

FUNDAMENTER

I daglig tale betegner fundamentet den del af et hus, der er overgangen mellem jord og husets vægge. Fundamentets primære opgave er at give et stabilt underlag, der kan sikre huset mod skadelige bevægelser. Fundamentet er også ofte en sikring mod fugt fra jorden.

Ældre huses fundamenter kan typisk opdeles i 3 hovedgrupper: stenfundamenter, slyngværker og pælefundering

Stenfundamenter

Stenfundamenter består af syldsten (natursten), evt. stablet i flere lag. Syldstenene varierer meget i størrelse. Fra sten med største tværmål på ca. 1 m til sten på størrelse med en fodbold. Hulrummet mellem stenene er oftest omhyggeligt pakket med mindre sten, murbrokker, mørtel og stampet jord. Stenfundamentet i sin simpleste form – f.eks. under et bindingsværkshus – består kun af en enkelt række syldsten udlagt i en rende kun 20-30 cm under jordoverfladen. I takt med husstørrelsen vokser også størrelsen af fundamentet, og det kan nå en betragtelig størrelse i både dybde og tykkelse. Hvor det ikke var muligt at skaffe natursten i større mængder, kunne man også vælge at mure fundamentet op i teglsten.

Ved gode jordbundsforhold blev der typisk udlagt et enkelt lag forholdsvis flade natursten, og herpå blev resten af fundamentet opmuret i tegl med en eller flere aftrapninger. I nogle tilfælde blev der muret direkte på den afrettede jordbund eller eventuelt på et plankelag.



Sætningsskadet byejendom. Fundamentsvigt har givet skæve vinduer. Foto: Anne Lindegaard

Slyngværker

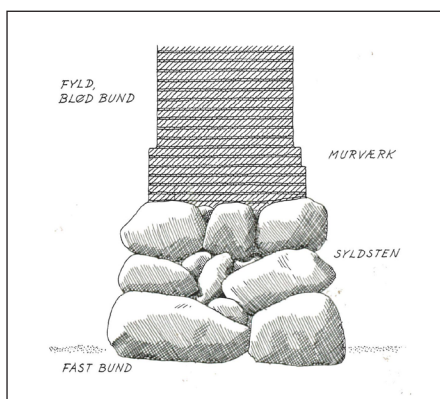
Hvis jordbunden ikke var helt fast, eller hvis fundamentet skulle være meget bredt for at kunne bære husets vægt, udførte man ofte et slyngværk. På den afrettede bund i byggegruben udlagde man til opbygning af et slyngværk først kraftige strøer (8"-12" tømmer) på tværs af gruben.

Herpå anbragte man i fundamentets længderetning mindst lige så kraftige langstrøer, typisk 3 stk. til et ca. 1 1/2 m bredt fundament. Tvær- og langstrøerne var i nogle tilfælde dobbeltkæmmet, dvs. der var udhugget spor i

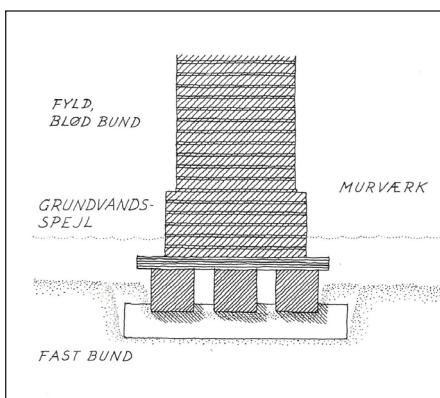
begge strøer, så deres underside kom i samme plan.

I andre tilfælde var kæmningerne mindre, men der blev så i stedet udgravet små render til tværstrøerne. Formålet var, at alt tømmeret kom til at hvile sikkert og stabilt på bunden af udgravningen. Oven på langstrøerne blev der anbragt et gulv af træplanker eller et enkelt lag syldsten som underlag for murværket.

I overensstemmelse med god håndværksskik skulle alt træ ligge under det vandspejl, man havde mødt under grundens udgravning. På denne måde



Stenfundament, tværsnit.



Slyngværk, tværsnit.



Svigtende fundering under facaden mens gavlen ikke er sunket.

blev træet sikret mod hurtig nedbrydning. Alle hulrum mellem strøerne skulle udfyldes med tætpakket jord og sten. I nogle tilfælde blev der anvendt ler til udfyldning, idet ler kan holde slyngværket fugtigt i situationer, hvor grundvandsspejlet i en periode ligger lavere end træets overside.

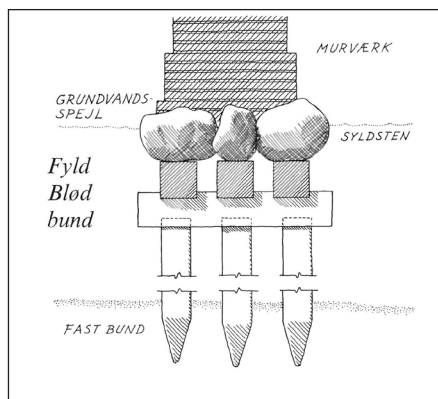
Pælefundering

På visse steder kunne en bæredygtig jordbund ligge så dybt, at det enten var umuligt at udføre et stenfundament, eller at det ville betyde urimeligt store omkostninger til gravning og vandlænsning. Især vandlænsning var, før man tog dampmaskinen i brug, en meget mandskabskrævende og dermed bekostelig teknik – der skulle normalt lænses i døgndrift. I stedet udførte man en pælefundering, og denne metode har været brugt langt tilbage i tiden – dele af bebyggelsen på Christianshavn er et eksempel herpå.

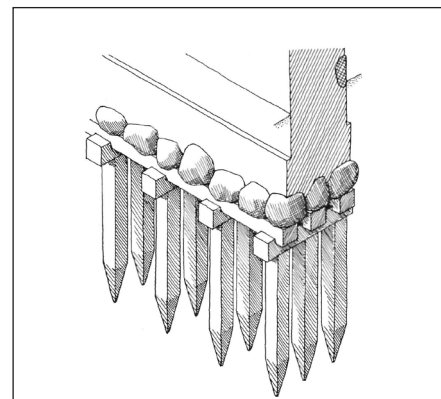
Den største del af området mellem havnen og Christianshavns Kanal er en opfyldning på op til 2 m's vanddybde. Ved udbygningen af denne bydel i 16- og 1700-tallet var det derfor kun en del af bebyggelsen, der kunne

opføres på fast bund. Man måtte i vid udstrækning anvende nedrammede pæle, såkaldte pæleværker, til at bære den nye bys købmandsgårde, pakhuse, kaserner og kirke. For at sikre et stabilt fundament på en opfyldning eller anden blød bund blev der nedrammet træpæle af fyr eller eg. Pælene blev rammet f.eks. i rækker på 3 på tværs af fundamentet og herefter forbundet indbyrdes med et svært stykke tømmer (ankeret), hvori pæletoppene blev tappet fast.

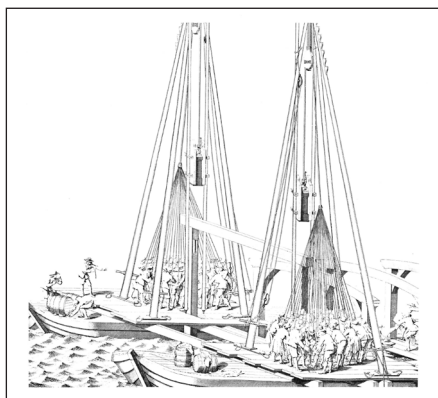
Oven på disse tømmerankre blev der udlagt hamre i fundamentets længderetning. Hamrene krydsede ankrene over pælene og låste pæleværket sammen i længderetningen ved hjælp overkæmninger eller eventuelt med trænegler eller jernspiger (søm). Pæleværket var hermed færdigt, og efter udlægning af relativt store syldesten (med en diameter på mellem 0,6 og 1 m) på pæleværket blev opmuringen påbegyndt. Pæleværker skulle i lighed med slyngværker være under vand for at undgå hurtig nedbrydning, og hulrum i pæleværket blev omhyggeligt udfyldt, enten med tætpakket jord og sten eller (bedst) med ler – som nævnt ved slyngværker.



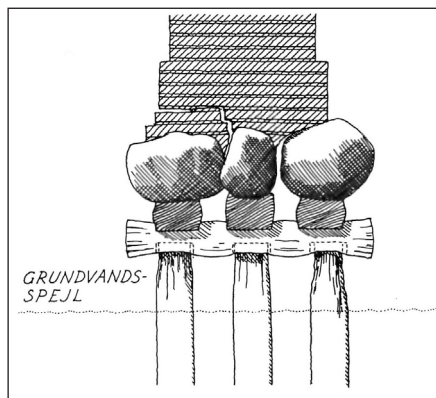
Pæleværk, tværsnit.



Pæleværk.



Dobbelt rambuk, her brugt til søs. Tileman van der Horst, ca. 1700.



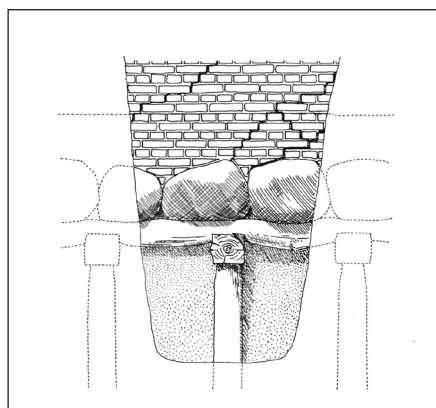
Skadet pæleværk, snit.

Faresignaler

Hver enkelt af de tre fundamenttyper vil under normale forhold være et sikkert fundament for huset i mange år. Hvad enten man er ejer eller lejer i et ældre hus, er der imidlertid nogle faresignaler, man bør være opmærksom på. Disse faresignaler er ikke kun affødt af husets alder, men kan skyldes nutidige ændringer i husets omgivelser, der kan medføre skader på fundamentet under et ældre hus.

Det første tegn på mulige fundamentskader er oftest nye revnedannelser i væggene. Hvis vinduer eller døre begynder at gå stramt, kan det også tyde på sætninger. Skævheder i gulve og trapper kan også være tegn på funderingsskader, men det kan også skyldes svind, råd og svamp m.m. i husets øvrige trækonstruktioner.

En forholdsvis nem måde at konstatere, om revner i murværket er aktive eller stabile, går ud på at klistre en halv håndfuld våd gips hen over revnen. Hvis revnen efter ca. et år ikke har bredt sig ud i den størknede gips, er revnen ganske harmløs.



Skadet pæleværk, opstalt.

Besigtigelse

Hvis man ikke selv kan afgøre, hvor alvorligt problemet er, men har en mistanke om fortsatte bevægelser i bygningen, kan det være nødvendigt at henvende sig til en bygningskyndig arkitekt, ingeniør eller geotekniker. En orienterende besigtigelse ved en sagkyndig vil typisk komme ind på de fleste af elementerne i en egentlig fundamentundersøgelse, men i en beskeden form.

Besigtigelsen bør omfatte:

- En gennemgang af de observationer, der hidtil er gjort

- Husets historie
- Husets revner, sætninger og hældninger

Denne gennemgang vil typisk tage 1-2 timer, og mange huse vil herefter – heldigvis – kunne frifindes for truende fundamentskader. Et afgørende spørgsmål, der altid skal afklares, er, om huset er funderet på træ. Hvis huset står på et pæleværk eller et slyngværk, kan svampeangreb nedbryde tømmeret på ganske få år, hvis træfundamentet ikke længere er beskyttet af vand, fordi grundvandspejlet er sunket.

Hvis det derimod med sikkerhed kan afgøres, at huset ikke er funderet på træ, vil skadeudviklingen for et gammelt hus normalt gå meget langsomt, i hvert fald så længe omgivelsernes påvirkninger ikke ændres. For at afklare, om der eventuelt findes træ i



Her er diagnosen ret klar, hushjørnet synker, hvorved revnerne åbner sig ned mod hjørnet. I andre tilfælde kan det være sværere at se, hvor problemerne er, men udgangspunktet er revnernes 'retning' – hvor de åbner sig, og hvor de er lukkede.

fundamentet, kan det være nødvendigt at grave ned til undersiden af murværk/syldsten. For at vælge det mest hensigtsmæssige sted for en prøvegravning vil man normalt støtte sig til resultatet fra den første, orienterende besigtigelse. Det kan eventuelt være nødvendigt at udbygge denne med mere detaljerede oplysninger og observationer.

Funderingsundersøgelser

Den første prøvegravning eller de indledende undersøgelser vil i nogle tilfælde pege på, at der er behov for en mere præcis og detaljeret viden om fundamentets tilstand, inden skadens årsag kan fastlægges og udbedringsforslag udarbejdes.

En egentlig undersøgelse af fundamentet kan indeholde:

- Revneundersøgelse: optegnelse af revnebillede på repræsentative vægge
- Sætningsnivelement: måling af relative sætninger ved nivelement (måling af højdeforskelle) af bygningsdele, der med rimelig sikkerhed har været vandrette ved husets opførelse, f.eks. sokler, gesimser, vinduesoverligger, bjælkelag uden brædder
- Hældningsmålinger: måling af vægges hældninger ved hjælp af lodsnor, vaterpas eller theodolit for at kunne sætte tal på hældningerne forskellige steder i huset
- Statisk analyse: gennemregning af belastninger på de forskellige dele af husets fundament, eventuelt både i tidligere tid, nu og

for fremtiden. Dette vil især være nødvendigt, hvis huset står over for en gennemgribende ændring af belastningsmønstret, f.eks. ved en ændret anvendelse

- Bygningshistorisk undersøgelse, herunder gennemgang af kommunens arkiv vedrørende ejendomme samt eventuelt landsarkivet

Se informationsbladet *Arkivundersøgelser*.

- Flere prøvegravninger på steder, der er udvalgt ud fra resultaterne af de hidtil udførte undersøgelser og studier af husets historie, opmåling og evt. fotografering af fundamentet samt udtagning af jord- og evt. træprøver.
- Geotekniske borer til fast bund

Hvis prøvegravninger afslører et fundament med træ, der ikke er dækket med vand, kan der som nævnt være fare på færde – også selv om træet er fuldstændig friskt og uden tegn på nedbrydning.

Skader

Den alvorligste fare for træfunderingen er mastesvamp (appelsinråd), som er en poresvamp i familie med hvid tømmersvamp og korkhatte. Den kan på få år helt nedbryde træ, der ikke er dækket af vand. Mastesvampen omdanner træets ved, der bliver trævlet og porøst.

Det kommer til at ligne appelsinkød, og træet mister helt sin styrke. En hammer i et pæleværk, der oprindeligt har været f.eks. 25 cm tykt, vil husets vægt sammenpresse ned til

nogle få cm, hvis træet er ødelagt af mastesvamp. Dette vil naturligvis kunne medføre alvorlige sætninger, hvis ikke den omgivende jord kan overtage belastningen.

Grundvandsændringer

Grundvandspejling gennemføres for at afgøre, hvor alvorlig faren er for, at husets fundamenter kan lide skade. Dvs. der bør gennemføres en overvågning af grundvandets højde gennem en længere periode. Dette gøres traditionelt ved at pejle (måle) vandstanden i et tyndt rør, der anbringes i prøveudgravningen inden tilfyldning. Røret er på den nederste halve meter forsynet med mange tynde slidser. Omkring denne del af røret anbringes et filter af småsten og groft vasket grus, der skal hindre slidserne i at stoppe til.

Ved pejlinger af vandstanden over en længere periode vil det blive konstateret, på hvilke tidspunkter af året – og hvor lang tid ad gangen – fundamentet ikke er dækket af vand. Herved vil man få en vurdering af, hvor stor risiko der er for svampeangreb.

De hyppigste årsager til, at fundamentet mangler vand, er en kombination af dræning, enten tilsigtet ved oppumpning af grundvand, eller utilsigtet ved mindsket tilførsel af overfladevand.

Dræning

I forbindelse med uddybning af kældre i nabolaget eller for at sikre en kælder mod opstigende grundvand etableres ofte grundvandspumper. Det kan være en lille, elektrisk pumpe anbragt i en pumpebrønd med bunden ca. 1 meter under kældergulvet. Den er forsynet

med automatisk styring i form af en flyder, der starter pumpen, hvis vandstanden i pumpebrønden kommer over et fastlagt niveau. En sådan grundvandspumpe kan fjerne vand i et meget stort område, hvis den f.eks. har forbindelse til et gruslag, der virker som dræn.

En utilsigtet dræning af omgivelserne kan f.eks. være opstået på grund af en utæt spildevandsledning. Denne skade, der desværre er ret almindelig i ældre ledningssystemer, kan give problemer i et stort område.

For at beskytte spildevandsledninger bedst muligt lægges disse normalt i grus. Gruset virker som et dræn og kan føre vandet over lange strækninger til et hul i ledningen eller i en kloakbrønd.

Manglende regnvand

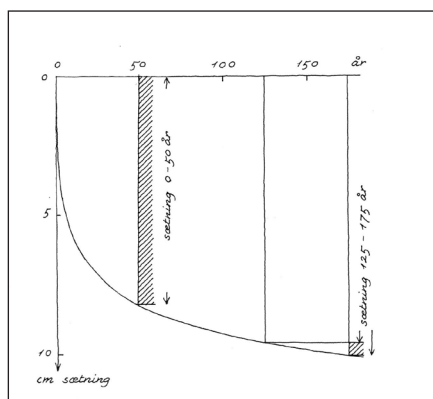
Mindsket tilførsel af regnvand til jorden er et alvorligt problem i mange byer, hvor de fleste arealer er gjort vandtætte, først med brosten, siden med fliser, og i nyere tid med asfalt. På denne måde er tilførslen af regnvand til jorden blevet stærkt formindsket, hvilket betyder en tilsvarende dalende grundvandsstand.

Fundamenter uden træ

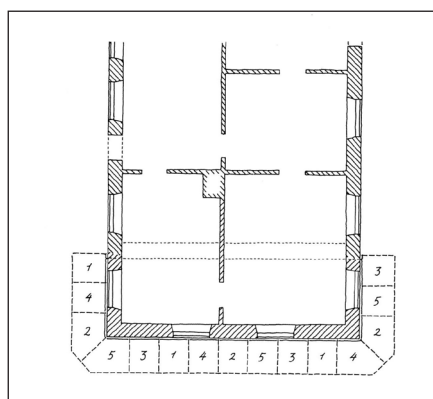
Selv om fundamenter med træ har langt flere og alvorligere skader end øvrige fundamenter, kan der også forekomme skader i bygninger, hvor fundamentet ikke indeholder træ. Den hyppigste årsag er, at fundamentet ikke har været ført tilstrækkeligt langt ned og derfor helt eller delvis står på jord uden tilstrækkelig bæreevne. Den manglende bæreevne vil

specielt i husets første leveår betyde sætninger. Efter nogle år vil bevægelserne blive stadig mindre.

De årlige bevægelser for et 200 år gammelt hus vil typisk være så begrænsede, at gennemførelse af en



Typisk sætningsforløb for fundering på blød bund (f.eks. byfyld) med uændret fundamentlast og grundvandsstand i perioden.



Understøbning, plan af sektionering.

forstærkning af fundamentet vil kunne medføre lige så store – eller større – skader som de næste mange års fortsatte bevægelser, hvis de eksisterende fundamenter bevares.

En sådan begrænset skadeudvikling i et ældre hus kan kun forblive stabil,

hvis påvirkningerne fra omgivelserne ikke forøges.

Det gælder f.eks. om at undgå:

- Øgede belastninger.
- Ændringer af grundvandsspejl og opvarmning af jorden.
- Vibrationer fra trafik og industri.

Kravet til uændrede belastninger er nødvendigt, fordi en ombygning, der medfører et større tryk på et fundament, vil svare til, at fundamentets sætningshistorie skal begynde forfra. Såfremt man er opmærksom på dette krav, er der dog mange ombygninger, der med den fornødne omtanke kan gennemføres, uden at det giver problemer.

Grundvandsspejlet kan også være nødvendigt for et fundament uden træ. F.eks. kan fyldjord indeholde så store mængder organisk materiale i form af muld og trærester, at sænkning af grundvandsspejlet vil medføre nedbrydning, der svarer til nedbrydning af f.eks. et pæleværk eller slyngværk.

Nogle fede lerarter er ligeledes meget følsomme over for vandindholdet, og der er flere steder konstateret skader på fundamenter, fordi en utæt kloakledning, opvarmning eller et træs rodnet har fjernet vand fra leret. Vibrationer fra trafik, industri, m.m. kan i nogle situationer være så alvorlige, at de forplanter sig til fundamentet i bygningen og giver revner i huset.

Man bør være opmærksom på dette forhold ved en øget trafikbelastning og store anlægsarbejder.



Midlertidig sikring af synkende hus på Christianshavn i København, der typisk vil være funderet med træpæle på den tidligere sumpede grund oven på strandsand. Hvis pælene tørlægges på grund af en grundvandssænkning, rådner pælene, der ellers har haft det godt i flere hundrede år, meget hurtigt, og huset begynder at synke. Her begynder gavlene også at skride ud, bl.a. fordi naboet er væk, så der må midlertidigt sættes en afstivning af træ op. Huset er i dag istandsat og fortsat beboet.



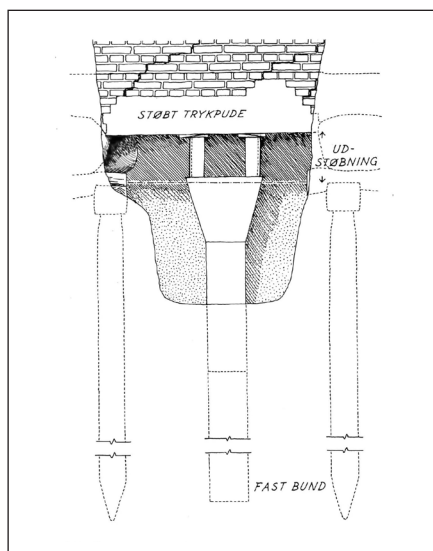
Valg af udbedringsmetode

Hvis man skal kunne vælge en udbedringsmetode, der er så mild som muligt set ud fra husets interesser, skal forholdene være godt belyst. Milde indgreb har ikke kun værdi ud fra et kulturhistorisk og bevaringsmæssigt synspunkt – de vil normalt også være de billigste.

Milde indgreb til forbedring af fundamentet kan f.eks. være at sikre, at der altid er vand over husets pæleværk. Noget tilsvarende gør sig gældende, hvis huset er funderet på fyld med stort indhold af organisk materiale. Sikring af et højt grundvandsspejl kan spænde fra:

- At stoppe en grundvandspumpe i nabolaget
- At tætte en dybtliggende, utæt kloakledning, der virker som dræn

- At tilføre jorden regnvand, f.eks. ved at erstatte asfalt- eller betonbelægning med jord eller grus.
- At udføre et infiltrationsanlæg (omvendt drænsystem), der kan føre vand ned til fundamentet



Nedpresset pæl.

Denne sidste løsning er den mest omfattende.

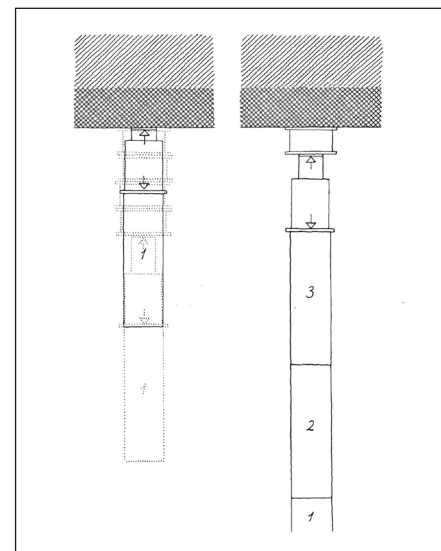
Et nænsomt indgreb skal normalt følges op af en vis overvågning, f.eks. jævnlige pejlinger af grundvandsspejlet. Man må også være opmærksom på eventuelle sætninger, evt. ved at gennemføre nivellementer med 2-5 års mellemrum eller overvåge udvalgte revner.

Dybgående indgreb over for huset kan være nye fundamenter i form af:

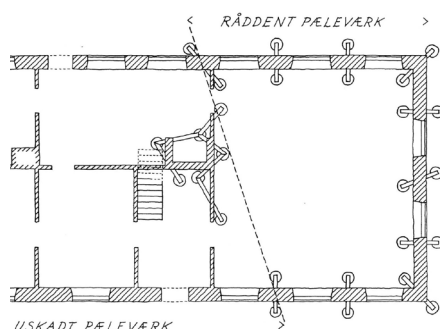
- Understøbning
- Nedpressede pæle
- Nedrammede pæle

Løsningerne er dyre og besværlige for alle fundamenttyper, og i mange tilfælde kan man med baggrund i en fundamentundersøgelse og overvågning klare sig med mindre omfattende og dermed også billigere indgreb.

En fuldstændig sikring af en del af huset vil ofte være værre end ingen sikring, hvis den øvrige del fortsat sætter sig.



Nedpresning af pæle, princip.



Plan, nedrammede pæle.

Understøbning

Understøbning eller -muring udføres ved, at man i sektioner à ca. 1 m udgraver til fast bund og herefter støber eller murer et nyt fundament under det gamle. Sektionerne gives numrene 1, 4, 2, 5, 3 – jf. tegningen, og den første dag udgraves alle 1'erne til fast bund. Herefter støbes eller mures til få cm under det gamle fundament.

Støbningen får lov til at stå f.eks. et døgn. Andendagen graves og støbes alle 2'erne, og 1'erne understoppes. Understopping er en omhyggelig udfyldning af hulrummet mellem gammelt og nyt fundament med jordfugtig cementmørtel blandet af skarpkantet grus. Selve stopningen foretages f.eks. med enden af et kosteskaf, der bankes ind i mørtelen med en hammer og så fremdeles.

Nedpressede pæle

Hvis huset er funderet på et pæleværk, der er under forrådnelse, kan det ofte være billigere at nedpresse nye pæle af beton eller stål frem for at udføre en understøbning til stor dybde.

Inden nedpresning af pæle frigraver man først fundamentet over en kort strækning. Eventuelle syldsten må normalt fjernes, og træpæle, der er i vejen, trækkes op. Herefter anbringer man et pælestykke på f.eks. 1 m i udgravningen og presser det ned med

en hydraulisk donkraft. Modholdet udgøres af husets vægt. Når det første pælestykke er kommet ned, anbringes et nyt pælestykke, der nedpresses, osv. osv. Når pælespidsen har nået fast bund, kiles to jernprofiler fast imellem det gamle fundament og pæletoppen, og efter ilægning af armering omstøbes pæletop og jernprofiler med beton. Pæle nedpresses med en kraft, der er ca. 1,5 gange så stor som den fremtidige belastning.

Nedrammede pæle

Hvis der skal udføres nye pæle for et enetages hus, eller der skal funderes for en ny væg, kan pressede pæle normalt ikke benyttes på grund af manglende modvægt. I stedet nedrammer man små pæle af beton eller stål, og herimellem udføres bjælker til at bære væggene. Til denne brug har man konstrueret rambukke, der ikke er større, end at de kan komme ind i en kælder ad en almindelig kældertrappe.

LITTERATUR OG LINKS

Litteratur

Byhuset, byggeskik i købstaden. Curt von Jessen, Niels-Holger Larsen, Mette Pihler & Ulrik Schirnig. Gyldendal 1980

Landhuset. Byggeskik og egnspræg. Curt von Jessen, Niels-Holger Larsen, Mette Pihler og Ulrich Schirnig. Gyldendal, 3.udg. 1986

SBI anvisning 127: Fundering af enfamiliehuse og mindre bygninger,

Statens Byggeforskningsinstitut
SBI rapport 142, Københavns etageboligbyggeri 1850-1900, Statens Byggeforskningsinstitut

Huse med sjæl. Søren Vadstrup. Gyldendal 2004

Links

Information om Bygningsbevaring:
www.kulturstyrelsen.dk/information-om-bygningsbevaring/
• Arkivundersøgelser

KOLOFON

Titel

Fundamenter

Oplæg og tegninger

Tekstoplæg: Jens Brendstrup, akademiingeniør og Jørgen Larsen, civilingeniør.

Tegninger: Jens Chr. Varming, arkitekt m.a.a. og forfatterne.

Foto: Hvor intet andet er nævnt, Søren Vadstrup, arkitekt m.a.a. Center for Bygningsbevaring

Copyright, redaktion og udgiver
Kulturstyrelsen, Kulturministeriet

Opdateret

Maj 2012 / Søren Vadstrup, arkitekt m.a.a. Center for Bygningsbevaring.

Yderligere oplysninger

Kulturstyrelsen
H.C. Andersens Boulevard 2
1553 København V
Telefon 33 73 33 73