

# Teknikval för ledningar på högre spänningsnivåer

**Markkabel eller luftledning på 130 kV regionnätet**

Webbinarium Energiföretagen 19 maj 2022, Elisabet Norgren avdelningschef Projektplanering,  
Vattenfall Eldistribution

# Luftledning eller markkabel i 130 kV regionnät

Regionnäsägare har skyldighet att möjliggöra anslutning vid förfrågan från kund. Nätägaren ska också driva ett säkert, tillförlitligt och effektivt elnät till lägsta kostnad för alla kunder. Valet mellan markkabel eller luftledning baseras på flera aspekter: regelverk, teknik, ekonomi och miljö.

Att lägga markkabel istället för luftledning medför försvårande tekniska omständigheter och förhöjda kostnader för kundkollektivet, vilket innebär att markkabel endast kan användas i undantagsfall.



# Vår närmiljö påverkas av luftledning och markkabel på olika sätt

Många markägare och intressenter som påverkas av en ny kraftledning vill att ledningen ska förläggas som markkabel istället för luftledning, då det påverkar vår närmiljö:



En luftledning på regionnätet kan förändra landskapsbilden

I skogsmark kräver luftledning en trädfri skogsgata på minst 36 meter

Stolpplacering och stolptyp kan justeras för att minska påverkan på markanvändningen

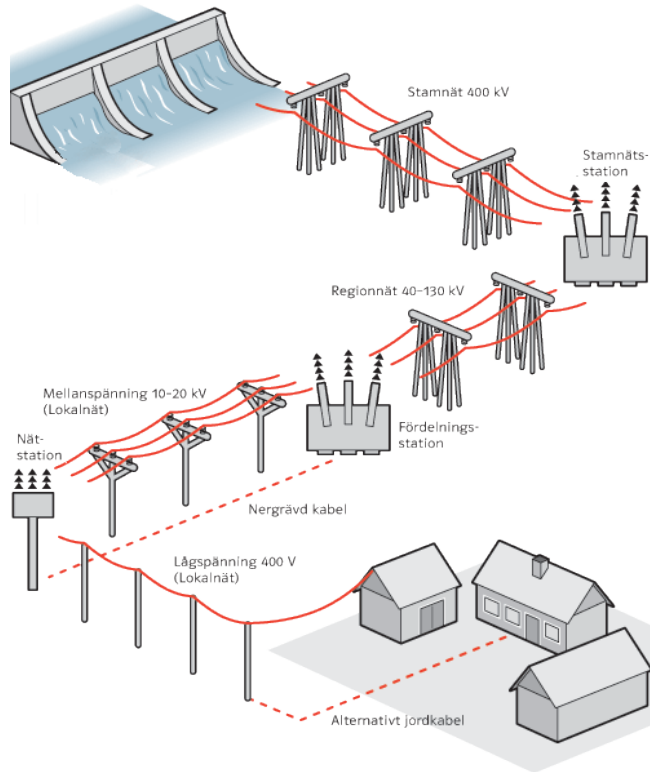


När kablar förläggs sker grävning och/eller sprängning

En markkabel kräver en trädfri skogsgata på 10-20 meter vid förläggning

Under kabelns livslängd måste en 6-8 m trädfri skogsgata upprätthållas

# En ledning är alltid en del av ett större system



- Produktion, förbrukning och ledningsnät samverkar
- Dynamiskt system
- Ska klara yttre påfrestningar
- En enskild ledning måste beaktas både ur ett lokalt perspektiv och ur ett systemperspektiv

# Stam-, region- och lokalnät – olika typer av system, struktur och funktion

## Stamnätet – ägs av Svenska kraftnät

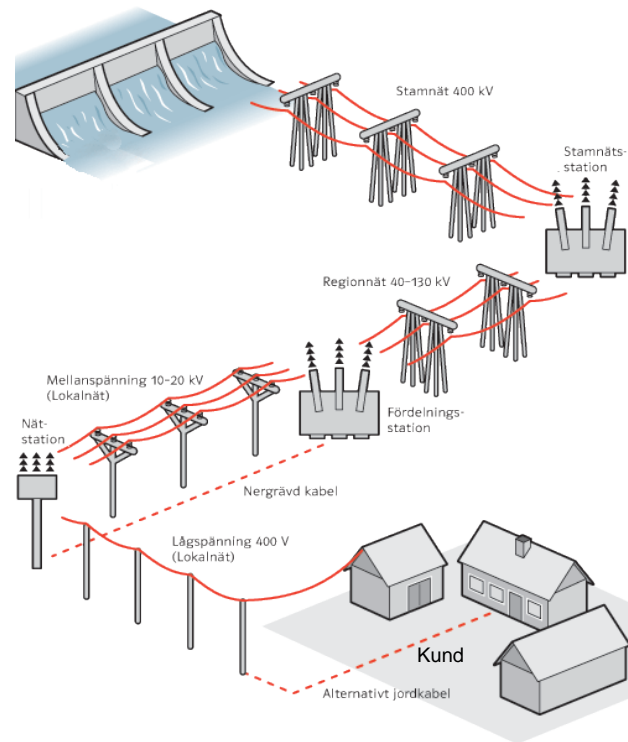
- Överför stor effekt långa sträckor, 220 eller 400 kV,
- Primärt växelström (AC), likström för i huvudsak utlandskablar (HVDC)

## Regionnät – ett fåtal regionnätägare

- Fördelar effekt från stamnät till regioner
- Höga spänningsnivåer 40 – 130 kV, växelström (AC)
- **Hög tillförlitlighet**
- Vattenfalls regionnät består av 98,2 % luftledning med träsäkrade ledningsgator
- Ledningskoncession

## Lokalnät – många lokalnätbolag

- Fördelar effekt från regionnät till företag och hushåll
- 0,4 – 20 kV, i huvudsak radiellt nät (en väg från en punkt till en annan)
- Luftledning med normalt smal ledningsgata, hängkabel eller markkabel
- Områdeskoncession



# Markkabel används främst i lokalnätet och i undantagsfall i regionnätet

## Lokalnät

- Flera lokalnätsägare
- 0,4 – 20 kV
- Luftledning, hängkabel eller markkabel



**Andel kabel: 70 %**

Förbättrar driftsäkerhet och sänker underhållskostnaden eftersom ledningsgatorna normalt inte är trädsäkra

## Regionnät

- Ett fåtal regionnätsägare
- 40 – 130 kV
- Dimensionerat för N-1\*



**Andel kabel: 1,8 %\*\***

Förbättrar inte regionnätets driftsäkerhet. Används där fysiskt utrymme för luftledning saknas, till exempel i tätbebyggd stadsmiljö

## Stamnät

- Ägs av Svenska kraftnät
- 220 - 400 kV
- Primärt växelström, utlandskablar HVDC



Foto: Svk

**Andel kabel: 1,3 %\*\*\***

Används där luftledning inte är möjligt, till exempel i tätbebyggd stadsmiljö. Även för vissa utlandsförbindelser (HVDC)

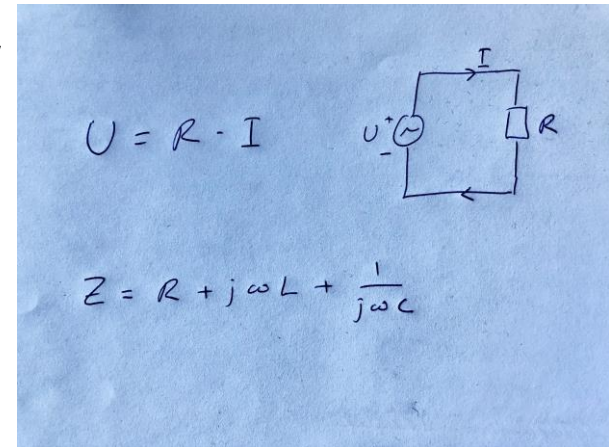
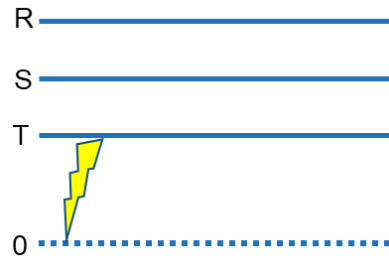
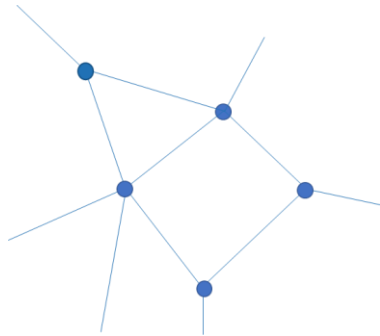
\* N-1: Elnätet klarar att tappa en godtycklig komponent utan att det blir avbrott

\*\* Baserat på Vattenfall Eldistribution regionnät, 2019

\*\*\* Entso-e 2017. HVDC inkluderar inte.

# Markkabel versus luftledning för växelström

- Olika elektriska egenskaper:
- $U=R \cdot I$  för likström dvs  $I=U/R$ , ju lägre  $R$  (motstånd) desto högre ström.  
”Strömmen väljer alltid väg efter det minsta motståndet”
- Växelspänning: fasförskjutning mellan spänning och ström, impedans istället för motstånd  $Z=R+j\omega L+1/j\omega C$
- Kablar har mycket lägre impedans än luftledningar
- Kablar har också en högre kapacitans ( $C$ ) än luftledningar



# Markkabel har tekniska nackdelar för elnätet som är komplexa att hantera

## Effektflöden och felströmmar



Kablar har låg impedans och drar därför på sig högre ström i ett maskat system. Det medför:

- Risk för oönskade effektflöden. Kablarna drivs därför oftast radiellt
- Ofta en dyrare dimensionering och fler ledningar
- Personssäkerhetsrisker som måste övervakas

## Resonans och transienter



- Nätets egenfrekvens påverkas av kabel
- Risk för stora svängningar och höga spänningar som skadar komponenter och orsakar avbrott
- Stor utmaning på höga spänningsnivåer
- Ju mer kabel, desto större risk, komplext att bedöma och åtgärda kräver därför försiktighetsprincip

## Reaktiv effekt



- Bildas i kablar pga fasförskjutningar
- Påverkar hur spänningen hålls i nätet
- Högre förluster
- Kräver kompensering med shuntreaktorer

**Utmaningarna kan till viss del lösas med extra utrustning, men ett till stor del kablifierat regionnät skulle vara omöjligt att hantera. Som försiktighetsprincip måste därför markkabel i regionnätet begränsas**



# Fler och svårare avbrott på markkabel drabbar både kunder och markägare

## Risk för avbrott

- En enskild kabel har ca 15 gånger högre risk för fel som kräver reparation, jämfört med luftledning\*
- Skarvar är en stor felkälla
- Markkablar för regionnät har många skarvar eftersom långa kablar är svåra att hantera (500-800 m mellan skarvar)
- Rörelser i marken som tjällossning eller yttre påverkan som grävning kan orsaka fel
- Kablar i ett maskat landsbygdsnät är sårbara för överspänningar och strömmar vid åsknedslag

## Felavhjälpning och reparation

- Visuell fellokalisering omöjlig vid kabelfel
- Lång reparationstid, 2-7 dagar (i värsta fall veckor) vilket beror på att särskild utrustning och personal behövs
- Reparationer innebär att en del av kabeln grävs upp

Som jämförelse är reparationstiden för luftledning normalt mindre än 24 h



Källa: SKSY TechRoids, 5 juni 2016

**Sammantaget har luftledning avsevärt högre tillgänglighet än markkabel**

# Luftledning är den långsiktigt hållbara tekniska lösningen på högre spänningsnivåer

- Att kablifiera hela regionnätet är tekniskt omöjligt då de tekniska aspekter och risker som uppstår inte kan hanteras
- Markförlagd kabel på korta sträckor är tekniskt möjligt, begränsas som försiktighetsprincip och används där det är det enda möjliga alternativet
- För att leva upp till likabehandling mot kunder och markägare används samma kriterier för att avgöra när markförlagd kabel är det enda möjliga alternativet.
- Nätägaren förordar teknikval i koncessionsansökan, Ei beslutar om koncession



**Luftledning är förordad teknik på högre spänningsnivåer då det idag är den enda tekniska lösningen som långsiktigt ger ett säkert, tillförlitligt och effektivt elnät**

# Frågor?