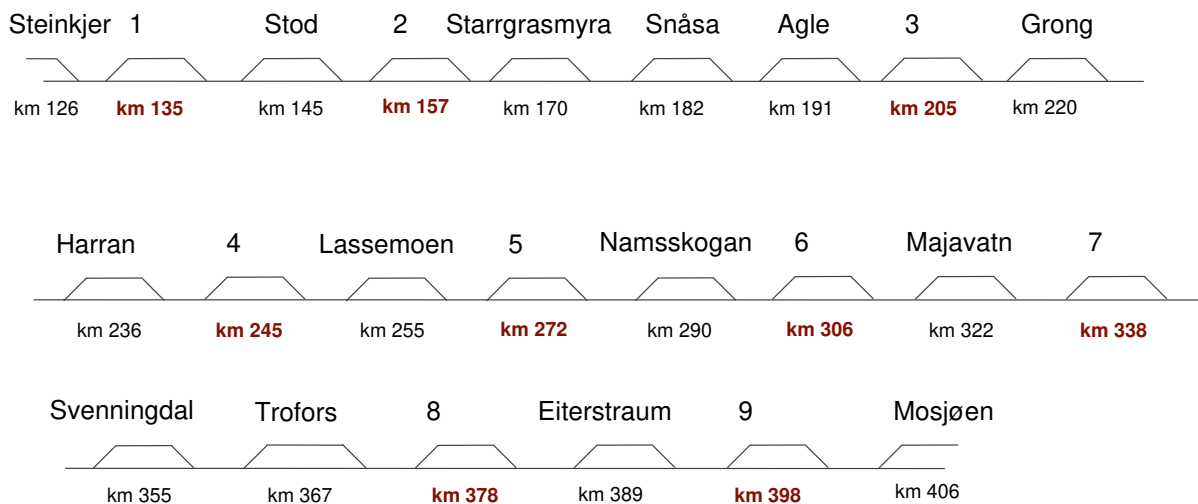
Tabell 3-4 viser beregnet antall kryssingsspor, kolonne tre fra venstre (trinn 4 i metoden). Differansen mellom beregnet antall kryssingsspor og antall i eksisterende infrastruktur beregnes, kolonne 4 fra venstre.

I eksisterende infrastruktur varierer avstanden mellom kryssingssporene. Lengste avstand mellom to kryssingsspor er oppgitt i kolonne 5 fra venstre. Dersom beregnet lengde mellom kryssingsspor er lavere enn kryssingssporlengden i eksisterende infrastruktur, så behøves enda ett kryssingsspor. Antallet nye kryssingsspor er rundet av oppover for å gi en robust infrastruktur. For eksempel har strekningen Mosjøen-Steinkjer 5 kryssingssporavstander som er lengre enn 17 km. Dette gir 5 nye kryssingsspor utover de 4 allerede beregnede kryssingssporene. For strekningen Mosjøen-Steinkjer blir totalt antall kryssingsspor 9. Totalt antall nye kryssingsspor er angitt i høyre kolonne.

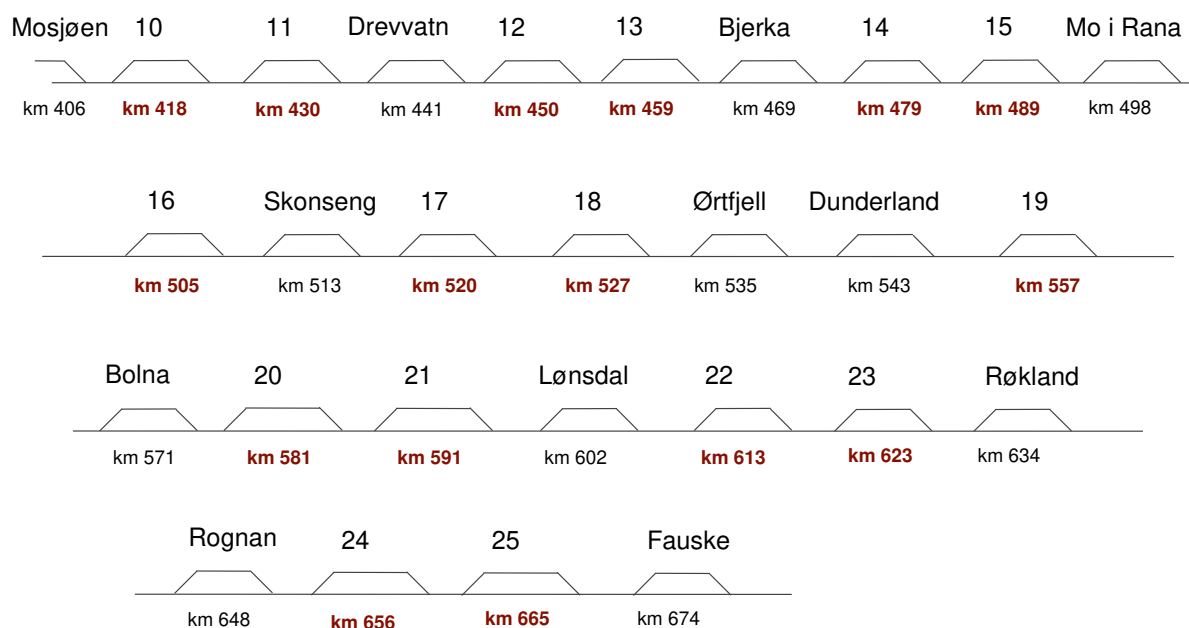
Tabell 3-4: Oversikt over strekninger og beregnet antall kryssingsspor.

Strekning	Antall x-spor i dag	Antall x-spor beregnet	Differanse i antall x-spor	Lengste x-spor avstand i dag [km]	Totalt antall nye x-spor
Fauske-Rognan	0	1	1	26,5	2
Rognan-Ørtfjell	4	7	3	31,6	5
Ørtfjell-Mo i Rana	1	3	2	22,1	3
Mo i Rana-Mosjøen	2	6	4	34,7	6
Mosjøen-Steinkjer	12	16	4	35,6	9
SUM					25

I Figur 3-5 og Figur 3-6 vises skjematisk inndelingen av Nordlandsbanen. Med rød skrift fremstilles plassering av nye kryssingsspor. Plasseringen i km er den beregnede km, og det er ingen eksakt angivelse.



Figur 3-5: Skematisk fremstilling av Nordlandsbanen fra Steinkjer til Mosjøen. Rød skrift angir nytt kryssingsspor.



Figur 3-6: Skjematisk fremstilling av Nordlandsbanen fra Mosjøen til Fauske. Rød skrift angir nytt kryssingsspor.

3.2 Konsept A4: Nord-Norgebane, Narvik-Tromsø

3.2.1 Beregninger for Narvik-Tromsø

Narvik-Tromsø kan deles inn i 2 strekninger, fremstilt i Tabell 3-5.

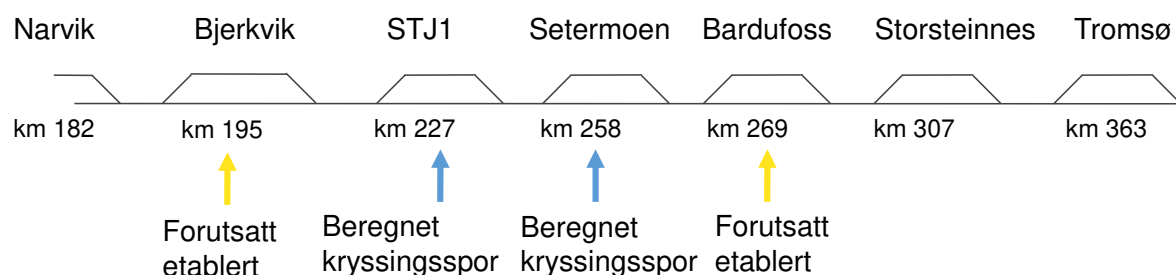
Tabell 3-5: Oversikt over strekninger og antall gods- og persontog per døgn, sum begge retninger (N).

Strekning	Antall godstog/ døgn	Antall persontog/døgn	SUM
Narvik-Storsteinnes	10	4	14
Storsteinnes-Tromsø	8	4	12

I Tabell 3-6 vises resultatet fra beregningen for antall kryssingsspor. Det behøves to kryssingsspor (STJ1 og Setermoen) mellom Narvik og Storsteinnes. Setermoen, som er en planlagt stasjon, ligger i område til det ene kryssingsspoet. I tillegg kommer stasjonene Bjerkvik og Bardufoss. En skjematisk oversikt over strekningen Narvik til Tromsø er gitt i Figur 3-7.

Tabell 3-6: Oversikt over strekninger og beregnet antall kryssingsspor.

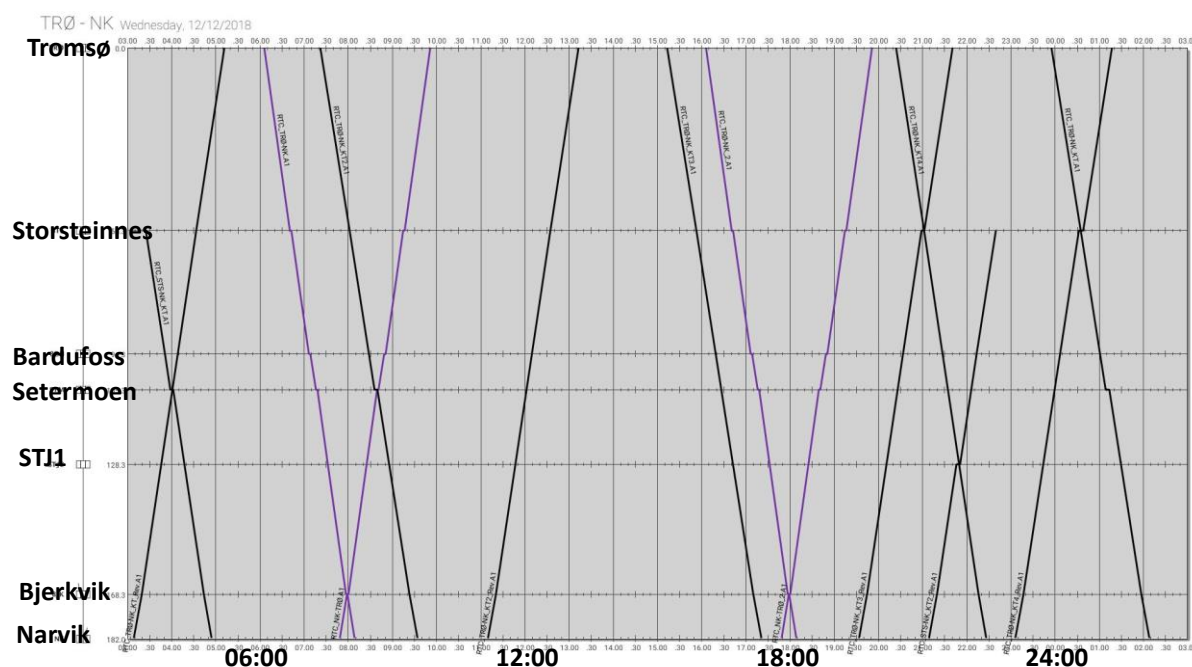
Strekning	Avstand S [km]	Lengde mellom x- spor, L, [km]	Hastighet v [km/h]	Beregnet antall x-spor
Narvik-Storsteinnes	126	51	90	2
Storsteinnes-Tromsø	56	60	90	0



Figur 3-7: Skjematisk fremstilling av kryssingsspor for A4 for strekningen Narvik-Tromsø.

3.2.2 Rutemodell for A4 Narvik-Tromsø

I Figur 3-8 vises eksempel på rutemodell for tilbudskonsept A4. Rutemodellen viser at persontog krysser i Bjerkvik. Godstog krysser i Storsteinnes og STJ1. Godstog krysser med persontog i Setermoen.



Figur 3-8: Eksempel på rutemodell for strekningen Narvik-Tromsø. Y-aksen viser strekning og x-aksen viser tidsrom (03:00-03:00). Svarte linjer illustrerer godstog og lilla linjer viser persontog.

3.2.3 Beregninger for eksisterende baner

Ofofbanen

Ofofbanen (Narvik-Vassijaure), kan deles inn i to strekninger (trinn 1 i metoden).

Tabell 3-7 gir en oversikt over avstand mellom kryssingssporene per strekning.

Tabell 3-7: Oversikt over strekninger og antall gods- og persontog per døgn sum begge retninger (N).

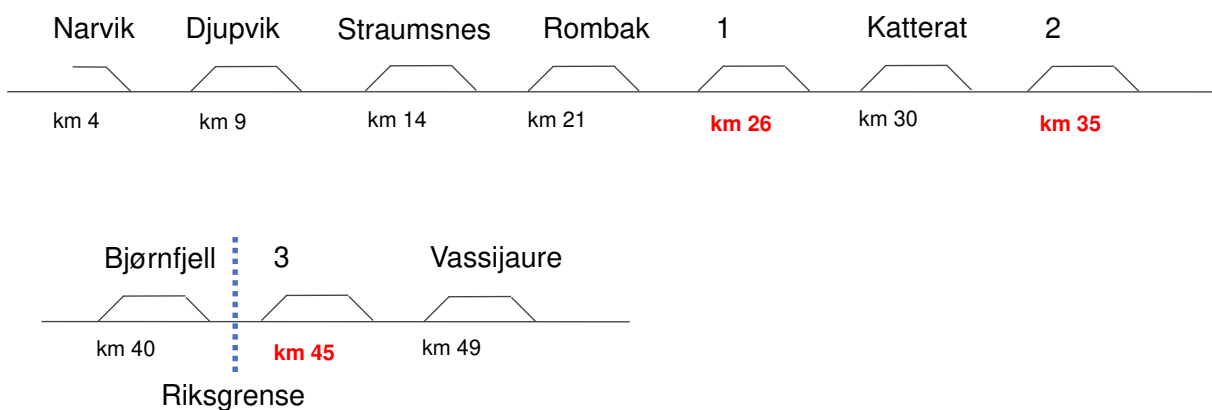
Strekning	Avstand S [km]	Antall tog N	Tid mellom x-spor [min]	Avstand mellom x-spor [km]
Narvik-Djupvik	4,7	64	7,5	7,5
Djupvik-Vassijaure	40,7	66	7,3	7,3

I Tabell 3-8 vises beregnet antall kryssingsspor og totalt antall nye kryssingsspor. Beregningen viser at behovet er 5 kryssingsspor mellom Djupvik og Vassijaure. For å oppnå minimum 7,3 km mellom kryssingssporene, kreves det ytterligere to kryssingsspor. Totalantallet nye kryssingsspor blir derfor tre. Av disse ligger to i Norge og ett i Sverige.

Tabell 3-8: Oversikt over strekninger og beregnet antall kryssingsspor.

Strekning	Antall x-spor i dag	Antall x-spor beregnet	Differanse i antall x-spor	Lengste x-spor avstand i dag [km]	Totalt antall nye x-spor
Narvik-Djupvik	0	0	0	4,7	0
Djupvik-Vassijaure	4	5	1	10,4	3
SUM					3

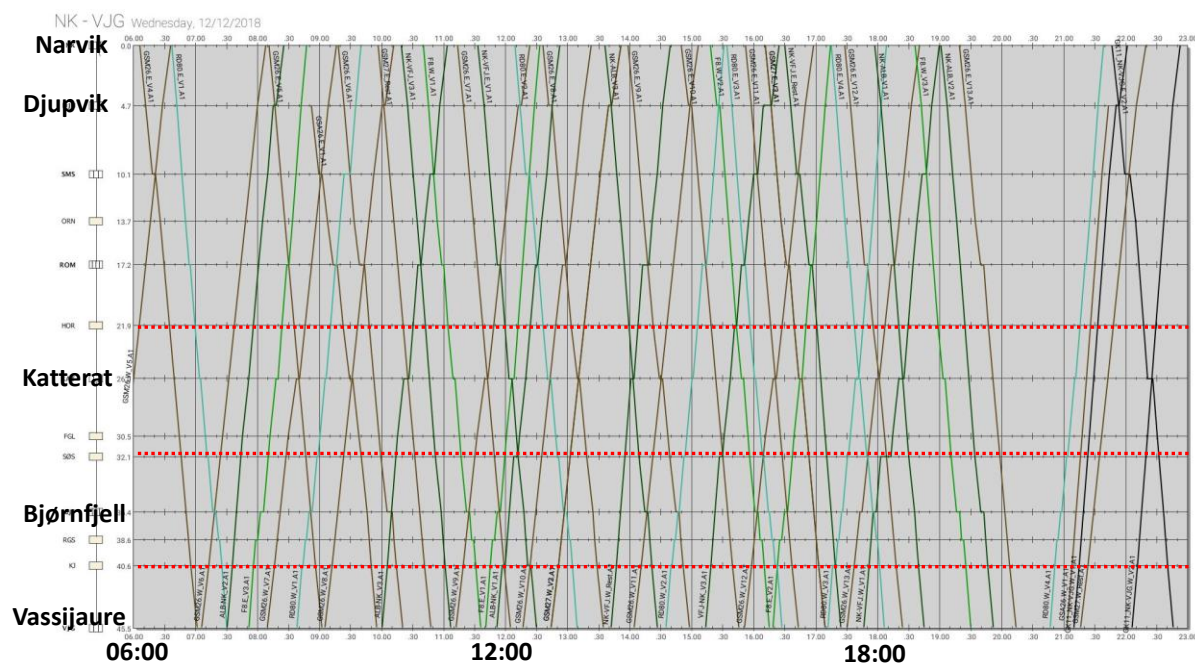
En skjematisk oversikt over strekningen Narvik til Vassijaure er gitt i Figur 3-9. Riksgrensen går ved Bjørnfjell stasjon.



Figur 3-9: Skjematisk fremstilling av kryssingsspor for Ofofbanen i A4. Rød skrift angir nytt kryssingsspor.

3.2.4 Rutemodell for A4 Eksisterende baner - Ofofbanen

I Figur 3-10 vises eksempel på rutemodell for Ofofbanen. De tre nye kryssingssporene er fremhevet med røde stiplede linjer i den grafiske fremstillingen.



Figur 3-10: Eksempel på rutemodell for strekningen Narvik-Vassijaure. Y-aksen viser strekning og x-aksen viser tidsrom (03:00-03:00). Persontog vises med lys grønn og turkise linjer. Godstog vises med brune, svarte og mørkegrønne linjer. Rød stiplede linjer viser plassering av nye kryssingsspor.

3.3 Konsept A1: Videre utvikling av eksisterende infrastruktur

Konsept A1, «Bedre baner i nord» forutsetter ingen bygging av Nord-Norgebanen. Konsept A1 er en videreutvikling av eksisterende infrastruktur. I konsept A1 kan Nordlandsbanen deles inn i 7 strekninger, fremstilt i Tabell 3-9.

Tabell 3-9: Oversikt over strekninger og antall gods- og persontog per døgn, sum begge retninger (N).

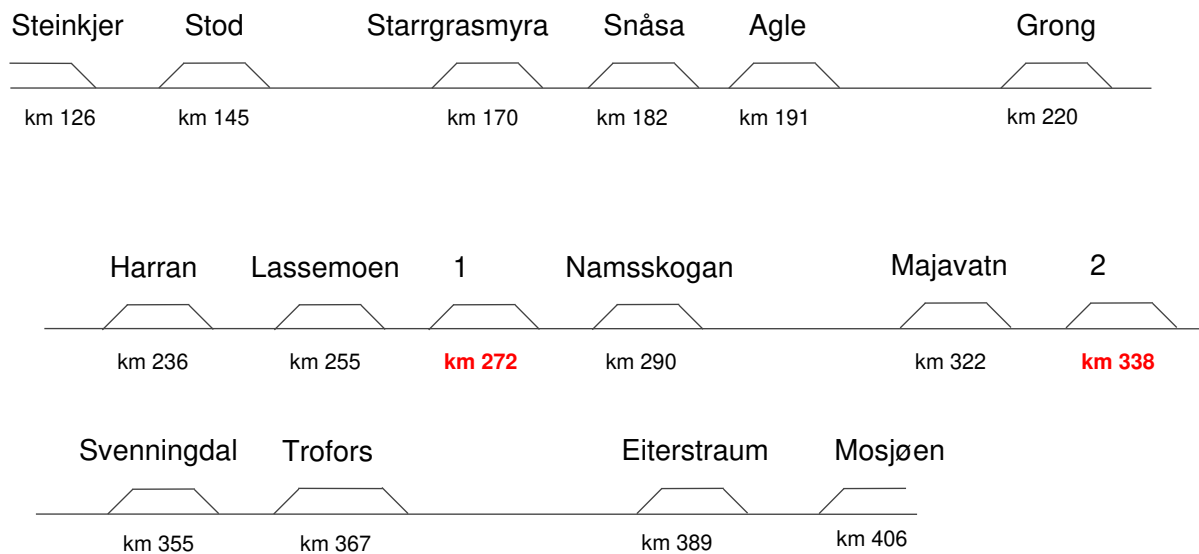
Strekning	Avstand S [km]	Antall godstog	Antall persontog	Antall tog N	Tid mellom x-spor [min]	Avstand mellom x-spor [km]
Bodø-Fauske	54,5	14	25	39	12,3	16,4
Fauske-Rognan	26,5	14	20	34	14,1	18,8
Rognan-Ørtfjell	113	14	14	28	17,1	22,9
Ørtfjell-Mo i Rana	37	26	14	40	12,0	16,0
Mo i Rana-Mosjøen	92	14	16	30	16,0	21,3
Mosjøen-Trofors	39	14	6	20	24,0	32,0
Trofors-Steinkjer	242	14	6	20	24,0	32,0

I Tabell 3-10 vises antall nye kryssingsspor mellom Bodø og Steinkjer. Totalt er 12 nye kryssingsspor nødvendig.

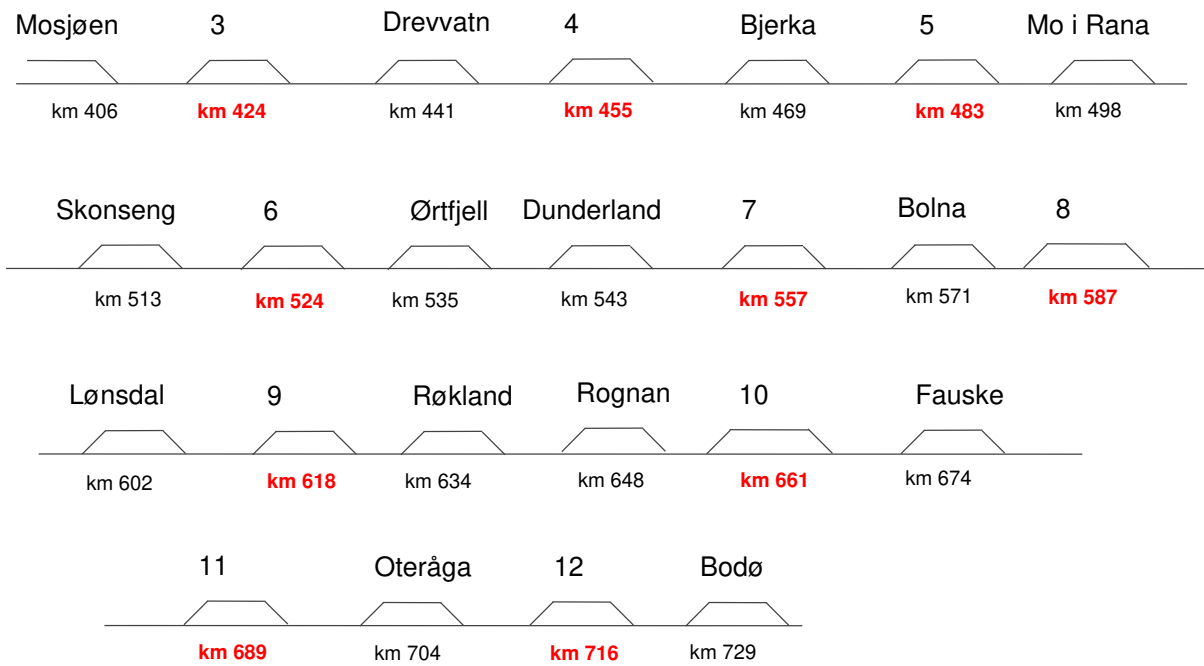
Tabell 3-10: Oversikt over strekninger og beregnet antall kryssingsspor.

Strekning	Antall x-spor i dag	Antall x-spor beregnet	Differanse i antall x-spor	Lengste x-spor avstand i dag [km]	Totalt antall nye x-spor
Bodø-Fauske	1	3	2	29,8	2
Fauske-Rognan	0	1	1	26,5	1
Rognan-Ørtfjell	4	4	0	31,6	3
Ørtfjell-Mo i Rana	1	2	1	22,1	1
Mo i Rana-Mosjøen	2	4	2	34,7	3
Mosjøen-Trofors	1	1	0	21,5	0
Trofors-Steinkjer	10	7	0	35,6	2
SUM					12

I Figur 3-11 og Figur 3-12 vises skjematisk inndelingen av Nordlandsbanen. Med rød skrift fremstilles plassering av nye kryssingsspor. Plasseringen i km er den beregnede km, og det er ingen eksakt angivelse.



Figur 3-11: Skjematisk fremstilling av Nordlandsbanen fra Steinkjer til Mosjøen. Rød skrift angir nytt kryssingsspor.



Figur 3-12: Skjematisk fremstilling av Nordlandsbanen fra Mosjøen til Bodø. Rød skrift angir nytt kryssingsspor.

3.4 Følsomhetsanalyse av konsept A1

Det ble utført en følsomhetsanalyse av konsept A1. Analysen besto av to varianter. Den ene med A1 og økt mengde godstog i forhold til konsept A1. Den andre med A1 og økte mengde persontog. Formålet med sensitivitetsanalysen er å undersøke om flere tog på Nordlandsbanen enn i konsept A1 utløser behov for flere nye kryssingsspor.

3.4.1 Konsept A1 med økt godstrafikk

I konsept A1 med økt godstrafikk økes antall godstog med to mellom Bodø og Ørtfjell. Mellom Ørtfjell og Mo i Rana, reduseres antallet godstog med to. Mellom Mo i Rana og Mosjøen økes antallet med 4. Antallet godstog økes med 6 mellom Mosjøen og Steinkjer.

Tabell 3-11 gir en oversikt over økning i antallet godstog.

Tabell 3-11: Oversikt over strekninger og antall gods- og persontog per døgn, sum begge retninger (N).

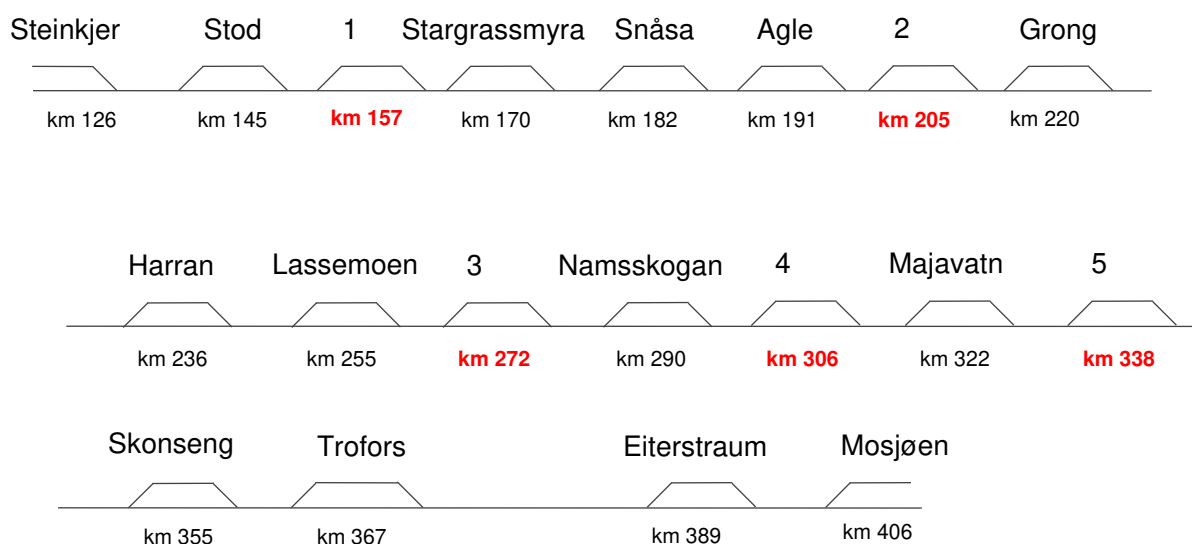
Strekning	Avstand S [km]	Nye godstog	Antall tog N	Tid mellom x-spor [min]	Avstand mellom x-spor [km]
Bodø-Fauske	54,5	2	41	11,7	15,6
Fauske-Rognan	26,5	2	36	13,3	17,8
Rognan-Ørtfjell	113	2	30	16,0	21,3
Ørtfjell-Mo i Rana	37	-2	38	12,6	16,8
Mo i Rana-Mosjøen	92	4	34	14,1	18,8
Mosjøen-Trofors	39	6	26	18,5	24,6
Trofors-Steinkjer	242	6	26	18,5	24,6

Beregning av antall kryssingsspor som behøves er fremstilt i Tabell 3-12. Strekningen Trofors-Steinkjer behøver 5 nye kryssingsspor. Dette er tre mer enn i A1. De andre strekningene oppnår ikke flere nye kryssingsspor sammenlignet med A1. Gitt at strekningen Ørtfjell-Mo i Rana (konsept A1 med økt godstrafikk) hadde like mange tog som i konsept A1, ville det ikke endre resultatet i beregningen av antall nye kryssingsspor.

Figur 3-13 viser plassering av 5 nye kryssingsspor mellom Steinkjer og Trofors.

Tabell 3-12: Oversikt over strekninger og beregnet antall kryssingsspor.

Strekning	Antall x-spor i dag	Antall x-spor beregnet	Differanse i antall x-spor	Lengste x-spor avstand i dag [km]	Totalt antall nye x-spor
Bodø-Fauske	1	3	2	29,8	2
Fauske-Rognan	0	1	1	26,5	1
Rognan-Ørtfjell	4	5	1	31,6	3
Ørtfjell-Mo i Rana	1	2	1	22,1	1
Mo i Rana-Mosjøen	2	4	2	34,7	3
Mosjøen-Trofors	1	1	0	21,5	0
Trofors-Steinkjer	10	9	0	35,6	5
SUM					15



Figur 3-13: Skjematisk fremstilling av Nordlandsbanen fra Steinkjer til Mosjøen. Rød skrift angir nytt kryssingsspor.

3.4.2 Konsept A1 med økt persontrafikk

I konsept A1 med økt persontrafikk økes antall persontog med 7 mellom Bodø og Fauske. Mellom Fauske og Rognan, økes antallet persontog med 4. Mellom Mo i Rana og Trofors økes antallet med 10.

Tabell 3-13 gir en oversikt over økning i antallet persontog.

Tabell 3-13: Oversikt over strekninger og antall gods- og persontog per døgn, sum begge retninger (N).

Strekning	Avstand S [km]	Nye persontog	Antall tog N	Tid mellom x-spor [min]	Avstand mellom x-spor [km]
Bodø-Fauske	54,5	7	46	10,4	13,9
Fauske-Rognan	26,5	4	38	12,6	16,8
Rognan-Ørtfjell	113	0	28	17,1	22,9
Ørtfjell-Mo i Rana	37	0	40	12,0	16,0
Mo i Rana-Mosjøen	92	10	40	12,0	16,0
Mosjøen-Trofors	39	10	30	16,0	21,3
Trofors-Steinkjer	242	0	20	24,0	32,0

Beregning av antall kryssingsspor som behøves er fremstilt i Tabell 3-14. Totalt antall kryssingsspor blir det samme som for A1.

Tabell 3-14: Oversikt over strekninger og beregnet antall kryssingsspor.

Strekning	Antall x-spor i dag	Antall x-spor beregnet	Differanse i antall x-spor	Lengste x-spor avstand i dag [km]	Totalt antall nye x-spor
Bodø-Fauske	1	3	2	29,8	2
Fauske-Rognan	0	1	1	26,5	1
Rognan-Ørtfjell	4	4	0	31,6	3
Ørtfjell-Mo i Rana	1	2	1	22,1	1
Mo i Rana-Mosjøen	2	5	3	34,7	3
Mosjøen-Trofors	1	1	0	21,5	0
Trofors-Steinkjer	10	7	0	35,6	2
SUM					12

3.5 Flaskehalsar sør for Steinkjer

Eksisterende infrastruktur er allerede fullt utnyttet. I 2022 erklærte Bane NOR strekningen Alnabru-Bodø som overbelastet [9].

På «Trønderbanen», Steinkjer-Støren, er togtettheten høy og banen har lav punktlighet i dag. Den beregnede avstanden mellom kryssingene blir lav, slik at dobbeltspor bør vurderes. Det samme gjelder for strekningene Lillestrøm-Kløfta og Lillehammer-Hamar.

Dovrebanen mellom Lillehammer og Støren trafikkeres av fjern- og godstog. Det antas at enkeltspor vil være tilstrekkelig for trafikken på denne strekningen.

Beregninger av antall kryssingsspor sør for Steinkjer er gitt i vedlegg 1.

4 REFERANSER

- [1] «Tilbudskonsept for konsept «Fauske-Harstad-Tromsø»,» Jernbanedirektoratet, April 2023.
- [2] «Tilbudskonsept for konsept A4 "Narvik-Tromsø",» Jernbanedirektoratet, Mai 2023.
- [3] «Tilbudskonsept for konsept «K1 – Bedre baner i nord», år 2060,» Jernbanedirektoratet, Mai, 2023.
- [4] «Tilbudskonsept for konsept «K1 – Bedre baner i nord», år 2060. Følsomhet økt godstogtilbud,» Jernbanedirektoratet, Mai, 2023.
- [5] «Tilbudskonsept for konsept «K1 – Bedre baner i nord», år 2060; Følsomhetsanalyse med forbedret persontogtilbud,» Jernbanedirektoratet, Mai, 2023.
- [6] «Jernbanedirektoratets standard for rutemodeller, Dokument nr. 201701227-6, rev. 01,» Jernbanedirektoratet, 19.07.2022.
- [7] «Standardtogtyper godstrafikk, Dokument nr. 202200165-5,» Jernbanedirektoratet, 12.09.2022.
- [8] «Standarder for kapasitetsplanlegging, Dokuemnt nr. 201701227-1,» Jernbanedirektoratet, 13.06.2017.
- [9] «R23 - Beslutning om overbelastet infrastruktur Alnabru – Trondheim - Bodø,» Bane NOR, 08.09.2022.
- [10] «Støren-Trondheim-Steinkjer Kapasitetsøkende Tiltak, Kalibrering av simuleringsmodell og vurdering av konsekvenser for rutemodell KTT-R2028, KTT-65-A-10008,» Bane NOR, 09.06.2023.
- [11] «TPerson_ReferanseNTP2025-2036Rev00,» Jernbanedirektoratet.

VEDLEGG 1**Beregning av antall kryssingsspor sør for Steinkjer****«Trønderbanen»: Steinkjer-Støren**

«Trønderbanen» fra Steinkjer til Støren kan deles inn i 8 strekninger:

- Steinkjer - Hell
- Hell - Leangen
- Leangen - Marienborg
- Marienborg – Heimdal
- Heimdal - Sjøberg
- Sjøberg - Ler
- Ler - Lundamo
- Lundamo - Støren

Gjennomsnittlig antall tog per time varierer fra 2 - 4. I rutemodellen vil antallet tog bli høyere i timer med rushtrafikk [10]. Det blir nødvendig å øke antallet reservekryssingsspor med minimum to. Formelen blir da:

Antall minutter kjøretid mellom hvert kryssingsspor $T_x = (T/N)/5$

Konsept A2

Tabell 4-1: Oversikt over strekninger og antall gods- og persontog per døgn, sum begge retninger (N). Konsept A2.

Strekning	Avstand S [km]	Antall tog N	Tid mellom x-spor [min]	Avstand mellom x-spor [km]
Steinkjer-Hell	94	79	3,6	4,8
Hell-Leangen	26,4	84	3,4	4,6
Leangen-Marienborg	dobbeltspor			
Marienborg-Heimdal	9,1	88	3,3	4,4
Heimdal-Sjøberg	12,6	92	3,1	4,2
Sjøberg-Ler	8,3	79	3,6	4,9
Ler-Lundamo	5,7	77	3,7	5,0
Lundamo-Støren	13,6	51	5,6	7,5

Antallet tog per time vil kunne overstige 5-6 tog per time i en rutemodell, og dobbeltspor bør vurderes

Tabell 4-2 viser antall kryssingsspor.

Tabell 4-2: Oversikt over strekninger og beregnet antall kryssingsspor. Konsept A2.

Strekning	Antall x-spor i dag	Antall x-spor beregnet	Differanse i antall x-spor	Lengste x-spor avstand i dag [km]	Totalt antall nye x-spor
Steinkjer-Hell	11	19	7	10,85	10
Hell-Leangen	4	5	1	6,7	3
Leangen-Marienburg	dobbeltspor				
Marienburg-Heimdal	1	2	1	5,0	1
Heimdal-Søberg	2	3	1	5,0	2
Søberg-Ler	0	1	1	8,3	1
Ler-Lundamo	0	1	1	5,7	1
Lundamo-Støren	1	1	0	6,9	0

Introduksjon av mange nye kryssinger vil gi hyppigere stopp og kjøretiden øker.

Konsept A1

For Konsept A1 ble flaskehalsen mellom Steinkjer og Leangen vurdert. Beregningene gitt i Tabell 4-3-Tabell 4-8 viser at antallet nye kryssingsspor ikke overstiger antallet beregnet for konsept A2, Tabell 4-2.

Tabell 4-3: Oversikt over strekninger og antall gods- og persontog per døgn, sum begge retninger (N). Konsept A1.

Strekning	Avstand S [km]	Antall tog N	Tid mellom x-spor [min]	Avstand mellom x-spor [km]
Steinkjer-Hell	94	63	4,6	6,1
Hell-Leangen	26,4	67	4,3	5,7

Tabell 4-4: Oversikt over strekninger og beregnet antall kryssingsspor. Konsept A1.

Strekning	Antall x-spor i dag	Antall x-spor beregnet	Differanse i antall x-spor	Lengste x-spor avstand i dag [km]	Totalt antall nye x-spor
Steinkjer-Hell	11	15	4	10,85	10
Hell-Leangen	4	4	0	6,7	2

Konsept A1 med økt godstrafikk

Tabell 4-5: Oversikt over strekninger og antall gods- og persontog per døgn, sum begge retninger (N). Konsept A1 med økt godstrafikk.

Strekning	Avstand S [km]	Antall tog N	Tid mellom x-spor [min]	Avstand mellom x-spor [km]
Steinkjer-Hell	94	69	4,2	5,6
Hell-Leangen	26,4	73	3,9	5,3

Tabell 4-6: Oversikt over strekninger og beregnet antall kryssingsspor. Konsept A1 med økt godstrafikk.

Strekning	Antall x-spor i dag	Antall x-spor beregnet	Differanse i antall x-spor	Lengste x-spor avstand i dag [min]	Totalt antall nye x-spor
Steinkjer-Hell	11	16	5	10,85	10
Hell-Leangen	4	5	1	6,7	2

Konsept A1 med økt persontrafikk

Tabell 4-7: Oversikt over strekninger og antall gods- og persontog per døgn, sum begge retninger (N). Konsept A1 med økt persontrafikk.

Strekning	Avstand S [km]	Antall tog N	Tid mellom x-spor [min]	Avstand mellom x-spor [km]
Steinkjer-Hell	94	63	4,6	6,1
Hell-Leangen	26,4	67	4,3	5,7

Tabell 4-8: Oversikt over strekninger og beregnet antall kryssingsspor. Konsept A1 med økt persontrafikk.

Strekning	Antall x-spor i dag	Antall x-spor beregnet	Differanse i antall x-spor	Lengste x-spor avstand i dag [km]	Totalt antall nye x-spor
Steinkjer-Hell	11	15	4	10,85	10
Hell-Leangen	4	4	0	6,7	2

Dovrebanen: Støren-Hamar

Strekningen Støren-Hamar kan deles inn i 6 strekninger:

- Støren - Oppdal
- Oppdal - Dombås
- Dombås - Kvam
- Kvam - Hove
- Hove - Lillehammer
- Lillehammer - Hamar

Tabell 4-9 viser beregnet avstand mellom kryssingsspor og Tabell 4-10 viser antall nye kryssingsspor [10].

Strekningen Lillehammer-Hamar har høy togtetthet og dobbeltspor bør vurderes. Strekningen Lillehammer-Hamar har blitt beregnet med samme formel som for «Trønderbanen».

Tabell 4-9: Oversikt over strekninger og antall gods- og persontog per døgn, sum begge retninger(N). Konsept A2.

Strekning	Avstand S [km]	Antall tog N	Tid mellom x-spor [min]	Avstand mellom x-spor [km]
Støren-Oppdal	71,9	49	9,8	13,1
Oppdal-Dombås	86,2	48	10,0	13,3
Dombås-Kvam	66,5	56	8,6	11,4
Kvam-Hove	88,8	56	8,6	11,4
Hove-Lillehammer	3,5	62	7,7	10,3
Lillehammer-Hamar	57,9	115	4,2	5,6

Tabell 4-10: Oversikt over strekninger og beregnet antall kryssingsspor. Konsept A2.

Strekning	Antall x-spor i dag	Antall x-spor beregnet	Differanse i antall x-spor	Lengste x-spor avstand i dag [km]	Totalt antall nye x-spor
Støren-Oppdal	5	5	0	14,6	2
Oppdal-Dombås	5	6	1	22,2	3
Dombås-Kvam	5	5	0	14,1	2
Kvam-Hove	9	7	0	11,5	1
Hove-Lillehammer	0	0	0	3,5	0
Lillehammer-Hamar	7	10	3	9,5	7*

*For Strekningen Lillehammer-Hamar ble tilsvarende beregning som for «Trønderbanen» benyttet.