


# UTREDNING

## Kapasitetsanalyse av ny godsforbindelse mellom Sørkorridoren og Alnabru

000	Endelig utgave	2.5.2013	NIKE	TOOV	KNCH
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
<b>Østfoldbanen, Hovedbanen Ski-Loenga, Loenga-Alnabru Kapasitetsanalyse Utredning</b>		Ant. sider	Fritekst 1d		
		<b>51</b>	Fritekst 2d		
			Fritekst 3d		
			Produsent	Plan og utvikling, Kapasitet	
		Prod. dok. nr.			
		Erstatning for			
Erstattet av					
 <b>Jernbaneverket</b>		Dokument nr.			Rev.
		<b>POU-00-A-00030</b>			<b>000</b>

<b>0</b>	<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>INNLEDNING .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>GENERELT .....</b>	<b>10</b>
2.1	KAPASITETSUTNYTTELSE .....	10
2.2	PERSONTOGTRAFIKK PÅ ØSTFOLDBANEN, SKI-OSLO .....	10
2.3	VIRKNING AV INNSATSTOG KOLBOTN-OSLO I RUSH .....	11
2.4	RETNINGSDRIFT PÅ NY GODSFORBINDELSE OG I BRYNSBAKKEN .....	12
2.5	KJØRING AV GODSTOG PÅ FOLLOBANEN OM NATTEN .....	12
2.5.1	<i>Generelt</i> .....	12
2.5.2	<i>Bruk av Follobanen i begge retninger</i> .....	12
2.5.3	<i>Konsekvens av vedlikehold</i> .....	13
<b>3</b>	<b>KAPASITETSRESULTATER OG TILTAKSOMFANG .....</b>	<b>14</b>
3.1	TILKOBLING TIL ØSTFOLDBANEN .....	14
3.1.1	<i>Generelt</i> .....	14
3.1.2	<i>Alternativ 0 og 0+</i> .....	14
3.1.3	<i>Alternativ 1C og 3C</i> .....	14
3.1.3.1	<i>Konfliktfrihet</i> .....	15
3.1.3.2	<i>Sannsynlighet for konfliktfrihet</i> .....	16
3.1.3.3	<i>Tiltak ved konflikt</i> .....	18
3.1.4	<i>Alternativ 3E</i> .....	18
3.2	STREKNINGSKAPASITET ALTERNATIV 0 .....	19
3.2.1	<i>Kapasitet dagtid</i> .....	19
3.2.2	<i>Kapasitet om natten</i> .....	19
3.2.3	<i>Oppsummering</i> .....	19
3.3	STREKNINGSKAPASITET ALTERNATIV 0+ .....	19
3.3.1	<i>Kapasitet dagtid</i> .....	19
3.3.2	<i>Kapasitet om natten</i> .....	20
3.3.3	<i>Oppsummering</i> .....	20
3.4	STREKNINGSKAPASITET ALTERNATIV 1C .....	21
3.4.1	<i>Kapasitet dagtid</i> .....	21
3.4.2	<i>Kapasitet om natten</i> .....	21
3.4.2.1	<i>Uten stengning av spor på Follobanen</i> .....	21
3.4.2.2	<i>Med stengning av ett spor på Follobanen</i> .....	21
3.4.3	<i>Oppsummering</i> .....	22
3.5	STREKNINGSKAPASITET ALTERNATIV 3C .....	22
3.5.1	<i>Kapasitet dagtid</i> .....	22
3.5.2	<i>Kapasitet om natten</i> .....	22
3.5.2.1	<i>Uten stengning av spor på Follobanen</i> .....	22
3.5.2.2	<i>Med stengning av ett spor på Follobanen</i> .....	23
3.5.3	<i>Oppsummering</i> .....	23
3.6	STREKNINGSKAPASITET 3E .....	23
3.6.1	<i>Kapasitet dagtid</i> .....	24
3.6.2	<i>Kapasitet om natten</i> .....	24
3.6.3	<i>Oppsummering, nødvendige tiltak</i> .....	24
3.7	OPPSUMMERING AV TILTAK I ALTERNATIVENE.....	26
3.8	OVERSIKT OVER KAPASITET I ALTERNATIVENE .....	29
<b>4</b>	<b>FRAMFØRINGSTIDER OG PUNKTLIGHETSENDRING .....</b>	<b>31</b>
4.1	ESTIMAT FOR FRAMFØRINGSTIDER OG -BESPARELSER .....	31
4.1.1	<i>Trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse</i> .....	31
4.1.2	<i>Retningsdrift på ny godsforbindelse</i> .....	33
4.1.3	<i>Sammenstilling</i> .....	34
4.1.3.1	<i>Framføringstider gods</i> .....	34
4.1.3.2	<i>Kjøretider godstog</i> .....	35
4.2	ESTIMAT FOR PUNKTLIGHETSENDRING .....	37
4.2.1	<i>Kvalitative betraktninger om punktlighet</i> .....	37
4.2.2	<i>Estimater for kvantitative virkninger på punktlighet</i> .....	38

---

<b>VEDLEGG. FIGURER MED KJØREMØNSTRE I ALTERNATIVENE .....</b>	<b>41</b>
ALTERNATIV 0 OG 0+, DAGTID OG NATT .....	41
ALTERNATIV 1C, DAGTID, RETNINGSDRIFT .....	42
ALTERNATIV 1C, DAGTID, TRAFIKK BEGGE RETNINGER NY GODSFORBINDELSE.....	43
ALTERNATIV 1C, NATT, BEGGE SPOR PÅ FOLLOBANEN ÅPNE.....	44
ALTERNATIV 1C, NATT, BARE ETT SPOR PÅ FOLLOBANEN ÅPENT .....	45
ALTERNATIV 3C, DAGTID, RETNINGSDRIFT .....	46
ALTERNATIV 3C, DAGTID, BEGGE RETNINGER PÅ NY GODSFORBINDELSE .....	47
ALTERNATIV 3C, NATT, BEGGE SPOR ÅPNE PÅ FOLLOBANEN .....	48
ALTERNATIV 3C, NATT, ETT SPOR ÅPENT PÅ FOLLOBANEN.....	49
ALTERNATIV 3E. DAGTID OG NATT. RETNINGSDRIFT. ....	50
ALTERNATIV 3E. DAGTID OG NATT. TRAFIKK I BEGGE RETNINGER I NY GODSFORBINDELSE .....	51

## 0 SAMMENDRAG

### Generelt

Jernbaneløst gjennomfører en utredning tilsvarende en konseptvalgutredning (KVU) angående økt godskapasitet mellom Sørkorridoren og Alnabru godsterminal. Målet er å håndtere flere, lengre og tyngre godstog.

Forbindelsen via Loenga og Brynsbakken er en flaskehals mht. stigning og tonnasje. Alternativene for å håndtere den ønskede godstrafikken er tilrettelegging for hjelpelok i Loenga eller en direkte og slakere forbindelse til Alnabru fra et sted i Sørkorridoren.

Denne analysen omtaler kapasitetsmessige forhold for hvert alternativ (0, 0+, 1C, 3C og 3E) og identifiserer utbyggingsomfang/tiltak som er nødvendige for å oppfylle et mål om to godstog per time og retning mellom Sørkorridoren og Alnabru. I tillegg er det estimert endring i punktlighet, endring i kjøretid for godstog og endring i framføringstid for godset.

For en beskrivelse av alternativene vises det til konseptanalysen i prosjektet. I vedlegget er det inkludert skisser av kjøremønstre i alternativene.

Det ses både på retningsdrift og trafikk begge veier. Retningsdrift innebærer at godstog kjøres til Alnabru på ny godsforbindelse og fra Alnabru via Brynsbakken og Loenga. Trafikk begge veier innebærer at det kjøres godstog to veier på et enkeltspor.

Follobanen har ikke kapasitet til godstog på dagtid sammen med persontog, men kan benyttes til godstrafikk om natten.

### Resultater kapasitetsanalyse og tiltaksomfang

Det fotusettes at det skal legges til rette for to godstog per time og retning.

Tiltakene i hvert alternativ er oppsummert under sammen med kommentarer.

#### **Alternativ 0**

I alternativ 0 er det ikke kobling mellom Alnabru og Follobanen. Det er derfor ikke mulig å kjøre godstog på Follobanen (hverken om dagen eller om natten).

Godskapasitet begrenses i rush hvis det er innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt).

Tidsbelegget Loenga-Alnabru er med to tog per time og retning høyere enn vanlig, anbefalt grense. Effekten av høyt tidsbelegg er gjenspeilet i estimatet for punktligheten.

#### **Alternativ 0+**

Det må tilrettelegges for opp til 3 hjelpelok samtidig på Loenga og for kryssing av 750 m lange godstog på Loenga.

I alternativ 0+ er det ikke kobling mellom Alnabru og Follobanen. Det er derfor ikke mulig å kjøre godstog på Follobanen til Alnabru, hverken om dagen eller om natten.

Godskapasitet begrenses i rush hvis det er innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt).

Tidsbelegget Loenga-Alnabru er i alt. 0+ med to tog per time og retning høyere enn vanlig anbefalt grense. Effekten av høyt tidsbelegg er gjenspeilet i estimatet for punktligheten.

### **Alternativ 1C**

Det må etableres kobling mellom begge spor på Follobanen og ny godsforbindelse med planfri tilkobling.

Med retningsdrift er ingen ytterligere infrastrukturiltak nødvendige for godstrafikk på dagtid eller på natten hvis begge spor på Follobanen er åpne (det ikke er vedlikehold).

Hvis det ikke er retningsdrift, men det velges å kjøre godstog både til og fra Alnabru på ny godsforbindelse på dagtid er det nødvendig med:

- Kryssingsspor på ny godsforbindelse
- Planfri tilkobling mellom ny godsforbindelse og Østfoldbanen
- Ventespor for tilkobling fra ny godsforbindelse til Østfoldbanen
- Ventespor for tilkobling fra Østfoldbanen til ny godsforbindelse

Uten ekstra tiltak på både ny godsforbindelse og Follobanen må trafikken på natten begrenses de nettene det er vedlikehold på Follobanen. Alternativt kan Østfoldbanen benyttes i den ene retningen de nettene det er vedlikehold.

Godskapasitet begrenses i rush hvis det er innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt).

### **Alternativ 3C**

Det må etableres

- Kobling mellom begge spor på Follobanen og ny godsforbindelse med planfri tilkobling
- Kryssingsspor på ny godsforbindelse for å kjøre godstog på Follobanen de nettene det ikke er vedlikehold på Follobanen.

Hvis det ikke er retningsdrift, men det velges å kjøre godstog både til og fra Alnabru på ny godsforbindelse på dagtid, er det nødvendig med

- Kryssingsspor på ny godsforbindelse
- Planfri tilkobling mellom ny godsforbindelse og Østfoldbanen
- Ventespor for tilkobling fra ny godsforbindelse til Østfoldbanen
- Ventespor for tilkobling fra Østfoldbanen til ny godsforbindelse

Med retningsdrift på ny godsforbindelse er det begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt). Med trafikk i begge retninger er det ikke begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo.

Uten ekstra tiltak på Follobanen må trafikken om natten begrenses de nettene det er vedlikehold. Alternativt kan Østfoldbanen benyttes i den ene retningen de nettene det er vedlikehold.

### **Alternativ 3E**

Tiltak er som følger:

Ved retningsdrift (trafikk i en retning på ny godsforbindelse)

- Blokkinndeling på ny godsforbindelse

Ved trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse

- Kryssingsspor på ny godsforbindelse
- Planfri tilkobling til Østfoldbanens sørgående spor
- Ventespor til Østfoldbanens sørgående spor

Når det etableres kryssingsspor på ny godsforbindelse for å håndtere trafikken om natten blir det også tilstrekkelig kapasitet om dagen for å la godstrafikken benytte ny godsforbindelse begge veier. Kryssingssporet vil også fungere som blokkinndeling hvis det er retningsdrift.

Med retningsdrift på ny godsforbindelse er det begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt). Med trafikk i begge retninger er det ikke begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo.

### **Punktlighet**

Det er i alternativene foretatt en vurdering av endring i punktlighet. Estimatenes er gjengitt i tabellen under.

Alternativ	Punktlighet persontog	Punktlighet godstog
0	94,25 %	89,50 %
0+	94,50 %	90,00 %
1C	95,00 %	91,00 %
3C	95,05 %	91,15 %
3E	95,10 %	91,30 %

### **Kjøretider for godstog og framføringstider for gods**

Ved retningsdrift i ny godsforbindelse vil retningsubalanse i godsstrømmene og ulike kjøretider hver vei resultere i at det er forskjell på framføringstid for *godset* og for godstogene selv. (I nyttekostnadssammenheng vil endring i kjøretiden bestemme materiellbehov og materiellkostnader mens endring i framføringstid for godset bestemmer nytten.) Vektingen er 80 % for gods til Alnabru og 20 % for gods fra Alnabru.

Det er estimert følgende kjøretider for godstog og framføringstider for gods. Besparelser er sammenlignet med alt. 0.

Retningsdrift dagtid i 1C og 3C. Begge veier i 0, 0+ og 3E og i alle alt. natt. For 1C med kobling bra <i>fra</i> Follobanen er det retningsdrift hele døgnet.				
Alternativ	Framføringstid gods (minutt)		Besparelse (minutt)	
	Dag	Natt	Dag	Natt
0	57	48	-	-
0+	67	58	-10	-10
1C	39	19	18	29
1C med kobling bare fra Follobanens inngående spor	39	22	18	26
3C	29	18	28	30
3E	25	23	32	25

Retningsdrift dagtid i 1C og 3C. Begge veier i 0, 0+ og 3E og i alle alt. natt. For 1C med kobling bra <i>fra</i> Follobanen er det retningsdrift hele døgnet.				
Alternativ	Kjøretid godstog (minutt)		Besparelse (minutt)	
	Dag	Natt	Dag	Natt
0	42	33	-	-
0+	67	58	-25	-25
1C	40	19	2	14
1C med kobling bare fra Follobanens inngående spor	40	19	2	14
3C	34	18	8	15
3E	25	23	17	10

### **Kapasitet (ved minimumsutbygging)**

I tabellen under der det vist hvilken kapasitet de ulike alternativene har.

Alle alternativer tilfredsstillt kravet om to tog per time og retning. Det kan allikevel være varierende kapasitet og dermed varierende reserve i alternativene.

Alternativ, ved tilstrekkelig (dvs. minimums-) utbygging	Godstog				Persontog	
	Dagtid		Natt		Dagtid og natt	
	Retningsdrift via ØB	Begge retn. på ny godsforbindelse via ØB	Retningsdrift via FB	Begge retn. på ny godsforbindelse via FB	Ski-Kolbotn	Kolbotn-Oslo
	Tog per time og retning	Tog per time og retning	Tog per time og retning	Tog per time og retning	Tog per time og retning	Tog per time og retning
0	Ikke mulig	2	Ikke mulig	Ikke mulig	6	6
0+	Ikke mulig	2	Ikke mulig	Ikke mulig	6	6
1C	2,3	2,0	2,3	2,0	6	6
1C med tilkobling bare til FBs inngående spor	2,3	2,0	2,3	Ikke aktuell	6	6
3C	2,2	2,0	2,1	2,3	6	12
3E	2,5	1,9*	Ikke mulig	Ikke mulig	6	12

\* Så nært 2,0 at det aksepteres.

I varianten av alt. 1C der det er kobling bare til Follobanens inngående spor kan det ikke kjøres godstog på Follobanen de nettene det er vedlikehold i dette sporet. De nettene Follobane-sporet er åpent og Follobanen benyttes blir det enkeltspor fra Alnabru til Ski, hvilket begrenser kapasiteten betraktelig (fra 2,0) til ca. 0,9 tog/time/retning. Selv om det bygges kryssingsspor i forbindelse med avgreningen blir kapasiteten bare litt over 1 tog per time og retning.

Velges varianten av alt. 1C der det er kobling bare til Follobanens inngående spor må det derfor enten aksepteres at trafikken om natten er begrenset til ca. ett tog per time og retning eller aksepteres at godstog fra Alnabru kjøres via Brynsbakken og Østfoldbanen.



## 1 INNLEDNING

Jernbaneverket gjennomfører i prosjektet Godsforbindelse Alnabru en utredning tilsvarende en konseptvalgutredning (KVU) angående økt godskapasitet mellom Sørkorridoren og Alnabru godsterminal. Målet er å håndtere flere, lengre og tyngre godstog.

Forbindelsen via Loenga og Brynsbakken er en flaskehals mht. stigning og tonnasje. Alternativene for å håndtere den ønskede godstrafikken er tilrettelegging for hjelpelok i Loenga eller en direkte og slakere forbindelse til Alnabru fra et sted i Sørkorridoren.

Denne analysen omtaler kapasitetsmessige forhold for hvert alternativ (0, 0+, 1C, 3C og 3E) og identifiserer utbyggingsomfang/tiltak som er nødvendige for å oppfylle et mål om to godstog per time og per retning mellom Sørkorridoren og Alnabru. I tillegg er det estimert endring i punktlighet, endring i kjøretid for godstog og endring i framføringstid for godset.

Antall godstog per time og retning er en operasjonalisering av antall godstogpar per døgn, identifisert i behovsanalysen i prosjektet. Ved en jevn fordeling av godstog over hele døgnet vil det ikke nødvendigvis bli 2 godstog per time og retning, men i perioder vil det av markedsmessige hensyn kunne være nødvendig å tilby dette antall ruteleier. Selv om det er flaskehalser andre steder på jernbanenettet (Østfoldbanen) tas det ikke med i analysen; det forutsettes at det på sikt også vil bli foretatt utbygging andre steder slik at det må legges til rette for det nevnte antall godstog per time og retning.

Det er sett på godskapasitet på dagtid via Østfoldbanen (grunnet manglende kapasitet for gods på dagen på Follobanen) og ny godsforbindelse samt om natten via Follobanen. Kobling til Oslo havn i alternativene er ikke gjengitt i sporskisser i denne analysen.

Det er sett på alternativ 0, 0+, 1C, 3C og 3E jf. konseptanalysen for prosjektet.

Analysen er gjort på et overordnet og relativt grovt nivå. Beregninger er fortatt i eget regneark. I prosjektet er det forutsatt godstog på 750 m og 1100 tonn. For å ta høyde for økt utnyttelse av godstogene og for å gi mer robuste resultater er kjøretider i analysen imidlertid basert på godstog på 750 m og 1500 tonn; dette svarer til vanlig forutsetning om 2 tonn/meter (metervekten for dagens godstog varierer fra noe under 2 tonn/meter til litt over 2 tonn/meter).

Beregninger er gjort på et grovt nivå siden analysen er på KVU-nivå. Det foreligger ikke detaljert grunnlag for en mer nøyaktig beregning. Analysen er videre basert på en ruteplanuavhengig tilnærming.

## 2 GENERELT

### 2.1 Kapasitetsutnyttelse

Det regnes i analysen i utgangspunktet med at det over lange tidsperioder maksimalt tillates en kapasitetsutnyttelse på 60 % (jf. vanlig norm). Dette gjelder både dag og natt.

Punktlighet og tilgjengelig tid til framføring henger nøye sammen. Ved å legge inn slakk i ruteplanen, f.eks. på Loenga, vil punktligheten bedres. I estimatet for kjøretidene er det imidlertid forutsatt at kjøretiden ønskes så lav som mulig og det er derfor raskeste kjøretid som er omtalt i avsnittet om kjøretid (avsnitt 4.1).

I alt. 0 og 0+ vil raskeste kjøretid (med halvtimesrute på Østfoldbanen og uten buffertid på Loenga) imidlertid resultere i at utnyttelsen av banen mellom Loenga og Alnabru blir høyere enn vanlig, anbefalt grense (se avsnitt 3.2). Enten aksepteres dette med en tilhørende, negativ konsekvens for punktligheten eller også kan det konkluderes at alt. 0 og 0+ ikke oppfyller kapasitetsmålet. Det er for alt. 0 og 0+ valgt å "akseptere" høyt belegg og å la ulempene avspeiles i en forventet lavere punktlighet (enn forventet ved vanlig utnyttelsesgrad). Alt. 0 og 0+ ansees dermed å oppfylle kapasitetskravet, men med dårligere kvalitet enn de andre alternativene.

En tredje mulighet (som ikke er ansett å være innen for denne analysens rammer) er å identifisere et annet driftsopplegg i Brynsbakken enn det som er skissert i analysen fra WSP Group (se avsnitt 3.2) og som oppfyller vanlig krav om kapasitetsutnyttelse og som dermed har bedre punktlighet. (Det kunne være tale om puljekjøring kombinert med magasinering for å kompensere for tidsintervall på Østfoldbanen samt evt. takting i forhold til persontog på Østfoldbanen.) Hvis et slikt driftsopplegg finnes vil det antakelig kreve flere hjelpelok og flere ankomst og/eller avgangsspor på Loenga samt medføre lengre framføringstid i gjennomsnitt for godstogene.

I de andre alternativene er det forutsatt maks. 60 % utnyttelsesgrad, dvs. at det implisitt er ulike krav til alternativene (mens effekten er forskjellen er inkludert). Årsaken til dette er at alt. 0 og 0+ ansees å være basisalternativer som benytter dagens infrastruktur (mellom Loenga og Alnabru) og at det er mest naturlig å la alternativene være med som sammenligningsgrunnlag med samme togantall som de andre alternativene med nye traseer. De andre alternativene (1C, 3C og 3E) har nye traseer og det er for disse alternativene ansett som mest rimelig å kreve at de skal oppfylle vanlige krav om maksimal kapasitetsutnyttelse.

### 2.2 Persontogtrafikk på Østfoldbanen, Ski-Oslo

Kapasitetsmessig kan det på Østfoldbanen aksepteres å benyttes 5-minuttersintervaller mellom tog når alle tog har samme hastighet.

Det betyr at det er 12 ruteleier i timen som kan benyttes til framføring og til reserveruteleier.

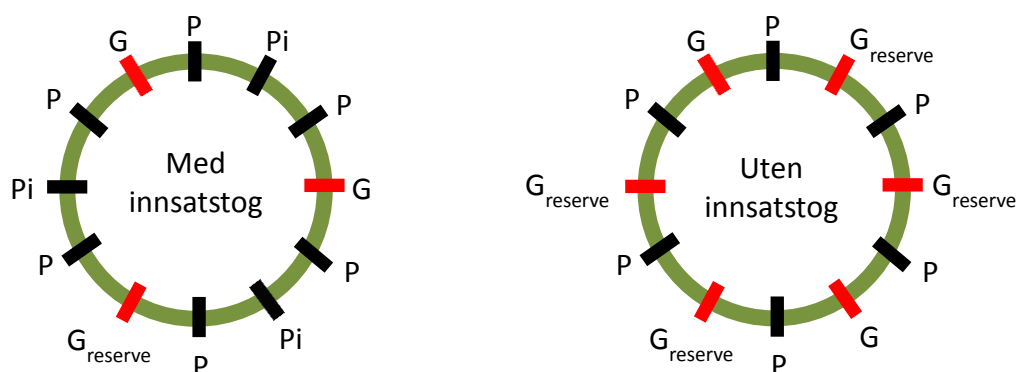
Det forutsettes at det er 6 persontog per time og retning på Østfoldbanen mellom Ski og Oslo (og motsatt) med jevne 10-minuttersintervaller. Det innebærer at det er 6 ledige ruteleier som enten er tilgjengelige for et antall godstog (med tilhørende reserveruteleier) eller er tilgjengelig for innsatstog. Innsatstog kan være mellom Kolbotn og Oslo S.

## 2.3 Virkning av innsatstog Kolbotn-Oslo i rush

Som omtalt i avsnitt 2.2 er det med 6 lokaltog/time per retning på Østfoldbanen (Ski-Oslo) 6 ledige ruteleier per time. Disse kan benyttes til framføring ekstra persontog i rush eller til framføring av godstog inkl. et antall reserveruteleier. Maksimalt antall persontog for strekningen Ski-Oslo S, når det ikke kjøres godstog, er da 12 tog/time/retning (i praksis kan begrensninger i sporkapasitet for vending, kryssende togveier etc. redusere tallet).

Med to godstog per time og retning kreves det to ruteleier pluss minst ett reserveruteleie. Det er da 3 ruteleier igjen til innsatstog. Isolert sett for strekningen Ski-Oslo kan det være akseptabelt, men siden godstog kan komme inn på lokaltogstrekningen med forsinkelse er det nødvendig med reserveruteleier for godstog.

Figur 1 viser en inndeling av timen i ruteleier for persontog, innsatstog, godstog og reserve for godstog. Det vises en situasjon med innsatstog og en situasjon uten innsatstog.



**Figur 1. Fordeling av ruteleier, med hhv. uten innsatstog. P=persontog i grunnrute, Pi=innsatstog, G=godstog.**

Det sees at hvis innsatstog plasseres jevnt mellom grunnrutetog blir det også 20 minutter mellom ruteleier for godstog. Med bare ett reserveruteleie per time og to godstog per time vil en forsinkelse av det første godstoget før reserveruteleiet føre til en følgeforsinkelse for det neste godstoget. Dette vil føre til minst 20 minutters forsinkelse for det første toget (som bruker ruteleiet for det andre godstoget) og også til 20 minutters forsinkelse for det andre godstoget (som bruker reserveruteleiet).

Ved å unngå innsatstog sammen med godstog vil neste reserveruteleie være 10 minutter etter ordinært godstogruteleie. En mindre forsinkelse (som er større enn marginen mellom ruteleiene) for et godstog vil da kunne begrenses til 10 minutter (i stedet for 20) og neste tog vil ikke få påført følgeforsinkelse. Samlet forsinkelse reduseres da fra 40 minutter til 10 minutter.

Uten innsatstog er det også mulig å framføre godstog med 30-minutters intervall, hvilket kan være lettere å integrere i øvrig trafikk på Østfoldbanen.

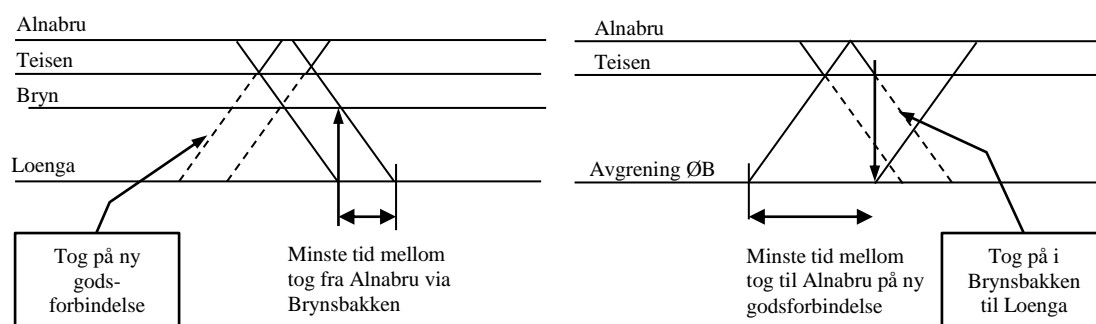
Det anbefales derfor at det ikke er godstog og innsatstog samtidig ved seks persontog per time og retning i grunnrute.

## 2.4 Retningsdrift på ny godsforbindelse og i Brynsbakken

Det er fordelaktig at det så vidt mulig kjøres på ny godsforbindelse *til* Alnabru og via dagens spor i Brynsbakken (til Loenga) *fra* Alnabru. Denne retningsdriften gir i praksis dobbeltsporsdrift og reduserer kravet til utbygging av ny godsforbindelse.

Mellom Teisen og Alnabru blir det enkeltspor (det er ikke forutsatt bygging av dobbeltspor i prosjektet). Tog i motsatt retning vil påvirke hvor tett tog kan kjøres i samme regning på ny godsforbindelse og på eksisterende spor i Brynsbakken. Mot Teisen fra avgrensingen dimensjonerer blokkstrekningen fra avgreningspunktet og til Teisen. Tog fra Alnabru til Loenga må da passere Teisen før tog kan kjøre fra avgreningspunkt mot Teisen (ellers kjøres det på gult forsignal for tog til Alnabru). Mot Loenga dimensjonerer blokkavsnittet Bryn-Loenga kapasiteten (det her ikke regnet med krav om grønt forsignal for tog til Loenga etter som det uansett er lav hastighet (gjennomsnitt ca. 40 km/t) i Brynsbakken).

Tidsforholdene er illustrert i Figur 2.



Figur 2. Tidsavstander mellom tog i Brynsbakken og på ny godsforbindelse.

Samlet kapasitet ved retningsdrift finnes som minste verdi av kapasitetene i hver retning.

## 2.5 Kjøring av godstog på Follobanen om natten

### 2.5.1 Generelt

Follobanen har ikke kapasitet til godstog på dagtid grunnet antall persontog og kjøretidsforskjeller mellom godstog og persontog. Derimot kan godstog kjøres på Follobanen om natten (når spor ikke stengt for vedlikehold, se avsnitt 2.5.3).

### 2.5.2 Bruk av Follobanen i begge retninger

Hvis det er et krav at godstog skal kjøres på Follobanen på natten i begge retninger (ikke bare *til* Alnabru på Follobanen) må det være kobling mellom ny godsforbindelse og til begge spor på Follobanen.

### 2.5.3 Konsekvens av vedlikehold

Kan det aksepteres at det kjøres godstog *fra* Alnabru via Loenga og Østfoldbanen trenger det i utgangspunktet bare å være kobling fra inngående spor til ny godsforbindelse. Imidlertid vil vedlikehold av Follobanen skje ganske ofte (antakelig minst en gang i uken) på hvert spor. Vedlikeholdet vil videre antakelig skje vekselvis på hvert spor på hver sin natt. Det betyr at dimensjonerende kapasitet på Follobanen om natten baseres på enkeltsporet drift.

Hvis det bare er kobling fra Follobanens inngående spor (mot Oslo S) til ny godsforbindelse kan det ikke kjøres godstog på Follobanen når det er vedlikehold på inngående spor. Dette betyr at det grunnet vedlikehold på Follobanen er nødvendig med kobling mellom ny godsforbindelse og *begge spor* på Follobanen. Ny godsforbindelse skal bare brukes om natten når det ikke er persontog. Det tilsier i utgangspunktet at det er tilstrekkelig med tilkobling til begge spor i plan. Imidlertid gjør stengning av et spor ved vedlikehold at det er nødvendig med planfri tilkobling. Dessuten er det planlagt ett spor per tunnel slik at dette også betyr at koblingen i tunnel må skje planfritt

Alternativet til kobling til begge spor på Follobanen er at det kjøres gods på natten på Østfoldbanen de nettene det er vedlikehold på Follobanens inngående spor.

Videre betyr det at selv om ny godsforbindelse i utgangspunktet er en flaskehals, er det ikke sikkert at det er nødvendig å bygge den ut etter som enkeltsporsdrift på Follobanen kan utgjøre en enda større flaskehals. Dette undersøkes i hvert alternativ.

De nettene Follobanen ikke er stengt på grunn av vedlikehold kan det imidlertid være nødvendig å øke kapasiteten på den nye godsforbindelse hvis det ikke skal kjøres godstog på Østfoldbanen.

Hvis kapasiteten ikke økes på ny godsforbindelse er alternativet å kjøre godstog på Østfoldbanen fra Alnabru til Ski – eller også må godstrafikken begrenses på natten.

### 3 KAPASITETSRESULTATER OG TILTAKSOMFANG

Dette kapitlet beskriver først forhold om tilkobling mellom ny godsforbindelse og Østfoldbanen. Deretter beskrives forhold rundt strekningskapasitet og tiltak.

#### 3.1 Tilkobling til Østfoldbanen

##### 3.1.1 Generelt

Behovet for tilkobling både *fra* Østfoldbanen og til Alnabru og *til* Østfoldbanen fra Alnabru eksisterer bare i det tilfellet der det er trafikk begge retninger på ny godsforbindelse. I utgangspunktet anbefales det av kapasitetshensyn at det er retningsdrift slik at godstog kjøres *til* Alnabru på ny godsforbindelse og *fra* Alnabru i Brynsbakken. Det vil derfor være aktuelt med godstrafikk fra Alnabru på ny godsforbindelse på natten og i avvikssituasjoner.

På natten er det ikke persontrafikk og det er derfor ikke nødvendig med planfri kobling. I avvikssituasjoner vil det være en fordel med planfri tilkobling, men disse opptrer sjelden og det er da et spørsmål om fordelene og brukshyppigheten ved planfri tilkobling oppveier merkostnadene. Det er ikke sett mer på nytten av planfri tilkobling i denne analysen.

Hvis det velges å benytte ny godsforbindelse i begge retninger på dagtid for å unngå trafikk i Brynsbakken og forbi Gamlebyen må det tas stilling til om tilkoblingen til Østfoldbanen skal være i plan eller om den kan være planfri. Ved tilkobling i plan vil tog ut fra godsforbindelsen og til sørgående spor på Østfoldbanen måtte krysse nordgående spor på Østfoldbanen. Planfrihet er mer omfattende å bygge, men sikrer også større fleksibilitet etter som det er uavhengige togveier inn til Oslo S på Østfoldbanen og ut fra godsforbindelsen til Østfoldbanen.

Det undersøkes i dette avsnittet om tilkobling i plan er tilstrekkelig.

Det forventes (opp til) 6 persontog per time for trafikken på Østfoldbanen, dvs. at det er (ned til) 10 minutter mellom togene. Teknisk togfølgetid settes til 2 minutter.

*Det er viktig å understreke at resultatene i dette avsnittet gjelder hvis det er trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse.*

*Med retningsdrift på ny godsforbindelse og i Brynsbakken er det ikke behov for planfri tilkobling til Østfoldbanen.*

##### 3.1.2 Alternativ 0 og 0+

Disse alternativene har automatisk planfrihet i koblingen til Østfoldbanen etter som omlegging av Østfoldbanen gir planfri atkomst til Loenga fra Østfoldbanen.

##### 3.1.3 Alternativ 1C og 3C

Alternativ 1C og 3C er prinsipielt like mht. tilkobling til Østfoldbanen, det er bare stedene for tilkobling som atskiller alternativene. Alternativene omtales derfor under ett.

### 3.1.3.1 Konfliktfrihet

Med motstrøms kryssing fra Alnabru over inngående spor (mot Oslo S) fra Østfoldbanen er det en viss tidsluke tilgjengelig for godstoget. Tilsvarende er det en viss tidsluke tilgjengelig når godstoget skal inn på utgående spor (mot Ski) på Østfoldbanen. Spørsmålet i hvor stor grad det kan forventes overlapp mellom disse tidslukene, dvs. hvor uproblematisk det vil være å komme fra ny godsforbindelse og til Østfoldbanen, hvis rutesystemene for persontrafikk hver vei plasseres tilnærmet tilfeldig i forhold til hverandre (krav til vendetider i hver ende må være oppfylt); "tilfeldigheten" skyldes at det ikke på forhånd er kjent hvordan ruteleiene i hver retning legges i forhold til hverandre og at det kan være vanskelig å endre på disse grunnet bindinger til andre linjer.

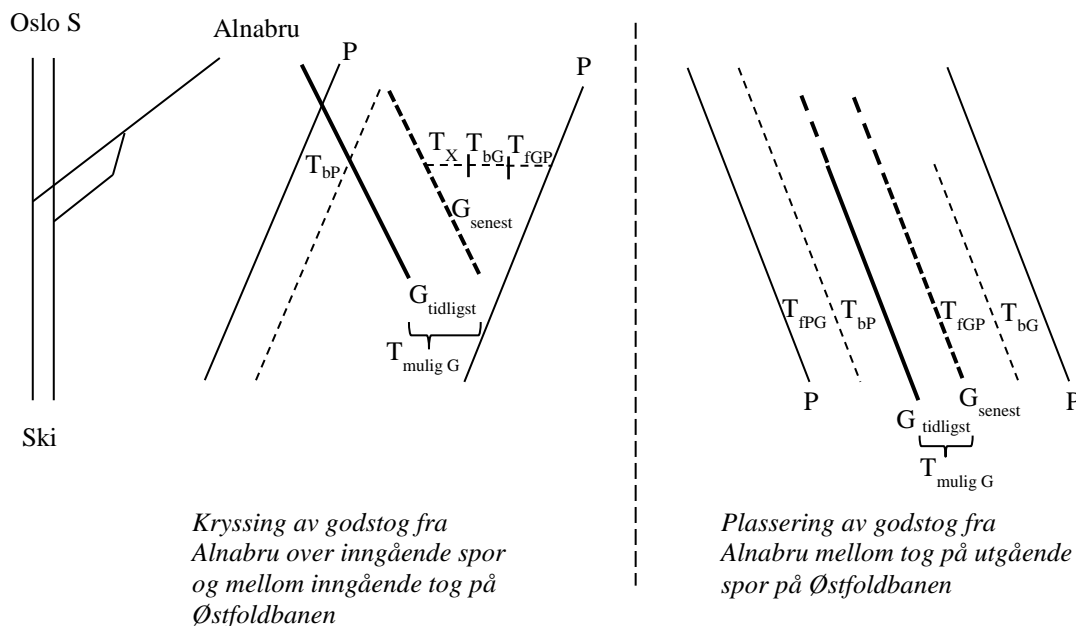
Magasineringsspor/ventespor på ny godsforbindelse på Alnabrusiden av avgrensen vil ikke løse problemet hvis det er konflikt ved å komme over inngående spor; konflikten er at det ikke er overlapp mellom tid for motstrøms kryssing og tid innfasing på sørgående spor og denne konflikten flytter seg ikke av at godstoget venter. Ventespor langs Østfoldbanens utgående spor kan ikke brukes; problemet er nettopp å komme fram til utgående spor. Et ventespor mellom inngående og utgående spor på Østfoldbanen ville gjøre det mulig for godstog å krysse ut mellom inngående tog på Østfoldbanen i en periode og avvente ledig ruteleie mellom utgående persontog på Østfoldbanen. Det er imidlertid antatt at dette ikke er mulig av plasshensyn.

Det tenkes at trafikken den ene veien, f.eks. persontogene på inngående spor, "låses" tidsmessig mens det andre persontogsystemet plasseres tilfeldig i forhold til det første. Det forutsettes at ruteleie for godstog kan velges fritt så det passer med det systemet som låses.

Sannsynlighet for konfliktfrihet beregnes ut fra at persontogsystemene plasseres "tilfeldig" i forhold til hverandre. Innen for de tilgjengelige tidslukene i persontogsystemene plasseres godstogruteleier da der det kan passe. Det er altså ikke slik at godstogene plasseres tilfeldig i forhold til persontogene - godstogene plasseres der det er mest hensiktsmessig.

Når godstog skal krysse motstrøms må det tas høyde for at inngående persontog kan være forsinket, slik at det må regnes med en buffertid  $T_{bP}$  for persontoget, mellom persontogets passering og godstogets motstrøms kryssing. Motstrøms kryssing må være gjennomført før neste persontog til Oslo S begynner å belegge sporet (belagt i tiden  $T_f$  før passering). Godstoget kan også være forsinket fra Alnabru og det legges derfor inn en buffertid  $T_{bG}$ . Selve kryssingen motstrøms belegger sporet i tiden  $T_X$  fra toget får grønt signal og begynner å kjøre og inntil hele toget er inne bak motsatt rettet signal på sørgående spor på Østfoldbanen.

Tog i samme retning kan ikke kjøre tettere enn den tekniske togfølgetiden  $T_f$ . Minste tidsavstand mellom et godstog og et etterfølgende persontog kalles  $T_{fGP}$ . Motstrøms kryssing må begynne i tiden  $T_X + T_{bG} + T_{fGP}$  før neste persontog passerer påkoblingspunktet for ny godsforbindelse. Tidsforholdene er illustrert i Figur 3.



Figur 3. Tidsforhold ved motstrøms kryssing av godstog.

### 3.1.3.2 Sannsynlighet for konfliktfrihet

Belegget for selve motstrøms kryssing er estimert til ca. 2 minutter. Buffertidene vil variere med kravet til punktlighet, men er i denne analysen satt til minimum 3 minutter.

Ved **motstrøms kryssing** er det med 6 persontog i timen 10 minutter mellom persontogene. Tidsintervallet mellom  $G_{senest}$  og  $G_{tidligst}$ , der det kan kjøres godstog, er da lik  $10 \text{ minutter} - (T_{bP} + T_X + T_{bG} + T_{fGP}) = 10 - (3 + 2 + 3 + 2) = 0$  minutt. Relativt til inngående persontog er det altså ett tidspunkt på minuttall 3 der det kan kjøres godstog.

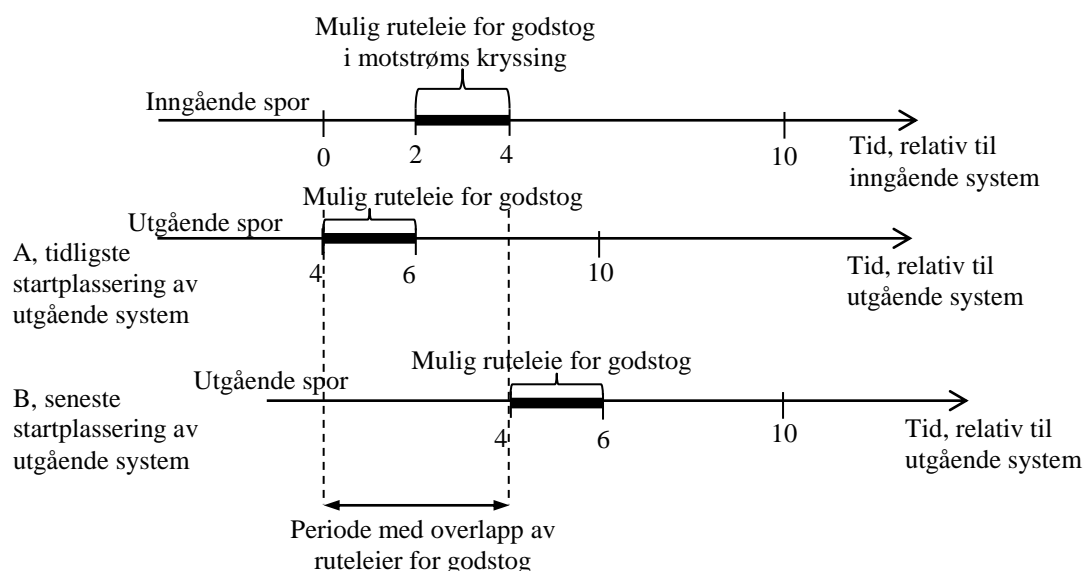
For **tog i samme retning** mot sør på Østfoldbanen er tidsintervallet mellom  $G_{senest}$  og  $G_{tidligst}$  lik  $10 \text{ minutter} - ((T_{fPG} + T_{bP}) + (T_{fGP} + T_{bG})) = 10 - ((2 + 3) + (2 + 3)) = 0$  minutter. Relativt til tiden for utgående tog kan godstog altså plasseres på ett tidspunkt, nemlig minuttall 5.

For hver 10-minuttersperiode er det altså bare én mulighet for plassering av godstogene. Hvis rutesystemene til og fra Oslo S legges på hele minutter (i forhold til hverandre) er det altså 1 av 10 minutter som er tilgjengelige, dvs. at det er 10 % sannsynlighet for å ha et konfliktfritt ruteleie for godstog. Det er tilsvarende 90 % sannsynlighet for at godstogruteleiene *ikke* passer sammen med de to persontrafikksystemene.

Hvis kravet til buffertid reduseres til 2 minutter blir det lettere å finne ruteleier for godstog men det aksepteres også en dårligere punktlighet. Eksemplet i det følgende viser forskjellen. Ved **motstrøms kryssing** er det med 6 persontog i timen 10 minutter mellom persontogene. Tidsintervallet mellom  $G_{senest}$  og  $G_{tidligst}$ , der det kan kjøres godstog, er da lik  $10 \text{ minutter} - (T_{bP} + T_X + T_{bG} + T_{fGP}) = 10 - (2 + 2 + 2 + 2) = 2$  minutter. Relativt til



inngående persontog er det altså et intervall mellom minuttall 4 og 6 der det kan kjøres godstog. For tog i samme retning mot sør på Østfoldbanen er tidsintervallet mellom  $G_{senest}$  og  $G_{tidligst}$  lik 10 minutter  $- ((T_{fPG} + T_{bP}) + (T_{fGP} + T_{bG})) = 10 - ((2 + 2) + (2 + 2)) = 2$  minutter. Relativt til tiden for utgående tog kan godstog altså plasseres mellom minuttall 4 og 6. I Figur 4 er det illustrert forholdet mellom relative tider som gjelder for motstrøms kryssing fra Alnabru og for innfasing mellom sørgående tog fra Oslo S.



**Figur 4. Mulige, relative tider for motstrøms kryssing og utgående godstog.**

Det sees i Figur 4 at utgående tog tidligst kan plasseres to minutter før intervall med motstrøms kryssing (hvis siste tid skal overlappe med motstrøms kryssing). Det er da bare siste minuttall som overlapper. Ved å forskyve hele det utgående systemet senere overlapper motstrøms kryssing også med relativt tidligere godstog i utgående spor. Størst mulige forskyvning er 4 minutter der bare første tid i utgående spor overlapper med siste tid i motstrøms kryssing. Overlappet mellom systemene er i et intervall på 4 minutter, hvilket gir en sannsynlighet for at systemene er overlappende på  $4 \text{ minutter} / 10 \text{ minutter} = 40 \%$ .

Ved å redusere buffertiden fra 3 minutter til 2 minutter økes altså sannsynligheten for konfliktfritt ruteleie fra 10 % til 40 %. Sannsynlighet for konflikt reduseres tilsvarende fra 90 % til 60 %.

Uansett om buffertid er 2 eller 3 minutter er det en vesentlig sannsynlighet for at godstog ikke kan komme ut fra ny godsforbindelse og inn på Østfoldbanen.

Lavere frekvens for persontrafikken gjør det lettere å krysse motstrøms. F.eks. ville en frekvens på 2 persontog per time og retning gi et intervall på 30 minutter mellom togene. Begge retninger ville ha en 20-minuttersintervall tilgjengelig for godstog. Det ene systemet ville da ha overlapp i  $20+20=40$  minutter i forhold til det andre og det ville da alltid være mulig å finne en tid for motstrøms kryssing ( $40 \text{ minutter} / 30 \text{ minutter} > 100 \%$ ).

4 persontog i timen ville gitt 15-minuttersintervall og tilsvarende 5 minutters tilgjengelig intervall for godstog i begge systemer. Det ene systemet ville da ha overlapp i  $5+5=10$  minutter i forhold til det andre og det ville da ha en sannsynlighet for konfliktfrihet på  $10/15=67\%$ . 33 % sannsynlighet for konflikt er relativt høyt og i dette tilfellet ville det vært anbefalt å ha planfri tilkobling.

### 3.1.3.3 Tiltak ved konflikt

Som vist i avsnittet over er det en høy sannsynlighet for konflikt. Hvis konflikten inntreffer (når en konkret ruteplan konstrueres) er konsekvensen at det må det a) kjøres tog på tider som ellers er definert som buffertid med tilhørende konsekvens for lavere punktlighet, b) endres på ruteleier for persontog eller c) ikke kjøres godstog i det hele tatt.

Fast utnyttelse av buffertid til framføring av godstog er uheldig ut fra hensyn til punktlighet; med lave verdier av buffertid blir systemet sårbart overfor forsinkelser hvis buffertidene reduseres for å framføre godstog. Endring av ruteleier for persontog kan være vanskelig etter som de inngår i et system med andre linjer og bortfall av godstog er uaktuelt.

*Det bør derfor bygges planfri tilkobling til Østfoldbanens utgående spor, når det er trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse. Med planfri kobling faller avhengigheten mot inngående system bort og godstogruteleie fra Alnabru kan tilpasses slik at det passer inn i tidsluken i trafikken mot sør.*

Selv om det er planfri tilkobling kan det ved forsinkelse på utgående spor på Østfoldbanen være nødvendig for sørgående godstog å vente ved Østfoldbanen. I dette tilfellet er det behov for et ventespor i tilknytning til Østfoldbanen.

Også ved avgrensning fra inngående spor på Østfoldbanen til ny godsforbindelse bør det etableres et ventespor. Dette ventesporet er viktig ved forsinkelser på inngående spor på Østfoldbanen eller ved forsinket godstog fra Alnabru på ny godsforbindelse. Ventesporet sikrer at nordgående godstog kan komme bort fra Østfoldbanen og ikke forsinke etterfølgende tog. Ny godsforbindelse kan ikke nødvendigvis brukes til å kjøre inn på hvis godstoget er forsinket: et godstog fra Alnabru kan være på vei allerede eller også vil et godstog fra Alnabru kunne bli forsinket hvis det må vente på et forsinket godstog til Alnabru.

### 3.1.4 Alternativ 3E

Forhold angående planfri tilkobling eller tilkobling i plan er de samme som for alternativ 1C og 3C. Det anbefales derfor også planfri tilkobling i alternativ 3E hvis det er trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse.

I utgangspunktet er det ikke nødvendig med ventespor for avgrensning fra Østfoldbanen på dagtid etter som det er ventespor på Ski stasjon, ganske nært avgrensningen. Ved forsinkelse på Østfoldbanen kan godstog stå på ventesporet på Ski stasjon hvis det ikke passer (mht. andre godstog) å kjøre inn på ny godsforbindelse umiddelbart.

Ved trafikk i begge retninger på dagtid er det nødvendig med et ventespor ved tilkobling til Østfoldbanen sørover.

## 3.2 Strekningskapasitet alternativ 0

### 3.2.1 Kapasitet dagtid

Kapasiteten begrenses av kapasiteten i eksisterende spor i Brynsbakken. I en periode med ekstra innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt vei) vil det ikke være kapasitet til godstog på Østfoldbanen og dermed heller ikke til Alnabru fra Sørkorridoren.

Det er i alt. 0 korte tog og det er ikke behov for hjelpelok.

Det er mulig å framføre to godstog/time/retning. Med dette togantallet blir tidsbelegget Loenga-Alnabru imidlertid 80 %, mens det ikke er anbefalt å ha mer enn 60 % utnyttelse over lange tidsperioder. Effekten av høyt tidsbelegg er gjenspeilet i estimatet for punktligheten (avsnitt 4.2.2, se også avsnitt 2.1).

### 3.2.2 Kapasitet om natten

I alternativ 0 er det ikke kobling mellom Alnabru og Follobanen (hverken direkte eller via Loenga) og det er derfor ikke mulig å kjøre godstog via Follobanen til Alnabru hverken dag eller natt i dette alternativet.

Godstog må også om natten kjøres på Østfoldbanen i alternativ 0.

### 3.2.3 Oppsummering

I alternativ 0 er det ikke kobling mellom Alnabru og Follobanen. Det er derfor ikke mulig å kjøre godstog på Follobanen (hverken om dagen eller om natten).

Godskapasitet begrenses i rush hvis det er innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt).

Effekten av høyt tidsbelegg Loenga-Alnabru er gjenspeilet i estimatet for punktligheten (avsnitt 4.2.2, se også avsnitt 2.1).

## 3.3 Strekningskapasitet alternativ 0+

### 3.3.1 Kapasitet dagtid

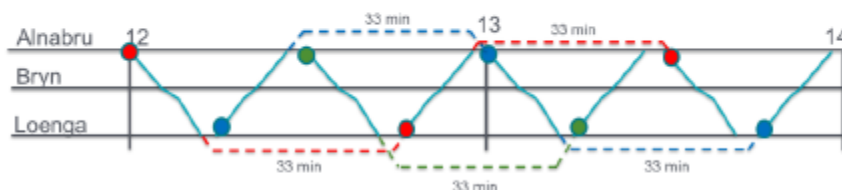
Kapasiteten begrenses av kapasiteten i eksisterende spor i Brynsbakken. I en periode med ekstra innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt vei) vil det ikke være kapasitet til godstog på Østfoldbanen og dermed heller ikke til Alnabru fra Sørkorridoren..

Analyse av WSP Group har tidligere vist at med ombygging av Loenga til å håndtere kryssing av 750 m lange godstog samt operasjon med 3 hjelpelok som kjøres til Alnabru er det kapasitet til 2 godstog/time/retning.

Figur 5 viser skisse av grafisk rute fra kapasitetsanalysen fra WSP Group (s. 49 i "Utredning av behov, mål og krav, Godsforbindelse Alnabru, Jernbaneverket, rev. 10.01.2012).

### Kapasitet med 3 hjelpelok

For å kunne håndtere 2 tog pr retning kreves det innsats av 3 hjelpelok, vist i figuren under. Omløpstiden for hjelpeloket er beregnet til 90 minutter og belegget på sporet blir 80. I dette tilfellet utnyttes hjelpelokene 83%, det vil si at det finnes en reservetid på 15 minutter. Det forutsettes også at sporområdet på Loenga kan håndtere tre hjelpelok samtidig.



Figur 25 Grafisk rute som viser omløpstiden for 3 hjelpelok. De ulike fargene på sirkelene viser det samme hjelpeloket som går fram og tilbake på enkeltsporet mellom Loenga og Alnabru.

Figur 5. Driftsopplegg for alt. 0+, fra kapasitetsanalyse fra WSP Group i behovsanalyse (s. 49).

Det kan imidlertid være en mulighet for at kapasiteten kan oppnås med 1-2 hjelpelok hvis disse bare skyver bak på godstog fram til Bryn og deretter returnerer til Loenga. Muligheten for å skyve med hjelpelok må evt. sees nærmere på i en senere fase.

Godstogene er i analysen fra WSP Group kjørt i motsatt retning annen hver gang. Dette gir et høyt tidsbelegg i Brynsbakken (Loenga-Alnabru) og en utnyttelse på 80 %, mens det ikke er anbefalt å ha mer enn 60 % utnyttelse over lange tidsperioder.

Effekten av høyt tidsbelegg er gjenspeilet i estimatet for punktligheten (avsnitt 4.2.2, se også avsnitt 2.1).

### 3.3.2 Kapasitet om natten

I alternativ 0+ er det ikke kobling mellom Alnabru og Follobanen (hverken direkte eller via Loenga) og det er derfor ikke mulig å kjøre godstog via Follobanen til Alnabru hverken dag eller natt i dette alternativet.

Godstog må også om natten kjøres på Østfoldbanen i alternativ 0+.

### 3.3.3 Oppsummering

Loenga tilrettelegges til å håndtere 750 m lange tog samt opp til 3 hjelpelok som kjøres til Alnabru.

I alternativ 0+ er det ikke kobling mellom Alnabru og Follobanen. Det er derfor ikke mulig å kjøre godstog på Follobanen (hverken om dagen eller om natten).

Godskapasitet begrenses i rush hvis det er innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt).

Effekten av høyt tidsbelegg Loenga-Alnabru er gjenspeilet i estimatet for punktligheten (avsnitt 4.2.2, se også avsnitt 2.1).

## 3.4 Strekningskapasitet alternativ 1C

### 3.4.1 Kapasitet dagtid

Kapasiteten begrenses av ny godsforbindelse. Kapasiteten med retningsdrift er ca. 2,3 tog/time/retning hvilket er tilstrekkelig. Det er ikke nødvendig med spesielle tiltak for godsforbindelsen (som f.eks. kryssingsspor eller blokkinndeling).

Med innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt vei) er det ikke plass til godstog i perioden med innsatstog.

Hvis det velges å kjøre godstog i begge retninger på ny godsforbindelse på dagtid er kapasiteten på denne forbindelsen ca. 1,4 tog/time og retning. Dette er ikke tilstrekkelig kapasitet (ønsket 2 tog/time og retning) og det må bygges kryssingsspor på ny godsforbindelse.

### 3.4.2 Kapasitet om natten

Det forutsettes at godstog på natten ikke skal kjøres på Østfoldbanen eller i Brynsbakken.

#### 3.4.2.1 Uten stengning av spor på Follobanen

Når det ikke er stengning av Follobanen grunnet vedlikehold er det dobbeltsporsdrift på Follobanen mellom Ski og avgrening til ny godsforbindelse. Kapasiteten er da begrenset av ny godsforbindelse og kapasiteten er ca. 2,0 tog/time og retning. Dette er tilstrekkelig kapasitet (ønsket 2 tog/time og retning).

#### 3.4.2.2 Med stengning av ett spor på Follobanen

Når det er vedlikehold på Follobanens ene spor blir det enkeltsporsforbindelse mellom Ski og Alnabru. Kapasiteten blir ca. 1 tog/time/retning. Dette er ikke tilstrekkelig til de ønskede 2 tog/time/retning.

Etablering av kryssingsspor på ny godsforbindelse som en del av avgreningen vil øke kapasiteten til 1,1 tog/time og retning på ny godsforbindelse og ca. 1,1 tog/time og retning på Follobanen. Dette er ikke tilstrekkelig. Uten ytterligere tiltak på både ny godsforbindelse og på Follobanen vil det være en begrensning i kapasiteten når det ene sporet på Follobanen er stengt for vedlikehold.

Det kan derfor være aktuelt å benytte Østfoldbanen i den ene retningen de nettene det er vedlikehold.

Med puljekjøring av tog Ski-Alnabru (og motsatt) blir den begrensende strekningen mellom avgrening til/fra Follobanen og Alnabru. Kapasiteten er den samme som ved trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse, dvs. 2,0 tog per time og retning. Dette er tilstrekkelig, men

det å basere framføring på puljekjøring setter imidlertid større krav til kapasitet ved tilgrensende baner med tanke på ventespør og det gir også noen tog lengre framføringstid.

### **3.4.3 Oppsummering**

Ingen infrastrukturtiltak nødvendige for godstrafikk på dagtid med retningsdrift eller på natten hvis begge spor på Follobanen er åpne (det ikke er vedlikehold). Med trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse på dagtid er det nødvendig med kryssingsspor på ny godsforbindelse.

Uten ekstra tiltak på både ny godsforbindelse og Follobanen må trafikken på natten begrenses de nettene det er vedlikehold. Alternativt kan Østfoldbanen benyttes i den ene retningen de nettene det er vedlikehold.

Godskapasitet begrenses i rush hvis det er innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt).

## **3.5 Strekningskapasitet alternativ 3C**

### **3.5.1 Kapasitet dagtid**

Kapasiteten begrenses av ny godsforbindelse. Kapasiteten med retningsdrift er ca. 2,2 tog/time/retning hvilket er tilstrekkelig.

Med retningsdrift på ny godsforbindelse er det begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt). Med trafikk i begge retninger er det ikke begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo.

Hvis det velges å kjøre godstog i begge retninger på ny godsforbindelse på dagtid er kapasiteten på denne forbindelsen ca. 1,4 tog/time og retning. Dette er ikke tilstrekkelig kapasitet (ønsket 2 tog/time og retning) og det må bygges kryssingsspor på ny godsforbindelse.

### **3.5.2 Kapasitet om natten**

Det forutsettes at godstog på natten ikke skal kjøres på Østfoldbanen eller i Brynsbakken.

#### **3.5.2.1 Uten stengning av spor på Follobanen**

Når det ikke er stengning av Follobanen grunnet vedlikehold er det dobbeltsporsdrift mellom Ski og avgrening til ny godsforbindelse. Kapasiteten er da begrenset av ny godsforbindelse og kapasiteten er da. ca. 1,7 tog/time og retning. Dette er ikke tilstrekkelig kapasitet (ønsket 2 tog/time og retning). Det er derfor nødvendig med kryssingsspor på ny godsforbindelse for å øke kapasiteten.

### 3.5.2.2 Med stengning av ett spor på Follobanen

Når det er vedlikehold på Follobanens ene spor blir enkeltsporsforbindelse mellom Ski og Alnabru. Kapasiteten blir ca. 1 tog/time/retning. Dette er ikke tilstrekkelig til de ønskede 2 tog/time/retning.

Etablering av kryssingsspor på ny godsforbindelse som en del av avgrensingen vil øke kapasiteten til 1,2 tog/time og retning på ny godsforbindelse og ca. 1,4 tog/time og retning på Follobanen. Flaskehalsen er ny godsforbindelse, men med kryssingsspor på ny godsforbindelse (grunnet behov fra natt også når begge spor på follobanen er åpne) blir flaskehalsen Follobanen. Uten ytterligere tiltak på Follobanen vil det være en begrensning i kapasiteten når et spor på Follobanen er stengt for vedlikehold.

Det kan derfor være aktuelt å benytte Østfoldbanen i den ene retningen de nettene det er vedlikehold.

### 3.5.3 Oppsummering

Med retningsdrift på dagtid er det tilstrekkelig kapasitet uten tiltak. Med trafikk i begge retninger må det bygges kryssingsspor på ny godsforbindelse.

Med retningsdrift på ny godsforbindelse er det begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt). Med trafikk i begge retninger er det ikke begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo.

Det må etableres kryssingsspor på ny godsforbindelse for å kjøre godstog på Follobanen de nettene det ikke er vedlikehold på Follobanen.

Uten ekstra tiltak på Follobanen må trafikken om natten begrenses de nettene det er vedlikehold. Alternativt kan Østfoldbanen benyttes i den ene retningen de nettene det er vedlikehold.

## 3.6 Strekningskapasitet 3E

Også i alternativ 3E kan godstog kjøres *til* Alnabru på ny godsforbindelse og *fra* Alnabru via Brynsbakken og Loenga. Ny godsforbindelse grener av fra Østfoldbanen nesten fra Ski og det kan derfor være naturlig å oppfatte forbindelsen som et mer separat system enn i de andre alternativene. Både retningsdrift og trafikk i begge retninger er omtalt under.

Alternativ 3E har ikke kobling til Follobanen og denne kan derfor ikke benyttes til godstrafikk til Alnabru, natt eller dag.

Med retningsdrift på ny godsforbindelse er det begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt). Med trafikk i begge retninger er det ikke begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo.

### 3.6.1 Kapasitet dagtid

Med godstog *til* Alnabru på ny godsforbindelse og godstog *fra* Alnabru via Brynsbakken og Loenga er kapasiteten ca. til 1,7 tog/time per retning. Det er derfor nødvendig med blokkinnstilling omtrent midt på ny godsforbindelse. Dette øker kapasiteten til 2,5 tog/time og retning. Med blokkinnstilling kan tog kjøres i motsatt retning annen hver gang på strekningen Teisen-Alnabru, men dimensjonerende tidsbelegg reduseres fra følgen Avgreningspunkt-Alnabru-Teisen til følgen Blokksignal-Alnabru-Teisen.

Hvis ny godsforbindelse brukes i begge retninger er kapasiteten ca. 1,1 tog/time per retning. Det er derfor nødvendig med et kryssingsspor på midten for å øke kapasiteten til 2 tog/time/retning.

I utgangspunktet er det ikke nødvendig med ventespor for avgrensing *fra* Østfoldbanen på dagtid etter som det er ventespor på Ski stasjon, ganske nært avgrensingen. Ved forsinkelse på Østfoldbanen kan godstog stå på ventesporet på Ski stasjon hvis det ikke passer (mht. andre godstog) å kjøre inn på ny godsforbindelse umiddelbart.

Ved trafikk i begge retninger på dagtid er det nødvendig med et ventespor ved tilkobling *til* Østfoldbanen sørover.

### 3.6.2 Kapasitet om natten

Det forutsettes at godstog på natten ikke skal kjøres på Østfoldbanen eller i Brynsbakken. Alternativ 3E har ikke kobling til Follobanen og denne kan da ikke benyttes (natt eller dag), slik at godstrafikk må framføres på ny godsforbindelse.

Kapasiteten er ca. 1,1 tog per time og retning og det er da nødvendig med et kryssingsspor på midten for å avvikle 2 tog per time og retning.

Når det etableres kryssingsspor for å håndtere trafikken om natten blir det også tilstrekkelig kapasitet om dagen for å la godstrafikken benytte ny godsforbindelse begge veier.

Om natten kan selve Østfoldbanen brukes som ventespor. Påkobling til Østfoldbanen ved Vevelstad skal i utgangspunktet bare brukes på natten der det ikke er persontrafikk, og da er det ikke behov for ventespor ved kjøring til Østfoldbanen.

### 3.6.3 Oppsummering, nødvendige tiltak

#### Retningsdrift

*Dagtid:* Blokkinnstilling på ny godsforbindelse.

*Natt:* Fotutsatt at det ikke er godstrafikk i Brynsbakken om natten.

#### Trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse

*Dagtid:* Kryssingsspor på ny godsforbindelse. Planfri tilkobling til Østfoldbanens sørgående spor. Ventespor til Østfoldbanens sørgående spor.

*Natt:* Kryssingsspor på ny godsforbindelse.



Når det etableres kryssingsspor på ny godsforbindelse for å håndtere trafikken om natten blir det også tilstrekkelig kapasitet om dagen for å la godstrafikken benytte ny godsforbindelse begge veier. Kryssingssporet vil også fungere som blokkinnledning hvis det er retningsdrift.

### 3.7 Oppsummering av tiltak i alternativene

Dette avsnittet oppsummerer tiltaksbehov i alternativene sammen med kommentarer.

#### **Alt. 0**

Ingen tiltak; alternativet er referansealternativ der det per definisjon ikke er tiltak for prosjektet. Svarer til dagens Loenga, gjenoppbygget 1:1 etter at Follobanens innføring og omlegging av Østfoldbanen er ferdigstilt.

#### **Alternativ 0+**

Det må tilrettelegges for opp til 3 hjelpelok og for kryssing av 750 m lange godstog på Loenga.

I alternativ 0+ er det ikke kobling mellom Alnabru og Follobanen. Det er derfor ikke mulig å kjøre godstog på Follobanen hverken om natten eller om dagen.

Godskapasitet begrenses i rush hvis det er innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt).

Tidsbelegget Loenga-Alnabru er med 2 tog per time og retning høyere enn vanlig anbefalt grense. Kapasiteten på to tog per time og retning er da diskutabel. Effekten er gjenspeilet i estimatet for punktligheten.

#### **Alternativ 1C**

Det må etableres kobling mellom begge spor på Follobanen og ny godsforbindelse med planfri tilkobling.

Med retningsdrift er ingen ytterligere infrastrukturtiltak nødvendige for godstrafikk på dagtid eller på natten hvis begge spor på Follobanen er åpne (det ikke er vedlikehold).

Hvis det ikke er retningsdrift, men det velges å kjøre godstog både til og fra Alnabru på ny godsforbindelse på dagtid er det nødvendig med:

- Kryssingsspor på ny godsforbindelse
- Planfri tilkobling mellom ny godsforbindelse og Østfoldbanen
- Ventespor for tilkobling fra ny godsforbindelse til Østfoldbanen
- Ventespor for tilkobling fra Østfoldbanen til ny godsforbindelse

Uten ekstra tiltak på både ny godsforbindelse og Follobanen må trafikken på natten begrenses de nettene det er vedlikehold på Follobanen. Alternativt kan Østfoldbanen benyttes i den ene retningen de nettene det er vedlikehold.

Godskapasitet begrenses i rush hvis det er innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt).

### **Alternativ 3C**

Det må etableres

- Kobling mellom begge spor på Follobanen og ny godsforbindelse med planfri tilkobling
- Kryssingsspor på ny godsforbindelse for å kjøre godstog på Follobanen de nettene det ikke er vedlikehold på Follobanen.

Hvis det ikke er retningsdrift, men det velges å kjøre godstog både til og fra Alnabru på ny godsforbindelse på dagtid, er det nødvendig med

- Kryssingsspor på ny godsforbindelse
- Planfri tilkobling mellom ny godsforbindelse og Østfoldbanen
- Ventespor for tilkobling fra ny godsforbindelse til Østfoldbanen
- Ventespor for tilkobling fra Østfoldbanen til ny godsforbindelse

Med retningsdrift på ny godsforbindelse er det begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt). Med trafikk i begge retninger er det ikke begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo.

Uten ekstra tiltak på Follobanen må trafikken om natten begrenses de nettene det er vedlikehold. Alternativt kan Østfoldbanen benyttes i den ene retningen de nettene det er vedlikehold.

### **Alternativ 3E**

Tiltak er som følger:

Ved retningsdrift (trafikk i en retning på ny godsforbindelse)

- Blokkinndeling på ny godsforbindelse

Ved trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse

- Kryssingsspor på ny godsforbindelse
- Planfri tilkobling til Østfoldbanens sørgående spor
- Ventespor til Østfoldbanens sørgående spor

Når det etableres kryssingsspor på ny godsforbindelse for å håndtere trafikken om natten blir det også tilstrekkelig kapasitet om dagen for å la godstrafikken benytte ny godsforbindelse begge veier. Kryssingssporet vil også fungere som blokkinndeling hvis det er retningsdrift.

Med retningsdrift på ny godsforbindelse er det begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt). Med trafikk i begge retninger er det ikke begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo.

Tabell 1 viser oppsummert tiltakene for alternativene.

**Tabell 1. Oppsummering av tiltak i alternativene.**

	Alt. 0+	Alt. 1C	Alt. 3C	Alt. 3E
Retningsdrift (til Alnabru på ny godsforbindelse og fra Alnabru i Brynsbakken)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Det må etableres kobling mellom begge spor på Follobanen og ny godsforbindelse med planfri tilkobling.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Det må etableres kobling mellom begge spor på Follobanen og ny godsforbindelse med planfri tilkobling.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blokkindelning på ny godsforbindelse</li> </ul>
Trafikk i begge retninger i ny godsforbindelse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tilrettelegging for opp til 3 hjelpelok og for kryssing av 750 m lange godstog på Loenga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Det må etableres kobling mellom begge spor på Follobanen og ny godsforbindelse med planfri tilkobling.</li> <li>• Kryssingsspor på ny godsforbindelse</li> <li>• Planfri tilkobling mellom ny godsforbindelse og Østfoldbanen</li> <li>• Ventespor for tilkobling fra ny godsforbindelse til Østfoldbanen</li> <li>• Ventespor for tilkobling fra Østfoldbanen til ny godsforbindelse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Det må etableres kobling mellom begge spor på Follobanen og ny godsforbindelse med planfri tilkobling.</li> <li>• Kryssingsspor på ny godsforbindelse (både for dagtid og for natt via Follobanen)</li> <li>• Planfri tilkobling mellom ny godsforbindelse og Østfoldbanen</li> <li>• Ventespor for tilkobling fra ny godsforbindelse til Østfoldbanen</li> <li>• Ventespor for tilkobling fra Østfoldbanen til ny godsforbindelse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kryssingsspor på ny godsforbindelse</li> <li>• Planfri tilkobling til Østfoldbanens sørgående spor</li> <li>• Ventespor til Østfoldbanens sørgående spor</li> </ul>
Kommentar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Godskapasitet begrenses i rush hvis det er innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uten ekstra tiltak på både ny godsforbindelse og Follobanen må trafikken på natten begrenses de nettene det er vedlikehold på Follobanen. Alternativt kan Østfoldbanen benyttes i den ene retningen de nettene det er vedlikehold.</li> <li>• Godskapasitet begrenses i rush hvis det er innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Med retningsdrift på ny godsforbindelse er det begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt). Med trafikk i begge retninger er det ikke begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo.</li> <li>• Uten ekstra tiltak på Follobanen må trafikken om natten begrenses de nettene det er vedlikehold. Alternativt kan Østfoldbanen benyttes i den ene retningen de nettene det er vedlikehold.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Når det etableres kryssingsspor på ny godsforbindelse for å håndtere trafikken om natten blir det også tilstrekkelig kapasitet om dagen for å la godstrafikken benytte ny godsforbindelse begge veier. Kryssingssporet vil også fungere som blokkindelning hvis det er retningsdrift.</li> <li>• Med retningsdrift på ny godsforbindelse er det begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo (og motsatt). Med trafikk i begge retninger er det ikke begrensning i godskapasitet på grunn av innsatstog Kolbotn-Oslo.</li> </ul>

### 3.8 Oversikt over kapasitet i alternativene

Alle alternativer tilfredsstillt kravet om to tog per time og retning. Det kan allikevel være varierende kapasitet i alternativene (se også innledende avsnitt i avsnitt 4.2.1). Kapasiteten for godstog i hvert alternativ ved tilstrekkelig utbygging er vist i Tabell 2. Det er også vist kapasitetsforhold persontog på strekningen Ski-Oslo.

Det er i tillegg (som en rimeligere variant av 1C) vist forhold for en variant av alt. 1C der det bare er kobling til Follobanens inngående spor.

**Tabell 2. Oversikt over kapasitet for godstog og persontog. ØB=Østfoldbanen, FB=Follobanen.**

Alternativ, ved tilstrekkelig (dvs. minimums-) utbygging	Godstog				Persontog	
	Dagtid		Natt		Dagtid og natt	
	Retningsdrift via ØB	Begge retn. på ny godsforbindelse via ØB	Retningsdrift via FB	Begge retn. på ny godsforbindelse via FB	Ski-Kolbotn	Kolbotn-Oslo
	Maks antall persontog på ØB hvis også 2 godstog per time og retning	Maks antall persontog på ØB hvis også 2 godstog per time og retning	Tog per time og retning	Tog per time og retning	Tog per time og retning	Tog per time og retning
0	Ikke mulig	2*	Ikke mulig	Ikke mulig	6	6
0+	Ikke mulig	2*	Ikke mulig	Ikke mulig	6	6
1C	2,3	2,0	2,3	2,0	6	6
1C med tilkobling bare til FBs inngående spor	2,3	2,0	2,3	Ikke aktuell	6	6
3C	2,2	2,0	2,1	2,3	6	12
3E	2,5	1,9**	Ikke mulig	Ikke mulig	6	12

\* Se avsnitt 2.1. \*\* Så nært 2,0 at det aksepteres, se kommentar under.

I varianten av alt. 1C, der det er kobling bare til Follobanens inngående spor, kan det ikke kjøres godstog på Follobanen de nettene det er vedlikehold i dette sporet. De nettene Follobane-spolet er åpent og Follobanen benyttes blir det enkeltspor fra Alnabru til Ski, hvilket begrenser kapasiteten betraktelig fra 2,0 til ca. 0,9 tog/time/retning. Selv om det bygges kryssingsspor i forbindelse med avgrensingen blir kapasiteten bare litt over 1 tog per time og retning.

Velges varianten av alt. 1C der det er kobling bare til Follobanens inngående spor må det derfor enten aksepteres at trafikken om natten er begrenset til ca. ett tog per time og retning eller aksepteres at godstog fra Alnabru kjøres via Brynsbakken og Østfoldbanen.

I alternativ 3E er kapasiteten beregnet til 1,9 tog/time/retning med ett kryssingsspor. Dette er formelt for lite sammenlignet med kravet om 2 godstog/time/retning. Imidlertid er 1,9 så tett på 2 at det er akseptabelt med tanke på kapasitetsutnyttelsen (denne blir 63 %, mens grensen formelt er 60 %). Det er ikke tatt hensyn til dette avviket i estimering av punktlighet (se 4.2.2).

En løsning for å skaffe tilstrekkelig/mer kapasitet er å bygge to kryssingsspor på ny godsforbindelse. Kapasiteten øker da til ca. 2,7 tog/time/retning. Med to kryssingsspor vil alt. 3E ha best kapasitet for godstog både ved retningsdrift og ved trafikk i begge retninger i ny godsforbindelse.

## 4 FRAMFØRINGSTIDER OG PUNKTLIGHETSENDRING

### 4.1 Estimat for framføringstider og -besparelser

Ved retningsdrift i ny godsforbindelse vil retningsubalanse i godsstrømmene og ulike kjøretider hver vei resultere i at det er forskjell på framføringstid for *godset* og for godstogene selv. Vektingen er 80 % for gods til Alnabru og 20 % for gods fra Alnabru.

(I nyttekostnadssammenheng vil endring i kjøretiden bestemme materiellbehov og materiellkostnader mens endring i framføringstid for godset bestemmer nytten.)

Med trafikk i begge retninger i ny godsforbindelse er kjøretiden for godstog og framføringstid for godset den samme (unntatt i alternativ 0, se 4.1.1 og 4.1.2).

Det vises i det følgende en beregning av framføringstid og -besparelse i for *godset* ved kjøring i ny godsforbindelse. Beregningen er foretatt på et grovt nivå og er et estimat for besparelsen. Beregningene av kjøretid for *godstogene* er ikke vist, men fremkommer ved en vekting på 50 % for gods til Alnabru og 50 % for gods fra Alnabru.

Det er regnet tidsforskjell for både situasjonen der det er trafikk både til og fra Alnabru i ny godsforbindelse og for situasjonen med retningsdrift.

På dagtid må godstog kjøres via Østfoldbanen pga. manglende kapasitet på Follobanen til godstog og persontog samtidig. På natten kan de kjøres på Follobanen.

Punktlighet og tilgjengelig tid til framføring henger nøye sammen. Ved å legge inn slakk i ruteplanen mellom Ski og Alnabru (og på andre deler av strekningen) vil punktligheten bedres. I estimatet for kjøretidene er det imidlertid forutsatt at kjøretiden ønskes så lav som mulig og det er derfor raskeste kjøretid som er omtalt.

#### 4.1.1 Trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse

##### Dagtid

###### *Alternativ 0*

Godstogene kjøres på Østfoldbanen mellom lokaltog med samme hastighet som disse; kjøretiden til Loenga er ca. 30 min på dagtid. Dertil kommer kjøretid på ca. 12 min Loenga-Alnabru. Samlet tid er da ca.  $30+12 = \text{ca. } 42$  min per *godstog*.

Transporttiden per container er derimot lengre. Hvis en container hadde vært klar til avgang med et langt tog, men må vente på avgang av neste korte tog en halv time senere, blir gjennomsnittlig framføringstid per container 15 min lengre enn for togene. Dette gjelder uansett om toget kjøres langt til Loenga og deles eller om det kjøres to korte tog hele veien.

Effektiv transporttid når man ser på *godset* er da  $42+15=57$  min, og det er dette tallet som bør legges inn (i nyttekostnadsanalysen) som kjøretid for togene.

#### *Alternativ 0+*

I alternativ 0+ må godstog kjøres til Loenga der de får hjelpelok koblet på (det er lange, tunge godstog som har behov for hjelpelok; det er bakgrunnen for å etablere godsforbindelsen). Godstogene kjøres da på Østfoldbanen mellom lokaltog med samme hastighet som disse og får hjelpeloket koblet på Loenga og av på Bryn (eller Alnabru). Kjøretiden blir til Loenga ca. 30 min. Påkobling tar ca. 15 min og frakobling ca. 10 min (jf. kapasitetsanalyse av WSP Group i behovsanalysen for prosjektet, se også 3.3.1). Dertil kommer kjøretid på ca. 12 min Loenga-Alnabru. Samlet tid er da  $30+15+10+12 = 67$  min.

Kjøretiden med på ny godsforbindelse i alt. 1C, 3C og 3E vil variere med hvor den grener av fra Østfoldbanen.

#### *Alternativ 1C*

Samlet kjøretid Ski-Alnabru = Kjøretid på Østfoldbanen ca. 26 min + kjøretid på ny godsforbindelse ca. 12 min + kryssingstap 2 min = ca. 40 min

#### *Alt. 1C med kobling fra Follobanen bare til Alnabru*

Som 1C (bruker Østfoldbanen, Follobanen brukes bare om natten), dvs. kjøretid Ski-Alnabru = ca. 40 min.

#### *Alternativ 3C*

Samlet kjøretid Ski-Alnabru = Kjøretid på Østfoldbanen ca. 14 min + kjøretid på ny godsforbindelse ca. 12 min + kryssingstap 2 min = ca. 28 min

#### *Alternativ 3E*

Samlet kjøretid Ski-Alnabru = Kjøretid på Østfoldbanen ca. 6 min + kjøretid på ny godsforbindelse ca. 17 min + kryssingstap 2 min = ca. 25 min

### **Natt**

På natten kan Follobanen benyttes hvis det er sammenkobling mellom denne og Alnabru og da blir besparelsen en annen.

Det er ikke kapasitet nok til 2 tog/time/retning hvis bare ett spor er åpent på Follobanen så det forutsettes at begge spor er åpne.

Det blir i alternativ 1C og 3C trafikk i samme retning i ny godsforbindelse. Kjøretiden er lav nok på ny godsforbindelse til at det ikke er nødvendig med kryssing på ny godsforbindelse (gitt at ruteleier for godstog kan legges fritt) og det er derfor ikke kryssingstap i disse alternativene.

#### *Alternativ 0*

På natten er det ikke persontog og godstog kan derfor kjøre raskere mellom Ski og Lodalen. Kjøretiden settes til ca. 21 min (mot ca. 30 på dagen).

Effektiv kjøretid for godstogene settes til  $21+12 = 33$  minutter.

Effektiv framføringstid for godset settes til  $21+15+12 = 48$  minutter.



#### *Alternativ 0+*

Kjøretid Ski-Alnabru via Lodalen er da  $21+15+12+10=58$  minutter (som dagtid).

#### *Alternativ 1C*

Kjøretid Ski-Alnabru via Follobanen er ca. 19 minutter.

#### *Alt. 1C med kobling fra Follobanen bare til Alnabru*

I denne varianten av 1C er det ikke mulig å kjøre begge veier på Follobanen om natten, med mindre det aksepteres lav kapasitet (ellers må det kjøres retningsdrift og godstog på Østfoldbanen fra Alnabru). Hvis kjøretider skal sammenlignes mellom alternativer er det mest korrekt ikke å beregne kjøretid for dette alternativet om natten og med trafikk i begge retninger. (Aksepteres lav kapasitet er kjøretiden som 1C, dvs. 19 minutter.)

#### *Alternativ 3C*

Kjøretid Ski-Alnabru via Follobanen er ca. 18 minutter.

#### *Alternativ 3E*

Det er ingen forbindelse mellom Follobanen og ny godsforbindelse. Det kjøres da via Østfoldbanen og ny godsforbindelse også om natten. Kjøretiden til avgrening fra Østfoldbanen settes til 4 min (litt kortere enn på dagtid etter som det ikke er persontog). Samlet tid Ski-Alnabru er da  $4+17=21$  minutter. Inkludert kryssingstap er det 23 minutter.

### **4.1.2 Retningsdrift på ny godsforbindelse**

Med retningsdrift (alt. 1C, 3C og 3E; alt. 0 og 0+ har alltid trafikk i begge retninger i ny godsforbindelse) er det ikke nødvendig å krysse tog på ny godsforbindelse. Kryssingstap faller da bort. Til gjengjeld er det lengre kjøretid fra Alnabru til Ski etter som det kjøres via Brynsbakken. Kjøretiden Alnabru-Ski settes til  $12+30=42$  minutter om dagen og  $12+21=33$  minutter om natten.

### **Dagtid**

#### *Alternativ 0*

Som for trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse. Kjøretid *godstog* = 42 minutter.  
Som for trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse. Framføringstid *gods* = 57 minutter.

#### *Alternativ 0+*

Som for trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse. Kjøretid = 67 minutter.

#### *Alternativ 1C*

Kjøretid =  $80\% * 38 + 20\% * 42 = 39$  minutter.

#### *Alt. 1C med kobling fra Follobanen bare til Alnabru*

Som 1C (bruker Østfoldbanen, Follobanen brukes bare om natten), dvs. kjøretid Ski-Alnabru = 39 min.

### Alternativ 3C

Kjøretid =  $80\% * 26 + 20\% * 42 = 29$  minutter.

### Alternativ 3E

Kjøretid =  $80\% * 23 + 20\% * 42 = 27$  minutter.

## Natt

### Alternativ 0

Som for trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse.

Effektiv kjøretid for godstogene settes til  $21 + 12 = 33$  minutter.

Effektiv framføringstid for godset settes til  $21 + 15 + 12 = 48$  minutter.

### Alternativ 0+

Som for trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse. Kjøretid = 58 minutter.

### Alternativ 1C

Kjøretid =  $80\% * 19 + 20\% * 33 = 22$  minutter.

### Alt. 1C med kobling fra Follobanen bare til Alnabru

Som 1C, dvs. kjøretid = 22 minutter.

### Alternativ 3C

Kjøretid =  $80\% * 18 + 20\% * 33 = 21$  minutter.

### Alternativ 3E

Kjøretid =  $80\% * 21 + 20\% * 33 = 23$  minutter.

## 4.1.3 Sammenstilling

### 4.1.3.1 Framføringstider gods

Resultater for framføringstider er vist i Tabell 3, Tabell 4 og Tabell 5.

**Tabell 3. Framføringstid og forskjeller for gods ved trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse.**

Begge veier i ny godsforbindelse				
Alternativ	Framføringstid gods (minutt)		Besparelse (minutt)	
	Dag	Natt	Dag	Natt
0	57	48	-	-
0+	67	58	-10	-10
1C	40	19	17	29
1C med kobling bare fra Follobanens inngående spor	40	Ikke aktuelt	17	Ikke aktuelt
3C	28	18	29	30
3E	25	23	32	25

**Tabell 4. Framføringstid og forskjeller for gods ved retningsdrift på ny godsforbindelse.**

Retningsdrift				
Alternativ	Framføringstid gods, gjennomsnitt (minutt)		Besparelse (minutt)	
	Dag	Natt	Dag	Natt
0	57	48	-	-
0+	67	58	-10	-10
1C	39	22	18	26
1C med kobling bare fra Follobanens inngående spor	39	22	18	26
3C	29	21	28	27
3E	27	23	30	25

Det er ut fra et kapasitetsmessig synspunkt best å kjøre retningsdrift. Dette kan gjøres på dagtid i alt. 1C og 3C. I 3E er det mest naturlig å kjøre trafikk begge veier. Alt. 0 og 0+ kan det bare kjøres begge veier (i Brynsbakken). På natten kan det kjøres Follobanen i alt. 1C og 3C. I alt. 1C med bare tilkobling i Follobanens inngående spor er det regnet med at godstog om natten må kjøre Østfoldbanen den ene veien (fra Alnabru).

Det gir da samlet følgende framføringstider og tidsbesparelser som vist i Tabell 5:

**Tabell 5. Framføringstid og forskjeller ved ulike driftsformer i alternativene.**

Retningsdrift dagtid i 1C og 3C. Begge veier i 0, 0+ og 3E og i alle alt. natt. For 1C med kobling bra fra Follobanen er det retningsdrift hele døgnet.				
Alternativ	Framføringstid gods (minutt)		Besparelse (minutt)	
	Dag	Natt	Dag	Natt
0	57	48	-	-
0+	67	58	-10	-10
1C	39	19	18	29
1C med kobling bare fra Follobanens inngående spor	39	22	18	26
3C	29	18	28	30
3E	25	23	32	25

#### 4.1.3.2 Kjøretider godstog

Oppsummering for kjøretider for godstog er gitt i Tabell 6, Tabell 7 og Tabell 8.

**Tabell 6. Kjøretider og forskjeller for godstog ved trafikk i begge retninger på ny godsforbindelse.**

Begge veier i ny godsforbindelse				
Alternativ	Kjøretid godstog (minutt)		Besparelse (minutt)	
	Dag	Natt	Dag	Natt
0	42	33	-	-
0+	67	58	-25	-25
1C	40	19	2	14
1C med kobling bare fra Follobanens inngående spor	40	Ikke aktuelt	2	Ikke aktuelt
3C	28	18	14	15
3E	25	23	17	10

**Tabell 7. Kjøretider og forskjeller for godstog ved retningsdrift på ny godsforbindelse.**

Retningsdrift				
Alternativ	Kjøretid godstog, gjennomsnitt (minutt)		Besparelse (minutt)	
	Dag	Natt	Dag	Natt
0	42	33	-	-
0+	67	58	-25	-25
1C	40	26	2	7
1C med kobling bare fra Follobanens inngående spor	40	26	2	7
3C	34	26	8	8
3E	33	27	10	6

Det er ut fra et kapasitetsmessig synspunkt best å kjøre retningsdrift. Dette kan gjøres på dagtid i alt. 1C og 3C. I 3E er det mest naturlig å kjøre trafikk begge veier. Alt. 0 og 0+ kan det bare kjøres begge veier (i Brynsbakken). På natten kan det kjøres Follobanen i alt. 1C og 3C. I alt. 1C med bare tilkobling i Follobanens inngående spor er det regnet med at godstog om natten må kjøre Østfoldbanen den ene veien (fra Alnabru). Det gir da samlet følgende kjøretider og kjøretidsbesparelser som vist i Tabell 8.

**Tabell 8. Kjøretider og kjøretidsforskjeller ved ulike driftsformer i alternativene.**

Retningsdrift dagtid i 1C og 3C. Begge veier i 0, 0+ og 3E og i alle alt. natt. For 1C med kobling bra fra Follobanen er det retningsdrift hele døgnet.				
Alternativ	Kjøretid godstog (minutt)		Besparelse (minutt)	
	Dag	Natt	Dag	Natt
0	42	33	-	-
0+	67	58	-25	-25
1C	40	19	2	14
1C med kobling bare fra Follobanens inngående spor	40	26	2	7
3C	34	18	8	15
3E	25	23	17	10

## 4.2 Estimat for punktlighetsendring

### 4.2.1 Kvalitative betraktninger om punktlighet

Punktlighetsforskjellene må kvantifiseres hvis det skal beregnes en krone-verdi i nyttekostsammenheng.

I en nyttekostnadssammenheng er det den forskjellen mellom alternativer og referanse som er viktig etter som det er forskjellen mellom alternativer som genererer nytte. I det følgende er det gjort et estimat for punktlighetsforskjeller.

Det finnes ikke noen enkel metode for å fastslå punktligheten for et gitt alternativ. Det beste resultat oppnås ved en simulering der en modell av dagens situasjon kalibreres til en observert punktlighet og der et gitt alternativ simuleres med et punktlighetsresultat som kan sammenlignes med dagens situasjon. En slik framgangsmåte krever imidlertid en omfattende modellering og tilhørende analyse av punktligheten. Uten denne omfattende framgangsmåten må punktlighetsendringen baseres på en kvalitativ vurdering av virkningen av alternativet supplert med et estimat for den kvantitative effekten.

Metoden som er benyttet i estimatet er altså veldig grov og resultatet er ganske usikkert. Det kan diskuteres om forskjellen mellom alt. 1C, 3C og 3E, i det store bildet av hvilke faktorer som påvirker punktligheten, er så liten at det reelt ikke er mulig å skille mellom alternativene. Det er imidlertid i det følgende gjort en beskrivelse av kvalitative forskjeller og i neste avsnitt et estimat for kvantitative forskjeller.

Punktligheten påvirkes av antall tog på strekningen i forhold til utbyggingsomfanget av infrastrukturen. Det er i alt. 1C, 3C og 3E identifisert minimumsutbygging slik at maksimal utnyttelsesgrad ikke overstiges. I noen alternativer vil minimumstiltakene gi bedre kapasitet enn andre alternativets minimumstiltak. Ved samme antall tog vil utnyttelsesgraden variere tilsvarende, slik at det prinsipielt sett er en forskjell på punktligheten av denne årsaken. Denne forskjellen er imidlertid ikke vurdert nærmere i analysen og det er antatt at alle alternativer i prinsippet har (tilnærmet) lik punktlighet hvis de er bygget ut med minimumstiltak (ytterligere tiltak som hadde medført en radikal reduksjon av belegget hadde gitt en annen situasjon).

Trafikken er størst når det er trafikk i begge retninger og utbyggingsomfanget er derfor også størst med denne driftssituasjonen. Hvis et alternativ bygges ut for trafikk i begge retninger men siden benyttes med retningsdrift vil belegget reduseres (fra 60 % til 30 %) og punktligheten forventes å øke. Det er i denne analysen forutsatt at trafikkeringen er slik den er tenkt.

I alt. 0 er det i utgangspunktet flest togbevegelser i Brynsbakken etter som det her er kortest godstog og det (bortsett fra etterspørselsøkning på grunn av tiltakene selv) er samme etterspørsel i alternativene. Hvis kapasiteten utnyttes fullt ut med maksimalt antall ruteleier i både alt. 0 og alt. 0+ er det ingen forskjell i kapasitetsutnyttelsen i Brynsbakken. Dette vil imidlertid forutsette opp til 24 godstog hver vei over Kornsjø svarende til en etterspørsel på ca.  $300 \text{ døgn/år} * 24 \text{ tog/døgn} * 1000 \text{ tonn last/tog} = 7,2 \text{ mill. tonn/år}$  per retning. Med retningsbalanse 80%/20% for import/eksport svarer det totalt til en etterspørsel på  $7,2/0,8=9$

mill. tonn/år. I nyttekostanalysen benyttes det anslagsvis opp til ca. 7,6 mill. tonn per år (begge retninger) etter at tiltaket er gjennomført.

Med et høyt antall korte godstog i alt. 0 kan utnyttelsen av banestrekningen Kornsjø-Loenga bedres hvis det kjøres lange godstog Kornsjø-Loenga for deretter å deles og kjøres korte mellom Loenga og Alnabru. Det reduserer imidlertid kapasiteten. Hvis godstoglengden er ca. 400 m i alt. 0 reduseres transportkapasiteten til ca.  $(400-20)/(750-20)=52\%$  av den beregnede maks-kapasiteten på ca. 7,2 mill. tonn (beregnet over) med 750 m lange tog.

Hvis det er nok kapasitet med alt. 0 er det altså flere tog enn i de andre alternativene. Hvis det ikke er nok kapasitet i alt. 0 er det fremdeles nok kapasitet i alt. 0+, 1C, 3C og 3E. Alt i alt betyr det at det må regnes med flere tog i alt. 0 og dermed med dårligere punktlighet enn i de andre alternativene.

Mellom alt. 0 og 0+ og de andre alternativene er det en vesentlig forskjell at det benyttes hjelpelok og det kjøres begge veier i Brynsbakken. Det betyr at det på grunn av risiko for manglende tilgjengelighet av hjelpelok og på grunn av høyt belegg av sporet i Brynsbakken må regnes med en vesentlig dårligere punktlighet enn i de alternativene.

Det er i alle alternativene like mange persontog, men det blir mindre risiko for gjensidige, negative påvirkninger mellom persontog og godstog jo kortere felles strekning det er på Østfoldbanen. Det er kortere fellesstrekning i alt. 1C enn i alt. 0 og 0+, det er kortere fellesstrekning i alt. 3C enn i alt. 1C og det er kortere fellesstrekning i alt. 3E enn i alt. 3C. Punktligheten for både persontog og godstog må derfor forutsettes størst i alt. 3E, neststørst i 3C, tredjestørst i 3C. Etter som det er flest godstog i alt. 0 (uavhengig av om dette er bare Loenga-Alnabru eller Kornsjø-Alnabru) vil det være lavest punktlighet i alt. 0 for godstog. Dette vil også påvirke punktligheten for persontog slik at det er lavest punktlighet for persontog i alt. 0. Det antas samtidig (empirisk) at punktlighet generelt er lavest for godstog.

Kvalitativt forholder punktligheten seg slik i alternativene:

$$P_{\text{gods\_alt. 0}} < P_{\text{gods\_alt. 0+}} < P_{\text{gods\_alt. 1C}} < P_{\text{gods\_alt. 3C}} < P_{\text{gods\_alt. 3E}}$$

$$P_{\text{person\_alt. 0}} < P_{\text{person\_alt. 0+}} < P_{\text{person\_alt. 1C}} < P_{\text{person\_alt. 3C}} < P_{\text{person\_alt. 3E}}$$

#### 4.2.2 Estimerer for kvantitative virkninger på punktlighet

I estimatet for punktlighetsendring er det tatt utgangspunkt i at persontog har omtrent 95 % punktlighet og at godstog har omtrent 90 % punktlighet. Med en antakelse om ca. 90 % punktlighet for godstog er det 10 % som ikke er punktlig. Hvor denne punktligheten kan tenkes å gjelde alt. 0+ der det er lengst felles strekning.

Spørsmålet er hvor mye større punktligheten blir ved å redusere den felles strekningen. Det som skal estimeres er hvor mange tog som vil gå fra kategori "ikke punktlig" til "punktlig" som følge av en reduksjon i felles strekning.

Spørsmålet er komplisert etter som det er gjensidige påvirkninger av forsinkede tog i hver retning og resultatet avhenger også av prioriteringer mellom persontog og godstog, omfanget

av trafikken og hvilken type infrastruktur som er bygget ut (enkeltspor eller dobbeltspor, antall forbikjøringsspor på dobbeltspor etc.).

Forskjellen mellom alt. 0+ og de andre alternativene (1C, 3C og 3E) består i hvor lang felles strekning det er mellom godstog og persontog på Østfoldbanen. Minste felles strekning mellom Ski og Oslo S er ca. 4 km (Ski-Vevelstad i 3E) og største felles strekning er ca. 23 km (Ski-Loenga i alt. 0/0+). Forskjellen i felles strekning utgjør ca. 19 km som tilsvarer ca. 14 % av strekningen til Halden eller 11 av strekningen til Kornsjø, ca. 12 % i gjennomsnitt.

Hvis forsinkelser oppstår proporsjonalt med lengden på strekningen tilsier det i utgangspunktet at det kan forventes en endring i punktlighet på  $(100\% - 90\%) * 12\% = 1,2\%$  mellom alternativet med størst og minst felles strekning. Grovt regnet kan forskjellen mellom hvert av alternativene 0+, 1C, 3C og 3E ut fra denne betraktningen antas å være ca. 0,3 % (1,2 % delt på 4 intervaller).

Sannsynligheten for forsinkelser avhenger imidlertid også av øvrig trafikk og av punktlighet ut fra startterminaler etc. Det vil sannsynligvis være flere persontog på strekningen Ski-Fredrikstad-Halden enn på strekningen Ski-Oslo og det vil være betydelig forskjell på kjøretider mellom persontog og godstog (på strekningen Ski-Oslo S vil godstog kunne ha samme hastighet som persontog). Sannsynligheten for en påvirkning fra persontog er større på resten av strekningen og virkningen av en initialforsinkelse for et godstog kan ha større følgeforsinkelse for godstoget selv. Godstog begynner eller slutter heller ikke ruten på Kornsjø men kommer fra terminaler lengre bort, slik at en del forsinkelse allerede vil oppstå før Kornsjø på vei til Norge.

Det er også slik at selv om persontog og godstog separeres helt vil punktligheten ikke øke til 100 % for godstog hhv. persontog.

Effektiv forskjell kan derfor være en del mindre enn de anslåtte 0,3 % mellom alternativene og settes anslagsvis til 0,15 %.

I alternativ 0+ er det bruk av hjelpelok, og dette medfører at det er en vesentlig lavere punktlighet enn i alt. 1C. Hvor stor forskjellen er, er det vanskelig å anslå. Hvis bortfall av hjelpelok fører til at hvert 10. forsinkede tog går fra "forsinket" til "ikke forsinket" svarer det motsatt til ca. 1 % lavere punktlighet i 0+. Det regnes grovt med 1 % lavere punktlighet i alt. 0+ enn i alt 1C, inkl. en litt lengre felles strekning for godstog og persontog på Østfoldbanen.

I alternativ 0 er det sammenlignet med alt. 0+ ikke hjelpelok, men det er flere godstog i Brynsbakken etter som det er kortere tog. Dette antas å ha en samlet negativ effekt slik at punktligheten er lavere i alt. 0 enn i 0+. Forskjellen er satt til 0,5 %.

Persontog antas generelt å bli prioritert høyere enn godstog ved forsinkelser. Forskjellen mellom alternativene er derfor i utgangspunktet antatt å være mindre enn for godstog.

Alle alternativer tilfredsstillt kravet om to tog per time og retning. Det kan allikevel være varierende kapasitet og dermed varierende reserve i alternativene. Denne effekten er inkludert implisitt i punktlighetsforskjellene.

Samlet sett blir antatte punktlighetene for persontog og godstog i de enkelte alternativene som vist i Tabell 9.

**Tabell 9. Estimat for punktlighet i alternativene.**

Alternativ	Punktligheit persontog	Punktligheit godstog
0	94,25 %	89,50 %
0+	94,50 %	90,00 %
1C	95,00 %	91,00 %
3C	95,05 %	91,15 %
3E	95,10 %	91,30 %

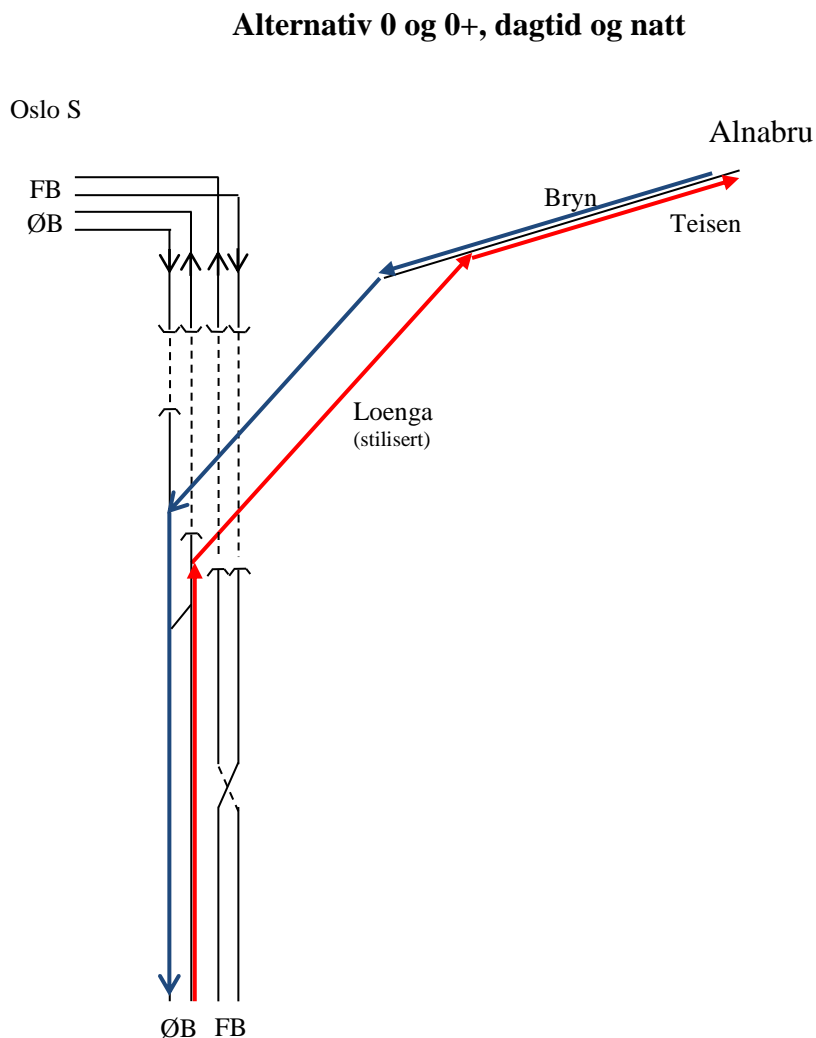
Punktligheitsanslagene kan diskuteres og mer detaljerte analyser vil kunne komme til andre verdier. Formålet er imidlertid å finne et grovt anslag på forskjellen mellom alternativer. Følsomhetsvurderinger i nyttekostnadsanalysen vil også vise hvor kritiske estimatene er.

Følsomheten kan benyttes til å beregne nettonåverdi (i den samfunnsøkonomiske analysen) ved andre punktlighetsverdier for de enkelte alternativene. Spesielt kan det undersøkes om det er noen endring i prioritetsrekkefølgen av alternativene hvis punktligheten er annerledes.

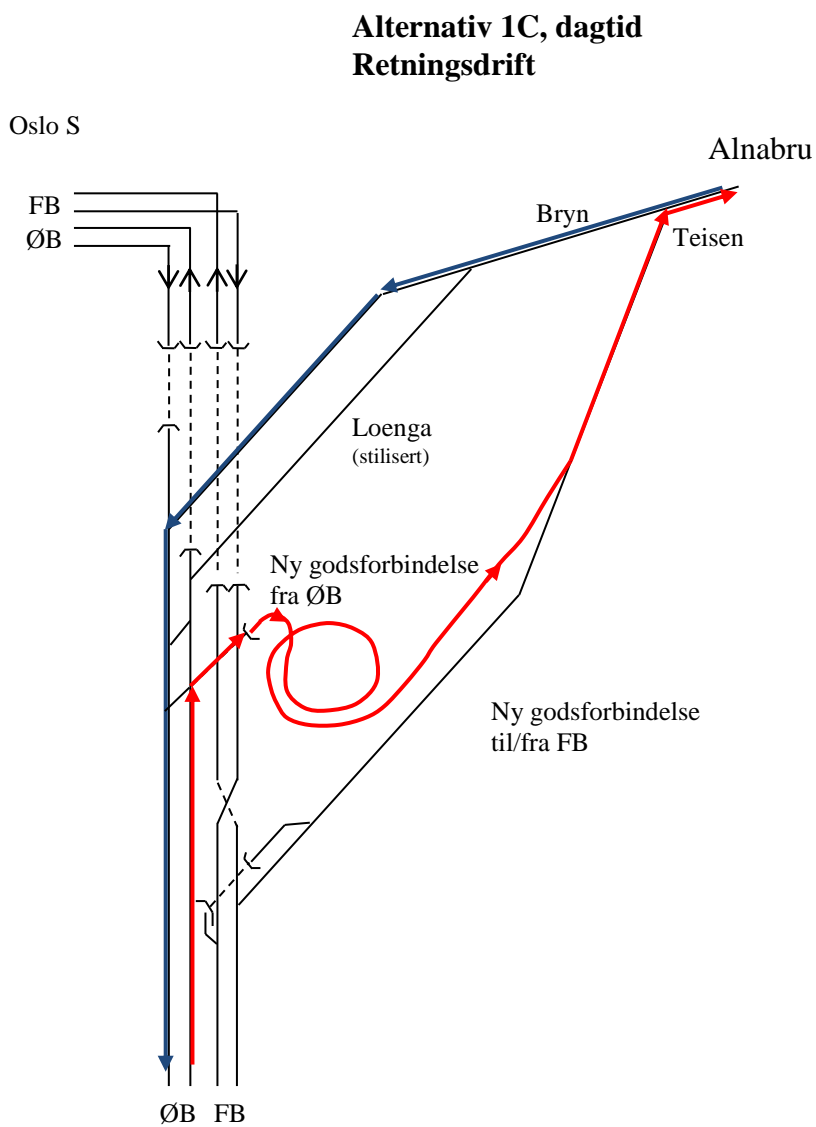


## VEDLEGG. FIGURER MED KJØREMØNSTRE I ALTERNATIVENE

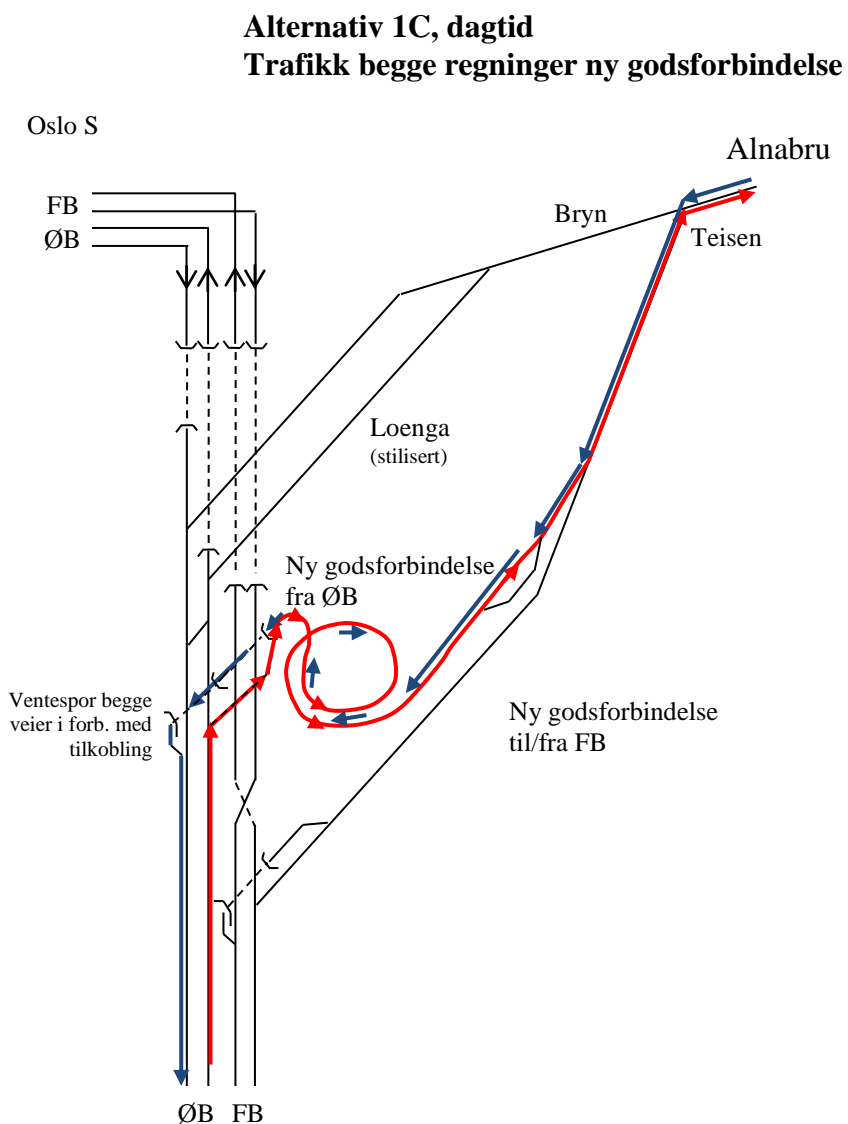
### Alternativ 0 og 0+, dagtid og natt



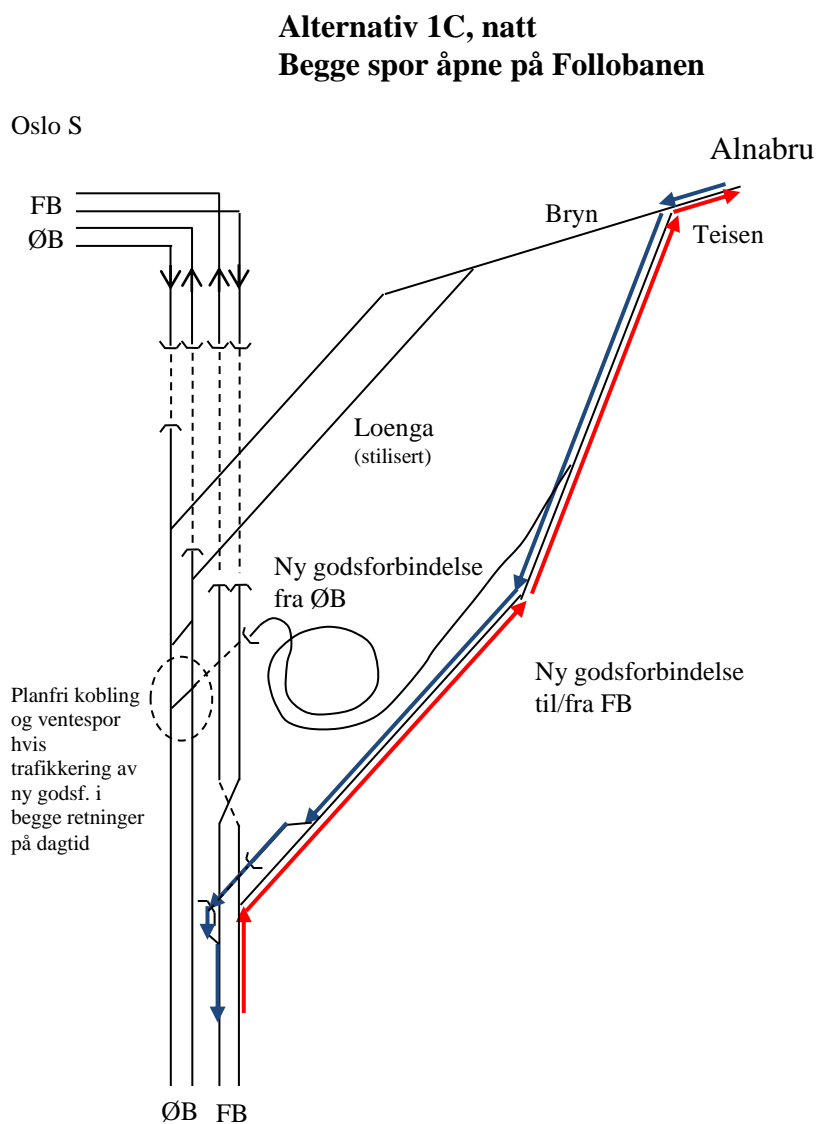
## Alternativ 1C, dagtid, retningsdrift



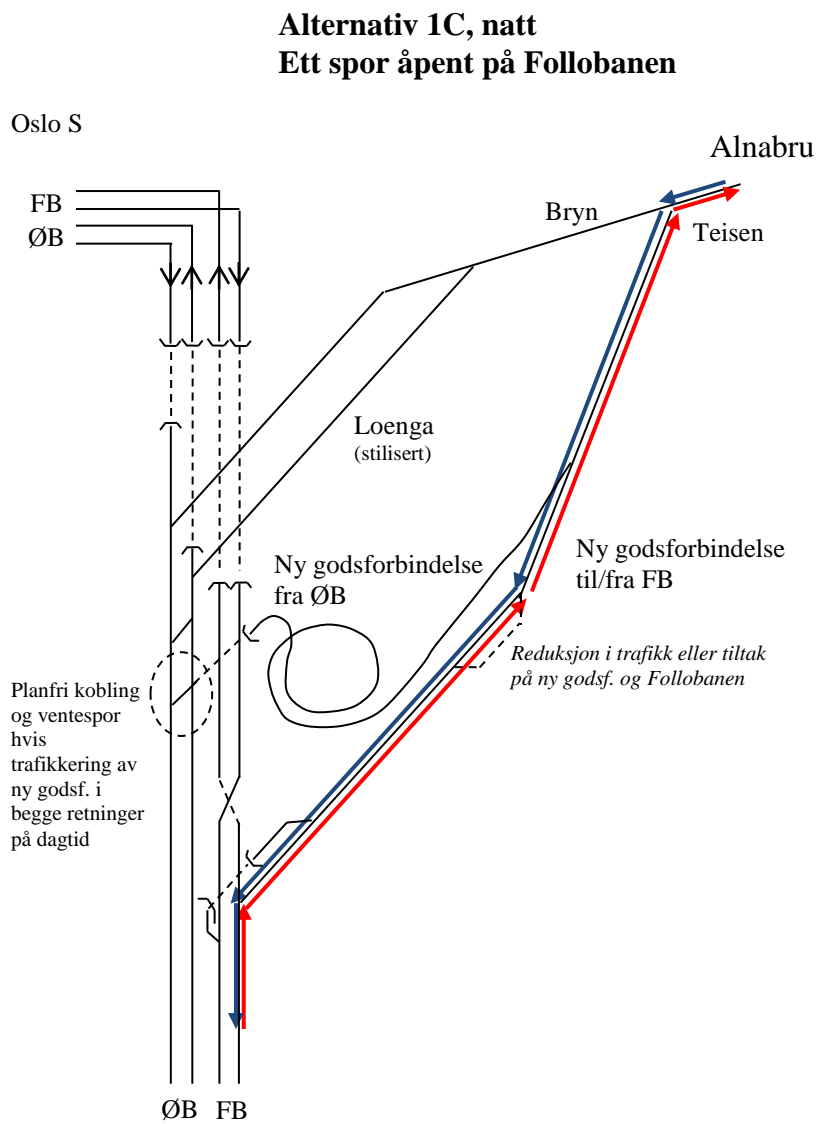
## Alternativ 1C, dagtid, trafikk begge retninger ny godsforbindelse



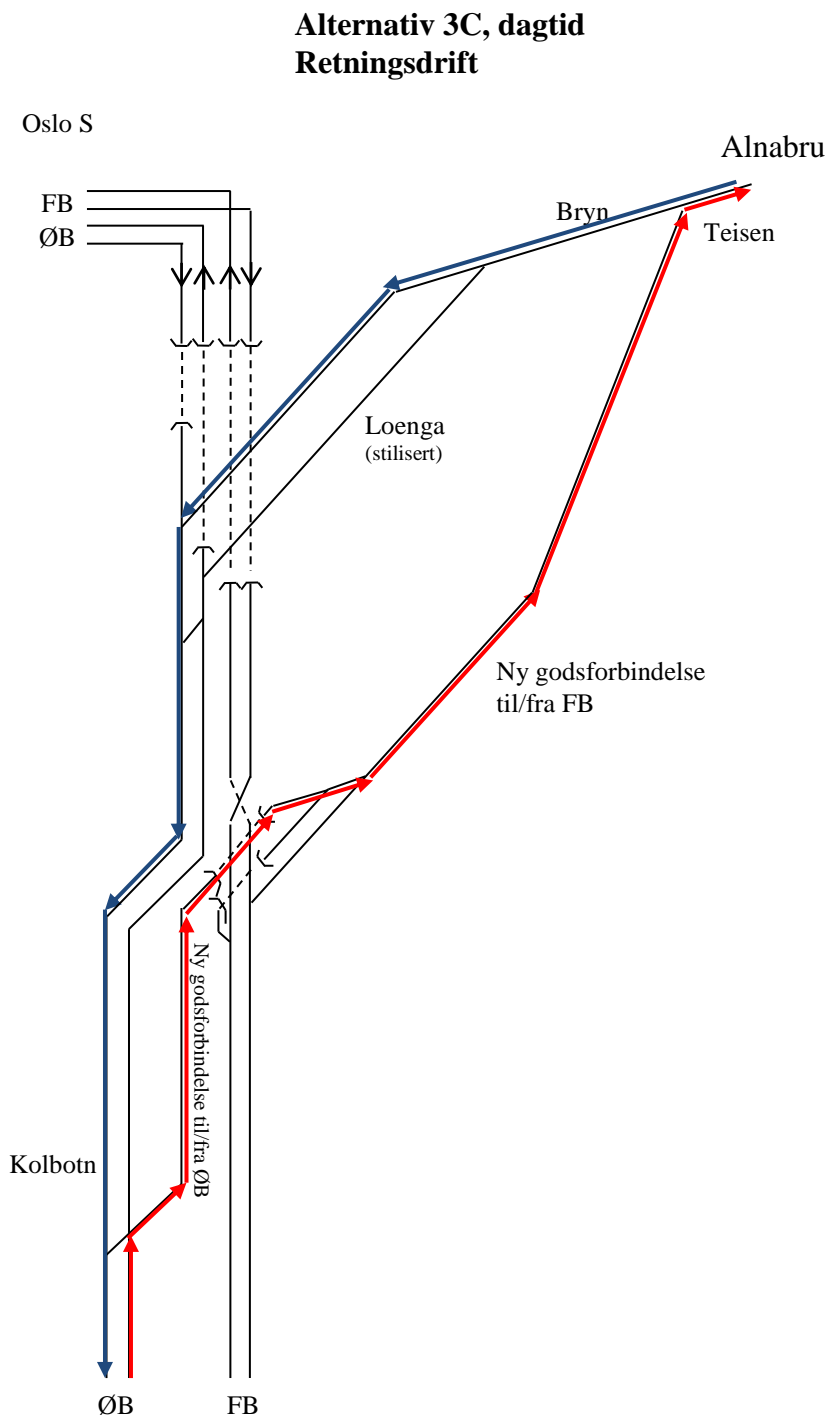
## Alternativ 1C, natt, begge spor på Follobanen åpne



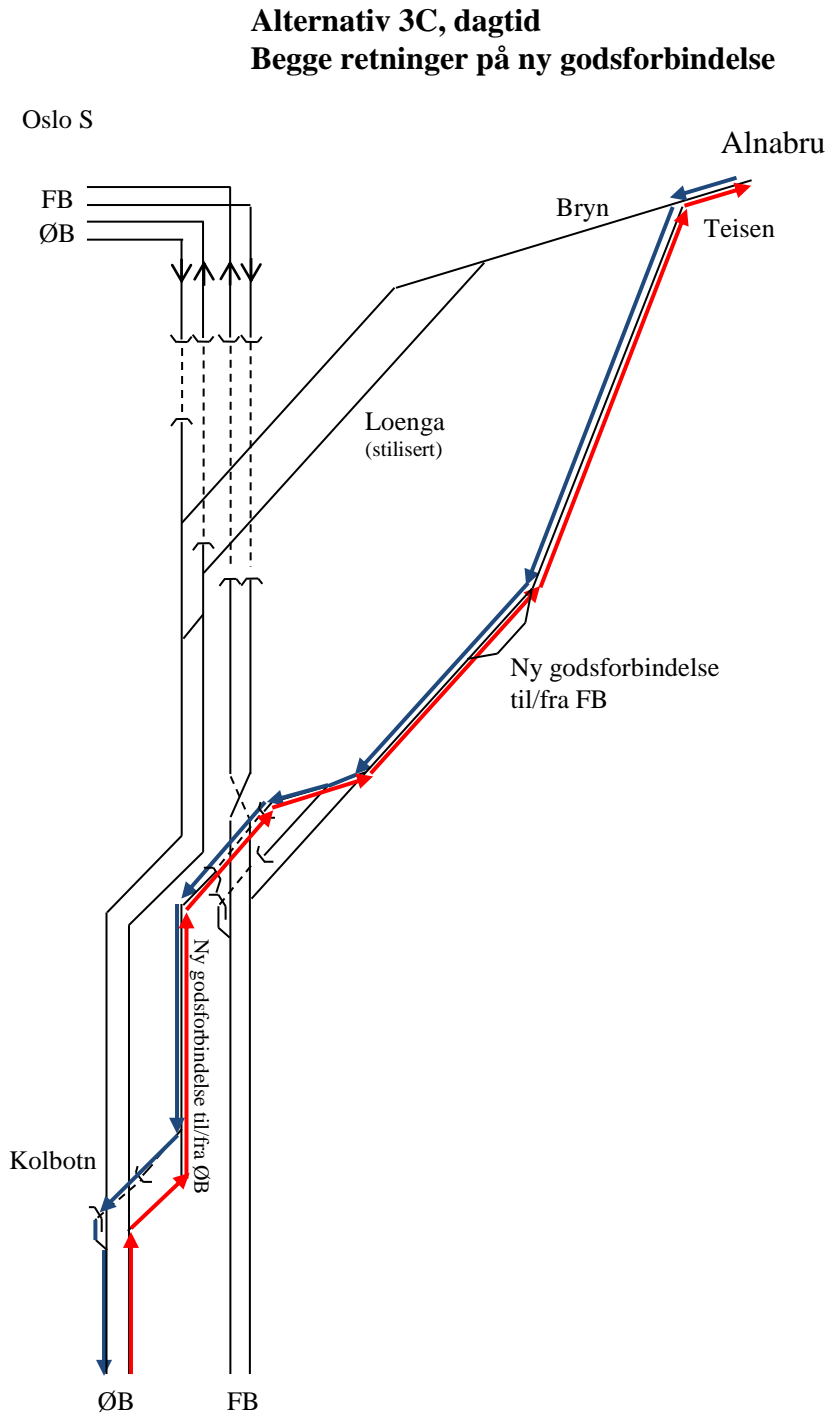
## Alternativ 1C, natt, bare ett spor på Follobanen åpent



## Alternativ 3C, dagtid, retningsdrift

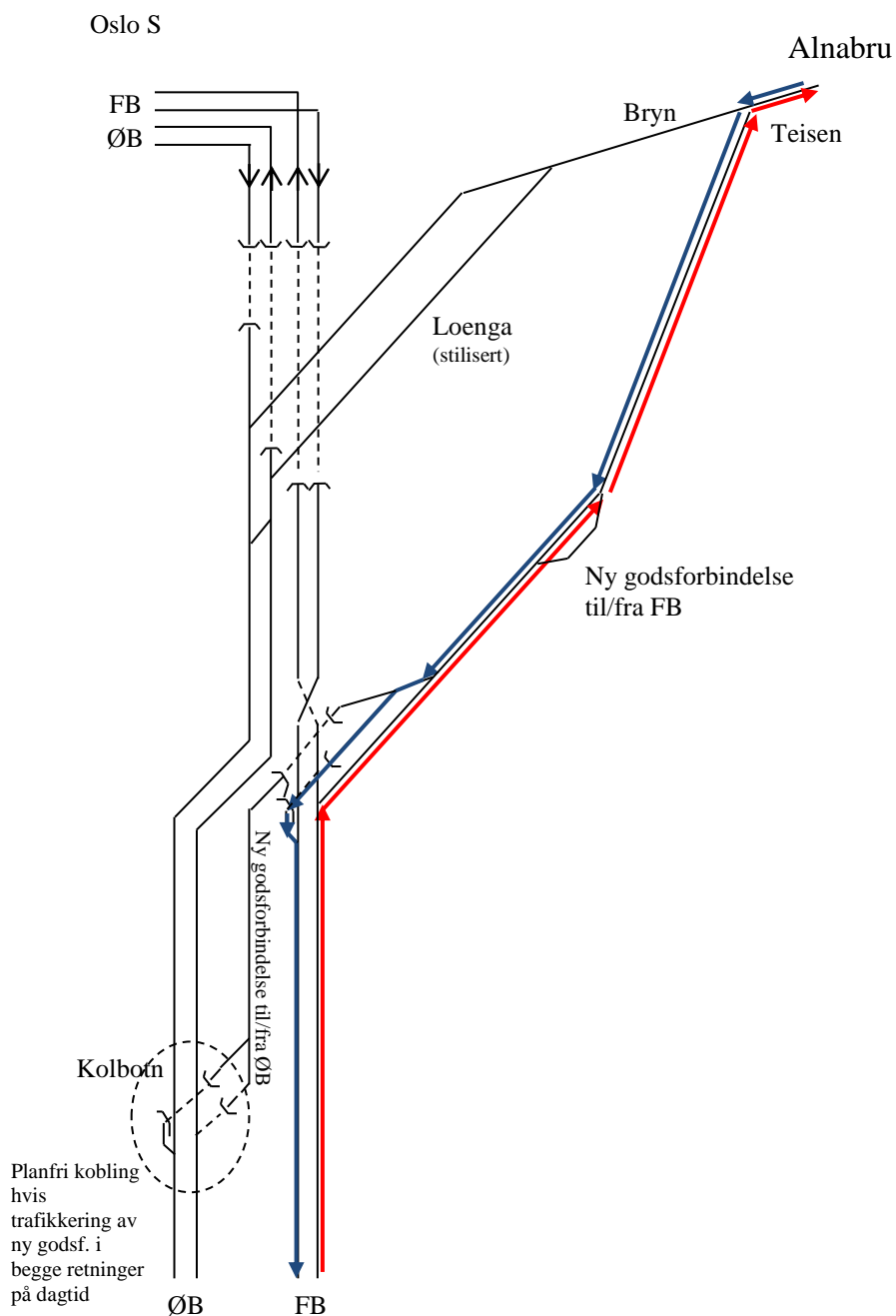


## Alternativ 3C, dagtid, begge retninger på ny godsforbindelse



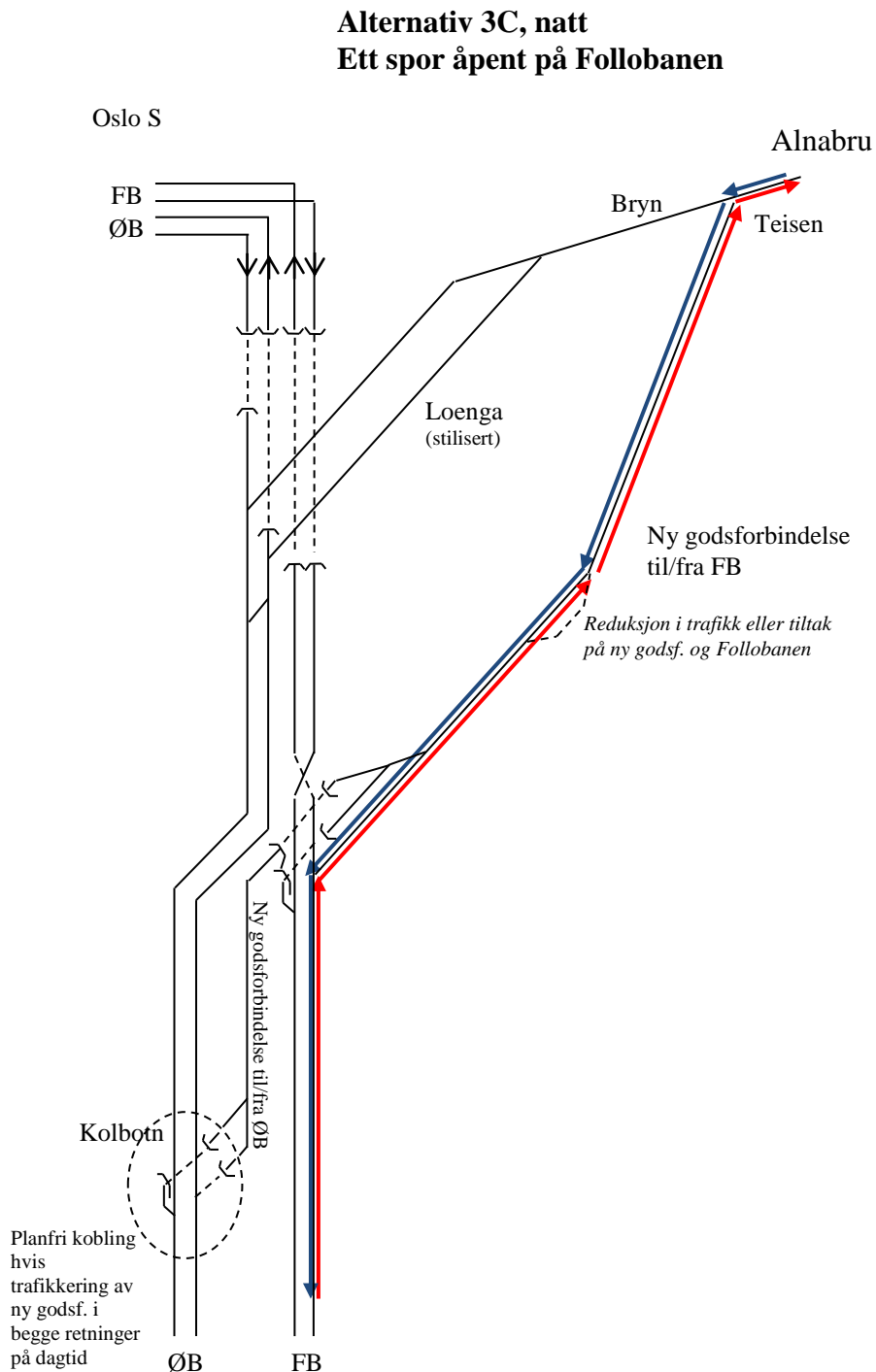
## Alternativ 3C, natt, begge spor åpne på Follobanen

### Alternativ 3C, natt Begge spor på Follobanen åpne

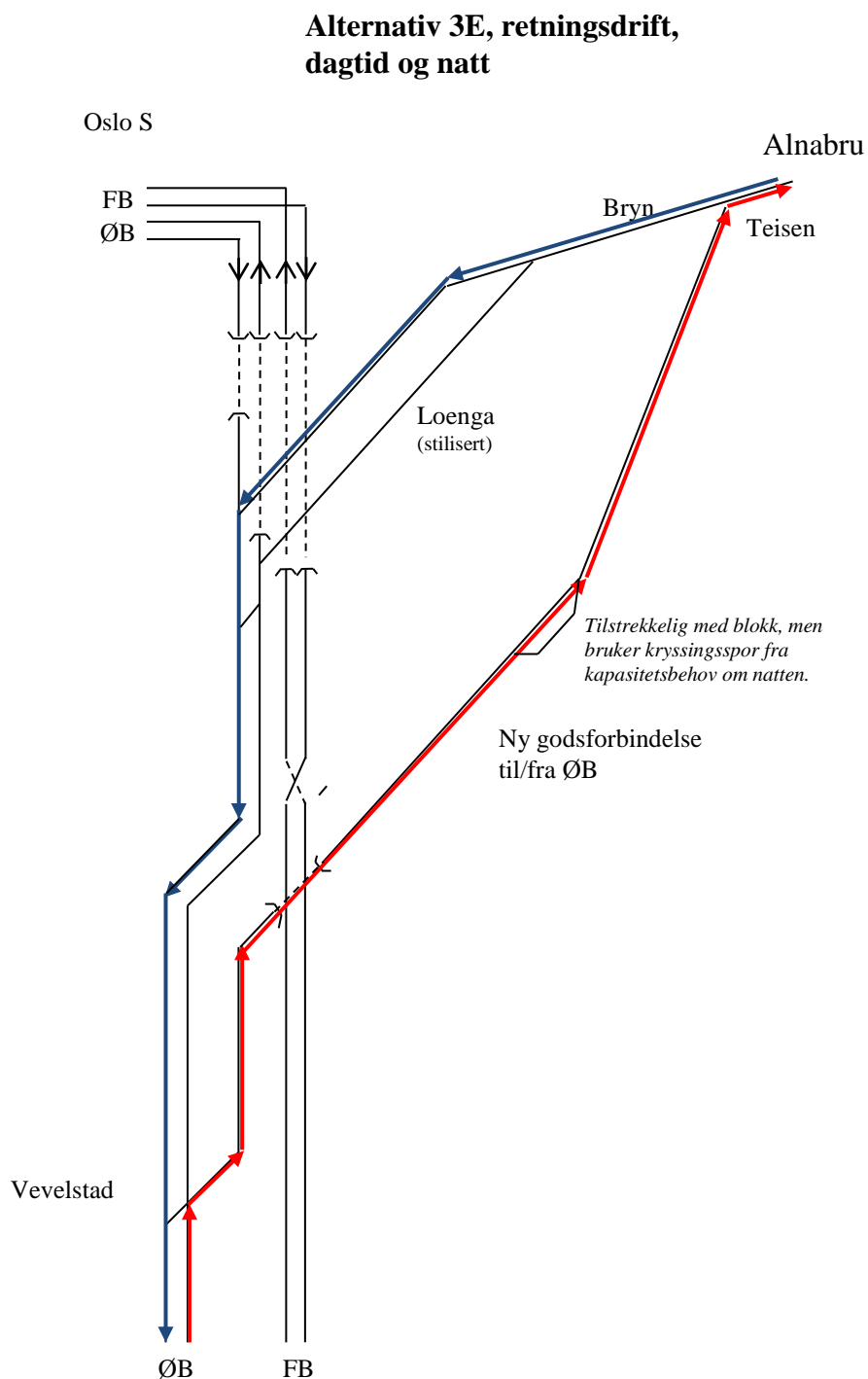




## Alternativ 3C, natt, ett spor åpent på Follobanen



## Alternativ 3E. Dagtid og natt. Retningsdrift.



## Alternativ 3E. Dagtid og natt. Trafikk i begge retninger i ny godsforbindelse

