



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## Har lers aktivitet indflydelse på risikoen for udtørringsskader?

Thorsen, Grete; Knudsen, B.; Panduro, P.; Thorsen, S.

*Published in:*  
Proceedings fra NGM-2000 : XIII Nordiska Geoteknikermötet

*Publication date:*  
2000

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*  
Thorsen, G., Knudsen, B., Panduro, P., & Thorsen, S. (2000). Har lers aktivitet indflydelse på risikoen for udtørringsskader? I Rathmayer, H. (Ed.) (red.), *Proceedings fra NGM-2000 : XIII Nordiska Geoteknikermötet: Helsinki, Finland, 5-7 June 2000* (s. 585-592). Building Information Ltd..

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Finnish Geotechnical Society

**NGM-2000**  
**XIII Nordiska Geoteknikermötet**  
**Helsinki 5.-7. Juni 2000**

Hans Rathmayer  
editor

Rakennustieto



Finnish Geotechnical Society r.y.

NGM – 2000  
XIII Nordiska Geoteknikermötet  
Helsinki 5.–7. Juni 2000

Editor  
Hans Rathmayer

Building Information Ltd  
Helsinki

XIII Nordiska Geoteknikermötet / Helsinki / Juni 5–7. 2000

Editor Hans Rathmayer, [hans.rathmayer@vtt.fi](mailto:hans.rathmayer@vtt.fi)  
VTT – Communities and Infrastructure, Espoo, Finland

© Finnish Geotechnical Society r.y.  
ISBN 951-682-600-8  
Publisher Building Information Ltd, [www.rakennustieto.fi](http://www.rakennustieto.fi)  
Printed by Tammer-Paino Oy Tampere 2000

# Har lers aktivitet indflydelse på risikoen for udtørringsskader?

Grete Thorsen

*Aalborg Universitet, Aalborg, Danmark*

Børge Knudsen

*Geoteknisk Institut, Århus, Danmark*

Poul Panduro

*Vejdirektoratet, Skanderborg, Danmark*

Sten Thorsen

*Thorsen Geoteknik, Gistrup, Danmark*

**ABSTRACT:** I Danmark fastsættes svindfri funderingsdybde på ler primært på grundlag af plasticitetsindeks og bevoksningens højde og art. Gennem de seneste 10 år har talrige ny funderingsuheld ført til en forøgelse af svindfri funderingsdybde, også på lerarter, som tilsyneladende ikke tidligere har givet anledning til udtørringsskader.

I et indledende forsøg på at undersøge om lerarternes aktivitet har indflydelse på risikoen for udtørringsskader, er udarbejdet og sammenholdt tre kort over Jylland. Dels to kort, der viser den geografiske variation i danske lerforekomsters plasticitet og aktivitet og dels et kort, der viser lokaliseringen af næsten to hundrede funderingsuheld, der kan tilskrives udtørring. Jyllandskortene er udarbejdet på grundlag af Vejdirektoratets data fra geotekniske undersøgelser for motorveje samt på grundlag af Geoteknisk Instituts database over funderingsuheld.

## 1 INDLEDNING

I Danmark fastlægges svindfri funderingsdybde i ler primært på grundlag af plasticitetsindeks og nærtstående bevoksnings art og højde.

Frem til 1990 tydede Geoteknisk Instituts database over funderingsuheld på, at der under danske forhold var risiko for udtørringsskader på normale, 0,9 m dybe fundamenter, når blot én af nedenstående grænseværdier blev overskredet i aflejringerne under funderingsniveau (GI Info 4.2, 1990):

- Vægtprocent ler (<0,002 mm) 40%
- Plasticitetsindeks 30%
- Naturligt vandindhold 30%
- Volumensvind ved udtørring 15%

I begyndelsen af 90'erne tydede Geoteknisk Instituts nyere erfaringer imidlertid på, at der er risiko for bygningsskader, når plasticitetsindeks overstiger ca. 25% i områder, hvor der ikke findes træer og høje buske i nærheden af fundamenterne og ca. 15% i områder med nærtstående bevoksning. Dette førte i 1994 til en revision af formlerne til beregning af svindfri funderingsdybde (GI Info 4.8, 1994).

Dette forhold har været medvirkende til, at der i den nyeste udgave af DS 415, Norm for fundering (DS 415:1998, 1999) stilles strengere krav end tidligere til geotekniske undersøgelser for små og simple konstruktioner, når funderingen sker på ler med  $I_p > 10\%$ , dvs. på alle ret fede - meget fede lerarter.

Det har i mange år undret forfatterne, at udtørringsskader i Jylland næsten kun optræder i Østjylland, og ikke mindst, at frekvensen af udtørringsskader er meget lav i Vendsyssel, trods udbredte terrænnære forekomster af ret fede - fede lertyper i form af interglacial Yoldialer samt senglacial Yoldialer og Aalborgler. Disse lerarter har typisk et plasticitetsindeks i intervallet 20 - 40%, og generelt et lerindhold > 40%.

Inspireret af sine forelæsninger hos Skempton i 60'erne, foreslog en af forfatterne, at også lerens aktivitet kunne have indflydelse på udtøringsrisikoen.

For at finde indikationer på, om dette kunne være tilfældet, har forfatterne sammenholdt tilgængelige data vedrørende den geografiske variation af de jyske lerarters aktivitet og plasticitet med Geoteknisk Instituts database over udtøringskader i Jylland i perioden 1985 -1998.

## 2 SKEMPTONS DEFINITIONER

Skempton (Skempton, 1953) definerede lers aktivitet  $I_a$  som forholdet mellem plasticitetsindeks,  $I_p$  (%) og indhold af materiale < 0,002 mm (ler%).

Skempton (Grim, 1962) opdelte lers aktivitet således:

Gruppe 1.	Inaktiv med	$I_a$ mindre end 0,50
Gruppe 2.	Inaktiv med	$I_a$ mellem 0,50 og 0,75
Gruppe 3.	Normal med	$I_a$ mellem 0,75 og 1,25
Gruppe 4.	Aktiv med	$I_a$ mellem 1,25 og 2
Gruppe 5.	Aktiv med	$I_a$ større end 2

## 3 DATAINDSAMLING

I Danmark er det sjældent, at der i forbindelse med geotekniske undersøgelser systematisk bestemmes sammenhørende værdier af  $I_p$  og lerindhold.

Imidlertid har Vejdirektoratet siden 70'erne konsekvent udført forsøg til bestemmelse af sammenhørende værdier af  $I_p$  og lerindhold på prøver udtaget i afgravningsområder i forbindelse med geotekniske detailundersøgelser for motorveje.

Grundlaget for nærværende artikel er 1500 sæt laboratorieforsøg, indsamlet fra geotekniske detailrapporter omhandlende i alt 25 vejetape, svarende til ca. 440 km motorvej. Motorvejs-etaperne placering fremgår af figur 2 og 3.

I datasamlingen findes resultater af forsøg udført på kalkholdige og kalkfri aflejringer af bl.a. tertiært, marint ler (plastisk ler), interglacialt, marint Yoldialer, glacialt moræneler, glacialt og senglacialt smeltevandsler, senglacialt, marint Yoldialer samt senglacialt Aalborgler.

## 4 JYSKE LERARTERS PLASTICITET

De indsamlede data er opdelt i 4 grupper:

- Lerarter med  $I_p < 10\%$ , dvs. lerarter, som på grundlag af DS 415 må anses for uproblematisk, hvad angår risiko for udtørringsskader.  
Gruppen omfatter hovedsagelig normal dansk moræneler.
- Lerarter med  $I_p$  i intervallet 10 - 15%, dvs. ler, som ifølge DS 415 kræver en nærmere vurdering, hvad angår risiko for udtørringsskader.  
Geoteknisk Instituts database indeholder kun ét enkelt tilfælde (ud af 204), hvor ler med  $I_p < 15\%$  har givet anledning til udtørringsskader.  
Gruppen omfatter hovedsagelig den mindst plastiske udgave af ret fedt moræneler.

- Lerarter med  $I_p$  i intervallet 15 - 25%, dvs. lerarter, som ifølge Geoteknisk Instituts seneste erfaringer indebærer risiko for udtørringsskader for normale fundamenter med funderingsdybde 0,9 m, når der findes nærtstående, høj bevoksning. Gruppen omfatter en bred vifte af ret fede lerarter.
- Lerarter med  $I_p > 25\%$ , dvs. lerarter, som indebærer risiko for udtørringsskader for normale fundamenter med funderingsdybde 0,9 m, uanset højde og art af nærtstående bevoksning. Gruppen omfatter en bred vifte af ret fede og fede lerarter samt aflejringer af det meget fede tertiære ler (plastisk ler).

De undersøgte prøvers fordeling i disse grupper er vist på figur 2, hvor de 25 motorvejsetaper er opdelt i 9 geografiske områder.

Det fremgår af figuren, at ca. halvdelen af prøverne har  $I_p > 15\%$ . Detaljer vedrørende den geografiske fordeling af disse prøver fremgår af nedenstående skema 1:

Skema 1. Geografisk fordeling af prøver med  $I_p > 15\%$

ETAPE	n*	>15%	>25%	ETAPE	n*	>15%	>25%
Vendsyssel**	96	57%	23%	e6630	97	19%	1%
e85	10	50%	0%	e65	84	52%	11%
e83	51	20%	4%	e64	202	38%	11%
e81	44	11%	0%	e61+e63	67	69%	9%
e6822	15	7%	0%	e5902	47	60%	2%
e74	69	19%	9%	e5903	23	26%	13%
e75	117	15%	3%	e5904	20	55%	20%
e79	143	27%	11%	e5905	64	88%	31%
e71	106	38%	8%	e56	172	93%	59%
e6610	19	84%	37%	e62	49	53%	4%

\* n er det samlede antal lerprøver på den pågældende etape

\*\* Vendsyssel omfatter etaperne 91, 92, 93, 96, 97 og 98

For prøver med  $I_p > 15\%$  er beregnet  $I_{p,middel}$  for Vendsyssel og de øvrige etaper:

$I_{p,middel} < 20\%$ : Etaperne 85, 81, 6822, 6630, 5902

$20\% \leq I_{p,middel} < 25\%$ : Vendsyssel og etaperne 75, 71, 6610, 64, 61+63, 62, 5904, 5905

$25\% \leq I_{p,middel} < 30\%$ : Etaperne 83, 65, 5903, 56

$30\% \leq I_{p,middel}$ : Etaperne 74 og 79

For at undersøge, hvor stor indflydelse de relativt få prøver af plastisk ler har på størrelsen af  $I_{p,middel}$ , er beregningerne tillige udført efter udeladelse af forsøg med prøver, der med sikkerhed er bedømt som plastisk ler:

$I_{p,middle} < 20\%$ : Etaperne 85, 81, 6822, 6630, 65, 5902

$20\% \leq I_{p,middel} < 25\%$ : Vendsyssel og etaperne 83, 74, 75, 79, 71, 6610, 64, 61+63, 62, 5904, 5905

$25\% \leq I_{p,middel} < 30\%$ : Etaperne 5903 og 56

Sammenfattende ses, at den relative hyppighed af lerprøver med  $I_p > 15\%$  generelt er større i Vendsyssel end i det øvrige Jylland. Kun på etaperne 6610, 61+63, 5905 og 56 er den relative hyppighed markant større end i Vendsyssel. Det samme er tilfældet, når der kun ses på prøver med  $I_p > 25\%$ .

Endvidere ses, at for prøverne med  $I_p > 15\%$  er  $I_{p,middel}$  i Vendsyssel (23%) generelt større end eller lig  $I_{p,middel}$  i det øvrige Jylland, når prøver af meget fedt plastisk ler udelades ved beregningen. Kun på etaperne 6610 og 5903 - 5905 er  $I_{p,middel}$  lidt større (1 - 3%) end i Vendsyssel, og kun på etape 56 er  $I_{p,middel}$  markant større (6%) end i Vendsyssel.

## 5 GEOTEKNISK INSTITUTS DATABASE OVER UDTØRRINGSSKADER

I perioden 1985-1998 har Geoteknisk Institut undersøgt 178 bygninger i Jylland, hovedsageligt parcelhuse, med skader, som kunne tilskrives fundering på ret fedt - meget fedt ler. Af disse er ca. 25 % funderet på ler med plasticitetsindeks  $I_p < 25\%$ .

Den geografiske fordeling af bygningsskader på grund af fundering på ret fedt - meget fedt ler findes på fig. 1. Den store koncentration af undersøgelser i og omkring Århus kan dels skyldes, at der her findes udbredte forekomster af udtørningsfølsomme jordarter (ret fedt moræneler og tertiært ler) dels at der primært er tale om undersøgelser udført af Geoteknisk Instituts afdeling i Århus. Det er dog karakteristisk, at der kun er registreret 3 skadestilfælde i Himmerland og Vendsyssel. I disse 3 tilfælde blev  $I_p$  bestemt til 33, 41 og 48%.

## 6 JYSKE LERARTERS AKTIVITET

Ved beregning af lerarternes aktivitet er kun medtaget prøver med  $I_p > 15\%$ , dvs. prøver af ler, der ifølge Geoteknisk Instituts seneste erfaringer kan indebære risiko for udtørningsskader på normale, 0,9 m dybe fundamenter, når der findes nærtstående, høj bevoksning.

De undersøgte prøvers fordeling i Skemptions 5 aktivitetsgrupper er vist på figur 3, hvor de 25 motorvejsetaper er opdelt i de samme 9 geografiske områder, som er anvendt på plasticitetskortet, figur 2.

Af figur 3 fremgår, at Vendsyssel er helt domineret af inaktive lerarter, medens det øvrige Jylland er domineret af normale og i mindre omfang af aktive lerarter.

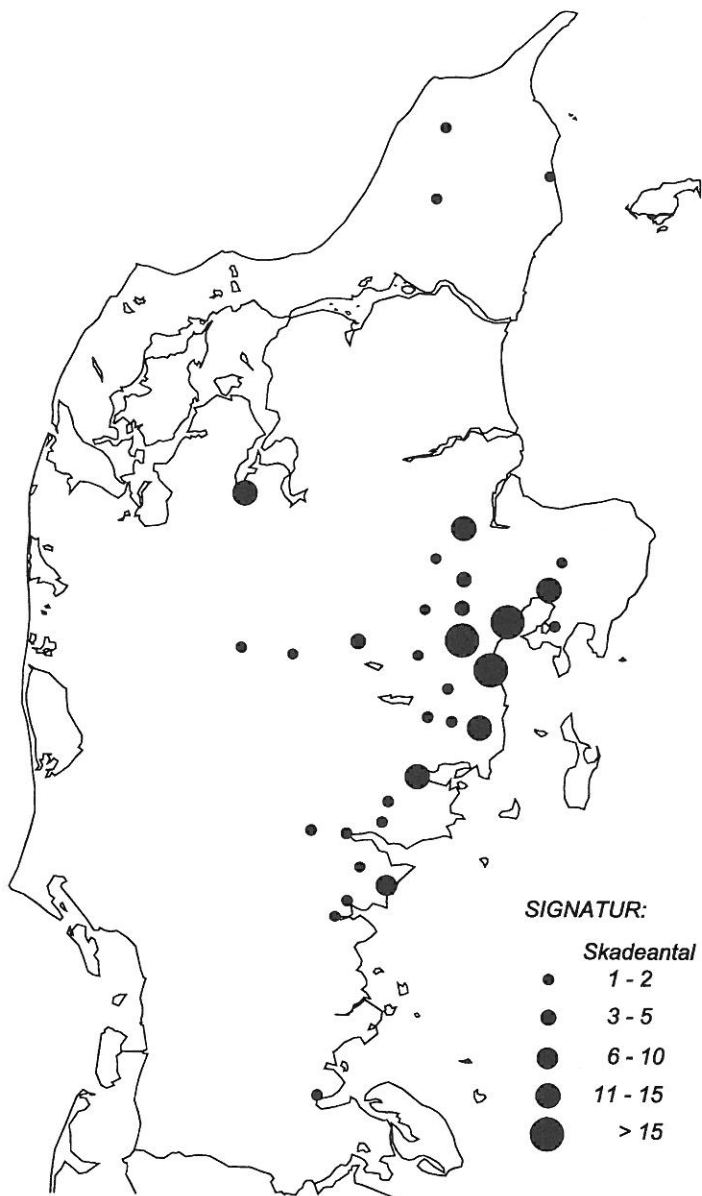
For prøver med  $I_p > 15\%$  er beregnet  $I_{a,middel}$  for Vendsyssel og de øvrige etaper:

$I_{a,middel} < 0,50$ :	-
$0,50 \leq I_{a,middel} < 0,65$ :	Vendsyssel og etape 85
$0,65 \leq I_{a,middel} < 0,75$ :	-
$0,75 \leq I_{a,middel} < 0,85$ :	Etaperne 75, 62, 5904
$0,85 \leq I_{a,middel} < 0,95$ :	Etaperne 6822, 6630, 71, 5903, 5905
$0,95 \leq I_{a,middel} < 1,05$ :	Etaperne 74, <b>65</b> , 5902,
$1,05 \leq I_{a,middel} < 1,15$ :	Etaperne <b>79</b> , 64, 61+63, 56
$1,15 \leq I_{a,middel} < 1,25$ :	Etaperne <b>83</b> , 81, 6610
$1,25 \leq I_{a,middel}$ :	-

Udelades prøver, der med sikkerhed er bedømt som plastisk ler, får det ingen afgørende ændringer af ovennævnte oversigt:  $I_{a,middel}$  reduceres med 0,04 og 0,08 for henholdsvis etaperne 83 og 65, og med 0,2 for etape 79.

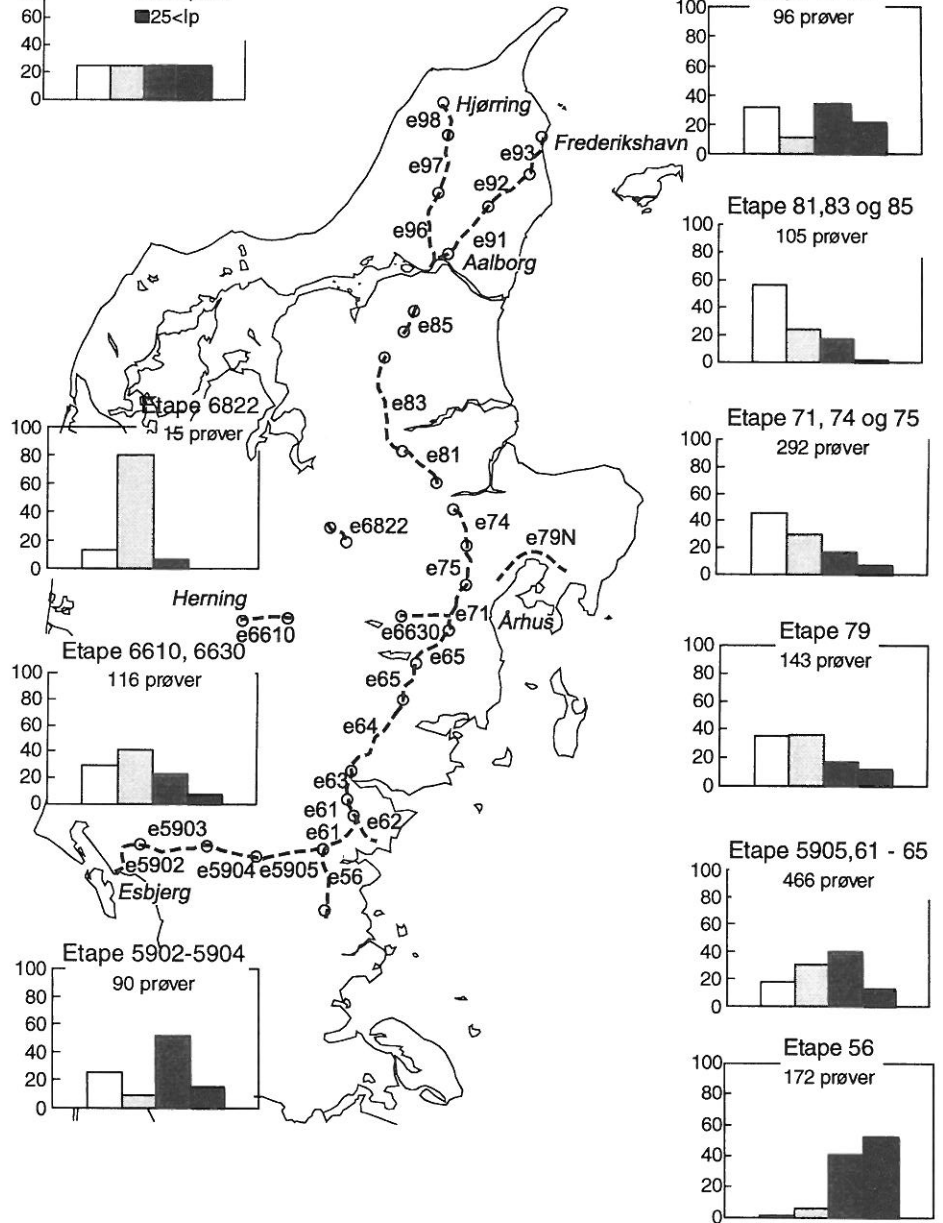
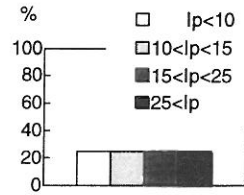
Sammenfattende ses, at de undersøgte prøver i Vendsyssel (etaperne 91 - 93 og 96 - 98) samt på etape 85 umiddelbart syd herfor, helt overvejende er inaktive, medens prøverne på alle øvrige 18 etaper i Jylland helt overvejende er normale.





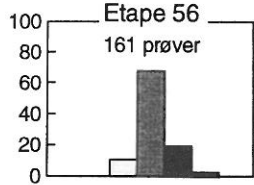
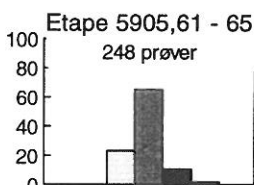
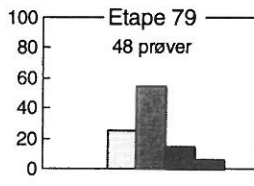
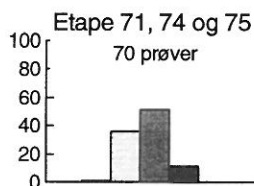
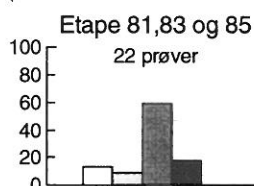
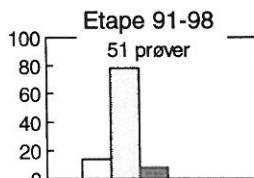
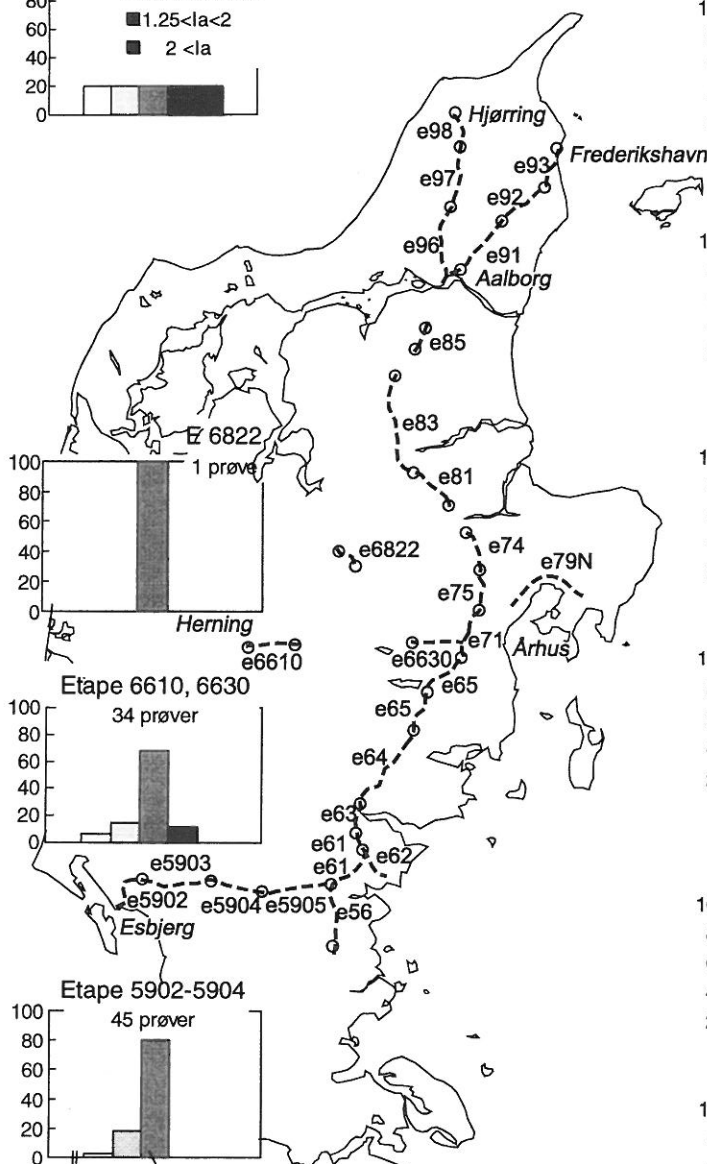
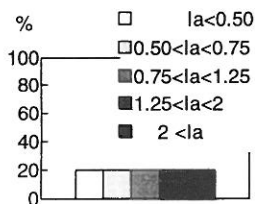
Figur 1. Oversigt over udtøringskader fra DGI's database .

Signaturforklaring:



Figur 2. Plasticitetsindeks,  $I_p$ .

Signaturforklaring:



Figur 3. Aktiviteter for  $I_p > 15$ .

## 7 KONKLUSION

For lerprøver med  $I_p > 15\%$  tyder den gennemførte undersøgelse på, at bortset fra forekomster af meget fedt plastisk ler, der overvejende træffes i Østjylland, er der ikke en markant forskel mellem størrelsen af  $I_p$  i Vendsyssel og i den øvrige del af Jylland.

Derimod viser undersøgelsen, at der er en markant forskel på lærarternes aktivitet. I Vendsyssel dominerer inaktive lerarter, medens normale og aktive lerarter dominerer i den øvrige del af Jylland.

På grundlag af en meget ufuldstændig undersøgelse skønner forfatterne, at forklaringen på de Vendsysselske lerarters lave aktivitet er, at lerfraktionen her er domineret af de mindre aktive lerminerale kaolinit og illit, medens lerfraktionen i det øvrige Jylland i højere grad er præget af det meget aktive lermineral smectit (montmorillonit) (Nielsen, 1994).

Mange faktorer kan have indflydelse på den geografiske udbredelse af udtørringsskader - antal huse funderet på ler med  $I_p > 15\%$ , vandspejlsforhold, bevoksning m.m. - og på det foreliggende spinkle grundlag har forfatterne absolut ikke til hensigt at konkludere, at den lave skadefrekvens i Vendsyssel kan henføres til lærarternes lave aktivitet - men de kan ikke udelukke, at der er noget om snakken.

For at tilvejebringe et bedre grundlag for vurdering af aktivitetens betydning for risikoen for udtørringsskader, er det forfatterens håb, at danske kolleger i fremtiden vil få bestemt aktiviteten af leret under fundamenter, der er beskadiget som følge af udtørring.

## 9. REFERENCER

DS 415:1998, 1999. *Dansk Standard, Norm for Fundering, 1999.*

Geoteknisk Institut, 1990, Udtørringssikker funderingsdybde. *Geoteknisk Instituts informationsblade*. GI info 4.2 (1990), (udgået, erstattet af GI info 4.8, 1994)

Geoteknisk Institut, 1994. Svindfri funderingsdybde. *Geoteknisk Instituts informationsblade*. GI info 4.8 (1994)

Grim, R.E., 1962. *Applied Clay Mineralogy*. McGRAW-HILL BOOK COMPAGNY; INC., New York. (1962)

Nielsen, O.B., 1994. Lithostratigraphy and sedimentary petrography of the Paleocene and Eocene sediments from the Harre Borehole, Denmark. *Aarhus Geoscience, 1994, 1, p.15-34.*

Skempton, A.W., 1953. The Colloidal "Activity" of Clay. *Proceedings of the Third International Conf. on Soil Mechanics., 1953, 1, p. 57-61*