

## Teknisk standard

### Beregning av termisk grenselast på kraftledninger

**Dokument ID:** [SDOK-39-30](#), revisjon: 6.0

**Konfidensialitet:** K0 Statnett åpen informasjon, som kan deles med alle

Denne kopien ble lastet ned 16.05.2023 av [Kjell Åge Halsan](#).

Originaldokumentet kan ha blitt publisert i ny revisjon eller trukket tilbake etter at denne kopien ble lastet ned.

Gjeldende revisjon av dette dokumentet kan lastes ned her:

<https://samhandling.statnett.no/styrendedok/Dok.aspx?id=SDOK-39-30>

**Arbeidsgruppe:** [Kraftledning elektromekanisk](#)

**Ansvarlig:** [Kjell Åge Halsan](#)

**Dokumenteier:** [Leif Halvor Moen](#)

**Verifisert:** 10.05.2023 av [Kjell Åge Halsan](#)

**Godkjent:** 10.05.2023 av [Leif Halvor Moen](#)

**Planlagt revidert innen:** 10.05.2026

**Nøkkelord:** Elektromekanisk

## Revisjonslogg

### Revisjon 6.0 (2023-05-10) – Tim van der Linden, Arwinder Singh, Arild Kvamme Berstad

- Fjernet 1,0 m/s som standard dimensjonerende vindhastighet for fjordspenn og spenn i høyfjellet. 0,6 m/s er nå eneste standardverdi for dimensjonerende vindhastighet. Se kap. 6.1.
- La til beregningsparametere for 35 og 40 °C lufttemperatur
- Fjernet tabell med beregningsresultater. Disse er flyttet til [SDOK-39-57](#).

### Revisjon 5.0 (2021-06-23)

- Ny publisering for å fornye gyldighet. Ingen endringer.

### Revisjon 4.0 (2018-04-18) – Oda Sunde, Bjarni Helgi Thorsteinsson, Tim van der Linden

- Små korreksjoner av termiske grenselaster i tabeller i kap. 6 som følge av feil i beregning av kjernemagnetiseringstap. Gjelder følgende linetyper:

27-AL1/9-ST1A (Spesial 16 (8/1))	525-AL1/68-ST1A (FeAl 329 Curlew)
40-AL1/7-ST1A (FeAl 25 (6/1))	FeAl 330 sp
38-AL1/13-ST1A (Spesial 25 (8/1))	565-AL1/72-ST1A (FeAl 354 Finch)
56-AL1/9-ST1A (FeAl 35 (6/1))	606-AL1/77-ST1A (FeAl 380 Grackle)
53-AL1/19-ST1A (Spesial 35 (8/1))	606-AL1/77-ST5E (Grackle sp)
52-AL1/30-ST1A (Spesial 35 (12/7))	645-AL1/82-ST1A (FeAl 405 Pheasant)
80-AL1/13-ST1A (FeAl 50 (6/1))	FeAl 456 (54/19) Plover
79-AL1/46-ST1A (Spesial 50 (12/7))	766-AL1/97-ST1E (FeAl 481 Parrot)
111-AL1/19-ST1A (FeAl 70 (6/1))	766-AL1/97-ST5E (Parrot sp)
112-AL1/65-ST1A (Spesial 70 (12/7))	806-AL1/102-ST1A (FeAl 506 Falcon)
381-AL1/20-ST1A (Spesial 240 (42/7))	703-AL3/89-ST5E (Lunde)
382-AL1/49-ST1A (FeAl 240 (54/7))	886-AL3/112-ST5E (Lomvi)
402-AL1/52-ST1A (FeAl 253 Condor)	FeAl 484 (84/61)
476-AL1/24-ST1A (Spesial 300 (42/7))	988-A1F/69-EHST (Athabaska)
476-AL1/62-ST1A (FeAl 300 (54/7))	988-A7F/69-EHST (Athabaska forsterket/spesial)
485-AL1/63-ST1A (Cardinal)	

- Lagt til nye linetyper i tabeller i kap. 6:

FeAl 115 sp (18/37)	FeAl 485 sp (126/91)
FeAl 266 sp (42/37)	1223-AL1/307-ST1A (FeAl 770 (72/37))
FeAl 269 sp (42/37)	390-AL3/177-ST5E (42/19)
FeAl 475 (72/37)	AL Sp. 729 Super A

- Lagt til beregninger for nye maksimale linetemperaturer i tabeller i kap. 6 for følgende linetyper:

Spesial 50 (12/7)	FeAl 330 sp
191-AL1/31-ST1A (FeAl 120 (26/7))	FeAl 456 (Plover)
293-AL1/48ST1A (FeAl 185 (26/7))	(766-AL1/97-ST1E) FeAl 481 (Parrot)
381-AL1/87-ST1A (FeAl 240 (30/19))	(766-AL1/97-ST5E) (Parrot sp)
525-AL1/68-ST1A (FeAl 329 (Curlew))	

### Revisjon 3.0 (2017-12-21) – Kjell Åge Halsan

- Konfidensialitet endret til K0, åpen for alle.

### Revisjon 2.0 (2017-08-16) – Sondre Westad, Anders Dall'Osso Teigset, Tim van der Linden

- Beregnet termiske grenselaster for linetyper brukt i Statnett. Beregningsresultatene lagt til i tabeller i kap. 6.

### Revisjon 1.0 (2016-06-23) – Kjell Åge Halsan, Tim van der Linden

- Første publisering

## 1 Formål og virkeområde

Denne standarden beskriver en entydig beregningsmetode for å bestemme termiske grenselaster på Statnetts kraftledninger.

Standarden gjelder for alle kraftledninger i Statnett, så vel nye anlegg under planlegging som eksisterende anlegg.

Når termiske grenselaster på eksisterende ledninger sjekkes for samsvar med denne standarden vil det vanligvis være et visst avvik, avhengig av hvordan den termiske grenselasten tidligere har blitt beregnet. Som hovedregel skal da den termiske grenselasten justeres for å samsvare med denne standarden. I tilfelle bruk av denne standarden medfører en økning i termisk grenselast skal det gjøres en vurdering av bakkeklaring i kritiske spenn og tilstanden på eventuelle gamle skjøter og avspenninger for å verifisere at ledningen faktisk tåler en økning i termisk grenselast.

Ledninger med høytemperaturliner dekkes ikke av denne standarden. Høytemperaturliner er her definert som liner som kan driftes på temperaturer over 100 °C.

Et oppslagsverk med termiske grenselaster for alle kjente linetyper i Statnett, beregnet iht. denne standarden, finnes i [SDOK-39-57 Tabeller – Termiske grenselaster for kraftledninger](#).

## 2 Målgruppe

Målgruppen for denne tekniske standarden og den tilhørende [SDOK-39-57 Tabeller – Termiske grenselaster for kraftledninger](#) er ansatte i Statnett og eksterne som utfører planlegging og prosjektering av kraftledninger for Statnett, samt ansatte i systemanalyse og -drift i Statnett.

Standarden kan på eget ansvar også brukes av andre konsesjonærer (nettselskap).

## 3 Referanser

### 3.1 Statnett-referanser

[SDOK-39-57](#) Tabeller – Termiske grenselaster for kraftledninger

[IFS 3850602](#) Notat - Termisk grenselast, definisjoner og begrunnelse for 100 °C drift

### 3.2 Normative referanser

CIGRÉ TB 207 (2002) Thermal behaviour of overhead conductors

CIGRÉ TB 299 (2006) Guide for selection of weather parameters for bare overhead conductor ratings

CIGRÉ TB 601 (2014) Guide for thermal rating calculations of overhead lines

IEEE 738 (2012) Standard for calculating the current-temperature relationship of bare overhead conductors

## 4 Definisjoner

**Termisk grenselast:** maksimal strømbelastning som en ledning kan tåle under gitte forhold uten å overstige en gitt temperatur, slik at den overholder krav til bakkeklaring og mekanisk utnyttelse.

**Kontinuerlig termisk grenselast:** med *kontinuerlig* menes at det er ikke er tidsbegrensning for hvor lenge ledningen kan driftes på denne strømbelastningen.

**Kortvarig termisk grenselast:** i Statnett er kortvarig grenselast definert som maksimalt tillatt strømbelastning med 15 minutters varighet, forutsatt at ledningen først var belastet stasjonært på 70 % av *kontinuerlig* termisk grenselast.

**Høytemperaturline:** line som kan driftes på temperaturer over 100 °C

## 5 Bakgrunn og teori

Ved økende strømbelastning på en kraftledning vil temperaturen i linene øke på grunn av effekttap i linene. Linene vil utvide seg og sige nedover med økende linetemperatur. For å overholde krav til bakkeklaring har kraftledninger derfor en maksimal linetemperatur. Noen ganger kan også eldre lineskjøter og –avspenninger begrense maksimal linetemperatur. De vanligste maksimale linetemperaturene i Statnett er 50 °C, 80 °C og

Revisjon 6.0

Godkjent 10.05.2023 av Leif Halvor Moen

Verifisert 10.05.2023 av Kjell Age Halsan

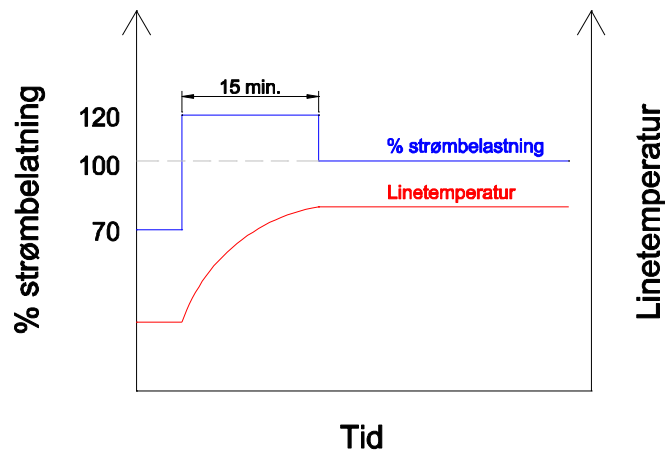
Lastet ned 16.05.2023 av Kjell Age Halsan

Planlagt revidert innen 10.05.2026

100 °C. Ledninger ble tidligere dimensjonert for maksimalt 50 °C eller 80 °C for både kortvarig og kontinuerlig drift. Nye ledninger dimensjoneres for kortvarig drift på 100 °C og kontinuerlig drift på 90 °C (se avsnitt 6.2.1 for begrunnelse).

Under drift er linetemperaturen et resultat av balansen mellom tilført varme fra strømbelastning og solstråling, og avgitt varme ved utstråling og avkjøling til luft. Linetemperaturen varierer derfor med strømbelastning og værforhold.

Kontinuerlig termisk grenselast bestemmes ut fra et gitt sett med værparametere og maksimal linetemperatur (et unntak fra dette er beskrevet i avsnitt 6.2.1).



**Figur 1** – Eksempel på endring i linetemperatur over tid ved benyttelse av kortvarig termisk grenselast etter en periode med stasjonær drift på 70 % av kontinuerlig grenselast.

Ved drift på kortvarig termisk grenselast utnytter man at linetemperaturen ikke øker øyeblikkelig selv om strømbelastningen trappes opp øyeblikkelig. Linen bruker noen minutter på å varmes opp. Denne forsinkelsen kalles *termisk tregghet*, og gir mulighet for en kortvarig termisk grenselast som overstiger kontinuerlig termisk grenselast, uten at maksimal linetemperatur overskrides. Denne kortvarige termiske grenselasten omtales derfor også (noe misvisende) som "overlast". Figur 1 viser et eksempel på dette hendelsesforløpet for en typisk line. Kortvarig termisk grenselast ligger typisk 20 % høyere enn kontinuerlig termisk grenselast, men kan variere fra 5 % for mindre liner som FeAl 120 og FeAl 185 (19-24 mm diameter), til 30 % for større liner, som Grackle og Parrot (34-38 mm diameter).

## 6 Beregning av termisk grenselast

Termiske grenselaster skal beregnes for lufttemperaturer som er oppgitt i kulepunktliste nedenfor. Maksimal linetemperatur for Statnetts kraftledninger vil vanligvis være 50 °C, 80 °C eller 100 °C, og avhenger vanligvis av bakkeklaring i kritiske spenn. Noen ganger kan også linens tekniske tilstand, samt skjøter og avspenningers tekniske tilstand være begrensende.

### 6.1 Inputparametre til beregninger

Følgende parametre anbefales av CIGRÉ [1] og skal brukes i alle beregninger:

- Vindhastighet: 0,6 m/s \*
- Vindretning: 90° på linen (på tvers av linen)
- Emissivitetskoeffisient: 0,8 \*\*
- Absorpsjonskoeffisient: 0,9 \*\*

Følgende parametere er valgt som Statnett-standard, og skal brukes i alle beregninger. Parametrene avgjør hvor mye solstråling linen absorberer:

- Breddegrad 65 grader nord\*\*\*
- Lineretning øst-vest
- Klokkeslett (soltid) 12.00
- Følgende datoer skal brukes for de gitte lufttemperaturene:
  - -30 °C og -20 °C 1. mars
  - -10 °C 1. april

- |                                       |                         |
|---------------------------------------|-------------------------|
| • 0 °C                                | 1. mai                  |
| • 10 °C, 20 °C, 30 °C, 35 °C og 40 °C | 21. juni                |
| • Høyde over havet                    | 0 m ****                |
| • Atmosfære/luft:                     | klar (uten forurensing) |

\* På høyfjell og fjordspenn var det til og med revisjon 5.0 av denne standarden tillatt å benytte en dimensjonerende vindhastighet på 1,0 m/s. Dette var basert på en antakelse om at det blåste minst 1,0 m/s mesteparten av tiden på slike spenn. Nyere målinger gjort av Statnett på Sognefjorden har vist at dette ikke er tilfellet. Dersom det er ønskelig å dimensjonere nye ledninger for en høyere minimum vindhastighet enn 0,6 m/s må faktisk minimum vindhastighet dokumenteres gjennom vindmålinger.

\*\* Når liner aldres får de en mattere overflater, som medfører høyere emissivitets- og absorpsjonskoeffisienter. Verdiene som er valgt ovenfor er representativ for en aldret line. Nye, blanke liner vil ha lavere verdier for disse koeffisientene, men i Statnett er det ikke nødvendig å bruke lavere verdier i de første årene av linenes levetid, fordi alle nye liner blir mattet i fabrikken. I beregningene skiller man derfor ikke mellom nye og gamle liner. Alle liner kan antas å allerede være "aldret" pga. matting i fabrikk.

\*\*\* Det er veldig liten forskjell på termisk grenselast enten beregningene gjøres for Lindesnes eller Nordkapp. Derfor er 65 grader valgt som en representativ breddegrad for hele landet.

\*\*\*\* I høyden vil den termiske grenselasten avta noe pga. lavere avkjøling til tynn luft, men forskjellen i termisk grenselast mellom havnivå og 1000 m.o.h. er bare 1-2 %. Som oftest vil det være høyere vindhastighet og lavere lufttemperatur i høyden enn i lavlandet, slik at lavtliggende deler av ledningen uansett blir dimensjonerende.

Følgende parametre vil varieres avhengig av ledningen, og må derfor velges for hver beregning:

- Linetype
- Antall delledere (simpleks, dupleks eller tripleks)
- Maksimal linetemperatur

## 6.2 Beregningsmetode

Det finnes flere anerkjente modeller for beregning av termisk grenselast, hvorav de viktigste er:

- CIGRÉ TB 207 (2002) Thermal behaviour of overhead conductors [2]
- CIGRÉ TB 601 (2014) Guide for thermal rating calculations of overhead lines [3]
- IEEE Std 738-2012 Standard for calculating the current-temperature relationship of bare overhead conductors [4]

Forskjellene mellom resultatene fra beregningsmodellene til IEEE og CIGRÉ er små, vanligvis 1-2 %.

De nyeste standardene fra IEEE og CIGRÉ (fra hhv. 2012 og 2014) er bedre egnet for å beregne termiske grenselaster og linetemperaturer for høytemperaturliner.

Statnett har valgt å standardisere på beregningsmetoden som er beskrevet i CIGRÉ TB 207 [2]. For å utføre beregninger skal det brukes anerkjent programvare som har denne beregningsmodellen.

Det foreligger beregningsresultater etter denne beregningsmetoden for alle kjente linetyper i Statnett i [SDOK-39-57 Tabeller – Termiske grenselaster for kraftledninger](#).

Det gjøres oppmerksom på at CIGRÉ 207 ikke er egnet for beregninger for høytemperaturliner. Krav for dette vil komme i en fremtidig revisjon av denne tekniske standarden. Inntil videre skal fagansvarlig for kraftledning elektromekanisk kontaktes for å avklare hvordan beregninger på høytemperaturlines skal utføres.

Det gjøres også oppmerksom på at CIGRÉ 601 antakelig vil tas i bruk i fremtiden, både for høytemperaturliner og vanlige liner, men tidspunkt for implementering er ikke bestemt p.t.

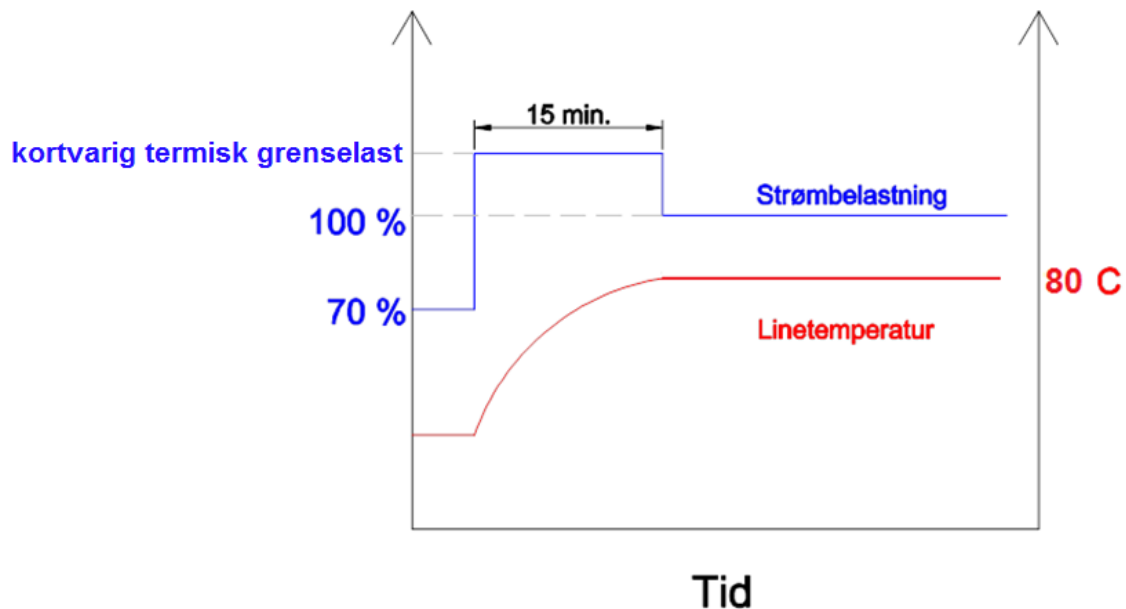
### 6.2.1 Linetemperatur for beregning av kontinuerlig grenselast

Kontinuerlig termisk grenselast skal beregnes ved maksimal linetemperatur, men ikke høyere enn 90 °C. Det betyr f.eks. at hvis ledningen er dimensjonert for maksimal linetemperatur på 100 °C, skal kontinuerlig termisk grenselast fortsatt beregnes ut fra linetemperatur på 90 °C. Den maksimale linetemperaturen skal i dette tilfellet kun utnyttes for kortvarig grenselast.

Grunnen til dette er at aluminium vil gjennomgå gløding ved temperaturer over 90 °C. Dette svekker den mekaniske styrken i linen, men prosessen skjer svært sakte ved 100 °C. Når man tar i betraktning at minst halvparten av den mekaniske styrken i en FeAl-line kommer fra stålkjernen, og at drift over 90 °C skal begrenses til 15 minutter i unntakstilfeller, vil svekkelsen av linen gjennom gløding av aluminium være neglisjerbar.

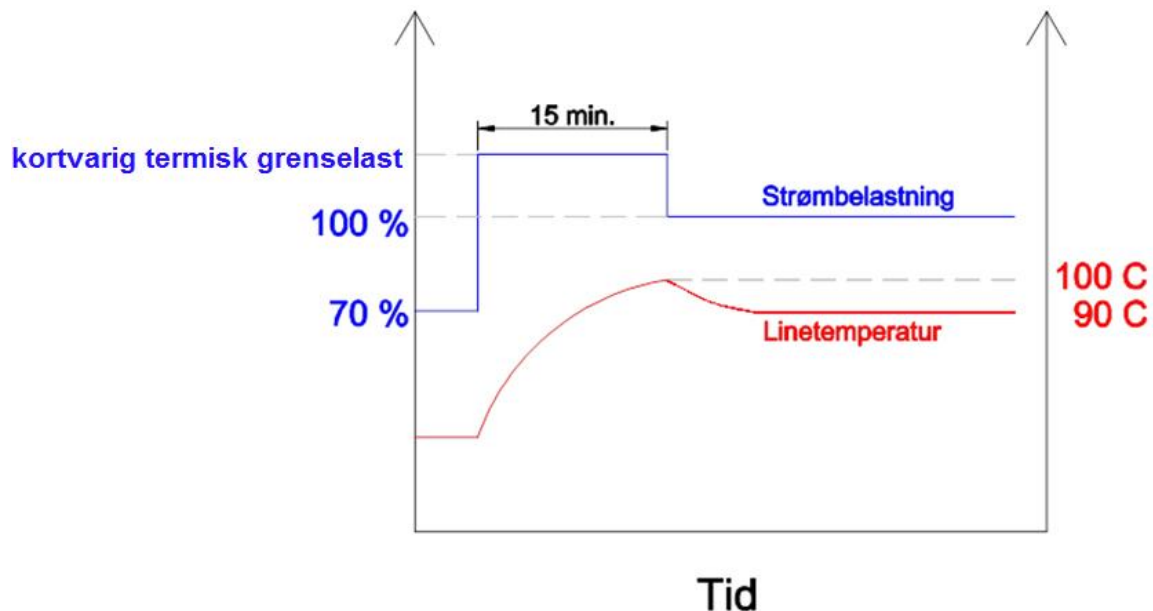
### 6.2.2 Linetemperatur for beregning av kortvarig grenselast.

Kortvarig termisk grenselast skal beregnes for maksimal linetemperatur, men ikke over 100 °C. Det forutsettes at linen driftes på 70 % av kontinuerlig grenselast og har nådd stasjonær temperatur før den kortvarige grenselasten kjøres. Figur 2 viser et eksempel på hendelsesforløpet som skal legges til grunn for beregning av kortvarig termisk grenselast.



**Figur 2** - Hendelsesforløpet ved bruk av kortvarig grenselast for en ledning som har 80 °C som maksimal linetemperatur

I Figur 3 vises hendelsesforløpet som skal legges til grunn for beregning av kortvarig grenselast på en ledning som har maksimal linetemperatur på 100 °C. Merk at strømbebelastningen i begynnelsen skal være 70 % av kontinuerlig grenselast ved 90 °C.



**Figur 3** – Hendelsesforløp ved bruk av kortvarig grenselast for en ledning som har 100 °C som maksimal linetemperatur.

## 7 Referanser

- [1] CIGRÉ, «TB 299 - Guide for selection of weather parameters for bare overhead conductor ratings,» 2006.
- [2] CIGRÉ, «TB 207 - Thermal behaviour of overhead conductors,» 2002.
- [3] CIGRÉ, «TB 601 - Guide for thermal rating calculations of overhead lines,» 2014.
- [4] IEEE, «Std. 738-2012 - Standard for Calculating the Current-Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors,» 2012.
- [5] K. Halsan og D. Loudon, *Notat - Termisk grenselast, definisjoner og begrunnelse for 100 C drift, 21.11.2015, IFS 3850602.*

# Teknisk standard

## Beregning av termisk grenselast på kraftledninger

### Revisjonslogg SDOK-39-30:

Revisjon	Godkjent	Godkjent av	Beskrivelse
6.0 <a href="#">Vis endringer</a>	10.05.2023	<a href="#">Leif Halvor Moen</a>	Flyttet tabeller med beregningsresultater til SDOK-39-57 og la til beregninger for 35 og 40 °C lufttemp. Fjernet 1,0 m/s som standard dim. vindhastighet på fjordspenn og spenn i høyfjellet. 0,6 m/s gjelder som standardverdi for alle typer spenn.
5.0 <a href="#">Vis endringer</a>	23.06.2021	<a href="#">Greta Bjørnbeth</a>	Ingen endringer er utført fra forrige versjon
4.0 <a href="#">Vis endringer</a>	19.04.2018	<a href="#">Greta Bjørnbeth</a>	Små korreksjoner av grenselaster pga. feil i beregning magnetiseringstap. Beregninger for flere linetyper og maksimale linetemperaturer lagt til.
3.0 <a href="#">Vis endringer</a>	21.12.2017	<a href="#">Greta Bjørnbeth</a>	Informasjonen i teknisk spesifisering er nå definert som åpen og ikke konfidensiell
2.0 <a href="#">Vis endringer</a>	16.08.2017	<a href="#">Greta Bjørnbeth</a>	I spesifiseringen er det lagt til tabeller på termisk grenselast for de ulike linetyper, slik at alle slipper å gjøre beregninger på overføringsverdi
1.0 <a href="#">Vis endringer</a>	23.06.2016	<a href="#">Greta Bjørnbeth</a>	Første versjon