

Fundering af mindre bygninger

Erik Steen Pedersen (red.)

Titel	Fundering af mindre bygninger
Serietitel	SBI-anvisning 231
Format	E-bog
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2011
Forfatter	Erik Steen Pedersen (red.)
Redaktion	Niels Samsø Nielsen
Sprog	Dansk
Sidetæl	162
Litteratur- henvisninger	Side 143-146
Emneord	Geoteknik, eurocode 7, direkte fundering, pælefundering, dræning, undersøgelsesmetoder, udgravning, jord, grundvand, sætninger
ISBN	978-87-563-1542-5
Layout	Finn Gattmann
Tegninger	Børge Holmen, Annette Juul Muusfeldt og Bo Amstrup Vestergaard
Fotos	Jan Carl Westphall, Jørgen Larsen og GEO
Omslags- illustration	Mai-Britt Amsler
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet Dr. Neergaards Vej 15, 2970 Hørsholm E-post sbi@sbi.dk www.sbi.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven

Indhold

Forord	7
Indledning	8
Symboler	8
1 Generelle forhold	11
1.1 Bæreevne	11
1.2 Sætninger	12
1.3 Arbejdets udførelse	13
1.4 Forurening	13
1.5 Klimaændringer	13
2 Projektgrundlag	15
2.1 Myndighedsbestemmelser	15
2.2 Valg af geoteknisk kategori	19
2.3 Geotekniske forundersøgelser	22
2.4 Funderingsform	33
2.5 Fundamenter og nabokonstruktioner	37
2.6 Tilbygning	39
2.7 Fundering på skråninger	40
2.8 Omkostninger til fundering	42
3 Direkte fundering	46
3.1 Udformning af fundamenter	46
3.2 Dimensionering	48
4 Pælefundering	56
4.1 Udformning af pælefundering	56
4.2 Fastlæggelse af pæles bæreevne	58
4.3 Pæles sætningsforhold	67
4.4 Specielle forhold	67
5 Dræning	69
5.1 Omfangsdræn	69
5.2 Filterelement	70
5.3 Stikdræn	71
5.4 Afløb fra drænsystem	71
6 Fundering af gulve, kældre og ledninger	72
6.1 Fundering af gulve	72
6.2 Fundering af kælder	75
6.3 Fundering af ledninger	77

7	Specielle funderinger	81
7.1	Borede fundamenter	81
7.2	Armeret fundering	84
7.3	Pladefundering	87
7.4	Fundering på sandpude	88
7.5	Fundering på fede lerarter	90
7.6	Fundering til lav dybde	93
7.7	Fundering med radon-membran	94
8	Udførelse af fundering	95
8.1	Midlertidige udgravninger	95
8.2	Midlertidig udgravning ved nabokonstruktioner	97
8.3	Udgravning under grundvandsspejl	101
8.4	Udgravningskontrol	104
8.5	Kontrol af udskiftningsmateriale	105
8.6	Pæleramning	108
9	Geotekniske undersøgelsesmetoder	110
9.1	Indirekte metoder	111
9.2	Direkte metoder	114
10	Jord og grundvand	117
10.1	Jord	117
10.2	Jordartsbeskrivelse	119
10.3	Danmarks geologi	121
10.4	Jords mekaniske egenskaber	128
10.5	Jords sammentrykkelighed	131
10.6	Grundvand	132
10.7	Grundvandets betydning for fundering	132
11	Fejl og følgeskader	135
11.1	Typiske fejl ved fundering	135
11.2	Fejlanalyser	139
11.3	Fundamentsforstærkning	140
	Litteratur	143
	Appendiks A. Ordliste	147
	Appendiks B. Eksempel på fundering af mindre bygning	153
	Eksempel B.1. Valg af funderingsform	153
	Eksempel B.2. Direkte fundering	155
	Eksempel B.3. Last på fundamenter	158
	Eksempel B.4. Pælelængder	159
	Eksempel B.5. Sætninger	161

Forord

Denne anvisning behandler forhold vedrørende fundering af mindre bygninger.

Anvisningen er udformet med henblik på bygningskonstruktioner, der er omfattet af Bygningsreglement 2010 (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010) og derigennem af kravene i den europæiske standard for geoteknik, Eurocode 7 (Dansk Standard, 2007c).

Anvisningen kan anvendes på mindre bygninger, som opføres i sædvanlige materialer og i traditionel udformning. De dominerende kræfter på fundamentene forudsættes at være lodret last, der føres til fundamenter gennem vægge eller søjler. Eksempler på sådanne bygværker er: lav boligbebyggelse, kontor- og institutionsbyggeri samt lettere huse eller haller til industri og oplagring m.m.

Når anvisningerne for projektering og udførelse følges, er de nævnte regler opfyldt. Hvis der afviges fra anvisningerne, må det separat dokumenteres, at afvigelsen er forsvarlig i forhold til kravene i bygningsreglementet.

Anvisningen er en revision af SBI-anvisning 181, *Fundering af mindre bygninger*, fra 1994. De væsentligste ændringer knytter sig til overgangen til Eurocodes og til afsnit om miljø. Desuden er kapitelinddelingen blevet omorganiseret for i højere grad at afspejle byggeprojektets forløb.

Civilingeniør Ulla Schiellerup og civilingeniør Per Bjerregaard Hansen, begge fra GEO, har stået for revision af anvisningens faglige indhold. Akademiingeniør Carsten Steen Sørensen har læst faglig korrektur, og lektor, civilingeniør, ph.d. Ole Hededal har udført fagfællebedømmelse. Seniorrådgiver, akademiingeniør Erik Steen Pedersen, SBI, har været redaktør af anvisningen. Derudover har en række andre SBI-medarbejdere støttet det redaktionelle arbejde, særlig arkitekt m.a.a. Niels Samsø Nielsen.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Afdelingen for Byggeri og Sundhed
August 2011

Niels-Jørgen Aagaard
Forskningschef

Indledning

Denne SBI-anvisning giver retningslinjer for dimensionering og udførelse af et bygværks fundering. Funderingens opgave er at bære lasten fra bygværket og at overføre og fordele den til den underliggende jord.

Anvisningen tager sigte på mindre bygninger med eller uden kælder, som opføres i sædvanlige materialer og i traditionel udformning, hvor de dominerende kræfter på fundamenterne er lodret last, der føres ned gennem vægge eller søjler. Eksempler på sådanne bygværker er: lav boligbebyggelse, kontor- og institutionsbyggeri samt lettere huse eller haller til industri og oplagring m.m.

Hvis anvisningernes retningslinjer for projektering og udførelse af funderingen følges, er kravene i den europæiske standard for geoteknik, Eurocode 7 (Dansk Standard, 2007c), opfyldt, og yderligere undersøgelser er derfor ikke påkrævet.

Illustrationerne sigter primært mod at belyse det konkrete geotekniske aspekt og er derfor ikke fyldestgørende med hensyn til konstruktionsdetaljer, der falder uden for det geotekniske emne. Her henvises til SBI-anvisning 224, *Fugt i bygninger* (Brandt et al., 2009), og SBI-anvisning 189, *Småhuse* (Statens Byggeforskningsinstitut, 1999).

Ordliste og eksempler

Bagerst i anvisningen findes *Appendiks A. Ordliste* med forklaringer på en række specielle geotekniske udtryk, der kan være en hjælp ved brug af anvisningen, samt *Appendiks B. Eksempel på fundering af mindre bygning* med beregningseksempler.

Symboler

a	skråningsanlæg
A	fundamentsareal
A_b	tværsnitsareal af pæl
A_s	overfladeareal af pæl i betragtet jordlag
b	bredde af fundament
c	kohæsion
c_d	regningsmæssig forskydningsstyrke
c_v	vingestyrke
c_u	udrænet forskydningsstyrke for ler

$c_{u;d}$	regningsmæssig udrænet forskydningsstyrke
e	excentricitet
e	poretal
e_{maks}	poretal, mest løse lejrings
e_{min}	poretal, mindst løse lejrings
E	elasticitetsmodul for pælemateriale
$F_{c;d}$	regningsmæssig last i brudgrænsetilstanden
$F_{c;d}^*$	regningsmæssig last i anvendelsesgrænsetilstanden
F_{neg}	overflademodstand på pæl i sætningsgivende lag
gl	glødetab
h	højde af fundament
h	faldhøjde af ramklods
I_D	relativ lejringsstæthed
I_p	plasticitetsindeks for ler
K	konsolideringsmodulet
l	længde af fundament
L_p	længde af pæl
n	grad af rammemodstand fra sætningsgivende lag
m	materialefaktor afhængig af overfladeruhed
N	antal observerede slag pr. 0,2 meter nedsynkning af pæl
N_γ	bæreevnefaktor
N_q	bæreevnefaktor
N_m	empirisk faktor for overflademodstand i friktionsjord
q	spænding i et vandret snit i funderingsniveau
q'	q reduceret for eventuel opdrift
q_m	lodret spænding midt i betragtet jordlag
q'_m	q_m reduceret for eventuel opdrift
Q	dekadehældning
r	regenerationsfaktor i.f.m. æltning af ler
R_b	pæls spidsmodstand
$R_{b;ber}$	pæls beregnede spidsmodstand
R_c	bæreevne af pæl
$R_{c;k}$	karakteristisk bæreevne af pæl
R_d	regningsmæssig bæreevne
$R_{dyn;k}$	karakteristisk dynamisk bæreevne af pæl
$R_{dyn;m}$	dynamisk bæreevne af pæl
R_s	overflademodstand på pæl
$R_{s;ber}$	beregnet overflademodstand på pæl
s	andel af frasorterede sten
s	blivende nedsynkning af pæl pr. slag
s_0	elastisk sammentrykning af pæl
U	uensformighedstal
V_d	regningsmæssig last
w	vandindhold
γ	rumvægt af jord

γ_d	rumvægt af jord reduceret for eventuel opdrift
γ_{cu}	partialkoefficient på udrænet forskydningsstyrke
γ_R	partialkoefficient på modstandsegenskab
γ_s	kornrumvægt
γ_d	tørrumvægt
$\gamma_{d \text{ maks}}$	maksimal tørrumvægt
γ_φ	partialkoefficient
ζ	korrelationsfaktor
η	effektivitetsfaktor i.f.m. ramning
φ	friktionsvinkel
φ'_d	regningsmæssig friktionsvinkel
φ'_k	karakterstisk friktionsvinkel
% SP	procent Standard Proctor komprimeringsgrad

1 Generelle forhold

Når et bygværk ønskes opført, er der en række forhold vedrørende funderingen, som man indledningsvis må forholde sig til.

Som udgangspunkt må alle tilgængelige oplysninger om jordbunds- og grundvandsforholdene på arealet sammenfattes med henblik på at vælge den bedste udformning og de rette dimensioner for funderingen.

På baggrund af de aktuelle forhold og det aktuelle byggeris karakter bestemmes den geotekniske kategori, som fastlægger en række overordnede krav, se afsnit 2.2, *Valg af geoteknisk kategori*.

Kravene omhandler forhold vedrørende funderingens bæreevne, sætningsforhold og udførelse, som beskrevet i afsnit 1.1 til 1.3, samt omfanget af de geotekniske forundersøgelser, se afsnit 2.3, *Geotekniske forundersøgelser*.

På denne baggrund kan der vælges en hensigtsmæssig funderingsform ved hjælp af afsnit 2.4, *Funderingsform*.

Under projekteringen skal der desuden tages særlige hensyn ved:

- Nabokonstruktioner
- Opførelse af tilbygning
- Fundering på skrånninger.

De særlige hensyn beskrives nærmere i afsnit 2.5 til 2.7.

Ved kortlægningen af jordbunds- og grundvandsforhold skal det også undersøges, om undergrunden er forurennet, se afsnit 1.4, *Forurening*.

Ved planlægningen af et bygværks fundering skal det også overvejes, om fremtidige klimaændringer kan have indflydelse på bygnings udformning, se afsnit 1.5, *Klimaændringer*.

Lovgrundlaget for funderingsarbejder er beskrevet i afsnit 2.1, *Myn-dighedsbestemmelser*.

1.1 Bæreevne

Funderingens bæreevne skal være tilstrækkelig. Det vil sige, at fundamenterne skal udformes på en sådan måde, at de er i stand til at overføre lasten fra bygningen til de bærende jordlag med den sikkerhed, som foreskrives i den europæiske standard for geoteknik, Eurocode 7 (Dansk Standard, 2007c).

For eksempel skal bredden af et sribefundament være tilstrækkeligt stor, så den regningsmæssige last på fundamentsfladen ikke overskrider jordlagenes regningsmæssige bæreevne.

Kravene til jordlagenes bæreevne er beskrevet i afsnit 2.3.2.3, *Vurdering af undersøgelsesresultater*.

Selve betonfundamentet skal udføres i overensstemmelse med DS/EN 206-1 (Dansk Standard, 2009a) og DS 2426 (Dansk Standard, 2011a).

Retningslinjer for dimensionering af direkte fundering er beskrevet i afsnit 3, *Direkte fundering*.

Retningslinjer for pælefundering er beskrevet i 4, *Pælefundering*.

Andre typer fundering er beskrevet i afsnit 7, *Specielle funderinger*.

1.2 Sætninger

Funderingen skal udføres, så sætningerne ikke overskrider en acceptabel størrelse.

Ved belastning af et fundament sker der en sammentrykning af de underliggende jordlag, hvilket kan medføre nedsynkning eller sætning af fundamenterne.

Ved 'ensartede' bundforhold kan man erfaringsmæssigt regne med, at risikoen for senere skader, fx revnedannelser, er ringe for byggeri, som er omfattet af denne anvisning, når totalsætningen af fundamenterne bliver mindre end ca. 20 mm. Når totalsætningen bliver 20 til 40 mm, er der risiko for skader fra differenssætninger, hvis disse giver anledning til en hældning af sætningslinjerne, der er større end 1:500. Totalsætninger over 40 mm vil med stor sandsynlighed føre til skader. For normale gulvkonstruktioner vil der fremkomme skader, når gulvenes sætninger afviger mere end 5 mm fra ydervæggens.

Eksempel på beregning af sætninger er vist i appendiks B, *Eksempel B.5. Sætninger*.

Det kan på forhånd være vanskeligt at bedømme sætningernes størrelse, ligesom det kan være svært at vurdere, hvad den enkelte bygning kan tåle. Funderingsfejl skyldes ofte en forkert vurdering af risikoen for sætninger eller følgevirkningen af sætninger.

Normalt skal der dog kun træffes ret simple forholdsregler i retning af en rimelig jordartsvurdering for at undgå mange af disse fejl, fx blødbundsfunderinger, se afsnit 11.1.1, *Blødbundsfundering af fundamenter*, og afsnit 11.1.2, *Blødbundsfundering af gulve*.