


Hovedrapport

Kraftsystemutredning Bane NOR



001	Første utgave	30.06.17	TORFRI	GRONIL	STOM
000	Intern høringsutgave	31.03.17	MOLPET	GRONIL	
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Kraftsystemutredning Bane NOR		Ant. sider	Fritekst 1d		
		86	Fritekst 2d		
			Fritekst 3d		
			Produsent		
		Prod. dok. nr.			
		Erstatning for			
Erstattet av					
		Dokument nr.			Rev.
		EB.149615 - 000			000

1	INNLEDNING	6
1.1	FORMÅL	7
1.2	BAKGRUNN	7
1.3	OMFANG	8
2	GENERELLE FORHOLD OG FORUTSETNINGER	10
2.1	FORUTSETNINGER OG RAMMEBETINGELSER	10
2.1.1	<i>Nasjonal transportplan</i>	10
	Persontrafikk	10
	Godsstrategi i NTP	10
	InterCity	11
	Elektrifisering	11
	ERTMS	11
2.1.2	<i>Fornyelse og nybygging av KL-anlegg: AT- og BT-system</i>	12
2.1.3	<i>Baneutredninger</i>	12
	Ruteplaner	12
2.2	KRAV TIL BANESTRØMFORSYNING	13
2.2.1	<i>Overordnede krav</i>	13
	TSI Energi	13
	Network Statement	13
2.2.2	<i>Tekniske krav</i>	14
	Kvalitet	14
	Redundans	14
	Dimensjonerende kortslutningsstrømmer	15
	Resonansfrekvens	15
	Dødseksjoner	16
	Sonegrensebrytere	16
2.3	GENERELLE TEKNISKE FORHOLD I BANESTRØMFORSYNINGEN	17
2.3.1	<i>Fornyelse av KL-anlegg</i>	17
2.3.2	<i>Hensetting og togvarme</i>	17
2.3.3	<i>Roterende og statiske omformere</i>	18
	Mobile statiske omformere	18
	Trefase kraftoverføring til omformerstasjoner	19
	Vern	19
	Tilbakemating	20
2.3.4	<i>Fjernstyring</i>	20
3	BESKRIVELSE AV DAGENS KRAFTSYSTEM	21
3.1	OSLO-OMRÅDET	22
3.1.1	<i>Utstrekning og omfang</i>	22
3.1.2	<i>Omformerstasjoner og overliggende 50 Hz nett</i>	23
3.1.3	<i>16 2/3 Hz banestrømanlegg</i>	25
	KL og AT anlegg	25
	Vern og kontrollanlegg	27
	Stabilitet og resonans	27
	Målinger, feilanalyser og tilstandskontroll	28
	55 kV fjernledning	29
3.1.4	<i>Infrastrukturforsyning (50 Hz)</i>	30
	Langsgående forsyning	30
	Hensetting/togvarme	31
3.1.5	<i>Kraftutredninger og hovedplaner</i>	32
	Utredninger	32
	Hovedplaner	33
3.1.6	<i>Samsvarsvurdering ENE TSI</i>	34
3.2	SØRLANDSBANEN	35
3.2.1	<i>Utstrekning og omfang</i>	35
3.2.2	<i>Omformerstasjoner og overliggende 50 Hz nett</i>	35
3.2.3	<i>16 2/3 Hz banestrømanlegg</i>	37
	KL og AT-anlegg	37
	Vern og kontrollanlegg	37

Stabilitet og resonans.....	38
Målinger, feilanalyser og tilstandskontroll.....	39
55 kV fjernledning.....	39
3.2.4 <i>Infrastrukturforsyning (50 Hz)</i>	40
Langsgående forsyning.....	40
Hensetting/togvarme.....	40
3.2.5 <i>Kraftutredninger og hovedplaner</i>	41
Utredninger.....	41
Hovedplaner.....	41
3.2.6 <i>Samsvarsvurdering ENE TSI</i>	42
3.3 BERGENSBANEN.....	43
3.3.1 <i>Utstrekning og omfang</i>	43
3.3.2 <i>Omformerstasjoner og overliggende 50 Hz nett</i>	44
Behov/problemer.....	45
3.3.3 <i>16 2/3 Hz banestrømanlegg</i>	47
KL og AT anlegg.....	47
Vern og kontrollanlegg.....	48
Stabilitet og resonans.....	48
Målinger, feilanalyser og tilstandskontroll.....	48
3.3.4 <i>Infrastrukturforsyning (50 Hz)</i>	49
Langsgående forsyning.....	49
Hensetting/togvarme.....	49
3.3.5 <i>Kraftutredninger og hovedplaner</i>	49
Utredninger.....	49
Hovedplaner.....	50
3.3.6 <i>Samsvarsvurdering ENE TSI</i>	50
3.4 DOVREBANEN.....	51
3.4.1 <i>Utstrekning og omfang</i>	51
3.4.2 <i>Omformerstasjoner og overliggende 50 Hz nett</i>	51
Behov/problemer.....	53
3.4.3 <i>16 2/3 Hz banestrømanlegg</i>	54
KL og AT anlegg.....	54
Vern og kontrollanlegg.....	54
Stabilitet og resonans.....	54
Målinger, feilanalyser og tilstandskontroll.....	55
3.4.4 <i>Infrastrukturforsyning (50 Hz)</i>	56
Langsgående forsyning.....	56
Hensetting/togvarme.....	56
3.4.5 <i>Kraftutredninger og hovedplaner</i>	57
Utredninger.....	57
Hovedplaner.....	57
3.4.6 <i>Samsvarsvurdering ENE TSI</i>	58
3.5 OFOTBANEN.....	59
3.5.1 <i>Utstrekning og omfang</i>	59
3.5.2 <i>Omformerstasjoner og overliggende 50 Hz nett</i>	59
3.5.3 <i>16 2/3 Hz banestrømanlegg</i>	60
KL og AT anlegg.....	60
Vern og kontrollanlegg.....	60
Stabilitet og resonans.....	60
Målinger, feilanalyser og tilstandskontroll.....	61
3.5.4 <i>Infrastrukturforsyning (50 Hz)</i>	61
3.5.5 <i>Kraftutredninger og hovedplaner</i>	61
Utredninger.....	61
Hovedplaner.....	62
3.5.6 <i>Samsvarsvurdering ENE TSI</i>	62
3.6 SOLØRBANEN (IKKE-ELEKTRIFISERT).....	63
3.7 RØROSBANEN (IKKE-ELEKTRIFISERT).....	63
3.8 TRØNDER- OG MERÅKERBANEN (IKKE-ELEKTRIFISERT).....	64
3.9 NORDLANDSBANEN (IKKE-ELEKTRIFISERT).....	64
3.10 RAUMABANEN (IKKE-ELEKTRIFISERT).....	64
4 KRAFTSYSTEMET MOT 2030.....	65

4.1	MATESTASJONER	65
4.1.1	<i>Igangsatte omformerprosjekter</i>	66
4.1.2	<i>Planlagte omformerstasjoner</i>	66
4.1.3	<i>Fornyelse av omformerstasjoner</i>	67
4.1.4	<i>Nedleggelse</i>	67
4.2	KONTAKTLEDNING	69
4.2.1	<i>Igangsatte KL-prosjekter</i>	69
4.2.2	<i>Planlagt fornyelse i henhold til fornyelsesplan 2017-2029 [18].</i>	71
4.2.3	<i>Eventuelle elektrifiseringsprosjekter</i>	72
4.3	HENSETTING	73
5	KRAFTSYSTEMET MOT 2050	75
5.1	UTBYGGINGSPROSJEKTER	75
5.2	OSLO-NAVET	76
5.3	BANESTRØMFORSYNINGEN I 2050	77
	Oslo-området.....	77
	Bergensbanen.....	78
	Dovrebanen.....	78
	Sørlandsbanen	79
	Oftobanen	79
6	ENERGIFORBRUK OG ENERGIHANDEL.....	80
7	VIDERE ARBEID.....	81
8	REFERANSER	82
9	VEDLEGG	86
A.	OVERSIKT - OMFORMERAGGREGATER	86

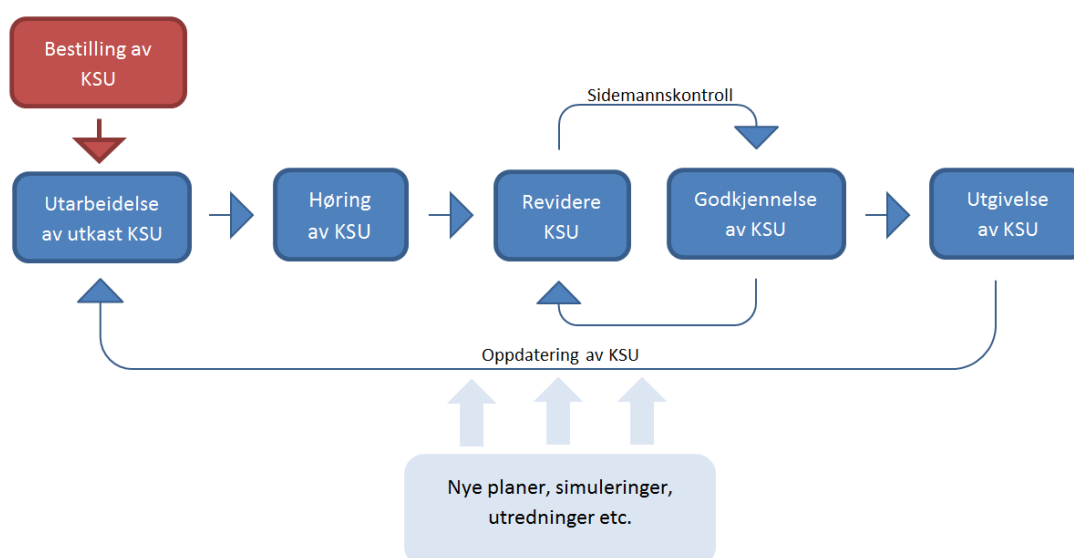
DEFINISJONER OG FORKORTELSER

Forkortelse/uttrykk	Definisjon
AT	Autotransformator
BaneData	Bane NORs komponent- og vedlikeholdsdatabase
BT	Sugetransformator (Booster transformer)
ERTMS	European Rail Traffic Management System
JBV	Jernbaneverket
KL	Kontaktledningsanlegg
KSU	Kraftsystemutredning
KU	Konsekvensutredning
KVU	Konseptvalgutredning
Matestasjon	Omformer-/transformatorstasjon 16 2/3 Hz
NL	Negativleder (-15 kV)
NTP	Nasjonal transportplan
PL	Positivleder (+15 kV)
ROS	Risiko- og sårbarhetsanalyse
Simulering	Lastflytsimulering utført av Bane NOR Energi
TEN-T	Trans-European Transport Network
TRV	Teknisk regelverk for Bane NOR
TSI	Technical Specifications for Interoperability

1 INNLEDNING

Kraftsystemutredningen (KSU) er utført som et internt prosjekt i regi av planseksjonen i Bane NOR Energi. Under utarbeidelsen har det i tillegg til interne ressurser vært brukt innleide konsulenter, Infrastruktur Vedlikehold, Intercity-prosjektet, Infrastruktur Plan og Teknikk. Prosjektet har også vært organisert med et fagråd for å bli enige om forutsetningene for KSU.

For at utredningen skal gi et riktigst mulig bilde, vil den oppdateres regelmessig, og minimum hvert annet år. Arbeidsmetodikken er beskrevet med flytskjemaet i Figur 1, der de blå pilene beskriver prosessen for oppdatering. Gjennom denne prosessen er det mottatt høringsinnspill som blitt tatt hensyn til ved revideringen av KSU. Høringskommentarene bidrar til å synliggjøre feil og mangler, og er en viktig del i kvalitetssikringen av dokumentet.



Figur 1. Flytskjema som beskriver rutiner for kvalitetssikring og prosessen ved utarbeidelse av Kraftsystemutredningen (KSU).

1.1 Formål

Formålet med denne KSU er å gi en samlet nasjonal oversikt over både dagens banestrømforsyning og fremtidige behov knyttet til strømforsyning til jernbaneanlegg. Rapporten summerer opp konklusjoner og anbefalinger fra utredninger, analyser og målinger som er utført for banestrekninger, omformestasjoner og hensettingsområder. Dermed blir KSU et naturlig startpunkt for de som søker informasjon om kraftsystemene og planene fremover. KSU er ment å gi større forutsigbarhet for prosjekter og involverte enheter gjennom opplisting av anbefalte tiltak og planer, samt eventuelle begrensninger. Gjennom å anbefale rettidige, sekvensielt riktige og tilstrekkelige tiltak for banestrømforsyningen, er intensjonen å oppnå en kostnadseffektiv og samordnet utbygging av denne.

1.2 Bakgrunn

Gjennom forskrift om energiutredninger (§1, §2 og §7-§14) som er hjemlet i Energiloven, er Bane NOR fra 1.1.2017 forpliktet til å utarbeide og oppdatere en KSU.

Denne KSU er i hovedsak basert på resultater fra utredninger for banestrømforsyning til de viktigste banestrekningene. I tillegg er informasjon hentet fra oversikter om dagens ulike anlegg for strømforsyning, fornyelsesplaner for kontaktledning, tilstandskontroller, målerapporter og erfaring fra feilsituasjoner/hendelser.

Det er valgt å se på utviklingen med to tidshorisonter; 2030 og 2050. For 2030 er det laget et sannsynlig scenario basert på Nasjonal transportplan (NTP) [1] [2], utredninger gjort i regi av Bane NOR Energi, dagens tilstand i banestrømforsyningen samt nødvendige fornyelser. Scenarioet mot 2050 er basert på antagelser med grunnlag i overordnede utredninger og planer.

NTP gir ingen direkte føringer til Bane NOR, men beskriver planer som Jernbanedirektoratet i sin tur benytter som grunnlag for oppdrag til Bane NOR, regulert gjennom avtaleverket som foreligger mellom partene. Slik sett gir NTP indirekte føringer for denne kraftsystemutredningen og danner grunnlaget for vårt Handlingsprogram.

1.3 Omfang

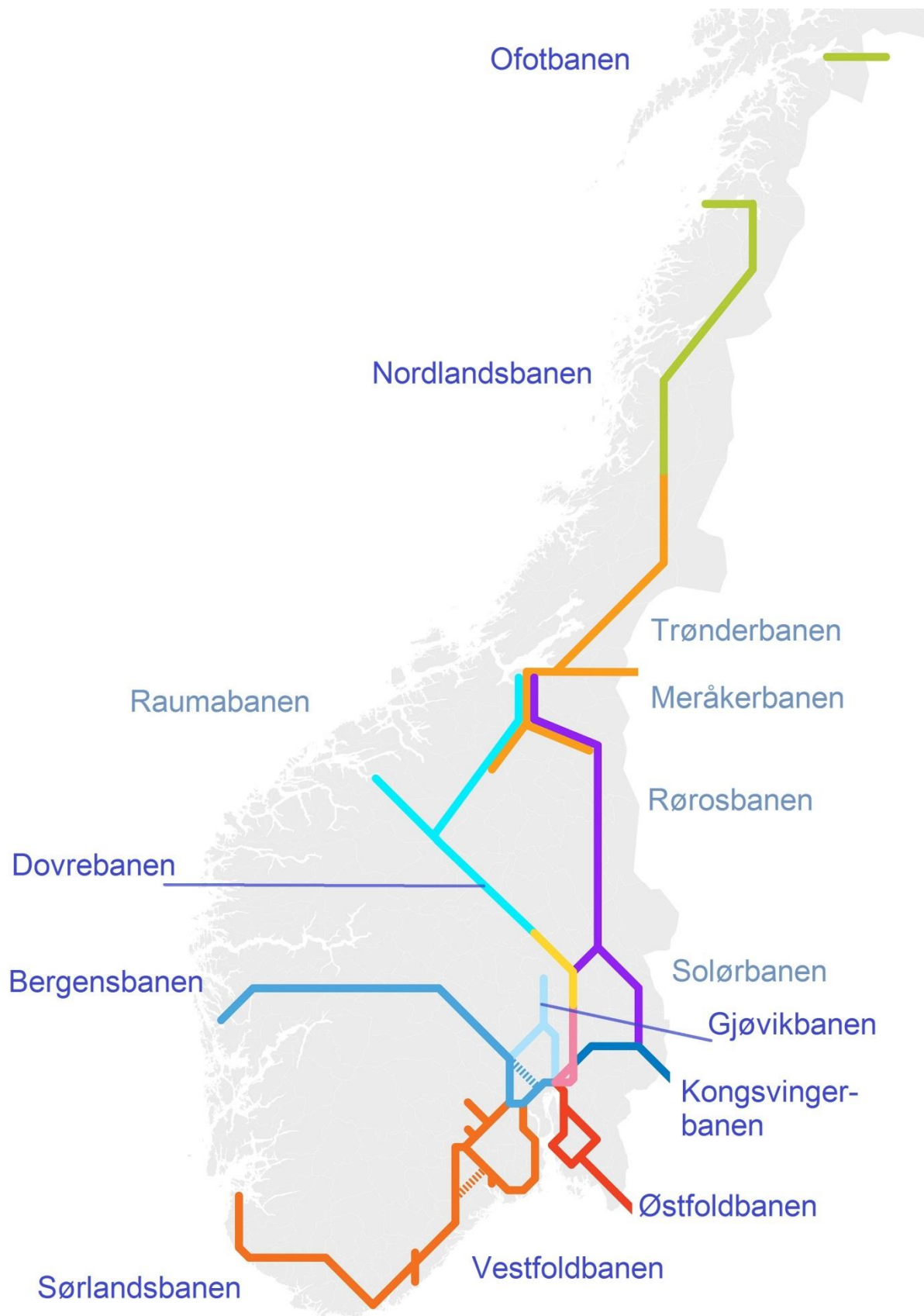
KSU omfatter alle elektrifiserte banestrekninger i Norge, samt planlagte elektrifiseringstiltak når det finnes slike planer. Figur 2 viser en grov oversikt over banestrekningene i Norge. Rapporten beskriver tilstand og forhold i dagens anlegg, strekningsspesifikke forhold og utfordringer, planer og prosjekter som er igangsatt eller er nært forestående, samt hvilken utvikling som ventes mot 2030 og 2050.

I tillegg til rapporten er det også lansert en portal for innmelding av elektrisk kapasitetsbehov [3]. Intensjonen med portalen for kraftinnmelding er å opprette en samlet plattform for kraftinnmelding, med tydelige rutiner. Dette vil kunne øke forutsigbarheten og sørge for at planlegging og etablering av kraftforsyning kan starte i tidligfase.

Utredningen omfatter Bane NORs elektriske høyspenningsanlegg fra og med innmatingspunktet fra overliggende nett, omformeranlegg, apparatanlegg, KL/AT-anlegg samt infrastrukturforstyrning 50 Hz som inkluderer langsgående forsyningsanlegg på 22 kV og større nettstasjoner. KSU omfatter dermed også områder i kraftsystemet som til vanlig ikke er Bane NOR Energi sitt arbeidsområde.

For å begrense omfanget av utredningen er det bevisst valgt å fremstille og holde utredningen på et overordnet teknisk detaljeringsnivå. Utfyllende tekniske beskrivelser, krav og resultater kan finnes i Bane NOR Energis strekningsvise utredninger og hovedplaner for banestrømforsyning, samt i Teknisk Regelverk (TRV). Det er likeledes valgt å ikke medta og behandle alle tema angitt i TRV [4] om kraftsystemet, der hvor temaer enten ikke er relevante på overordnet nivå eller behandles i strekningsvise utredninger og senere planfaser.

Fordi regjeringens forslag til Nasjonal transportplan for 2018-2029 [2] ikke var vedtatt på tidspunktet for høringsversjonen av KSU, vil resultater og vedtak fra NTP 2018-2029 bli oppdatert og innarbeidet i fremtidige versjoner av KSU. Gjenstående arbeid som vil innarbeides er nærmere beskrevet i Kapittel 7.



Figur 2. Skjematisk oversikt over banestrekninger i Norge.

2 GENERELLE FORHOLD OG FORUTSETNINGER

2.1 Forutsetninger og rammebetingelser

2.1.1 Nasjonal transportplan

Nasjonal transportplan (NTP) for 2014 – 2023 [1] danner grunnlaget for dagens satsningsområder i jernbanen i Norge, og dermed også for utvikling av banestrømforsyningen. Regjeringen vil i planperioden prioritere å bygge ut og modernisere jernbanen på det sentrale Østlandet, i Bergensregionen og i Trøndelag.

NTP gir signaler om ulike prosjekter som har betydning for banestrømforsyningen:

- Nye baner
- Nye dobbeltspor
- Oppgraderinger
- Økt trafikk og kapasitet for person- og godstrafikk
- Redusert reisetid
- Elektrifisering

I forslag til NTP for 2018 – 2029 [2](lagt fram april 2017) er følgende prosjekter prioritert:

Persontrafikk

- Persontrafikk på Østlandet. Utvikling av Oslo-navet innebærer nytt dobbeltspor Oslo S – Lysaker og ny lokaltogbane i Oslo sentrum. Flere avganger i hele InterCity-området.
- To regiontog i timen på strekningen Bergen – Voss og seks lokaltog i timen på Bergen – Arna.
- Seks tog i timen fra Stavanger til Sandnes og fire tog i timen til Nærbø. Dette krever blant annet dobbeltspor Sandnes – Nærbø.
- Fire avganger i timen fra Trondheim til Stjørdal og to avganger i timen til Steinkjer.

Godsstrategi i NTP

Det foreslås en rekke tiltak i NTP-perioden for å styrke godstransporten på jernbane slik at den kan beholde dagens markedsandeler, overføre gods fra veg og ta nye markedsandeler i andre markeder enn kombinerte transporter. De viktigste tiltakene er:

- Ca. 20 nye kryssingsspor/dobbeltsporparseller fordelt på flere banestrekninger.
- Terminalene i Bergen og Oslo (Alnabru) vil få nødvendige oppgraderinger.
- Det legges gradvis til rette for forlengelse av eksisterende kryssingsspor, samt bygging av nye for å kjøre tog på opptil 740 m på alle hoveddestinasjoner i Sør-Norge i henhold til TEN-T- forpliktelsen.

Jernbaneverket og Trafikverket utreder strekningen Oslo–Gøteborg, blant annet med hensyn til godstransport.

InterCity

For de ulike banestrekningene som inngår i InterCity-prosjektet har NTP 2018 – 2029 følgende mål:

Østfoldbanen

- Ferdigstillelse av dobbeltspor gjennom Moss til Såstad.
- Ferdigstillelse av dobbeltspor ved Haug til Seut. Dette muliggjør økning fra ett tog i timen til to tog i timen til Fredrikstad.

Dovrebanen

- Bygging av dobbeltspor på den enkeltsporede delen av Gardermobanen fra Venjar til Eidsvoll, og videre til sørenden av den eksisterende dobbeltsporstrekningen Langslet – Kleverud.
- Dobbeltspor fra Kleverud via Tangen til Sørli, og videre fra Sørli til Åkersvika. Dette muliggjør et togtilbud med to tog i timen til Hamar.

Vestfoldbanen

- Dobbeltspor fra Drammen til Kobbervikdalen. Dette gjør det mulig å utvikle to tog i timen til Tønsberg i grunnrute.
- Dobbeltspor fra Drammen til Gulskogen.
- Utbygging på strekningen Nykirke – Barkåker, slik at det blir sammenhengende dobbeltspor nord for Tønsberg. Videre er det lagt opp til en dobbeltsporsparsell mellom Tønsberg og Larvik, noe som vil muliggjøre halvtimesfrekvens til Skien.

Ringeriksbanen¹

- Dobbeltspor mellom Sandvika og Hønefoss. På sikt er det lagt opp til kvarters frekvens og mulighet for et fjerntog i timen.

Follobanen¹

- Dobbeltspor mellom Oslo S og Ski. Gir mulighet for fler avganger fra Moss og Fredrikstad i rush og fra Ski hele dagen.

Elektrifisering

I NTP 2018 – 2029 foreslås elektrifisering av Solørbanen, og strekningen Hamar – Elverum på Rørosbanen. Elektrifisering av Trønder- og Meråkerbanen er planlagt med byggestart i 2017 alt. 2018.

ERTMS

Det nye europeiske signalsystemet ERTMS skal være innført i hele landet innen 2030. Dette innebærer at det ikke lenger er nødvendig å sette opp lyssignaler og hastighetsmerker langs sporet. Det gir grunnlag for mer rasjonell drift og færre feil, og styrker også sikkerheten ved at det blir fjernstyring på alle strekninger.

¹ Funksjonelt men ikke prosjektmessig en del av InterCity-utbyggingen.

2.1.2 Fornyelse og nybygging av KL-anlegg: AT- og BT-system

Ved nybygging og fornyelser av KL-anlegg i Norge finnes det to hovedalternativer: fornyelse med konvensjonelt sugetransformatorsystem (heretter kalt BT-system) og fornyelse med autotransformatorsystem (heretter kalt AT-system). Den elektriske utformingen av matestrekingene blir vurdert i forbindelse med utredninger og anbefalinger gis basert på krav gitt i TRV (jf. Tabell 1, [5]). Med bakgrunn i fordelene med AT-system (nærmere beskrevet i avsnitt 0) er det vedtatt at AT-system skal være førstevalget for nye, fornyede og oppgraderte strekninger.

2.1.3 Baneutredninger

Bane NOR utvikler banenettet og togtrafikken kontinuerlig på bestilling fra Jernbanedirektoratet. Nedenfor er det angitt et utvalg av utredninger og strategier som kan få konsekvenser for banestrømforsyningen, og kan kreve videre utredning i Bane NOR Energi:

- Perspektivanalyse: Jernbanen mot 2050
- KVVU Osloveget
- KVVU Grenlandsbanen
- KVVU Voss - Arna
- KVVU Logistikknutepunkt i Bergensregionen
- KVVU Logistikknutepunkt i Trondheimsregionen
- KVVU Gjøvikbanen og Riksvei 4
- KVVU Transportsystem Trondheim - Steinkjer
- KVVU Østre linjes forbindelse mot Oslo
- Rutemodell 2027
- Strategi for ikke elektrifiserte strekninger
- Utredning hensetting Østlandet
- Dobbelspor Jærbanen Sandnes - Nærbø
- Utredning Kongsberg – Hokksund
- Utredning Støren – Trondheim – Steinkjer

Mer informasjon finnes på Bane NORs sider:

<http://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/strategier-og-utredninger/>

Ruteplaner

Bane NOR reviderer ruteplaner for gods og persontrafikk med jevne mellomrom. Dagens ruteplan R2018 ble iverksatt i slutten av 2017. Under lastsimulering vil man benytte konkrete ruteplaner i den grad de er tilgjengelig, alternativt strategiske ruteplaner med kjent målsetting for fremtidig kapasitet. For utredning av Oslo-området og Sørlandsbanen er ruteplan R2027 lagt til grunn. Nye ruteplaner implementeres i Simuleringsprogrammet til Bane NOR etter hvert som de gjøres tilgjengelige.

2.2 Krav til banestrømforsyning

Denne KSU er ikke ment å beskrive eller dekke alle gjeldende krav til banestrømforsyning, men trekker frem noen sentrale og overordnede krav. Det er også begrenset detaljering på de kravene som trekkes frem, da disse finnes i Bane NORs Teknisk Regelverk (TRV) [4].

2.2.1 Overordnede krav

Bane NOR skal tilby en driftssikker og miljøvennlig infrastruktur. Energiforsyningen skal utvikles i tråd med utbygging og utvikling av infrastrukturen og kapasiteten man ønsker å oppnå i denne. Banestrømforsyningen skal være robust og skal ikke være begrensende for togframføring. Den må dermed evalueres, fornyes og utvikles i tråd med de overordnede planer som foreligger. Jernbanedirektoratet planlegger og gir Bane NOR SF oppdrag regulert gjennom avtaleverket som foreligger mellom partene.

TSI Energi

EU-kommisjonen har gjennom Samtrafikkdirektivet utgitt en felles teknisk spesifikasjon for samtrafikkeve (TSI) i det transeuropeiske jernbanesystemet. Det vil si at grensesnittet for kjøretøy og jernbaneinfrastruktur standardiseres for å legge til rette for internasjonale jernbanetransporttjenester. Det er en egen teknisk spesifikasjon for delsystemet «energi» (TSI ENE) [6]. Gjennomføringen av TSI ENE er nedfelt i en egen forskrift fastsatt av Statens jernbanetilsyn med hjemmel i ulike lover [7]. TRV som er Bane NORs interne standard for prosjektering, bygging og vedlikehold av jernbaneinfrastruktur implementerer kravene fra de tekniske spesifikasjonene. All ny, fornyet og oppgradert jernbaneinfrastruktur bygges i henhold til TRV og dermed også i henhold til, eller over, kravene i TSI ENE.

Et av kravene til de tekniske spesifikasjonene (punkt 7 [7]) er at Norge må utarbeide en nasjonal plan for å implementere TSI. Bane NOR sitt innspill til Samferdselsdepartementets utarbeidelse av nasjonal gjennomføringsplan for ENE TSI er presentert i rapporten «Innspill til norsk gjennomføringsplan for TSI Energi» [8]. I rapporten vurderes eksisterende jernbaneinfrastrukturens samsvar med kravene i TSI ENE. Statusen for resultatene av dette presenteres under hvert delkapittel for respektive banestrekning i kapittel 3.

Network Statement

Network Statement inneholder en beskrivelse av Bane NORs leveranse til togselskapene, som f.eks. kapasitetsfordeling, atkomstforhold, priser og ulike tjenester [9]. Formålet er å gi jernbaneforetak, myndigheter og andre interessenter informasjon om jernbaneinfrastrukturen i Norge og betingelsene for å kunne benytte denne. Network Statement er forpliktende for Bane NOR og utgis hvert år med en tidshorisont på maksimalt to år. Network Statement er dermed relevant for kraftsystemet, men skal ikke legges til grunn for dimensjonering av fremtidens banestrømforsyning. Dette skal gjøres ved bruk av langsiktige strategiske infrastrukturplaner og trafikkprognoser [10].

2.2.2 Tekniske krav

Bane NOR setter egne krav til banestrømforsyningen gjennom Teknisk regelverk (TRV) [4], som samler alle retningslinjer og krav for prosjektering, bygging og vedlikehold av banestrømforsyningsanlegg. Her angis hvilke nasjonale og internasjonale standarder som skal anvendes. TRV stiller også krav til drift av anlegget, med hensyn til samkjøring, tap, redundans og utnyttelse av bremseenergi.

Kvalitet

Hovedegenskapene til strømforsyningen til tog er at den skal ha en nominell spenning og frekvens på henholdsvis 15000 V og 16 2/3 Hz.

Redundans

Hensikten med redundans er å kunne øke påliteligheten av effektforsyningen til togtrafikken. TRV opererer med to ulike redundanskrav. N-1 og n-2 er krav der systemet skal klare utfall av henholdsvis en og to enheter. Til og med første matestasjon i hver retning fra Oslo koblingshus har TRV angitt at det gjelder et n-2 krav. Det vil si at det skal legges til grunn utfall og vedlikehold av to vilkårlige enkeltenheter ettersom Oslo sentralstasjon er et viktig knutepunkt i jernbanetrafikken. Utover disse matestasjonene gjelder n-1 som er angitt i TRV gjennom følgende formulering [11]:

«Kraftsystemet skal være planlagt, utformet og konstruert slik at det kan forsyne togtrafikken med tilstrekkelig effekt innfor anleggenes grenser for spenning og termisk belastning i tilfelle utfall og vedlikehold (inklusive feilretting) av en vilkårlig enkeltkomponent (for eksempel mateenhet, bryter eller ledning)»

Historisk sett har redundans på omformerstasjonene vært oppfylt gjennom dublering av alle enheter, hvor omformerstasjonene skal tåle utfall av en omformerenhet uten at gjenværende omformerenhet belastes utover akseptable grenser.

Det er lett å forstå dette prinsippet for en enkel omformerstasjon hvor man kan oppnå redundans ved at dublere enheter. I stasjoner der en av omformerenhetene faller ut og den gjenstående enheten klarer å ta over belastningen sier man at omformerstasjonen er redundant i seg selv. I virkeligheten vil nabostasjonene ta over noe belastning ved utfall av en enhet i en stasjon. Dette omtales som redundans på systemnivå, det vil si at stasjoner der omformerne hver for seg belastes over 50 %, likevel gir en belastning for stasjonen under 100 % hvis en enhet faller ut.

I dagens kraftsystem blir det mer vanlig å vurdere redundans på systemnivå da dette kan være tilstrekkelig for å nå redundanskriteriene. Det er foreløpig ikke foretatt noen systematisk kartlegging om redundanskriteriet er oppfylt, men prinsippet brukes ved nye simuleringer og utredninger.

Tilknytningen til overliggende nett kan også være en begrensning, da de fleste omformerstasjonene i banestrømforsyningen er ensidig matet. Det betyr at utfall av innkommende linje vil medføre utfall av hele omformerstasjonen. Om kravet til n-1 i TRV da er oppfylt, avhenger av om nabostasjoner klarer å dekke belastningen uten at disse blir overbelastet, eller at togspenningen blir uakseptabelt lav. Behovet for investering i dublert innmating trenger imidlertid ikke å være kritisk uten må ses på i sammenheng med kostnadene. Likevel, dersom flere omformerstasjoner som ligger nær hverandre er høyt belastet, er det fare for at utfall av en stasjon kan føre til en kaskadehendelse der en rekke omformerstasjoner faller ut.

Ved bygging av AT-system og gjennom omstrukturering av banestrømforsyningen med større og færre omformerstasjoner, vil det være aktuelt å gjøre en vurdering av behovet for tosidig innmating. Dette ettersom nye stasjoner vanligvis får innmating på et høyere spenningsnivå med høyere tilgjengelighet, samt at AT-system i stor grad forbedrer spenningskvaliteten på linjene ved et utfall, sammenlignet med BT-system.

Dimensjonerende kortslutningsstrømmer

Dimensjonerende kortslutningsstrøm i kontaktledningsanlegg for ulike deler av landet er gitt i TRV og gjengitt i Tabell 2-1.

Tabell 2-1. Dimensjonerende maksimale kortslutningsstrømmer I_k i kontaktledningsanlegget.

Koblingshuset Oslo S	$I_k = 31,5$ kA
Innenfor Oslo-området	$I_k = 25,0$ kA
Oftobanen	$I_k = 20,0$ kA
Resten av landet	$I_k = 12,5$ kA

For detaljert informasjon om hva som regnes som Oslo-området i denne sammenheng, henvises det til kapittelet i TRV [12].

Resonansfrekvens

Teknisk Regelverk spesifiserer krav til resonansfrekvenser i banestrømforsyningen [13]. Ved fornying av KL-anlegg med AT-system kan det ofte være behov for å fremføre lederne som isolerte kabler i stedet for blanke ledninger, f.eks. i tunneler. Kablene senker resonansfrekvensen, noe som kan utfordre stabiliteten i kraftsystemet og medføre overspenninger. Ulike tiltak kan settes inn for å motvirke slike effekter:

- Driftsrestriksjoner, trafikk eller drift av infrastrukturen.
- Overspenningsvern med frakobling av kritisk anleggsdel..
- Overspenningsovervåking som gir grunnlag for trendvurdering av kritikalitet
- Kompenseringsanlegg

Dødseksjoner

Hovedårsaken for å installere dødseksjoner er å hindre avbrenning i skiller mellom kontaktledningssystemer der det kan oppstå store spenningsforskjeller. Teknisk regelverk stiller følgende krav til dødseksjoner:

Dødseksjon skal etableres ved følgende steder:

- Ved kondensatorbatterier og sonegrensebrytere.
- I seksjonsdeler mellom kontaktledningsparter der det ved togpassering kan opptre spenningsforskjeller større enn:
 - 1200 V ved luftisolasjon eller seksjonsisolator med gnisthorn
 - 800 V ved seksjonsisolatorer uten gnisthorn.

Hvis et tog passerer et skille mellom to nett uten dødseksjon, er det risiko for at strømvaktakere kobler sammen nettene. For å unngå dette på en sikker og effektiv måte stilles det derfor krav til lengder på dødseksjoner. I tillegg stilles det krav til topografi på stedet, hastigheter, oversiktighet og forsignaler, slik at toget ikke stopper innenfor dødseksjonen.

Sonegrensebrytere

Sonegrensebrytere har flere funksjoner og plasseres normalt midt mellom to matestasjoner sammen med en dødseksjon. Historisk har sonegrensebrytere blitt brukt for å få delt opp nettet på grunn av fasevinkelforskjeller i trefasenettet. I senere tid har overliggende nett blitt mer samkjørt og risikoen for fasevinkelforskjeller er vurdert til å gjelde kun strekningene Fåberg-Fron, Fron-Otta og Otta-Dombås [14].

Sonegrensebrytere er også utstyrt med vern som deler opp matestrekningen ved en feil. Gjeninnkoblingsautomatikken er synkronisert med gjeninnkobling av utgående linjebrytere i matestasjonene, slik at den feilfrie strekningsdelen automatisk spenningsettes på nytt. Vernene til sonegrensebryteren virker også som reservevern på en matestrekning. På utgående linjer i matestasjoner brukes normalt overstrømsvern som reservevern. Disse må stilles selektivt mot belastningsstrømmer og får dermed en begrenset reservedekning av matestrekningen. Slik kan sonegrensebrytere bidra til at vern kan stilles med stor nok margin mot belastningsstrømmer, samtidig som sikker reservedekning oppnås. I tillegg forbedres dekningen ved kortslutning med samtidig tilbakemating. Sikker verndekning kan imidlertid også oppnås gjennom bruk av dublerede distansevern på utgående linjer i matestasjoner, men denne løsning er foreløpig ikke tatt i bruk.

2.3 Generelle tekniske forhold i banestrømforsyningen

2.3.1 Fornyelse av KL-anlegg

Det finnes to hovedalternativer ved fornyelse av KL-anlegg. Alternativene er følgende:

- AT-system med seksjonert kontaktledning
 - AT-systemet har et spenningsnivå på 30 kV sammenlignet med 15 kV i et konvensjonelt anlegg. Vanligvis bygges AT-system med separate positiv- og negativledere (PL/NL) på toppen av KL-mastene. Der fremføring av PL og NL på mastene er utfordrende kan det bygges med fjernledning.
- BT-system med returledere
 - BT-system med returledere kan brukes der AT-system ikke er hensiktsmessig som ved f.eks. begrenset kapasitetsbehov og høye kostnader.

Teknisk regelverk krever at AT-system skal være førstevalget for nye, fornyede og oppgraderte strekninger [15]. Ved å bruke AT-system kan avstanden mellom omformerstasjoner økes fra 80 km til 120 km. Den økte overføringskapasiteten i AT-systemet medfører at flere av dagens omformerstasjoner kan legges ned og erstattes med færre og større omformerstasjoner. Samtidig gir det økt vedlikeholdbarhet, reduksjoner i elektriske tap og bedre spenningskvalitet.

På strekninger der det ikke er hensiktsmessig å bygge AT-system er det fortsatt mulig å bruke andre elektriske utforminger på KL-anlegget [15]. Dette kan f.eks. være på korte strekninger som mater stasjonsområder eller andre strekninger der kostnaden for fornyelse med AT-system ikke er forsvarlig i forhold til nytten.

2.3.2 Hensetting og togvarme

I følge Teknisk regelverk skal togvarme forsynes fra langsgående forsyningsanlegg eller lokalt nettselskap [16]. Dette gjelder både for nye anlegg og ved utvidelser av eksisterende anlegg. Det er ikke anbefalt å hensette rullende materiell med forsyning fra KL-anlegg fordi det begrenser vedlikeholdbarheten av kraftsystemet. Selv om hensetting fremst skjer om natten når belastningen er lav, vil hensetting på KL-anlegg minske et allerede begrenset vedlikeholdsvindu. Samtidig er nye togvarmeanlegg kostbare å bygge men også kostbare for togoperatørene å benytte.

Network Statement 2017 sier at kjørestrom ikke skal benyttes ved hensetting, med mindre hensettingsområdet ikke har togvarmepost tilpasset materiellet (kap. 5.2, [9]). Hvis materiellet ikke er tilpasset for tilkobling til togvarme, er det derfor en risiko for at nye togvarmeanlegg ikke blir brukt og dermed medfører store hensettingsområder med tog som forsynes fra KL. Dette kan medføre økt belastning av omformere om dagtid når det fortsatt er flere hensatte tog i tillegg til grunnbelastningen fra trafikken.

2.3.3 Roterende og statiske omformere

Roterende omformere har generelt vesentlig høyere tap enn statiske omformere, så tapkostnadene vil bli høyere gjennom levetidsperioden. Roterende aggregater kan imidlertid revideres på verksted og fraktes på skinner. Dette gir roterende omformere en betydelig lenger levetid enn statiske omformere.

Roterende aggregater kan overbelastes vesentlig høyere enn nominell ytelse, og dette er tatt hensyn til ved vurdering av simuleringresultater i utredningsrapporter, og ved vurdering av statiske kontra roterende omformere ved forsterkning eller bygging av nye omformerstasjoner.

Statiske enheter er ikke overlastbare på samme måte som roterende aggregater, men siden omformeren er styrbar, programmeres omformeren med en strømgrense for å unngå overbelastning. Dette vurderes til å være en akseptabel situasjon for en kortvarig spissbelastning med varighet på noen få sekunder, gitt at overbelastningen kan skyves til nabostasjoner. Kortvarig spissbelastning blir derfor et mindre viktig dimensjoneringskriterium for statiske omformerenheter enn for roterende. Roterende omformere finnes i dag i tre størrelser². Nominell og maksimal overlast for roterende aggregater er vist i Tabell 2-2 nedenfor.

Tabell 2-2. Nominell og maksimal overlast for roterende aggregater.

Aggregat type [MVA]	Maks 1 time belastning [A]	Maks 6 min belastning [A]	Maks 2 sek belastning [A]
5,8	352	485	625
7,0	424	667	825
10	606	848	1180

Økning av den totale omformerkapasiteten i banestrømforsyningen blir nå gjort ved å anskaffe en kombinasjon av nye statiske omformere og brukte 10 MVA roterende omformere fra Tyskland, som revideres og installeres i den norske banestrømforsyningen.

Mobile statiske omformere

Det er i løpet av de siste årene også anskaffet flere mobile statiske enheter som er tenkt brukt i beredskapssituasjoner. Dette kan være ved havarier på eksisterende omformere, ved behov for en rask effektøkning inntil permanent omformerkapasitet er på plass, eller ved fornyelse av omformerstasjoner slik at hele stasjonen kan tas ut av drift under rehabiliteringsperioden.

² De siste 3,1 MVA roterende omformerne ble tatt ut av drift i 2016.

Trefase kraftoverføring til omformerstasjoner

Innmatingskapasitet mot omformerstasjonene varierer fra rundt 20 MVA ved 11 kV eller 22 kV innmating eller der overliggende transformator begrenser innmatingskapasitet, til over 100 MVA i de tilfellene det er innmating på 110 kV eller 132 kV. De fleste omformerstasjoner har innmating på spenningsnivåer mellom 47 kV og 66 kV, og innmatingskapasitet i størrelsesorden 40-70 MVA.

De fleste omformerstasjonene har kun ensidig forsyning fra overliggende nett, og utfall av linje/kabel mot omformerstasjon vil dermed føre til utfall av hele omformerstasjonen. Det er dog ventet at andelen stasjoner med tosidig mating på høyere spenningsnivåer vil øke i årene fremover. Nærhet til et sterkt overliggende nett vil derfor være svært ønskelig ved etablering av helt nye omformerstasjoner, og gjerne plassering på en lokasjon som muliggjør tosidig forsyning fra overliggende nett og hele veien inn til ny omformerstasjon. Ved overgang til AT-system er det sannsynlig at man på sikt vil ha færre og større omformerstasjoner, hvor stasjonene i større grad enn dagens stasjoner har tosidig nettilknytning. Større stasjoner med høyere kapasitet krever også en sterkere tilknytning mot overliggende nett.

Vern

På lik linje med andre høyspenningsanlegg, installeres det vern i banestrømforsyningen for å detektere feil eller unormale driftsforhold i nettet. Dette er helt nødvendig for å beskytte materiell, samt å unngå eskalering av feiltilstander. Vernene er også viktige ved kartlegging av behov for endringer og feilretting, for å begrense skade ved unormale situasjoner og for å initiere signaler og indikasjoner til bruk ved drift av anlegget.

I banestrømforsyningen er det vern i omformerstasjoner fra innkommende linjer, til transformatorer, til omformere og på utgående linjer for vern av kontaktledning. Det er også vern i andre høyspenningsanlegg som transformatorstasjoner, koblingshus og sonegrensebrytere. Det er viktig at vernene stilles inn selektivt mot hverandre, slik at så liten anleggsdel som mulig blir påvirket ved en feil. TRV stiller krav til planlegging, etablering og innstilling av vern.

Tilbakemating

Nye tog er ofte utrustet med avansert kontrollsystem og gir mulighet for at togene kan mate tilbake effekt på kontaktledningen. I stedet for å bremse togene mekanisk, utnyttes den kinetiske energien til å generere elektrisk effekt. Den regenererte effekten kan brukes i andre nærliggende tog eller sendes tilbake til det overliggende nettet.

Det er noen begrensninger i omformerstasjonene som vil spille inn på hvor mye tilbakemating som er tillatt. For roterende omformere er det ytelse på motor og generator som er dimensjonerende, men det er sjelden en begrensning. Statiske omformere som er bygget ved hjelp av diodeteknikk vil ikke kunne ta imot tilbakeført strøm, hvorav tyristorbaserte statiske omformere har mulighet. En siste begrensning på hvor mye effekt en matestasjon kan ta imot er ofte satt av verninnstillingene. Ved tilbakemating med samtidig kortslutning, vil impedansen skyves inn i andre kvadrant. Gamle vern har ofte mho-karakteristikk og dermed også begrenset mulighet for å detektere slike feil. Dette utgjør en stor begrensning for banestrømforsyningen. Derfor er utskifting til nye numeriske distansevern høyt prioritert for å sikre deteksjon av kortslutning selv ved tilbakemating, samt for å maksimere utnyttelsen av energien fra bremsende tog. De siste årene har antallet gamle vern blitt kraftig redusert, men det gjenstår fortsatt flere utskiftinger.

2.3.4 Fjernstyring

Styring og overvåking av elkraftanlegg fjernstyres ved hjelp av systemet Spectrum fra Siemens. Omformerstasjoner styres fra Bane NOR Energi sin landsdekkende driftssentral i Oslo, mens styringen av øvrige deler av kraftsystemet gjøres fra elkraftsentraler som i dag er plassert i Oslo, Drammen, Kristiansand, Bergen og Fron/Trondheim.

Hovedmengden av fjernstyringen av elkraftanlegg omfatter fjernstyring av høyspenningsbrytere i matestasjoner, koblingshus og kontaktledningsanlegg. Det sendes kommandoer til, og mottas indikeringer og målinger fra aktuelle brytere og objekter innen et større geografisk område.

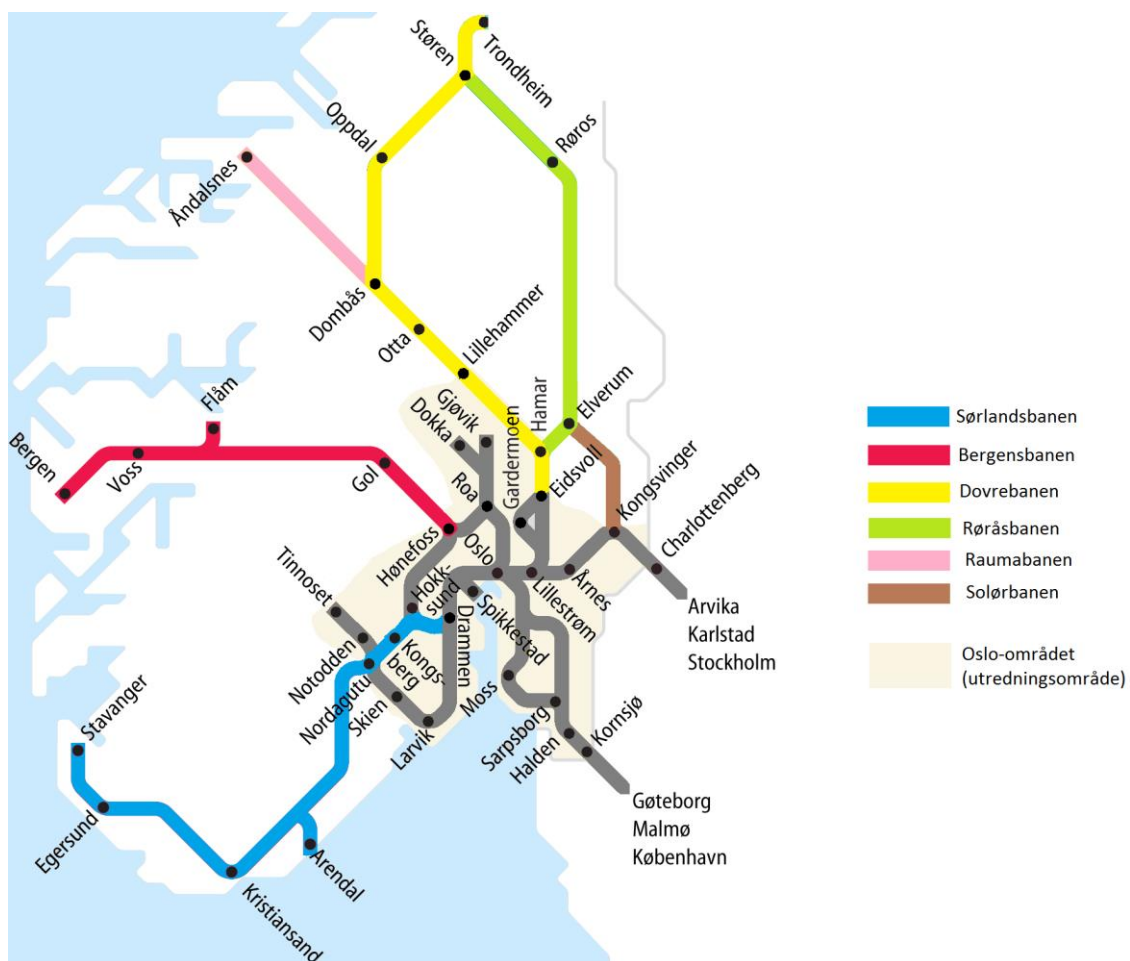
Fjernstyringen skal gi en best mulig teknisk og økonomisk utnyttelse av elkraftanleggene, samt bidra til økt sikkerhet, økt tilgjengelighet, økt personsikkerhet, effektive vedlikeholdsrutiner og rask feilretting ved driftsforstyrrelser.

3 BESKRIVELSE AV DAGENS KRAFTSYSTEM

I dette kapittelet er dagens kraftsystem beskrevet per banestrekning, unntatt Oslo-området som dekker flere banestrekninger. Kapittelet tar for seg de viktigste komponentene og beskriver hvilke anlegg som eksisterer og i hvilken tilstand de er i.

Oslo-området består av flere banestrekninger, men utredes og analyseres som ett område. I en del tilfeller vil de strekningsvise banestrømutredningene overlappe hverandre med tanke på simuleringer og vurderinger. Dette gjelder spesifikt for randsonen til Oslo-området hvor den overlapper Bergensbanen (Hønefoss), Dovrebanen (Tangen, Hamar og Rudshøgda) og Sørlandsbanen (Nordagutu), se Figur 3. Status på anlegg som ligger i randsonen blir i første rekke presentert i kapittel for den banestrekning anlegget tilhører, men resultater, konklusjoner og anbefalinger fra utredninger for disse anlegg kan forekomme begge steder.

Bakgrunnen for denne inndelingen er basert på ny utredning av Oslo-området som vil ferdigstilles i løpet av 2017.



Figur 3. Oversiktskart av banestrekninger som overlapper med Oslo-området. Oslo-området overlapper Bergensbanen i Hønefoss, Sørlandsbanen i Nordagutu og Dovrebanen i Lillehammer. Solørbanen og Rørasbanen er ikke inkludert i Oslo-området.

3.1 Oslo-området

3.1.1 Utstrekning og omfang

Pågående utredning av Oslo-området består av flere banestrekninger. Banestrekningene som omfattes av denne utredningen er vist i Tabell 3-1 nedenfor. Anlegg som ligger i randsonen som overlapper andre strekninger, er markert med kursiv skrift i tabeller og status på disse anleggene er presentert i kapittelet for den respektive banestrekningen.

Tabell 3-1: Oversikt over utstrekning av banestrekningene som er omfattet av den pågående utredningen for Oslo-området. Strekninger som ligger i randsonen er markert med kursiv skrift.

Banestrekning	Omfattet i dette kapittelet	Grensesnitt
Østfoldbanen	Oslo S – Ski – Moss – Kornsjø	Østre linje, Sverige
Østfoldbanen, østre linje	Ski – Askim – Sarpsborg	Østfoldbanen
Vestfoldbanen	Drammen – Larvik – Eidanger	Sørlandsbanen
Brevikbanen	Eidanger – Brevik	Bratsbergbanen, Vestfoldbanen
Bratsbergbanen	Nordagutu – Eidanger	Vestfoldbanen, Sørlandsbanen
Tinnosbanen	Tinnoset – Hjuksebø	Bratsbergbanen, Sørlandsbanen
Gjøvikbanen	Oslo S - Gjøvik	Roabanen
Askerbanen	Lysaker – Asker	Drammenbanen
Spikkestadbanen	Asker – Spikkestad	Askerbanen, Drammenbanen
Drammenbanen	Oslo S – Gulskogen	Sørlandsbanen, Vestfoldbanen
<i>Sørlandsbanen</i>	<i>Gulskogen - Nordagutu</i>	Drammenbanen, Vestfoldbanen, Bratsbergbanen
Gardermobanen	Oslo S – Gardemoen - Eidsvoll	Hovedbanen, Kongsvingerbanen, Dovrebanen
Kongsvingerbanen	Lillestrøm – Riksgrensen (Charlottenberg)	Hovedbanen, Gardermobanen, Sverige
Hovedbanen	Oslo S – Dal - Eidsvoll	Gardermobanen, Kongsvingerbanen, Dovrebanen
Randsfjordbanen (elektrifisert)	Hokksund – Hønefoss	Bergensbanen, Drammenbanen, Roa – Hønefosslinjen
Roa – Hønefosslinjen	Roa – Hønefoss	Gjøvikbanen, Randsfjordbanen, Bergensbanen
<i>Dovrebanen</i>	<i>Eidsvoll – Lillehammer</i>	Hovedbanen, Gardermobanen

3.1.2 Omformerstasjoner og overliggende 50 Hz nett

Oslo-området er et komplisert kraftsystem hvor linjer fra alle de største elektrifiserte banestrekningene i Norge går inn på samme samleskinne i Oslo koblingshus. Oslo koblingshus er derfor en sentral node hvor det er mulig å forsyne et høyt antall tog med elektrisk kraft.

her kommer oversikt over banestrømsanlegget i Oslo-området

Figur 4. Oversikt over banestrømsanlegg i Oslo-området.

Det er kort elektrisk avstand (lav impedans) mellom de sentrale omformerstasjonene i Oslo, og dette gjør at spenningen holder seg jevnt på innstilt verdi (16,5 kV) i større grad enn på regionale banestrekninger. Den lave impedansen mellom stasjonene muliggjør en viss grad av lastfordeling mellom stasjonene. Dette gjøres ved innstilling av fallende statikk, slik at spenningen senkes på stasjoner når det er høy belastning og nabostasjoner tar over deler av belastningen. Samtidig kan den lave impedansen også føre til høy grad av uønsket effektutveksling mellom stasjonene dersom spenningsinnstillingene er ulike, noe som kan gi unødvendig oppvarming og belastning av aggregater og kontaktledning.

Den lave impedansen mellom de sentrale omformerstasjonene i Oslo øker også maksimal kortslutningsstrøm i kontaktledningsnettet. Dette er spesielt et problem ved benyttelse av roterende omformeraggregater, som generelt har høyere kortslutningsytelse enn statiske omformere. Oslo koblingshus er i henhold til TRV [12] dimensjonert til 31,5 kA, mens dimensjoneringskrav for øvrige koblingsanlegg i det sentrale Oslo-området³ er 25 kA og utenfor det sentrale Oslo-området er kravet 12,5 kA. Dersom økt omformerytelse i Oslo fører til at dimensjonerende kortslutningsstrøm økes vil dette kunne gi betydelige merkostnader knyttet til utskifting av både bryteranlegg og materiell i kontaktledning og returkretser.

³ Se TRV for definisjon av Oslo-området i denne sammenheng.

Tabell 3-2: Tabellen viser omformerstasjoner i Oslo-området. En utvidet oversikt over omformerstasjoner finnes i Vedlegg A. Omformerstasjoner som ligger i randsonen for Oslo-området er markert med kursiv skrift.

Omformerstasjon	Byggeår	Ytelse [MVA] ⁴	Type	Innmating[kV] (en-/tosidig)	Nettselskap
Holmlia	1980	2x10 + 1x15	Rot + m. stat	2x47	Hafslund
Smørbekk	1996	2x18	Stat	2x47	Hafslund
Sarpsborg	1993	2x14	Stat	1x47	Hafslund
Larvik	1959	1x7 + 1x15	Rot + m. stat	1x11	Skagerak
Skoppum	2001	2x7	Rot	1x22	Skagerak
Lunner	1961	2x5,8	Rot	1x132	Hadeland Energi
Asker	1965	3x10	Rot	2x22	Hafslund
Jessheim	1997	2x18	Stat	2x66	Hafslund
<i>Tangen</i>	<i>1953</i>	<i>2x5,8</i>	<i>Rot</i>	<i>1x66</i>	<i>Eidsiva</i>
Kongsvinger	1951	2x5,8	Rot	1x66	Eidsiva
Lillestrøm	1997	3x18	Stat	2x47	Hafslund
Alnabru	1969	1x10 + 1x15	Rot + stat	2x47	Hafslund
<i>Hønefoss</i>	<i>1959</i>	<i>2x5,8</i>	<i>Rot</i>	<i>2x22</i>	<i>Ringerikskraft</i>
<i>Rudshøgda</i>	<i>2014</i>	<i>1x15</i>	<i>Stat</i>	<i>1x66</i>	<i>Eidsiva</i>
<i>Nordagutu</i>	<i>1954</i>	<i>2x10</i>	<i>Rot</i>	<i>1x22</i>	<i>Skagerak</i>

Hafslund Nett eier og drifter distribusjonsnettet og regionalnettet i Oslo, Akershus og Østfold. Hafslund Nett har en langsiktig strategi [17] om å bygge om alle spenningsnivåer over 22 kV til kun 132 kV. Alle innmatinglinjer over 132 kV er eid og driftet av Statnett.

Kongsvinger omformerstasjon er i ferd med å oppgraderes med 2x10 MVA roterende omformere. Oppgraderingen skal etter planen ferdigstilles i løpet av 2018. Gjøvik omformerstasjon vil ferdigstilles i 2017 med en 1x15 MVA mobil statisk omformer.

⁴ Merk at for roterende omformere er ytelsen oppført i nominelle verdier, mens for statiske omformere er ytelsen oppført som maksimal belastning.

3.1.3 16 2/3 Hz banestrømanlegg

KL og AT anlegg

I Oslo-området er det lange strekninger med KL-anlegg som har passert eller nærmer seg slutten på estimert teknisk levetid på 60 år. Den eldste delen av anlegget er en strekning på 12 km mellom Fredrikstad og Sarpsborg (Sandesund) fra 1938. Her er estimert teknisk levetid overskredet med nærmere 20 år. I tillegg er det lange strekninger på Kongsvingerbanen og Hovedbanen fra begynnelsen av 1950-tallet, og på Vestfoldbanen og Østfoldbanen fra slutten av 1950-tallet.

På Kongsvingerbanen er det planlagt fornyelse av KL med AT-system i perioden 2017-2020, mens Hovedbanen mellom Lillestrøm og Eidsvoll er planlagt fornyet med AT-system i perioden 2021 – 2023 [18]. Øvrige strekninger med eldre KL-anlegg langs Østfoldbanen og Vestfoldbanen er planlagt fornyet/nybygd innen 2030 i forbindelse med utbygging av InterCity-strekningene [2]. Det er derfor ventet at store deler av KL-anlegget på det sentrale Østlandet blir fornyet i løpet av 2020-tallet. KL-anlegg som fornyes skal i henhold til TRV [5] bygges med AT-system som førstevalg. Kortere strekninger i umiddelbar nærhet av det sentrale Oslo som ikke fornyes kan fortsatt bestå av konvensjonelt KL-anlegg.

Tabell 3-3. Oversikt over kontaktledningsanlegget i Oslo-området fordelt på type og byggeår [19]. Strekninger som ligger i randsonen er markert med kursiv skrift.

Strekning	Bygd	Type
Dovrebanen		
<i>Eidsvoll - Lillehammer</i>	1953/2000	System 20 A
	1963/2015	System 20 B
	2015	System 25
	1953/2015	System 35
	1953	Tabell 54
Gjøvikbanen		
Oslo S – Gjøvik	1960-1961	Tabell 54
	2009-2010	System 20 B
Kongsvingerbanen		
Lillestrøm – Kongsvinger	1951	System 35 MS
	1951	Tabell 54
Kongsvinger – Åbogen	1951	Tabell 3/23/44
Åbogen - Riksgrensen	1995	System 20 A
Vestfoldbanen		
Drammen – Galleberg	1996	System 20 A og C1
	2000	System 25
Galleberg – Holm		System 25
Holm – Nykirke	2017	System 25 m/AT
Nykirke – Barkåker	1954	System 35 MS
Barkåker – Tønsberg	2011	System 25
Tønsberg – Eidanger	1956-1957	Tabell 54
	1955-1957	System 35 og 35 MS
Skien – Eidanger	1995	System 35 MS

Strekning	Bygd	Type
Hovedbanen		
Oslo S – Lillestrøm	1978	System 35
Lillestrøm – Eidsvoll	1953	System 20 A
		System 35
Gardermobanen		
Oslo S – Eidsvoll	1998	System 25
Østfoldbanen		
Oslo S – Ski	1988	System 35 MS
Ski – Sarpsborg (Vestre linje)	1938	Tabell 54
	1990/1994	System 35 og 35 MS
	1995-1996	System 20 A
Ski – Sarpsborg (Østre linje)	1958	Tabell 54
Sarpsborg - Kornsjø	2001	System 20 A
Drammenbanen		
Oslo S – Asker	1996/2001	System 20 A
	1975	Tabell 54
Asker – Drammen	1984	System 35
	1973/2002	System 20 A
Askerbanen		
Lysaker – Asker (Askerbanen)	2005/2012	System 20 B og C1
Brevikbanen		
Eidanger – Brevik	1947	Tabell 23
Bratsbergsbanen		
Nordagutu – Skien	1936/1997	System 35 og 35 MS
Skien – Porsgrunn	1995/1997/1999/2011	System 35 MS
Porsgrunn - Eidanger	1954/1956/2015	System 35/System 20B/Tabell 54
Randsfjordbanen		
Hokksund – Hønefoss	1959	System 35 MS
Roa – Hønefosslinjen		
Hønefoss – Roa	1960	Tabell 54
Tinnosbanen		
Hjuksebø – Notodden	mangler data	mangler data
Spikkestadbanen		
Asker - Spikkestad	1984	System 35
Sørlandsbanen		
<i>Gullskogen – Hokksund</i>	<i>1996/1987</i>	<i>System 35/Tabell54</i>
<i>Hokksund-Vestfossen</i>	<i>1985</i>	<i>mangler data</i>
<i>Vetfossen-Nordagutu</i>	<i>1988/1989/2013</i>	<i>System 35</i>

Kondensatorbatterier

Det er ingen kondensatorbatterier installert i Oslo-området.

Vern og kontrollanlegg

Sonegrensebrytere

Tabell 3-4. Sonegrensebrytere i Oslo-området [19]. Sonegrensebrytere som ligger i randsonen er markert med kursiv skrift.

Banestrekning	Sonegrensebryter	Plassering [km]
Kongsvingerbanen	Årnes – Seterstøa	59,551
<i>Dovrebanen</i>	<i>Brumunddal</i>	<i>137,56</i>
Gjøvikbanen	Stryken	41,824
<i>Sørlandsbanen</i>	<i>Hjerpetjern</i>	<i>118,77</i>
Roa - Hønefosslinjen	Hønen	88,467
Vestfoldbanen	Råstad	133,36
Randsfjordbanen	Vikersund	98,89
Bratsbergbanen	Borgestad	187,93

Koblingshus

Tabell 3-5. Koblingshus i Oslo-området [19]. Koblingshus som ligger i randsonen er markert med kursiv skrift.

Koblingshus	Plassering [km]
Oslo	0,95
Lysaker	6,873
Ski	24,2
<i>Eidsvoll</i>	<i>68,252</i>
Drammen	52,86

Kortslutningseffekt i det sentrale Oslo-området

Maksimal kortslutningsstrøm er et potensielt problem i Oslo-området grunnet den høye installerte ytelsen. For å kartlegge maksimal kortslutningsstrøm i det sentrale Oslo-området er det gjort kortslutningsberegninger for hvert koblingsanlegg i området [20]. Det kan konkluderes med at det er tilstrekkelig margin mot dimensjonerende kortslutningsstrøm for de fleste koblingsanlegg i Oslo-området med dagens og planlagt infrastruktur. Kun på Alna omformerstasjon er maksimal kortslutningsstrøm helt oppe ved grensen for hva som kan tillates. For øvrig er beregningene konservative ettersom de forutsetter at all omformerytelse i Oslo er innkoblet og at alle roterende aggregater er overbelastet til maksimal ytelse samtidig. Dette er en usannsynlig situasjon grunnet gjeldende krav om redundant ytelse som normalt ikke vil være i drift. Resultatene vurderes derfor som akseptable gitt overnevnte forutsetninger.

Stabilitet og resonans

Informasjon kommer etter ny utredning av Oslo-området.

Målinger, feilanalyser og tilstandskontroll

Målerapporter

Under vises et sammendrag av nylig gjennomførte målerapporter fra omformerstasjoner i Oslo-området. Det blir her presentert de viktigste funnene, anbefalingene og konklusjonene. For mer detaljert informasjon henvises det til den respektive målerapporten. Omformerstasjoner som ligger i randsonen er presentert i sin respektive banestrekning.

TRV definerer for Oslo et «n-2 krav» til redundans, til og med første matestasjon i hver retning fra Oslo koblingshus. Tolkningen av dette er at det gjelder omformeranleggene: Lillestrøm, Asker, Alnabru og Holmlia.

Målerapport Lunner omformerstasjon – januar 2017 [21]

- Generelt god spenningskvalitet.
- Registrert korte spenningsfall grunnet feilsituasjoner.
- Omformerstasjonen er ikke redundant i forhold til n-1 kravet. Det er registrert belastninger over redundanskravet grunnet godstrafikk.
- Registrert noe lav spenningsstatikk i forhold til krav fra TRV for begge omformere. Det anbefales å se på innstillingene til spenningsreguleringen.
- Det anbefales å øke kapasiteten til Lunner omformerstasjon.

Målerapport Kongsvinger omformerstasjon – november 2016 [22]

- Generelt god spenningskvalitet, med unntak av to tilfeller der den målte spenningen var over spenningsgrensen $U_{\max 1}$ i henhold til krav i NEK EN 50163:2004.
- Registrert gjentakende tilløp til, eller utløsning av distansevern sone 3 mot Oslo og derfor anbefalt å undersøke parameterne til dette distansevernet.
- Omformerstasjonen er ikke redundant i seg selv. Det er registrert flere belastninger over redundanskravet.
- Omformerne fordeler lasten ujevnt i drift og det er klare indikasjoner på at omformerne leverer reaktiv effekt til hverandre og har ulike settverdier.
- Registrert noe lav og høy spenningsstatikk for henholdsvis omformer 1 og 2 i forhold til krav fra TRV.
- Det anbefales å se på innstillingene til spenningsreguleringen.
- Etersom omformerstasjonen er hardt belastet anbefales det å øke kapasiteten til Kongsvinger omformerstasjon.

I ettertid er det igangsatt oppgradering av Kongsvinger omformerstasjon med 2x10 MVA roterende omformere og som er planlagt å være i drift 2018.

Målerapport Hønefoss omformerstasjon – desember 2016

Se Kapittel 3.3.3.

55 kV fjernledning

Fjernledningen skal bidra til å føre strøm fra matestasjon til matestasjon og fra Hakavik kraftstasjon for å redusere spenningsfallet og øke tilgjengelig effekt. 55 kV fjernledning på strekningen mellom Asker og Neslandsvatn er 180 km lang, inkludert den 27 km lange avgreiningen til Hakavik og Sande. Den bidrar til at man kan ha lengre avstander mellom omformerstasjonene enn de maks 80 km som er anbefalt. Avstanden mellom Asker og Nordagutu omformerstasjoner er 111 km, og mellom Nordagutu og Nelaug omformerstasjoner er avstanden 134 km. Tabell 3-6 viser en oversikt over transformatorstasjoner og koblingsstasjoner som er tilknyttet fjernledningen langs Sørlandsbanen.

I *Teknisk-økonomisk utredning for fjernledning med transformatorstasjoner langs Sørlandsbanen* [23] foreslås det at fjernledningen skal fjernes basert på tekniske og økonomiske hensyn.

Tabell 3-6. Oversikt over innmatingspunkter på fjernledningen. Stasjoner som ligger i randsonen (eller på annen banestrekning) er markert med kursiv skrift.

Stasjon	Byggeår/fornyelse	Traføytelse
Asker	1965/2005-06	1 x 8 MVA
<i>Skollenborg</i>	<i>1929/1951/2005</i>	<i>2 x 2,5 MVA</i>
<i>Nordagutu</i>	<i>1936/1985/2011</i>	<i>1 x 8 MVA</i>
<i>Neslandsvatn</i>	<i>1947/1985/2011</i>	<i>1 x 8 MVA</i>
Sande	1957/1990	2 x 2,5 MVA

3.1.4 Infrastrukturforsyning (50 Hz)

Langsgående forsyning

I Oslo-området er det et større antall 50 Hz-anlegg som forsynes fra langsgående 22 kV. Se Tabell 3-7 for en oversikt over innmatinger til langsgående 22 kV i Oslo-området.

Tabell 3-7. Oversikt over langsgående 22 kV-anlegg i Oslo området (ikke fullstendig⁵). Anlegg som ligger i randsonen er markert med kursiv skrift.

Lokasjon	Innmating	Type anlegg	Kapasitet [kVA]
Etterstad - Eidsvoll ⁶	Etterstad	Langsgående 22 kV	3000
	Lillestrøm	Langsgående 22 kV	5000
	Jessheim	Langsgående 22 kV	6300
	<i>Eidsvoll Stasjon</i>	<i>Langsgående 22 kV</i>	<i>3150</i>
Asker – Lysaker	Asker	Langsgående 22 kV	12 000
	Jong	Langsgående 22 kV	4000
	Lysaker	Langsgående 22 kV	4000
Brynsbakken – Bestun	Oslo koblingshus	Langsgående 22 kV	2800
	Skøyen	Langsgående 22 kV	5000
Barkåker – Tønsberg	Tomsbakken	Langsgående 22 kV	5000
	Kjellelia	Langsgående 22 kV	5000
<i>Eidsvoll - Hamar</i>	<i>Dorr</i>	<i>Langsgående 22 kV</i>	<i>5000</i>
	<i>Hestnest</i>	<i>Langsgående 22 kV</i>	<i>5000</i>
Galleberg - Nykirke	Holm	Langsgående 22 kV	5000
	Fegstad	Langsgående 22 kV	5000
Farriseidet – Porsgrunn	Farriseidet	Langsgående 22 kV	4000
	Porsgrunn	Langsgående 22 kV	4000

⁵ Det savnes en full oversikt over langsgående 22 kV i Bane NORs tekniske arkiver. Dette er under arbeid og vil implementeres senere.

⁶ Innmating direkte på 22 kV fra nettselskap. Antatt innmatingskapasitet i slike tilfeller er satt til 5000 kVA.

Hensetting/togvarme

Tabell 3-8. Eksempler på større togvarmeanlegg i Oslo-området [19]. Anlegg som ligger i randsonen er markert med kursiv skrift.

Lokasjon	Kapasitet [kVA]	Spenning [V]
<i>Eidsvoll</i>	<i>3 × 2000</i>	<i>1000</i>
Lillestrøm	3 × 2000	1000
Gardemoen	1 × 2000	1000
<i>Kongsberg</i>	<i>1 × 2500</i>	<i>1000</i>
Kongsvinger	2500	1000
Drammen	3 × 2600	1000
Halden	2 × 2600	1000
Moss	2500	1000
Mysen	2000	1000

3.1.5 Kraftutredninger og hovedplaner

Utredninger

Utredning av fremtidig banestrømforsyning i Oslo-området [20]:

Den seneste utredning for fremtidig banestrøm i Oslo-området ble ferdigstilt i september 2013 [20]. Utredningen vurderer tiltak for banestrømforsyningen innenfor det sentrale Oslo-området, men tar hensyn til elektriske forhold i et utvidet område utenfor Oslo. Tidsperspektivet for utredningen er 2018 – 2040. To simuleringsrapporter ligger til grunn for utredningen, og konklusjonen er at den eksisterende banestrømforsyningen er robust og tilstrekkelig med dagens planer for jernbanen i Oslo-området. Det anbefales derfor å beholde dagens løsning inntil teknisk levetid er oppnådd.

I senere tid er flere av forutsetningene som lå til grunn for utredningen endret. Blant annet er det vedtatt bygging av ny Ringeriksbane mellom Sandvika og Hønefoss, flere nye Flirt-tog tas i bruk, ny rutemodell R2027 med kraftig trafikkøkning er vedtatt og de mobile statiske omformerne planlegges benyttet andre steder i banestrømforsyningen. Nye simuleringer og analyser blir derfor gjennomført og en ny utredningsrapport vil bli utgitt høsten 2017.

Utredning av banestrømforsyning til Gjøvikbanen [24]:

Utarbeidet i 2010. Utredningen vurderer ulike løsninger for fremtidig banestrømforsyning på Gjøvikbanen, strekningen Oslo – Gjøvik. Totalt ble 10 ulike alternativer vurdert med AT-system på deler eller hele strekningen samt ulike lokasjoner for plassering av omformerstasjoner. Utredningen anbefaler to alternativer som relativt likeverdige, der begge alternativer innebærer bygging av AT-system på hele Gjøvikbanen. I begge alternativene er det anbefalt å legge ned enten Lunner eller Hønefoss omformerstasjon, og oppgradere gjenværende stasjon til 4x5,8 MVA. Dette kan komme til å endres som følge av resultater fra pågående ny utredning for Oslo-området.

I senere tid er det blitt lansert planer om økt trafikk på Gjøvikbanen. Det ble da ansett som nødvendig å undersøke om banestrømforsyningen vil måtte forsterkes inntil AT-system er bygget på strekningen, og en ny simuleringsrapport ble utarbeidet i 2015 [25]. Ved bruk av tog av type 75 (FLIRT) på strekningen Oslo – Gjøvik, anbefaler rapporten forsterkning av banestrømforsyningen ved bruk av et 15 MVA mobilt statisk omformeraggregat inntil man har bygget AT-system på hele Gjøvikbanen. AT-system på deler av strekningen gir ikke god nok spenningskvalitet ved utfall av omformeraggregater.

Fremtidig løsning for fjernledningen med transformatorstasjoner på

Sørlandsbanen:

Se Kapittel 3.2.5.

Hovedplaner

Hovedplan Oslo omformerstasjon [26]:

Del 1 ble utarbeidet i 2015. Hovedplanen ble utarbeidet på bakgrunn av planer om effektøkning i Oslo-området i årene fremover som følge av flere store utbyggingsplaner. Hovedplanen er delt inn i to deler, der første kartlegger mulige lokasjoner for plassering av en ny mulig ny omformerstasjon i Oslo-området, samt konsekvenser av de ulike alternativene. Kostnader for nettilknytning og tomt ble også vurdert i del 1. Hovedplanen anbefaler plassering av mulig ny omformerstasjon på Åsland hvor den kan mate kraft direkte mot Follobanen. Ny omformerstasjon på Åsland vil medfølge at dagens stasjoner på Holmlia og Alnabru kan legges ned.

Ny utredning for Oslo-området vil definere behovet for eventuell økning av kapasitet og hovedplan.

Teknisk hovedplan Porsgrunn omformerstasjon [27]:

Utarbeidet i 2013. Bakgrunnen er planlagt utbygging av nytt dobbeltspor mellom Larvik og Porsgrunn, og *Teknisk-økonomisk utredning Vestfoldbanen* [28] som synliggjør et behov for en større omformerstasjon et sted mellom Porsgrunn og Larvik. Utredningen nevner også lønnsomheten av å etablere AT-system langs hele Vestfoldbanen. Hovedplanen vurderer to ulike lokasjoner for en ny omformerstasjon og anbefaler plassering av en ny omformerstasjon på Solum. Bygging av Solum er igangsatt og skal idriftsettes i løpet av 2017.

Hovedplan Hamar omformerstasjon:

Se Kapittel 3.4.5.

3.1.6 Samsvarsvurdering ENE TSI

I Tabell 3-9 er det presentert årsaker til manglende samsvar med krav til grunnleggende parameter fra ENE TSI [6] for hver enkelt banestrekning i Oslo-området, slik det er definert i delkapittel 3.1.1. For mer detaljert informasjon, se rapporten «Innspill til norsk gjennomføringsplan for TSI Energi» [8]. Rapporten ble skrevet i 2015 og noen av årsakene er siden da utbedret.

Tabell 3-9. Årsaker til manglende samsvar med krav fra ENE TSI [6] for ulike banestrekninger i Oslo-området. Strekninger som ligger i randsonen er markert med kursiv skrift.

TSI avsnitt	Parameterkrav	Banestrekninger	Årsak til manglende samsvar
4.2.2.2	KL-anlegg	Østfoldbanen vestre linje Østfoldbanen, østre linje Vestfoldbanen Brevikbanen Bratsbergbanen Tinnosbanen Gjøvikbanen Spikkestadbanen Drammenbanen inkl. Nybyen godsterminal Kongsvingerbanen Randsfjordbanen Roa – Hønefosslinjen <i>Dovrebanen</i>	Kontaktledningsanlegg av System 35, System 35 MS, Tabell 23 og Tabell 54.
4.2.3	Spenning og frekvens	Kongsvingerbanen	Lav spenning
4.2.4	Parametere for forsyningssystemets ytelse	Østfoldbanen vestre linje <i>Sørlandsbanen</i>	Registrert forsinkelser, ikke tilstrekkelig ytelse.
4.2.6	Regenerativ bremsing	Østfoldbanen vestre linje <i>Sørlandsbanen</i> Roa – Hønefosslinjen <i>Dovrebanen</i>	Type vernkarakteristikk og manglende verndekning

3.2 Sørlandsbanen

3.2.1 Utstrekning og omfang

Sørlandsbanen strekker seg fra Gulskogen (Drammen) til Stavanger via Kongsberg. Deler av denne strekningen er dekket i utredning for Oslo-området istedenfor Sørlandsbanen. Som vises i Tabell 3-10 er grensesnittet mellom utredningene satt ved Nordagutu omformerstasjon. Anlegg som ligger i randsonen for utredning av Oslo-området er markert med kursiv skrift i tabeller.

Tabell 3-10. Oversikt over utstrekning av banestrekningene som er omfattet av Sørlandsbanen. Strekninger som ligger i randsonen for Oslo-området er markert med kursiv skrift.

Banestrekning	Omfattet i dette kapittel	Grensesnitt
Sørlandsbanen	<i>Gulskogen (Drammen) - Nordagutu</i> Nordagutu – Stavanger	Drammenbanen, Randsfjordbanen, Vestfoldbanen, Bratsbergbanen, Tinnosbanen, Arendalsbanen
Arendalsbanen	Nelaug – Arendal	Sørlandsbanen

3.2.2 Omformerstasjoner og overliggende 50 Hz nett

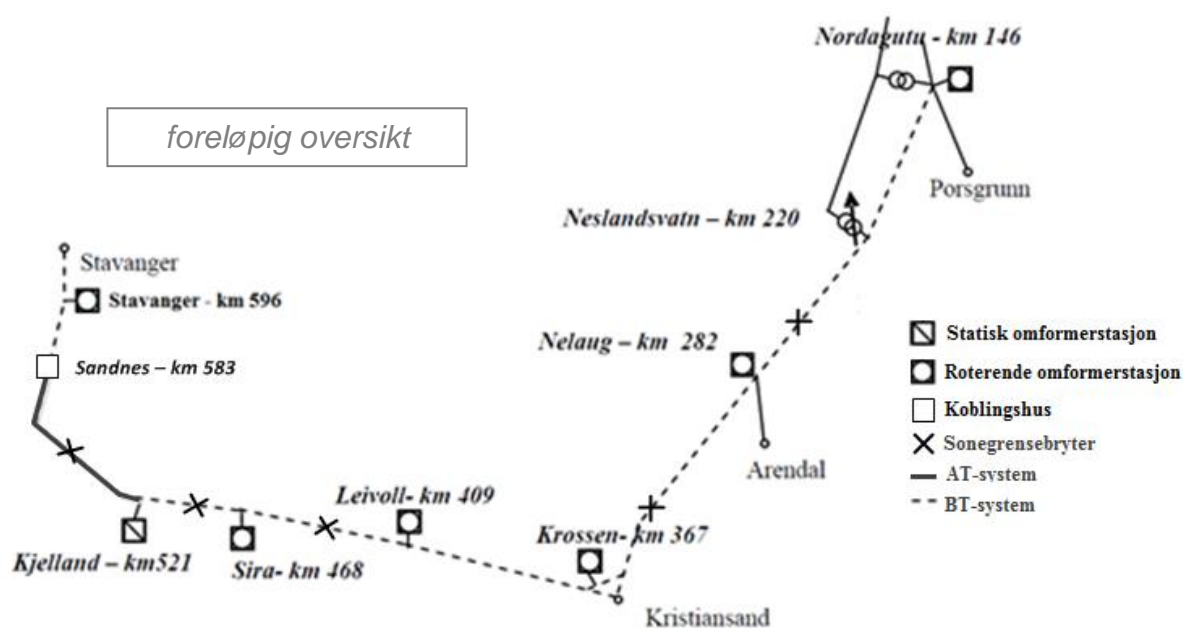
Tabell 3-11 viser en oversikt over omformerstasjoner langs Sørlandsbanen. Se også Figur 5.

Tabell 3-11. Oversikt over omformerstasjoner langs Sørlandsbanen. Omformerstasjoner som ligger i randsonen for Oslo-området er markert med kursiv skrift.

Omformerstasjon	Byggeår	Ytelse [MVA] ⁷	Type	Innmating [kV] (en-/tosidig)	Nettselskap
<i>Nordagutu</i>	1954	2x10	Rot	1x22	Skagerak
Nelaug	1951	2x5,8	Rot	1x66	Agder Energi
Krossen	1950	2x5,8	Rot	2x50	Agder Energi
Leivoll	2001	2x5,8	Rot	1x110	Agder Energi
Sira	1952	2x5,8	Rot	1x60	Agder Energi
Kjelland	1997	2x6	Stat	1x50	Lyse
Stavanger	2010	2x15	Stat	1x50	Lyse

Fjernledningen som går fra Asker til Neslandsvatn tillater lengre avstand mellom omformerstasjonene enn de 80 km som er anbefalt maksimalavstand mellom omformerstasjoner med dagens kontaktledningsanlegg. Dette gjelder mellom Asker og Nordagutu, samt mellom Nordagutu og Nelaug, se Figur 5. Se Kapittel 3.1.3 for nærmere beskrivelse av fjernledningen.

⁷ Merk at for roterende omformere er ytelsen oppført i nominelle verdier, mens for statiske omformere er ytelsen oppført som maksimal belastning.



Figur 5. Oversikt, banestrømsanlegg på Sørlandsbanen, Nordagutu – Stavanger

Omformerstasjon på Nordagutu ble totalrenovert i 2010 og ble oppgradert til 2x10 MVA roterende omformere i 2017. Her er det også skiftet ut apparat- og kontrollanlegg, slik at stasjonens tilstand er å regne som meget god.

Omformerstasjon på Kjelland er en statisk omformerstasjon fra omkring 1997, og benytter teknologi som ikke lenger er til salgs. Det er derfor mangel på reservekomponenter. Resultatene fra ny banestrømutredning for Sørlandsbanen som utarbeides i 2017 vil gi svar på behovet for fornyelse og eventuelt kapasitetsøkning for Kjelland omformerstasjon.

Ingen av dagens omformerstasjoner på Sørlandsbanen har tosidig mating fra overliggende nett bortsett fra Nordagutu omformerstasjon. Kjelland ligger imidlertid i umiddelbar nærhet til en sentralnettstasjon med nedtransformering fra 300 kV til 50 kV. Dette må derfor regnes som et sterkt punkt hvor en ekstra tilknytning mot nærliggende transformatorstasjon vil gi både redundant forsyning og god kapasitet på begge matingene.

Alle stasjonene på Sørlandsbanen bortsett fra Nordagutu har mating på enten 50, 66 eller 110 kV. Nordagutu mates via 2 stk. 22 kV-kabler fra nærliggende transformatorstasjon. Her er maksimal innmatingkapasitet fra overliggende nett anslått til ca. 22 MVA (1 time).

Dagens innmating til Nelaug er begrenset av en 20 MVA, 132/66 kV transformator. Stasjon på Leivoll er bygd i 2001 og ble i løpet av 2015 oppgradert med en ekstra trefase 50 Hz transformator slik at den nå har to stk 14 MVA transformatorer med et apparat- og kontrollanlegg i god tilstand.

3.2.3 16 2/3 Hz banestrømanlegg

KL og AT-anlegg

Tabell 3-12 viser en oversikt over kontaktledningsanlegg på Sørlandsbanen. På strekningene Neslandsvatn – Kristiansand og Moi til Sandnes (Ganddal) er det stor andel gammelt KL-anlegg. Disse strekninger er planlagt fornyet med AT-system i løpet av inneværende periode av Nasjonal Transportplan, dvs. innen 2023. Strekingen Egersund – Sandnes på ca. 70 km ble ferdigstilt med AT-system i 2016. Neste strekning mellom Moi og Egersund har byggestart i 2017 med planlagt ferdigstilling i slutten av 2018. På strekingen Kristiansand – Moi skal det bygges AT-system i eksisterende BT-system.

Tabell 3-12. Oversikt over kontaktledningsanlegg på Sørlandsbanen. Anlegg som ligger i randsonen for Oslo-området er markert med kursiv skrift.

Strekning	Bygd	Type
<i>Gullskogen – Hokksund</i>	<i>1996/1987</i>	<i>System 35/Tabell54</i>
<i>Hokksund-Vestfossen</i>	<i>1985</i>	mangler data
<i>Vetfossen-Nordagutu</i>	<i>1988/1989/2013</i>	<i>System 35</i>
Nordagutu – Neslandsvatn	2000	System 20 B
Neslandsvatn – Nelaug	1948	System 35 MS
	1999	System 20 B
Nelaug – Arendal (Arendalsbanen)	1996	System 20
Nelaug – Kristiansand	1949	System 35
Kristiansand – Moi	1996/2000/ 2003-2004	System 20 B
Moi – Sandnes (Ganddal)	2011	System 20 A
	1950	Tabell 13
	1950/1956	System 35
	2016	System 25 (AT)
<i>Ganddal - Stavanger</i>	<i>2009</i>	<i>System 20 B</i>

Vern og kontrollanlegg

Sonegrensebrytere

Tabell 3-13. Sonegrensebrytere på Sørlandsbanen. Sonegrensebrytere som ligger i randsonen for Oslo-området er markert med kursiv skrift.

Sonegrensebryter	Plassering (km)
<i>Hjerpetjern</i>	<i>118,77</i>
Tyri	181,958
Bjorvatn	254,550
Vatnestraum	330,349
Storekvina	445,700
Heskestad	494,007
Varhaug	557,83

Koblingshus

I dag er det koblingshus på Sandnes, i overgangen mellom enkeltspor og dobbeltspor. Ellers er det ingen koblingsanlegg på strekningen Stavanger – Nordagutu, med unntak av ved matestasjoner eller sonegrensebryterne. Koblingshuset på Sandnes er bygget i en container og tanken er at det kan flyttes hvis dobbeltsporet utvides. Koblingshuset er bygget for å forsyne BT-system. Hvis dobbeltsporet bygges med AT-system, må det plasseres autotransformatorer ved koblingshuset.

Tabell 3-14. Koblingshus på Sørlandsbanen.

Koblingshus	Plassering (km)
Sandnes	583,003

Stabilitet og resonans

Som en del av ny utredning for Sørlandsbanen som skal ferdigstilles i 2017, har det blitt gjennomført en studie av resonansstabilitet og overspenninger pga. harmoniske. Noen foreløpige konklusjoner foreligger i skrivende stund:

- En stor andel tunnel vil medføre at blanke liner legges i isolerte kabler. Kabler bidrar med økt total kapasitans som senker nettets laveste resonansfrekvens og økt kortslutningsytelse øker resonansfrekvensen. Lave resonansfrekvenser med kraftelektronikk i tog og omformere er funnet å kunne være kritisk for stabiliteten i kraftsystemet og kan medføre overspenninger. Begge hovedalternativene i utredningen har lange AT-strekninger, hvor enkelte har høy andel tunnel. Lave resonansfrekvenser vil kunne oppstå på slike strekninger spesielt ved ensidig mating eller øydrift.
- Begge alternativene i utredningen vil ha driftsituasjoner med resonansfrekvenser under 100 Hz i kombinasjon med trafikk med EI18, som er kritisk for resonansustabilitet. Det kan heller ikke utelukkes at lokomotiv av typen EI16 eller RC vil benyttes på Sørlandsbanen i fremtiden, og dette kan medføre overspenninger pga. harmoniske, spesielt ved seksjonert nett med lang ensidig mating.

Tiltak:

- Driftsrestriksjoner på trafikk eller ved vedlikehold av infrastrukturen.
- Overspenningsvern med frakobling av kritisk anleggsdel. For nye tog er det foreslått et slikt vern i prEN50388-2:201Y.
- Overspenningsovervåking som gir grunnlag for trendvurdering av kritikalitet
- Kompenseringsanlegg

Dette er fortsatt foreløpige konklusjoner fra pågående utredningsarbeid. Den nye utredningsrapporten vil belyse og anbefale tiltak for å forhindre ustabilitet på Sørlandsbanen.

Målinger, feilanalyser og tilstandskontroll

Målerapporter

Under vises et sammendrag av nylig gjennomførte målerapporter fra omformerstasjoner på Sørlandsbanen. Det blir her presentert de viktigste funnene, anbefalingene og konklusjonene. For mer detaljert informasjon henvises det til den respektive målerapporten.

Målerapport Leivoll omformerstasjon – desember 2016 [29].

- Generelt god spenningskvalitet.
- Omformerstasjonen er ikke redundant i seg selv.
- Stasjonen er hardt belastet og det er behov for å øke kapasiteten til omformerstasjonen.
- Spenningsstatikken er fallende for begge omformere men ikke i henhold til TRV. Det anbefales å se på innstillingene til spenningsregulatorene.

Målerapport Nelaug omformerstasjon – august 2016 [30].

- Generelt god spenningskvalitet
- Registrert over 60 spenningstopper, som troligvis kommer av lastavslag.
- Pendlinger på rundt 2 Hz er registrert når type 73 er på matestrekingen.
- Omformerstasjonen er ikke redundant i seg selv og hardt belastet, det er derfor behov for å øke kapasiteten til omformerstasjonen.

55 kV fjernledning

I Tabell 3-15 under vises innmatingspunkter på fjernledningen langs Sørlandsbanen. For nærmere beskrivelse av fjernledningen, se Kapittel 3.1.3.

Tabell 3-15. Oversikt over innmatingspunkter på fjernledningen langs Sørlandsbanen. Stasjoner som ligger i randsonen for Oslo-området er markert med kursiv skrift.

Stasjon	Byggeår/fornyelse	Traføytelse
<i>Skollenborg</i>	1929/1951/2005	2 × 2,5 MVA
<i>Nordagutu</i>	1936/1985/2011	1 × 8 MVA
Neslandsvatn	1947/1985/2011	1 × 8 MVA

3.2.4 Infrastrukturforsyning (50 Hz)

Langsgående forsyning

Det finnes ingen langsgående 22 kV-strekninger langs Sørlandsbanen. Det er heller ingen umiddelbare planer om slike anlegg, men det kan bli bygd i forbindelse med bygging av dobbeltspor på strekningen Sandnes – Nærbø. En slik utbygging vil imidlertid være et godt stykke frem i tid og sannsynligvis ikke være fullført før etter 2030.

Hensetting/togvarme

Tabell 3-16. Eksempler på større togvarmeanlegg langs Sørlandsbanen [19]. Anlegg som ligger i randsonen for Oslo-området er markert med kursiv skrift.

Lokasjon	Kapasitet [kVA]	Spennning [V]
<i>Kongsberg</i>	<i>2500</i>	<i>1000</i>
Egersund	2500	1000
Stavanger	2x1650 +1800	1000

3.2.5 Kraftutredninger og hovedplaner

Utredninger

Utredning av banestrømforsyning for Sørlandsbanen [31]:

Siste rapport for Sørlandsbanen er en simuleringsrapport som ble gitt ut i 2007. Etter denne er en rekke rammebetingelser endret. Ny Stavanger omformerstasjon ble satt i drift i 2010. I 2013 ble det bygget koblingshus i Sandnes på grunn av dobbeltspor på strekningen Stavanger – Sandnes. Ny KL med AT-system er bygget på strekningen Sandnes – Egersund i 2016. I tillegg er det satt inn nytt materiell og Ruteplan 2027 er implementert.

For å finne riktig konfigurering av omformere gjøres det nå en ny utredning på Sørlandsbanen. Utredningen ser på ulike alternativer for banestrømforsyning på strekningen Nordagutu – Stavanger (Gulskogen-Nordagutu dekkes av utredning for Oslo-området). Utredningen forutsetter at fjernledningen mellom Asker og Neslandsvatn blir lagt ned. Fem alternativer vurderes i den økonomiske analysen, basert på to hovedalternativer fra underliggende simuleringsrapport. Alle alternativer forutsetter bygging av AT-system på hele strekningen Nordagutu-Kjelland. Endelig versjon av denne utredningen med anbefalinger er planlagt utgitt andre halvår i 2017.

Fremtidig løsning for fjernledningen med transformatorstasjoner på Sørlandsbanen [23]:

Utarbeidet i 2015. Per dags dato er fjernledningen i drift på strekningen Asker – Neslandsvatn. Fjernledningsanlegg (liner og master) nærmer seg slutten på antatt teknisk levetid, noe som medfører at fjernledningen enten må fornyes eller erstattes med AT-system/ny omformerkapasitet. Utredningen anbefaler at fjernledningen på hele strekningen mellom Asker og Neslandsvatn på sikt legges ned og erstattes med AT-system. Dersom fjernledningens levetid utløper før AT-system er bygd, anbefales det bruk av mobile statiske omformere i nærheten av Skollenborg og eventuelt på Neslandsvatn for å sikre tilstrekkelig banestrømforsyning inntil AT-system er bygget ut.

Hovedplaner

Hovedplan ombygging av KL-anlegg med BT- til AT-system på strekningen Kristiansand-Moi [32]:

Bakgrunnen er simuleringsrapport fra 2007 for Sørlandsbanen, hvor det ble anbefalt etablering av AT-system langs hele Sørlandsbanen. På mesteparten av Sørlandsbanen er dagens KL-anlegg av såpass høy alder at det vil kreve en fullstendig fornyelse ved overgang til AT-system. På strekningen Kristiansand – Moi er imidlertid dagens KL-anlegg i stor grad bygd på 1990-tallet og estimert gjenværende levetid er derfor minst 35-40 år. Hovedplanen går derfor gjennom ulike alternativer ved at eksisterende KL-anlegg, basert på BT-system, skal oppgraderes og få økt funksjonalitet/ytelse ved overgang til AT-system. Hovedplanen anbefaler at man i dagsone monterer blank PL og NL horisontalt i topp av eksisterende master, mens man i tunnel forlegger PL og NL som selvbærende hengekabel i hvelv.

3.2.6 Samsvarsvurdering ENE TSI

I Tabell 3-17 er det presentert årsaker til manglende samsvar med krav til grunnleggende parameter fra ENE TSI [6] for Sørlandsbanen. For mer detaljert informasjon, se rapporten «Innspill til norsk gjennomføringsplan for TSI Energi» [8]. Rapporten ble skrevet i 2015 og noen av årsakene er siden da utbedret.

Tabell 3-17: Årsaker til manglende samsvar med krav fra ENE TSI [1] for Sørlandsbanen.

TSI avsnitt	Parameterkrav	Banestrekning	Årsak til manglende samsvar
4.2.2.2	KL-anlegg	Sørlandsbanen	Kontaktledningsanlegg med System 35.
4.2.4	Parametere for forsyningssystemets ytelse	Sørlandsbanen	Registrert forsinkelser, ikke tilstrekkelig ytelse.
4.2.6	Regenerativ bremsing	Sørlandsbanen	Type vernkarakteristikk

3.3 Bergensbanen

3.3.1 Utstrekning og omfang

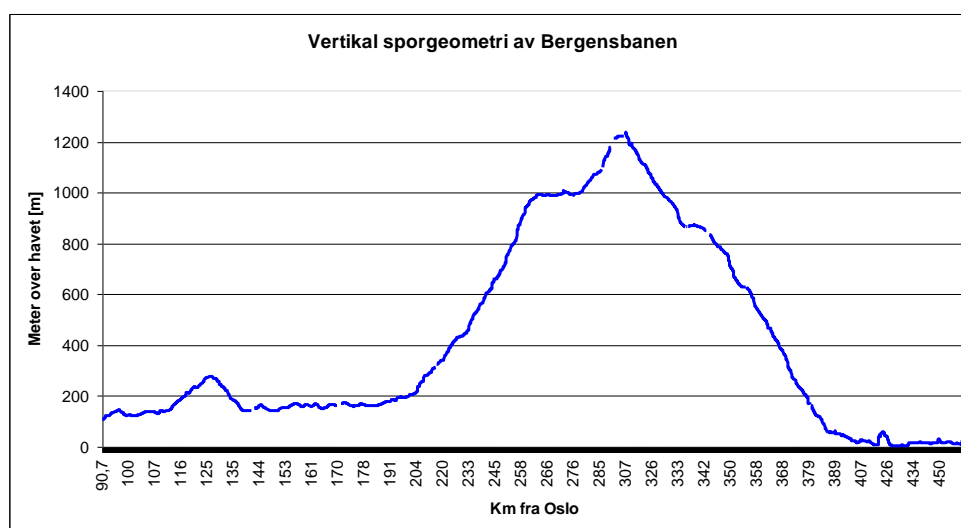
Bergensbanen strekker seg fra Hønefoss til Bergen og omfatter strekningene som er listet opp i Tabell 3-18. Ettersom Hønefoss omformerstasjon ligger i grensesnittet for Bergensbanen og utredning for Oslo-området er stasjonen utredet begge steder.

Bergensbanen passerer over 1200 meter over havet, og vertikal sporgeometri av strekningen er vist i Figur 6. Figuren viser tydelig at det er høy stigning på begge sider av fjellet, og største stigning er 21,6 ‰. På strekninger med høy stigning vil tog gi høyt pådrag på vei oppover og tilbakemate mye energi på vei nedover. Med enkeltsporet drift vil det i liten grad være tog som tilbakemater i nedoverbakke samtidig som tog gir høyt pådrag oppover. Det vil derfor være høyere maksimalbelastning på omformere på strekningene med høy stigning sammenlignet med andre strekninger med samme togtrafikk.

Tabell 3-18. Oversikt over utstrekning av banestrekningene som er omfattet av Bergensbanen, inkludert Flåmsbana.

Banestrekning	Omfattet i dette kapittel	Grensesnitt
Bergensbanen	Hønefoss – Bergen	Randsfjordbanen, Flåmsbana, Roa – Hønefoss linjen
Flåmsbana	Myrdal – Flåm	Bergensbanen

På strekningen mellom Hønefoss og Bergen er det 147 fjelltunneler, 11 rasoverbygg og 281 snøoverbygg [33]. Disse tunnelene og overbyggene har varierende alder og tverrsnitt, og med en total lengde på 96 km vanskeliggjør disse arbeid som fremføring av linjer og kabler. Forsterkningslederen mellom Haugastøl og Mjølfjell er også et element som er uvanlig på norske jernbanestrekninger. Disse faktorene gjør at Bergensbanen derfor ikke nødvendigvis er direkte sammenlignbar med mange andre banestrekninger i Norge.



Figur 6. Vertikal sporgeometri for Bergensbanen. [33]

3.3.2 Omformerstasjoner og overliggende 50 Hz nett

Det er seks omformerstasjoner på Bergensbanen, inkludert Hønefoss omformerstasjon som grenser mot Oslo-området. Stasjonene er vist i Tabell 3-19 nedenfor. Videre er det ett kraftverk knyttet til banestrømforsyningen: Kjosfoss kraftverk er eid av Bane NOR og produserer enfase 16 2/3 Hz strøm til banestrømforsyningen, samt trefase 50 Hz strøm til lokalt nett, se Tabell 3-20.

Tabell 3-19. Oversikt over omformerstasjonene på Bergensbanen. Omformerstasjoner som ligger i randsonen for Oslo-området er markert med kursiv skrift.

Omformerstasjon	Byggeår	Ytelse [MVA] ⁸	Type	Innmating [kV] (en-/tosidig)	Nettselskap
<i>Hønefoss</i>	<i>1959</i>	<i>2 x 5,8</i>	<i>Rot</i>	<i>2x22</i>	<i>Ringerikskraft</i>
Nesbyen	1962	2 x 5,8	Rot	1x66	Hallingdal kraftnett
Haugastøl	1964	2 x 7,0	Rot	1x66	Hallingdal kraftnett
Mjølfjell	1964	3 x 5,8	Rot	47	Voss Energi
Dale	1954	2 x 5,8	Rot	1x47	BKK
Bergen	1993	1 x 7,0	Rot	2x11	BKK

Tabell 3-20. Kjosfoss vannkraftstasjon mater inn kraft til jernbanens banestrømforsyning.

Lokasjon	Byggeår	Ytelse [MW]
Kjosfoss	1944	3,5

Bergen omformerstasjon har kun ett omformeraggregat i stasjonen, og det regnes som lite sannsynlig at kravet til redundans i systemet er oppfylt dersom dette aggregatet faller ut, og omformerstasjon på Dale må dekke belastningen som normalt dekkes av Bergen omformerstasjon. Byggingen av ny omformerstasjon i Arna med 2x33 MVA statiske omformere som skal erstatte Bergen omformerstasjon startet i 2016, og skal stå ferdig ved utgangen av 2021. Denne skal dimensjoneres for økt trafikk i forbindelse med utvidelse til dobbeltspor på strekningen Bergen – Arna. Bergen omformerstasjon vil da tas ut av drift.

I løpet av 2016 ble ett 3,1 MVA aggregat på Mjølfjell byttet ut med et 5,8 MVA aggregat. Videre ble det byttet ut et 5,8 MVA aggregat i Bergen med et 7 MVA aggregat og tilsvarende ble et 5,8 aggregat på Haugastøl byttet ut med et 7 MVA aggregat. Utover dette er det ikke vedtatt noen konkrete endringer for omformerstasjoner langs Bergensbanen, og ventede endringer vil neppe komme før fornyelsen av KL-anlegg til AT-system langs Bergensbanen, se avsnitt 4.2.

⁸ Merk at for roterende omformere er ytelsen oppført i nominelle verdier, mens for statiske omformere er ytelsen oppført som maksimal belastning.

her kommer oversikt over banestrømsanlegget på Bergensbanen

Figur 7. Oversikt over banestrømsanlegg på Bergensbanen.

Det er kun omformerstasjonene i Bergen og Hønefoss som har dubleret forsyning helt frem til omformerstasjonen, men da kun med spenning på hhv. 11 kV og 22 kV. Nye Arna omformerstasjon vil få tosidig forsyning på 132 kV inn til stasjonen. Resterende omformerstasjoner langs Bergensbanen har kun ensidig forsyning, men har samtidig rom for oppgradering til større ytelse utover dagens bestykning i omformerstasjonene. Hønefoss omformerstasjon har imidlertid svært begrenset rom for oppgradering av ytelse med dagens nettilknytning. Stasjonen er i dag forsynt på 22 kV-nivå med maks innmatingskapasitet på 15 MVA. Utvidelse av omformerkapasitet på Hønefoss vil derfor kreve ny nettilknytning med økt innmatingskapasitet.

Behov/problemer

En kapasitetsoptimal ruteplan på strekningen mellom Hønefoss og Bergen vil innebære en klar økning i trafikken sammenlignet med dagens ruteplan. Simuleringer viser at selv med tre nye omformerstasjoner (Gulsvik, Ål og Voss) utover ny Arna omformerstasjon, vil Dale og Haugastøl omformerstasjoner ha høy kontinuerlig belastning, og vil være sårbare for termisk overbelastning ved utfall av en omformerenhet i den gitte stasjonen. Dette betyr at ønsket redundans ikke er oppnådd. Det er ny godsstrategi med innføring av godstog på 1200 tonn som gir dimensjonerende effekt i disse tilfellene.

Løsningen for å oppfylle redundanskriteriene med ny og kapasitetsoptimal ruteplan må være en enda større økning i antall omformerstasjoner enn det som er angitt over, eller bygging av AT-system på deler av eller hele strekningen. Simuleringer fra 2012 [33] viser at AT-system på kun deler av strekningen, evt. kombinert med forsterkningslederen mellom Haugastøl og Mjølfjell, vil gi høyere belastning og dårligere spenningsforhold selv med to ekstra omformerstasjoner sammenlignet med alternativ med AT-system på hele strekningen Hønefoss – Bergen. Simulering- og utredningsrapport anbefaler derfor bygging av AT-system på hele strekningen. Videre anbefales det bygging av ny omformerstasjon på Arna og på en plassering mellom Voss og Mjølfjell, samt fornyelse og oppgradering av stasjoner på Haugastøl og Nesbyen. Dette muliggjør nedleggelse av dagens omformere på Dale og Mjølfjell i tillegg til Bergen omformerstasjon [33].

Utredning fra 2012 kommer også med anbefaling om nedleggelse av Hønefoss omformerstasjon [33]. Her er imidlertid forutsetninger endret da det i senere tid er vedtatt bygging av ny Ringeriksbanen med nytt dobbeltspor mellom Sandvika og Hønefoss. Siden Ringeriksbanen er en del av det utvidede Oslo-området, vil det i ny utredning for Oslo-området undersøkes hvordan bygging av denne vil påvirke omformere på Hønefoss og Lunner.

3.3.3 16 2/3 Hz banestrømanlegg

KL og AT anlegg

Tabell 3-21 viser en oversikt over kontaktledningsanlegget på Bergensbanen fordelt på type og byggeår. I tillegg til ordinær kontaktledning er en 15 kV forsterkningsledning mellom Haugastøl og Mjølfjell. Dette er en strømførende linje parallelt med kontaktledningen som bidrar til å øke strømføringssevnen til KL-anlegget, og dermed redusere den totale impedansen mellom matestasjon og tog. Forsterkningsledningen kan også benyttes til forbimating ved feil eller arbeid på linjen.

Tabell 3-21. Oversikt over KL-anlegg på Bergensbanen [19].

Strekning	Bygd	Type
Bergensbanen		
Hønefoss – Bergheim	1963 - 1964	Tabell 54
Bergheim – Nesbyen	1963 - 1964	System 20 A
Nesbyen – Haugastøl	1963 - 1964	Tabell 54
Haugastøl – Tunga	1964	System 35 MS
Tunga – Finse	1996 -1998	System 25
	1964	Tabell 44
Finse – Fagernut	1993	System 20 A
Fagernut – Myrdal	1964	Tabell 54
Myrdal – Mjølfjell	2005	Tabell 54
	1964	Tabell 54
Mjølfjell – Voss	1964 – 1965	Tabell 54
Voss – Bulken	1990	System 20 CS2
Bulken – Evanger	1954	Tabell 54
Evanger – Bolstadøyri	1954	System 35 MS
Bolstadøyri – Dale	1988	System 20 CS2
Dale – Stanghelle	2001	System 20 B
Stanghelle – Vaksdal	1999	System 20
Vaksdal – Trengereid	1964	Tabell 54
Trengereid – Arna	1954	Tabell 54
Arna – Bergen	1996 - 1999	System 20 CS2
Flåmsbana		
Myrdal – Flåm	1944	System 35 MS

Tabellen viser at mesteparten av kontaktledningen på Bergensbanen, mer bestemt strekningen mellom Hønefoss og Voss, er bygd på midten av 1960-tallet. Med en antatt teknisk levetid på 60 år, er levetiden for KL-anlegget på denne strekningen utgått rundt år 2025. På deler av strekningen mellom Voss og Bergen er KL-anlegget av enda eldre dato, og antatt teknisk levetid er allerede utløpt. KL-anlegget på strekningen Bergen-Voss må ventelig fornyes i løpet av de nærmeste årene. Ca. 42 km av strekningen mellom Bergen og Arna fordelt på tre parseller (Mjølfjell – Evanger, Bolstadøyri – Dale og Trengereid – Takvam) er planlagt fornyet i årene 2022 – 2024.

I følge Bane NORs fornyelsesplan 2017 – 2029 skal hele KL-anlegget mellom Hønefoss og Bergen fornyes i årene 2021 – 2027 [18]. I henhold til TRV (jf. Tabell 1 [5]) skal dette i første rekke skje med AT-system.

Vern og kontrollanlegg

Tabell 3-22. Sonegrensebrytere på Bergensbanen [19].

Sonegrensebryter	Plassering [km]
Gulsvik	148,705
Nesbyen	188,01
Finsetunnel	307,944

Stabilitet og resonans

Ikke behandlet i denne utgave av KSU

Målinger, feilanalyser og tilstandskontroll

Målerapporter

Under vises et sammendrag av nylig gjennomførte målerapporter fra omformerstasjoner på Bergensbanen. Det blir her presentert de viktigste funnene, anbefalingene og konklusjonene. For mer detaljert informasjon henvises det til den respektive målerapporten.

Målerapport Hønefoss omformerstasjon – desember 2016 [34]

- Generelt god spenningskvalitet, med unntak av noen tilfeller der spenningen var over tillatt grense i henhold til NEK EN 50163:2004. Et tilfelle der spenningen overskred $U_{\max 3}$ og flere tilfeller der spenningen overskred $U_{\max 1}$.
- Spenningsstatikken er ikke i henhold til TRV. Den er fallende for begge omformere, men med ulik statikk. Det er også ulik tomgangsspenning.
- Omformerstasjonen er ikke redundant i seg selv og er generelt hardt belastet, det påkreves derfor å øke kapasiteten til Hønefoss omformerstasjon.

Målerapport Dale omformerstasjon – februar 2017 [35].

- Generelt god spenningskvalitet.
- Omformerstasjonen er ikke redundant i seg selv og er hardt belastet, det er derfor behov for å øke kapasiteten til omformerstasjonen.
- Spenningsstatikken er fallende for begge omformere men ikke i henhold til TRV. Det er en skjevfordeling som kan forklares med intern kompensering av reaktiv last. Det er også observert noe lav tomgangsspenning. Det anbefales å se på innstillingene til spenningsregulatorene.

Målerapport Nesbyen omformerstasjon – august 2016 [36].

- Generelt god spenningskvalitet, med unntak av et tilfelle der den målte spenningen var over spenningsgrensen $U_{\max 1}$ i henhold til krav i NEK EN 50163:2004.
- Omformerstasjonen er ikke redundant i seg selv, og det er derfor anbefalt å øke kapasiteten til Nesbyen omformerstasjon for å sikre redundans og øke marginen i kraftsystemet.
- Resultat tyder på at det er vinkelforskjeller i 3-fasenettet.
- Spenningsstatikken er fallende for begge omformere men ikke i henhold til TRV. Det anbefales å se på innstillingene til spenningsregulatorerne.

3.3.4 Infrastrukturforsyning (50 Hz)

Langsgående forsyning

Det finnes i dag ingen langsgående forsyning langs Bergensbanen, men det planlegges utbygging av en langsgående 11 kV-forsyning mellom Bergen og Arna.

Hensetting/togvarme

Tabell 3-23. Eksempler på større togvarmeanlegg langs Bergensbanen [19].

Lokasjon	Kapasitet [kVA]	Spenning [V]
Voss	2500	1000
Ål	2000	1000

3.3.5 Kraftutredninger og hovedplaner

Utredninger

Fremtidig banestrømforsyning langs Bergensbanen [33]:

Utarbeidet i 2012. Hensikten med utredningen var å fastslå hvilke investeringer som er nødvendige på Bergensbanen, og lage en strategi for hvordan disse investeringene bør gjennomføres. I utredningen vurderes 7 ulike alternativer for banestrømforsyning på strekningen Hønefoss – Bergen. Fire av alternativene innebærer AT-system på hele strekningen. De tre resterende består av en blanding av tradisjonelt kontaktledningsanlegg (KL-anlegg), tradisjonelt KL-anlegg med forsterkningsleder og AT-system. Plassering av omformerstasjoner varierer for de forskjellige alternativene. Det anbefalte alternativet innebærer to nye omformerstasjoner på strekningen, en på Arna utenfor Bergen, og en mellom Voss og Mjølfjell. Dagens stasjoner i Bergen, på Dale og på Mjølfjell foreslås nedlagt, og Haugastøl og Nesbyen omformerstasjoner anbefales oppgradert. I utredningen ble det også foreslått nedleggelse av enten Hønefoss eller Lunner omformerstasjon. Bygging av ny Ringeriksbane og innføring av nye togsett på Gjøvikbanen er derimot ikke tatt hensyn til her. Dette vil undersøkes i forbindelse med ny utredning for Oslo-området 2017.

Hovedplaner

Hovedplan Arna omformerstasjon [37]:

Utarbeidet i 2013. Bakgrunn for hovedplanen er byggingen av nytt dobbeltspor mellom Bergen og Arna, noe som vil gi både en trafikkøkning og fartsøkning på strekningen inn mot Bergen. Dette medfører et økt behov for elektrisk effekt. Dagens Bergen omformerstasjon er allerede overbelastet og lite fleksibel med tanke på utvidelse. Ny omformerkapasitet blir derfor bygget. Tre ulike lokaliseringer ble vurdert i hovedplanen, inkludert konsekvenser og kostnader for de ulike alternativene. Hovedplanen anbefaler bygging av ny omformerstasjon utenfor Arna. Byggingen er nå i gang.

3.3.6 Samsvarsvurdering ENE TSI

I Tabell 3-24 er det presentert årsaker til manglende samsvar med krav til grunnleggende parameter fra ENE TSI [6] for Bergensbanen. For mer detaljert informasjon, se rapporten «Innspill til norsk gjennomføringsplan for TSI Energi» [8]. Rapporten ble skrevet i 2015 og noen av årsakene er siden da utbedret.

Tabell 3-24: Årsaker til manglende samsvar med krav fra ENE TSI [1] for Bergensbanen.

TSI avsnitt	Parameterkrav	Banestrekning	Årsak til manglende samsvar
4.2.3	Spenning og frekvens	Bergensbanen	Lav spenning
4.2.4	Parametere for forsyningssystemets ytelse	Bergensbanen	Registrert forsinkelser, ikke tilstrekkelig ytelse.
4.2.6	Regenerativ bremsing	Bergensbanen	Type vernkarakteristikk og sonegrensebrytere ute av drift.
4.2.2.2	KL-anlegg	Bergensbanen	Kontaktledningsanlegg med System 35 MS og andre

3.4 Dovrebanen

3.4.1 Utstrekning og omfang

Dovrebanen strekker seg fra Eidsvoll til Trondheim. Deler av denne strekningen er dekket i utredning for Oslo-området i tillegg til Dovrebanen. Som vises i Tabell 3-25 er grensesnittet mellom utredningene satt ved Lillehammer. Anlegg som ligger i randsonen for utredning av Oslo-området er markert med kursiv skrift i tabeller.

Tabell 3-25. Oversikt over utstrekning av banestrekningene som er omfattet av Dovrebanen. Strekninger som ligger i randsonen for Oslo-området er markert med kursiv skrift.

Banestrekning	Omfattet i dette kapittelet	Grensesnitt
<i>Dovrebanen</i>	<i>Eidsvoll – Lillehammer</i>	<i>Hovedbanen, Gardemobanen, Røråsbanen</i>
Dovrebanen	Lillehammer – Trondheim	Røråsbanen, Raumabanen, Norlandsbanen

3.4.2 Omformerstasjoner og overliggende 50 Hz nett

Tabell 3-26 viser en oversikt over omformerstasjonene langs Dovrebanen. Se også Figur 8.

Tabell 3-26. Oversikt over omformerstasjoner på Dovrebanen. Omformerstasjoner som ligger i randsonen for Oslo-området er markert med kursiv skrift.

Omformerstasjon	Byggeår	Ytelse [MVA] ⁹	Type	Innmating [kV] (en-/tosidig)	Nettselskap
<i>Tangen</i>	<i>1953</i>	<i>2 × 5,8</i>	<i>Rot</i>	<i>1x66</i>	<i>Eidsiva Nett</i>
<i>Rudshøgda</i>	<i>2014</i>	<i>1 × 15</i>	<i>Stat</i>	<i>1x66</i>	<i>Eidsiva Nett</i>
Fåberg	1966	2 × 5,8	Rot	1x66	Eidsiva Nett
Fron	1967	2 × 5,8	Rot	1x66	Gudbrandsdal Energi
Dombås	1968	2 × 7,0	Rot	1x66	Eidefoss
Oppdal	1970	2 × 5,8	Rot	2x66	Trønderenergi
Lundamo	1970	2 × 7,0	Rot. Stasj.	2x11	Trønderenergi
Stavne	1997	2 × 7,0	Stat	2x66	Trønderenergi

⁹ Merk at for roterende omformere er ytelsen oppført i nominelle verdier, mens for statiske omformere er ytelsen oppført som maksimal belastning.

her kommer oversikt over banestrømsanlegget på Dovrebanen

Figur 8. Oversikt over banestrømforsyningsanlegget på Dovrebanen.

En 3,1 MVA roterende omformer på Otta ble tatt ut av drift i 2016.

Mobil statisk omformer på Rudshøgda ble installert i 2014 og erstattet daværende 3,1 MVA roterende omformer. Dette er tenkt som en midlertidig løsning frem til det bygges en ny omformerstasjon i Hamar-området. Ny trasé Kleverud – Sørli er vedtatt og dette medfører at Tangen omformerstasjon må legges ned og erstattes av en ny stasjon. Det er imidlertid ikke fattet et endelig vedtak om bygging av ny omformerstasjon i Hamar-området og tidsplan er derfor ikke fastlagt. De planlagte utbyggingene er i forbindelse med InterCity-utbyggingen, og ny omformerstasjon i Hamar-området bør derfor være bygd og satt i drift innen 2024 da dobbeltspor til Hamar er planlagt ferdig utbygd.

De fleste omformerstasjonene på Dovrebanen har kun ensidig mating fra overliggende nett. Kun Stavne, Lundamo og Oppdal har tosidig mating. Lundamo har kun mating på 11 kV-nivå. De fleste stasjoner har tilstrekkelig innmatingskapasitet og det er rom for utvidelser i dagens stasjoner. Unntaket er Lundamo som er matet via en 16 MVA, 66/11 kV transformator. En ny omformerstasjon i Hamar-området vil ventelig ha tosidig mating fra overliggende nett, og kan muliggjøre nedleggelse av stasjoner på Tangen og Rudshøgda som kun har ensidig mating [38].

Behov/problemer

I forbindelse med elektrifisering av Trønder- og Meråkerbanen vil det bli bygd nye omformerstasjoner på Hell i Stjørdal og i Steinkjer. Plan for Hell og Steinkjer omformerstasjoner fra 2016 anbefaler en 1x20 MVA statisk omformer på Steinkjer og 2x20 MVA statiske omformere på Hell. En ny stasjon på Hell vil medføre at dagens omformerstasjon på Stavne kan legges ned [39]. Denne er bygd med samme teknologi som Kjelland omformerstasjon, og har hatt høyere feilrater og behov for vedlikehold enn andre statiske omformerstasjoner.

Resterende stasjoner fra og med Fåberg til og med Lundamo vil bli sett på i forbindelse med fornyelse av KL-anlegget til AT-system på strekningen, samt i forbindelse med iverksettelse av ny godsstrategi med økte lastvekter på godstog på Dovrebanen. Med AT-system på hele Dovrebanen er det tilstrekkelig med færre og større omformerstasjoner, og totalt antall stasjoner på strekningen Fåberg – Lundamo kan sannsynligvis reduseres fra fem til tre eller fire.

Ny omformerstasjon på Jessnes ved Hamar er foreslått bestykket med 2x25 MVA statiske omformere og medfører at omformerstasjon på Tangen kan legges ned, mens den mobile statiske omformeren på Rudshøgda kan flyttes [38]. Ny utredning av Oslo-området som utføres i 2017 kan imidlertid påvirke denne konklusjonen.

Tangen omformerstasjon er plassert ca. 3 – 4 km fra det nye dobbeltsporet som skal bygges, målt langs eksisterende jernbanestrekning, og ca. 1 km i luftlinje. Før det gamle sporet kan rives, må Tangen omformerstasjon tas ut av drift, og omformerne må fraktes bort på jernbanesporet. En erstatningsløsning må være i drift før dette kan gjennomføres.

Stavne omformerstasjon er av samme type som Kjelland omformerstasjon på Sørlandsbanen. Disse to omformerstasjonene har svært dårlig driftsstabilitet, og har hatt et stort antall kostbare havarier. Stasjonen er også bygget uten mulighet for tilbakemating, noe som innebærer at stasjonen alltid må være i samkjøring med nabostasjonen Lundamo. Ved brudd, og samtidig tilbakemating fra kontaktledningen (dvs. tog som bremses elektrisk), vil omformerne i Stavne kople fra automatisk. Dette skaper driftsmessige utfordringer. Selv om anlegget er forholdsvis nytt, anses derfor verdien til anlegget som lavt. Utbedring av stasjonen vil være svært kostbart.

3.4.3 16 2/3 Hz banestrømanlegg

KL og AT anlegg

Tabell 3-7 viser en oversikt over kontaktledningsanlegget på Dovrebanen fordelt på type og byggeår. Mesteparten av KL-anlegget på Dovrebanen er planlagt fornyet i henhold til fornyelsesplan 2017 – 2029 [18]. I henhold til TRV (jf. Tabell 1 [5]) skal dette i første rekke skje med AT-system. Som en del av InterCity- utbyggingen vil strekningen fra Venjar til Lillehammer få nytt AT-system [40].

Tabell 3-27. Oversikt over kontaktledningsanlegg på Dovrebanen [19]. Anlegg som ligger i randsonen for Oslo-området er markert med kursiv skrift.

Strekning	Bygd	Type
<i>Eidsvoll - Lillehammer</i>	<i>1953/2000</i>	<i>System 20 A</i>
	<i>1963/2015</i>	<i>System 20 B</i>
	<i>2015</i>	<i>System 25</i>
	<i>1953/2015</i>	<i>System 35</i>
	<i>1953</i>	<i>Tabell 54</i>
Eidsvoll - Minnesund	1953/2000	System 20 A og B/Tabell 54
Minnesund – Hamar	1953/2015	System 20 B og 25/ system 35 og 35 MS
Hamar – Trondheim	1954/1963 - 68	System 35 MS/Tabell 54

Vern og kontrollanlegg

Tabell 3-28. Sonegrensebrytere på Dovrebanen. Sonegrensebrytere som ligger i randsonen for Oslo-området er markert med kursiv skrift.

Sonegrensebryter	Plassering [km]
<i>Brummunddal</i>	<i>137,56</i>
Losna	226,55
Hjerkinn	382,86
Garli	472,86

Stabilitet og resonans

Ikke behandlet i denne utgave av KSU

Målinger, feilanalyser og tilstandskontroll

Målerapporter

Under vises et sammendrag av nylig gjennomførte målerapporter fra omformerstasjoner på Dovrebanen. Det blir her presentert de viktigste funnene, anbefalingene og konklusjonene. For mer detaljert informasjon henvises det til den respektive målerapporten.

Målerapport Dombås omformerstasjon – januar 2017 [41].

- Generelt god spenningskvalitet, med unntak av 15 tilfeller der den målte spenningen var over spenningsgrensen $U_{\max 2}$ i henhold til krav i NEK EN 50163:2004. Dette er årsaket av rask endring i reaktiv effekt.
- Omformerstasjonen er ikke redundant i seg selv.
- Resultater tyder på at kjøreplanen ikke er optimal. Korreksjon av dette er allerede foretatt av driftssentralen.
- Spenningsstatikken er ikke i henhold til TRV. Det anbefales å se på regulatorinnstillingene til omformerne.

Målerapport Oppdal omformerstasjon – januar 2017 [42].

- Generelt god spenningskvalitet, med unntak av 2 tilfeller der den målte spenningen var over spenningsgrensen $U_{\max 2}$ i henhold til krav i NEK EN 50163:2004. Dette er årsaket av rask endring i reaktiv effekt.
- Resultatene fra målerapporten viser at omformerstasjonen ikke er redundant i seg selv. Dette skyldes arbeid i måleperioden som medførte øydrift.
- Spenningsstatikken er fallende men ikke i henhold til TRV.

Målerapport Fåberg omformerstasjon – januar 2017 [43].

- Generelt god spenningskvalitet.
- Omformerstasjonen er ikke redundant i seg selv og hardt belastet, hvilket tyder på at omformerstasjonen har for lav kapasitet.
- Spenningsstatikken er fallende men ikke i henhold til TRV. Tomgangsspenningen til begge omformerne er lav i henhold til TRV.

Målerapport Fron omformerstasjon – februar 2017 [44].

- Generelt god spenningskvalitet.
 - Omformerstasjonen er ikke redundant i seg selv og er til tider hardt belastet, det påkreves derfor at Fron omformerstasjonen skal få økt kapasitet.
 - Spenningsstatikken er fallende men ikke i henhold til TRV.
 - Det anbefales å se nærmere på stasjonen og spenningsregulatorene.
-

3.4.4 Infrastrukturforsyning (50 Hz)

Langsgående forsyning

Tabell 3-29. Oversikt over Langsgående 22 kV-anlegg på Dovrebanen. Anlegg som ligger i randsonen for Oslo-området er markert med kursiv skrift.

Lokasjon	Innmating	Type anlegg	Kapasitet [kVA]
<i>Eidsvoll - Hamar</i>	<i>Dorr</i>	<i>Langsgående 22 kV</i>	<i>5000</i>
	<i>Hestnest</i>	<i>Langsgående 22 kV</i>	<i>5000</i>

Hensetting/togvarme

Tabell 3-30. Eksempler på større togvarmeanlegg langs Dovrebanen [19].

Lokasjon	Kapasitet [kVA]	Spenning [V]
Trondheim	2x2600	1000

3.4.5 Kraftutredninger og hovedplaner

Utredninger

Fremtidig banestrømforsyning langs Dovrebanen [45]:

Utarbeidet i 2012. Ulike alternativer for fornyelse av banestrømforsyningen på strekningen Eidsvoll – Trondheim er vurdert, både med og uten AT-system. Totalt er seks ulike alternativer vurdert, ett nullalternativ med tradisjonell kontaktledning, mens resterende alternativer tar utgangspunkt i AT-system på hele strekningen. Plassering av omformerstasjoner varierer for de ulike alternativene. Det anbefalte alternativet innebærer nye omformerstasjoner på Hamar, Fåvang, Berkåk og Hell samt oppgradert omformerstasjon på Dombås. Dagens omformerstasjoner på Tangen, Fron, Fåberg, Oppdal, Lundamo og Stavne foreslås nedlagt.

Hovedplaner

Hovedplan Hamar omformerstasjon [38]:

Komplett hovedplan ble utarbeidet i 2013. Bakgrunn for hovedplanen er *Utredning Framtidig banestrømforsyning Dovrebanen [45]* anbefaler at antall omformerstasjoner langs Dovrebanen reduseres etter hvert som det bygges AT-system på strekningen. Dette innebærer også dobbeltspor i ny trasé ved Tangen, noe som aktualiserer og fremskynder nedleggelse av dagens Tangen omformerstasjon. Utredningen [45] anbefaler også å legge ned dagens Rudshøgda omformerstasjon, som kun er bygget som et midlertidig anlegg. Hovedplanen vurderer ulike alternativer for plassering av ny omformerstasjon i Hamar-området samt konsekvenser og kostnader for disse alternativene. Etter fastleggelse av traséen på strekningen i området ved Jessnes, er en ny hovedplan del 1 (plassering) utarbeidet.

Komplett hovedplan vil utgis våren 2017, og denne anbefaler bygging av en 2x37 MVA omformerstasjon med lokalisering på Jessnes i direkte tilknytning til 132 kV-linje. Stasjonen vil da forsyne via eksisterende KL-anlegg inntil nytt dobbeltspor bygges forbi Jessnes. Behovet for forsterkning i fasen frem til dette må vurderes.

3.4.6 Samsvarsvurdering ENE TSI

I Tabell 3-31 er det presentert årsaker til manglende samsvar med krav til grunnleggende parameter fra ENE TSI [6] for Dovrebanen, se rapporten «Innspill til norsk gjennomføringsplan for TSI Energi» [8]. Rapporten ble skrevet i 2015 og noen av årsakene er siden da utbedret.

Tabell 3-31: Årsaker til manglende samsvar med krav fra ENE TSI [1] for Dovrebanen.

TSI avsnitt	Parameterkrav	Banestrekning	Årsak til manglende samsvar
4.2.3	Spenning og frekvens	Dovrebanen	Lav spenning
4.2.4	Parametere for forsyningssystemets ytelse	Dovrebanen	Registrert forsinkelser, ikke tilstrekkelig ytelse
4.2.6	Regenerativ bremsing	Dovrebanen	Type vernkarakteristikk og manglende distansevern
4.2.2.2	KL-anlegg	Dovrebanen	Kontaktledningsanlegg med System 35 MS, Tabell 54 og andre

3.5 Ofofbanen

3.5.1 Utstrekning og omfang

Dette avsnittet omfatter Ofofbanen som strekker seg fra Narvik havn (Fagernesterminalen) til svenskegrensa rett etter Bjørnfjell, der den fortsetter mot Kiruna.

Tabell 3-32. Banestrekning som er omfattet i dette kapitlet.

Banestrekning	Omfattet i dette kapitlet	Grensesnitt
Ofofbanen	Fagernesterm. – Sverige (Bjørnfjell)	Malmbanan (i Sverige)

3.5.2 Omformerstasjoner og overliggende 50 Hz nett

Ofofbanen mellom Narvik og den svenske grensen er en del av «Malmbanan» mellom Narvik og Kiruna. Banen har kun én omformerstasjon på norsk side av grensen. Hele strekningen er 473 km lang, men selve Ofofbanen fra Narvik til svenskegrensen er kun 43 km. Grunnet de store lastvektene på malmtogene mellom Kiruna og Narvik er det nødvendig med stor omformerkapasitet, og omformerstasjonen på Rombak er bestykket med 3x10 MVA roterende aggregater.

Tabell 3-33. Omformerstasjoner på Ofofbanen.

Omformerstasjon	Byggeår	Ytelse [MVA] ¹⁰	Type	Innmating [kV] (en- /tosidig)	Nettselskap
Rombak	1978, 1973	3x10	Rot.	1x132	Nordkraft Nett

¹⁰ Merk at for roterende omformere er ytelsen oppført i nominelle verdier, mens for statiske omformere er ytelsen oppført som maksimal belastning.

3.5.3 16 2/3 Hz banestrømanlegg

KL og AT anlegg

Tabell 3-34 viser en oversikt over kontaktledningsanlegget på Ofotbanen fordelt på type og byggeår. Hoveddelen av KL-anlegget er fornyet sporadisk, hovedsakelig i to runder på hhv. 1980-tallet og 2000-tallet, og det vil derfor ikke nødvendig med fornyelse av KL-anlegget på banestrekningene de nærmeste årene. Det er også et par kortere strekk med eldre KL igjen på Ofotbanen, fra rundt 1945.

Tabell 3-34. Oversikt over kontaktledningsanlegget på Ofotbanen [19].

Strekning	Bygd	Type
Narvik – Bjørnfjell	1981 – 1990	Tabell 54
	2002/2004/2007/2008	System 35
	1945	Ukjent

Langs mesteparten av Ofotbanen går det også en 30 kV fjernledning med AT-system som forsyner KL-anlegget. Fjernledningen er ca. 35 km lang og mates fra autotransformatorer ved Narvik stasjon, Straumsnes stasjon, Rombak omformerstasjon, Katterat stasjon og Bjørnfjell stasjon. Den bidrar til å skaffe tilstrekkelig kraft til togfremføring på Ofotbanen. Fundamentene for mastene til fjernledningen ble skiftet i 2000-2001. Ledningene ble fornyet med FeAl 95 på strekningen Narvik – Rombak i 2002 og Rombak – Bjørnfjell i 2009. I 2016 ble mastene utskiftet mot nye stålmaster langs hele strekningen.

Vern og kontrollanlegg

På grensen mellom Norge og Sverige finnes en dødseksjon som medfører at det svenske nettet er adskilt fra det norske. Konsekvensen av dette er at Rombak omformerstasjon alene må kunne forsyne hele Ofotbanen uten samkjøring med det svenske jernbanenettet. For å sikre stabil forsyning av den tunge godstrafikken er det ønskelig å sammenkoble kraftsystemene på nytt i fremtiden. På svensk side av grensen finnes en sonegrensebryter som tidligere muliggjorde sammenkobling av kraftsystemene. I henhold til KL-tegninger for strekningen har bryterarrangementet blitt fjernet [46]. Dette er midlertidig og det planlegges fortsatt sammenkobling med skillebryter på selve grensen og sonegrensebryter på svensk side.

Tabell 3-35. Koblingshus på Ofotbanen.

Koblingshus	Plassering [km]
Narvik	3,8

Stabilitet og resonans

Ikke behandlet i denne utgave av KSU.

Målinger, feilanalyser og tilstandskontroll

Målerapporter

Ikke behandlet i denne utgave av KSU.

3.5.4 Infrastrukturforsyning (50 Hz)

På Ofotbanen ble det bygget en langsgående 22 kV-forsyning i forbindelse med utskifting av master langs fjernledningen i 2016. Linjen mates fra Nordkraft på Rombak og går videre til Bjørnfjell i fellesføring med 16,7 Hz på fjernledningen. Linjen har ganske liten kapasitet og er omtrent 15 km lang. I tillegg til jernbaneinfrastruktur forsyner den også hytter.

3.5.5 Kraftutredninger og hovedplaner

Utredninger

Banestrømforsyning på Ofotbanen i forbindelse med fornyelse av fjernledningen [47]:

Dette er en simuleringsrapport utarbeidet i 2013. I den underliggende hovedplanen «Fornyelse av fjernledningen» fra 2012 konkluderes det at fjernledningen bør fornyes med faseledere av typen FeAl 240, og nye master ble anbefalt å ha en tilstrekkelig styrke slik at lederne senere kan oppgraderes til Duplex FeAl 240. Anbefalingen ble gjort i forbindelse med en fremtidig utvidelse til dobbeltspor. Simuleringsrapport fra 2013 undersøkte om det er et reelt fremtidig behov for Duplex FeAl 240.

Simuleringene viser at dagens ledere med FeAl 95 har tilstrekkelig ledertverrsnitt for mange år fremover. Imidlertid vil den store trafikken som ventes med dobbeltspor i 2040 redusere marginene. Dersom det viser seg mest økonomisk å henge opp nye ledere når fjernledningen bygges opp på nytt, anbefaler simuleringen bruk av ledere av typen FeAl 240. Det anses imidlertid som helt unødvendig å planlegge for Duplex FeAl 240.

Utredning – Dobbeltspor på Ofotbanen [48]:

Jernbaneverket Utbygging utførte i 2013 en utredning for å undersøke alternativer for dobbeltspor på Ofotbanen. Bakgrunnen til utredningen var trafikkprognoser som innen noen år vill overgå den kapasitet som er mulig å oppnå ved utvikling av banen med dagens strategi. Utredningen anbefaler en løsning med dobbeltspor langs hele strekningen Narvik til Sjørdalen. Mellom Sjørdalen og Vassijaure i Sverige, alternativt Kärkejåkka, anbefales det bygget en ny enkeltsporet tunnel i tillegg til eksisterende spor. Det anbefales også oppgradering med ny overbygging og større profil for å håndtere en økt aksellast fra 30 til 40 tonn. Som kortsiktig tiltak anbefales det i tillegg nytt kryssingspor ved Djupvik samt at Rombak kryssingspor forlenges. Siden det anbefalte alternativet strekker seg over grensen vil endelig og omforent anbefaling avventes til Trafikverket har gjennomført sin utredning.

Hovedplaner

Ikke behandlet i denne utgaven av KSU.

3.5.6 Samsvarsvurdering ENE TSI

I Tabell 3-31 er det presentert årsaker til manglende samsvar med krav til grunnleggende parameter fra ENE TSI [6] for Ofotbanen. For mer detaljert informasjon se rapporten «Innspill til norsk gjennomføringsplan for TSI Energi» [8]. Rapporten ble skrevet i 2015 og noen av årsakene er siden da utbedret.

Tabell 3-36: Årsaker til manglende samsvar med krav fra ENE TSI [1] for Ofotbanen.

TSI avsnitt	Parameterkrav	Banestrekning	Årsak til manglende samsvar
4.2.2.2	KL-anlegg	Oforbanen	Kontaktledningsanlegg med System 35 og Tabell 54

3.6 Solørbanen (ikke-elektrifisert)

Solørbanen er 94 km lang og strekker seg fra Elverum til Kongsvinger. Solørbanen er ikke elektrifisert, men det foreslås elektrifisering i NTP 2018 – 2029 [2], se avsnitt 2.1.1.

Tabell 3-37. Omfang og grensesnitt for Solørbanen.

Banestrekning	Omfattet i dette kapitlet	Grensesnitt
Solørbanen	Elverum – Kongsvinger	Kongsvingerbanen, Rørosbanen

3.7 Rørosbanen (ikke-elektrifisert)

Rørosbanen er 384 km lang og strekker seg fra Hamar til Støren, via Røros. Rørosbanen er ikke elektrifisert, men det foreslås elektrifisering på strekningen Hamar – Elverum i NTP 2018 – 2029 [2], se avsnitt 2.1.1.

Tabell 3-38. Omfang og grensesnitt for Rørosbanen.

Banestrekning	Omfattet i dette kapitlet	Grensesnitt
Rørosbanen	Hamar – Støren	Dovrebanen, Solørbanen

3.8 Trønder- og Meråkerbanen (ikke-elektrifisert)

Meråkerbanen er 70,7 km lang og strekker seg fra Hell til Storlien i Sverige. Trønderbanen beskriver den 121,5 km lange strekningen Trondheim – Steinkjer på Nordlandsbanen. Hverken Trønderbanen eller Meråkerbanen er elektrifiserte, men det ble vedtatt elektrifisering av banene i NTP 2014 – 2023 [1].

Tabell 3-39. Omfang og grensesnitt for elektrifisering av Trønder- og Meråkerbanen.

Banestrekning	Omfattet i dette kapittelet	Grensesnitt
Trønderbanen	Trondheim – Steinkjer (inkl. Stavne – Leangenbanen)	Nordlandsbanen, Meråkerbanen
Meråkerbanen	Hell - Storlien	Nordlandsbanen (Trønderbanen)

Hovedplaner

Plan Hell og Steinkjer omformerstasjoner [39]:

Utarbeidet i 2016. Planen har bakgrunn i elektrifisering av strekningene Trondheim-Steinkjer og Hell-Storlien, slik at det er derfor behov for banestrømforsyning på disse strekningene. Planen gir en begrunnet anbefaling for konkret lokasjon for nye omformerstasjoner i Stjørdals- og Steinkjerområdet, inkl. forslag til dimensjonering av omformerstasjonene. Planen skiller seg fra en vanlig hovedplan ved at den ikke inneholder en egen RAMS-analyse og egen usikkerhetsanalyse. Dette fordi planlegging og bygging av de to omformerstasjonene inngår som en del av Elektrifiseringsprosjektet for Trønder- og Meråkerbanen. Planen anbefaler plassering av en ny omformerstasjon på 2x20 MVA statiske omformere på Hell rett ved Eidum transformatorstasjon som kan gi 132 kV tosidig forsyning av Hell omformerstasjon. Steinkjer omformerstasjoner foreslås plassert på Heggesenget rett nord for Steinkjer og dimensjonert med 1x20 MVA statisk omformer.

3.9 Nordlandsbanen (ikke-elektrifisert)

Nordlandsbanen er 729 km lang og strekker seg fra Trondheim til Bodø. Banen er ikke elektrifisert, men strekningen Trondheim – Steinkjer (Trønderbanen, se avsnitt 3.8) er vedtatt elektrifisert i NTP 2014 – 2023 [1].

Banestrekning	Omfattet i dette kapittelet	Grensesnitt
Nordlandsbanen	Trondheim – Bodø	Trønderbanen, Meråkerbanen

3.10 Raumabanen (ikke-elektrifisert)

Raumabanen er 114 km lang og strekker seg fra Dombås og Åndalsnes. Banen er ikke elektrifisert.

Banestrekning	Omfattet i dette kapittelet	Grensesnitt
Raumabanen	Dombås – Åndalsnes	Dovrebanen

4 KRAFTSYSTEMET MOT 2030

I dette kapittel sammenstilles planer for matestasjoner, kontaktlednings- og hensettingsanlegg med tidshorison mot 2030. Med planlagte utbygginger vil nye ruteplaner med økt trafikkmengde være premissgivende for kapasiteten i kraftsystemet.

4.1 Matestasjoner

Det har tidligere vært antatt at en økning av den totale omformerkapasiteten i banestrømforsyningen har måtte gjøres gjennom bygging av omformerstasjoner med statiske aggregater, da det ikke har vært mulig å anskaffe nye roterende aggregater. Det har imidlertid åpnet seg en mulighet for kjøp av brukte 10 MVA roterende aggregater fra Tyskland som kan rehabiliteres og installeres i Norge. I 2016/2017 ble det kjøpt inn og installert to slike omformere på Nordagutu, og tilsvarende prosjekt er igangsatt i Kongsvinger.

Dette betyr at en omstrukturering av banestrømforsyningen til færre og større omformerstasjoner, kan skje både gjennom bygging av nye omformerstasjoner med statiske aggregater, gjennom bygging av nye stasjoner med roterende aggregater, eller ved ombygging i eksisterende fjellhaller med større roterende aggregater. Ved bruk av roterende aggregater kan man bruke både brukte aggregater innkjøpt fra Tyskland, eller roterende aggregater som blir frigjort fra dagens omformerstasjoner gjennom en reduksjon i antall omformerstasjoner.

Liste over planlagte tiltak for matestasjoner frem mot 2030 er angitt i Tabell 4-2 og Tabell 4-3. Her er det valgt å avgrense oversikten til nybygging og fornyelse av omformerstasjoner, samt bygging og oppgradering av KL-anlegg til AT-system. Strekninger som er planlagt elektrifisert i perioden er også inkludert. Vedlikehold av omformer- eller KL-anlegg er ikke medtatt.

Tiltak i de siste årene frem mot 2030 er foreløpig beheftet med betydelig usikkerhet.

4.1.1 Igangsatte omformerprosjekter

Tabell 4-1. Igangsatte omformerprosjekter.

Omformerstasjon	I drift	Type	Ytelse [MVA]	Innmating [kV]	Nettselskap
Solum	2018	Stat.	2x35	132 (tosidig)	Skagerak Nett
Arna	2019	Stat.	2x35	132 (tosidig)	BKK Nett
Hell	2021	Stat.	2x20	132 (tosidig)	Statnett
Steinkjer	2022	Stat.	1x20	66	Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk
Gjøvik	2017	Mob. Stat.	1x15	66	Eidsiva Nett
Kongsvinger	2018	Rot.	2x10	66	Eidsiva Nett

4.1.2 Planlagte omformerstasjoner

Tabell 4-2. Planlagte omformerstasjoner.

Prosjekt	Bygges	Begrunnelse
Hamar omformerstasjon	2019-2021	Dobbeltspor på InterCity-strekning mot Hamar, samt kapasitetsbehov
Oslo omformerstasjon (utredes)	uavklart	Utbygging av Follobanen, kapasitetsbehov
Drammen/Skoppum omformerstasjon (utredes)	uavklart	Nytt dobbeltspor gjennom Vestfold og kapasitetsbehov.
Narvik omformerstasjon (utredes)	2022-2028	Nytt dobbeltspor Narvik – Riksgrensen, tilstand, risiko og sårbarhet
Voss omformerstasjon	>2030	Utbygging av Vossebanen, fornyelse av KL til AT-system, kapasitetsbehov
Berkåk omformerstasjon (må utredes)	uavklart	Elektrifisering av Rørosbanen. Nedleggelse av omformerstasjoner. Fornyelse av KL til AT-system Dovrebanen.
Fåvang omformerstasjon	2024 - 2027	Fornyelse av KL til AT-system, kapasitetsbehov
Hønefoss omformerstasjon	2024-2026	Evt. helt ny omformerstasjon i nærheten av Hønefoss på grunn av Ringeriksbanen.

4.1.3 Fornyelse av omformerstasjoner

Tabell 4-3. Fornyelse av omformerstasjoner.

Prosjekt	I drift	Begrunnelse
Fornyelse og utvidelse av Kjelland omformerstasjon	2020-2022	Tilstand på statiske omformeraggregater og kapasitetsbehov
Fornyelse av Hønefoss omformerstasjon (evt. ny)	2024-2026	Utbygging av Ringeriksbanen, tilstand og økt kapasitetsbehov.
Fornyelse av omformerstasjoner på Sørlandsbanen	2018-2025	Omlegging til AT-system, kapasitetsbehov, tilstand på gamle omformere
Fornyelse og utvidelse av Lunner omformerstasjon	2022-2023	Nye togsett på Gjøvikbanen. Kapasitetsbehov, tilstand. Utbygging av Ringeriksbanen.
Fornyelse av omformerstasjoner på Haugastøl og Nesbyen	2025-2030	Økt kapasitetsbehov, omlegging til AT-system
Fornyelse av omformerstasjon på Dombås.	2025-2030	Økt kapasitetsbehov, omlegging til AT-system

4.1.4 Nedleggelse

Tabell 4-4. Nedleggelse av omformerstasjoner.

Omformerstasjon	Begrunnelse
Skoppum	Ny trasé
Sira	Utredes, antatt nedlagt
Krossen	Utredes, antatt nedlagt
Tangen	Erstattes av Hamar omformerstasjon
Dale	Erstattes av Arna omformerstasjon samt Voss omformerstasjon
Larvik	Erstattes av Solum omformerstasjon
Bergen	Erstattes av Arna omformerstasjon
Gjøvik (midlertidig)	Erstattes av Lunner omformerstasjon og Hønefoss omformerstasjon
Rudshøgda (midlertidig)	Erstattes av Hamar (Jessnes) omformerstasjon
Fåberg	Erstattes av Fåvang omformerstasjon
Lundamo	Erstattes av Hell omformerstasjon og Berkåk omformerstasjon (utredes)
Stavne (evt. beholdt som koblingshus)	Erstattes av Hell omformerstasjon og Berkåk omformerstasjon (utredes)

Oppdal	Erstattes av Dombås omformerstasjon og Berkåk omformerstasjon (utredes)
Hønefoss (evt.)	Evt. erstattes av ny Hønefoss omformerstasjon.

Tabell 4-5. Nedleggelse av transformatorstasjoner.

Transformatorstasjon	Begrunnelse
Asker	Nedleggelse av fjernledning
Nordagutu	Nedleggelse av fjernledning
Neslandsvatn	Nedleggelse av fjernledning
Sande	Nedleggelse av fjernledning
Skollenborg ¹¹	Nedleggelse av fjernledning

¹¹ Som følge av en relativt ny generator på 16,7 Hz i Hakavik, er det mulig at en av transformatorstasjonene må beholdes en tid fremover. Foreløpig antas Skollenborg transformatorstasjon eventuelt beholdt, men det er usikkert.

4.2 Kontaktledning

Tabell 4-6 viser igangsatte KL-prosjekter som er under planlegging eller bygging. Videre i Tabell 4-7 vises strekninger med planlagt fornyelse av KL-anlegg i henhold til fornyelsesplan 2017-2029 [18]. Det er prøvd å holde allerede igangsatte strekninger adskilt fra oversikten over fremtidige fornyelser, men det opplyses om at det kan forekomme overlapp. Dette grunnet at igangsatte prosjekter kan ha forskjellige grensesnitt sammenlignet med beskrivelsen i fornyelsesplanen.

I henhold til TRV skal AT-system være førstevalget ved fornyelse av KL-anlegg, men andre elektriske utforminger kan velges der det anses hensiktsmessig (jf. tabell 1, [5]).

4.2.1 Igangsatte KL-prosjekter

Tabell 4-6. Igangsatte KL-prosjekter som er under planlegging eller bygging, og kan påvirke kraftbehovet [49].

Prosjekt	Type	Ferdigstillelse	Status
Bergensbanen			
Arna - Bergen	Nytt dobbeltspor, endringer på stasjon	2022	Bygging
Gardermobanen			
Venjar-Eidsvoll	Utbygging til dobbeltspor	2023	Planlegging
Dovrebanen			
Eidsvoll - Langset	Nytt dobbeltspor	2023	Planlegging
Kleverud - Sørli	Nytt dobbeltspor, ny stasjon	2023	Planlegging
Sørli - Brumunddal	Nytt dobbeltspor, ny stasjon	2024	Planlegging
Brumunddal - Lillehammer	Nytt dobbeltspor	2030	Planlegging
Ringeriksbanen			
Sandvika - Hønefoss	Nytt dobbeltspor, ny stasjon	2024	Planlegging
Sørlandsbanen			
Gulskogen - Hokksund	Nytt dobbeltspor	Ikke angitt	Utredning
Kristiansand-Egersund	AT-system	2020	Bygging
Nordlandsbanen			
Trondheim - Stjørdal	Utbygging til dobbeltspor	Ikke angitt	Konsekvensutredning
Elektrifisering av Trønderbanen (og Meråkerbanen)	Elektrifisering. Bygging av AT-anlegg.	2023	Planlegging

Prosjekt	Type	Ferdigstillelse	Status
Meråkerbanen			
Elektrifisering av Meråkerbanen (og Trønderbanen)	Elektrifisering. Bygging av AT-anlegg.	2023	Planlegging
Vestfoldbanen			
Drammen - Kobbervikdalen	Nytt dobbeltspor	2024	Planlegging
Nykirke – Barkåker	Nytt dobbeltspor, ny stasjon	2024	Planlegging
Tønsberg – Larvik	Nytt dobbeltspor	2032	Planlegging
Farriseidet – Porsgrunn	Nytt dobbeltspor	2018	Bygging
Bratsbergbanen			
Porsgrunn - Skien	Nytt dobbeltspor eller nytt enkeltspor i kombinasjon med kryssningsspor	2030	Planlegging/KVU Grenlandsbanen
Østfoldbanen			
Follobanen	Ny bane/dobbeltspor/tunnel	2021	Bygging
Sandbukta - Moss - Såstad	Nytt dobbeltspor, ny stasjon	2025	Planlegging
Haug - Seut	Nytt dobbeltspor	2024	Planlegging
Fredrikstad - Sarpsborg	Nytt dobbeltspor, ny stasjon	2026	Planlegging
Sarpsborg - Halden	Nytt dobbeltspor	2030	Planlegging

4.2.2 Planlagt fornyelse i henhold til fornyelsesplan 2017-2029 [18].

Fornyelsesplanen for KL-anlegg lages basert på innspill fra de forskjellige baneområdene. Basert på rammene i NTP legges det deretter opp til tre nivåer av fornyelsesstrategier, slik at forventet finansiering kan sammenlignes med behovet for den aktuelle tidsperioden. I Tabell 4-7 er det listet opp fornyelsesprosjekter som enda ikke er igangsatt (se Tabell 4-6), men som likevel vil kunne påvirke kraftsystemet innen 2030. Enkelte mindre overlapp med igangsatte prosjekter kan forekomme, men de er i stor grad utelukket.

Tabell 4-7. Fornyelsesprosjekter som kan påvirke kraftbehovet [18].

Prosjekt	Fornyelsesstrategi		
	Lav	Middels	Høy
Bergensbanen			
Hønefoss - Haugastøl	2026-2029	2024-2026	2024-2028
Haugastøl - Bergen (Arna)	2024-2028	2021-2024	2021-2024/2028-2029
Bratsbergsbanen			
Nordagutu - Eidanger (Skien)	-	2027-2029	2027-2029
Dovrebanen			
Fåberg - Dombås	2027-2029	2024-2027	2023-2026
Dombås - Støren	-	2027-2029	2026-2029
Støren - Trondheim	-	-	2029
Drammenbanen			
Asker - Gulslogen	2025-2026	2019-2022	2019-2022
Gjøvikbanen			
Oslo S- Roa	2018/2026-2029	2018/2022-2025	2018/2022-2024
Roa - Gjøvik	-	2025-2029	2023-2025
Hovedbanen			
Lillestrøm - Eidsvoll	2021-2023	2021-2023	2021-2023
Kongsvingerbanen			
Lillestrøm - Riksgrensen	2017-2020	2017-2020	2017-2020
Randsfjordsbanen			
Hokksund - Hønefoss	2027-2029	2023-2025	2020-2022
Roa - Hønefossbanen			
Roa - Hønefoss	-	2028-2029	2027
Sørlandsbanen			
Kongsberg - Nelaug	2023-2026	2022-2024	2022-2024
Nelaug-Kristiansand	2020-2023	2019-2022	2019-2022
Tinnosbanen			
Hjuksebo - Notodden	-	2028	2024
Østfoldbanen			
Ski-Sarpsborg (østre linje)	-	2026-2028	2026-2027
Flåmsbana			
Hele banen	-	2028-2029	2028-2029

4.2.3 Eventuelle elektrifiseringsprosjekter

I utredning *Strategi for driftsform på ikke-elektrifiserte baner* fra 2015 ble det, på oppdrag av Stortinget, utredet konsekvensene av å elektrifisere gjenstående dieselstrekninger, det vil si Røros- og Solørbanen, Nordlandsbanen, Raumabanen og Bratsbergbanen. Utredningen anbefaler følgende for de forskjellige banene [50]:

- **Rørås- Solørbanen:**
 - Umiddelbar vurdering av endret og standardisert driftsform i form av elektrifisert eller del-elektrifisert bane, som en del av arbeidet med Godsstrategi for Jernbaneverket.
- **Nordlandsbanen**
 - Det bør vurderes aktuelle elektrifiseringsløsninger alternativt andre ordninger i form av hydrogen/batteri-løsning, inkludert del-elektrifisering.
- **Raumabanen**
 - Det bør vurderes aktuelle elektrifiseringsløsninger alternativt andre ordninger i form av hydrogen/batteri-løsning, inkludert del-elektrifisering.
- **Bratsbergbanen**
 - Kun 850 m av Bratsbergbanen savner elektrifisering. Det vurderes elektrifisering med KL, alternativt batteripakke i et elektrisk tog. På grunn av nærføring og verneinteresser og pågående behandling er det ikke videre omtalt.

Utredningen har en tidshorisont mot 2030 og dermed vil en eventuell elektrifisering av disse banene kunne påvirke kraftbehovet på kort til mellomlang sikt.

4.3 Hensetting

Grunnet utbygging av jernbanenettet og økt frekvens på eksisterende nett er det behov for fler hensettingsplasser, samt øke kapasiteten for verksteder og driftsbaser på Østlandsområdet frem mot 2030. Funn fra utredningen «Hensetting Østlandet» [51] er vist i Tabell 4-8 og Tabell 4-9. Utredningen hadde som mål «å tilrettelegge for toghensetting, verkstedsfunksjoner for togmateriell samt baser for drift og vedlikehold av jernbaneinfrastrukturen som gjør det mulig å gjennomføre ønsket tilbudsforbedring på kort og lang sikt med bakgrunn i forventet etterspørsel».

Hensettingsprosjekter utenfor Østlandsområdet er ikke behandlet i denne versjon av KSU, se Kapittel 7.

Tabell 4-8. Igangsatte og fremtidige antatte hensettingsprosjekter i Østlandsområdet [51].

Prosjekt	Eksisterende plasser	Behov nye plasser		Plan	Fase
		2015-2023	2024-2030		
Dovrebanen					
Hove (Lillehammer)	0	10		2015-2019 [52]	Igang satt
Hamar	0	10		2018-2023	
Kongsvinger	5	10		2015-2018	
Hovedbanen					
Lillestrøm- Eidsvoll	23	45		2021-2027	
Østfoldbanen					
Fredrikstad-Sarpsborg	0	8	16	2019-2023	
Moss [53]	0	12		2016-2020	
Mysen	3	10		2016-2020	Igang satt
Ski	8	90		2015-2020	
Bratsbergsbanen					
Skien	0	24		2015-2019 [54]	Igang satt
Vestfolbanen					
Tønsberg	0	15		2018-2023	
Sørlandsbanen					
Kongsberg	5		10	2023-2027	Igang satt
Drammenbanen					
Drammen	5	30		2015-2020	
Roa-Hønefossbanen					
Hønefoss	0		16	2019-2024	
Spikkestadbanen					
Asker-Spikkestad	0		26	2025-2030	
Gjøvikbanen					
Gjøvik	0	6		2019 [55]	Igang satt
Jaren	0	8		2015-2018	Igang satt

Tabell 4-9. Antatt nedlagte hensettingsplasser i Østlandsområdet [51].

Prosjekt	Eksisterende plasser	Nedleggelse av plasser	Årsak
Dovrebanen			
Lillehammer (Lurhaugen)	6	6	Ny Lillehammer stasjon
Østfoldbanen			
Halden stasjon	12	2	IC-trasé ved Halden stasjon
Moss	3	3	Ombygging av Moss stasjon
Bratsbergsbanen			
Skien stasjon	6	6	Nytt hensettingannlegg
Drammenbanen			
Drammen (Skamarken)	15	10	IC-trasé
Filipstad	15	15	Krever ombygging, frafall antatt 2028-2040

5 KRAFTSYSTEMET MOT 2050

5.1 Utbyggingsprosjekter

For 2050-situasjonen er det antatt at alle tiltak som er anbefalt i forslag til NTP 2018 – 2029 blir gjennomført [2]. Tilhørende fornyelse av KL-anlegg til AT-system samt utvidelser/fornyelser/ nybygging av omformerstasjoner følger denne antagelsen. Frem mot 2030 er det sannsynlig at InterCity-utbyggingen på Østlandet, inkl. Ringeriksbanen, vil bli høyt prioritert, i tillegg til at det blir høyt tempo på fornyelse av KL-anlegg til AT-system.

I årene rundt 2030 er det antatt at man fullfører utbyggingen av ytre del av InterCity, bygger minst deler av dobbeltspor på strekningen Arna-Voss, samt i stor grad fullfører fornyelse til AT-system. Øvrige utbyggingsprosjekter av denne størrelsen er beheftet med større usikkerhet og vil antas ikke å komme før etter 2030. Dette gjelder blant annet dobbeltspor Nærbø-Sandnes, bygging av Grenlandsbanen, dobbeltspor rundt Trondheim og elektrifisering av flere strekninger.

Situasjonen i 2050 vil da avhenge av i hvor stor grad politikerne vil videreføre den store satsingen på jernbane som er vedtatt i inneværende NTP, og er skissert i NTP 2018 – 2029. Det er flere store prosjekter som er foreslått i utredninger hvor man foreløpig ikke er kommet langt nok i prosessen til at det er fattet vedtak eller at de vil komme med i NTP 2018-2029. Blant prosjektene som antas gjennomført innen 2050 er:

- Dobbeltspor på strekningen Arna-Voss
- Ytre del av InterCity-utbyggingen med dobbeltspor til Skien/Halden/Lillehammer.
- Grenlandsbanen mellom Porsgrunn og Skorstøl i Gjerstad kommune.
- Dobbeltspor på strekningen Nærbø-Sandnes
- Fullføre utbygging til AT-system på banenettet utenom Ofotbanen.
- Elektrifisering av Rørosbanen mellom Støren og Hamar.
- Dobbeltspor på strekningen Nærbø – Egersund
- Dobbeltspor på strekningen Trondheim – Stjørdal
- Dobbeltspor Drammen – Kongsberg

For de tre førstnevnte prosjektene er det gjennomført KVU, og det regnes som høyst sannsynlig at disse vil bli gjennomført på sikt, gitt at det er politisk vilje. I 2030 vil store deler av KL-anlegget være fornyet til AT-system, og store deler av de resterende strekningene vil etter all sannsynlighet bli fornyet før 2050 pga. utgått levetid på dagens KL-anlegg. Kun enkelte strekninger som Ofotbanen og kortere deler av andre banestrekninger kan forbli BT-system i 2050.

Elektrifisering av Rørosbanen (Elverum – Støren) og dobbeltspor på flere strekninger nær de større byene kan også være aktuelt, men disse prosjektene er foreløpig på et skissestadium og er beheftet med usikkerhet. Det samme gjelder de to siste prosjektene med dobbeltspor på strekningene Nærbø – Egersund og Trondheim –

Stjørdal. Det antas her imidlertid at disse prosjektene vil bli gjennomført innen 2050 som følge av befolknings- og trafikkvekst nær de større byene, og ønske om omlegging til et mer miljø- og klimavennlig transportsystem.

Andre prosjekter har vært nevnt i ulike sammenhenger, og kan være aktuelle innen 2050, men er foreløpig ansett som såpass komplekse og dyre, eller har såpass lav kost-/nytteverdi, at de ikke er antatt ferdigstilt i 2050 og derfor ikke tatt med i denne beskrivelsen. Dette gjelder blant annet dobbeltspor langs Gjøvikbanen, enkeltspor Gjøvik – Lillehammer, eventuelle andre utbygginger til dobbeltspor langs fjernstrekningene, samt høyhastighetsbane hele veien mellom Oslo og Gøteborg.

5.2 Oslo-Navet

Konseptvalgutredningen for økt transportkapasitet inn mot og gjennom Oslo (KVU Oslo-Navet) har som oppgave å belyse behovet av utvikling av kollektive transportmiddel frem mot 2030 og 2060 for å klare veksten i persontrafikken med kollektivtransport, gåing og sykling. KVU Oslo-Navet skal være et grunnlag for NTP 2018-2029 og annen statlig, fylkeskommunal og kommunal planlegging. Samfunnsmålet for KVU Oslo-Navet er å oppnå et bærekraftig transportsystem i hovedstadsområdet som tilfredsstillende behovet for person- og næringstransport i et langsiktig perspektiv.

Generelt anbefales et samordnet kollektivnettverk med gode tverrforbindelser. For utviklingen av jernbanen er det lagt vekt på følgende kvaliteter:

- Hyppigere avganger for regionaltogene, med avganger minimum hvert 10 min fra knutepunktstasjoner på fellesstrekninger og avganger minimum hvert 30 min for jernbanens ytterstrekninger.
- Dagens lokaltog utvikles til å bli S-banesystem (Storbybane), for de nærmeste områdene innenfor Asker, Lillestrøm og Ski.
- Betydelig kortere reisetid.
- God pålitelighet.
- Tilby tilstrekkelig kapasitet for fremtidig godstrafikk.
- Funksjonsdyktigheten og transporttilbudet skal ikke reduseres i urimelig grad i anleggsperioder.

Flere av infrastrukturprosjektene for jernbanen som skal bidra til måloppnåelsen er allerede i gang eller planlagt igangsatt, f.eks. Follobanen og Ringeriksbanen.

5.3 Banestrømforsyningen i 2050

Basert på det som er angitt i forslag til NTP 2018 – 2029 og i de strekningsvise banestrømutredningene, oppsummert i kapittel 4 omkring en antatt situasjon i 2030, og de antatt gjennomførte utbyggingsprosjektene innen 2050, er det under gjort en kvalitativ vurdering av mulig situasjon på de ulike områdene/banestrekningene.

Oslo-området

I 2030 vil hele InterCity-utbyggingen inkludert Ringeriksbanen være fullført. Det innebærer dobbeltspor med AT-system helt til Halden, Lillehammer, Skien og Hønefoss. Det kan fortsatt være kortere strekninger med konvensjonelt KL-anlegg nær Oslo, men det er forventet at det ikke vil påvirke banestrømforsyningen i særlig grad. De øvrige strekningene i Oslo-området som Gjøvikbanen, Kongsvingerbanen, Østfoldbanen østre linje og Sørlandsbanen fra Drammen til Nordagutu vil også i stor grad være fornyet med AT-system.

Bygging av to nye spor mellom Oslo S og Lysaker, en strekning som i dag er en flaskehals, inkludert bygging av ny Oslotunnel mellom Oslo S og Skøyen vil gi en vesentlig økning i trafikken i Oslo, og vil medføre behov for økt omformerkapasitet. Prosjektet kan komme i tidsrommet 2030 – 2050.

Statiske omformerstasjoner på Lillestrøm og Jessheim videreføres og fornyes når levetid på dagens omformere utløper, om nødvendig med økt ytelse. Det samme gjelder statiske omformerstasjoner langs Østfoldbanen på Sarpsborg og Smørbekk. Antatt teknisk levetid for alle disse omformerstasjonene utløper mellom 2030 og 2040. På Østfoldbanen kan det også være aktuelt med økt omformerkapasitet dersom det i fremtiden blir aktuelt med en hurtigtogforbindelse mellom Oslo og Gøteborg. Dette er imidlertid ikke regnet som et av de mest sannsynlige prosjektene per dags dato.

De gjenværende roterende omformerstasjonene på Lunner, Hønefoss, Kongsvinger og Nordagutu antas beholdt, men med økt ytelse. Nordagutu ble utvidet allerede i 2016, Kongsvinger blir utvidet i 2017/2018, mens resterende stasjoner antas utvidet som følge av bygging av ulike prosjekter i Østlandsområdet samt nye togsett som trekker mer effekt enn gamle. Stasjonene antas bestykket med enten 2x7 MVA eller 2x10 MVA eller 4x5,8 MVA roterende omformere.

Utredningen «Hensetting Østlandet» har kartlagt behovet for hensettingsplasser frem til 2050 på Østlandsområdet [51]. Utredningen har sett behov for fler hensettingsplasser fra 2030 til 2050 på områdene; Lillehammer, Hamar, Lillestrøm-Eidsvoll, Mysen, Ski, Tønsberg, Drammen, Hønefoss, Asker-Spikkestad, Gjøvik, Jaren og Hakadal.

Bergensbanen

På Bergensbanen vil det i 2050 være bygd dobbeltspor på hver ende av strekningen mellom Bergen og Oslo, nærmere bestemt på strekningene Bergen-Voss og Oslo-Hønefoss. Ellers antas det at banestrekningen vil være relativt uendret, kun med evt. flere kryssningsspor og utbedringer av dagens trasé.

Det er antatt at KL-anlegget langs hele strekningen mellom Hønefoss og Bergen vil være oppgradert til AT-system. Dette muliggjør de tiltak som er beskrevet i strekningsvis banestrømutredning for Bergensbanen. På denne strekningen er det sannsynlig at det vil bygges én ny omformerstasjon mellom Hønefoss og Bergen etter at Arna omformerstasjon er bygget. Med bygging av dobbeltspor og AT-system mellom Arna og Voss, er det mulig å bygge en ny omformer på Voss og legge ned dagens omformere på Mjølfjell og Dale.

Omformerstasjonene på Haugastøl og Nesbyen videreføres, men med oppgradert ytelse i forhold til dagens ytelse. Bruk av tyske 10 MVA roterende omformere vil være en sannsynlig løsning i disse omformerstasjonene. Omformerstasjon på Hønefoss må oppgraderes som følge av bygging av Ringeriksbanen eller erstattes av andre roterende omformerstasjoner. Dette betyr at antall omformerstasjoner fra Hønefoss til Bergen reduseres fra dagens seks til fem i 2050.

Dovrebanen

I 2050 antas det at alle tiltak som er anbefalt i strekningsvis banestrømutredning er gjennomført [45]. Dette innebærer at det er bygd AT-system på hele strekningen mellom Eidsvoll og Trondheim, samt videre til Steinkjer, og at det er bygd nye omformerstasjoner på Fåvang og Berkåk. Dette inkluderer også full InterCity-utbygging med dobbeltspor helt til Lillehammer. Det antas også bygging av dobbeltspor mellom Trondheim og Stjørdal. Dobbeltspor mellom Trondheim og Lundamo/Støren kan også være aktuelt. Bygging av omformerstasjon på Fåvang medfører at omformerstasjoner på Fron og Fåberg kan legges ned. Som følge av bygging av omformerstasjon på Berkåk, kan omformerstasjoner på Oppdal og Lundamo legges ned.

Dette innebærer at det i 2050 vil være seks omformerstasjoner på strekningen mellom Eidsvoll og Steinkjer, mer bestemt Jessnes, Fåvang, Dombås, Berkåk, Hell og Steinkjer. Av disse vil minst tre, Jessnes, Hell og Steinkjer, være bestykket med statiske omformere, mens Dombås antas oppgradert med større roterende omformere. Teknologivalg på de to stasjonene som antas bygd på Fåvang og Berkåk vil avhenge om det finnes roterende omformere ledig som kan benyttes til å bestykke en nybygd omformerstasjon, eller om det er nødvendig å bestykke nye omformerstasjoner gjennom kjøp av nye statiske omformere.

Sørlandsbanen

Innen 2050 regnes det som sannsynlig at det er bygd dobbeltspor mellom Nærbø og Sandnes, en strekning på ca. 22 km. I tillegg er det også sannsynlig at den 59 km lange Grenlandsbanen mellom Porsgrunn og Skorstøl er bygd. Dette gir en sammenkobling mellom Vestfoldbanen og Sørlandsbanen. Utover dette regnes det som lite sannsynlig at det vil komme noen større prosjekter utenom eventuelt flere kryssningsspor.

Dette betyr at det på Sørlandsbanen kun vil være behov for mindre endringer i strukturen for banestrømforsyning frem mot 2050. Det vil være bygd AT-system på hele strekningen mellom Nordagutu og Stavanger, og det vil ikke være nødvendig med bygging av nye omformerstasjoner.

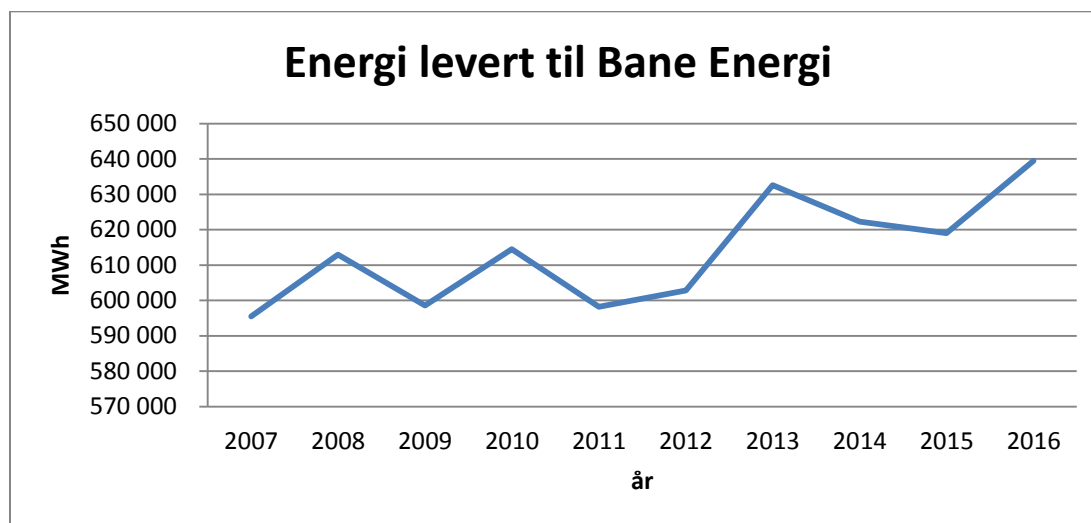
Bygging av Grenlandsbanen vil gi en bedre elektrisk kobling mellom Vestfoldbanen og Sørlandsbanen. Omformerstasjonen på Solum kan da bidra til forsyningen nedover langs Sørlandsbanen og mot Nelaug, slik at man reduserer ulempen med den lange avstanden mellom Nelaug og Nordagutu.

Ofofbanen

For Ofofbanen er det ikke ventet større endringer enn bygging av en ny og større omformerstasjon på Sildvik, som sørger for tilstrekkelig strømforsyning til de økte lastmengdene på Ofofbanen. Det er også forventet at fjernledningen på Ofofbanen vil eksistere i 2050 basert på de fornyelsene av denne som er gjort i perioden etter 2000, og/eller at det er bygget nytt AT-system for nytt dobbeltspor etablert på strekningen Narvik – Bjørnfjell (riksgrensen).

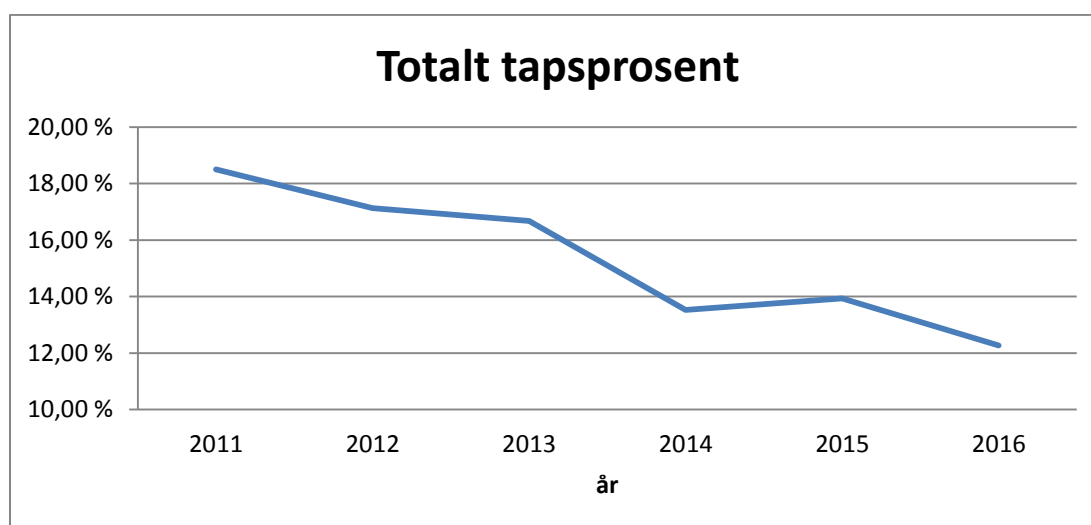
6 ENERGIFORBRUK OG ENERGIHANDEL

Bane NOR Energi kjøper inn, avregner og videreselger elektrisk energi til togselskapene og jernbaneinfrastrukturen i Norge. I 2015 omsatte Bane NOR 724 GWh energi fra norsk vannkraft. Av dette ble 691 GWh energi kjøpt inn via kraftbørsen Nord Pool Spot AS og regulerkraftmarkedet, og 33 GWh energi kjøpt direkte fra vannkraftverk. Figur 9 viser hvor stor del av denne energien som blir levert til omformerstasjoner, hvor energien blir omformet fra 50 Hz til 16 2/3 Hz før den blir levert ut på KL-anlegget.



Figur 9. Energi levert til omformerstasjoner. Data hentet internt i Bane NOR Energi.

Noe av energien som blir levert til KL-anlegget kommer også fra tilbakemating fra bremsende tog. Figur 10 viser at energitapet har gått ned de siste årene. En av hovedårsakene til det lavere tapet er utnyttelsen av tilbakematet energi.



Figur 10. Totalt tap gitt i prosent, beregnet ut fra andel totale tap i forhold til levert energi inn i systemet (fra omformerstasjoner, kraftstasjoner og tog). Data er hentet internt fra Bane NOR Energi.

7 VIDERE ARBEID

Det er behov for videre utvikling av KSU, og nedenfor er angitt noen viktige områder som skal utvikles i fremtidige utgivelser:

- Inkludere endelige konklusjoner og anbefalinger fra pågående utredning av benestromforsyningen på Sørlandsbanen.
 - Inkludere konklusjoner og anbefalinger fra pågående utredning av banestromforsyningen i Oslo-området (planlagt ferdig i løpet av 2017).
 - Utvikling av kart som viser banestromsanlegget på overordnet nivå, samt belastningssituasjonen i nettet.
 - Identifisering av suboptimale planer og anbefalinger knyttet til dette.
 - Samlet analyse med begrunnede og samordnede anbefalinger av tiltak knyttet til utførte målinger, utredninger, planer og annet.
 - Anbefalinger knyttet til fremtidig planarbeid for banestromforsyning.
 - Inkludere hensettingsprosjekter mot 2030, som er utenfor Østlandsområdet.
 - Komplettering av tabeller for langsgående 22 kV-anlegg i kapittel 3.
-

8 REFERANSER

Foreløpig er ikke alle refererte dokumenter tilgjengelige i Bane NORs arkivsystemer. Dette arbeides det med men inntil videre kan Bane NOR Energi kontaktes for tilgang til disse.

- [1] Samferdselsdepartementet, «Meld. St. 26 (2012-2013), Nasjonal transportplan 2014–2023,» 2013.
 - [2] Samferdselsdepartementet, «Meld. St. 33 (2016–2017), Nasjonal transportplan 2018-2029,» 2017.
 - [3] Bane NOR, «Kraftinnmelding,» [Internett]. Available: <http://www.banenor.no/elkraft/energi/index.html>. [Funnet 27 06 2017].
 - [4] Teknisk regelverk, «Forside,» [Internett]. Available: <https://trv.jbv.no/wiki/Forside>. [Funnet 14 06 2017].
 - [5] Teknisk regelverk, «Kontaktledning/Prosjektering og Bygging/Kontaktledningsutforming/#Elektrisk utforming,» [Internett]. Available: <https://trv.jbv.no>. [Funnet 12 06 2017].
 - [6] *COMMISSION REGULATION (EU) No 1301/2014 of 18 November 2014 on the technical specifications for interoperability relating to the 'energy' subsystem of the rail system in the Union*, 2014.
 - [7] *Forskrift om gjennomføring av kommisjonsforordning (EU) nr. 1301/2014 av 18. november 2014 om de tekniske spesifikasjonene for samtrafikkvegne som gjelder for delsystemet «energi» i den europeiske unions jernbanesystem (TSI-ENE)*, 2015.
 - [8] Jernbaneverket, «Innspill til norsk gjennomføringsplan for TSI Energi (TF.102835-000),» JBV, 2015.
 - [9] Jernbaneverket, *Network Statement 2017 utgave 14*, 2015.
 - [10] Teknisk regelverk, «Banestrømforsyning/Prosjektering og bygging/Kraftsystem/#Fremtiden,» [Internett]. Available: <https://trv.jbv.no>. [Funnet 21 06 2017].
 - [11] Teknisk regelverk, «Banestrømforsyning/Prosjektering og bygging/Kraftsystem/#Redundans,» [Internett]. Available: <https://trv.jbv.no>. [Funnet 14 06 2017].
 - [12] Teknisk regelverk, «Felles elektro/Prosjektering og bygging/Generelle tekniske krav,» [Internett]. [Funnet 14 06 2017].
 - [13] Teknisk regelverk, «Banestrømforsyning/Prosjektering og bygging/Kraftsystem/#Elektriske resonanser,» [Internett]. Available: <https://trv.jbv.no>. [Funnet 14 06 2017].
 - [14] Teknisk regelverk, «Banestrømforsyning/Prosjektering/Sonegrensebryter/#Plassering,» [Internett]. Available: <https://trv.jbv.no>. [Funnet 21 06 2017].
 - [15] Teknisk regelverk, «Kontaktledning/Prosjektering og Bygging/Kontaktledningsutforming/#Elektrisk utforming,» [Internett]. Available: <https://trv.jbv.no>. [Funnet 21 06 2017].
 - [16] Teknisk regelverk, «Lavspenning og 22_kV/Prosjektering/Togvarme,» [Internett]. [Funnet 12 06 2017].
-

-
- [17] Hafslund ASA, «Kraftsystemutredning for Oslo, Akershus og Østfold 2011-2021,» 2011.
- [18] Bane NOR, «Fornyelsesplan 2017 – 2029,» 2017. [Internett]. Available: http://enhetsrom.digitalarbeidsplass.common.jernbaneverket.local/398826/_layouts/15/s tart.aspx#/Lists/Linker/AllItems.aspx. [Funnet 2017 03 15].
- [19] Bane NOR, «Banedata Innsyn,» [Internett]. Available: <http://innsyn.banedata.no/Innsyn/>. [Funnet mars 2017].
- [20] Jernbaneverket/Bane Energi, «Teknisk økonomisk utredning Oslo-området (EB.100965-000),» 2013.
- [21] Ban NOR, «Målerapport Lunner omformerstasjon – Belastningsmålinger periodene 27. juli – 15. august og 22. august – 12. september 2016. Rev. 001,» 2017.
- [22] Bane NOR, «Målerapport Kongsvinger omformerstasjon – Belastningsmålinger november 2015 og mai 2016. Rev. 001,» 2016.
- [23] Jernbaneverket, «Teknisk-økonomisk utredning for fjernledning med transformatorstasjoner langs Sørlandsbanen (mangler dokumentnr),» 02.12.2015.
- [24] Jernbaneverket, «Utredning Gjøvikbanen - Fremtidig banestrømforsyning Gjøvikbanen, Rev 003 (EB.100774-000),» 2010.
- [25] Jernbaneverket, «Simuleringsrapport: Fremtidig banestrømforsyning på Gjøvikbanen – Tiltak før etablering av AT-system (Mangler dokumentnr),» 2015.
- [26] Jernbaneverket, «Teknisk hovedplan Oslo omformerstasjon, Del 1 Valg av tomt for ny omformerstasjon, Rev 04 (mangler dokumentnummer),» 2015.
- [27] Jernbaneverket, «Teknisk hovedplan Porgrunn/Solum omformerstasjon, Rev 001 (EB.100969-000),» 2013.
- [28] Jernbaneverket, «Teknisk-økonomisk utredning vestfoldbanen, oppdatering av utredning fra 2008, Rev 001 (mangler dokumentnr),» 2012.
- [29] Bane NOR, «Målerapport Leivoll omformerstasjon – Belastningsmålinger januar 2016 og mai 2016,» 2016.
- [30] Bane NOR, «Målerapport Nelaug omformerstasjon – Belastningsmålinger vår 2016. Rev. 001, dato: 05.08.2016,» 2017.
- [31] Jernbaneverket, «Simuleringsrapport - Strekningsvise utbyggingsplaner - Sørlandsbanen,» 2007.
- [32] Jernbaneverket, «Sørlandsbanen Hovedplan, Ombygging av KL-anlegg med BT- til AT-system på strekkningen Kristiansand-Moi, Rev. 00B (BAN-00-A-00005),» 2014.
- [33] Jernbaneverket, «Utredningsrapport Bergensbanen, fremtidig banestrømforsyning Bergensbanen, Rev 002 (EB.100900-000),» 2012.
- [34] Bane NOR, «Målerapport Hønefoss omformerstasjon – Belastningsmålinger desember 2015 og mai 2016. Rev. 001,» 2016.
- [35] Bane NOR, «Målerapport Dale omformerstasjon – Belastningsmålinger juni 2016 og november 2016,» 2017.
- [36] Bane NOR, «Målerapport Nesbyen omformerstasjon – Belastningsmålinger november 2015 mai 2016,» 2016.
- [37] Jernbaneverket, «Teknisk hovedplan, Arna omformerstasjon, rev 05B, (EB.101000-000),» 2015.
- [38] Jernbaneverket, «Teknisk hovedplan Hamar/Jessnes omformerstasjon, Rev. 001
-

- (201303797-7),» 2013.
- [39] Jernbaneverket, «Plan for Hell og Steinkjer omformerstasjoner, Rev 00E (ETM-00-A-00061),» 2016.
- [40] Bane NOR, «InterCity,» [Internett]. Available: <http://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/intercity/>. [Funnet 30 06 2017].
- [41] Bane NOR, «Målerapport Dombås omformerstasjon – Belastningsmålinger perioden 4. mai – 21. juli, Rev 001,» 2017.
- [42] Bane NOR, «Målerapport Oppdal omformerstasjon - belastningsmålinger perioden 6. Oktober - 18. November,» 2017.
- [43] Bane NOR, «Målerapport Fåberg omformerstasjon – Belastningsmålinger juni 2016 og november 2016,» 2017.
- [44] Bane NOR, «Målerapport Fron omformerstasjon – Belastningsmålinger juni 2016 og november 2016,» 2017.
- [45] Jernbaneverket, «Utredning fremtidig banestrømforsyning Dovrebanen, Rev 002 (mangler dokumentnr),» 2012.
- [46] Bane NOR SF, «Elkraftportalen, KL-tegning nr. EK.103820 rev.016,» Bane NOR SF, 16 05 2017. [Internett]. Available: <http://www.banenor.no/kskl/pdf/EK.103820-000.pdf>. [Funnet 22 06 2017].
- [47] Jernbaneverket, «Simuleringsrapport, Banestrømforsyningen på Ofotbanen i forbindelse med fornyelse av fjernledningen,» 2013.
- [48] Jernbaneverket, «Utredning - Dobbeltspor på Ofotbanen, Rev 01A (IUP-00-A-03892),» 2013.
- [49] Bane NOR, «Bane NOR - Store prosjekter,» [Internett]. Available: <http://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/>. [Funnet 28 06 2017].
- [50] Jernbaneverket, «Utredning - Strategi for driftsform på ikke-elektrifiserte baner (Saksref: 201407528),» 2015.
- [51] Jernbaneverket/Norconsult, «Østlandet, Hensetting Østlandet hovedrapport (UTF-00-A-20068),» 2016.
- [52] BaneNOR/Infrastruktur, «Hove driftsgård,» [Internett]. Available: <http://upbprosjektrom.digitalarbeidsplass.common.jernbaneverket.local/986590/SitePages/Hjemmeside.aspx>. [Funnet 27 06 2017].
- [53] BaneNOR, «Hensetting Moss (prosjektrom),» [Internett]. Available: http://prosjektrom.digitalarbeidsplass.common.jernbaneverket.local/126850/_layouts/15/start.aspx#/SitePages/Hjemmeside.aspx. [Funnet 27 06 2017].
- [54] BaneNOR/Infrastruktur, «Skien hensetting (prosjektrom),» [Internett]. Available: <http://upbprosjektrom.digitalarbeidsplass.common.jernbaneverket.local/119209/SitePages/Hjemmeside.aspx>. [Funnet 27 06 2017].
- [55] BaneNOR, «Gjøvik hensetting (prosjektrom),» [Internett]. Available: <http://upbprosjektrom.digitalarbeidsplass.common.jernbaneverket.local/822135/SitePages/Hjemmeside.aspx>. [Funnet 27 06 2017].
- [56] Bane NOR, «Banestrømforsyning Autotransformatorsystem Overspenninger pga. overharmoniske og elektrisk resonansustabilitet (EB.80052-000),» 2017.
- [57] J. Utbygging/COWI, «Vurdering av behov for dødseksjoner og utforming av disse (EK.800204-000),» 2005.
- [58] Bane NOR, «Målerapport Asker omformerstasjon – Belastningsmålinger mai 2014.
-

Rev. 001,» 2014.

[59] Bane NOR, «Simuleringsrapport, Nordagutu-Stavanger, Utredning av banestrømsforsyning for Sørlandsbanen, Rev 003 (EB.149643-000),» 2017.

9 VEDLEGG

A. Oversikt - omformeraggregater

Vedlegg A Oversikt omformerstasjoner

Omformerkapasitet JBV per 4.kvartal 2015					
Omformer	Type	Ytelse	Aggregattype	Byggeår	Siste revisjon
Stavne	Statisk	2 x 7,0			
Lundamo	Roterende	2 x 7,0	(NEBB 7-Lundamo + NEBB 7-Lundamo)	1970	
Oppdal	Roterende	2 x 5,8	(ASEA Q38 + ASEA Q38)	1970	
Dombås	Roterende	2 x 7,0	(NEBB 7 + NEBB 7)	1968	
Fron	Roterende	2 x 5,8	(ASEA Q38 + ASEA Q38)	1967	
Fåberg	Roterende	2 x 5,8	(ASEA Q38 + ASEA Q38)	1966	
Rudshøgda	Statisk	1 x 15			
Tangen	Roterende	2 x 5,8	(ASEA Q38 + ASEA Q38)	1953	
Kongsvinger	Roterende	2 x 5,8	(ASEA Q38 + ASEA Q38)	1951	
Jessheim	Statisk	2 x 18	(BBR Megamacs + BBR Megamacs)	1997	
Lillestrøm	Statisk	3 x 18	(BBR Megamacs + BBR Megamacs + BBR Megamacs)	1997	
Alnabru	Roterende + sta	1 x 10 + 2 x 15			
Holmlia	Roterende	1 x 10	(NEBB 10)	1980	
Asker	Roterende	3 x 10	(ASEA Q48 + NEBB 10 + NEBB 10)	1965	
Smørbekk	Statisk	2 x 14	(BBR Megamacs + BBR Megamacs)	1997	
Sarpsborg	Statisk	2 x 14	(ASEA Sarpsborg + ASEA Sarpsborg)	1993	
Lunner	Roterende	2 x 5,8	(ASEA Q38 + ASEA Q38)	1961	
Hønefoss	Roterende	2 x 5,8	(ASEA Q38 + ASEA Q38)	1959	
Nesbyen	Roterende	2 x 5,8			
Haugstøl	Roterende	2 x 7,0			
Mjølfjell	Roterende	3 x 5,8			
Dale	Roterende	2 x 5,8	(ASEA Q38 + ASEA Q38)	1954	
Bergen	Roterende	1 x 7			
Skoppum	Roterende	2 x 7,0	(NEBB7 + NEBB7)	2000	
Larvik		1 x 7			
Nordagutu	Roterende	2 x 10	(NEBB 7-Nordagutu + NEBB 7-Nordagutu)	1954	
Nelaug	Roterende	2 x 5,8	(ASEA Q38 + ASEA Q38)	1951	
Krossen	Roterende	2 x 5,8	(ASEA Q38 + ASEA Q38)	1950	
Leivoll	Roterende	2 x 5,8	(ASEA Q38 + ASEA Q38)	2000	
Sira	Roterende	2 x 5,8	(ASEA Q38 + ASEA Q38)	1952	
Kielland	Statiske	2 x 7,0			
Stavanger	Statiske	2 x 15	(ABB Stavanger + ABB Stavanger)	2011	
Rombak	Roterende	3 x 10	(ASEA Q48 + ASEA Q48 + ASEA Q38)	1970	
Asker	Transf.stasjon	1 x 8		1965	2005
Skollenborg	Transf.stasjon	2 x 2,5		1929	1951/2005
Nordagutu	Transf.stasjon	1 x 8		1936	1985
Neslandsvatn	Transf.stasjon	1 x 8		1947	1985