

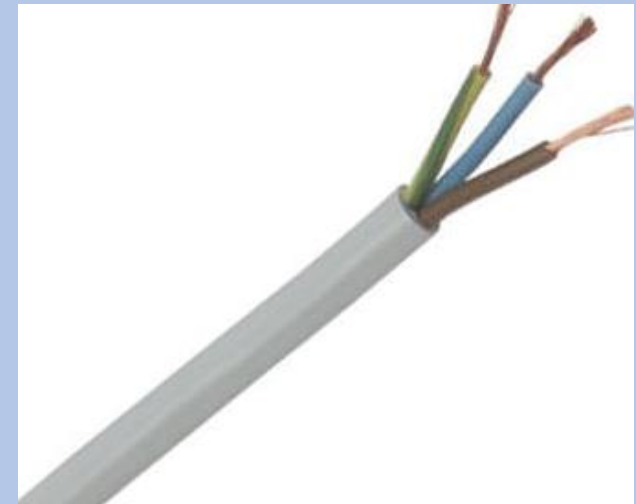
# Grundlæggende el-lære

## Spændingsfald i Kabler og Ledninger

# Ledninger og Kabler

Ledninger findes i flere forskellige udgaver.

- **Enkelt-ledere** (med stiv tråd) i forskellige farver, som bruges blandt andet til installationer hvor ledningerne trækkes i et plastrør, som ofte skjult i væg o. lign. Disse ledninger fås som sagt i mange farver, så dem på billedet er kun nogen af dem.
- Ledere med stiv tråd udføres til og med 4 mm<sup>2</sup> som en stiv leder, men fra 6 mm<sup>2</sup> og opefter består lederen af syv tyndere ledere, der til sammen udgør tværsnittet.
- **Blød kappe-ledning**, som også kaldes bevægelig ledning, denne bruges normalt ved tilslutning af apparater og lamper. ( f.eks. Komfur, vaskemaskine, tørretumbler, samt ophængning af lamper osv.) Disse "ledninger" fås med forskellige antal ledere, alt efter behov.
- Lederne i bløde bevægelige ledninger består af massevis af tynde ledere, som til sammen udgør den samlede leder.



fortsættes næste side

# Ledninger og Kabler

Fortsat fra foregående side

**Installations-kabel**, der benyttes til installationer, disse kabler indeholder forskellige antal ledere efter behov. (normalvis som tre-leder, fire-leder, fem-leder og syv-leder. Men også i andre udgaver)

Kablet betegnes ud fra **antal ledere**, den **enkelte leders tværsnit**, samt en **typebetegnelse** der angiver øvrige data for kablet.

Man kan også se, hvorvidt den ene ledning er i farven gul/grøn. ( den benyttes kun som beskyttelsesleder)

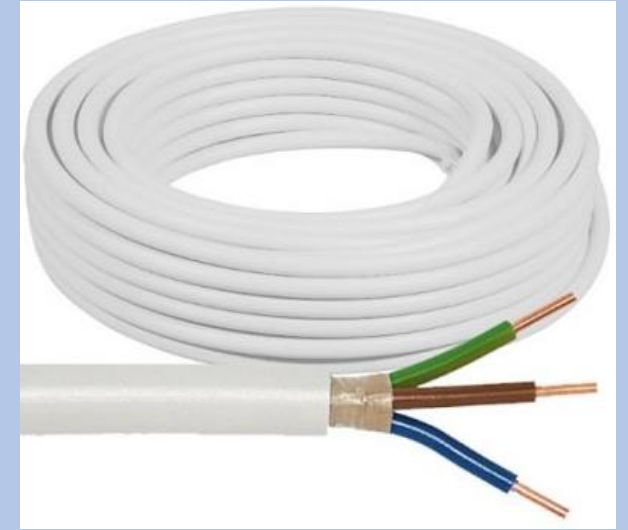
Hvis kablet hedder f.eks. :  $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$  XXXXX

Er det et kabel med **tre ledninger**, hver af ledningerne har tværsnittet  **$1,5 \text{ mm}^2$**  og der er **ingen** ledning med **gul/grøn** isolation.

XXXXX er bare et eksempel, her står øvrige data.

Hvis kablet hedder f.eks. :  $3 \text{ G } 1,5 \text{ mm}^2$  XXXXX er det et kabel med **tre ledninger**, hver af ledningerne har tværsnittet  **$1,5 \text{ mm}^2$**  og den ene af ledningerne er med **gul/grøn isolation**.

XXXXX er bare et eksempel, her står øvrige data.

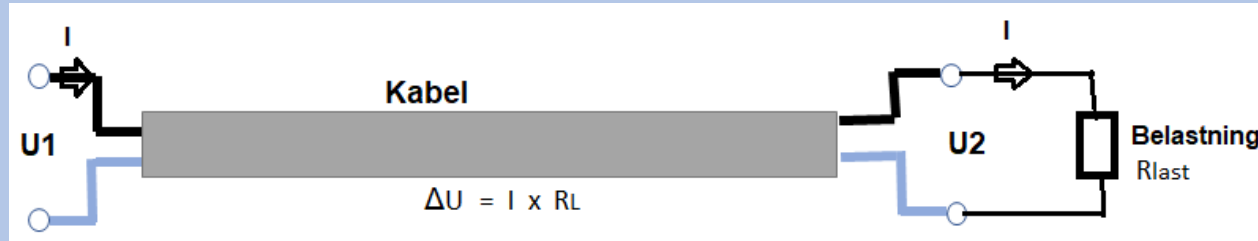


Kabel 3 G  $1,5 \text{ mm}^2$  (med stive ledere)



Kabel 4 x  $6 \text{ mm}^2$  (med stive ledere)  
hver leder består af 7 kobberledere  
der er snoet.

# Spændingsfald i ledningerne



Tegningen viser et kabel der skal levere spænding til en belastning (apparat).

Ved udgangspunktet af kablet (ofte gruppetavlen) er der en spænding " U1 "

Ved enden af kablet er en belastning tilsluttet til kablet og dermed spændingen " U2 "

Fra U1 løber en strøm " I " gennem kablet og belastningen og retur til U1

Hvis spændingen " U1 " og " U2 " måles, konstateres det at de to spændinger ikke er lige store. " U1 > U2 "

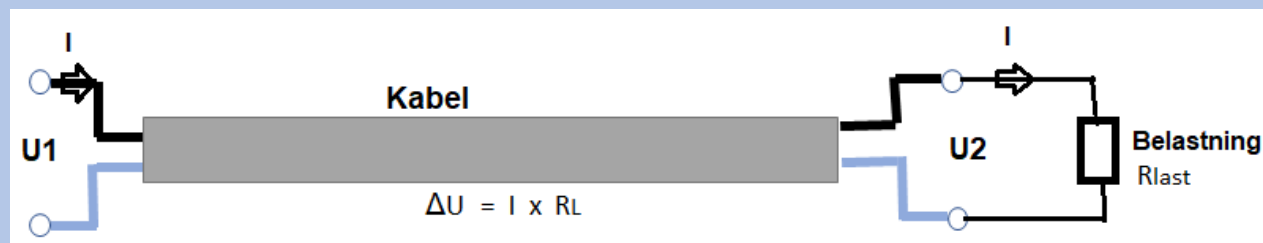
Dette skyldes at der sker et spændingsfald i kablet "  $\Delta U$  ". Spændingsfaldet skyldes at strømmen " I " passerer gennem ledningerne i kablet og dermed deres ledningsmodstand "  $R_L$  " ( i begge ledninger til sammen)

Dette spændingsfald kan beregnes med følgende formel: 
$$\Delta U = I \times R_L \times 1,25$$

Konstanten 1,25 i formlen, skyldes at der skal beregnes med et tillæg på 25 % ved normal drift.

(Tillægget er ifølge 60364 tabel G 52.1 Ved normaldrift regnes med et tillæg til  $\rho$  ved 20°C )

# Spændingsfaldet i en Installation



Spændingsfaldet " $\Delta U$ " er årsag til at  $U_2$  er mindre end  $U_1$ .  $U_2 = U_1 - \Delta U$

Spændingsfaldet opstår på grund af modstanden i ledningerne (begge to tilsammen) og kan beregnes med

formlen :  $R_L = \frac{\rho \times L}{S}$  man skal dog huske at " $L$ " er **to gange** kablets længde.

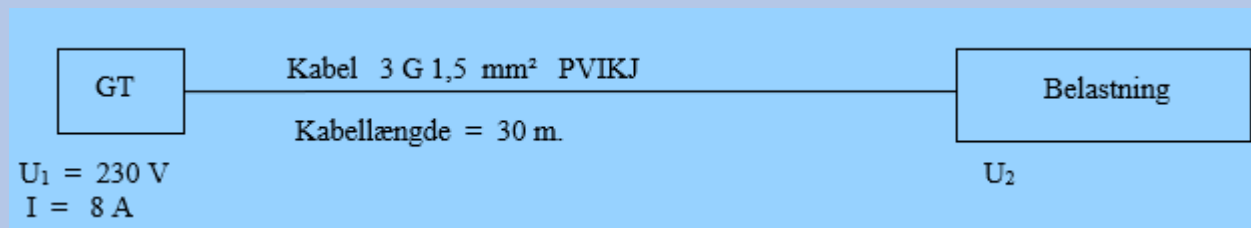
Belastningen vil optage en effekt " $P_{Last}$ " som er afhængig af strømmen " $I$ " og spændingen " $U_2$ ".  $P_{Last} = I \times U_2$

Der sker også effekttab i ledningen " $\Delta P$ " afhængig af strømmen " $I$ " og spændingsfaldet " $\Delta U$ ".  $\Delta P = I \times \Delta U$

Det totale effekt-forbrug " $P_{tot}$ " som optages afhænger af strømmen " $I$ " og spændingen " $U_1$ ".  $P_{tot} = I \times U_1$

Det totale effekt-forbrug " $P_{tot}$ " kan naturligvis også beregnes som følger:  $P_{tot} = P_{Last} + \Delta P$

# Eksempel på beregning



Beregn: Ledningsmodstanden  $R_L$   
Spændingsfaldet  $\Delta U$   
Spændingen  $U_2$   
Effekterne  $P_{\text{tot}}$ ,  $P_{\text{Last}}$  og  $\Delta P$

$$R_L = \frac{\rho \times L}{s} = \frac{0,0175 \times 30 \times 2}{1,5} = 0,7 \Omega$$

$$\Delta U = I \times R_L \times 1,25 = 8 \times 0,7 \times 1,25 = 7 \text{ V}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U = 230 - 7 = 223 \text{ V}$$

$$P_{\text{Last}} = I \times U_2 = 8 \times 223 = 1,784 \text{ kW}$$

$$\Delta P = I \times \Delta U = 8 \times 7 = 56 \text{ W}$$

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{Last}} + \Delta P = 1,8 \text{ k} + 56 = 1,84 \text{ kW eller } 1840 \text{ W}$$

# Maksimalt spændingsfald i Installationer

Lovgivningen, og de standarder denne retter sig mod, stiller krav til det maksimale spændingsfald, som kan accepteres i en installation.

Bekendtgørelse 1082 § 20 stk. 2 kan ses her til højre.

Den uddybes i DS / HD 60364 i Tabel G 52.1 som er vist her til højre.

Det angives her, at spændingsfaldet ikke må overstige

- 3% ved belysning
- 5% ved anden anvendelse.

Procentdelen udregnes som spændingsfaldet i procent, af spændingen i udgangspunktet ( ofte gruppetavlen)

**§ 20.** Ledernes tværsnit skal fastlægges for både normale driftsforhold og for fejlforhold under hensyntagen til

- 1) deres højeste tilladelige ledertemperatur,
- 2) det højeste acceptable spændingsfald,
- 3) de elektromekaniske påvirkninger, der kan forventes ved jordfejl og kortslutninger,
- 4) andre mekaniske påvirkninger, som lederne kan blive udsat for,
- 5) den største impedans i forhold til funktionen af beskyttelsen mod fejlstrøm og
- 6) installationsmåden.

## Højest tilladte spændingsfald

Spændingsfaldet mellem installationens forsyningspunkt og et tilslutningssted må ikke overstige værdierne i tabel G.52.1, udtrykt med hensyn til værdien af den nominelle spænding i installationen.

**Tabel G.52.1 – Spændingsfald**

Installationstype	Belysning %	Anden anvendelse %
A – Lavspændingsinstallationer forsynet direkte fra offentligt forsyningsystem	3	5
B – Lavspændingsystem forsynet fra privat lavspændingsforsyning <sup>a</sup>	6	8

<sup>a</sup> Det anbefales, at spændingsfald inden for grupper så vidt muligt ikke overstiger de værdier, der er angivet under installationstype A.

Når hovedledningssystemet i installationerne er længere end 100 m, kan disse spændingsfald øges med 0,005 % pr. meter ud over 100 m, dog højst med 0,5 %.

Spændingsfaldet fastsættes ud fra strømforbrugende materielbehov, og der anvendes samtidighedsfaktorer, hvor det er relevant, eller ud fra værdierne af strømkredsenes dimensioneringsstrøm.

# Beregning af spændingsfaldet i %

Ved en beregning er følgende oplysninger fremkommet:

Spændingen i udgangspunktet ( GT )  $U_1 = 230 \text{ V}$

Spændingen ved **belysningen**  $U_2 = 221 \text{ V}$

$$\Delta U = U_1 - U_2 = 230 - 221 = 9 \text{ V} \quad \Delta U \% = \frac{\Delta U \times 100}{U_1} = \frac{9 \times 100}{230} = 3,91 \% \quad \Delta U \text{ er ikke OK (max. 3 \% )}$$

En anden beregning med følgende oplysninger:

Spændingen i udgangspunktet ( GT )  $U_1 = 230 \text{ V}$

Spændingen ved **El-vand-varmeren**  $U_2 = 217 \text{ V}$

$$\Delta U = U_1 - U_2 = 230 - 217 = 13 \text{ V} \quad \Delta U \% = \frac{\Delta U \times 100}{U_1} = \frac{13 \times 100}{230} = 5,65 \% \quad \Delta U \text{ er ikke OK (max. 5 \% )}$$



# Hvad kan der gøres ved for højt Spændingsfald ?

Hvis spændingsfaldet er for højt, er der ikke så mange ting, som man kan gøre

- Man kunne vælge et andet ledningsmateriale, med bedre modstandsfylde, men det findes ikke (kun sølv) X
- Man kunne flytte belastningen tættere på GT og dermed kortere længde ledning, men det er næppe nogen god løsning, da belastningen skal benyttes der hvor den installeres. X
- Man kan benytte et højere tværsnit, det vil give en mindre ledningsmodstand, det er bestemt muligt. V

Så løsningen er at benytte højere tværsnit