

# Behov for sonegrensebryter og dødseksjon

## 1 Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Sonegrensebryter med dødseksjon er i bruk i banestrømforsyningen i dag for å kunne henholdsvis seksjonere banestrekningen mellom to matepunkter (omformerstasjoner) og samtidig tillate at tog passerer seksjoneringen. Bryteren var i utgangspunktet nødvendig for sikker verndekning<sup>1)</sup> side 173 da en etablerte samkjøring mellom omformerstasjonene. Sonegrensebryteren har fått flere ulike funksjoner og behovet for disse funksjonene avgjør behovet for anlegget. Ettersom behovet for funksjonene kan ha endret seg er det ønskelig å revurdere behovet for anlegget.

### 1.2 Hensikt

Hensikten med dette arbeidet er å revurdere behov for sonegrensebryter med dødseksjon på enkeltspor alle elutforminger, det vil si med og uten autotransformatorsystem.

### 1.3 Omfang

Dette arbeidet fokuserer på enkeltsporede strekninger for å begrense omfanget og fordi det gjøres et eget arbeid på koblingskonsept for dobbeltsporede strekninger med autotransformatorsystem. Lange dobbeltsporede strekninger uten autotransformatorsystem har Bane NOR ikke i dag og er heller ikke kjent planlagt.

Behov for dødseksjoner er vurdert i egen rapport tidligere<sup>2)</sup>. Fokus i denne vurderingen er derfor sonegrensebrytere, men skillefunksjonen som dødseksjonen utgjør er tatt med her for å tydeliggjøre forskjellen mellom sonegrensebryteren i seg selv og dødseksjonsanlegget (mange blander disse to funksjonene).

### 1.4 Terminologi

- **Effektbryter** - Bryter som kan koble inn og ut kortslutningsstrømmer, men som utkoblet ikke nødvendigvis gir tilstrekkelig isolasjonsavstand til at anleggsdelen kan anses som frakoblet
- **Lastbryter** - Bryter som kan koble inn og ut laststrømmer, men som utkoblet ikke nødvendigvis gir tilstrekkelig isolasjonsavstand til at anleggsdelen kan anses som frakoblet
- **Skillebryter** - Bryter som gir tilstrekkelig isolasjonsavstand til å anse anleggsdel som frakoblet, men som ikke nødvendigvis kan koble inn og ut strøm
- **Lastskillebryter** - Kombinasjon av lastbryter og skillebryter i samme bryter
- **Dødseksjon** - Spenningsløs (flytende) seksjon på kontaktledningen som hindrer at togets hevet(-de) strømvakt(e) sammenkobler to seksjoner av kontaktledningen som har ulik spenning. ENE TSI<sup>3)</sup> omtaler dette som «skilleseksjon», Cenelec<sup>4)</sup> bruker termen «nøytralseksjon».
- **Sonegrensebryter** - Banestrømforsyningsanlegg bestående av en effektbryter og

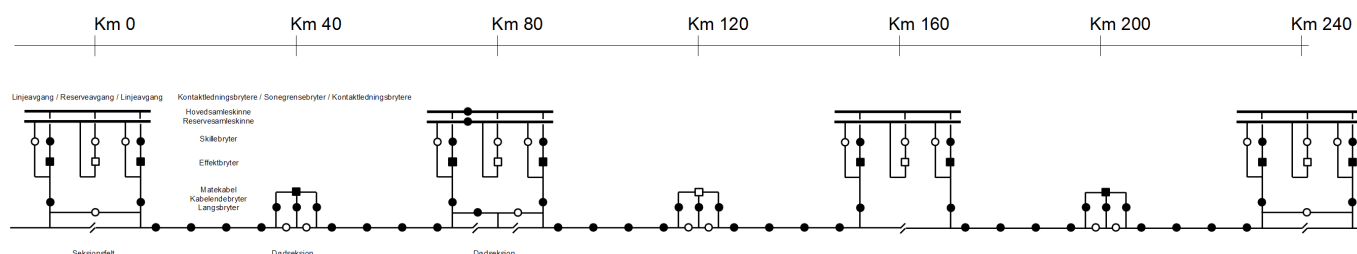
skillebryter(e) i parallell med en dødseksjon.

- **Matestrekning** - Seksjon av kontaktledningen som er matet over individuelle effektbrytere utstyrt med automatiske vernfunksjoner.

## 2 Bruk av sonegrensebryter og dødseksjon i dag

### 2.1 Typisk utforming av banestrekning

Figur 1 viser typisk utforming av en banestrekning med 80 km avstand mellom omformerstasjonene, sonegrensebryter midt mellom omformerstasjonene og kontaktledningsbrytere i forbindelse med jernbanestasjoner. Sonegrensebryterne ligger normalt inne for samkjøring mellom omformerstasjonene, men ved km 120 er det vist en sonegrensebryter som seksjonerer banestrekningen ved å ligge ute. I dag er de fleste bryterne fjernstyrte og på noen strekninger er skillebrytere i kontaktledningen erstattet av lastskillebrytere.



**Figur 1: Typisk utforming av en banestrekning. Bryterstatus inne=fylt symbol, ute=ikke fylt symbol.**

### 2.2 Krav

Teknisk regelverk omtaler bruk av sonesgrensebryter og dødseksjon i dag:

- Sonegrensebryter
  - [Banestrømforsyning/Prosjektering/Sonegrensebryter#Plassering](#) anbefaler sonegrensebryter med dødseksjon hvor det er mer enn 40 km mellom utgående linjebrytere i matestasjoner og koblingshus for å oppnå tilfredsstillende verndecking og automatisk seksjonering ved feil. Før valg om å bygge sonegrensebryter gjøres skal verndecking, avstand mellom innmatingssteder, stasjonsplassering, togtetthet, koblingshyppighet og feilfrekvens i kontaktledningsanlegget vurderes
  - [Banestrømforsyning/Prosjektering/Sonegrensebryter#Plassering](#) anbefaler sonegrensebryter med dødseksjon hvor det er mulighet for store vinkelforskjeller i matende trefasenett på grunn av utfall av linjer i hovednettet til Statnett. Per 2006-01-01 ble det vurdert til å gjelde strekningene Fåberg-Fron-Otta-Dombås.
  - [Kontaktledning/Prosjektering/Autotransformatorsystem med seksjonert kontaktledning#Sonegrensebryter](#) krever sonegrensebryter med dødseksjon der avstanden mellom to matestasjoner er 60 km eller lengre for å automatisk seksjonere kontaktledningen ved kortslutninger og dermed redusere nedetiden for den feilfrie halvdelen av strekningen.
  - [Banestrømforsyning/Prosjektering og bygging/Vern#Verninndeling](#) anbefaler at sonegrensebryter fungerer som reservevern i vernkonsept 2 for avganger med moderat til lav kortslutningsytelse og lange matestrekkninger som gir lav kortslutningsstrøm.

- [Banestrømforsyning/Prosjektering/Sonegrensebryter#Funksjonskrav](#) med funksjonskrav for sonegrensebryteren.
- Dødseksjon:
  - [Kontaktledning/Prosjektering/Seksjonering#Død-seksjoner](#) krever dødseksjon ved seksjonsdeler mellom kontaktledningsparter der det ved togpassering kan opptre spenningsforskjeller større enn 1200 V ved luftisolasjon eller seksjonsisolator med gnisthorn og større enn 800 V ved seksjonsisolator uten gnisthorn. Sonegrensebrytere og kondensatorbatterier (utgått) er tilfeller der spenningsforskjellen alltid blir større en grenseverdien.
  - [Banestrømforsyning/Prosjektering og bygging/Kraftsystem#Sårbarhet](#) anbefaler å kunne seksjonere ut og kunne drifte trafikkområder som selvstendige «elektriske øyer» ved hjelp av dødseksjon.
  - [Skilt/Plassering av skilt langs sporet/Skiltoversikt#Skilt for kjørende personell](#) angir at dødseksjon skal varsles ved hjelp av signal 65 B «Varselsignal for kontaktledningssignal», 65 C «Utkobling foran dødseksjon», 65 D «Innkobling etter dødseksjon». Signal 65 B og C skal ha lampe som tennes når dødseksjonen er spenningsatt.

## 2.3 Funksjoner og utførelse

Sonegrensebryter og dødseksjon har følgende funksjoner:

1. Vernfunksjon
2. Automatisk seksjonering og sammenkobling
3. Manuell seksjonering og sammenkobling
4. Skilleseksjon

### 2.3.1 Vernfunksjon

Sonegrensebryteren kan ha følgende vernfunksjoner:

- Støtte til hovedvernet (normalt distansevern) i koblingsanlegg ved innmating nær vernet og feil langt borte fra vernet. Innmatingen kan gjøre at feilimpedansen distansevernet ser havner utenfor utløsesonen<sup>5)</sup>. Innmatingen er normalt tilbakematende tog (elektrisk bremsing) eller T-mating (tre omformerstasjoner som mater inn til ett felles punkt, eks. Hokksund og Myrdal). Tilsvarende kan redusert kortslutningsstrøm redusere overstrømsvernets dekning.
- Støtte til reservevernet (normalt overstrømsvern) i koblingsanlegg dersom innmating i hver ende av strekningen ikke er i fase. Stor faseforskjell gir stor strøm.
- Støtte til reservevernet (normalt overstrømsvern) i koblingsanlegg ved moderat til lav kortslutningsytelse ved at dekningsgraden øker.

Støtte kan både bety at vernfunksjonen ivaretas av sonegrensebryteren eller at sonegrensebryterens funksjon tillater større marginer, for eksempel mot utløsning av laststrømmer.

Sonegrensebryteren utføres derfor normalt med følgende vernfunksjoner:

- Overstrømsvern og underspenningsvern som ved kombinasjonen høy strøm og lav spenning løser effektbryteren etter 0,4 s,
- Alternativt distansevern med tilsvarende innstilling

Vernfunksjonen forutsetter effektbryter og er avhengig av verndekningen i tilgrensende koblingsanlegg. Dødseksjonen hindrer at tog spenningsetter feilbefengt halvdel av strekningen frem til elkraftoperatør og togleder er koordinert ettersom det ikke er knyttet et signal som hindrer togbevegelse til selve bryterfunksjonen.

### 2.3.2 Automatisk seksjonering og sammenkobling

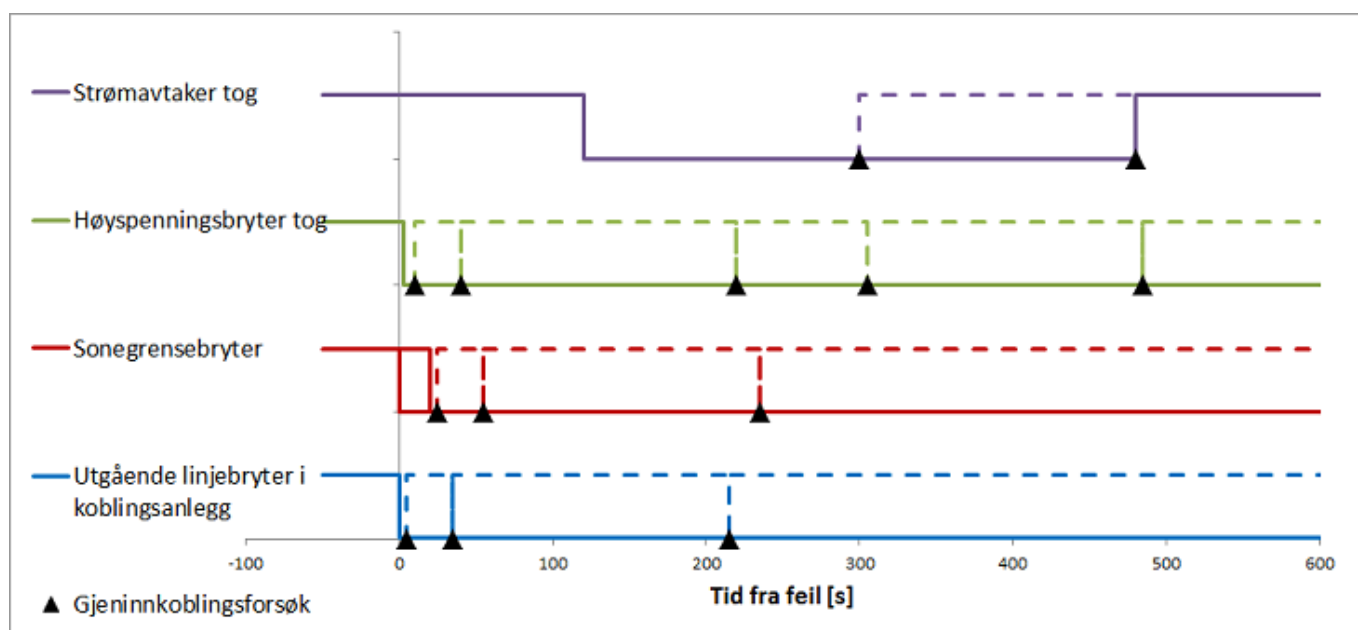
Sonegrensebryteren kan automatisk seksjonere en strekning ved feil slik at feilfri halvdel kun er spenningsløs i kort tid. Første del av feilsøkingen gjøres dermed automatisk. Tilsvarende kan den automatisk sammenkoble nettet på gitte betingelser. En betingelse er lik spenning på begge sider av seksjoneringen i minimum 10 s og at bryteren er løst automatisk eller av vernfunksjonen.

Sonegrensebryteren utføres derfor normalt med følgende vernfunksjon:

- Underspenningsvern som løser ved lav spenning etter 20 s, det vil si mellom den automatiske gjeninnkoblingsautomatikkens første og andre gjeninnkoblingsforsøk.
- Fasesperre som hindrer sammenkobling av to anleggsdeler med stor vinkelforskjell, alternativt spenningsforskjell.

Den automatiske seksjoneringen krever kun skillebryter ettersom den kobles i spenningsløs tilstand, men tiden til rådighet mellom første og andre gjeninnkoblingsforsøk kan gjøre (kan ha gjort) at rask effektbryter var ønskelig. Dødseksjonen hindrer at tog spenningsetter feilbefengt halvdel av strekningen frem til elkraftoperatør og togleder er koordinert ettersom det ikke er knyttet et signal som hindrer togbevegelse til selve bryterfunksjonen. Den automatiske sammenkoblingen kan kreve bryter som kan koble inn laststrømmer.

Sonegrenserens automatiske inn og utkobling er koordinert med automatisk gjeninnkobling i koblingsanlegg og tog som vist i figur 2.



**Figur 2: Tidsskjema for kobling av brytere ved feil. Høy = bryter inne/strømvaktaker oppe. Lav = bryter ute/strømvaktaker nede. Figuren er basert på <sup>6)</sup>, <sup>7)</sup> side 246, <sup>8)</sup>**

### 2.3.3 Manuell seksjonering og sammenkobling

Sonegrensebryteren kan fungere som et «utskutt» koblingsanlegg ved at den fjernstyrte bryteren seksjonerer og sammenkobler nettet. Det er hensiktsmessig dersom:

- det er få fjernstyrte kontaktledningsbrytere for øvrig på strekningen,
- kontaktledningsbryterne kun er skillebryter som ikke kan koble strøm og derfor krever at laststrøm kobles av effektbryterne i tilgrensende koblingsanlegg. I autotransformatorsystem kreves det i tillegg at lastbryterne kan håndtere innkoblingsstrømmen til autotransformatorene som kan være opp mot kortslutningsstrøm, eller
- det er stor sannsynlighet for at de to delene av nettet ikke er i fase.

Sonegrensebryteren utføres derfor normalt med følgende vernfunksjon:

- Fasesperre som hindrer sammenkobling av to anleggsdeler med stor vinkelforskjell, alternativt spenningsforskjell.

(Det har ikke vært vanlig at sonegrensebryteren et utstyr med prøvfunksjon som tester for kortslutning før spenningssetting.)

Manuell seksjonering og sammenkobling krever at bryteren kan koble inn og ut laststrømmer. Dødseksjon synes unødvendig fordi manuelle koblinger uansett må koordineres med trafikken og signalanleggene<sup>9)</sup>. Noen sonegrensebrytere som brukes til manuell seksjonering og sammenkobling, for eksempel for arbeid, hadde opprinnelig bare effektbryter og har fått ettermontert fjernstyrt skillebryter<sup>10)</sup>.

### 2.3.4 Skilleseksjon

Dødseksjonen kan fungere som skilleseksjon ved stor spenningsforskjell mellom to kontaktledningsseksjoner der enkelt seksjonsfelt eller enkelt seksjonsisolator ikke er tilstrekkelig for å sikre at eventuell spenningsforskjell ikke fører til stående lysbue etter togpassering. Spenningsforskjellen kan være amplitude, fase eller en kombinasjon av disse, og kan være tilfelle ved:

- sonegrensebryter som ligger ute på grunn av funksjonene nevnt over,
- utkoblet utgående linjebryter i koblingsanlegg som gir lang ensidig mating og i tilfelle enkeltspor også bryter samkjøringen i kontaktledningsnettet,
- stor faseforskjell mellom innmatet spenning i strekningens to ender pga. brutt samkjøring i overliggende trefasenett eller ulike fase for omformerne (eks. på grunn av manglende innfasing eller forstyrrelser),
- stort spenningsfall over mate- og returforbindelser til for eksempel omformerstasjoner på grunn av lang avstand til spor, og
- ved seriekondensatorbatteri i kontaktledningen (utgått).

Skilleseksjonen kombinerer to enkle seksjoneringer i serie for ikke å sammenkoble kontaktledningspartene. Skilleseksjonen krever bryter med dobbel spenningsholdfasthet for å sikre skille mellom to kontaktledningsseksjoner i motfase. For å manuelt seksjonere og sammenkoble kreves lastbryter for å unngå å gjøre strekningen spenningsløs under betjening. Dersom skilleseksjonen er nødvendig kun på grunn av lang mate- og returforbindelse er type bryter ikke relevant ettersom den allerede er inkludert i koblingsanlegget.

Det har ikke vært vanlig å etablere skilleseksjoner for beskyttelse av frakoblet og jordet kontaktledningsseksjon for arbeid eller hensetting av kjøretøy. Normalt spenningsløse kontaktledningsseksjoner for lokstallområder og verksteder skilles normal fra resten av kontaktledningsanlegget ved hjelp av egne beskyttelsesfunksjoner av samme prinsipp som dødseksjon. Disse tilfellene behandles ikke videre i dette kapittelet ettersom det omhandler lokal elsikkerhet og ikke drift av kraftsystemet.

### 2.3.5 Oppsummering

En oppsummering av de ulike funksjonene for sonegrensebryter og dødseksjon er vist i tabell 1 sammen med tilhørende behov for vernfunksjon, brytertype og dødseksjon og hva behovene avgjøres av. Av dette kan en slutte at sonegrensebryteren har mange funksjoner som dekkes av et standardisert minste multiplum bestående av fjernstyrt effektbryter med skillebryter, overstrømsvern, underspenningsvern, fasesperre og dødseksjon. Bryterarrangementet med vern tilsvarer et koblingshus uten samleskinne fordi det kun er to avganger som dermed kan skilles med en bryter. Utfra omtalen av sonegrensebrytere i <sup>11)</sup> side 173 fremkommer det at primærfunksjonen til sonegrensebryteren er bidrag til verndecking ved samkjøring.

**Tabell 1: Oversikt over behov knyttet til sonegrensebryter.**

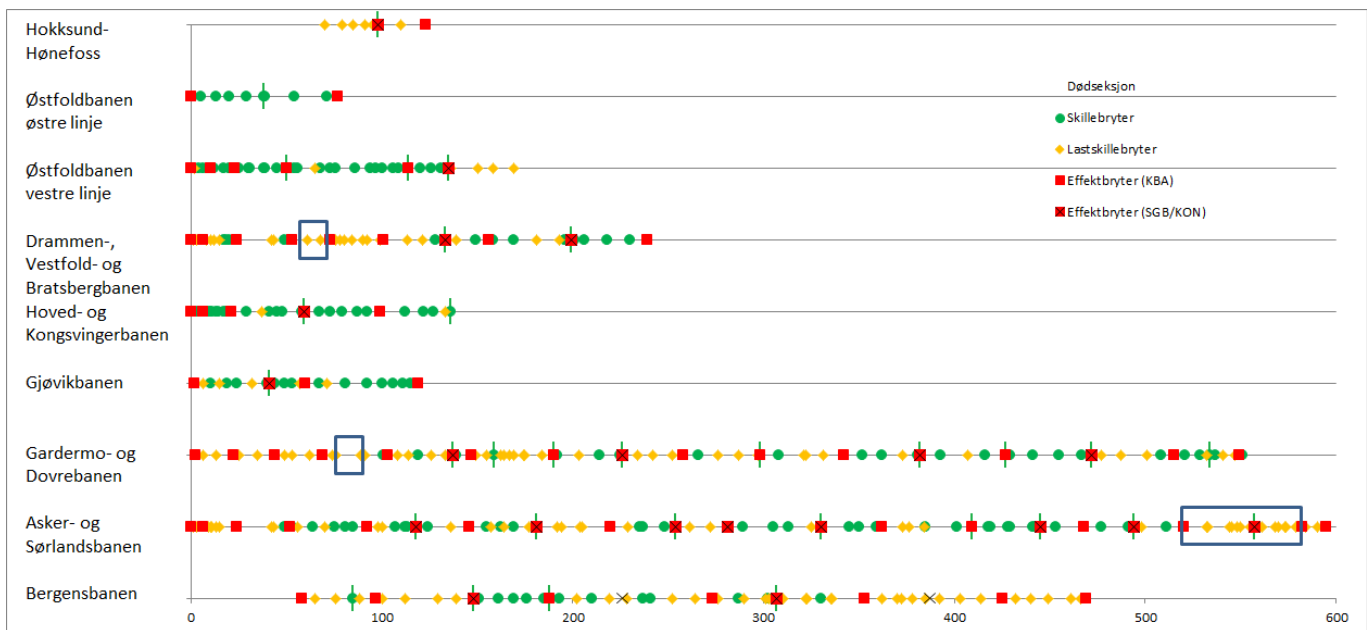
Funksjon	Behov vernfunksjon	Behov brytertype	Behov dødseksjon	Behov avgjøres av
Vernfunksjon	Overstrømsvern og underspenningsvern, alternativt distansevern	Effektbryter for utkobling av kortslutningsstrøm	Kun kortvarig dersom togpassering ikke hindres på annen måte (unormal drift)	Verndecking fra tilgrensende koblingsanlegg
Automatisk seksjonering og sammenkobling	Underspenningsvern og fasesperre	Skillebryter for etablering av skille i spenningsløs tilstand og lastbryter for sammenkobling.	Kun kortvarig dersom togpassering ikke hindres på annen måte (unormal drift)	Feilfrekvens og togtetthet
Manuell seksjonering og sammenkobling	Fasesperre	Lastbryter for betjening i drift	Nei, ikke dersom seksjoneringen koordineres med togtrafikken	Bryterutrusning på strekningen for øvrig

Funksjon	Behov vernfunksjon	Behov brytertype	Behov dødseksjon	Behov avgjøres av
Skilleseksjon	Ingen	Bryter med dobbel spenningsholdfasthet og lastbryter for betjening	Ja, pga. langvarig utkobling og forventet togpassering (normal drift)	Tilstedeværelse av soneregrensbryter eller kondensatorbatteri, sannsynlighet for brudd i samkjørt trefasenett, sannsynlighet for omformere ute av fase med hverandre og lengde (impedans) på mate- og returforbindelser

## 2.4 Bruk i dag

### 2.4.1 Bryteroversikt

Eksisterende kraftsystem består av flere soneregrensbrytere med dødseksjoner, til sammen 21 stk. Figur 3 gir en oversikt over seksjoneringsmulighetene på de fleste norske banene per 2017-12-27.



**Figur 3: Dagens seksjoneringsmuligheter. Blå ramme: Autotransformatorsystem. Grønn vertikal strek: Dødseksjon. Sort kryss: Soneregrensbryter (SGB) ute av drift.**

Tabell 2 gir en oversikt over soneregrensbrytere per 2017-12-27.

### Tabell 2: Oversikt over soneregrensbrytere.

Bane	Antall sonegrensebrytere	Plassering	Elkraftsentral	Seksjoneringsmuligheter for øvrig
Bergensbanen	2 i drift og 2 ute av drift	Gulsvik, (Ål), Finsetunnelen, (Voss)	Bergen	Fjernstyrte lastskillebrytere på de fleste jernbanestasjonene, fjernstyrte skillebrytere på resten.
Sørlandsbanen	7	Hjerpetjern, Tyri, Bjørvatn, Vatnestraum, Storekvina, Heksestad, Varhaug (AT)	Drammen/Kristiansand	Drammen-Nordagutu: Fjernstyrte lastskillebrytere på knutepunktstasjoner, fjernstyrte skillebrytere på resten. Nordagutu-Nelaug: Fjernstyrte lastskillebrytere på de fleste jernbanestasjoner, fjernstyrte skillebrytere på resten. Nelaug-Egersund: Fjernstyrte skillebrytere på alle jernbanestasjoner. Egersund-Stavanger: Nybygt AT eller BT med fjernstyrte lastskillebrytere.
Dovrebanen	4	Brummunddal, Losna, Hjerkin, Garli	Fron/Trondheim	Lik fordeling mellom lastskillebrytere og skillebrytere til seksjonering, tilsynelatende uten mønster.
Gjøvikbanen	1	Stryken	Oslo	Fjernstyrte lastskillebrytere på 3 store jernbanestasjoner, fjernstyrte skillebrytere på resten.
Kongsvingerbanen	1	Årnes	Oslo	I hovedsak fjernstyrte skillebrytere
Vestfoldbanen	2	Råstad, Borgestad	Drammen/Kristiansand	I hovedsak fjernstyrte lastskillebrytere på den halvdelen nærmest Drammen og i hovedsak fjernstyrte skillebrytere på den halvdelen av strekningen nærmest Nordagutu.
Østfoldbanen vestre linje	(1)	(Halden kondensatorbatteri)	Oslo	I hovedsak fjernstyrte skillebrytere, unntatt Halden-Kornsjø som har lastskillebrytere
Randsfjordbanen	1	Vikersund	Drammen	

Det foreløpig kun én sonegrensebryter i AT-system, Varhaug på Sørlandsbanen. Lastskillebryterne på denne strekningen er ikke dimensjonert for innkoblingsstrømmen fra autotransformatorene.

Ofofbanen er ikke med i oversiktene.

## 2.4.2 Utkoblingsstatistikk

Det er hentet ut informasjon fra historisk server i FJEL (Fjernstyring av elkraftanlegg) om statusendringer på de sonegrensebryterne som er tilgjengelig. Av det kan en lese når bryteren er

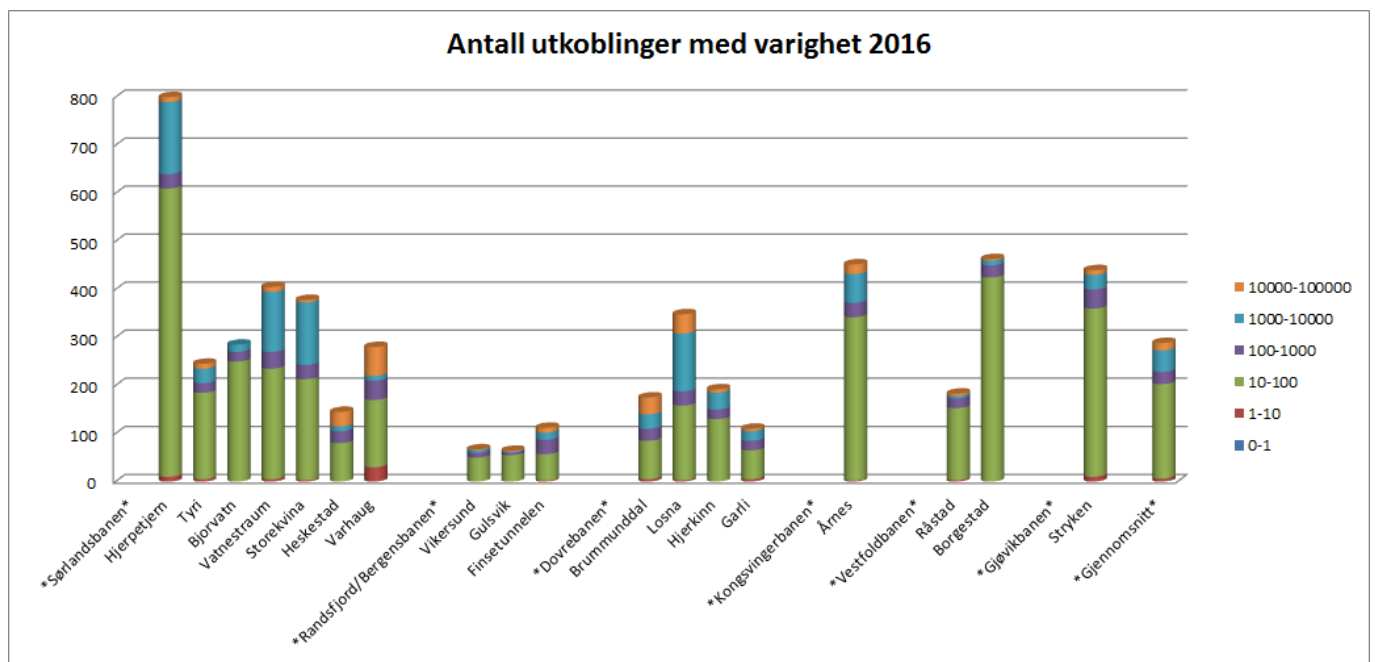


koblet inn og ut og dermed hvor lenge soneregrensbryteren har vært utkoblet. Årsaken til statusendringen forteller informasjonen ikke noe om.

En oversikt over bruk av eksisterende soneregrensbrytere er vist i vedlegg 1 [Statistikk for bruk av soneregrensbrytere](#) med tanke på:

- koblings skjema
- inn- og utkobling i 2016 som funksjon av tiden
- histogram som viser utkoblingstid gruppert i 10, 100, 1000 sekunder osv. og hvor mange utkoblinger det har vært i hver gruppe i 2016

Bryterbruken er oppsummert i figur 2 som viser antall koblinger av ulike lengde for de ulike bryterne.



**Figur 2: Bruk av dagens soneregrensbrytere for 2016. Utkoblingstid (eks. 0-1) er i sekunder.**

Fra statistikken observeres og kommenteres følgende:

- 0-10 s: Svært få utkoblinger av denne varigheten (Soneregrensbryteren har ingen funksjoner som skulle tilsi så korte utkoblinger).
- 10-100 s: Hovedvekten av koblingene og skjer fra en gang i uken til daglig for alle anleggene (Utkobling kan være trigget av vernfunksjonen og automatisk gjeninnkobling ved forbigående feil, eller manuell betjening for å kunne koble kontaktledningsbrytere)
- 100-1000 s: Normalt få utkoblinger
- 1000-10000 s: Fra en gang i måneden til to ganger i uken. (Utkoblingen kan være trigget av arbeid på linjen og blir liggende ute under arbeidet). Her er to ulike mønstre:
  - Mange utkoblinger: Hjerpetjern (SB), Vatnestraum (SB), Storekvina (SB), Losna (DB) og Årnes (KB)
  - Få utkoblinger (Resten av SGB)
- 10000→ s: Normalt få utkoblinger (Utkoblingen kan være trigget at langvarig arbeid eller manglende fase mellom omformerne).

### 2.4.3 Bruk ved elkraftsentralene

Informasjon om bruk av sonegrensebrytere er innhentet fra elkraftsentralene (se vedlegg 1 [Informasjonsinnhenting fra elkraftsentralene](#)):

- Bergen: Sonegrensebryterne som er i drift brukes ikke til annet enn eventuell vernfunksjon. Seksjonering og sammenkobling av nettet skjer manuelt med fjernstyrte lastskillebrytere, men sonegrensebryteren kobles først for å unngå at den faller på underspenning og det kommer varsel. Det er svært sjelden at omformerne er ute av fase og en trenger skilleseksjon, men det kan hende med Bergen omformer som er på enden og ikke har tosidig forbindelse. Da fases omformeren inn med en gang.
- Drammen, Fron og Kristiansand: Sonegrensebryterne brukes til automatisk seksjonering av nettet ved feil, og ved manuell seksjonering og sammenkobling for å begrense påvirkning på togtrafikken, spesielt ved bruk av skillebrytere. Dersom omformere er ute av fase brukes sonegrensebryterne som skilleseksjon.
- Oslo: Sonegrensebryterne er kjeffe å ha for å kunne vente med innfasing til det passer med togtrafikken. Brukes også for å ikke måtte ta spenningen på hele strekningen ved kobling av skillebrytere. Dersom en hadde hatt lastskillebrytere kunne disse vært brukt i stedet.

## 3 Fremtidig forventet bruk av sonegrensebryter og dødseksjon

### 3.1 Forhold som kan ha endret seg

Nedenfor diskuteres kort forhold som har endret seg og som kan ha innvirkning på behovet for sonegrensebrytere. En må da se på utviklingen som har pågått i flere tiår siden sonegrensebrytere ble etablert under elektrifiseringen og frem til i dag.

#### 3.1.1 Bedre dekningsgrad for distansevern

Kontaktledningsanleggets hovedvern er distansevernet som sammenligner målt impedans med på innstilte utløsesoner i impedansplanet (R og X). Disse sonene har ulike geometrisk form og tilpassningsmulighet gitt av teknologi og leverandør. Opprinnelige elektromekaniske distansevern har elliptisk MHO-karakteristikk med få innstillingsmuligheter som gir et behov for sonegrensebryter som tilleggsvern for å sikre selektivitet, spesielt ved tilbakemating fra tog. Nye digitale vern leveres med flere innstillingsmuligheter som tillater sikker feildeteksjon og bedre selektivitet og som ikke nødvendiggjør sonegrensebrytere<sup>12)</sup>.

#### 3.1.2 Feillokaliseringfunksjon i vern

Nye digitale distansevern leveres med en feillokaliseringfunksjon. Vernet estimerer avstanden til en kortslutning ved hjelp av en målt strøm og spenning sammen med en på forhånd innstilt forenklet linjemodell. Teknisk regelverk<sup>13)</sup> krever at denne avstanden overføres til elkraftsentralen som feilsøkningsstøtte. Foreløpig erfaring viser at funksjonen stort sett viser at feilen ligger innenfor riktig kontaktledningsseksjon. I autotransformatorsystem bør måling fra vern på begge sider kombineres for

tilstrekkelig nøyaktighet. Elkraftoperatør forventes dermed å raskt lokalisere feilen til riktig seksjon uten at sonegrensebryteren først automatisk seksjonerer.

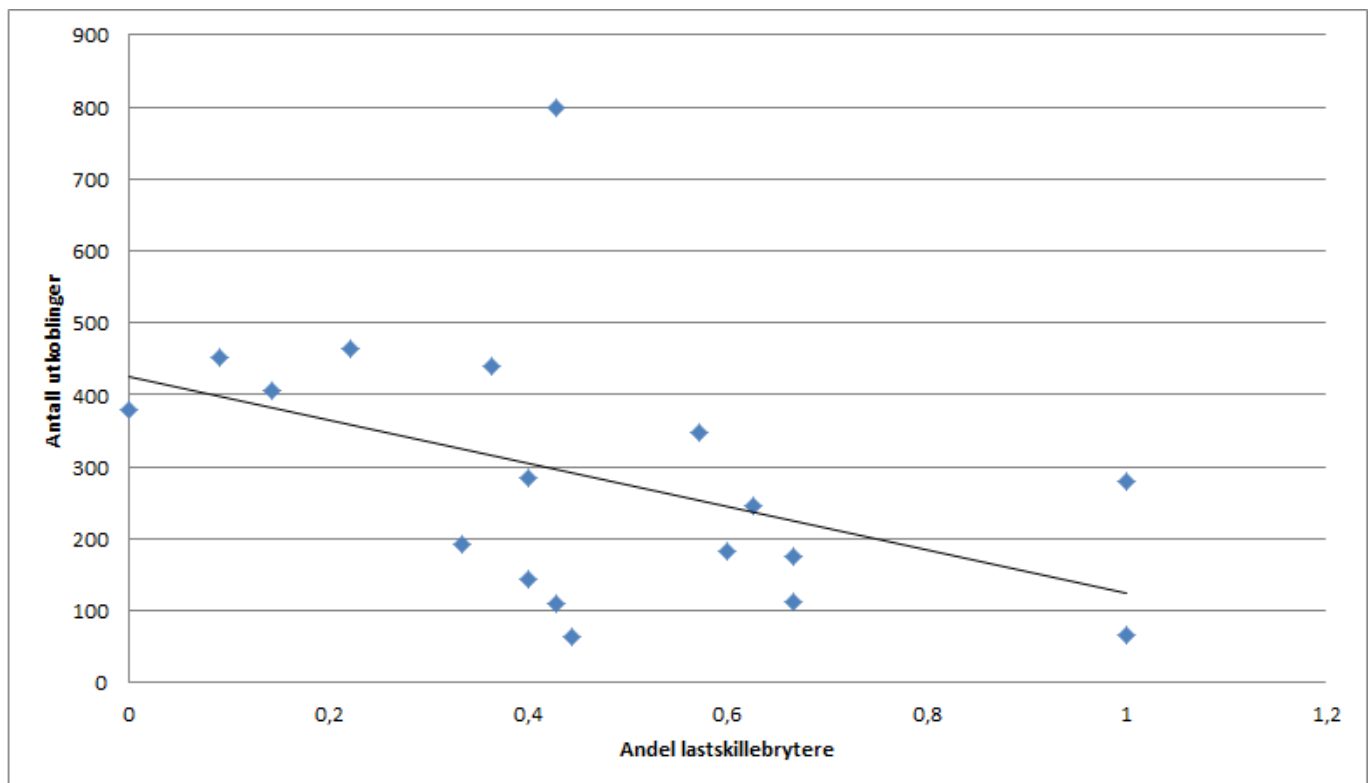
### 3.1.3 Fjernstyrte lastskillebrytere

Ved elektrifisering var alle eller aller fleste kontaktledningsbrytere håndbetjente skillebrytere<sup>14)</sup>. Sonegrensebrytere var normalt fjernbetjent fra omformerstasjon<sup>15)</sup>. Praksis på fjernstrekningene i dag er at minst en kontaktledningsbryter per jernbanestasjon er fjernstyrt lastskillebryter og dermed kan benyttes til seksjonering av kontaktledningen for arbeid mm. Det er i henhold til Teknisk regelverk<sup>16)</sup>. Liten prisforskjell mellom skillebrytere og lastskillebrytere (skillebrytere med lasthode) har gjort at vi anskaffer lastskillebrytere.

Kontaktledningsbryterne kan derfor brukes til

- manuell seksjonering av kontaktledningsanlegget,
- manuell sammenkobling av kontaktledningsanlegget (forutsatt lav sannsynlighet for faseforskjell) og
- spenningssetting av kontaktledningsanlegget (forutsatt lav sannsynlighet for kortslutning).

Dette reduserer behov for sonegrensebryter til manuell seksjonering og sammenkobling. På Bergensbanen er skillebrytere helt bevisst byttet ut med lastskillebrytere for å øke den manuelle seksjonerings- og sammenkoblingsfleksibiliteten<sup>17)</sup>. Det gir økt tillatt tid til frakobling og færre kortvarige spenningsbortfall for tog. Figur 3 viser sammenheng mellom antall utkoblinger for sonegrensebryterne i figur 2 og andel lastskillebrytere på samme strekning mellom to omformerstasjoner. Datasettet er fattig, men figuren antyder trenden at jo større andel lastskillebrytere jo mindre brukes kobles sonegrensebryteren.



**Figur 3: sammenheng mellom antall utkoblinger for sonegrensebryterne i figur 2 og andel**

## lastskillebrytere.

### 3.1.4 Kontaktledningsanleggets feilfrekvens redusert

Kontaktledningsanleggets feilfrekvens avhenger av

- kontaktledningsanleggets tilstand,
- strømvaktakerens tilstand, og
- omgivelsene.

Det har vært vanlig å regne en feilfrekvens på 1 feil per km ledning per år hvorav 5 % av feilene er permanente <sup>18)</sup> side 243. Det er grunn til å tro at feilfrekvensen i dag er redusert gjennom

- forbedret mekanisk utforming av kontaktledningsanlegget (stålmaster med stavisolatorer fremfor tremaster med piggisolatorer reduserer feilplassering av kontakttråd og isolatorfeil),
- mindre påvirkning av strømvaktakeren (eks. gjennom hurtigsenking av strømvaktaker dersom den ødelegges fremfor nedriving av kontaktledningen), og
- redusert påvirkning fra omgivelsene (eks. gjennom økt vegetasjonsrydding som ser ut til å utgjøre halvparten av feilene og vegetasjonsryddingen er intensivert de siste tiårene).

Redusert feilfrekvens reduserer behovet for selektiv vernfunksjon, automatisk seksjonering og sammenkobling for automatisk feilsøking og manuell seksjonering og sammenkobling for feilsøking og frakobling for arbeid.

### 3.1.5 Økt samkjøring av trefasenettet

Tidligere var trefasenettet i mindre grad samkjørt, både i normal drift men også i form av utkoblinger. Statnett vurderte 1.1.2006 at store vinkelforskjeller i trefasenettet bare forventes på strekningene Fåberg – Fron, Fron – Otta og Otta - Dombås<sup>19)</sup>. Dette har sterkt redusert behovet for skilleseksjoner.

### 3.1.6 Bruk av arbeidsområder

Plassering av sonegrensebrytere gis av flere forhold, men det er restriksjoner for plassering av dødseksjoner. Blant annet skal de ikke plasseres der tog forventes å stoppe eller ha lav hastighet, for eksempel i forbindelse med signaler<sup>20)</sup>. Frakobling for arbeid derimot knyttes i dag sterkt opp mot på forhånd definerte arbeidsområder avgrenset av signaler. Det gjør at sonegrensebryteren i liten grad inngår i en naturlig koblingsplan som erstatning for andre brytere. Det reduserer behovet for manuell seksjonering og frakobling.

### 3.1.7 Autotransformatorsystem

Autotransformator med seksjonert kontaktledning skal velges for nye, fornyede og oppgraderte strekninger<sup>21)</sup>. Dette har flere konsekvenser:

- Autotransformatorene har høy innkoblingsstrøm ved spenningssetting<sup>22)</sup>. De må derfor spenningsettes enten via effektbryter eller lastskillebryter som er dimensjonert for innkobling

mot forventet kortslutningsstrøm. Spenningssetting av autotransformatorer øker derfor behovet for manuell seksjonering og sammenkobling for å redusere påvirkning på øvrig trafikk ved bruk av effektbryter i koblingsanlegg.

- Den seksjonerte kontaktledningen ved elutforming E er i stor grad koordinert med på forhånd definerte arbeidsområder og signalplasseringen. Det gjør at den kan frakobles med en enpolet (last-)skillebryter uten å forstyrre togtrafikken utenfor arbeidsområdet og samkjøringen beholdes via positiv- og negativleder plassert minimum 2 meter fra kontaktledningen. En stor andel av arbeidsoppgavene på kontaktledningen kan da gjøres uten at positiv- og negativleder frakobles. Det reduserer behov for effektbryter for manuell sammenkobling og spenningssetting.
- Autotransformatorsystemets lave overføringsimpedans tillater en generell økning av avstanden mellom omformerstasjonene fra 80 til 120 km. Ved behov for full frakobling av spenningen, for eksempel ved feil (kortslutning), manuell spenningssetting som nødvendiggjør prøveinnkobling eller manuell sammenkobling, påvirkes potensielt tilsvarende større trafikkområde. Det øker behovet for sonegrensebryter til både automatisk og manuell seksjonering og sammenkobling. Derfor er det i dag krav om sonegrensebryter på avstander mellom to omformerstasjoner på over 60 km basert på en kvantitativ beregning. Det er imidlertid stilt spørsmål ved inngangsparameterne til denne beregningen og dermed behovet, se vedlegg 3 [Kritisk vurdering av tallene i Cowi-rapporten](#).

### 3.1.8 Kraftelektronikkomformere

Statiske omformeraggregater som benytter kraftelektronikk leveres til de fleste nye omformerstasjoner. Kraftelektronikkomponentene har svært liten termisk overlastbarhet og forventet kortslutningsstrøm er derfor begrenset (~20 %) høyere enn tillatt kontinuerlig belastning. Forventet og dimensjonerende fremtidig laststrøm for en omformerstasjon og strekning kan derfor overstige minimal kortslutningsstrøm på strekningen. I noen tilfeller kan en sonegrensebryter med vernfunksjon forbedre dekningsgraden til overstrømsvernet som står i reserve. Men i flere tilfeller vil en sonegrensebryter bare ha begrenset bidrag til overstrømsvernets dekningsgrad, <sup>23)</sup> side 43. Statistiske omformerstasjoner øker derfor behovet for vernfunksjon i sonegrensebryteren marginalt.

### 3.1.9 Endret driftsansvar

Siden etableringen av elektrisk jernbane synes driftsansvaret endret. I begynnelsen var feilsøking på kontaktledningsanlegget i første omgang utført fra betjente omformerstasjoner ved utløst vern. Betjeningen hadde oversikt over både omformeraggregatene, utgående linjebrytere og fjernstyrte sonegrensebrytere. I dag utføres driftskoblinger og feilsøking i kontaktledningsanlegget fjernbetjent fra flere elkraftsentraler. Elkraftoperatøren har imidlertid ikke ansvaret for styring av selve omformerne og har derfor i mindre grad kjennskap til hendelser i disse som kan påvirke arbeidet med mindre dette undersøkes eller meldes spesielt, for eksempel omstart og innfasing. Det er også foreslått<sup>24)</sup> at antall elkraftsentraler skal reduseres til tre i tillegg til driftsentral for omformerstasjonene. Skillet mellom drift av kontaktledning og omformere opprettholdes samtidig som elkraftoperatør for ansvar for et større område med flere banestrekninger. Det kan øke behov for standardiserte og automatiserte tekniske funksjoner som automatisk og manuell seksjonering og sammenkobling.

### 3.1.10 Oppsummering

Forhold	Vurdering av behov for sonegrensebryter mtp.			
	Vernfunksjonen	Automatisk seksjonering og sammenkobling	Manuell seksjonering og sammenkobling	Skilleseksjon
Bedre dekningsgrad for distansevern	Bortfalt			
Feillokaliseringsfunksjon i vern		Sterkt redusert		
Lastskillebrytere erstatter skillebrytere i kontaktledningsanlegget			Sterkt redusert	
Kontaktledningsanleggets feilfrekvens redusert	Redusert	Redusert	Redusert	
Økt samkjøring av trefasenettet				Sterkt redusert
Bruk av arbeidsområder			Redusert	
Autotransformatorsystem - innkoblingsstrøm			Økt	
Autotransformatorsystem - seksjonert kontaktledning og forbimating via positiv- og negativleder på høye master			Redusert	
Autotransformatorsystem - lengre matestreknings		Økt?	Økt?	
Kraftelektronikkomformere - dårligere dekningsgrad for overstrømsvern	Marginalt økt			
Endret driftsansvar		Økt?	Økt?	

### 3.2 Vurderinger som er gjort

De senere årene er det utført flere vurderinger av behov for sonegrensebrytere. Disse vurderingene er gjengitt i vedlegg 4 [Spesifikke utførte vurderinger rundt sonegrensebrytere og dødseksjoner](#) med følgende korte oppsummering:

- Ål på Bergensbanen: Vurdering om gjenoppsett av tidligere anlegg satt ut av drift etter vurderingskriteriene i Teknisk regelverk. Nyten ble kvantifisert til å kanskje ikke stoppe to godstog i året i stigningen opp Hallingdalen. Mottatt tilbud for gjenoppsett av anlegget var ca 10 MNOK. Anlegget ble derfor ikke besluttet gjenoppsett. Vernfunksjonen kan om nødvendig sikres med tiltak i vern i Nesbyen og Haugastøl omformerstasjoner.
- Voss på Bergensbanen: Vurdering om gjenoppsett av anlegg som ble flyttet i forbindelse med endringer på Voss stasjon. Det var vanskelig å få plass til dødseksjonen og nytten ble identifisert som begrenset siden den ikke kunne seksjonere ut lokaltrafikken på Vossebanen som egen «elektrisk øy».
- Langset-Kleverud på Dovrebanen: Vurdering om etablering av sonegrensebryter på nytt dobbeltspor med autotransformatorsystem. Analysemøte konkluderte ikke referatført med at sonegrensebryter ikke var nødvendig. Samme møte konkluderte ikke om behov for dødseksjon for å kunne etablere Oslo-området som egen «elektrisk øy».
- Gjøvikbanen nord: Utredning av banestrømforsyningen anbefalte sonegrensebryter basert på

nytte/kost-vurdering, men hovedplan for Gjøvik omformer fant likevel ikke høy nok nytte sammenlignet med kostnaden. Vernfunksjonen kan om nødvendig sikres med tiltak i Lunner omformerstasjon.

- Sørlandsbanen: Utredning av strekningen<sup>25)</sup> side 45 anbefaler å videreføre dagens sonegrensebrytere for å oppnå tilfredsstillende selektivitet ved feil. Sonegrensebrytere er ikke funnet å ha vesentlig bidrag til vernfunksjonen ved høy belastningsstrøm sammenlignet med minimal kortslutningsstrøm.

## 4 Risikovurdering

Representanter for drift, Energi og Teknisk avdeling har vurdert risiko for å fjerne krav om sonegrensebryter. Denne vurderingen er dokumentert her:

1. Rapport for risikoanalysen  
(med beskrivelse av valgt metode for risikoanalyse)
2. Analyseskjema  
(basert på analyse og evaluering av risiko i to heldagsmøter)
3. Konklusjon og anbefaling  
(egentlig et oppsummerende kapittel i rapporten, men av praktiske årsaker laget som egen fil)

Analysen konkluderer med at alle identifiserte farer lar seg håndtere uten bruk av det vi frem til nå har kalt for *sonegrensebryter* (dvs. effektbryter utstyrt med dødseksjon og vern mellom to matepunkter). Vi ser derfor for oss å tillate tilpassede løsninger der hvor det tidligere har vært påkrevet sonegrensebryter med effektbryter, vern og dødseksjon. Tradisjonell sonegrensebryter vil forbli tillatt, men fordi andre og rimeligere tiltak har vist seg til å redusere identifiserte risikoer til akseptabelt nivå, må behovet for sonegrensebryter være begrunnet i hvert tilfelle.

Merk at dette ikke automatisk innebærer at eksisterende sonegrensebrytere skal legges ned, men ved beslutning om fornyelse må vurdering av alternative tiltak legges til grunn.

Merk også at risikoanalysen tar utgangspunkt i enkeltspor med konvensjonell kontaktledning uten AT-system. Seksjonering i kontaktledningsanlegg med AT-system vurderes i neste omgang, men det er grunn til å forvente at identifiserte alternative tiltak vil gjøre nytte også der.

### 4.1 Uten autotransformatorsystem

#### 4.1.1 Verndekning

##### 4.1.1.1 "Forlenget reservevern"

Sonegrensebryter er påkrevet i [vernkonsept 2](#) som tillegg for reservevern hvis overstrømsvernet ikke dekker hele strekningen, men andre og langt rimeligere tiltak også reduserer risikoen til et akseptabelt nivå:

- Selvoervåking av hovedvern og rutiner på elkraftsentral for å håndtere denne
- Distansevern som reservevern
- Strømsprang som tilleggsfunksjon i reservevern

Sonegrensebryter gjør fremdeles nytte der den allerede finnes fra før, men en ny sonegrensebryter vil det være vanskelig å begrunne økonomisk fremfor ovenfornevnte tiltak.

#### 4.1.1.2 Ved forbikobling av matestasjon

For å sørge for forsvarlig verndekning ved forbikobling av matestasjoner og koblingshus ved arbeid på utgående linje (forutsatt at stasjonskoblingsanlegget ikke har reserveavganger) er følgende risikoreduserende tiltak identifisert:

- T-mating og bruk av sone 3 i naboomformerstasjoner
- Spenningssette gjennom stasjonsavgang i stedet der det er mulig, med tilsvarende innstilling av vern
- Bruk av eget parametersett for vern i nabostasjoner OG etablere rutine for å bruke det ved slike koblinger
- Dødseksjon mellom utgående linjer til samme matestasjon (eventuelt dødseksjon på begge sider av samme matestasjon)

#### 4.1.2 Automatisk seksjonering og sammenkobling

Dødseksjon er nødvendig på strekninger hvor det rimelig ofte kan forventes brudd av samkjøringen i overliggende trefasenett og følgende faseulikhet mellom matestasjoner. På slike strekninger bør det også være sonegrensebryter. På andre strekninger vil innkoblingsrutiner mellom elkraftsentral og Energis driftsentral være tilstrekkelig.

#### 4.1.3 Manuell seksjonering og sammenkobling

I forkant av risikoanalysen forventet vi et behov for sonegrensebryter for manuell seksjonering, men dette behovet har ikke gjort seg gjeldende som følge av risikohåndteringen. Seksjonering med skillebryter i spenningsløs tilstand (eventuelt med lastskillebryter ved normalbelastning) anses derfor som tilstrekkelig.

For sammenkobling av strekningen når matespenningen i de to endene kan forventes ikke å være i fase vil følgende tiltak redusere risikoen til akseptabelt nivå:

- Lastskillebryter med fasesperre (eventuelt med dødseksjon)
- Rutiner for innkobling mellom elkraftsentral og Energis driftsentral

#### 4.1.4 Skilleseksjon

Risikoanalysen konkluderer ikke med noen spesifikke krav om behovet for dødseksjon utenom de generelle krav til [kraftsystem](#) i Teknisk regelverk for prosjektering og bygging. Dødseksjon vil fremdeles være nødvendig på strekninger hvor det rimelig ofte kan forventes brudd av samkjøringen i overliggende trefasenett og følgende faseulikhet mellom matestasjoner (underforstått at tog skal passere seksjonsskillet ved slik seksjonert drift).



## 4.2 Autotransformatorsystem

### 4.2.1 Verndekning

### 4.2.2 Automatisk seksjonering og sammenkobling

### 4.2.3 Manuell seksjonering og sammenkobling

### 4.2.4 Skilleseksjon

## 5 Forslag til oppdatert teknisk regelverk

### 5.1 Kraftsystem

Kapittelet om [Kraftsystem](#) foreslås endret som følger:

#### Egenskaper

c) Koblingsmuligheter: Kraftsystemet skal ha tilstrekkelige hurtige koblingsmuligheter for å sikre tilgjengelig effekt, selektiv vernutkobling, feilsøking og -klarering, tilstrekkelig fleksibilitet i togfremføringen og tilstrekkelig tilgjengelighet for vedlikehold.

1. Utførelse: Koblingsmulighetene i kraftsystemet skal koordineres med sporplan, signalanlegg og matestasjoner for sikker og effektiv drift, vedlikehold og håndtering av avvikssituasjoner.

2. Utførelse: Matestasjoner skal kobles til kontaktledningsanlegget ved hjelp av koblingsanlegg som beskrevet i [Banestrømforsyning/Prosjektering og bygging/Koblingsanlegg](#) 3. Utførelse: Ved sammenkobling av flere baner, linjer eller hovedspor skal eget koblingsanlegg som beskrevet i [Banestrømforsyning/Prosjektering og bygging/Koblingsanlegg](#) vurderes.

4. Utførelse: På strekninger der det forventes faseulikhet på grunn av brudd i samkjøringen i overliggende trefasenett skal det etableres faseskilleseksjoner (dødseksjoner) som beskrevet i [Kontaktledning/Prosjektering/Seksjonering](#) for å tillate togpassering uten å kortslutte faseulikheten og bør det etableres sonegrensebryter som beskrevet i [Banestrømforsyning/Prosjektering/Sonegrensebryter](#) for enkel betjening

5. Utførelse: Se forøvrig krav i

- Kontaktledning/Prosjektering/Seksjonering
- Kontaktledning/Prosjektering/Autotransformatorsystem med seksjonert kontaktledning
- Banestrømforsyning/Prosjektering/Sonegrensebryter

6. Dokumentasjon: Det bør utføres en systematisk oversikt som beskriver mulige og lovlige koblingssituasjoner, verninnstillinger, eventuelle operative tiltak, etablering av arbeidsområder, mulige korridorer gjennom store stasjoner og restriksjoner basert på tilgjengelighetsanalyse og

risikoanalyse for et større område (eksempel Oslo-området, Stavangerområdet etc.) som input til retningslinjer for elkraftoperatør.

7. Operative tiltak: Det bør utarbeides beskrivelse av operative tiltak (for eksempel tiltakskort) til bruk på elkraftsentralen for mulige og lovlige koblingssituasjoner.

## 5.2 Koblingsanlegg

### Koblingsanlegg

#### Redundans

a) Omkoblingsmulighet: For at brytere, vern og kontrollutrustning skal kunne frigjøres for vedlikehold (både korrektivt og forebyggende) uten at tilhørende spor mangler mating iht. n-1-kriteriet, skal hver utgående avgang ha minst én fjernstyrt omkoblingsmulighet med nødvendig og tilstrekkelig verndekning.

1. Utførelse: Funksjonen skal normalt realiseres ved bruk av reserveavgang(er) (reservebryter(e) sammen med reservesamleskinne®) som gjør det mulig å forbikoble hvilken som helst avgang. Se tilhørende krav under.

2. Unntak: Ved eventuell stasjonsavgang kan denne erstatte en egen reserveavgang dersom det finnes tilstrekkelige omkoblingsmuligheter i kontaktledningsanlegget.

3. Unntak: For frittstående koblingsanlegg med i størrelsesorden tre til fire brytere og matestasjons koblingsanlegg med i størrelsesorden én til to brytere kan funksjonaliteten ivaretas gjennom koblinger i kontaktledningsanlegget.

4. Utførelse (til 3): Ved T-mating skal det gjøres minst ett av følgende tiltak:

- Distansevernets sone 3 i nabostasjonenes avganger som forsyner til omkoblet del av kontaktledningsanlegget skal stilles inn for å detektere elektriske feil i denne delen.
- Alternativt skal det stilles inn et eget parametersett for vern i nabostasjon og en rutine for å bruke den ved slike omkoblinger.

5. Utførelse (til 3): Hvis en slik omkobling fører til at togets strømvogter kan sammenkoble to seksjoner med betydelig spenningsforskjell, skal det etableres dødseksjon som beskrevet i regelverket for [seksjonering av kontaktledningsanlegg](#)

6. Verifikasjon: Vurderingene som legges til grunn for valgt løsning skal dokumenteres.

7. Operative tiltak: Koblingsprosedyrer skal utarbeides sammen med elkraftsentral og overleveres før idriftsettelse.

8. Dokumentasjon: Koblingsmuligheter i koblingsanlegg og kontaktledningsanlegg skal tegnes inn i samme koblingsskjema.

## 5.3 Sonegrensebryter

Kapittelet om [Sonegrensebryter](#) foreslås endret som følger:

### Hensikt og omfang

Læreboksstoff: For automatisk seksjonering ved feil, samt for effektivisering av strømbrudd i kontaktledningsnettet, ~~mønteres~~ har det tidligere vært vanlig å montere en effektbryter inn i nettet på egnede steder. Effektbryteren med omliggende utrustning kalles sonegrensebryter. En sonegrensebryter forbedrer også verndekningen for kontaktledningsanlegget ved tilbakemating fra tog.

### Plassering

Sonegrensebryter med dødseksjon ~~bør~~ kan plasseres i kontaktledningsnettet på strekninger hvor det er:

\* mer enn 40 km mellom utgående linjebrytere i matestasjoner og koblingshus. ~~(Dette for å oppnå tilfredsstillende verndekning og automatisk seksjonering ved feil)~~ hvis dette er nødvendig for å oppnå nødvendig selektivitet ved feil.

[...]

## 5.4 Vern

Kapittelet om [Vern](#) foreslås endret som følger:

### Verninndeling

Vernkonsept 1 og 2 utgår og erstattes med et helhetlig vernkonsept:

b) Vernkonsept 1: Avganger skal normalt vernes med pålitelighetsklasse «M2» iht. NEK-EN 50633:2016 punkt 5.2.2 og 6.2.3.

1. Utførelse: Distansevern skal benyttes som hovedvern med så stor dekning av anleggsdelen som mulig.
2. Utførelse: Overstrømsvern skal benyttes som reservevern med full dekning av anleggsdelen.
3. Unntak (til 2): Distansevern kan benyttes som reservevern i stedet for overstrømsvern der det kan gi bedre dekning av anleggsdelen, seksjonsselektivitet, lastselektivitet eller deteksjon av feil ved samtidig tilbakemating.

Bruk av samme type vern både som hovedvern og reservevern øker risiko for fellesfeil. En av grunnene til å velge distansevern som hovedvern og overstrømsvern som reservevern er nettopp å redusere denne risikoen.

4. Utførelse: For utgående linjer med fare for hurtig nedsmelting av kontaktledningen skal hovedvernet i tillegg inneholde et hurtig overstrømsvern.

5. Unntak: For avganger som mater veldig korte strekninger (f.eks. stasjonsområde) kan også hovedvernet være overstrømsvern (uten distansevern).

6. Unntak: Se Vernkonsept 2.

c) Vernkonsept 2: For avganger med moderat til lav kortslutningsytelse og lange matestrekninger som gir lav kortslutningsstrøm kan pålitelighetsklasse «M2 limited supported by M4» iht. NEK EN 50633:2016 punkt 5.2.2 og 6.2.3 implementeres.

1. Utførelse: Distansevern med selvovervåking skal benyttes som hovedvern med full dekning av anleggsdelen

2. Utførelse: Overstrømsvern skal benyttes som reservevern med så stor som mulig dekning av anleggsdelen uten at selektiviteten mot laststrømmer kompromitteres.

3. Unntak (til 2): Distansevern kan benyttes som reservevern i stedet for overstrømsvern der det kan gi bedre dekning av anleggsdelen, seksjonsselektivitet, lastselektivitet eller deteksjon av feil ved samtidig tilbagemating. Bruk av samme type vern både som hovedvern og reservevern øker risikoen for fellesfeil. En av grunnene til å velge distansevern som hovedvern og overstrømsvern som reservevern er nettopp å redusere denne risikoen.

4. Utførelse: Underspenningsvern skal fungere som tilleggsreservevern mot feil nær koblingsanlegget ved lav kortslutningsytelse

5. Utførelse: Sonegrensebryter bør fungere som reservevern for kortslutninger langt fra koblingsanlegget. Både NEK EN 50633:2016 og etablert praksis i JBV tilsier at restrisikoen ved manglende full dekning fra overstrømsvernet er akseptabel.

b) Vernkonsept: Vern av utgående linjer skal utformes etter et konsept i samsvar med EN 50633:

1. Utførelse: Distansevern skal benyttes som hovedvern med full dekning av anleggsdelen

2. Unntak (til 1): Der overstrømsvern kan gi full dekning av anleggsdelen og der avstand til feil ikke er viktig (f.eks. stasjonsområde) kan hovedvernet være overstrømsvern.

3. Utførelse: For utgående linjer med fare for hurtig nedsmelting av kontaktledningen skal hovedvernet i tillegg inneholde et hurtig overstrømsvern.

4. Utførelse: Overstrømsvern skal benyttes som reservevern med så stor som mulig (helst full) dekning av anleggsdelen uten at selektiviteten mot laststrømmer kompromitteres (EN50633 pålitelighetsklasse M2).

5. Unntak (til 4): Hvis overstrømsvern som reservevern ikke kan stilles inn slik at det dekker hele strekningen samtidig som det skiller mellom kortslutningsstrøm og normal laststrøm skal det gjøres minst ett av følgende risikoreducerende tiltak:

a. Der kun en liten del av strekningen (under 15%) ikke dekkes av reservevernet, er det tilstrekkelig at selvovervåking av hovedvern skal varsle elkraftsentral om teknisk svikt på hovedvernet og elkraftsentral skal ha rutiner for å håndtere dette uten unødig opphold. (EN50633 pålitelighetsklasse M2 limited supported by M4)

b. Distansevern skal benyttes som reservevern i stedet for overstrømsvern der det kan gi bedre dekning av anleggsdelen, seksjonsselektivitet, lastselektivitet eller deteksjon av feil ved samtidig tilbakemating. (EN 50633 pålitelighetsklasse M1)

Lærebokstoff: Samme type vern både som hovedvern og reservevern øker potensiale for fellesfeil (feil innstilling, feil parameter, teknisk feil, svakhet ved algoritmer etc.). En av grunnene til å velge distansevern som hovedvern og overstrømsvern som reservevern er nettopp å redusere denne risikoen.

c. På strekninger med soneregrensbryter bør soneregrensbryteren fungere som tillegg til reservevernet for kortslutninger langt fra koblingsanlegget. (EN 50633 pålitelighetsklasse M3)

d. Strømsprang som tilleggskriterium i overstrømsvern som reservevern hvis dette gjør det mulig å stille inn overstrømsvernet slik at dette likevel dekker hele strekningen samtidig som det skiller mellom kortslutningsstrøm og normal belastningsstrøm.

6. Utførelse: Underspenningsvern skal fungere som tilleggsreservevern mot feil nær koblingsanlegget ved lav kortslutningsytelse.

## **Distansevern**

h) Feillokalisering. Funksjonen «avstand til feil» bør brukes når den er tilgjengelig (for å forenkle feilsøking og raskere reetablere strømforsyning på den delen av strekningen som ikke er feilbelagt).

1. Signalet fra feillokalisator skal overføres til elkraftsentral og gjøres synlig for operatøren.
2. Elkraftsentralen skal ha rutine for å håndtere og nyttegjøre signalet fra feillokalisator ved feilsøking.

## **6 Vedlegg**

1. [Statistikk for bruk av soneregrensbrytere](#)
2. [Informasjonsinnhenting fra elkraftsentralene](#)
3. [Kritisk vurdering av tallene i Cowi-rapporten](#)
4. [Spesifikke utførte vurderinger rundt soneregrensbrytere og dødseksjoner](#)

Kladd:

- [Øving: RAM analyse av matestrekning](#)
- [Elkraftoperatørens vurdering](#)
- [Konsekvensanalyse for matestrekning med eller uten soneregrensbryter](#)
- Franks undersøkelser om lastskillebryteres tåleevne for spenningssetting av autotransformatorer.
- Stanislavs presentasjon/stand på strømforsyningsseminar om koblingskonsept:  
[http://arbeidsrom/fagrom/Elkraft/Banestrømforsyning/Seminar/DelteDokumenter/02H\\_Koblingskonsept%202016-03-16\\_Stanislav%20Pika.pdf](http://arbeidsrom/fagrom/Elkraft/Banestrømforsyning/Seminar/DelteDokumenter/02H_Koblingskonsept%202016-03-16_Stanislav%20Pika.pdf)

= informasjon som er innhentet, men som her ikke er systematisert og vurdert i særlig grad.

1) , 7) , 11) , 18)

Rune Lundberg, *Lärobok i elektroteknik för Statens Järnvägars personal - Del IV Omformarstationer*, Svenska Tryckeriaktiebolaget, Stockholm, 1959

2)

Frode Johannessen, *Teknisk rapport dødseksjoner (Vurdering av behov for dødseksjoner og utforming av disse)*, Cowi på oppdrag fra Jernbaneverket 2005-05-20

3)

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

4)

NEK EN 50367:2012 Jernbaneapplikasjoner - Strømforsyningssystemer - Tekniske kriterier for sammenhengen mellom pantograf og kjøreledning (for å få fri adgang

5) 12)

Frode Johannessen og Nils Rohlsson, *Utredning av vernfunksjonen ved tilbakemating*, BanePartner på oppdrag fra Jernbaneverket Hovedkontoret 2001-01-19

6)

[Teknisk regelverk/Banestrømforsyning/Prosjektering og bygging/Vern#Automatisk gjeninnkobling](#)

8)

[Trafikkregler for jernbanenettet/Uregelmessigheter og feil på jernbaneinfrastrukturen#Spenningsløs kontaktledning \(§7-15\)/Utfyllende bestemmelse om spenningsløs kontaktledning](#)

9)

foreløpig ubekreftet

10)

Telefonsamtale med Bjørn Iversen, Dovrebanen, januar 2016

13)

[Banestrømforsyning/Prosjektering og bygging/Koblingsanlegg#Fjern- og lokalkontroll](#)

14)

Foreløpig ubekreftet

15)

16)

[Kontaktledning/Prosjektering/Kontaktledningsbrytere#Plassering av kontaktledningsbrytere](#)

17)

Det er også i noen sammenhenger antydnet at baneområdets manglende kompetanse på kostbare sonegrensebryteranlegg etter etableringen av enheten Energi kan være en motivasjon for å erstatte disse med relativt mye rimeligere kontaktledningsbrytere

19)

EK.800204

20)

[Teknisk regelverk/Kontaktledning/Prosjektering/Seksjonering#Plassering av dødseksjoner](#)

21)

[Teknisk regelverk/Kontaktledning/Prosjektering og bygging/Kontaktledningsutforming#Elektrisk utforming](#)

22)

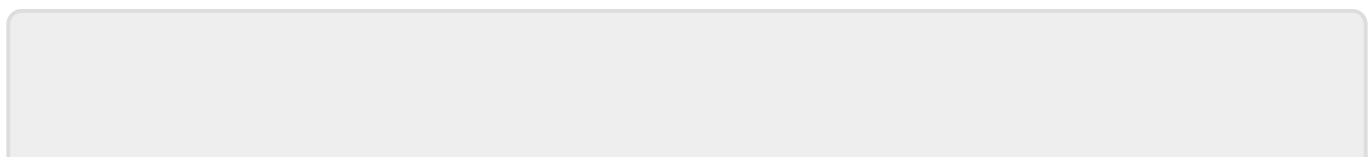
[Lærebøker i jernbaneteknikk/Bruk av autotransformatorer i banestrømforsyningen#Innkoblingsstrømmer i autotransformatorer](#)

23) 25)

Bane NOR, *Utredningsrapport, 885026 Utredning av banestrømforsyning for Sørlandsbanen (Nordagutu - Stavanger)*, dokument EB.149642-000 revisjon 001 datert 2017-08-07

24)

referanse mangler



From:

<http://10.251.36.137/Koblingskonsept/> - **Koblingskonsept**

Permanent link:

<http://10.251.36.137/Koblingskonsept/doku.php?id=sonegrensebryter:start>

Last update: **2018/11/12 16:44**

