

# Priročnik Univerzalnih kablov



**EXCEL 3x10/10 mm<sup>2</sup>**  
**FXCEL 3x16/10 mm<sup>2</sup>**  
**AXCES 3x70/16 mm<sup>2</sup>**  
**AXCES 3x70/25 mm<sup>2</sup>**  
**AXCES 3x95/25 mm<sup>2</sup>**

**Univerzalni kabli  
v zemlji  
v vodi  
v zraku**

januar 2025

**NKT**





## NKT

### Priročnik univerzalnih kablov

NKT Falun je hčerinsko podjetje podjetja N K T, ki zaposluje 100.000 ljudi in izvaja svoje aktivnosti v več kot 130 državah.

**Divizija energetskih kablov iz Faluna** načrtuje, proizvaja in prodaja serijske in individualne kable za električno distribucijo, instalacije, za povezave k trgu telekomunikacij in elektro energetike. Divizija energetskih kablov nudi tudi montažne storitve za visokonapetostne projekte.

Podjetje ima na zalogi vse standardne izdelke. Njihov cilj je postati najboljši dobavitelj kablov in kabelskih sistemov za stranke, katerim veliko pomeni kvaliteta, dostava, natančnost in visok nivo storitev.

Če želite izvedeti več o podjetju NKT, oziroma o njihovih izdelkih, lahko naročite predstavitveni material (prospekte, navodila za projektiranje in montažo) pri njihovih poslovnih enotah.

Imate vprašanja, ki zadevajo njihove kable oziroma potrebujeta kakšen nasvet? Vedno se lahko obrnete na NKT, kakor tudi na njihovega zastopnika v Sloveniji MR d.o.o, kjer vam bomo z veseljem pomagali.

V NKT proizvajajo kable že od leta 1888 tako, da se lahko zanesete na njihove dolgoletne izkušnje. Niso usmerjeni le v visoko kvaliteto njihovih izdelkov, ampak tudi na natančnost njihove dobave. Njihove prioritete so tako posvečene planiranju, oblikovanju, montaži in vzdrževanju, s čemer zagotavljajo učinkovitost in varnost.

NKT  
Divizija energetskih kablov  
Box 731  
SE-791 29 Falun  
Švedska  
Tel. +46 23 684 00  
Fax. +46 23 685 90  
[www.ericsson.se/cables/power](http://www.ericsson.se/cables/power)  
E-mail: [marketing@eca.ericsson.se](mailto:marketing@eca.ericsson.se)

MR  
Podjetje za trgovino, proizvodnjo,  
montažo in inženiring d.o.o.  
Miklavčeva ulica 17, 2000 Maribor  
Slovenija  
Tel. +386 (0) 2 22 97 490  
Fax. +386 (0) 2 22 97 492  
[www.mr-ei.si](http://www.mr-ei.si)  
E-mail: [klaudija.sturm@mr-ei.si](mailto:klaudija.sturm@mr-ei.si)



## Kazalo

<b>Priročnik univerzalnih kablov .....</b>	<b>1</b>
<b>Koncept univerzalnega kabla – cenena in varna rešitev .....</b>	<b>3</b>
Projektiranje in konstrukcija kabla .....	4
Oprema .....	6
<b>Nasveti in navodila za načrtovanje.....</b>	<b>7</b>
<b>Električni vpliv na omrežje .....</b>	<b>8</b>
Zemljostični tokovi .....	8
Kratkostični tok.....	9
Padec napetosti (dobrota napetosti) .....	10
Atmosferska prenapetost.....	11
Neposredni udari strele .....	12
Inducirane prenapetosti .....	13
<b>Navodila za projektiranje.....</b>	<b>14</b>
Splošna navodila .....	14
Povezovanje kablov .....	14
Obremenitve zaradi sile vetra .....	16
Poseke, trase.....	17
Namestitev SN, NN in telekomovih kablov na istih stebrih .....	17
Prečkanje ceste ali železnice .....	18
Koti, dodatne nosilne sponke, spirale .....	18
Projektiranje nadzemnega voda z EXCEL kablom.....	19
Projektiranje nadzemnega voda z AXCES™ kablom.....	22
<b>Oprema .....</b>	<b>25</b>
Splošna navodila .....	25
Oprema za EXCEL in AXCES™ kable.....	25
<b>Montažna navodila .....</b>	<b>26</b>
Splošna navodila .....	26
Orodje .....	26
Vlečenje nadzemnega voda.....	27
Napenjanje – urejanje voda.....	29
Težavnejši vodi – strmina – dolžina – koti .....	31
Polaganje kabla v zemljo in vodo .....	32
Rokovanje s kablom.....	33
<b>Vzdrževanje.....</b>	<b>34</b>
Izkušnje iz uporabe .....	34
Padec drevesa.....	34
<b>Varnostni standardi.....</b>	<b>36</b>
<b>Univerzalni kabel EXCEL v rezervi .....</b>	<b>37</b>
<b>Tehnični podatki .....</b>	<b>38</b>
EXCEL 3x10/10 mm <sup>2</sup> , 12/24 kV .....	38
AXCES™ 3x70/16 mm <sup>2</sup> , 12/24 kV .....	41
AXCES™ 3x95/25 mm <sup>2</sup> , 12/24 kV .....	47
<b>Tabele za bobne.....</b>	<b>53</b>
<b>Reference za električne in neelektrične preizkuse, ki so jih opravili na univerzalnih kablilih</b>	
<b>EXCEL IN AXCES™ .....</b>	<b>54</b>
Električni preizkusi .....	54
Neelektrični preizkusi .....	55
Mnenje o ustreznosti univerzalnih kablov EXCEL in AXCES™.....	56
<b>Načrti karakterističnih obešanj in napenjanj nadzemnih kabelskih vodov z univerzalnimi</b>	
<b>kabli EXCEL in AXCES™ .....</b>	<b>57</b>

## Koncept univerzalnega kabla – cenena in varna rešitev

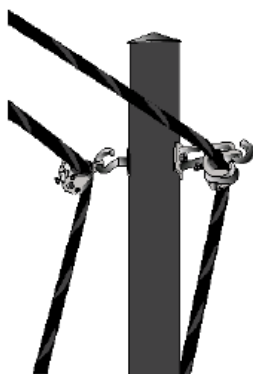
Distribucijo električne energije tradicionalno delimo na podzemne kable in nadzemne vode. Podzemni kable prevladujejo v urbanih naseljih, medtem, ko prevladujejo nadzemni vodi v podeželskih področjih. Koncept univerzalnega kabla to tradicijo spreminja z novim, bolj učinkovitim ter cenenim načinom distribucije električne energije na srednji napetosti.

Značilno za univerzalni kabel je, da ga lahko uporabljamo na celotni trasi (nad zemljo, v zemlji in v vodi). Montažo izvedemo glede na to, kakor nam v danem delu trase najbolj ustreza. Ker ne potrebujemo posebnih kablov do kabelskih transformatorskih postaj in odvodnikov prenapetosti, lahko optimiziramo naše stroške in varnost. Pri načrtovanju omrežja moramo upoštevati naslednje prednosti univerzalnih kablov:

- več svobode pri izbiri linije
- univerzalna uporaba (nad zemljo, v zemlji in v vodi)
- skupaj z nizkonapetostnimi in telekom kable
- manjši operativni stroški
- manjši stroški vzdrževanja
- estetičen (okusen) izgled
- odličen varnostni vidik (popolnoma izoliran z zaslonom)
- ni električnega polja, šibko magnetno polje

To vse nam daje osnovo za nov način mišljenja in odpira nove možnosti pri planiranju omrežja. Pomembno je, da te možnosti upoštevamo že pri planiranju voda tako, da lahko izrabimo vse prednosti univerzalnega kabla. S tem priročnikom želimo dati informacije o postopkih, ki so potrebni pri planiranju, oblikovanju in izbiri materialov ter gradbena navodila in navodila za vzdrževanje.

Koncept univerzalnega kabla je zasnovan tako, da nam nudi veliko večjo varnost v primerjavi s tradicionalnimi metodami.



## Koncept univerzalnega kabla – kaj je to?

Izraz »univerzalni kabel« ne predstavlja le konstrukcijo kabla, ampak predstavlja sistem s kablom, opremo in navodili. Da bi izkoristili vse tehnične in ekonomske prednosti tega sistema, moramo uporabiti sistem kot celoto z vsemi elementi, ki ga sestavljajo.

Sistem zajema široko paleto opreme in navodil, kot tudi napotke za planiranje in projektiranje. Tabele za projektiranje so v poglavju »Navodila za projektiranje« tega priročnika. Napotki in pravila za gradnjo so v poglavju »Gradbena navodila«, napotki za vzdrževanje pa so v poglavju »Vzdrževanje«.

Pomemben dejavnik novega sistema je omrežna varnost in zaščita. Univerzalni kabel je že v veliko primerih dokazal svojo varnost, dodatno testiranje pa je izvedel raziskovalni laboratorij EA Technology v Veliki Britaniji.

### Projektiranje in konstrukcija kabla

Univerzalni kabli imajo nekatere pomembne skupne lastnosti. Delovati morajo ne glede na to ali jih namestimo v zemljo, v zraku ali v vodi. Če ga polagamo pod zemljo, mora biti robusten in enostaven za polaganje. V vodi je pomembno, da je kabel gostejši od vode in da potone. Največja zahteva za konstrukcijo kabla pa je, da mora biti kabel samonosen, če ga uporabljamo za nadzemne vode.

Patent EXCEL in AXCES™ omogoča uporabo kablov za nadzemne vode tudi v najbolj težavnih pogojih, kot so nevihte, veter, težek sneg in led ter padci dreves.

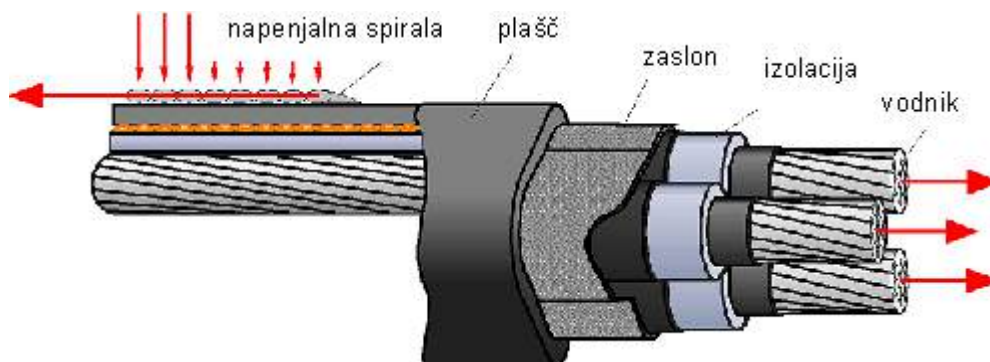


*EXCEL 3x10/10 mm<sup>2</sup>, 12 kV*

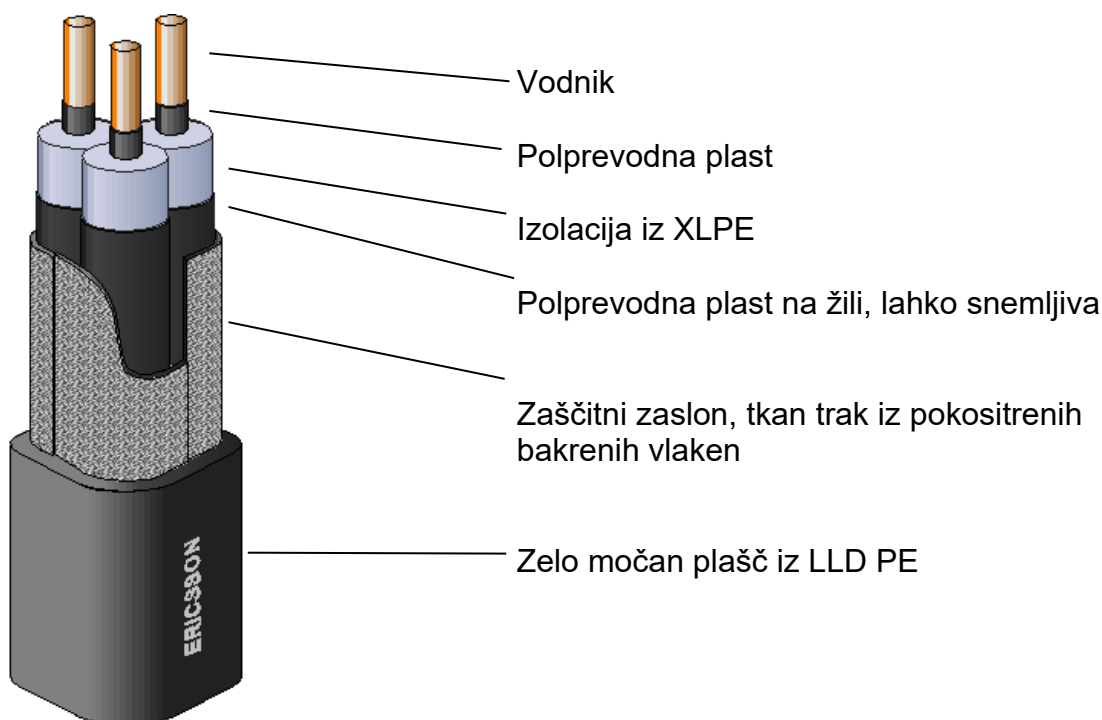


*AXCES™ 3x95/25 mm<sup>2</sup>, 24 kV*

V samonosilnem kablu tipa EXCEL/AXCES™ večino vlečne sile prevzemajo vodniki. Ker so vodniki pod električno napetostjo, natezna sila ne sme delovati neposredno na vodnike. Vzdolžne sile moramo preusmeriti na zunanji plašč in izolacijo sistema, vendar izolacije ne smemo poškodovati. Kako to izvedemo kaže slika prečnega preseka univerzalnega kabla (spodaj).

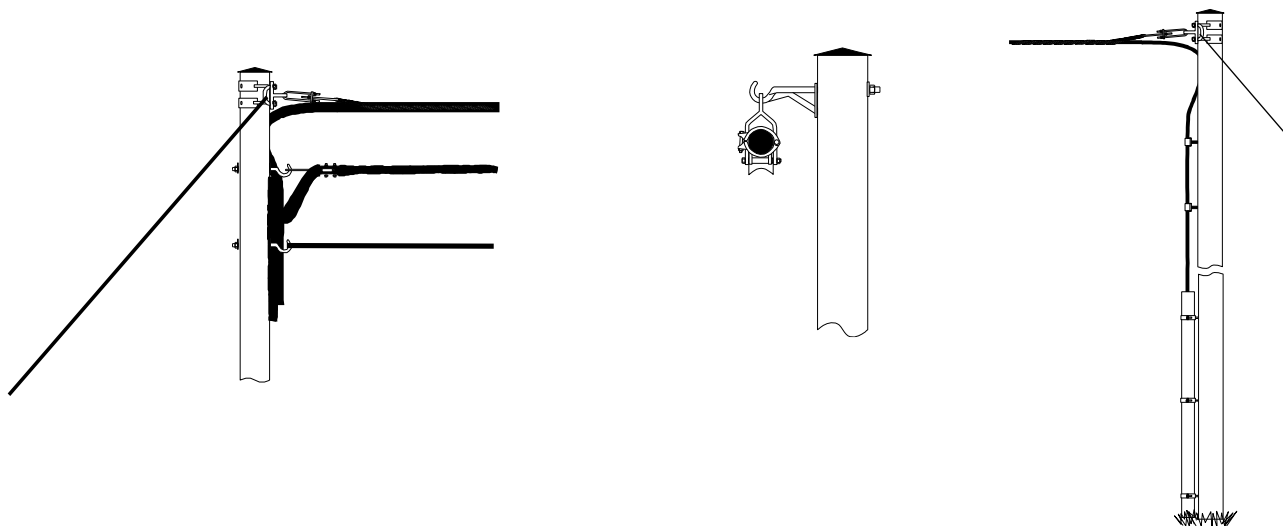


Oprema, kot je nosilna sponka in napenjalna spirala kabla sta lahko izpostavljeni dolgo časa velikim silam, na primer dodatni obtežbi kot je sneg, ki se oprime kabla. Kabli so izdelani tako, da se plasti med seboj ne drgnejo eno ob drugo, tako da bakrena vlakna ne prodrejo v polprevodno plast žile. Klasični kabli, ki se uporabljajo v zemlji, teh zahtev ne izpolnjujejo. Univerzalni kabli EXCEL/AXCES™ so zaradi svoje posebne konstrukcije primerni kot samonosilni kabli.



## Oprema

Za pravilno izvedbo in uporabo sistema univerzalnega kabla moramo imeti ustrezno opremo za namestitev kabla na drogovih, v zemlji ali v vodi.



Uporabljati smemo le opremo, ki jo je odobril proizvajalec kabla. Le v tem primeru, bo kabel in celotna instalacija ustrezala projektnim zahtevam.

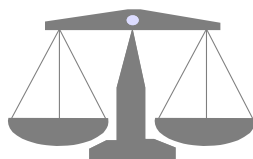
Priporočamo, da uporabljate le opremo, ki je opisana v teh navodilih in ki je odobrena s strani NKT. V primeru nejasnosti ali dvomov se posvetujte z NKT ali MR d.o.o., Maribor.



## Nasveti in navodila za načrtovanje

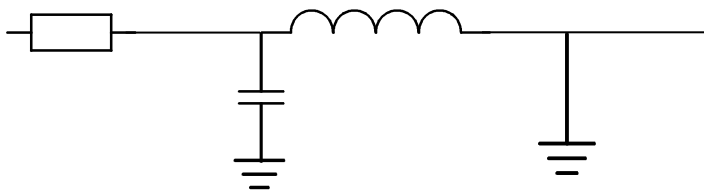
V fazi načrtovanja je potrebno dobro pretehtati topografijo trase voda. Ta je često odvisna od vrste izvedbe, kot je n. pr. rekonstrukcija starega voda, nova instalacija ali razširitev obstoječega omrežja. Možnosti, ki jih omogočajo univerzalni kabli (polaganje v zemljo, nad zemljo ali celo v vodo ter kombinacije tega) nudijo veliko svobode pri izboru tras. Uporaba univerzalnega kabla pomeni, da ne potrebujemo posebnih podzemnih kablov za povezavo na nadzemni vod, ampak enostavno uporabimo isti kabel brez prekinitev za vsaki del trase.

Izbior najboljše trase ima pomemben delež pri doseganju najboljše ekonomičnosti omrežja.



Dejavniki, ki jih moramo upoštevati pri izboru trase so:

- Možnost uporabe že obstoječe NN ali telekomove trase
- Večja svoboda pri postavitvi transformatorjev
- Za transformatorske priključke ne potrebujemo prenapetostnih odvodnikov in posebnih kablov
- Manjša občutljivost kabla na atmosferske prenapetosti, v primerjavi z golimi vodniki in polizoliranimi vodniki
- Možnost namestitve kabla ob cestah, za lažji pregled trase iz avtomobila
- Velika stopnja varnosti zahteva uporabo kabla, kjer gole ali polizolirane vodnike ne moremo uporabiti
- Manjši pogonski in vzdrževalni stroški omrežja
- Izgled, saj se kabel manj vidi in lahko uporabljamo manjše varnostne višine (4,5m na podeželju in 6m v predmestnih področjih) ali pa ga položimo v zemljo.



Pri odločitvi za kabel je pomemben tudi električni dejavnik, saj ima kabel kapacitivno breme, ki je mnogokrat v prid v podeželskih omrežjih. V primerjavi z golim ali polizoliranim vodnikom je padec napetosti manjši v univerzalnem kablu. Več o tem v naslednjem poglavju.

Zaključek: Potrebno je izdelati študijo o varčni uporabi kabla, npr.: analizo LCC ali njej podobno, ki upošteva poleg direktnih stroškov tudi stroške v teku življenjske dobe, da bi lahko bolj natančno določili stroškovno učinkovitost v primerjavi z golimi ali polizoliranimi vodniki.



## Električni vpliv na omrežje

Kabelsko omrežje ima drugačne električne lastnosti, kot omrežja, ki so grajena iz golih ali polizoliranih vodnikov, pa naj bodo kabli položeni pod zemljo ali pa prosto visijo med stebroma. Kabel, ki visi v zraku med stebroma, lahko obravnavamo enako kot kabel, ki je zakopan v zemljo. Uporabljamo lahko enake metode za ozemljevanje in računanje zemljostičnih tokov.

Bistveno je da je kabel kapacitivno breme medtem, ko je nadzemni vod induktivno breme.

Ko se odločamo za odklopnike, moramo upoštevati dejstvo, da ima kabel z majhnim bremenom kapacitivni tok s faznim kotom skoraj  $90^\circ$ . Odklopnik ima lahko pri majhnem kapacitivnem toku težave z izklapljanjem.

## Zemljostični tokovi

Uporaba kabla v omrežju nam 30 do 50 krat poveča kapacitivni zemljostični tok v primerjavi z golim ali polizoliranim vodnikom. Zato moramo izbrati odklopnike z ustrezno izklopno zmogljivostjo kapacitivnega bremena.

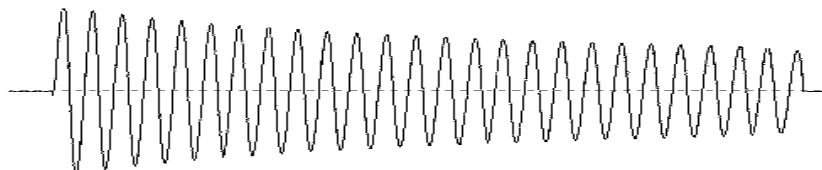
Ozemljitev instalacije je določena s predpisi. Na posredno ozemljenih visokonapetostnih omrežjih je zemljostični tok odvisen od priključitve omrežja na ozemljitev. Kapacitivni zemljostični tok v neozemljenem kabelskem omrežju je lahko med 0.7 do 2.8 A/km, odvisno od velikosti vodnika in napetosti (v naših omrežjih je ta tok omejen z nizko ohmskim uporom v zvezdišču sistema na 150 A).

Često zmanjšujemo zemljostični tok z dušilko med zvezdiščem transformatorja in zemljo, s čemer kompenziramo kapacitivni zemljostični tok.

Zvezdišče transformatorja z dušilko, za kompenzacijo zemljostičnega toka



## Kratkostični tok



Kabel EXCEL 3x10/10 mm<sup>2</sup>, 12 in 24 kV z vodniki preseka 10 mm<sup>2</sup> ima omejeno kratkostično vzdržljivost: 2 kA v 1 s, kar mnogokrat omeji uporabo le-tega na radialno omrežje ali na prenos električne energije do oddaljenih posebnih porabnikov (npr. telekomunikacijskih relejev).

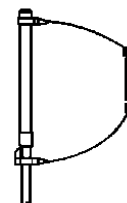
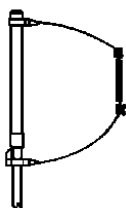
Zaradi malega preseka vodnikov ima kabel relativno veliko upornost, ki se večja z večanjem temperature, na primer pri kratkem stiku. To dejstvo omeji kratkostični tok, če le-ta ni blizu točke napajanja. Izračuni in kratkostični testi, ki so jih izvedli v NEFI visokonapetostnih laboratorijih v Skien-u na Norveškem so pokazali, da EXCEL 3x10/10 mm<sup>2</sup> omeji kratkostične toke pod 2 kA v 1s, če je ta daljši kot 500 m na 10 kV in 1000 m na 20 kV omrežju.

Če pa je EXCEL 3x10/10 mm<sup>2</sup> izpostavljen kratkostičnemu toku, ki je večji od 2 kA v 1 s (ali enakovrednemu toku v krajšem času) pregori pri kabelskem čevlju, saj ima tam vodnik malo manjšo površino in nima nobenega ohlajevanja zaradi izolacijskega materiala. To se zgodi preden se kabel poškoduje in lahko bi rekli, da se kabel tudi tako v določeni meri sam zaščiti.

Kako zaščititi kabel? Odgovor na vprašanje je odvisen od mnogih dejavnikov, kot so dolžina kabla, verjetnost okvar, kakšno vrsto okvare lahko pričakujemo, kakšna zaščita je uporabljena v nadzemnem omrežju, kakšne vrste posledic lahko dovolimo in tako naprej.

Pri kablu uporabljenem za radialni vod so varovalke nameščene pred vodom tako, da te varujejo kabel pred preobremenitvijo in okvarami na transformatorju. Če kabel poškoduje zunanji dejavnik, bo to pripeljalo do zemeljskega stika in ga bo izklopila zaščita v RTP.

Kabel lahko zaščitimo z varovalkami ali odklopnikom na začetku voda ali pa tudi ne, ker je možnost okvar zelo majhna. V primeru zaščite z varovalkami lahko pride do problemov pri enopolnem vklopu ali izklopu varovalke, ko zaščita v RTP to začuti kot nesimetrično obremenitev ali zemeljski stik in izklopi omrežje.



## Padec napetosti (dobrota napetosti)

$$U = R \cdot I$$

$$\mu F$$

$$mH$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$



»Voltage-goodness« je pojem, s katerim z različnimi kriteriji opišemo kvaliteto dobave električne energije. Tako kot visokonapetostna stran ima tudi nizkonapetostna stran vpliv na »voltage goodness« in če zamenjamo gole ali polizolirane vodnike s kablom se izboljša »voltage-goodness«. Impedanca omrežja se zmanjša, kratkostična moč se prav tako zveča medtem, ko se zmanjša nihanje napetosti.

Kabel ima, kot smo omenili kapacitivno breme medtem, ko imajo goli ali polizolirani vodniki induktivno breme. Kar pomeni, da je napetostni padec pri EXCEL/AXCES™ manjši, kot pri golem ali polizoliranem vodniku, ker je induktivni napetostni padec v kablu skoraj nič. Navadni nadzemni vod ima okoli 0.4 Ω/km, AXCES™ 3x95 mm<sup>2</sup> pa ima 0,09 Ω/km induktivne upornosti, (oglejte si spodnjo tabelo). Vrednosti veljajo za breme 100 A pri temperaturi zraka 20 °C.

	Upornost Ω/km	Skupna Impedanca Ω/km	Padec napetosti/km 10 kV faza-faza pri 100 A obremenitvi	Padec napetosti/km 20 kV faza-faza pri 100 A obremenitvi
<b>AXCES™ 3x95</b>	0.32	0.33	0.59 %	0.29 %
<b>BLX 99 mm<sup>2</sup></b>	0.35	0.53	0.95 %	0.47 %
<b>BLX 157 mm<sup>2</sup></b>	0.22	0.46	0.83 %	0.42 %
<b>BLX 241 mm<sup>2</sup></b>	0.14	0.42	0.76 %	0.38 %

Iz tabele je razvidno, da lahko z AXCES™ kablom pod normalnimi bremenskimi pogoji zvečamo razdaljo med transformatorskimi postajami za 40 do 50 % glede na navaden goli ali polizolirani nadzemni vod. Uporaba AXCES™ kabla nam daje možnost za zmanjšanje padcev napetosti. Padec napetosti pri kablu AXCES™ 95 mm<sup>2</sup> lahko primerjamo z vodom s polizoliranimi vodniki preseka 241 mm<sup>2</sup>.

Fenomen, ki nastane pri dolgih kablkih in malih bremenih, je porast napetosti. Dejavniki, ki vplivajo na porast napetosti, razen dolžine kabla so še majhno breme, majhne kratkostične moči in majhen transformator na koncu kabla. Preprosta rešitev problema je ta, da uporabimo večji transformator na koncu kabla in tako kompenziramo porast napetosti, hkrati pa bomo dobili stabilno omrežje. Ta fenomen ima največje vplive na daljših vodih (več kot 5 do 10 km), z bremenimi nekaj kVA, ko je porast napetosti nekaj odstotkov.



## Atmosferska prenapetost

Na področjih, kjer imamo težave z inducirano atmosfersko prenapetostjo ima kabel veliko prednost v primerjavi z golimi ali polizoliranimi vodniki. Naštajmo nekaj glavnih točk:

- Isti kabel za zemljo in zrak
- Po izkušnjah sodeč je kabel mnogo manj izpostavljen problemom atmosferske prenapetosti kot goli ali polizolirani vodniki
- Veliko manjša možnost neposrednega udarca strele v EXCEL/AXCES™ univerzalni kabel kot pri golih ali polizoliranih vodnikih
- Prekinitve zaradi atmosferske prenapetosti so dosti redkejše, če uporabljamo EXCEL/AXCES™

Obstajajo tri različne oblike nadzemnih vodov s tremi različnimi lastnostmi, in sicer:

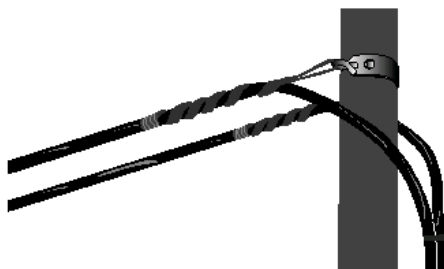
Kabel (EXCEL/AXCES™)		<p><b>Oblika</b></p> <p>Vodnik Polprevodna plast Izolacija Polprevodna plast na žili Zaščitni zaslon Plašč</p> <p><b>Brez zunanega električnega polja</b></p>
AXSUS		<p><b>Oblika</b></p> <p>Vodnik Polprevodna plast Izolacija Polprevodna plast na žili</p> <p><b>Šibko zunanje električno polje</b></p>
Gol ali polizolirani vodnik		<p><b>Oblika</b></p> <p>Vodnik Pokrivalo</p> <p><b>Močno zunanje električno polje</b></p>

## Neposredni udari strele

Možnost neposrednega udara strele v EXCEL/AXCES™ univerzalni kabel, ki je postavljen nadzemno, je mnogo manjša kot pri golih ali polizoliranih vodnikih, pravzaprav ni veliko večja kot pri kablu, ki je nameščen v zemljo.

Zaslon EXCEL/AXCES™ predstavlja zemeljski potencial okrog kabla. Zato se zrak okoli kabla ne ionizira kot se to primeri pri golih ali polizoliranih vodnikih, kar zmanjša možnost udarca strele v napeljavo. Tudi zunanji plašč »PE« izolira ozemeljen zaslon, kar prav tako zmanjša verjetnost udarca strele. Pri nadzemnem kablu je seveda večja verjetnost, da vanj udari strela kot pa v kabel, ki je v zemlji.

Neposreden udarec v kabel bi verjetno povzročil okvaro, ki jo moramo odpraviti ne glede na to ali je kabel nameščen pod ali nad zemljo. Verjetnost udarca strele lahko zmanjšamo tudi z ozemljilno vrvjo nad nadzemnim kablom. Vrv daje še dodatno zaščito v primeru, če na kabel pade drevo, kar pa je bolj pomembno pri EXCEL kablu, ki ima manjšo mehansko vzdržljivost.



## Inducirane prenapetosti

Z induciranimi atmosferskimi prenapetostmi imamo opravka pri vseh električnih vodnikih, ki so izpostavljeni neregularnim elektromagnetnim poljem, kot je n. pr. strela. Te težave z induciranimi prenapetostmi so prisotne pri vseh tipih električnih vodnikov: goli ali polizoliranimi vodniki, kabli na stebrih in tudi kabli v zemlji. Ta fenomen ima različne posledice odvisno od koncepta omrežja.

**Pri golem vodniku** inducirana prenapetost v vodniku povzroči preskok, po navadi med fazo in konzolo. Preskok bo povzročil oblok frekvence 50 Hz, s tokom odvisnim od omrežja. Nato oblok potuje po vodniku v smeri bremena in po navadi ne naredi škode dokler se napajanje ne prekine. Po ponovnem vklopu se vzpostavi normalno napajanje. Slaba stran tega je začasna prekinitve napajanja.

**Pri polizoliranih vodnikih** inducirana prenapetost v vodniku povzroči preskok enako kot pri golih vodnikih. Prav tako se bo pojavil oblok frekvence 50 Hz, ker pa ne more zaradi izolacije potovati po vodniku, lahko vodnik pregori, če ni zavarovan z zaščitnimi rogljiči. V primeru te zaščite bo prišlo do prekinitve napajanja, tako kot pri golem vodniku.

**Pri kablu**, ki ima zaslon ali ekran pa se bo prenapetost inducirala v zaslonu. Zaslon je na obeh koncih ozemljen in elektrina bo odvedena v zemljo. Pri velikih dolžinah kabla, kjer sta točki ozemljitve tako daleč narazen, da jih potujoča elektrina, kot posledica inducirane prenapetosti ne doseže, si elektrina najde najbližjo pot do zemlje skozi plašč kabla. Ta potujoča elektrina z inducirano prenapetostjo ima sorazmerno majhno energijo, zato bo na plašču kabla nastala majhna luknjica, kar pa ne predstavlja okvare ali poškodb kabla tako, da se napajanje porabnikov lahko nadaljuje brez prekinitve.

Ta fenomen najdemo tako pri nadzemnih kabljih kot tudi pri tradicionalnih podzemnih kabljih in zaradi tega ni v praksi nobenih težav.



## Navodila za projektiranje

### Splošna navodila

V fazi načrtovanja, ko trasiramo novo linijo je pomembno, da upoštevamo nove možnosti, ki nam jih omogoča uporaba univerzalnega kabla. S kombinacijo različnih možnosti kabla: v zraku, v zemlji in v vodi lahko dosežemo manjše investicijske kot tudi obratovalne in vzdrževalne stroške. Izbira lokacije transformatorskih postaj je enostavnejša, kabel lahko polagamo ob cestah v zemljo ali pa ga namestimo skupaj z NN in Telekomovimi vodi na isti drog.

Za EXCEL kabel je EBR (Swedish Electricity Users) objavila standard za projektiranje K28:96, kjer so dane smernice za projektiranje in splošni nasveti; ta standard velja tudi za AXCES<sup>TM</sup> kable.

Pri projektiranju moramo upoštevati določene smernice, da bo montaža kabla čim enostavnejša. Med mnogimi drugimi stvarmi moramo preventivno določiti, kje bomo postavili spojke in končnike ter kakšne dolžine kablov bomo naročili.

### Povezovanje kablov

Možnih je več načinov za izvedbo povezav kablov, najpogostejše pa so:

- *Direktna povezava s spojko za nadzemno in podzemno povezovanje kablov*
- *Prekinjena povezava s kabelskimi glavami preko podpornih izolatorjev ali odvodnikov na nosilcu (direktno ali odcep)*
- *Prekinitvena povezava s kabelskimi glavami preko kabelskega ločilnika QUICKSEC (direktno ali odcep)*
- *Povezava kablov s kabelskimi glavami z zankanjem (s »šivanjem«)*

Vsi navedeni načini služijo istemu namenu, izberemo tistega, ki ustreza zahtevam ločilnega mesta, izgleda in lokacije. Ker na kablu ne pričakujemo takšnih okvar kot na golih ali polizoliranih vodnikih, je potreba po sekcijskih ločitvah manjša. Neposredne povezave kablov s spojkami ali s kabelskimi glavami v kabelskem ločilniku QUICKSEC<sup>®</sup> imajo tudi to prednost, da so popolnoma izolirane.

#### Neposredna povezava s kabelsko spojko

Kabel je pritrjen na steber s spiralami, povezava kablov s kabelsko spojko je lahko na stebru, v zemlji ali v razpetini. Povezava s spojko ima prednost, ker je v celoti izolirana kot sam kabel.

Problem je ločitev na mestu spojke v primeru okvare kabla. Vendar je tudi to možno s preprostim prerezom kabla in izvedbo »začasnih« končnikov tako, da je lahko neokvarjena stran pod napetostjo, ko se okvara popravlja.

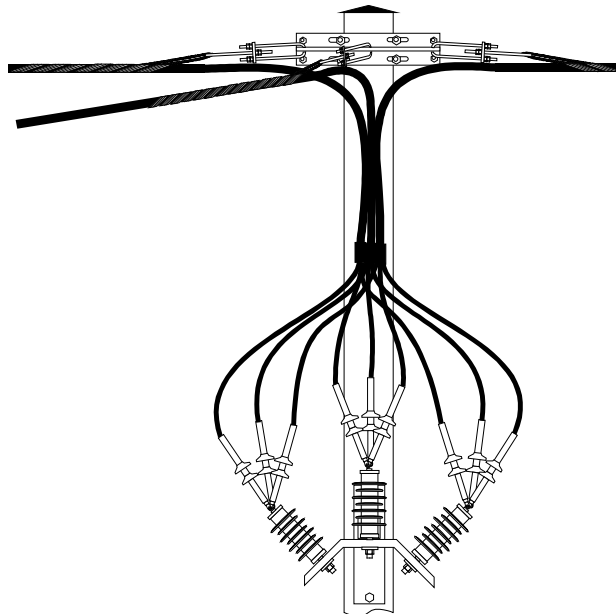
Po odpravi okvare izvedemo novo spojko na mestu, kjer smo prerezali kabel.



### Povezava kablov s končniki preko odvodnikov ali podpornih izolatorjev na nosilcu

Povezave s končniki na izolatorjih ali odvodnikih prenapetosti so ustrežnejše od spojke, ker lahko hitro izvedemo ločitev obeh delov kabla. Izolatorji so montirani na nosilec, ki ga uporabljamo tudi za odvodnike prenapetosti. Priporočljivo je da so pod kablom. Za zaščito pred pticami se priporoča zaščitna kapa.

Takšen vod ni polno izoliran zaradi odprtih kontaktov na mestu povezave.



### Povezava kablov (s končniki) preko kablanskega ločilnika QUICKSEC

Kable namestimo po stebru navzdol v zemljo in jih priključimo na kablanski ločilnik v ozemljenem ohišju. Ta način se odlikuje s preprosto ločitvijo povezave.

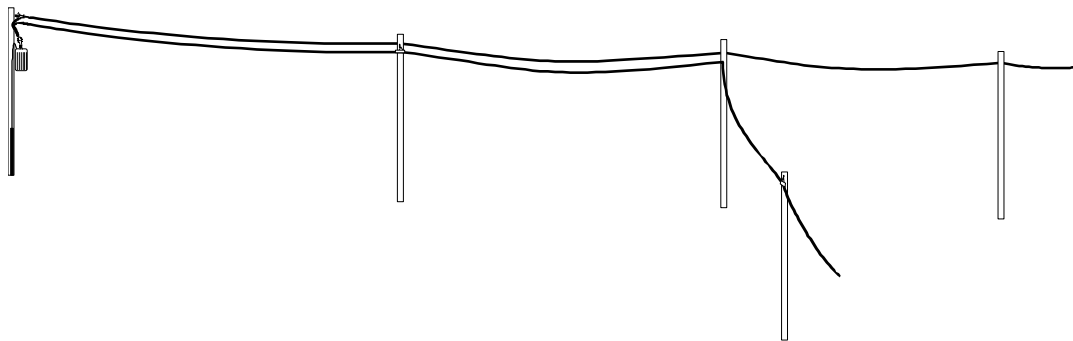
S pomočjo kablanskega ločilnika v ozemljenem ohišju lahko izgradimo popolnoma izoliran in pred dotikom varen vod, z najvišjo stopnjo varnosti pred električnim udarom, saj je z ozemljenim zaslonom kabla in ohišjem ločilnika onemogočen dostop do vodnikov in delov pod napetostjo.

Izvedba s kablaskim ločilnikom pa istočasno omogoča dvostransko napajanje odcepa, saj kablaski ločilnik nadomešča odcepni ločilnik in oba dovodna ločilnika.

Kablaski ločilnik lahko postavimo takoj ob drogu ali pa tudi dalje, kjer je ustrežnejše.

### Povezava kablov (s končniki) z zankanjem (s »šivanjem«)

Če je odcep od glavnega kablanskega voda do transformatorske postaje dolg le nekaj razpetin, je večkrat preprostejše in cenejše, če izvedemo odcep s kablom glavnega voda do transformatorske postaje in nazaj. V tem primeru so možnosti okvar zmanjšane na minimum, uporabljeni sta samo dve garnituri končnikov in povečana je varnost pred električnim udarom.



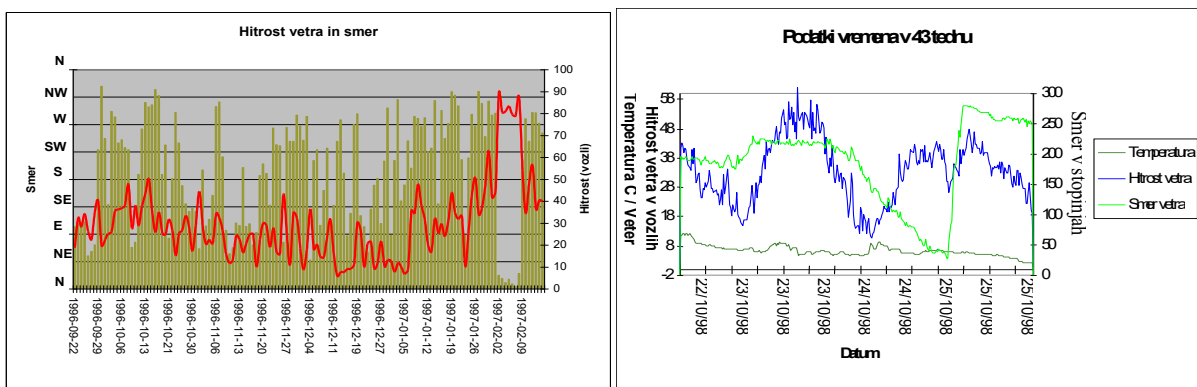


## Obremenitve zaradi sile vetra

Veter lahko vpliva na gole vodnike ali kableske vode na različne načine. Pomembna je predvsem hitrost vetra in njegova smer, kot tudi oblika kabla. Notranja struktura kabla pa vpliva na vibracije, saj kabel ublaži valovanje.

V NKT so izdelali izračune in izvedli testiranje na prostem, da bi ugotovili kakšne sile vetra delujejo na kabel.

Test univerzalnega kabla EXCEL in AXCES<sup>TM</sup> na Shetlandskih otokih v Veliki Britaniji, ki ga je izvedla EA Technology, je izgledal takole: kabla EXCEL in AXCES<sup>TM</sup> so pritrdili na stebre, razdalja med stebri je bila 90 m, test pa so izvajali 18 mesecev. Kable so opazovali s senzorcji za merjenje sile in z video kamerami. Rezultati so bili zelo dobri, kar je razvidno iz grafov. Grafi uprizarjajo pogoje pri vetru hitrosti do 150 km/h, ki je trajal v povprečju 10 min.



Povečanje napetosti v kablju je bila zmerna, kot se vidi v spodnji tabeli (nanašajo se na 90 m razpon).

Hitrost vetra (m/s)	Povečanje sile v kablju (kN)		Sila vetra na kabl (kN)	
	EXCEL	AXCES <sup>TM</sup>	EXCEL	AXCES <sup>TM</sup>
10	0,22	0,29	0,1	0,2
20	0,49	0,67	0,4	0,6
30	0,78	1,09	0,8	1,3
40	1,25	1,49	1,4	2,2

Dodatno breme zaradi vetra je za polovico manjše, kot pri okroglem, golem vodniku s primerljivim premerom (faktor oblike je 0,5).

Pri opazovanju z video kamerami niso opazili nobenega valovanja ali vibriranja. Prav tako ni bilo nobenega večjega problema s snegom in z ledom, ki se je nabiral na kablju.

Možna razlaga za manjšo dodatno obremenitev zaradi sile vetra v primerjavi z okroglimi golimi vodniki je trikotna oblika kabla, ki lomi tok vetra, ustrežna notranja konstrukcija kabla pa duši vibracije.



## Poseke, trase

Ker so kabli EXCEL/AXCES™ popolnoma izolirani kabli z zaslonom, ni nobene potrebe po širokih posekah. Veje lahko z dolgotrajnim drgnjenjem poškodujejo kabel, zato jih je potrebno odstraniti. Ozke poseke imajo naslednje prednosti:

- manjši stroški pri odkupu gozdne površine
- tesno skupaj stoječa drevesa zmanjšujejo možnost padcev dreves na kabel v neugodnih vremenskih pogojih

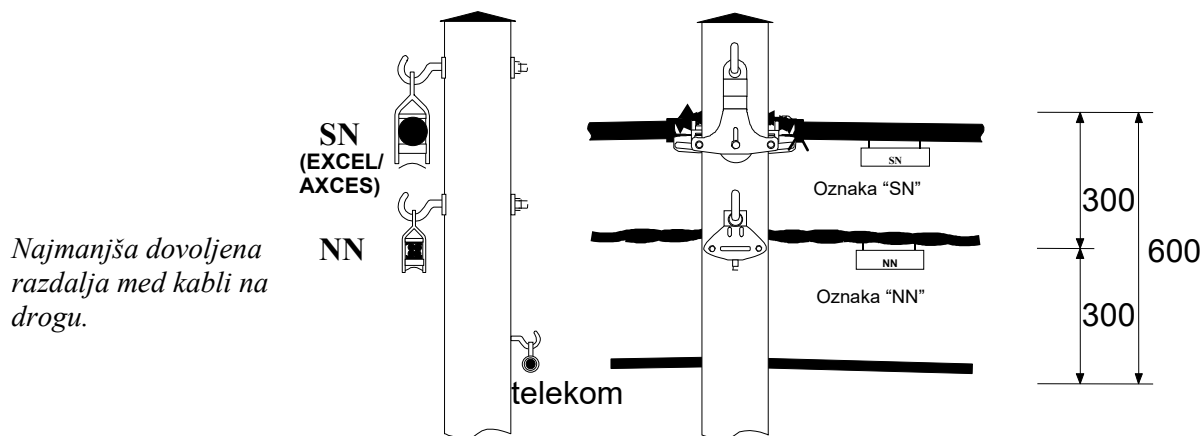


Dobra rešitev je izbor trase, ki sledi obstoječi cesti.

Če zamenjujemo že obstoječe omrežje iz golih vodnikov s kabelskimi vodi moramo imeti v vidu široke možnosti polaganja univerzalnega kabla (nad zemljo, v zemljo, pod vodo, ob cesti). Največjo varnost napajanja dosežemo, če kabla ne prekinjamo in za nujne povezave kablov uporabimo spojke ter za odcepe kabelske ločilnike QUICKSEC.

## Namestitev SN, NN in telekomovih kablov na istih stebrih

Velika prednost je, da lahko za srednje napetosti, nizke napetosti, ulično razsvetlavo in Telekom kable uporabimo iste stebre. Dovoljena je sledeča namestitev kablov.





*Izgradnja omrežja skupaj je mnogokrat uspešnejša in cenovno ugodnejša*

## Prečkanje ceste ali železnice

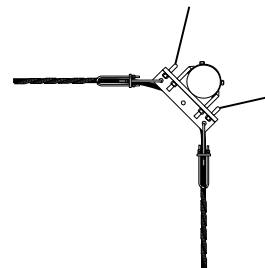
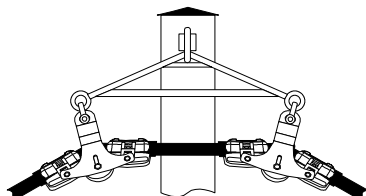
Prečkanje javne ceste ali železnice mora biti po električnih predpisih v skladu z zahtevami cestnega in železniškega podjetja. Ker imamo samonosilni kabel ne potrebujemo posebnih podpor. Upoštevati moramo tudi dejstvo, da ima kabel zaslon polno izoliran. Razdalja med stebri naj bo manjša in kabel naj bo pritrjen z nateznimi spiralami na stebra na obeh straneh prečkanja. Spojka v razpetini pri prečkanju ni dovoljena. Upoštevati moramo ustrezno varnostno višino kabla nad cesto ali železnico.

## Koti, dodatne nosilne sponke, spirale

V primerih, ko je kot trase večji in mora zato biti lok kabla večji, kot ga lahko zagotovi ena nosilna sponka, moramo uporabiti dve nosilni sponki da dobimo ustrezní lok. Za velike kote moramo uporabiti spirali v eno in drugo smer.

Napenjalne spirale lahko uporabimo tudi v naslednjih primerih:

- Pri vodu z veliko višinsko razliko moramo razbremeniti zapenjanje v najvišji točki, da ne bi celotne teže prenašale nosilne sponke.
- Če se dolžini dveh razponov, ki sta blizu skupaj, zelo razlikujeta, moramo uporabiti spirale, da dobimo enakomeren povos.
- V primeru dolgega voda je praktično, iz zornega kota gradnje in vzdrževanja, izvesti več razbremenitev na primernih stojnih mestih.



## Projektiranje nadzemnega voda z kablom EXCEL/FXCEL

EXCEL 3x10/10 mm<sup>2</sup> je konstruiran za normalne razpetine 70 m in maksimalne razpetine do 90 m. Kabel FXCEL 3x16/10 mm<sup>2</sup> je bil razvit za normalne razpetine 80-90 m in maksimalne razpetine 110 m. Natezne sile v kablju naj bodo takšne, kot so navedene v tabelah. Najlažje projektiramo EXCEL nadzemne vode s programom za projektiranje (primer je na spodnji risbi).

Za kote do 40° uporabljamo nosilno sponko. Do kota 80° uporabljamo dve nosilni sponki na kotni konzoli. Pri večjih kotih (>80°) uporabljamo napenjalne spirale.

Spodnji tabeli kažeta povese velikosti približno 2.5% dolžine razpetine pri 0°C, za kabel brez dodatne obtežbe in za razpetino dolžine 70 m.

**POVESNA TABELA ZA EXCEL 3x10/10 12 kV**

Temp. v času montaže (°C)	Natezna sila (kN)	Poves pri različnih dolžinah razpetin (m)				
		50	60	70	80	90
20	2.5	1.0	1.4	1.9	2.5	3.1
10	2.6	1.0	1.4	1.8	2.4	3.0
0	2.7	0.9	1.3	1.7	2.3	2.9
-10	2.8	0.9	1.3	1.7	2.2	2.8
-20	2.9	0.8	1.2	1.6	2.1	2.7

**POVESNA TABELA ZA EXCEL 3x10/10 24 kV**

Temp. v času montaže (°C)	Natezna sila (kN)	Poves pri različnih dolžinah razpetin (m)				
		50	60	70	80	90
20	3.0	1.0	1.4	1.9	2.5	3.1
10	3.1	1.0	1.4	1.8	2.4	3.0
0	3.2	0.9	1.3	1.7	2.3	2.9
-10	3.3	0.9	1.3	1.7	2.2	2.8
-20	3.4	0.8	1.2	1.6	2.1	2.7

**POVESNA TABELA FXCEL 3x16/10 7/12 kV**

Temp. pri montaži (°C)	Natezna sila (kN)	Poves v metrih pri razpetini (m)						
		50	60	70	80	90	100	110
20	3.8	0.85	1.26	1.66	2.2	2.7	3.4	4.1
10	3.95	0.81	1.17	1.59	2.1	2.6	3.2	3.9
0	4.1	0.78	1.12	1.53	2.0	2.5	3.1	3.8
-10	4.3	0.75	1.08	1.46	1.9	2.4	3.0	3.6
-20	4.5	0.71	1.03	1.40	1.8	2.3	2.85	3.45

**POVESNA TABELA FXCEL 3x16/10 14/24 kV**

Temp. pri montaži (°C)	Natezna sila (kN)	Poves v metrih pri razpetini (m)						
		50	60	70	80	90	100	110
20	4.2	1.05	1.51	2.06	2.7	3.4	4.2	5.1
10	4.3	1.02	1.47	2.00	2.6	3.3	4.1	5.0
0	4.4	0.99	1.43	1.95	2.5	3.2	4.0	4.8
-10	4.5	0.97	1.39	1.89	2.5	3.1	3.9	4.7
-20	4.7	0.94	1.35	1.84	2.4	3.0	3.8	4.5

**TABELA ZA PROJEKTIRANJE: EXCEL 3x10/10 12 kV (natezna napetost 67.5 N/mm<sup>2</sup> pri 0°C)**

Normalna razpetina (m)	Poves v metrih in sile pri dodatni obtežbi pri različnih dolžinah razpetin (m)				
	50	60	70	80	90
Temp. vodnika +50°C	1.6	2.1	2.6	3.2	3.9
Temp. vodnika +65°C	1.7	2.2	2.7	3.3	4.0
Kratki stik	2.3	2.9	3.5	4.2	4.9
Sila pri 0°C in 2 kg/m dodatne obtežbe	kN 6.5	kN 7.0	kN 7.5	kN 7.8	kN 8.1

Zelo nizke temperature (-40°C) lahko povzročijo velike sile. Pri uporabi normalnih razpetin moramo pri montaži voda sile zmanjšati.

**TABELA ZA PROJEKTIRANJE: EXCEL 3x10/10 24 kV (natezna napetost 80 N/mm<sup>2</sup> pri 0°C)**

Normalna razpetina (m)	Poves v metrih in sile pri dodatni obtežbi pri različnih dolžinah razpetin (m)				
	50	60	70	80	90
Temp. vodnika +50°C	1.7	2.3	2.9	3.6	4.5
Temp. vodnika +65°C	1.8	2.4	3.0	3.7	4.6
Kratki stik	2.4	3.0	3.7	4.5	5.4
Sila pri 0°C in 2 kg/m dodatne obtežbe	kN 6.6	kN 7.0	kN 7.4	kN 7.7	kN 7.9

Zelo nizke temperature (-40°C) lahko povzročijo velike sile. Pri uporabi normalnih razpetin moramo pri montaži voda sile zmanjšati.

**TABELA ZA PROJEKTIRANJE FXCEL 3x16/10 7/12 kV**

	Poves v metrih in natezne sile pri razpetini (m)						
	50	60	70	80	90	100	110
Poves pri +50°C	1.3	2.1	2.3	2.8	3.4	3.9	4.7
Poves pri +65°C	1.4	2.2	2.4	2.9	3.5	4.0	4.8
Kratek stik	2.0	2.7	3.1	3.7	4.3	5.0	5.7
Natezne sile pri 0°C in 2 kg/m dodatnega bremena	kN 7.8*	kN 8.4	kN 9.0	kN 9.5	kN 9.9	kN 10.3	kN 10.6

**TABELA ZA PROJEKTIRANJE FXCEL 3x16/10 14/24 kV**

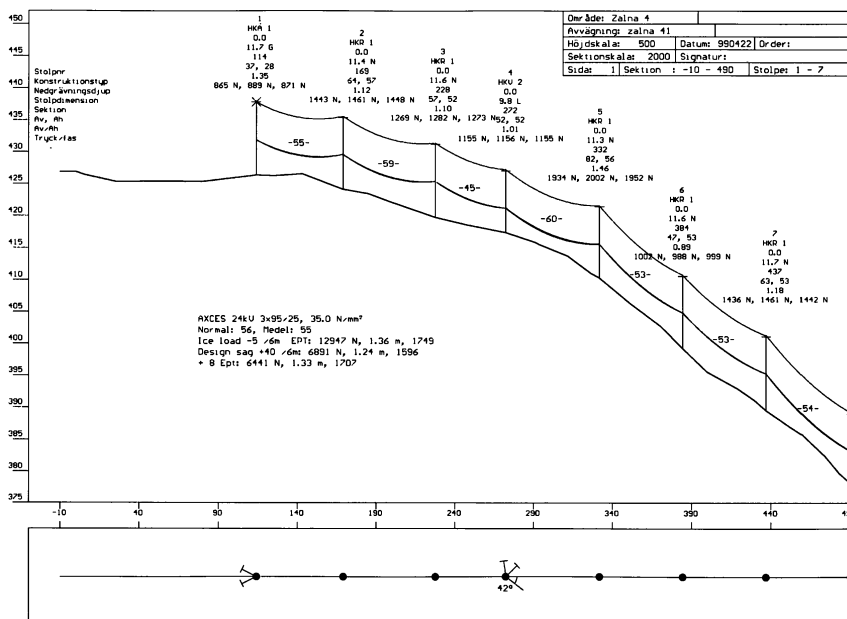
	Poves v metrih in natezne sile pri razpetini (m)						
	50	60	70	80	90	100	110
Poves pri +50°C	1.4	1.9	2.5	3.1	3.8	4.5	5.4
Poves pri +65°C	1.3	1.8	2.4	3.0	3.7	4.4	5.3
Kratek stik	2.0	2.6	3.2	3.9	4.6	5.5	6.3
Natezne sile pri 0°C in 2 kg/m dodatnega bremena	kN 7.8*	kN 8.4	kN 8.9	kN 9.3	kN 9.6	kN 9.9	kN 10.1

\* - Pri zelo nizkih temperaturah (-40°C) se lahko pojavijo zelo velike sile. Za krajše razpetine je priporočljivo zmanjšati napenjalne sile.

Za projektiranje nadzemnih vodov s programom za projektiranje, uporabite naslednje podatke za izračun:

	EXCEL 3x10/10 12 kV	EXCEL 3x10/10 24 kV	FXCEL 3x16/10 12 kV	FXCEL 3x16/10 24 kV
Presek vseh vodnikov	40 mm <sup>2</sup>	40 mm <sup>2</sup>	55 mm <sup>2</sup>	55 mm <sup>2</sup>
Premer kabla	28 mm	38 mm	29 mm	38 mm
Q <sub>e</sub> = masa kabla	0.85 kg/m	1.22 kg/m	1.03 kg/m	1.4 kg/m
E <sub>ik</sub> = modul elastičnosti brez dodatne obtežbe	96 000 N/mm <sup>2</sup>	75 000 N/mm <sup>2</sup>	80 000 N/mm <sup>2</sup>	78 000 N/mm <sup>2</sup>
E <sub>p</sub> = modul elastičnosti z dodatno obtežbo	111 000 N/mm <sup>2</sup>	87 000 N/mm <sup>2</sup>	100 000 N/mm <sup>2</sup>	98 000 N/mm <sup>2</sup>
τ <sub>p</sub> = plastična deformacija	0.5 % 0.5 mm/m	0.5 % 0.5 mm/m	0,4 % 0.4 mm/m	0,5 % 0.5 mm/m
Koeficient linearnega raztezka	20 · 10 <sup>-6</sup> /°C	20 · 10 <sup>-6</sup> /°C	18 · 10 <sup>-6</sup> /°C	18 · 10 <sup>-6</sup> /°C
Izhodiščna natezna napetost pri 0°C	67.5 N/mm <sup>2</sup>	80 N/mm <sup>2</sup>	75 N/mm <sup>2</sup>	80 N/mm <sup>2</sup>
Največja kalkulacijska sila na kabel	8.1 kN	8.5 kN	11 kN	11 kN
Približna udarna sila trganja kabla	20 kN	24 kN	25 kN	25 kN
Približna sila počasnega trganja kabla	≥15 kN	≥16 kN	≥17 kN	≥17 kN

Pri projektiranju moramo spremeniti računске preseke pri kalkulacijah. Pri EXCEL 12 kV uporabite 44 mm<sup>2</sup> (namesto dejanskih 40 mm<sup>2</sup>), za EXCEL 24 kV pa 50 mm<sup>2</sup> (namesto dejanskih 40 mm<sup>2</sup>). Rezultati izračunani s temi vrednostmi se bolje ujemajo z dejanskimi parametri.



## Projektiranje nadzemnega voda z AXCES™ kablom

Kabli AXCES™ 3x70/16 mm<sup>2</sup>, 3x70/25 mm<sup>2</sup> in 3x95/25 mm<sup>2</sup> so konstruirani za normalne razpetine 110 m in 100 m ter maksimalne razpetine 140 m oziroma 120 m. Natezne sile v kablu naj bodo takšne, kot so navedene v tabelah. Najlažje projektiramo AXCES™ nadzemne vode s programom za projektiranje.

Za kote do 31° uporabljamo nosilno sponko. Do kota 62° uporabljamo dve nosilni sponki na konzoli. Pri večjih kotih (>62°) uporabljamo napenjalne spirale.

Spodnje tabele kažejo povese velikosti približno 2.5% dolžine razpetine pri 0°C, za kabel brez dodatne obtežbe in za razpetino dolžine 100 m.

**POVESNA TABELA ZA AXCES™ 3x70/16 12 kV**

Temp. v času montaže (°C)	Natezna sila (kN)	Poves pri različnih dolžinah razpetin (m) (normalna razpetina 110 m)						
		60	80	90	100	110	120	140
20	8.3	0.87	1.55	1.96	2.4	2.9	3.5	4.7
10	8.7	0.83	1.47	1.86	2.3	2.8	3.3	4.5
0	9.2	0.78	1.39	1.75	2.15	2.6	3.1	4.2
-10	9.8	0.73	1.30	1.65	2.0	2.4	2.9	4.0
-20	10.5	0.68	1.21	1.54	1.9	2.3	2.7	3.7

**POVESNA TABELA ZA AXCES™ 3x70/16 24 kV**

Temp. v času montaže (°C)	Natezna sila (kN)	Poves pri različnih dolžinah razpetin (m) (normalna razpetina 110 m)						
		60	80	90	100	110	120	140
20	9.1	0.87	1.55	1.96	2.4	2.9	3.5	4.7
10	9.6	0.83	1.47	1.86	2.3	2.8	3.3	4.5
0	10.1	0.78	1.39	1.75	2.15	2.6	3.1	4.2
-10	10.8	0.73	1.30	1.65	2.0	2.4	2.9	4.0
-20	11.5	0.68	1.21	1.54	1.9	2.3	2.7	3.7

**POVESNA TABELA AXCES™ 3x70/25 30/36 kV**

Temp. pri montaži (°C)	Natezna sila (kN)	Poves v metrih pri razpetini (m)					
		60	80	90	100	110	120
20	9.4	1.0	1.8	2.1	2.6	3.2	3.8
10	9.9	0.9	1.7	2.1	2.5	3.0	3.6
0	10.3	0.8	1.6	2.0	2.4	2.9	3.5
-10	11.0	0.8	1.4	1.8	2.3	2.8	3.4
-20	11.6	0.7	1.3	1.7	2.1	2.7	3.3

**POVESNA TABELA ZA AXCES™ 3x95/25 12 - 24 kV**

Temp. v času montaže (°C)	Natezna sila (kN)	Poves pri različnih dolžinah razpetin (m) (normalna razpetina 100 m)					
		60	80	90	100	110	120
20	9.6	1.1	1.9	2.2	2.8	3.4	4.0
10	10.0	1.0	1.8	2.2	2.7	3.2	3.8
0	10.5	0.9	1.6	2.1	2.5	3.1	3.7
-10	11.0	0.8	1.5	1.9	2.4	2.9	3.5
-20	11.6	0.7	1.4	1.8	2.2	2.8	3.4

**TABELA ZA PROJEKTIRANJE: AXCES™ 3x70/16 12 kV (natezna napetost 42 N/mm<sup>2</sup> pri 0°C)**

Normalna razpetina (m)	Poves v metrih in sile pri dodatni obtežbi pri različnih dolžinah razpetin (m)						
	60	80	90	100	110	120	140
Temp. vodnika +50°C	1.7	2.5	2.9	3.4	3.9	4.5	5.8
Temp. vodnika +65°C	1.8	2.6	3.0	3.5	4.1	4.6	5.9
Kratki stik	2.7	3.8	4.3	4.9	5.5	6.2	7.5
Sila pri 0°C in 2 kg/m dodatne obtežbe	kN 12.4*	kN 14.2	kN 14.9	kN 15.6	kN 16.2	kN 16.7	kN 17.5

\*Zelo nizke temperature (-40°C) lahko povzročijo velike sile. Pri uporabi normalnih razpetin moramo pri montaži voda sile zmanjšati.

**TABELA ZA PROJEKTIRANJE: AXCES™ 3x70/16 24 kV (natezna napetost 46 N/mm<sup>2</sup> pri 0°C)**

Normalna razpetina (m)	Poves v metrih in sile pri dodatni obtežbi pri različnih dolžinah razpetin (m)						
	60	80	90	100	110	120	140
Temp. vodnika +50°C	1.7	2.5	2.9	3.4	3.9	4.5	5.8
Temp. vodnika +65°C	1.8	2.6	3.0	3.5	4.1	4.6	5.9
Kratki stik	2.7	3.8	4.3	4.9	5.5	6.2	7.5
Sila pri 0°C in 2 kg/m dodatne obtežbe	kN 12.9*	kN 14.8	kN 15.6	kN 16.2	kN 16.8	kN 17.4	kN 18.2

\*Zelo nizke temperature (-40°C) lahko povzročijo velike sile. Pri uporabi normalnih razpetin moramo pri montaži voda sile zmanjšati.

**TABELA ZA PROJEKTIRANJE AXCES™ 3x70/25 30/36 kV (natezna napetost 46 N/mm<sup>2</sup> pri 0°C)**

	Poves v metrih in natezne sile pri razpetini (m)						
	60	80	90	100	110	120	140
Poves pri +50°C	1.9	2.8	3.3	3.9	4.5	5.2	6.6
Poves pri +65°C	2.0	2.9	3.5	4.1	4.7	5.4	6.9
Kratek stik	2.9	4.0	4.6	5.3	6.0	6.7	8.4
Natezne sile pri 0°C in 2 kg/m dodatnega bremena	kN 13.1*	kN 14.8	kN 15.5	kN 16.1	kN 16.6	kN 17.0	kN 17.7

**TABELA ZA PROJEKTIRANJE: AXCES™ 3x95/25 12 - 24 kV (natezna napetost 35 N/mm<sup>2</sup> pri 0°C)**

Normalna razpetina (m)	Poves v metrih in sile pri dodatni obtežbi pri različnih dolžinah razpetin (m)						
	60	80	90	100	110	120	140
Temp. vodnika +50°C	1.9	2.8	3.3	3.9	4.5	5.2	6.6
Temp. vodnika +65°C	2.0	2.9	3.5	4.1	4.7	5.4	6.9
Kratki stik	2.9	4.0	4.6	5.3	6.0	6.7	8.4
Sila pri 0°C in 2 kg/m dodatne obtežbe	kN 13.1*	kN 14.8	kN 15.5	kN 16.1	kN 16.6	kN 17.0	kN 17.7

\*Zelo nizke temperature (-40°C) lahko povzročijo velike sile. Pri uporabi normalnih razpetin moramo pri montaži voda sile zmanjšati.

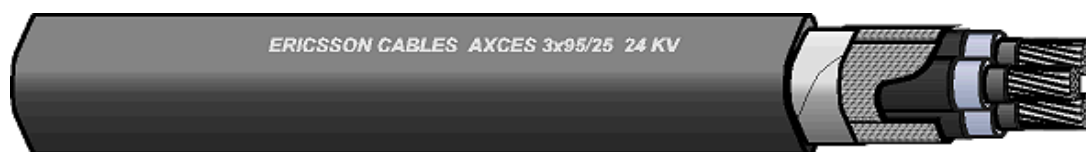


Za projektiranje nadzemnih vodov s programom za projektiranje, uporabite naslednje podatke za izračun:

	<b>AXCES™ 3x70/16 12 kV</b>	<b>AXCES™ 3x70/16 24 kV</b>	<b>AXCES™ 3x70/25 30/36 kV</b>	<b>AXCES™ 3x95/25 12-24 kV</b>
Presek nosilnih vodnikov	210 mm <sup>2</sup>	210 mm <sup>2</sup>	210 mm <sup>2</sup>	285 mm <sup>2</sup>
Premer kabla	41 mm	45 mm	49 mm	48 mm
Q <sub>e</sub> = masa kabla	1.6 kg/m	1.75 kg/m	2 kg/m	2.2 kg/m
E <sub>ik</sub> = modul elastičnosti brez dodatne obtežbe	55 000 N/mm <sup>2</sup>	55 000 N/mm <sup>2</sup>	55 000 N/mm <sup>2</sup>	47 000 N/mm <sup>2</sup>
E <sub>p</sub> = modul elastičnosti z dodatno obtežbo	64 000 N/mm <sup>2</sup>	64 000 N/mm <sup>2</sup>	64 000 N/mm <sup>2</sup>	61 000 N/mm <sup>2</sup>
τ <sub>p</sub> = plastična deformacija	0.7 % 0.7 mm/m	0.7 % 0.7 mm/m	0.8 % 0.8 mm/m	0.7% 0.7 mm/m
Koeficient linearnega raztezka	23 10 <sup>-6</sup> /°C	23 10 <sup>-6</sup> /°C	23 10 <sup>-6</sup> /°C	23 10 <sup>-6</sup> /°C
Izhodiščna natezna napetost pri 0°C	42 N/mm <sup>2</sup>	46 N/mm <sup>2</sup>	46 N/mm <sup>2</sup>	35 N/mm <sup>2</sup>
Največja kalkulacijska sila na kabel	27 kN	27 kN	27 kN	28 kN
Približna udarna sila trganja kabla	55 kN	56 kN	57 kN	70 kN
Približna sila počasnega trganja kabla	49 kN	49 kN	49 kN	51 kN

Pri projektiranju moramo spremeniti računske preseke pri kalkulacijah. Pri AXCES™ 3x70/16 uporabite 220 mm<sup>2</sup> (namesto 210 mm<sup>2</sup>), za AXCES™ 3x95/25 pa 300 mm<sup>2</sup> (namesto 285 mm<sup>2</sup>). Rezultati izračunani s temi vrednostmi se bolje ujemajo z dejanskimi parametri.

Pri načrtovanju krajših razpetin je priporočljivo zmanjšati napenjalne sile za 20-30%. S tem se omejijo sile na drogove in napenjalno opremo, povesi pa pri krajših razpetinah ne predstavljajo problema.



## Oprema

### Splošna navodila

Za zagotovitev kakovostne in lažje instalacije kabla moramo uporabiti opremo, ki je izdelana posebej za ta kabl. Pri nadzemnih kablovodih je večja možnost poškodbe kabla (padec drevesa na kabl), zato je zelo pomembna uporaba le od proizvajalca kabla predpisane opreme. Predvsem je pomembna uporaba ustreznih nateznih spiral in nosilnih sponk.

Končnike in spojke, ki niso proizvedeni od v Specifikacijah navedenih proizvajalcev lahko uporabljamo le v primeru, če so konstruirani za ta kabl.

Pri EXCEL kablu je pomembno, da so končniki ali spojke izdelane za male vodnike velikosti 10/25 mm<sup>2</sup> in vsebujejo primerne kablenske čevlje in spojne tulce.

Pri AXCES<sup>TM</sup> je pomembno, da so kablenski čevlji in spojni tulci primerni za vodnike iz aluminijske zlitine. Če se spoj izdelava v razpetini, mora biti spojni tulec preverjen na natezno silo.

Materiali navedeni v Specifikacijah izpolnjujejo te zahteve.

V primeru nejasnosti, se obrnite na MR d.o.o., Maribor ali NKT za dodatne informacije.

Za instalacijo kabla se uporabljajo posebna orodja o katerih je govora v poglavju »Montažna navodila«.

### Oprema za EXCEL in AXCES<sup>TM</sup> kable

Oprema in kablenski pribor za EXCEL in AXCES<sup>TM</sup> kable je navedena v Specifikacijah v načrtih v poglavju »Načrti karakterističnih obešanj in napenjanj nadzemnih kablenskih vodov z univerzalnimi kabli EXCEL in AXCES<sup>TM</sup>«.



## Montažna navodila

### Splošna navodila

Polaganje univerzalnega kabla v zemljo ali v vodo se ne razlikuje od metod značilnih za klasične kable. V primeru montaže univerzalnega kabla kot samonosilnega, nadzemnega kabla pa moramo upoštevati posebna navodila proizvajalca kabla, četudi se instalacija ne razlikuje veliko od metod instalacije NN SKS (samonosilnih kabelskih snopov).

Pri polaganju v zemljo uporabljamo običajne metode, kot so klasično polaganje v zemljo ali oranje. Seveda moramo biti s kablom pazljivi, tako kot z vsakim srednje napetostnim kablom.

Pri polaganju v vodo moramo najprej pregledati in oceniti dno. Kabel naj bo zaščiten s cevjo pri prehodu iz vode in v vodo. V vodah z močnim tokom moramo kabel utrditi s sidranjem, da preprečimo premikanje kabla v vodi. Vsi univerzalni kabli so težji od vode, zato jih ni potrebno dodatno obtežiti, sidranje pa potrebujemo le v vodah z močnim tokom (2m/s).



### Orodje

Za lažjo montažo je priporočljivo naslednje orodje:

- Vlečna kabelska nogavica namenjena za kable EXCEL in AXCES™ za vlečne sile nad 10kN.
- Dinamometer za vsaj 5kN za EXCEL in 15kN za AXCES™.
- Vlečne sponke (žabe) za EXCEL in AXCES™. Za AXCES™ morajo biti vlečne sponke (žabe) preizkušena na silo 15 kN.
- Tirfor za dopustno silo najmanj 10 kN.
- Kolut za vlečenje v kotih in po potrebi v liniji, če je sekcija voda dolga.



## Vlečenje nadzemnega voda

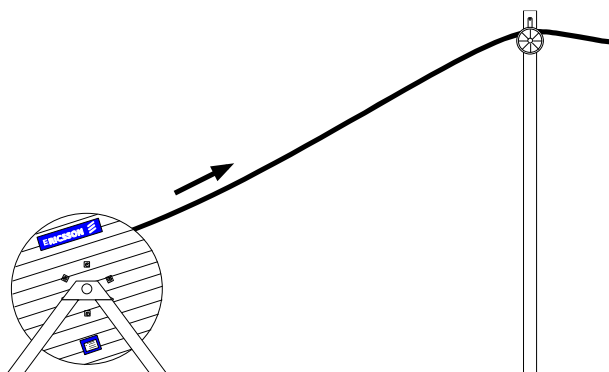
### Postavitev bobna

Postavitev bobna je odvisna od mnogo okoliščin. Najpomembnejša je ustrezna možnost prevoza kabla do pravega mesta. Ker je lažje vleči navzdol kot pa navzgor po hribu, je najbolje, če postavimo bobnen na najvišjo točko. Če je zelo velika razlika v višini, je bobnen težko zaustaviti pri vleki navzdol in je primerno uporabiti stojalo bobna z zavorami.

Velike kote je boljše imeni na koncu, kot pa na začetku vlečenja.

Kabel vlečemo na zgornji strani bobna, kot kaže slika.

*Postavitev bobna s kablom za odvijanje.*  
Kolut obesimo na prvi drog.

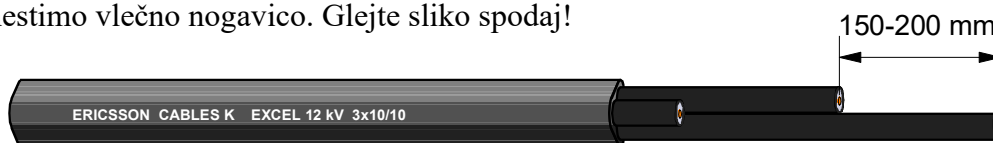


Na prvem stebru je primerno uporabiti kolut z velikim premerom. Kabel moramo spremljati po trasi in opazovati ali gladko teče. Večjo pozornost moramo posvetiti mestom, kjer kabel spremeni smer.

Bobnen se ne sme vrteti hitreje, kot pa teče kabel iz njega. Ko prekinemo vlečenje kabla, moramo bobnen ustaviti. Tudi v primeru nenadnega prenehanja vleke kabla, moramo vrtenje bobna hitro zavreti, da se ne bo kabel zvil pod bobnen in se poškodoval.

### Priprava kabla

Kritični trenutki pri vlečenju kabla so, ko gre kabelska vlečna nogavica skozi kolut ali nosilno sponko. Da olajšamo vleko kabla stopničasto prikrojimo konec kabla, preden namestimo vlečno nogavico. Glejte sliko spodaj!



Konec kabla bo tako bolj gladek in bolj prožen ter bo lažje tekkel preko vlečnih naprav. Če uporabljamo kabelsko nogavico iz kevlarja, moramo upoštevati, da je le-ta mehkejši in se ne oblikuje tako kot vlečna nogavica iz jekla. Žile lahko tudi zaobljimo z nožem, da nimamo ostrih robov, kar prav tako olajša vleko preko kolutov in nosilnih sponk.

Konec kabelske vlečne nogavice pritrdimo ob kabel z nekaj ovoji izolirnega traku. Upoštevajte, da ne sme biti nepotrebnih vozlov ali obročev na nogavici, ki se lahko zataknejo med vleko kabla. Ustrezno pripravljen konec kabla nam bo prihranil čas in delo.

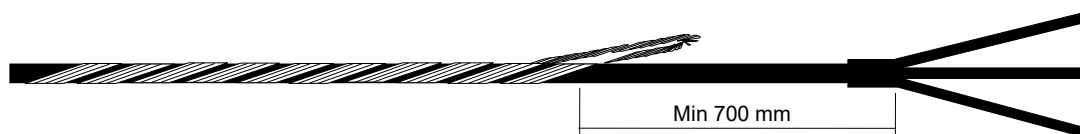
## Vleka kabla

Priporočljivo je da se kabel pri vleki ne dotika tal, kar pa je mnogokrat težko izvedljivo še posebej pri večjih razponih. Zato je primerno prej pregledati traso, če so na njej ostri kamni ali kaj podobnega. Določene dele lahko zaščitimo z deskami ali postavimo »začasne drogove«.

Če se kabel zatakne, se mora vlečna žica zaustaviti, preden postane sila v kablu prevelika. V tem primeru mora monter, ki spremlja kabel splezati na drog in pomagati kablu pri prehodu skozi koluto ali nosilno sponko. Pri večjih kotih in na začetku daljšega odseka voda je primerno uporabiti večje kolute, da zmanjšamo potrebno vlečno silo.

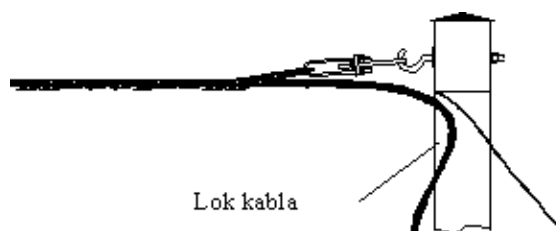
## Montaža začetnega droga

Ustrezno je, da namestimo natezno spiralo in izdelamo kabelski končnik že na zemlji in šele na to dvignemo celoto na drog. Namestitev spirale moramo izvesti tako, da je razdalja med začetkom natezne spirale in točko, kjer smo odstranili plašč vsaj 700 mm, kot vidimo na sliki spodaj. Prav tako moramo paziti, da na kraju, kjer kabel zapusti spiralo ne pride do prevelikega krivljenja, da imamo gladek predpisan lok.



Spirala je konstruirana tako, da se lahko malo raztegne, ko je v eksploataciji. To se lahko primeri, ko se poveča sila v kablu na primer pri padcu drevesa na kabel ali pri nabiranju ledu na kablu. Prav tako se spirala na začetnem drogu nategne, ko pritrdimo začetek kabla in ga nato z natezno silo pritrdimo na končni drog. Zato moramo paziti, da imamo dovolj dolg kabel med spiralo in končnikom zaradi možnega raztezka spirale. Če pustimo premalo dolžino kabla, se lahko zgodi, da bo natezna sila delovala na končnike ali odvodnike prenapetosti.

Da se izognemo temu, izvedemo s kablom zavoj ob drogu navzdol ali navzgor. Ko nameščamo AXCES™, uporabimo vlečno sponko in tirfor na vrhu stebra za dvig konca kabla, da dobimo pravilen kabelski lok, ki ga nato utrdimo s kabelskimi objemkami na drog.



## Napenjanje – urejanje voda

Napenjanje kabla izvajamo z vlečno sponko, natezno spiralo ali drugimi pripravami, ki so primerne za kabel. Vlečna sponka ali spirala naj bo vsaj 1 meter oddaljena od konca kabla, da ta ne zdrsne.

Primeren kolot naj se postavi na vrh stebra, tako da se lahko napenjanje izvede z zemlje. Kabel je treba sprva prenapeti za vsaj 15 minut s silo, ki je navedena na vrhu povесnih tabel, da se kabel po ležanju na bobnu izravna. Kabel ne sme biti prenapet s polno silo več kot dve uri, če je vlečna sponka na delu kabla, ki bo pod napetostjo. Vlečna sponka je primerna za kratkoročno uporabo in dolgotrajno napenjanje s to sponko, lahko poškoduje kabel.

Kabel napenjamo s silami navedenimi v spodnjih tabelah. Priporočamo vam, da vedno uporabljate dinamometer.

Priporočljiv način montaže konca kabla na končnem drogu je takšen, da najprej napnemo kabel in označimo, kje naj bo nameščena spirala. Nato spustimo kabel na tla in namestimo spiralo in končnik, nato dvignemo konec kabla na vrh droga. Z vlečno sponko in tirforjem namestimo spiralo z napenjalnim vijakom na kavelj. Drobne nastavitve izvedemo z napenjalnim vijakom. Če montiramo spiralo na drogu (ne na tleh), lahko vlečna vrv med tirforjem in vlečno sponko močno ovira nameščanje spirale na kabel.

Zaradi dolžine spirale moramo pri AXCES™ kablu uporabiti košaro ali gradbeni oder, če želimo spiralo namestiti na drogu. Priporočamo montažo na zemlji, kjer je to le možno.

### POVESNA TABELA ZA EXCEL 3x10/10 mm<sup>2</sup>, 12 kV

Prenapenjalne sile pred končnim napenjanjem 5kN (500 kp)

Temperatura v času instalacije (°C)	Sila (kN)	Poves v metrih pri dolžinah razpetin (m):				
		50	60	70	80	90
20	2.5	1.0	1.4	1.9	2.5	3.1
10	2.6	1.0	1.4	1.8	2.4	3.0
0	2.7	0.9	1.3	1.7	2.3	2.9
-10	2.8	0.9	1.3	1.7	2.2	2.8
-20	2.9	0.8	1.2	1.6	2.1	2.7

### POVESNA TABELA ZA EXCEL 3x10/10 mm<sup>2</sup>, 24 kV

Prenapenjalne sile pred končnim napenjanjem 5kN (500 kp)

Temperatura v času instalacije (°C)	Sila (kN)	Poves v metrih pri dolžinah razpetin (m):				
		50	60	70	80	90
20	3.0	1.0	1.4	2.0	2.6	3.3
10	3.1	1.0	1.4	1.9	2.5	3.2
0	3.2	0.9	1.3	1.8	2.4	3.1
-10	3.3	0.9	1.3	1.7	2.3	3.0
-20	3.4	0.8	1.2	1.7	2.2	2.9

### POVESNA TABELA ZA AXCES™ 3x70/16 mm<sup>2</sup>, 12 kV

Prenapenjalne sile pred končnim napenjanjem 11-13 kN (1100-1300 kp)

Temp. pri instalaciji (°C)	Natezna sila (kN)	Poves pri dolžinah razpetin (m) (normalni razpon 110 m):						
		60	80	90	100	110	120	140
20	8.3	0.87	1.55	1.96	2.4	2.9	3.5	4.7
10	8.7	0.83	1.47	1.86	2.3	2.8	3.3	4.5
0	9.2	0.78	1.39	1.75	2.15	2.6	3.1	4.2
-10	9.8	0.73	1.30	1.65	2.0	2.4	2.9	4.0
-20	10.5	0.68	1.21	1.54	1.9	2.3	2.7	3.7

### POVESNA TABELA ZA AXCES™ 3x70/16 mm<sup>2</sup>, 24 kV

Prenapenjalne sile pred končnim napenjanjem 11-13 kN (1100-1300 kp)

Temp. pri instalaciji (°C)	Natezna sila (kN)	Poves pri dolžinah razpetin (m) (normalni razpon 110 m):						
		60	80	90	100	110	120	140
20	9.1	0.87	1.55	1.96	2.4	2.9	3.5	4.7
10	9.6	0.83	1.47	1.86	2.3	2.8	3.3	4.5
0	10.1	0.78	1.39	1.75	2.15	2.6	3.1	4.2
-10	10.8	0.73	1.30	1.65	2.0	2.4	2.9	4.0
-20	11.5	0.68	1.21	1.54	1.9	2.3	2.7	3.7

### POVESNA TABELA ZA AXCES™ 3x95/25 mm<sup>2</sup>, 12-24 kV

Prenapenjalne sile pred končnim napenjanjem 11-13 kN (1100-1300 kp)

Temp. pri instalaciji (°C)	Natezna sila (kN)	Poves pri dolžinah razpetin (m) (normalni razpon 110 m):						
		60	80	90	100	110	120	140
20	9.6	1.1	1.9	2.2	2.8	3.4	4.0	5.3
10	10.0	1.0	1.8	2.2	2.7	3.2	3.8	5.2
0	10.5	0.9	1.6	2.1	2.5	3.1	3.7	5.0
-10	11.0	0.8	1.5	1.9	2.4	2.9	3.5	4.8
-20	11.6	0.9	1.4	1.8	2.2	2.8	3.4	4.6



## Težavnejši vodi – strmina – dolžina – koti

Ko izvajamo montažo voda daljših sekcij in imamo veliko ostrih kotov, velike višinske razlike in velike razlike v razpetinah, moramo biti primerno opremljeni.

Pri vleki kabla iz bobna moramo uporabiti kolute z zanesljivimi kolesčki, pri ostrih kotih pa kotno konzolo z dvema kolutoma, da dobimo ustrezen radij krivljenja. Če je oster kot na začetku voda nam le-ta otežuje vleko kabla. Zato, če je le možno izberite smer vlečenja tako, da so koti na koncu voda.

Male kombinirane nosilne sponke z valjčki tipa NO3 (ECH12) in podobne so izdelane za največjo dolžino izvleka 500 do 1000 metrov, ker so kolesčka mala in preproste izdelave. Pri velikih razdaljah in velikih hitrostih se segrejejo in razpadejo. Primerneje je uporabiti nosilne sponke tip NO4 (ECH14) ali ločene kolute.

Prav tako je pomembno, da se lahko sponke in koluti prosto gibljejo, še posebej pri zunanjih kotih. Napačno izbran kavelj lahko povzroči, da se sponka ali kolut dotika droga in s čemer se močno poveča vlečna sila. Če se to zgodi na začetku voda je skoraj nemogoče izvleči kabel. Kabel se tudi lahko zatakne, ko prehaja preko sponke ali koluta. Ena od možnih rešitev je, da stremo kabel ali drog ali pa potegnemo kabel z vrvjo, ki jo vržemo preko kabla. V skrajnem primeru je potrebno splezati na drog in pomagati nogavici na začetku kabla čez sponko ali kolut.

Z dobro pripravo in primerno opremo lahko potegnemo do 2000 metrov kabla v enem kosu. Kjer se pojavijo problemi lahko uporabimo za pomoč pri vlečenju natezno sponko in tirfor vzdolž voda. Tako lahko izvlečemo tudi 50 metrov naenkrat v razpetini.

Med končnim urejanjem težavnejšega voda je potrebno ponovno napeti vod na posameznih drogovih vzdolž linije s pomočjo vlečne sponke. Če so v vodu razbremenilni drogovci, lahko napenjamo po sekcijah. Če imamo opravka z različnimi razpetinami potrebujemo razbremenilne točke, saj je kabel v krajših razpetinah bolj napet, medtem ko ima daljša večji povos.

Vode z velikimi višinskimi razlikami (>100 metrov) razbremenjujemo z eno ali več spiralami na poti navzgor, tako da celotna teža kabla ne obvisi na drogu na vrhu hriba (z veliko silo zgoraj in z majhno na dnu). Začnemo v najnižji točki in gremo k najvišji, napenjanje in merjenje izvajamo v posameznih točkah od zgornjega droga navzdol.





## Polaganje kabla v zemljo in vodo

Univerzalni kabel lahko položimo naravnost v zemljo ali pa v slano ali sladko vodo. Če ga polagamo v zemljo uporabljamo enake metode kot za kakšen koli drugi SN trižilni kabel, na primer tip AXCEL. Vodniki, ki so grajeni za velike natezne sile univerzalnega kabla, so bolj togi kot vodniki navadnih zemeljskih kablov, zato je včasih potrebno dodatno potisniti kabel na dno jarka.

Pri polaganju kabla v vodo je pomembno, da je gostota kabla dovolj velika, da kabel potone. Po navadi je dovolj  $1.2 \text{ kg/dm}^3$ . Vsi univerzalni kabli imajo gostoto večjo od  $1.2 \text{ kg/dm}^3$  in so zato več kot primerni za polaganje v vodo. Gostoto navajamo za vsak kabel v poglavju Tehničnih podatki tega priročnika.

Na delu trase, kjer kabel prehaja v vodo in iz nje, ga je potrebno zaščititi pred valovanjem in ledom. Priporoča se, da kabel zaščitimo s cevjo primerne tipa in zakopljemo.

Pred polaganjem v vodo, moramo pregledati dno, kjer bomo položili kabel. Če je potrebno, lahko kabel zavarujemo z utežmi ali betonskimi vrečami ali kako drugače.

V primeru močnih vodnih tokov, če je hitrost vode večja od  $2\text{m/s}$ , moramo kabel še dodatno obtežiti. Kabel se ne sme premikati v vodi, ker se lahko poškoduje plašč kabla. Po potrebi preverimo plašč z električnim testom izolacije plašča.

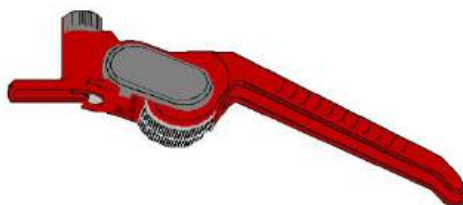
Globina polaganja kabla naj ne presega 100 metrov, pri večjih globinah se je potrebno posvetovati z NKT ali MR d.o.o., Maribor.



## Rokovanje s kablom

Na splošno se rokovanje z EXCEL/AXCES™ kablom ne razlikuje od rokovanja z drugimi trižilnimi XLPE kablom 12 in 24 kV. Različen je AXCES™ vodnik, ki je iz zlitine aluminija, zato moramo uporabiti primerne kabelske čevlje in spojne tulce. Navadno uporabimo šeststrano stiskanje ali vijačni sistem.

Če režemo plašč z nožem lahko poškodujemo žilo zaradi močnega in trdega zunanega PE plašča v kombinaciji s kompaktno obliko kabla. S segrevanjem plašča si lahko delo olajšamo. Za odstranjevanje plašča obstaja posebno orodje (posebni nož).



Polprevodno plast na žili lahko snamemo z nohti, obstaja pa tudi orodje za odstranjevanje polprevodne plasti z žile. Za odstranjevanje izolacije žile priporočamo uporabo posebnega orodja (šilčka). V zvezi z nabavo in uporabo orodja za rokovanje s kablom se posvetujte s podjetjem MR, Maribor.



## Vzdrževanje

V splošnem potrebujejo vodi z univerzalnimi kabli manj vzdrževanja kot vodi z golimi ali polizolirani vodniki. V svetu je trend k čim manjšemu vzdrževanju in univerzalni kabel nam omogoča, da posege izvajamo v času, ki si ga sami izberemo in planiramo. Univerzalni kabel je popolnoma izoliran in ima ozemljen koncentrični vodnik, zato lahko pade na tla in leži na tleh, dokler voda ne popravimo.

Če najdemo med rednim pregledom ali med pregledom po nevihti, veje ali drevesa na kablu, jih moramo odstraniti. Če so na kablu težja drevesa, je priporočljivo, da po odstranitvi dreves pregledamo plašč kabla. Če pa so drevesa ležala na kablju blizu stebra preglejte tudi nosilne sponke in spirale. V primeru, da kabel zdrsne pod težo drevesa skozi sponke, moramo vod ponovno uravnati. Po padcu težkega drevesa na kabel EXCEL, se le-ta lahko nekoliko raztegne. Ta raztezek lahko razporedimo na nekaj sosednih razpetin, če pa to ni dovolj pa uporabimo napenjalni vijak ali celo premestimo spiralo na razbremenilnem drogu.

Odstraniti moramo tudi veje, ki so ob kablu, saj se lahko drgnejo ob plašč in uničijo izolacijo. Odstraniti moramo tudi veje in drevesa, ki rastejo pod kablom.

### Izkušnje iz uporabe

Splošne izkušnje uporabe univerzalnega kabla niso drugačne kot izkušnje s klasičnimi XLPE-kabli za srednjo napetost. Zgradba kabla je podobna gledano iz električnega vidika. Kritična mesta so spojke in končniki, vendar pa v času življenjske dobe ne predstavljajo problema, če so izvedene skrbno.

Pri montaži nad zemljo, moramo uporabiti priporočeno opremo in se držati priporočil. Pomembno je, da se držimo projektantskih in gradbenih navodil, s čemer bomo zagotovili dolgo življenjsko dobo voda brez prekinitve napajanja.

### Padec drevesa

EXCEL:

Ob padcu težkega drevesa nekaj razpetin v stran od razbremenilnega droga, kot kaže priložena slika, se bo kabel EXCEL raztegnil skoraj do tal. Kabel bo zdrsnil iz sponk, zato je potrebno po odstranitvi drevesa ponovno uravnati vod. Raztezek lahko porazdelimo, kot smo že rekli, po sosednjih razpetinah ali pa ga odpravimo s premestitvijo natezne spirale. Če pa pade drevo ob razbremenilnem drogu, kjer je kabel trdno nameščen s spiralami, obstaja nevarnost, da se bo podrl drog ali EXCEL kabel utrgal.



## AXCES™:

Pri padu drevesa na AXCES™ kabel ni potrebno ponovno uravnati vod. Kabel se plastično ne deformira in je zato dovolj, da drevo odstranimo in kabel se bo kot elastični trak vrnil v svoj položaj. Izvesti pa moramo pregled kabla, predvsem plašča. Ob padcu težjih dreves je potreben in pomemben pregled dela kabla ob nosilnih sponkah in spiralah.

Če na kablu ni vidnih zunanjih poškodb, lahko domnevamo, da je ostala nepoškodovana tudi aktivna notranjost. Ko se kabel utrga, so raztezki vodnikov majhni, izolacija pa se vedno raztegne; zaradi tega je poškodba kabla, ki se je utrgal, zelo lokalne narave in so drugi deli kabla nepoškodovani.



*Strgani konci kabla EXCEL in AXCES™. Poškodba je lokalna.*

Na mestu, kjer se je kabel utrgal, izdelamo spojko v razpetini ali na drogu. Če izvedemo spojko v razpetini, moramo le-to pri kablu EXCEL razbremeniti s nateznimi spiralami in vrvjo. Za kabel AXCES™ imamo na voljo spojke, ki so preizkušene za uporabo v razpetini brez razbremenilne sponke. Včasih je lažje zamenjati kabel v celi razpetini in narediti spojke pri obeh stebrih, pri tem moramo kabel razbremeniti s nateznima spiralama v obeh smereh.

AXCES™ s spojko  
v razpetini.



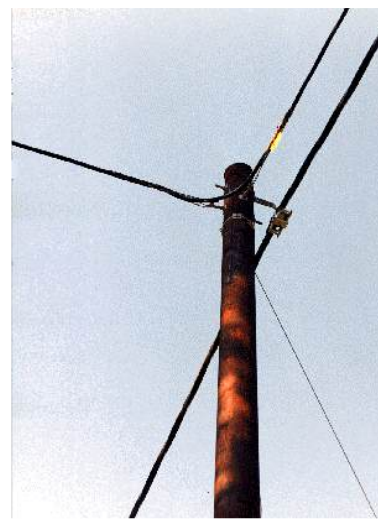
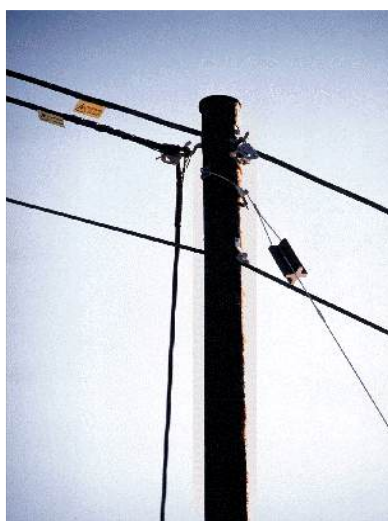
## Varnostni standardi

Iz varnostnega zornega kota lahko univerzalni kabel primerjamo z v zemljo zakopanim kablom. Univerzalni kabli so popolnoma izolirani in se jih brez nevarnosti lahko dotikamo. Da preprečimo mehanske poškodbe moramo kabel dodatno zaščititi pri prehodu kabla iz ali v zemljo, podobno kot to storimo za navadne kable.

Največja razlika med univerzalnim kablom in golim ali polizoliranim vodnikom je ozemljen koncentrični vodnik (zaslon), ki obdaja vse tri žile. Zato kabel, ki leži na tleh ne predstavlja nobene nevarnosti, saj je popolnoma izoliran, če se pa pretrga, nastane kratek stik med vodnikom in zaslonom, kar povzroči izklop električnega napajanja kabla.

V standardih obravnavamo univerzalni kabel enako kot navadne podzemne kable z izjemo, ko ga uporabljamo kot samonosni nadzemni kabel. Navodila in podatke za uporabo univerzalnega kabla kot nadzemni vod lahko dobimo v standardih, nacionalnih predpisih in navodilih, ter v tem priročniku. Naj omenimo nekaj točk iz švedskih standardov:

- Najmanjša varnostna višina v nenaseljenem področju je 4,5 m.
- Najmanjša varnostna višina v naseljenih področjih je 6 m.
- Ne potrebujemo izolatorja v sidrni vrvi kot pri SKS.
- Najmanjša razdalja do SKS je 30 cm, do telekomovega kabla 60 cm, s tem da moramo namestiti kabel z najvišjo napetostjo na vrh.
- Na vsakem drogu moramo označiti EXCEL/AXCES™ in SKS, (če imamo na drogu SN in NN oziroma telekom vode).
- Oddaljenost od objektov in vej dreves je minimalno 30 cm.
- Oddaljenost od golih vodnikov različnih napetostnih nivojev je opredeljena s »Pravilnikom o tehničnih normativih za gradnjo nadzemnih elektroenergetskih vodov« pri čemer se upošteva, da je plašč kabla podobno kot podpora ali konzola na potencialu zemlje (0 V).



## Univerzalni kabel EXCEL v rezervi

EXCEL 3x10/10 mm<sup>2</sup> za napetost 12 kV je kabel z najmanjšo maso, manjšo od 1kg/meter. Kabel ima majhen zunanji premer v primerjavi s klasičnimi SN kablji. Ker je kabel lahek in ima čvrsto mehansko zgradbo, je zelo primeren za začasne povezave.

Uporabimo ga lahko tudi za napetost 20 kV, ko imamo okvaro kablovoda ali okvaro nadzemnega voda. Prav tako ga uporabljamo za začasne povezave na gradbiščih ali pa kot »by-pass« napajanje, ko zamenjujemo nadzemne vodnike s kablom.

Napajanje velikih gradbišč z električno energijo preko nizkonapetostnih vodov postane nemogoče zaradi dolgih razdalj. Zato je boljša rešitev, če postavimo ob porabnikih transformator, ki ga napajamo s pomočjo kabla EXCEL 12 ali 24 kV.

V takšnih primerih lahko namestimo (začasno) kabel brez nateznih spiral in nosilnih sponk.

Zelo priročno je, če imamo kabel navit na boben z notranjim prostim koncem dolžine 15-20 m in na obeh koncih nameščene končnike. Tako lahko priključimo notranji konec na gole vodnike na drogu ali na transformator ne da bi cel kabel potegnili z bobna, zunanji konec pa namestimo na drugi del nepoškodovanega SN voda.



Primer kabla v rezervi navitega na bobnu z daljšim notranjim koncem.



Če imamo na bobnu še veliko kabla, bo prenosna moč zmanjšana, ker ne bo zadostno hlajenje. Zato priporočamo sledeče tokovne obremenitve:

- Popolnoma odvit kabel na zraku s temperaturo 25°C: 90A, kot samonosni kabel: 71A.
- Če imamo na bobnu še 500 m kabla in je temperatura 20°C: 15 A

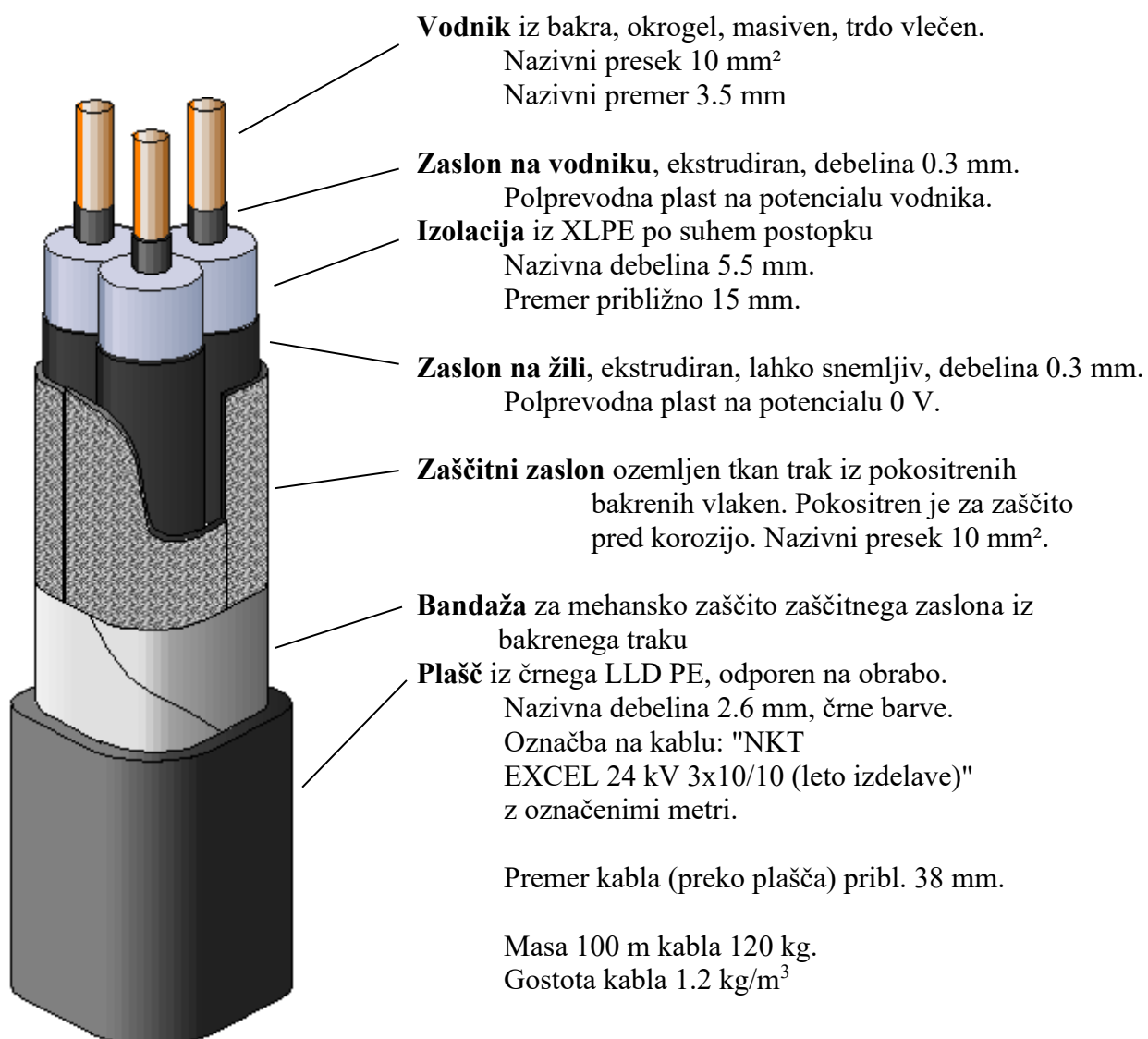
Manj kabla na bobnu, kot tudi manjša temperatura okolice pomeni večjo prenosno moč. Skozi poln boben lahko ženemo tok 25 A 5 do 6 ur.

EXCEL 12 kV je preizkušen za obratovalno napetost 24 kV in ga zato lahko uporabljamo tudi v 24 kV omrežjih ali na kombiniranih 12 kV in 24 kV omrežjih.

## Tehnični podatki

### EXCEL 12/20(24)kV 3x10/10 mm<sup>2</sup>

#### 1. KONSTRUKCIJA KABLA



## 2. ELEKTRIČNI PODATKI

Število vodnikov x presek v mm <sup>2</sup>	3x10/10	
Nazivna napetost U <sub>f</sub> /U v kV	14/24	
Nazivni tokovi v skladu z IEC287	v zraku 25°C	v zemlji 15°C
Maksimalna temperatura vodnika 90°C	90 A	96 A
65°C	71 A	81 A
kot samonosni nadzemni kabel		
65°C	71 A	
Max. upornost vodnika Ω/km pri 20°C	1.83	
Induktivnost, mH/km	0.49	
Kapacitivnost, μF/km	0.10	
Zemljostični okvarni tok, A/km	1.14	
Max. kratkostični tok (1 s) pri končni temperaturi vodnika 250 °C, kA	2.0	
Max. kratkostični tok zaščitnega zaslona, kA	2.0	

## 3. MONTAŽA

Minimalni polmer krivljenja	
Pri polaganju, mm.	~450
Pri obratovanju, mm.	~350
Minimalna temperatura pri polaganju, °C.	-20
Obratovalno temperaturno območje, °C.	-35 do +90

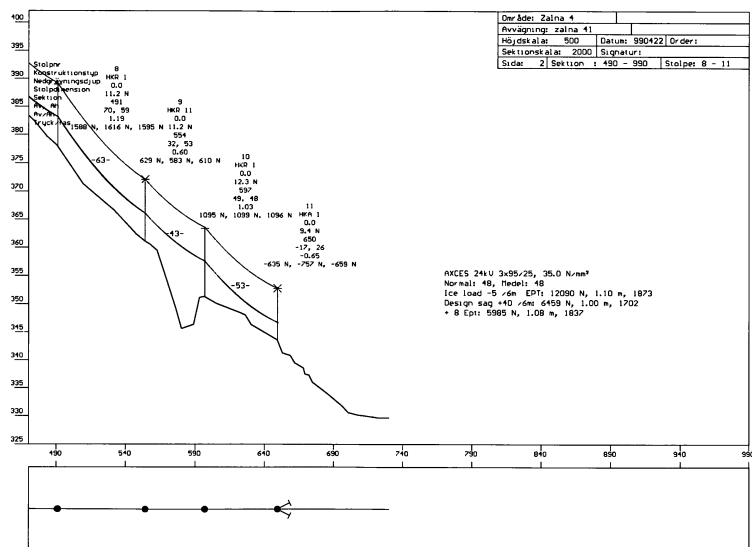
## 4. STANDARDI

Kabel je projektiran in preizkušen po IEC 502 in švedskih standardih SS 424 14 16.



## 5. PODATKI ZA IZRAČUNE IN PROJEKTIRANJE

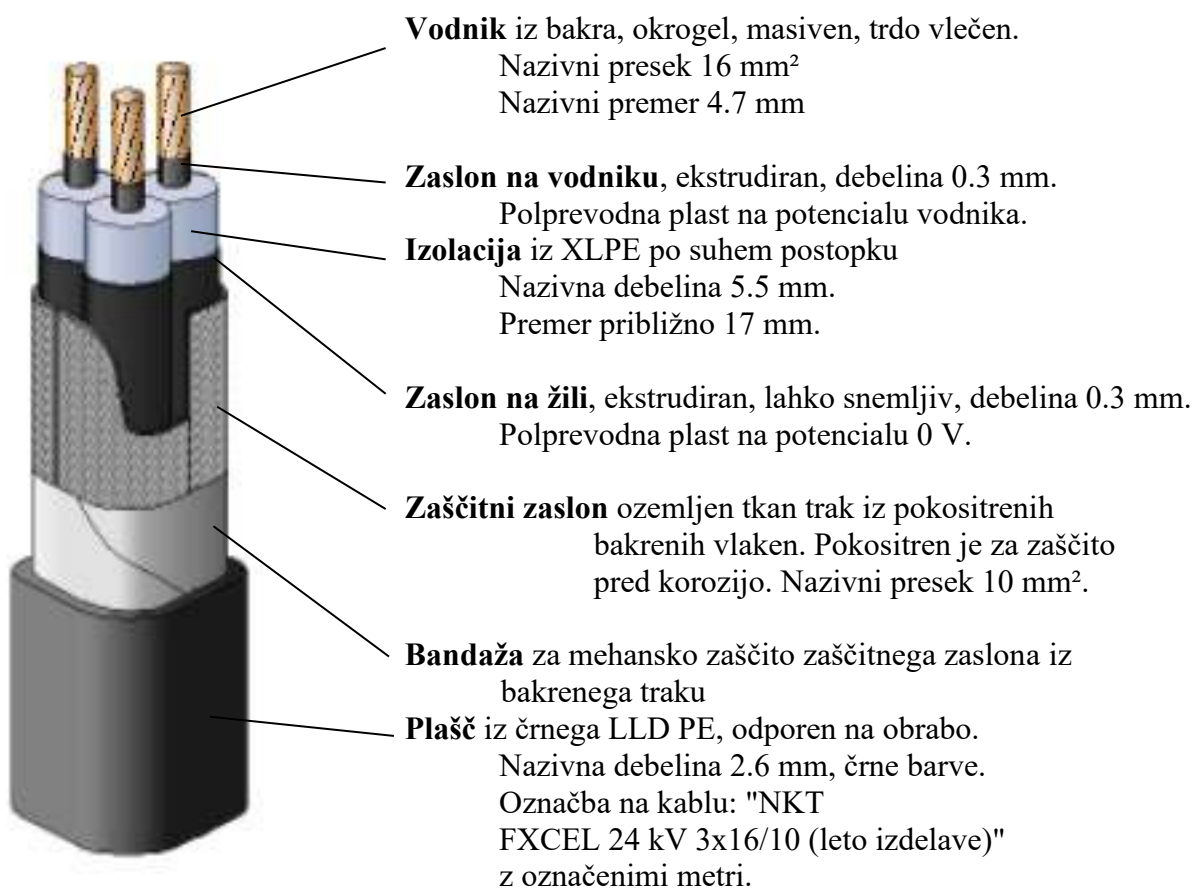
Presek za izračun verižnice	50 mm <sup>2</sup>
Premer kabla	38 mm
Q <sub>c</sub> = Masa kabla	1.22 kg/m
E <sub>ik</sub> = modul elastičnosti brez dodatne obtežbe	75 000 N/mm <sup>2</sup>
E <sub>p</sub> = modul elastičnosti z dodatno obtežbo	87 000 N/mm <sup>2</sup>
τ <sub>p</sub> = plastična deformacija	0.5 %
Koeficient linearnega raztezka	20 x 10 <sup>-6</sup> /°C
Izhodiščna natezna napetost pri 0°C	80 N/mm <sup>2</sup>
Največja kalkulacijska sila na kabel	8.5 kN
Približna udarna sila trganja kabla	24 kN
Približna sila počasnega trganja kabla	≥16 kN



## Tehnični podatki

### FXCEL 12/20(24)kV 3x16/10 mm<sup>2</sup>

#### 1. KONSTRUKCIJA KABLA



Premer kabla (preko plašča) pribl. 40 mm.

Masa 100 m kabla pribl. 140 kg.  
Gostota kabla 1.3 kg/m<sup>3</sup>

## 2. ELEKTRIČNI PODATKI

Število vodnikov x presek v mm <sup>2</sup>	3x10610	
Nazivna napetost U <sub>f</sub> /U v kV	14/24	
Nazivni tokovi v skladu z IEC287	v zraku 25°C	v zemlji 15°C
Maksimalna temperatura vodnika 90°C	105 A	115 A
65°C	85 A	94 A
kot samonosni nadzemni kabel		
65°C	85 A	
Max. upornost vodnika Ω/km pri 20°C	1.15	
Induktivnost, mH/km	0.48	
Kapacitivnost, μF/km	0.11	
Zemljostični okvarni tok, A/km	1.7	
Max. kratkostični tok (1 s) pri končni temperaturi vodnika 250 °C, kA	3.0	
Max. kratkostični tok zaščitnega zaslona, kA	2.0	

## 3. MONTAŽA

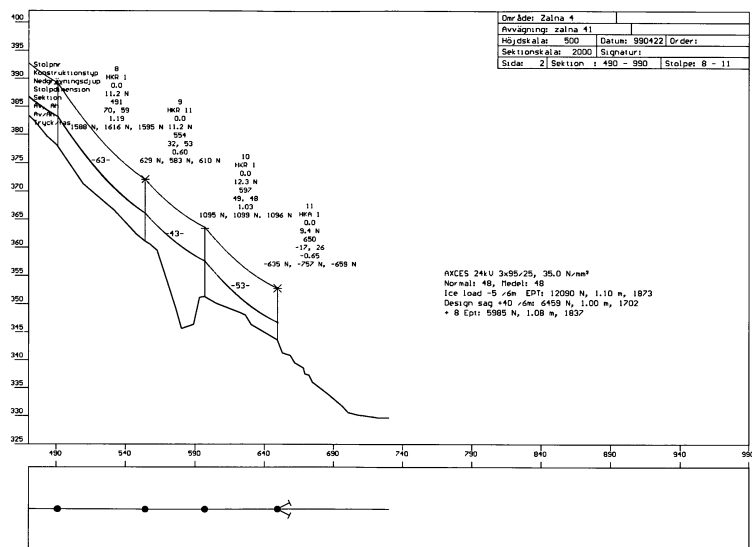
Minimalni polmer krivljenja	
Pri polaganju, mm.	~450
Pri obratovanju, mm.	~350
Minimalna temperatura pri polaganju, °C.	-20
Obratovalno temperaturno območje, °C.	-35 do +90

## 4. STANDARDI

Kabel je projektiran in preizkušen po IEC 502 in švedskih standardih SS 424 14 16.

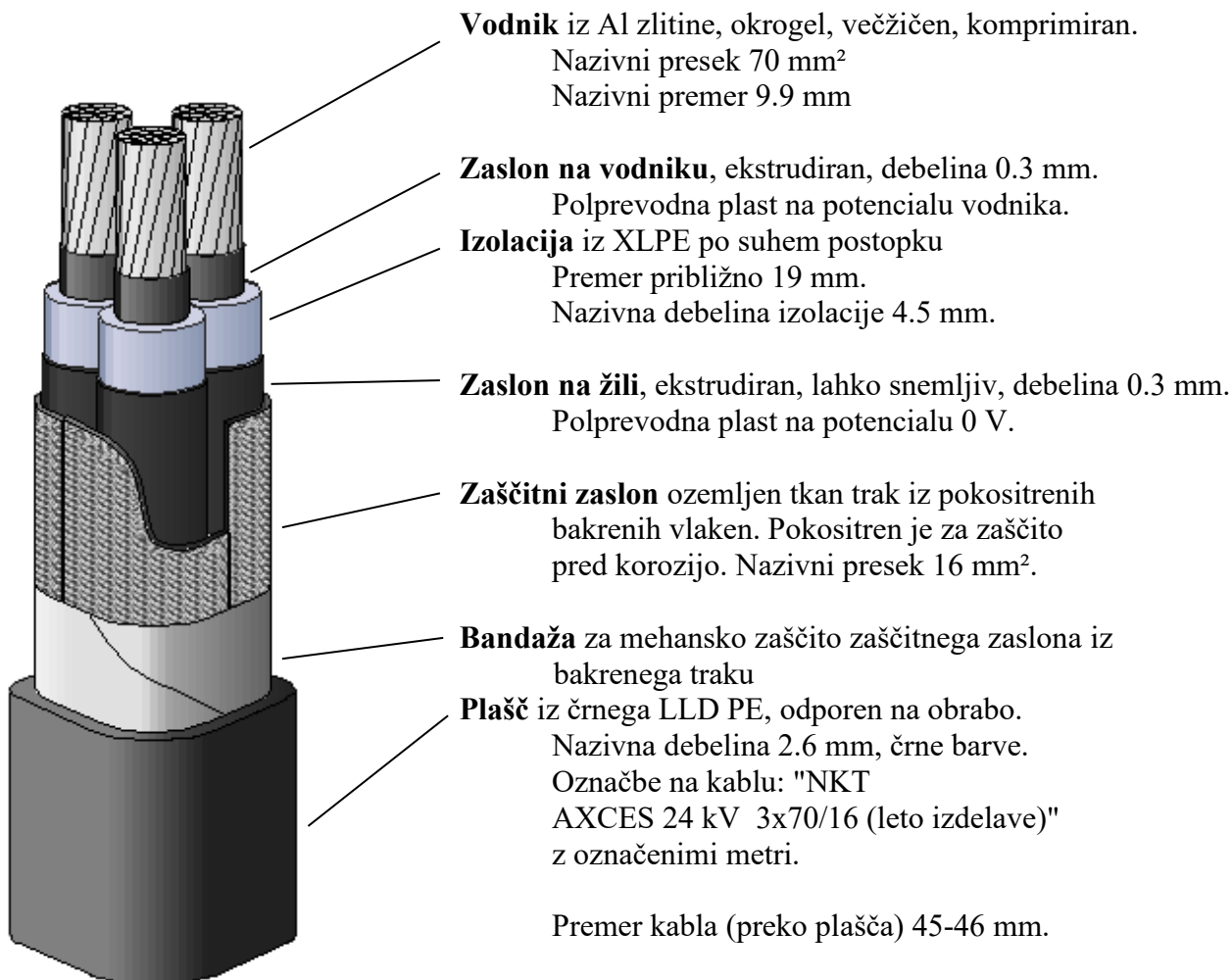
## 5. PODATKI ZA IZRAČUNE IN PROJEKTIRANJE

Presek za izračun verižnice	55 mm <sup>2</sup>
Premer kabla	38 mm
Q <sub>c</sub> = Masa kabla	1.3 kg/m
E <sub>ik</sub> = modul elastičnosti brez dodatne obtežbe	80 000 N/mm <sup>2</sup>
E <sub>p</sub> = modul elastičnosti z dodatno obtežbo	100 000 N/mm <sup>2</sup>
τ <sub>p</sub> = plastična deformacija	0.4 %
Koeficient linearnega raztezka	20 x 10 <sup>-6</sup> /°C
Izhodiščna natezna napetost pri 0°C	75 N/mm <sup>2</sup>
Največja kalkulacijska sila na kabel	8.7 kN
Približna udarna sila trganja kabla	>25 kN
Približna sila počasnega trganja kabla	≥17 kN



**AXCES 12/20(24)kV 3x70/16 mm<sup>2</sup>**

**1. KONSTRUKCIJA KABLA**



**Vodnik** iz Al zlitine, okrogel, večžičen, komprimiran.  
Nazivni presek 70 mm<sup>2</sup>  
Nazivni premer 9.9 mm

**Zaslon na vodniku**, ekstrudiran, debelina 0.3 mm.  
Polprevodna plast na potencialu vodnika.

**Izolacija** iz XLPE po suhem postopku  
Premer približno 19 mm.  
Nazivna debelina izolacije 4.5 mm.

**Zaslon na žili**, ekstrudiran, lahko snemljiv, debelina 0.3 mm.  
Polprevodna plast na potencialu 0 V.

**Zaščitni zaslon** ozemljen tkan trak iz pokositrenih bakrenih vlaken. Pokositren je za zaščito pred korozijo. Nazivni presek 16 mm<sup>2</sup>.

**Bandaža** za mehansko zaščito zaščitnega zaslona iz bakrenega traku

**Plašč** iz črnega LLD PE, odporen na obrabo.  
Nazivna debelina 2.6 mm, črne barve.  
Označbe na kablju: "NKT  
AXCES 24 kV 3x70/16 (leto izdelave)"  
z označenimi metri.

Premer kabla (preko plašča) 45-46 mm.

Masa 100 m kabla pribl. 180 kg.

Gostota kabla 1.35 kg/dm<sup>3</sup>

## 2. ELEKTRIČNI PODATKI

Število vodnikov x presek v mm <sup>2</sup>	3x70/16	
Nazivna napetost U <sub>f</sub> /U v kV	14/24	
Nazivni tok v skladu z IEC287	v zraku 25°C	v zemlji 15°C
Maksimalna temperatura vodnika 90°C	190 A	210 A
65°C	160 A	190 A
kot samonosni nadzemni kabel		
65°C	160 A	
Max. upornost vodnika Ω/km pri 20°C	0.44	
Induktivnost, mH/km	0.33	
Kapacitivnost, μF/km	0.21	
Zemljostični okvarni tok, A/km	2.7	
Max kratkostični tok (1 s) pri končni temperaturi vodnika 250 °C, kA	8	
Max kratkostični tok zaščitnega zaslona, kA	3.2	

## 3. MONTAŽA

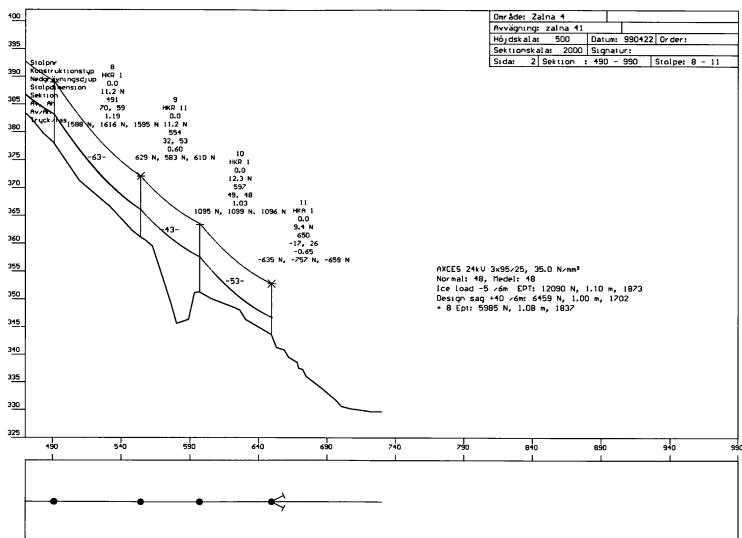
Minimalni polmer krivljenja	
Pri polaganju (12xD), mm	~560
Pri obratovanju (8xD), mm	~350
Minimalna temperatura pri polaganju, °C.	-20
Obratovalno temperaturno območje, °C.	-35 do +90

## 4. STANDARDI

Kabel je projektiran in preizkušen po IEC 502 in švedskih standardih SS 424 14 16, z izjemo debeline izolacije, ki je zmanjšana.

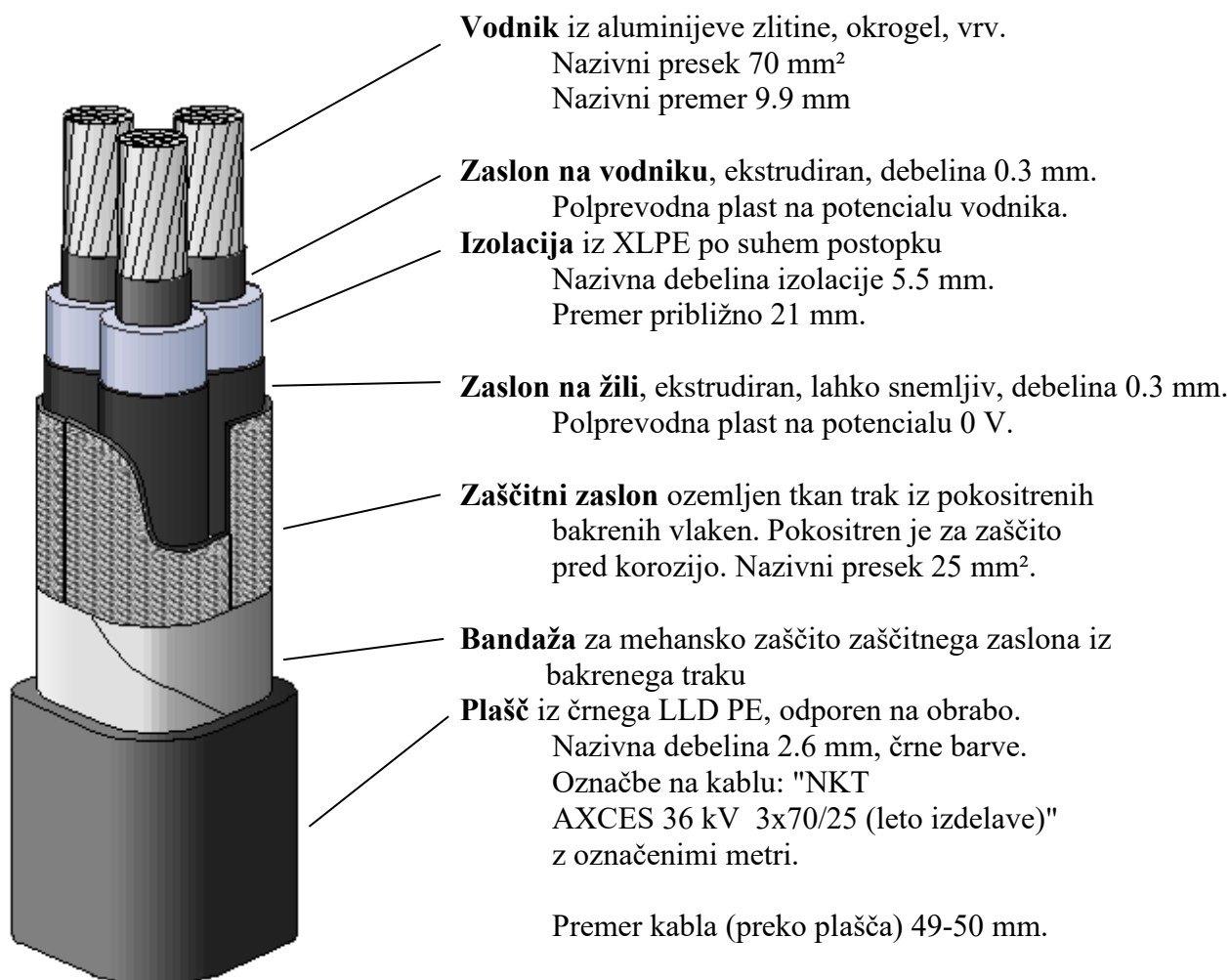
## 5. PODATKI ZA IZRAČUNE IN PROJEKTIRANJE

Presek za izračun verižnice	220 mm <sup>2</sup>
Premer kabla	45 mm
Q <sub>c</sub> = Masa kabla	1.75 kg/m
E <sub>ik</sub> = modul elastičnosti brez dodatne obtežbe	55 000 N/mm <sup>2</sup>
E <sub>p</sub> = modul elastičnosti z dodatno obtežbo	64 000 N/mm <sup>2</sup>
τ <sub>p</sub> = plastična deformacija	0.7 %
Koeficient linearnega raztezka	23 x 10 <sup>-6</sup> /°C
Izhodiščna natezna napetost pri 0°C	46 N/mm <sup>2</sup>
Največja kalkulacijska sila na kabel	27 kN
Približna udarna sila trganja kabla	56 kN
Približna sila počasnega trganja kabla	≥49 kN



## AXCES 18/30(36)kV 3x70/25 mm<sup>2</sup>

### 1. KONSTRUKCIJA KABLA





## 2. ELEKTRIČNI PODATKI

Število vodnikov x presek v mm <sup>2</sup>	3x70/25	
Nazivna napetost U <sub>f</sub> /U v kV	21/36	
Nazivni tok v skladu z IEC287	v zraku 25°C	v zemlji 15°C
Maksimalna temperatura vodnika 90°C	180 A	210 A
65°C	160 A	190 A
kot samonosni nadzemni kabel		
65°C	160 A	
Max. upornost vodnika Ω/km pri 20°C	0.443	
Induktivnost, mH/km	0.33	
Kapacitivnost, μF/km	0.19	
Zemljostični okvarni tok, A/km	3.7	
Max kratkostični tok (1 s) pri končni temperaturi vodnika 250 °C, kA	8	
Max kratkostični tok zaščitnega zaslona, kA	5	

## 3. MONTAŽA

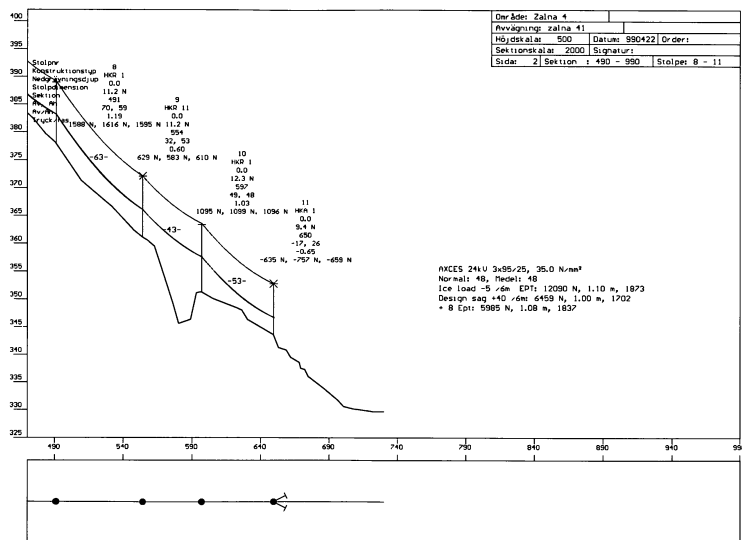
Minimalni polmer krivljenja	
Pri polaganju (12xD), mm	~600
Pri obratovanju (8xD), mm	~400
Minimalna temperatura pri polaganju, °C.	-20
Obratovalno temperaturno območje, °C.	-35 do +90

## 4. STANDARDI

Kabel je projektiran in preizkušen po IEC 502 in švedskih standardih SS 424 14 16, z izjemo debeline izolacije, ki je zmanjšana.

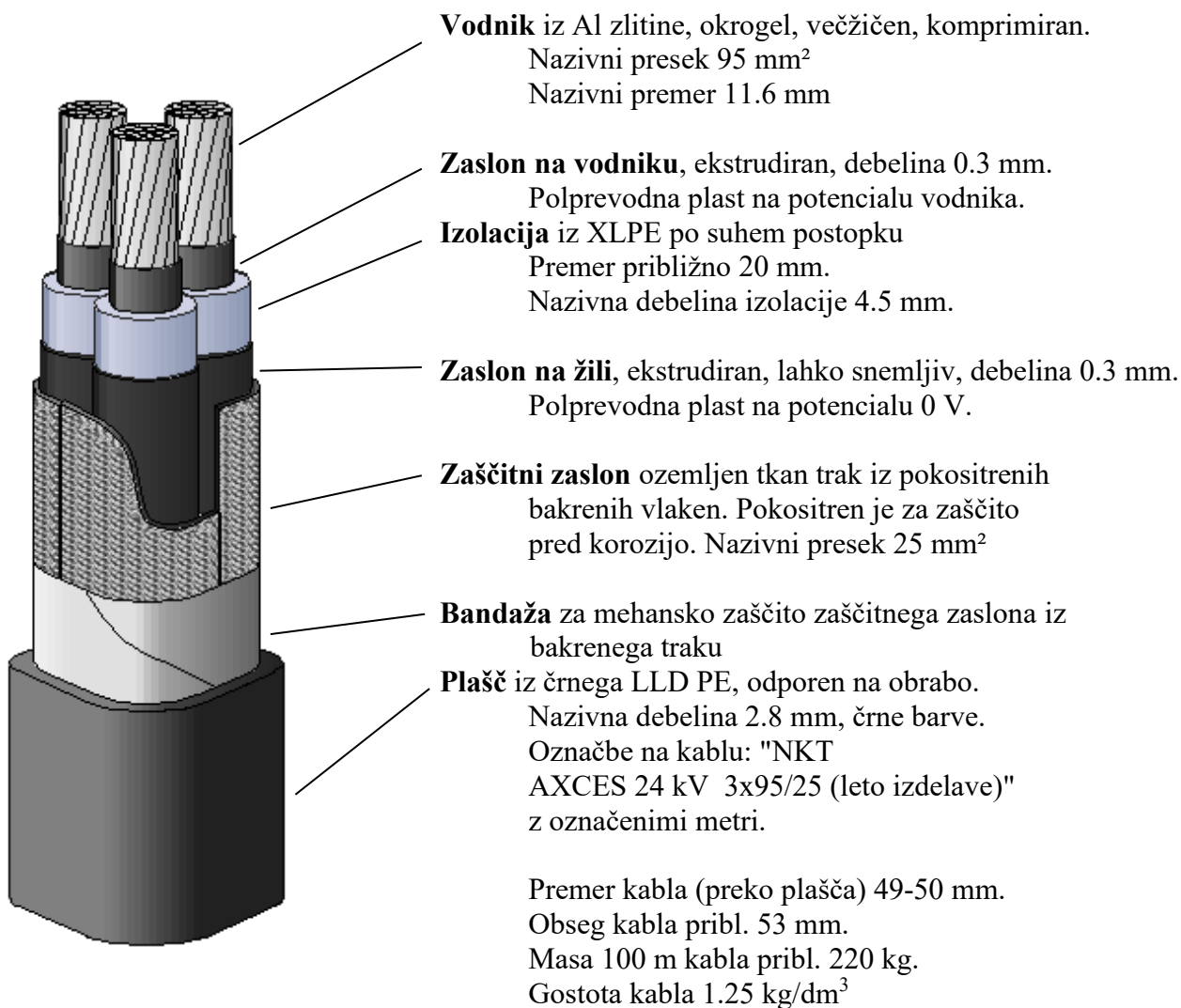
## 5. PODATKI ZA IZRAČUNE IN PROJEKTIRANJE

Presek za izračun verižnice	225 mm <sup>2</sup>
Premer kabla	49 mm
Q <sub>c</sub> = Masa kabla	1.95 kg/m
E <sub>ik</sub> = modul elastičnosti brez dodatne obtežbe	55 000 N/mm <sup>2</sup>
E <sub>p</sub> = modul elastičnosti z dodatno obtežbo	64 000 N/mm <sup>2</sup>
τ <sub>p</sub> = plastična deformacija	0.7 %
Koeficient linearnega raztezka	23 x 10 <sup>-6</sup> /°C
Izhodiščna natezna napetost pri 0°C	46 N/mm <sup>2</sup>
Največja kalkulacijska sila na kabel	27 kN
Približna udarna sila trganja kabla	56 kN
Približna sila počasnega trganja kabla	≥49 kN



## AXCES 12/20(24)kV 3x95/25 mm<sup>2</sup>

### 1. KONSTRUKCIJA KABLA



## 2. ELEKTRIČNI PODATKI

Število vodnikov x presek v mm <sup>2</sup>	3x95/25	
Nazivna napetost U <sub>f</sub> /U v kV	14/24	
Nazivni tokovi v skladu z IEC287	v zraku 25°C	v zemlji 15°C
Maksimalna temperatura vodnika 90°C	240 A	240 A
65°C	200 A	200 A
kot samonosni nadzemni kabel		
65°C	200 A	
Max. upornost vodnika Ω/km pri 20°C	0.32	
Induktivnost, mH/km	0.32	
Kapacitivnost, μF/km	0.25	
Zemljostični okvarni tok, A/km	1.6 (pri 12 kV)	3.3 (pri 24 kV)
Max kratkostični tok (1 s) pri končni temperaturi vodnika 250 °C, kA	11	
Max kratkostični tok zaščitnega zaslona, kA	5	

## 3. MONTAŽA

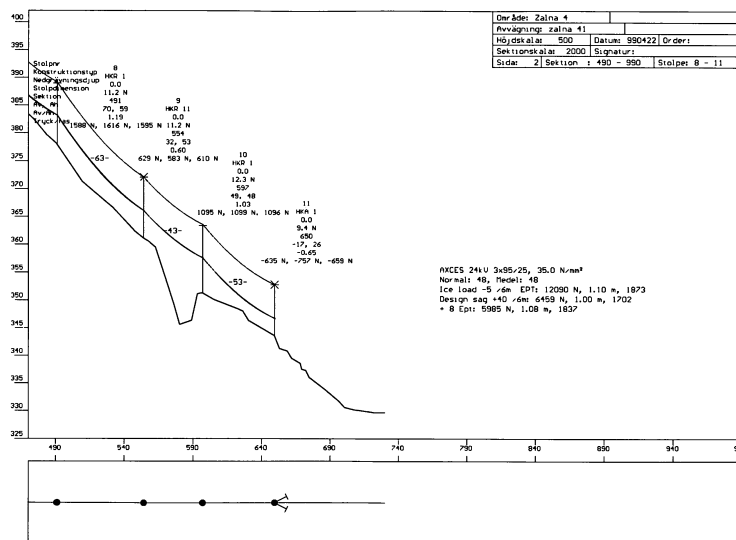
Minimalni polmer krivljenja	
Pri polaganju (12xD), mm	~600
Pri obratovanju (8xD), mm	~400
Minimalna temperatura pri polaganju, °C.	-20
Obratovalno temperaturno območje, °C.	-35 do +90

## 4. STANDARDI

Kabel je projektiran in preizkušen po IEC 502 in švedskih standardih SS 424 14 16, z izjemo debeline izolacije, ki je zmanjšana.

## 5. PODATKI ZA IZRAČUNE IN PROJEKTIRANJE

Presek za izračun verižnice	300 mm <sup>2</sup>
Premer kabla	49 mm
Q <sub>c</sub> = Masa kabla	2.2 kg/m
E <sub>ik</sub> = modul elastičnosti brez dodatne obtežbe	47 000 N/mm <sup>2</sup>
E <sub>p</sub> = modul elastičnosti z dodatno obtežbo	61 000 N/mm <sup>2</sup>
τ <sub>p</sub> = plastična deformacija	0.8 %
Koeficient linearnega raztezka	23 x 10 <sup>-6</sup> /°C
Izhodiščna natezna napetost pri 0°C	35 N/mm <sup>2</sup>
Največja kalkulacijska sila na kabel	22 kN
Približna udarna sila trganja kabla	70 kN
Približna sila počasnega trganja kabla	≥50 kN



## Tabele za bobne

Dolžina kabla, ki ga lahko navijemo na boben je odvisna od mnogih dejavnikov. Najpomembnejša sta velikost in premer bobna, vendar moramo paziti tudi na varnostno višino in kako kabel navijemo na boben. Varnostna višina je razdalja med zemljo in kablom, če je boben postavljen na zemljo. Da zmanjšamo možnost poškodbe kabla med prevozom in uporabo, priporočamo standardne varnostne višine. Če navijemo na boben toliko kabla, kot je prostora na bobnu (brez varnostne višine), imamo na bobnu veliko kabla, vendar moramo paziti, da ga ne poškodujemo.

Spodnje tabele kažejo količino kabla v metrih, ki ga lahko zvijemo na različne bobne za vse univerzalne kable.

Vrsta kabla	Velikost bobna								
	K16			K18			K20		
	Varnostna višina		Skupna masa v kg	Varnostna višina		Skupna masa v kg	Varnostna višina		Skupna masa v kg
Standard	brez v. v.	Standard		brez v. v.	Standard		brez v. v.		
EXCEL 12 kV	920	1050	980/1090	1180	1320	1240/1360	1412	1789	1540/1860
EXCEL 24 kV	445	540	740/850	600	600	970/970	830	830	1350/1350
AXCES 70-12 kV				480	580	890/1020	640	770	1200/1380
AXCES 70-24 kV				440	440	1000/1000	590	590	1380/1380
AXCES 95							460	570	1350/1600

Vrsta kabla	Velikost bobna								
	K22			K24			K26		
	Varnostna višina		Skupna masa v kg	Varnostna višina		Skupna masa v kg	Varnostna višina		Skupna masa v kg
Standard	brez v. v.	Standard		brez v. v.	Standard		brez v. v.		
EXCEL 12 kV	1900	2108	2030/2200	2540	3000	2680/3070	3550	4150	3900/4430
EXCEL 24 kV	1030	1190	1670/1860	1350	1510	2170/2370	1930	2370	3260/3800
AXCES 70-12 kV	820	960	1520/1710	1100	1260	2010/2220	1630	2040	3100/3650
AXCES 70-24 kV	630	750	1520/1740	890	1020	2070/2320	1300	1470	3170/3480
AXCES 95	600	730	1750/2010	850	990	2400/2700	1260	1430	3680/4060

Vrsta kabla	Velikost bobna					
	K28			K30		
	Varnostna višina		Skupna masa v kg	Varnostna višina		Skupna masa v kg
Standard	brez v. v.	Standard		brez v. v.		
EXCEL 12 kV	5000	6100	5460/6400	7200	8100	7510/8250
EXCEL 24 kV	2620	3140	4380/5020	3840	4480	6050/6830
AXCES 70-12 kV	2260	2750	4240/4900	3300	3600	5830/6200
AXCES 70-24 kV	1870	2310	4460/5230	2570	3100	5860/6780
AXCES 95	1830	2050	5200/5700	2530	2780	6930/7500



## Reference za električne in neelektrične preizkuse, ki so jih opravili na univerzalnih kablih EXCEL IN AXCES™

Protokoli preizkusov so na voljo pri Ericsson Network Technologies in zastopniku MR Export-Import, kjer lahko dobite kopije teh dokumentov. Razen teh preizkusov je izvedeno tudi veliko internih razvojnih preizkusov v laboratorijih tovarne.

### Električni preizkusi

- Vrsta preizkusov po Švedskih standardih SS 424 14 17.

Preizkuse so izvajali na kablu EXCEL 3x10/10 12 kV z napetostjo 24 kV.

Rezultat: 12 kV kabel se je uspešno prestal preizkuse z napetostjo 24 kV. (Ref. 604772E)

- Vrsta preizkusov po Švedskih standardih SS 424 14 17.  
Preizkuse so izvajali na kablu AXCES™ 3x95/25 24 kV.

Rezultat: Kabel se je uspešno prestal preizkuse. (Ref. 604808E)

- Staranje kabla EXCEL 3x10/10 12 kV v 24 kV omrežju.  
Kabel so položili v vodo, kjer so ga uporabljali 4 leta z dvakrat večjo nazivno napetostjo (12 kV  $\Rightarrow$  24 kV).

Rezultat: Kabel niso prizadeli dejavniki staranja. Porušitvena napetost je bila  $>31 \times U_f$  in večja kot zahteva standard: 216-240 kV faza-zemlja. (Ref HSP566)

- Preizkus pikanja z iglo na kablju EXCEL 3x10/10 in AXCES™ 3x95/25 v Falcon Laboratory, Velika Britanija  
Zapičili so jekleno iglo v kabel in po njem pognali 3 kA kratkostični tok.

Rezultat: Kostruktura kabla z zaslonom je vzdržala kratkostične toke, saj so poškodbe nastale le na lokalnih delih. (Ref. Poročilo iz Falcon Testing Laboratory Št. 6616)

- Impulzni tokovni preizkus na EXCEL 3x10/10 12kV v NEFI laboratorijih na Norveškem.  
Kratkostični tokovi do 10 kA (efektivne vrednosti) pri različni dolžinah kabla.

Rezultat: Kabel se ne pregreva preko dovoljene temperature pri dolžini nad 500 metrov za 12 kV in pri 1000 metrih za 24 kV kable. Krajše kable je priporočljivo zaščititi; na primer z varovalko za tako velike tokovne sunke.  
(Ref. 0360-keo604826)

- Raziskava dovoljenega toka v kablu EXCEL 3x10/10 12kV, ko je kabel na bobnu. Navili so 500 metrov kabla na K14 boben. Pognali so tok po kablu in merili temperaturo vodnika.

Rezultat: Za neprestano uporabo je največji tok za kabel navit na bobnu približno 25A. Večji tokovi so dovoljeni le za kratek čas. (Ref. HSP553)

Izvedli so tudi mnogo preizkusov pospešenega staranja za vse zgoraj omenjene preizkuse razen za zadnjega.

## Neelektrični preizkusi

- Preizkus kabla EXCEL 3x10/10 12kV na padanje dreves, dokler se kabel ni utrgal. Kabel so izmerili pred in po nekaj padcih drevesa nanj, dokler se ni utrgal. Izvedena je bila tudi meritev plastične deformacije na obeh koncih kabla (razen na manjšem delu na kraju, kjer se je kabel utrgal).

Rezultat: Oba konca kabla sta bila v popolnem delavnem stanju po preizkusu in opazili niso nobenega povečanja plastičnega raztezka. (Ref. HSP385)

- Preizkus na kablu AXCES™ 3x95/25 24kV obešenem na zraku z povečano natezno silo in povečano temperaturo vodnika. Raziskovali so kako se kabel obnaša z električnega in neelektričnega vidika pri večjih nateznih silah in temperaturah daljši čas.

Rezultat: Kabel je test prestal. (Ref. 606226)

- Merjenje modula elastičnosti kabla AXCES™ 3x95/25 24 kV. Merili in izračunavali so modul elastičnosti kabla za uporabo v povেশnih in projektantskih tabelah. (Ref. 604817)

- Mehanične meritve na kablil EXCEL 3x10/10 12kV in 24kV v razpetinah. Kabli so bili obešeni v zraku in izpostavljeni različnim silam, temperaturi okolice, tokovom vodnikov in simulirani obtežbi ledu. Merili in izračunavali so povese in modul elastičnosti. (Ref. 604779)

- Statični in dinamični preizkus nosilne sponke in natezne spirale. Preizkus so opravljali v Daltek Probator AB. (Ref. Test Report No. 990135)



- Preizkusi AXCES™ 3x70/16 mm<sup>2</sup> na razpetini 200 m na poligonu inštituta EA Technology v Deathwather Fell, Velika Britanija.
  - Kabel Ericssons Network Technologies' AXCES™ 3x70/16 24 kV so preizkušali na poligonu inštituta EA Technology pod težkimi vremenskimi pogoji pri Deadwater Fell, na angleško-škotski meji nad jezerom Kielder.
  - Kabel je bil napet na razpetini 200 m od januarja 2001 do septembra 2001 skupaj z vodom z golimi in polizoliranimi vodniki (na enaki razpetini).
  - Meritve so izvajali z indikatorji obremenitve in opazovali z video kamerami, istočasno so zapisovali podatke o vremenu.
  - Med trajanjem preizkusa je bila povprečna hitrost vetra 24 m/s, temperature so bile povprečno -8 °C. Vodniki so bili izpostavljeni trem hujšim snežnim in ledenim nevihtam ob navadnih snežno-ledenim pogojem tega področja.
  - Največja izmerjena obremenitev z ledom in vetrom je bila preko 7 kg/m.
  - Po minulem zimskem obdobju ko ni bilo zimskih temperatur in dodatne obtežbe so meritve pokazale, da je kabel AXCES™ imel enake mehanske karakteristike in napenjalne sile kot pred zimo kljub vetrovnim in snežno-ledenim obtežbam (kar pomeni, da ni prišlo do plastičnega raztezka kabla).
  - Goli vodniki so imeli znatno manjše napenjalne sile v enakem času in v enakih vremenskih pogojih po vetrovno-ledenih obtežbah do 3.5 kg/m na vodnik oziroma 10.5 kg/m za 3-žilne vode (kar pomeni, da je prišlo do znatnih plastičnih raztezkov in do večjih dodatnih obtežb v primerjavi s kablom AXCES™).
  - Polizolirani vodniki so prav tako imeli znatno manjše napenjalne sile v enakem času in v enakih vremenskih pogojih po vetrovno-ledenih obtežbah do 2.5 kg/m na vodnik oziroma 7.5 kg/m za 3-žilne vode (kar pomeni, da je prišlo do znatnih plastičnih raztezkov pri podobnih dodatnih obtežbah kot so bile na kablju AXCES™).

### **Mnenje o ustreznosti univerzalnih kablov EXCEL in AXCES™**

- Strokovno mnenje o ustreznosti univerzalnih kablov EXCEL/AXCES™ z opremo za slovenski elektroenergetski sistem EI »Milan Vidmar«, Ljubljana, l. 1999 in l. 2001
- Mnenje o ustreznosti univerzalnih kablov EXCEL in AXCES™ z opremo za slovenski elektroenergetski sistem, REI, Ljubljana, l. 2000

## Načrti karakterističnih obešanj in napenjanj nadzemnih kabljskih vodov z univerzalnimi kabli EXCEL in AXCES™

