

# Udbudsforskrifter for Kalkstabilisering

Af civilingeniør Caroline Hejlesen,  
Vejdirektoratet, chh@vd.dk

## Resume

*Udbudsforskriften for kalkstabilisering omfatter råjorden består af lerjord med utilstrækkelige funktionsegenskaber, som behandles med brændt kalk. Kalkstabilisering kan udføres som stabilisering af planum, stabilisering af materialer til påfyldning eller stabilisering på værk.*

*Kalkstabilisering af materialer til påfyldning åbner op for muligheden til at oparbejde lerjord som normalt betegnes ikke indbygningseget, således at det kalkstabiliserede materiale kan anvendes i stedet for friktionsfyld i f.eks. påfyldning og ramper. Ved at kalkstabilisere en våd moræneler kan materialets E-modul nemt hæves fra under 10 MPa til minimum 45 MPa, hvilket medfører at vejens overbygning ikke behøver have nær så stor en tykkelse.*

## Baggrund

Kalkstabilisering er de sidste 5 år blevet mere og mere brugt i Danmark, og fordelene ved kalkstabilisering er efterhånden velkendt – spare på mængden af råstoffer og derved billigere anlæg samt mulighed for at lave jordarbejde i de våde perioder. Der er dog stadig mange spørgsmål om hvordan man udføre kalkstabiliseringen, hvordan man bestemmer den nødvendige mængden af kalk der skal tilsættes og ikke mindst hvordan man kontrollere arbejdets udførelse. Som hjælp er det første sæt udbudsforskrifter for kalkstabilisering nu blevet færdig.

Udbudsforskriften for kalkstabilisering tænkes primært anvendt, hvor lerjord har for ringe bæreevne og/eller er for opblødt til komprimering. Jord forbedret med brændt kalk (kalciumoxid) medfører en umiddelbar forbedring ved reduktion af vandindhold og øget bæreevne samt reduktion i plasticitet, således at jorden kan bære almindeligt jordflytningsmateriel, komprimeres i tilfredsstillende lag og fungere som underlag for opbygning af efterfølgende lag.

Udbudsforskriften har til formål at beskrive kravene til kvaliteten af det udførte arbejde, og hvorledes entreprenøren skal sikre kvaliteten af det udførte arbejde, således at skader i form af ujævnheder, sætninger, revner m.v. kan reduceres.

## Materialekrav

Materialekravene dækker både den kalk der stabiliseres med og den råjord der skal stabiliseres, da ikke alt kalk kan anvendes til kalkstabilisering og ikke alle råjordstyper kan stabiliseres med kalk.

## Kalk

Til kalkstabilisering anvendes som udgangspunkt brændt kalk i klasse CL 90 i henhold til DS/EN 459-1.

I henhold til DS/EN 459-2 skal der opnås en temperatur på minimum 60 °C ved blanding af kalken og vand inden for 25 min. For at undgå problemer med støv ved stabiliseringen med kalk skal den kalk der anvendes opfylde et støvkrav på mindre end 40 % ved bestemmelse efter prVI 99-8, hvis kalken udlægges direkte på jorden.

### Råjord

Råjord, der kalkstabiliseres skal have et plasticitetsindeks på 5 % eller mere og et organisk indhold på maks. 3 %. Hvis råjorden afviger herfra skal eftervises at de ønskede funktionsegenskaber kan opnås ved f.eks. at stabilisere med kalk og cement.

### **Udførelse**

Udførelsen af kalkstabilisering stiller krav om en forprøvning, hvor der i laboratoriet eftervises hvor meget kalk der skal stabiliseres med for den enkelte lerjord ved et givent vandindhold. Ud fra resultaterne fra forprøvningen så udføres der en prøvestrækning for at eftervise at det anvendte materiel er godt nok til opgaven. Når forprøvning og prøvestrækning er udført kan det egentlige stabiliseringsarbejde begynde.

Udlægning af kalk kan ikke påregnes tilladt i frostvejr eller ved vindstyrker over 10 m/s målt på udlægningsstedet mindst 0,5 m over terræn. Ved udlægning må kalken ikke falde frit til jorden f.eks. anvendes skørt på udlægningsmaskinen eller nedfældning.

Ved kalkstabilisering skal der påregnes en volumenudvidelse på ca. 2 % pr. 1 % tilsat brændt kalk.

### Laboratorieforprøvning

For at eftervise at den ønskede bæreevneforbedring opnås samt at det korrekte blanding anvendes i marken udføres der forprøvning med forskellige kalkindhold – f.eks. 1, 2 og 3 % kalk – i laboratoriet inden prøvestrækningen udføres. Der testes med standard proctor og CBR, med mindst 3 punkter på den ”våde” gren af proctorkurven. Når forprøvningen i laboratoriet udføres, er det vigtigt at der blandes en homogen prøve af lerjord og brændt kalk. Blandingen skal derfor ske i en lynhakker.

Der skal laves nyt materiale til hvert punkt på Proctor-kurven, hvorved det er nødvendigt at udtage en prøvemængde der er ca. 6-7 gange så stor som ved et almindeligt St. Proctor med CBR-forsøg

Ved forprøvningen skal opnås en initial CBR-værdi (IPI) på mindst 10 % og CBR-værdien skal efter 4 døgns vandlagring være større end IPI og mindst 15 %.

Den initiale CBR-værdi bestemmes ved at udføre standard Proctor indstampning inden for 1 time efter prøven af lerjord, kalk og vand er blandet. CBR-forsøget udføres inden for 1½ time efter prøven blev blandet. Ved vandlagringen skal Standard Proctor stadig være udført inden for 1 time efter prøven blev blandet, og CBR-forsøget udføres efter at prøverne er blevet lagret under vand i 4 døgn.

### Prøvestrækning

Kalkstabilisering udføres som en prøvestrækning på den første dags produktion med den valgte tilsætning og det valgte udlægningsmateriel.

Her efterprøves den valgte udførelsesmetode ved bestemmelse af vandindhold og densitet med isotopsonde samt bæreevne med minifaldlod. Måleprogrammet gennemføres efter

stabilisering og komprimering. Når de opnåede resultater er tilfredsstillende kan arbejdet forsættes.

### Stabilisering af planum

Ved kalkstabilisering af planum afrettes jorden inden kalkstabilisering udføres, så der over alt opnås samme tykkelse af det stabiliserede lag. Før stabilisering og afretning kan det være en god idé at fjerne større sten – f.eks. større end 125 mm – da disse kan ødelægge tænderne på mikseren.

På det klargjorte planum vurderes det, om arbejdet overalt skal udføres med samme mængde af kalk eller om strækningen skal opdeles i sektioner. Kalken spredes og mikses med jorden i 0,4 meters dybde. Dybden kan kontrolleres ved opgravninger.

### Stabilisering af påfyldning

Ved stabilisering af materialer til påfyldning kan der vælges mellem tre fremgangs måder, stabilisering i marken før afgravning, stabiliseres i marken ved indbygning eller stabilisering på et værk, som vist i Figur 1. Under indbygningsarbejdet udlægges jorden i ensartede lag og komprimeres lag vis.

Bundsikring kan indbygges umiddelbart efter tilsynets accept af planum.



*Figur 1. Venstre: Kalkstabilisering i marken ved indbygning  
Højre: Stabilisering på værk*

## **Kontrol**

### Stabilisering af planum

Kalktilsætningen kontrolleres fortløbende f.eks. ved afvejning af kalken i vejecelle eller ved at lægge en bakke med et kendt areal bag kalksprederen og veje den mængde der kommer på bakken.

Ved markprøvning udtages dagligt minimum 3 prøver pr. påbegyndt 500 m<sup>3</sup> materiale til bestemmelse af vandindhold, så det sikres at det stabiliserede materiale efter miksning har et vandindhold der ligger over det optimale vandindhold. Samtidig bestemmes det miksede materiales pulveriseringsgrad, for at sikre en tilstrækkelig blanding af brændt kalk og lerjord.

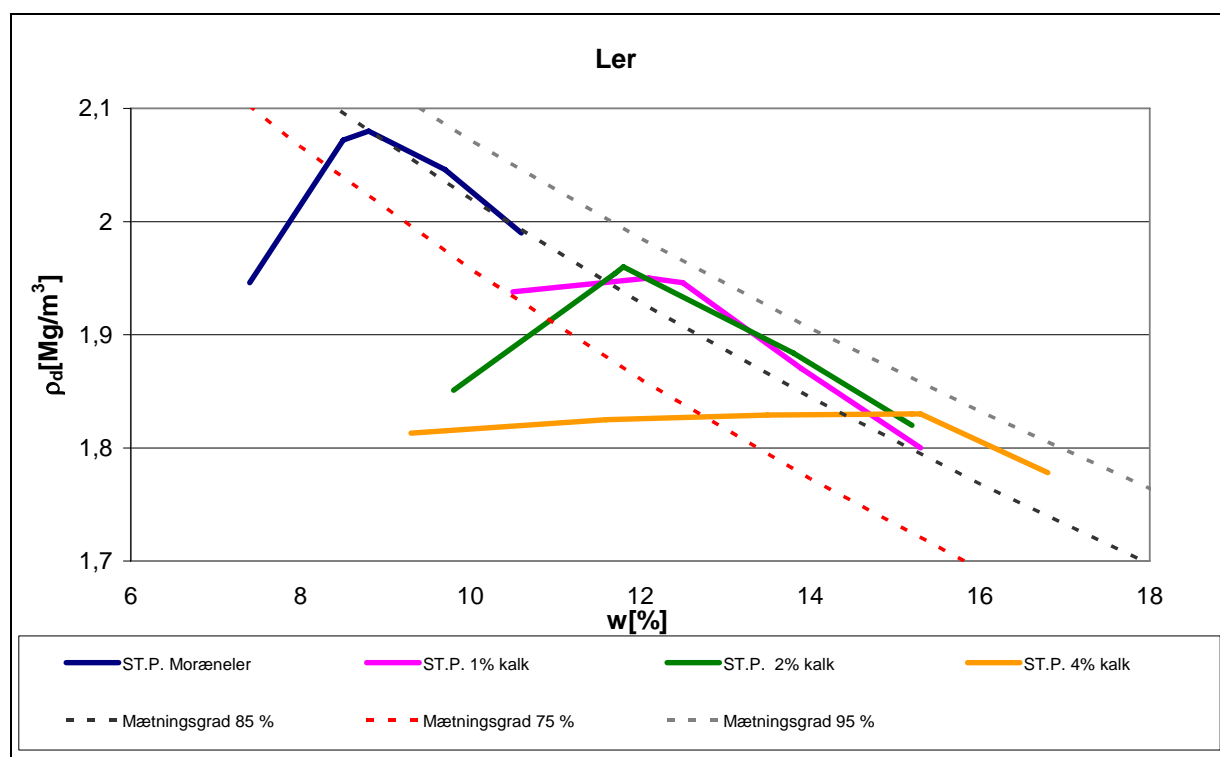
### Stabilisering af påfyldning

Ved stabilisering i mark udføres der samme kontrol af kalk mængden, vandindhold og pulveriseringsgrad som ved stabilisering af planum.

Ved stabilisering på værk skal kalktilsætningen kontrolleres fortløbende og der udtages minimum 3 prøver pr. 500 m<sup>3</sup> materiale til kontrol af vandindhold.

### Komprimering

Komprimeringsarbejdet af den kalkstabiliserede lerjord kontrolleres ved bestemmelse af mætningsgraden ( $S_r$ ). Grunden til det vælges at anvende mætningsgraden og ikke tørdensiteten er at, referencen for tørdensiteten af det kalkstabiliserede materiale ændres med kalkmængde, tid og temperatur, som vist i figur 2, mens mætningsgraden blot kræver men er på den ”våde” gren af proctorkurven.



Figur 2. Mætningsgrader og maksimal tørdensitet som følge af kalkmængden.

Ved et kontrolafsnit forstås en strækning som fremtræder homogent og er komprimeret på ensartet måde. Et kontrolafsnit udgør maksimalt 2500 m<sup>2</sup>. Komprimeringskontrollen baseres på en stikprøve bestående af enkeltmålinger af tørdensiteten og vandindholdet med isotopsonden. Målingerne fordeles tilfældigt i kontrolafsnittet og identificeres ved kontrolafsnit, station, sideværts placering.

Mætningsgraden  $S_r$  bestemmes ved

$$S_r = \frac{w}{\frac{1}{\rho_{tør}} - \frac{1}{\rho_s}}$$

hvor  $w$  er vandindhold i % og  $\rho_{tør}$  er tørdensiteten i Mg/m<sup>3</sup>, begge målt med isotopsonden.  $\rho_s$  sættes til 2,65 Mg/m<sup>3</sup>.

Komprimeringskravet anses for opfyldt i et kontrolafsnit, når gennemsnit for mætningsgraden af fem målinger er større end 85 % og ingen enkeltværdier for mætningsgraden er under 75 %.

#### Overflade

Profilet skal reguleres, således at den færdige overflade bliver som foreskrevet med tolerancen  $\pm 40$  mm. Afvigelser må ikke være ensidige.

Overfladen af det færdige planum skal have et ensartet præg og være jævn. Ujævnheder må ikke overstige 20 mm målt med en 3 m retskede.

#### Bæreevne

Bæreevne bestemmes i henhold til prVI 90-4 ved minifaldlodsmålinger med belastning på 100 kPa. Målingerne gennemføres efter stabilisering og komprimering. Kontrolafsnittet for bæreevnen er det samme som kontrolafsnittet for komprimeringen. Der udføres 5 målinger og kravet er at der opnås en bæreevne  $\geq 45$  MPa inden udlægning af bundsikring.

#### **Kommende udbudsforskrifter**

Udbudsforskrifterne for Kalkstabilisering vil være at finde på [www.udbudsforskrifter.dk](http://www.udbudsforskrifter.dk) under vejunderbugning.

Af kommende udbudsforskrifter vil ”Ubundne bærelag af knust beton og tegl” være at finde på nettet i februar 2011, mens udbudsforskriften ”Ubundne bærelag af knust asfalt” er under udarbejdelse og må forventes at være færdig i efteråret 2011. Derefter skal der laves en udbudsforskrift for ”Bundsikring af forbrændingsslagge”.