

Partieel funderingsherstel van woningblokken

Het opstellen van een richtlijn voor partieel funderingsherstel



Technische Universiteit Delft

Suzanne de Lange

Augustus 2011

Partieel funderingsherstel van woningblokken

Het opstellen van een richtlijn voor partieel funderingsherstel

Afstudeerscriptie

| | |
|-------------------|---|
| Auteur | Suzanne de Lange |
| Studienummer | 1211528 |
| Datum | Augustus 2011 |
| Studie | Civiele Techniek en Geowetenschappen |
| Afstudeerrichting | Geo-Engineering |
| Instelling | TU Delft Faculteit Civiele Techniek & Geowetenschappen |
| Begeleiding | Prof. Ir. A.F. van Tol Ing. H.J. Everts Ir. H.R. Schipper Ing. A.T.P.J. Opstal (Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam) |

Voorwoord

Dit rapport vormt de eindschriftie van het afstudeeronderzoek ter afronding van de studie Civiele Techniek en Geowetenschappen aan de TU Delft. Met dit onderzoek heb ik mij verdiept in een actueel onderwerp: de funderingsproblematiek in Nederland.

Tijdens mijn studie is er steeds meer interesse ontstaan voor de gebouwde omgeving. Met name restauratie- en renovatieprojecten hebben mijn aandacht getrokken. Mijn master-richting Building Engineering bood de ruimte om daar meer over te leren. Het afstudeeronderzoek is gedaan vanuit de sectie Geo-Engineering. Het onderwerp *partieel funderingsherstel* heeft met zowel Building Engineering als met Geo-Engineering raakvlakken.

Dit voorwoord wil ik gebruiken om alle leden van mijn afstudeercommissie te bedanken voor hun begeleiding. Zij hebben allen waardevolle tijd besteed om mijn stukken door te lezen en correcties aan te brengen. Ook kwamen zij met kritische vragen en goede ideeën voor de aanpak van het onderzoek. De uitgebreide begeleiding die ik ontvangen heb van Ir. Schipper waardeer ik zeer. Daarnaast wil ik Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam bedanken voor de mogelijkheid om bij hen dit afstudeerproject uit te voeren, daarbij in het speciaal Ing. Opstal, voor de ontvangst op het kantoor.

Ook zijn er een aantal instanties en personen, die ik hier wil bedanken, voor het verstrekken van informatie en het aanbieden van hulp: Ingenieursbureau Concretio (Zwijndrecht), Ir. D. de Jong (De Groene Werf), Dr. T. Nijland (TNO Bouw), Dhr. A. Van Wensen (Platform Fundering), Ing. M. Mees (Wareco), Ing. H. Ten Zijthoff (Projectmanager IJmere), Prof. Ir. C. Van Weeren (hoogleraar draagconstructies TU Delft), dhr. J. Middeljans (gemeente Amsterdam Centrum), dhr. L. Janbroers (gemeente Amsterdam Centrum), Ir. A.J. Beijer, Ir. I.L.L. Das. Mede door hun hulp is deze scriptie tot stand gekomen.

Suzanne de Lange
Augustus 2011

Inhoudsopgave

| | |
|--|------------|
| Termen & Definities | 4 |
| 1. Inleiding | 7 |
| 1.1 Probleemveld | 7 |
| 1.2 Probleemstelling | 7 |
| 1.3 Aanleiding onderzoek | 7 |
| 1.4 Doel van het onderzoek | 8 |
| 1.5 Opbouw rapport | 8 |
| 2 Theoretische achtergronden | 9 |
| 2.1 Funderingsproblematiek in Nederland | 9 |
| 2.2 Bouwstromen in de 19 ^e en 20 ^e eeuw | 13 |
| 2.3 Schade | 20 |
| 2.4 Metingen en onderzoek | 26 |
| 2.5 Beoordelingscriteria | 34 |
| 2.6 Funderingsherstel | 52 |
| 2.7 Kosten | 62 |
| 2.8 Niet-technische aspecten van funderingsherstel | 63 |
| 2.9 Conclusies & Aanbevelingen | 77 |
| 3 Onderzoeksopdracht | 81 |
| 4 Aanpak | 82 |
| 5 Voorstel Concept Richtlijn Partieel Funderingsherstel | 83 |
| 5.1 Inleiding | 83 |
| 5.2 Uitgangspunten Richtlijn Partieel Funderingsherstel | 83 |
| 5.3 Concept Richtlijn Partieel Funderingsherstel | 84 |
| 6 Casestudy 1: Zakkingsnelheid | 95 |
| 6.1 Onderzoeksinstrument | 95 |
| 6.2 Uitwerking | 96 |
| 6.3 Analyse van de resultaten | 108 |
| 6.4 Conclusies & Aanbevelingen | 110 |
| 7 Casestudy 2: Scharnierpand | 112 |
| 7.1 Onderzoeksinstrument | 112 |
| 7.2 Uitwerking | 114 |
| 7.3 Analyse van de resultaten | 121 |
| 7.4 Conclusies & Aanbevelingen | 125 |
| 8 Aanpassingen Richtlijn Partieel Funderingsherstel | 127 |
| 9 Evaluatie Richtlijn Partieel Funderingsherstel | 128 |

| | | |
|-----------|---------------------------------------|------------|
| <u>10</u> | <u>Conclusies & Aanbevelingen</u> | <u>130</u> |
| | Referenties | 134 |
| | Summary | 137 |
| | Samenvatting | 139 |

Termen & Definities

Termen

Bouweenheid of bouwkundige eenheid

Groep panden, die tegelijkertijd zijn gebouwd volgens een gezamenlijk ontwerp. De groep is constructief onlosmakelijk aan elkaar verbonden en heeft gewoonlijk dezelfde fundering. Ingebinte panden behoren per definitie niet tot de bouweenheid waarbij zij zijn ingebint. Wordt ook wel bouwkundige eenheid of bouwstroom en soms bouwblok genoemd.

Funderingsschade

De (waarneembare) vertoning van een gebrek of mankement aan een fundering, leidend tot een verminderde vertoning en/of een minder functioneren van de fundering, en evt. ook leidend tot een minder functioneren van de bovengrondse constructie. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie schadecategorieën:

- Esthetische schade (ook wel: architectonische schade)
De vertoning van een gebrek dat, in eerste instantie, geen functionele of constructieve gevolgen met zich mee brengt voor de prestatie van een gebouw. De gebreken uiten zich in een mindere vertoning.
- Functionele schade
De vertoning van een gebrek dat leidt tot een verminderde prestatie van het bouwwerk. De bruikbaarheidsgrenstoestand van een gebouw wordt overschreden. Dit betekent dat een gebouw niet meer voldoet aan de eisen voor vooropgesteld gebruik.
- Constructieve schade
De vertoning van een gebrek, leidend tot een verminderde prestatie van de constructie van een gebouw. Dit kan zijn dat de constructie niet meer voldoet aan de sterkte, stijfheids- en/of stabiliteitseisen.

Grondwaterdekking

Maat voor het hoogteverschil tussen de bovenkant van het funderingshout en de freatische grondwaterstand. Het funderingshout bevindt zich bij een positieve grondwaterdekking onder het grondwaterpeil.

Handhavingstermijn

Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee handhavingstermijnen: verwachte en gewenste handhavingstermijn:

Verwachte handhavingstermijn

De periode waarbinnen de fundering op de huidige wijze bij gelijkblijvende omstandigheden zal blijven functioneren zonder dat herstel maatregelen nodig zijn (=restlevensduur).

Gewenste handhavingstermijn

Periode waarbinnen geen schade mag optreden aan het betreffende pand en aan naastgelegen panden als gevolg van funderingsproblemen.

Hersteleenheid

Het deel van de woningen uit een woningblok of binnen een bouweenheid waarvan de fundering hersteld moet worden. In geval van partieel funderingsherstel is per definitie de bouweenheid niet gelijk aan de hersteleenheid.

Hogging

Engelse term voor: opwaartse buigingsvorm



Figuur 1 Hogging

Lintvoegwaterpassing

Meting van de hoogte van een lintvoeg. Men gaat ervan uit dat een lintvoeg bij aanleg zuiver horizontaal is.

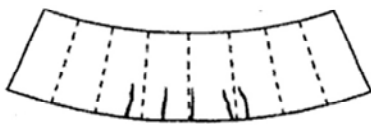
Partieel funderingsherstel

In deze context wordt onder partieel funderingsherstel verstaan: Funderingsherstel waarbij van slechts enkele woningen binnen een bouweenheid de fundering wordt hersteld.

NB. Er wordt hier niet gesproken van partieel funderingsherstel in die zin dat er binnen een woning een gedeelte van de fundering wordt hersteld en een gedeelte niet. Dat is bijvoorbeeld het geval als binnen een woning alleen aan de straatzijde funderingsherstel plaats vindt en aan de achterzijde van de woning niet.

Sagging

Engelse term voor: neerwaartse buigingsvorm



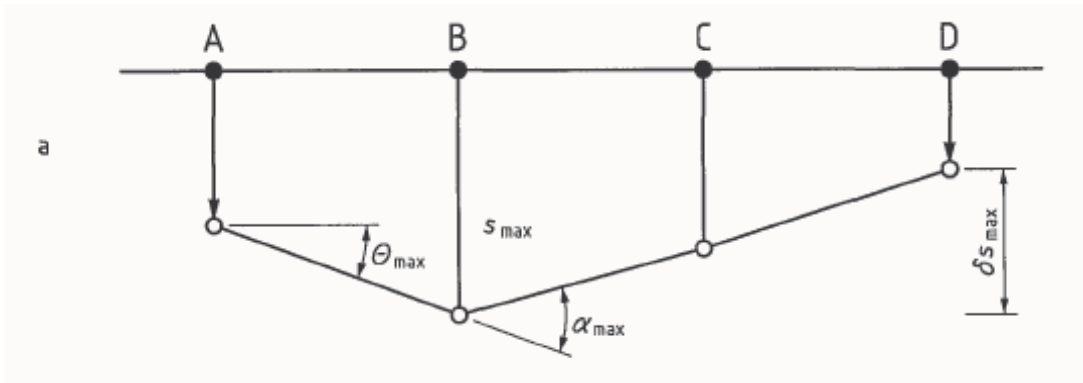
Figuur 2 Sagging

Scharnierpand

Pand waarbij tussen de belendende panden of bouweenheden aan weerszijden van dit pand een zettingsverschil aanwezig is of zal optreden. Hierdoor vertoont het pand een scheefstand ten opzichte van de horizontaal (of zal dit in de toekomst gaan vertonen).

Definities

Definities volgens Eurocode 7 [Eurocode 7, deel 1]:



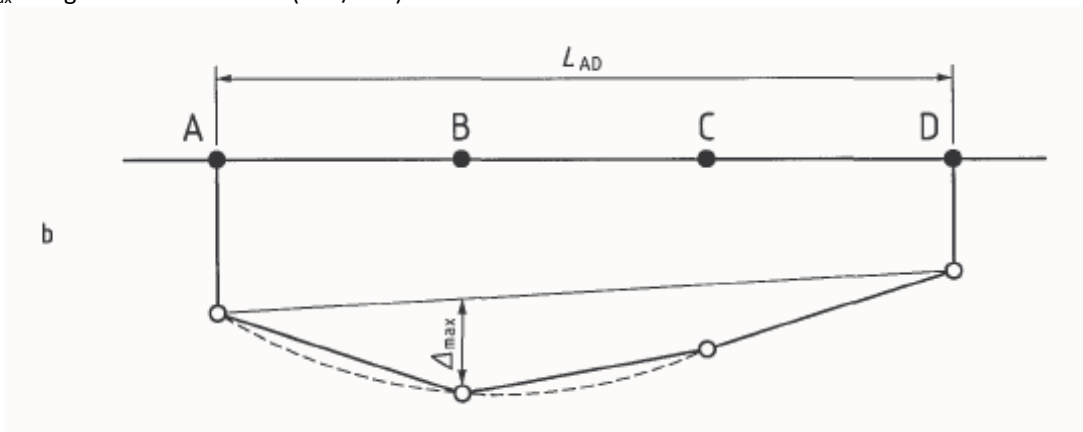
Figuur 3 Weergave parameters zetting, relatieve zetting, hoekverdraaiing en rotatie

s = settlement = zetting (mm)

δs_{\max} = differential settlement = relatieve zetting (mm)

α_{\max} = rotation = hoekverdraaiing (mm/mm)

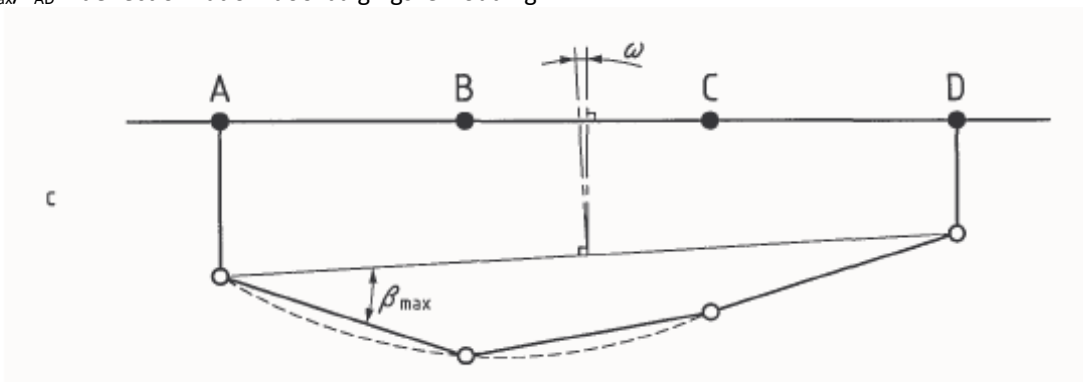
θ_{\max} = angular strain = rotatie (mm/mm)



Figuur 4 Weergave parameters doorbuiging en doorbuigingsverhouding

Δ = deflection = doorbuiging

Δ_{\max}/L_{AD} = deflection ratio = doorbuigingsverhouding



Figuur 5 Weergave parameters scheefstand en relatieve rotatie

ω = tilt = scheefstand ($^{\circ}$)

β = relative rotation (angular distortion) = relatieve rotatie ($^{\circ}$)

1. Inleiding

1.1 Probleemveld

Funderingsproblemen zijn in Nederland een actueel onderwerp. Er zijn in Nederland zo'n 200.000 meldingen bekend van woningen met funderingsschade [Stichting Platform Fundering, 2010]. De problemen spelen zich voornamelijk af in het noorden en westen van Nederland bij woningen gefundeerd op staal of op houten palen. De problematiek verschilt per regio.

Gevolgen van de funderingsproblemen zijn woningzakking, scheefstand, scheuren in gevels, klemmende deuren en ramen en instortingsgevaar. Niet alleen de functionaliteit van het bouwwerk gaat achteruit, ook de veiligheid van de bewoners komt in gevaar.

De kosten van het herstel van funderingen bedragen gemiddeld zo'n €70.000, -. Dit is voor woningeigenaren een grote kostenpost op de totale woonkosten. Woningeigenaren zijn zelf verantwoordelijk voor hun bezit en dus ook het herstel ervan, in dit geval het huis met daaronder de fundering. Verschillende gemeenten verstrekken subsidies om het herstel te bevorderen en zo verpaupering van de buurt tegen te gaan. Ondanks dit blijft het een grote kostenpost voor woningeigenaren. Maar ze hebben weinig keus, verkoop van de woning met funderingsproblemen wordt lastig; het niet herstellen van de fundering levert een onbewoonbare situatie.

1.2 Probleemstelling

In geval van woningblokken, waarbij woningen constructief met elkaar verbonden zijn, kunnen als gevolg van funderingsproblemen scharnierpanden ontstaan. Dit zijn panden die het zakkingsverschil tussen twee naastgelegen woningen moeten overbruggen. Hierdoor komt het tussengelegen pand scheef te staan, dit wordt een scharnierpand genoemd. Dit pand krijgt te maken met scheurvorming in de gevels en klemmende deuren en ramen. Hier wordt duidelijk dat er sprake is van een funderingsprobleem. De naastgelegen woningen hebben ook een funderingsprobleem, maar door een gelijkmatige zakking, uit dat probleem zich niet als zodanig.

Door de bouwkundige aaneenschakeling van de woningen kunnen de funderingsproblemen niet per woning worden opgelost, maar zal de gehele bouweenheid aangepakt moeten worden. Dit is de huidige visie op funderingsherstel. Indien er gekozen wordt voor het herstellen van de fundering, zullen alle eigenaren hier achter moeten staan en hier aan moeten bijdragen. Dus ook de eigenaren van woningen waarbij op dat moment nog geen sprake is van funderingsschade. Het is in dit geval lastig een meerderheid van bewoners te vinden, die achter het herstelplan staat en daarin wil investeren. Terwijl technisch gezien, dit volgens de huidige inzichten, wel de beste oplossing is.

Partieel funderingsherstel kan in deze gevallen een oplossing bieden. Maar ook aan partieel funderingsherstel kleven nadelen. Indien een onjuiste hersteleenheid gekozen wordt, kunnen ten gevolge van partieel funderingsherstel scharnierpanden ontstaan op overgangen tussen wel en niet herstelde panden door het verschil in zakkingsnelheid. Het probleem van het scharnierpand verplaatst zich naar een volgende woning.

1.3 Aanleiding onderzoek

Organisatie Onafhankelijk Onderzoek Funderingen (F3O) is een vereniging die pleit voor een eenduidige methode om de kwaliteit van funderingen vast te stellen. F3O heeft een richtlijn opgesteld voor het onderzoeken en beoordelen van houten paalfunderingen onder gebouwen. De komst van de nieuwe richtlijn betekent een eenduidige beoordelingsmethode van houten paalfunderingen door de deelnemende bedrijven, die het grootste deel van dit marktgebied beslaan.

In geval van individuele woningen is het, met de richtlijn, mogelijk een uitspraak te doen over de kwaliteit van de betreffende fundering. De richtlijn van F3O geeft echter geen handvatten om de hersteleenheid te bepalen in geval van woningblokken met funderingsproblemen.

1.4 Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is het opstellen van een richtlijn waarmee de te herstellen eenheid voor woningblokken met funderingsschade kan worden bepaald, met als voorwaarde dat schade als gevolg van partieel funderingsherstel wordt voorkomen.

1.5 Opbouw rapport

Dit rapport bestaat uit twee delen: een literatuurstudie en een onderzoek:

De literatuurstudie (hoofdstuk 2) geeft achtergrond informatie over de funderingsproblematiek in Nederland. De oorzaken en gevolgen van de funderingsproblemen worden besproken. Er wordt besproken hoe in Nederland het funderingsonderzoek wordt aangepakt, welke meettechnieken hiervoor beschikbaar zijn en hoe wordt vastgesteld of een pand hersteld moet worden of niet. De aanpak van de funderingsproblematiek is niet alleen een technisch probleem, maar ook een maatschappelijk probleem. De niet-technische kanten van het probleem worden ook in de literatuurstudie besproken.

Het onderzoeksgedeelte begint met het formuleren van de onderzoeksopdracht (hoofdstuk 3) en het beschrijven van de methode waarop het onderzoek wordt aangepakt (hoofdstuk 4). Naar aanleiding van het literatuuronderzoek is een richtlijn opgesteld: Richtlijn Partieel Funderingsherstel. Met deze richtlijn is het mogelijk om de funderingshersteleenheid te bepalen van woningblokken met een funderingsprobleem. Deze richtlijn wordt gepresenteerd (hoofdstuk 5) en vervolgens getoetst aan de hand van twee casestudies:

De eerste casestudy (hoofdstuk 6) bestaat uit een onderzoek naar de methode om de zakkingsnelheid van een pand te bepalen. In de praktijk blijkt dat er twee methoden worden gebruikt voor het bepalen van de zakkingsnelheid. Onderzoekers zijn verdeeld over de nauwkeurigheid van één van de twee methoden. Het onderzoek zal moeten uitwijzen of deze methode geschikt is om te gebruiken in het funderingsherstel.

De tweede casestudy (hoofdstuk 7) bestaat uit een onderzoek naar het probleem van het scharnierpand. In dit onderzoek worden verschillende herstelvarianten voor een fictief woningblok uitgewerkt en beoordeeld op hun technische en maatschappelijke kwaliteit. Het doel is om de risico's, kosten en ruimtelijke consequenties van partieel funderingsherstel in kaart te brengen. Daarnaast zal de invloed van het gemeentelijk beleid op het funderingsherstel in deze casestudy worden onderzocht.

Met de resultaten uit de casestudies wordt geïnventariseerd of de Richtlijn Partieel Funderingsherstel moet worden aangepast of aangevuld. De aanpassingen worden in het kort besproken. (hoofdstuk 8) De aangepaste richtlijn zal worden geëvalueerd op bruikbaarheid. Mogelijke beperkingen van en kritiek op de richtlijn wordt hier besproken. (hoofdstuk 9)

Vervolgens volgt er een hoofdstuk waarin conclusies en aanbevelingen worden gegeven met betrekking tot de aanpak van de funderingsproblematiek in Nederland en de mogelijkheden om partieel funderingsherstel toe te passen (hoofdstuk 10).

Ten slotte volgen de literatuurlijst, de Engelse en Nederlandse samenvatting van het onderzoek.

In dit rapport wordt verwezen naar een aantal bijlagen. Deze zijn in een aparte document toegevoegd.

2 Theoretische achtergronden

2.1 Funderingsproblematiek in Nederland

2.1.1 Inleiding

In deze paragraaf zal een korte uiteenzetting gegeven worden van de funderingsproblematiek in Nederland. De problematiek verschilt per regio en is afhankelijk van de opbouw van de grond, de grondwaterstand en van de fundering.

2.1.2 Omvang funderingsproblematiek in Nederland

In Nederland hebben meer dan 200.000 panden te maken met funderingsproblemen [Stichting Platform Fundering 2010]. Dat kunnen er in de toekomst nog meer worden. De funderingsproblemen in Nederland zijn het gevolg van onder andere zettingen van de grond, verlaging van de grondwaterstand, negatieve kleeft, schimmel- en bacteriële aantasting en ontwerpfouten. De problemen treden voornamelijk op bij houten paalfunderingen en woningen gefundeerd op staal. De ondergrondse problemen uit zich bovengronds in zakkingen en scheefstand van woningen, scheuren in gevels en klemmende ramen en deuren [Markum Stedelijke Ontwikkeling, 2010].

Stichting Platform Fundering heeft de schademeldingen in Nederland in kaart gebracht, zie figuur 6. Te zien is dat voornamelijk in de noordelijke en westelijke helft van Nederland funderingsproblemen optreden.



De rode punten staan voor schademeldingen. Een punt kan voor 1 melding staan, maar ook voor enkele duizenden.
[Stichting Platform Fundering 2010]

Figuur 6 Meldingen van funderingsschade in Nederland

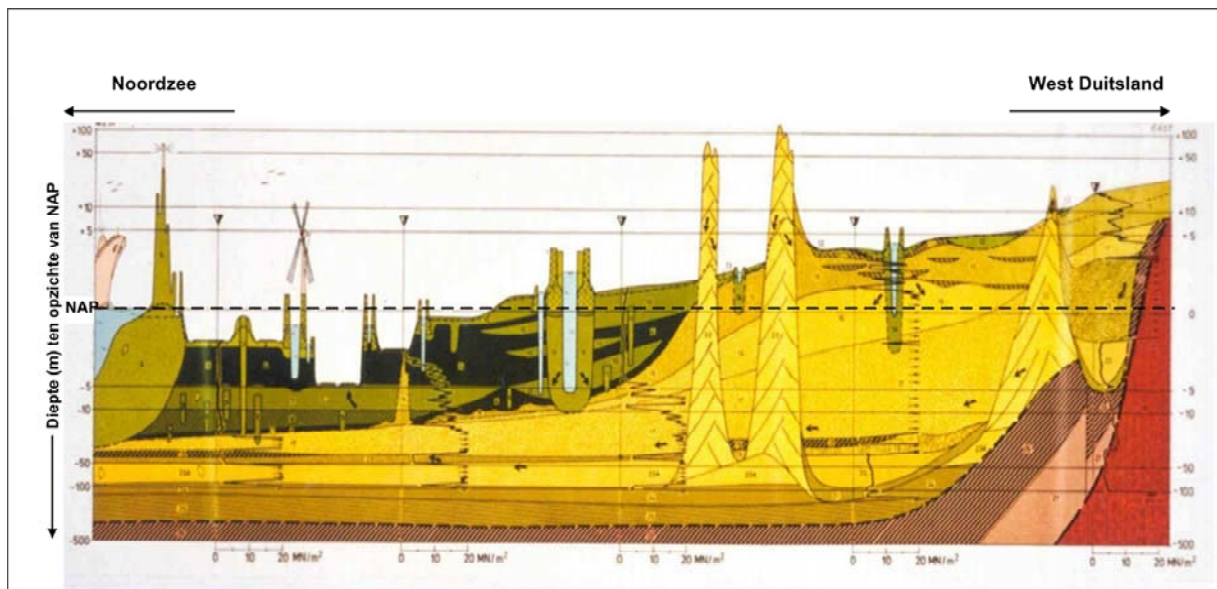
2.1.3 De Nederlandse bodem

De spreiding van de funderingsproblematiek over de kaart van Nederland kan begrepen worden door het bodemprofiel en de grondeigenschappen van de verschillende probleemgebieden te bestuderen.

Nederland is een lage en natte rivierdelta aan de Noordzee. Dit heeft de bodem van ons land sterk bepaald. Zo zijn verschillende soorten grond en steen afgezet, bijvoorbeeld door rivieren als de Rijn en de Maas, de Noordzee, de wind of plantengroei in drassige (moeras)gebieden, en zelfs ten gevolge van de landijsbedekking tijdens de ijstijden.

In Nederland is een dik pakket aan diverse grondsoorten als klei, veen, zand, grind, löss en leem gevormd. Dit doorgaans slappe bodempakket is bepalend voor het gebruik van de bodem door de mens en hoe huizen, wegen, en kunstwerken als bruggen en viaducten worden gebouwd. Slappe lagen als veen, klei en leem hebben geen of een zeer geringe draagkracht. Zandlagen van voldoende dikte hebben wel voldoende draagkracht om er bouwwerken op te funderen. Globaal kan gezegd worden dat de bovengrond in het oosten en zuiden meestal uit zand bestaat en in het westen en noorden uit samendrukbare klei- en veenlagen [Vereniging Ondernemers Technisch Bodemonderzoek, 2010].

De keuze voor een fundering is gebaseerd op de draagkracht van het onderliggende grondpakket. In figuur 7 is een profiel van de bodem weergegeven, het is een doorsnede van Nederland van West naar Oost [Van Tol, 2010]. De goudgele gekleurde lagen zijn draagkrachtige zandlagen.



Figuur 7 Bodemprofiel Nederland (West – Oost)

Tot ongeveer 1945 werd er bij de keuze voor een fundering geen grondonderzoek gedaan. Het constructieve ontwerp van de fundering was voornamelijk gebaseerd op ervaring en eenvoudige berekeningen. Dit heeft tot gevolg gehad dat veel woningen gebouwd zijn op slappe grondlagen. In het westen zijn veel woningen gefundeerd op staal, op slappe klei- en veenlagen. Tegenwoordig tonen deze woningen gebreken ten gevolge van het zinken van de grond. Door gebrek aan kennis van de Nederlandse bodem vertonen ook panden gefundeerd op houten palen gebreken. Bijvoorbeeld doordat deze palen niet lang genoeg zijn en daardoor niet op draagkrachtige zandlagen staan gefundeerd. Maar ook doordat er in die tijd nog geen rekening werd gehouden met negatieve kleefbelasting. Hier wordt later op ingegaan.

Vanaf 1945 werd er in Nederland grondonderzoek gedaan, dit was gebaseerd op sonderingen.

2.1.4 Problemen per gebied

De funderingsproblemen verschillen per gebied. Dit betekent dat in het funderingsonderzoek, voor het bepalen van de kwaliteit van een fundering, hier rekening mee moet worden gehouden. Van een aantal gebieden wordt hierna een beschrijving gegeven van de problemen:

Friesland

De ondergrond in Friesland bestaat onder andere uit veenlagen. De draagkrachtige zandlagen zijn dieper gelegen. Tot halverwege de 20^e eeuw werd er hier op houten palen gefundeerd. Men had toen al de kennis dat deze palen onder water moesten staan om houtrot te voorkomen. Maar ten gevolge van zetting van de grond en een lagere grondwaterstand zijn veel paalfunderingen droog komen te staan. Het funderingshout wordt hierdoor aangetast door schimmels en verliest haar draagkracht. Het gevolg is scheefstand en zakkingen van woningen. Vanaf ongeveer 1920 werden er op de houten palen betonnen oplangers gezet. Pas rond 1950 werden deze betonnen oplangers zo lang, dat droogstand van de palen niet meer op trad. Na 1960 werden er ook betonnen funderingspalen toegepast. In Friesland is funderingsschade te verwachten bij woningen van voor 1950 met een houten paalfundering [Provincie Friesland, 2008].

Zaanstad

In Zaanstad zijn veel vooroorlogse woningen op grenen houten palen gebouwd. Deze palen zijn gevoelig voor bacteriële aantasting. Door de aantasting verliest een paal haar draagkracht. Dit proces kan wel 100 jaar duren. Schade treedt op in de vorm van plotselinge grote verzakkingen en scheefstand van woningen. In Zaanstad zijn zo'n 10.000 particuliere woningen, gebouwd voor 1945, met een kans op schade [Gemeente Zaanstad, 2009].

Haarlem

In Haarlem treden vergelijkbare problemen op als in Zaanstad. Hier zijn ook veel gebouwen gefundeerd op grenen houten palen. Vooroorlogse woningen gefundeerd op houten palen vormen hier de risicogroep.

Rotterdam

In Rotterdam zijn zo'n 1000 tot 6000 panden die te maken hebben met risico op funderingsproblemen, dit aantal kan in de toekomst nog verder toenemen doordat straatophogingen blijven plaats vinden en verlagingen van de grondwaterstand kunnen optreden met droogstand van funderingshout als gevolg. In Rotterdam is vooral schimmelaantasting en negatieve kleef de oorzaak van de funderingsproblematiek bij houten paalfunderingen. Er zijn ook woningen gefundeerd op staal te vinden. Problemen die hierbij optreden zijn zakking en scheefstand ten gevolge van zetting van de klei- en veenlagen in de bodem [Stichting Platform Fundering, 2009].

Dordrecht

In Dordrecht lopen vooral woningen gebouwd tot 1945 kans op funderingsschade. Woningen werden hier toen gebouwd op houten palen. Ten gevolge van een te lage grondwaterstand en negatieve kleef treden er verzakkingen van woningen op. Een andere oorzaak van de zakkingen en scheefstand van woningen is dat er in het verleden vaak te korte of te weinig funderingspalen zijn toegepast. Ook droogstand van palen heeft hier geleid tot schimmelaantasting van het funderingshout. In Dordrecht werd ook gefundeerd op staal. Problemen bij deze woningen zijn het gevolg van zetting van de grond.

Amsterdam

De problemen in Amsterdam betreffen ook zakkingen van funderingen op staal ten gevolge van een zakkende grondwaterstand en zetting van de grond. Daarnaast worden de houten paalfunderingen aangetast door schimmels, doordat deze droog zijn komen te staan. De "Amsterdamse fundering" bestaat uit twee houten palen, met daarop een houten kesp, het plaat- en schuifhout, waarboven de muur is gemetseld. Het gevaar bij houtrot aan de "Amsterdamse fundering" is dat de kesp bezwijkt en zo een plotselinge zakking van de daarboven staande muur veroorzaakt. De "Amsterdamse fundering" is zo genoemd, omdat deze voornamelijk in Amsterdam zijn toepassing had.

Zuiden en Oosten van Nederland

In het Zuiden en Oosten van Nederland liggen de draagkrachtige zandlagen hoger dan in het Noorden en Westen. Er kan hier gefundeerd worden op staal en op kortere funderingspalen. Doordat negatieve kleeft en zetting van slappe grondlagen hier een veel minder grote rol speelt, is de kans op funderingsschade hier kleiner.

2.1.5 Conclusie

De funderingsproblematiek in Nederland speelt zich voornamelijk in het noorden en westen van het land af bij woningen gefundeerd op staal of op houten palen. De omvang van het probleem is groot, van zeker 200 000 panden in Nederland is bekend dat deze een funderingsprobleem hebben of hebben gehad. In de toekomst kunnen dat er nog meer worden. De oorzaak van de problemen is veelal te verklaren door het gebrek aan kennis waarmee tot halverwege de 20^e eeuw funderingen werden ontworpen.

2.2 Bouwstromen in de 19^e en 20^e eeuw

2.2.1 Inleiding

Voor het onderzoek naar de kwaliteit van een fundering en voor het opstellen van een funderingsherstelplan, is het van belang de constructieve opbouw van de betreffende woning(en) goed te kennen. Door de jaren heen is de constructieve opbouw van woningen in Nederland veranderd. De woningwet, de energiecrisis, nieuwe inzichten en de ontwikkeling van nieuwe bouwmaterialen hebben hier invloed op gehad. In dit hoofdstuk worden de conclusies gegeven van een onderzoek naar de ontwikkeling van woningbouw in de 19^e en 20^e eeuw in Nederland. Dit onderzoek is toegevoegd in [bijlage B](#) en is uitsluitend gericht op woningblokken. Er is voor het gekozen om alleen 19^e en 20^e eeuwse woningblokken te evalueren, aangezien er bij de woningbouw uit deze periode, bij woningen tot ongeveer 1970, kans is op het aantreffen van funderingsproblemen.

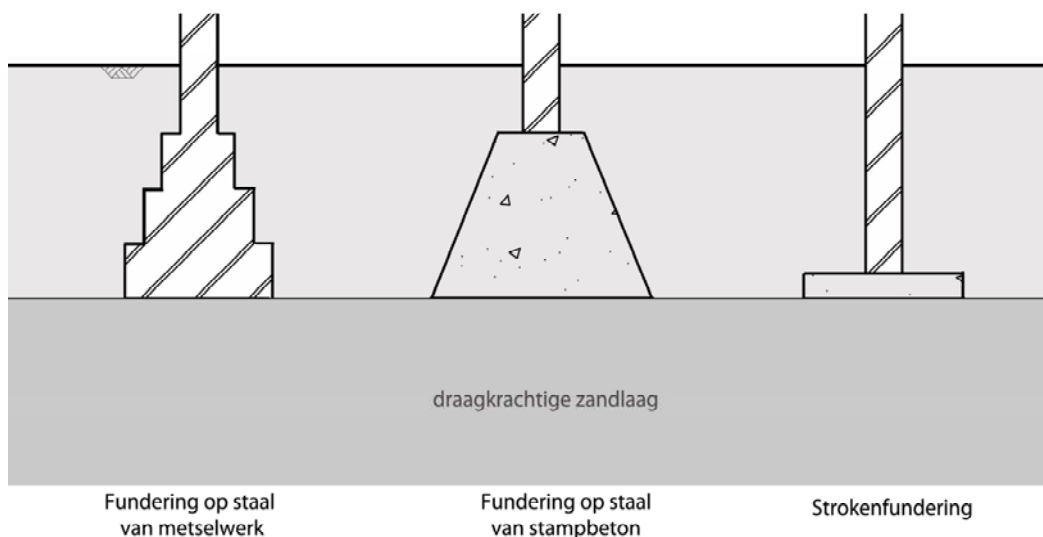
2.2.2 Fundering

Het zijn voornamelijk de houten paalfundering en de fundering op staal waar in Nederland funderingsproblemen bij optreden. Deze worden in het kort besproken.

Fundering op staal

Funderingen op staal komen we in heel Nederland tegen. In het oosten en zuiden is het goed mogelijk om woningen te funderen op staal, hier liggen de draagkrachtige zandlagen hoog in de bodem. In het noorden en westen liggen de draagkrachtige zandlagen dieper, de bovenste grondlagen bestaan uit klei en veen. Toch zijn ook hier gebouwen gefundeerd op staal.

Door de jaren heen zijn verschillende soorten funderingen op staal toegepast. Te noemen zijn: fundering op metselwerk, fundering op stampbeton en strokenfundering [van Stigt, 1995].



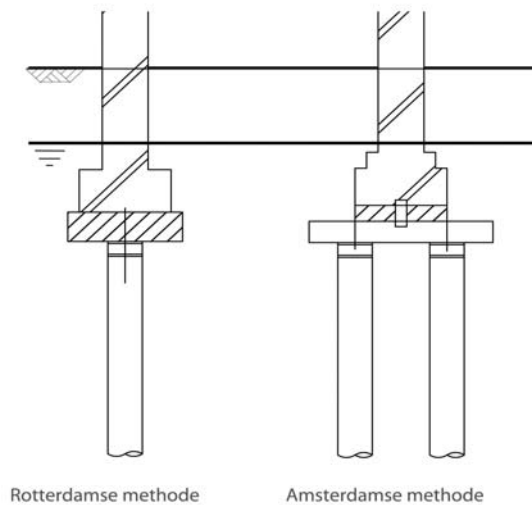
Figuur 8 Soorten funderingen op staal

Een woning kan ook gefundeerd zijn op de ondergelegen kelder. De bodem van de kelder is voorzien van een dikke bodemplaats, waardoor deze als fundering op staal kan functioneren.

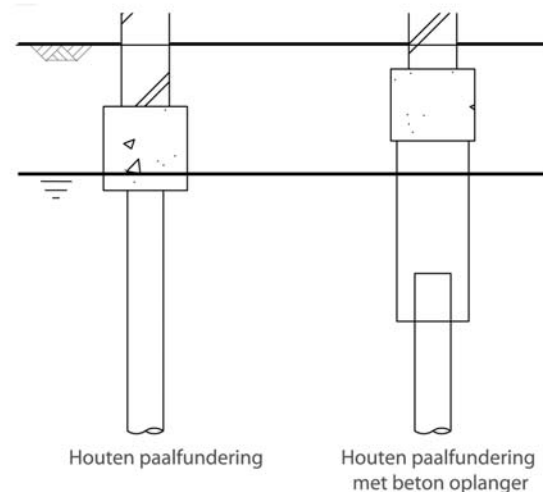
Houten paalfundering

Tot halverwege de 20^e eeuw zijn veel woningen in Nederland gebouwd op houten palen.

Er werden verschillende methoden gebruikt voor het toepassen van houten paalfunderingen. De meest voorkomende in Nederland zijn de Rotterdamse en de Amsterdamse fundering [van Stigt, 1995]:



Figuur 9 Rotterdamse en Amsterdamse paalfundering



Figuur 10 Paalfundering zonder resp. met beton oplanger

De Rotterdamse methode

Voor relatief lichte funderingen (tot 100 kN/m^1 muur) voldoet een enkele palenrij onder draagmuren. Omdat bij veel woningen in Rotterdam dit type fundering is toegepast, wordt het de Rotterdamse methode genoemd. De fundering bestaat uit een palenrij, met daarover een funderingsplaat (ook wel het langshout genoemd). De plaat is iets breder dan de diameter van de palen. Zo werd er rekening gehouden met eventuele afwijkingen in de plaatsing van de palen ten gevolge van de uitvoering. Op de plaat staat de dragende muur van metselwerk. Op plaatsen waar grote belastingen werden verwacht, werd een dubbele palenrij toegepast. Dit was bijvoorbeeld het geval bij pakhuizen en openbare gebouwen.

De Amsterdamse methode

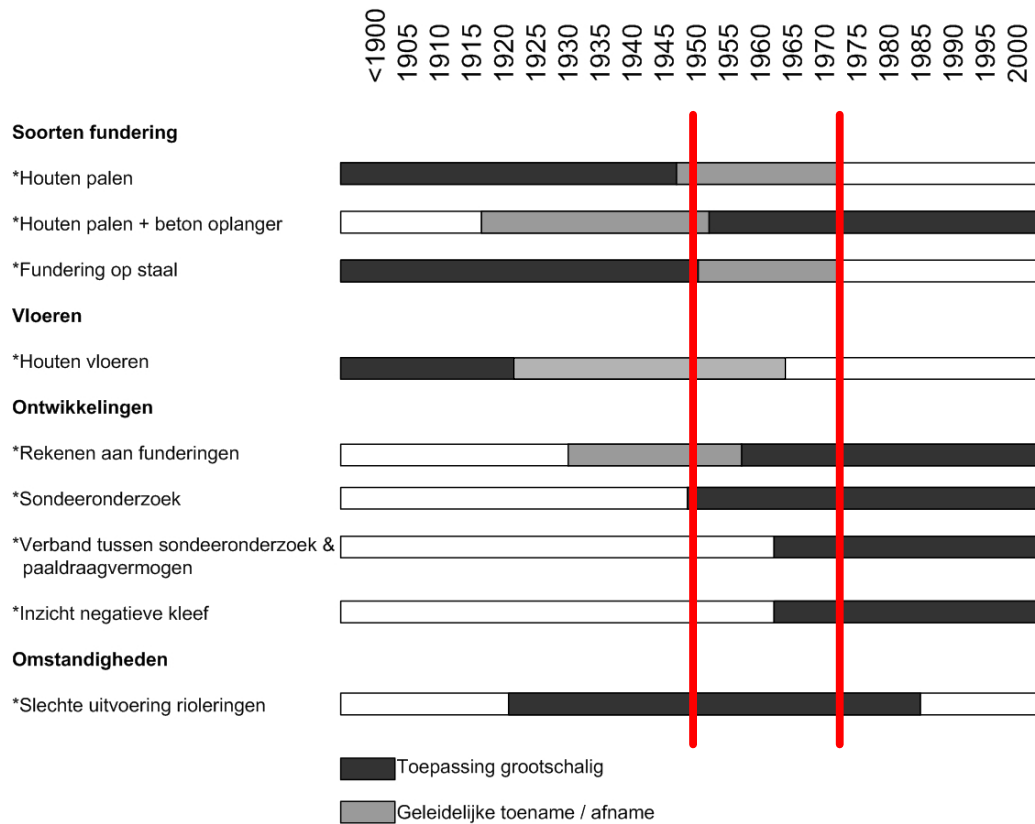
Voor hogere gebouwen (>3 bouwlagen) werd de Amsterdamse fundering veel gebruikt. De Amsterdamse fundering komt met name in Amsterdam voor. Maar ook in andere steden heeft deze fundering zijn toepassing gevonden. De opbouw van de Amsterdamse fundering is als volgt:

Op een dubbele rij houten palen, liggen houten kespen. Deze kespen dragen het plaat- en het schuifhout. Hierop is de dragende muur van metselwerk gelegen.

De keuze voor grenen- of vuren houten palen was afhankelijk van het gebied in Nederland en de benodigde paallengte. In gebieden waar lange palen (16 -18 m) benodigd zijn, werd voornamelijk vuren hout toegepast. De lengte en diameter van de funderingspaal is afhankelijk van de diepte van de ligging van de draagkrachtige lagen (pleistocene zandlagen). In Rotterdam zijn bijvoorbeeld veel vuren houten palen toegepast. Kortere palen zijn veelal van grenen hout. Deze vinden we in Haarlem en Zaandam.

Vanaf de jaren 20 werden houten funderingspalen voorzien van betonnen oplangers, om paalrot ten gevolge van droogstand van het funderingshout te voorkomen.

In onderstaande figuur zijn alleen de ontwikkelingen van de houten paalfundering en de fundering op staal weergegeven, aangezien dit de soorten funderingen zijn, waarbij problemen te verwachten zijn. Het schema is een samenvatting van de informatie uit het onderzoek in bijlage B.



Figuur 11 Overzicht ontwikkeling funderingen in Nederland in de 19^e en 20^e eeuw

Houten vloeren werden tot de jaren 20 van de 20^e eeuw veel toegepast in Nederland. Maar door grondwateroverlast en door de komst van nieuwe bouwmaterialen is de houten vloer geleidelijk steeds meer vervangen door een betonvloer. Dit betekent een grotere belasting op de funderingspalen. Maar tot ruim na de Tweede Wereld Oorlog werden houten vloeren toegepast. Later, na de energiecrisis, werd de begane grond vloer geïsoleerd toegepast.

Tot 1960 werd, door gebrek aan kennis, de houten paalfundering niet berekend op negatieve kleef. Dit heeft er toe geleid dat door de jaren heen veel woningen zijn verzakt als gevolg van overbelasting door negatieve kleef. De slechte uitvoering van rioleringen is van invloed geweest op de kwaliteit van het funderingshout. Door lekkages in rioleringsbuizen werd de grondwaterstand plaatselijk verlaagd. Het droogstaande funderingshout is hierdoor aangetast door schimmels.

Dit heeft echter ook relatie met de aanwezigheid van panden gefundeerd op staal in de nabije omgeving van panden gefundeerd op palen. Voor de fundering op staal verlangt men een lage grondwaterstand om wateroverlast en optrekkend vocht in het funderingsmetselwerk te voorkomen. Peilverlagingen om dit te bereiken leiden bij funderingen op houten palen tot droogstandsproblemen en zo tot schimmelaantasting van het funderingshout.

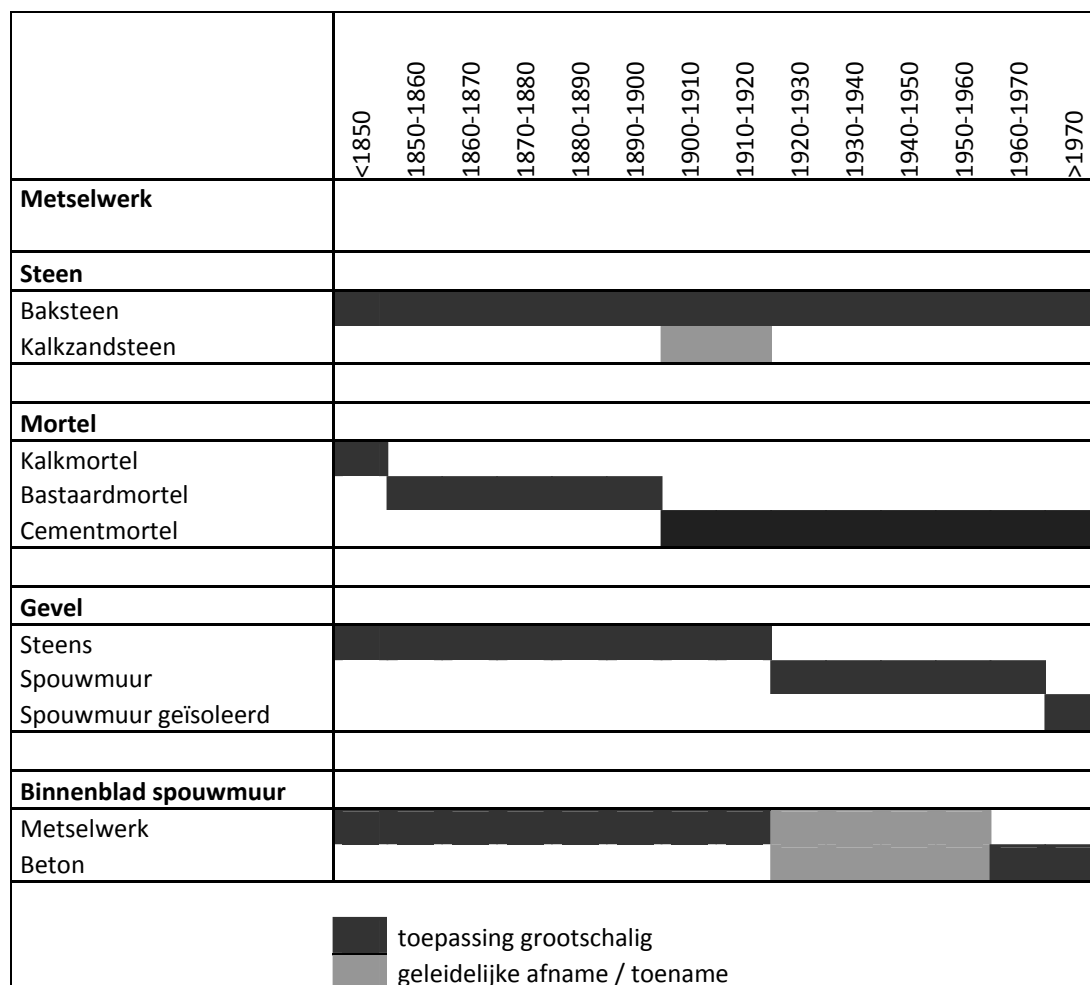
Met de gegevens in bovenstaand schema is te zien dat bij woningen van voor 1945 een grote kans is op het aantreffen van funderingsschade. Een tweede lijn is getrokken rond het jaartal 1970. Deze lijn geeft weer dat bij de woningen gebouwd na 1970 de kans op het aantreffen van problemen bij houten paalfunderingen en funderingen op staal gering is.

2.2.3 Metselwerk

Funderingsonderzoek volgt vaak uit waargenomen vervorming van het bovengrondse gevelmetselwerk. Om deze metingen goed te kunnen interpreteren, is het van belang om de eigenschappen van metselwerk te kennen.

NB. Er wordt hier volstaan met het benoemen van de belangrijkste factoren van invloed op de vervormingscapaciteit van het metselwerk. Er wordt niet ingegaan op alle mechanische en materiaaleigenschappen, hiervoor wordt verwezen naar de literatuur [Rots, 1997]. Voor de lezer is het vooral belangrijk om te weten dat de vervorming van het bovengrondse metselwerk wordt meegenomen in de kwaliteitsbeoordeling van de fundering en welke factoren daar van invloed op zijn.

In onderstaand schema is de ontwikkeling van metselwerk in de 19^e en 20^e eeuw weergegeven.



Figuur 12 Ontwikkelingen gebruik metselwerk in Nederland in 19^e en 20^e eeuw

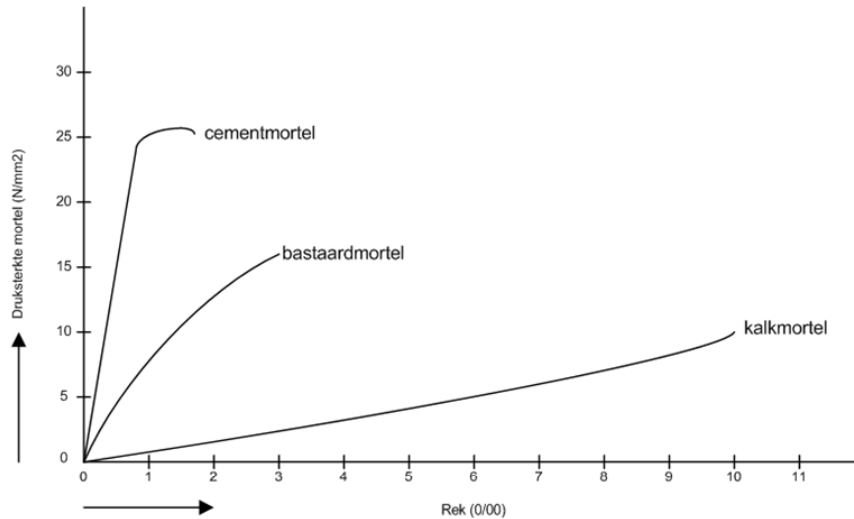
Opbouw muur

Al eeuwen wordt metselwerk in Nederland gebruikt als bouw materiaal. Door de jaren heen is er een aantal veranderingen opgetreden in het gebruik ervan. Tot 1920 werden woningen opgetrokken uit massieve bouwmuren van metselwerk. Deze bouwmuren waren meestal steens. Dat wil zeggen dat de dikte van een bouwmuur één steenlengte dik is. Na 1920 werd deze muur steeds minder toegepast, deze werd vervangen door de spouwmuur. Door de jaren is de spouwmuur veranderd. In de beginjaren waren beide muren uit halfsteens metselwerk opgebouwd. Later is het binnenblad soms vervangen door beton of kalkzandsteen. Waardoor het metselwerk zijn constructieve functie verloor. Na de energiecrisis in 1970 is de spouwmuur breder geworden om zo een betere isolerende waarde te halen.

Samenstelling metselwerk

Tot 1850 werd er veel gebruik gemaakt van kalkmortel. Kalkmortel kan langzame vervormingen goed opnemen, zonder daarbij scheurvorming te vertonen. Bij langzame vervormingen moet gedacht worden aan –over tientallen jaren uitgesmeerde- vervormingen ten gevolge van zetting bij een fundering op staal. En bij een fundering op palen vervorming als gevolg van negatieve kleeft.

Na 1850 werden er andere bindmiddelen aan de mortel toegevoegd, onder andere cement. Hierdoor werd de mortel sterker, maar ook brosser. Vanaf 1900 werden er in Nederland voornamelijk cementmortels in Nederland gebruikt. Cementmortel is brosser en gevoeliger voor scheurvorming dan kalkmortel.



Figuur 13 Spanning-rekdiagram van metselwerk afhankelijk van mortel

De hoeveelheid kalk en cement in de mortel bepaalt de sterkte- en vervormbaarheidseigenschappen van het metselwerk. Hoe meer kalk er in het mengsel zit, des te beter de verwerkbaarheid en de vervormingseigenschappen. Kalkmortel bevat relatief veel kalk en relatief weinig cement. Bij cementmortel is dat andersom en bastaardmortel zit qua samenstelling tussen beide in. Hoe meer cement er in het mengsel zit, des te groter de sterkte. Maar de mortel wordt ook brosser. Dit is weergegeven in figuur 13 [Fraaij, Verver, 2000].

Voor constructief metselwerk zijn voornamelijk bakstenen gebruikt. Er was een periode dat er ook kalkzandstenen voor buitenmuren werden toegepast. Kalkzandsteen is zachter dan baksteen en dus gevoeliger voor slijtage. Daarnaast is kalkzandsteen gevoeliger voor thermische en hygrische uitzetting. Doordat het materiaal kwetsbaar is, wordt het voor buitenmuren niet veel meer gebruikt.

2.2.4 Woningkwaliteit

Voor het opstellen van een funderingsherstelplan is het van belang dat ook de kwaliteit van de bovengrondse constructie wordt meegenomen in het onderzoek. Er moet beoordeeld worden of het de moeite waard is om te investeren in funderingsherstel. In sommige gevallen zal sloop en nieuwbouw een betere oplossing zijn. Daarnaast wordt na funderingsherstel vaak ook de bovengrondse constructie aangepakt (cascoherstel). Het is van belang dat er, in een vroeg stadium, een inschatting gemaakt kan worden van de werkzaamheden die nog gedaan moeten worden en het prijskaartje dat daar aan hangt. Dit overzicht van de ontwikkeling van de woningbouw in Nederland kan daarbij een hulpstuk zijn.

De ontwikkeling van de woningkwaliteit is weergegeven in de figuur op de volgende pagina. Dit schema volgt uit het onderzoek in [bijlage B](#).

Hier volgen de belangrijkste conclusies:

Door de jaren heen zijn woningen ruimer geworden. Waren het in de 19^e eeuw nog smalle donkere rugaanrugwoningen, zijn het in de 20^e eeuw al ruimer opgezette eengezinswoningen. Het aantal bewoners per woning is afgenomen en het aantal vierkante meters per persoon per woning is toegenomen.

De 19^e eeuwse woningen zijn kwalitatief slecht. Het zijn kleine donkere woningen. De komst van de woningwet aan het begin van de 20^e eeuw heeft er toe geleid dat er meer aandacht is besteed aan de woningkwaliteit. Licht, lucht, ruimte, hygiëne werden belangrijke aspecten waar in het woningontwerp rekening mee werd gehouden.

Ook in de periode direct na de Tweede Wereld Oorlog werd er kwalitatief slecht gebouwd. Er was een grote vraag naar nieuwe woningen en die moesten in korte tijd gerealiseerd worden. Dit heeft er toe geleid dat de kwaliteit van de woningen minimaal is.

De energiecrisis in de jaren 70 van de 20^e eeuw heeft er toe geleid dat de bouwtechnische kwaliteit van woningen nog meer toenam. Woningen werden vanaf dit moment geïsoleerd om zo energie te besparen. Voor de ongeïsoleerde woningen, van voor 1970, kan na-isolatie een oplossing zijn.

| Periode | Kwaliteit: woning | Opbouw gevels | | Kans op funderingsschade door | | |
|-----------|---|------------------------|---|-------------------------------|-------------|------------------------------------|
| | | Opbouw | Materiaal dragende gevels | Paalrot | Bacterien | Overbelasting door negatieve kleef |
| << 1850 | Bouwtechnische kwaliteit slecht Hygienische/ruimtelijke kwaliteit slecht | Steens | Metselwerk - Kalkmortel | JA | JA | JA |
| 1850-1900 | Bouwtechnische kwaliteit slecht Hygienische/ruimtelijke kwaliteit slecht | Steens | Metselwerk - Bastaaadmortel | JA | JA | JA |
| 1900-1920 | Meer aandacht voor licht/lucht/ruimte Hygienische kwaliteit verbeterd Bouwtechnische kwaliteit redelijk | Steens | Metselwerk - Cementmortel | JA | JA | JA |
| 1920-1940 | Bouwtechnische kwaliteit goed | Spouwmuur | Metselwerk – Cementmortel Steeds meer gebruik maken van beton | JA | JA | JA |
| 1940-1950 | Bouwtechnische kwaliteit matig | Spouwmuur | Beton grootschaliger toegepast Metselwerk – Cementmortel | JA | JA | JA |
| 1950-1960 | Bouwtechnische kwaliteit matig-beter | Spouwmuur | Beton Metselwerk - Cementmortel | Kleine kans | Kleine kans | JA |
| 1960-1970 | Bouwtechnische kwaliteit beter | Spouwmuur | Beton Metselwerk – Cementmortel veelal niet meer dragend toegepast | Kleine kans | Kleine kans | NEE |
| >> 1970 | Bouwtechnische kwaliteit goed | Spouwmuur met isolatie | Beton Metselwerk – Cementmortel veelal niet meer dragend toegepast | NEE | NEE | NEE |

Figuur 14 Ontwikkeling woningkwaliteit in Nederland in de 19^e en 20^e eeuw

2.3 Schade

2.3.1 Inleiding

Ten gevolge van funderingsproblemen ontstaat er schade aan woningen. De ernst van de schade geeft een indicatie of een fundering hersteld moet worden of niet. Voor het bepalen van de te herstellen eenheid binnen een woningblok met funderingsschade, is het van belang de huidige situatie te kunnen beoordelen. Daarnaast is het in geval van partieel funderingsherstel van belang het toekomstige vervormingsgedrag van de panden te kunnen voorspellen en beoordelen. Met name de panden op de overgangen tussen wel en niet herstelde delen, vormen een kritisch punt.

Hierna zal dieper in worden gegaan op het begrip schade. Allereerst wordt het begrip gedefinieerd. Vervolgens worden er schadecategorieën opgesteld, zoals deze in dit rapport zullen worden gehanteerd. Er wordt ingegaan op emotionele en persoonlijke aspecten die een rol spelen in de beleving en beoordeling van schade. Daarna zal een paragraaf worden besteed aan de oorzaken van funderingsschade.

2.3.2 Wat is schade?

Om meer te kunnen zeggen over de beoordeling van schade, is het van belang de definitie van schade te kennen. Deze wordt hier gegeven: *Schade is de (waarneembare) vertoning van een gebrek of mankement leidend tot een verminderde vertoning en/of een minder functioneren (in deze context van een woning)* [de Vent, 2011].

Schade wordt bepaald door een vergelijking te maken tussen twee situaties: *de huidige situatie*, waarin het gebrek tot uiting is gekomen en de *theoretische situatie*, die er zou zijn geweest als het schadeverwekkende mechanisme niet had plaatsgevonden.

In geval van gebouwschade is de theoretische situatie de toestand waarin het gebouw behoort te verkeren en functioneren. Voor de situatie in Nederland zijn voorschriften voor het functioneren van een gebouw vastgelegd in het Bouwbesluit [VROM, 2003]. Het gaat daarbij om technische, veiligheids- en gebruikseisen. Het vastleggen van de huidige situatie gebeurt aan de hand van metingen.

Om de ernst van schade objectief te kunnen beoordelen is het van belang dat deze gemeten wordt. De schade moet worden gekwantificeerd (metingen) en vervolgens aan de hand van grenswaarden (grenstoestanden) worden gecategoriseerd en beoordeeld.

2.3.3 Categorieën

In de literatuur wordt veelal onderscheid gemaakt tussen drie schadecategorieën. *Esthetische*, *functionele* en *constructieve schade*. De precieze definitie van deze vormen van schade is niet eenduidig in de literatuur terug te vinden. In dit rapport wordt de volgende indeling aangehouden:

Esthetische schade (ook wel: architectonische schade)

Definitie

De vertoning van een gebrek dat, in eerste instantie, geen functionele of constructieve gevolgen met zich mee brengt voor de prestatie van een gebouw. De gebreken uiten zich in een mindere vertoning. Het uiterlijk van het gebouw wordt negatief beïnvloed.

Funderingsproblematiek

Esthetische schade, als gevolg van funderingsproblemen, uit zich bijvoorbeeld in haarscheurtjes in het bovengrondse metselwerk of een lichte scheefstand van het gebouw. In geval van esthetische schade leiden deze primaire problemen niet tot secundaire problemen, wat bij functionele en constructieve schade wel kan.

Functionele schade

Definitie

De vertoning van een gebrek dat leidt tot een verminderde prestatie van het bouwwerk. De bruikbaarheidsgrenstoestand van een gebouw, zoals gedefinieerd in NEN 6702, wordt overschreden. Dit betekent dat een gebouw niet meer voldoet aan de eisen voor vooropgesteld gebruik [NEN 6702, 2007].

Funderingsproblematiek

Functionele schade kan zich uiten in scheurvorming van het bovengrondse metselwerk, scheefstand en vervorming van de constructie. Dit zijn de primaire problemen als gevolg van funderingsschade. De gevolgen van deze gebreken kunnen leiden tot secundaire problemen: vochtdoorslag van gevels, lekkages ter plaatse van aansluitingen van leidingen en rioleringen, klemmende deuren en ramen. De bruikbaarheid van een gebouw wordt negatief beïnvloed.

De problemen (scheurvorming, scheefstand en vervorming) hoeven niet per se te leiden tot constructieve schade, maar kunnen de levensduur van een bouwwerk wel negatief beïnvloeden.

Constructieve schade

Definitie

De vertoning van een gebrek, leidend tot een verminderde prestatie van de constructie van een gebouw. Dit kan zijn dat de constructie niet meer voldoet aan de sterkte, stijfheids- en/of stabiliteitseisen. In NEN 6702 wordt hiervoor het begrip: uiterste grenstoestand gebruikt. De uiterste grenstoestand is: de grenstoestand die wordt gebruikt voor de toetsing van de constructieve veiligheid [NEN 6702, 2007]. Als deze wordt overschreden, is de constructieve veiligheid niet langer gegarandeerd.

Funderingsproblematiek

Als gevolg van funderingsproblemen kan constructieve schade zich uiten als:

- Scheurvorming in het bovengrondse metselwerk, door overschrijding van de sterkte eisen.
- Vervorming als gevolg van verminderde stijfheid.
- Scheefstand als gevolg van gebrek aan stabiliteit.

Dit zijn de primaire problemen. Net als bij functionele schade, leiden deze primaire problemen tot secundaire problemen, waardoor het functioneren van het gebouw afneemt.



Figuur 15 Scheurvorming

[Wensen, 2010]



Figuur 16 Vervorming

[IGWR, datum onbekend]



Figuur 17 Scheefstand

[de Vent, 2011]

Meest voorkomende oorzaken van constructieve schade: scheurvorming, vervorming, scheefstand.

2.3.4 Subjectiviteit

Het is belangrijk om te weten dat schade niet helemaal objectief kan worden beoordeeld. Aangezien niet alle voorschriften objectief te beoordelen zijn. Daarnaast stellen gebruikers en eigenaren van een gebouw verschillende eisen aan het functioneren en de vertoning van een gebouw, elk vanuit hun eigen perspectief.

Een voorbeeld om dat duidelijk te maken:

Ten gevolge van een funderingsprobleem is er tussen twee aansluitende ruimtes een hoogteverschil ontstaan van enkele centimeters. Dit hoogteverschil wordt door de meeste mensen niet als een probleem ervaren. Voor mensen die slecht ter been zijn, met krukken lopen of in een rolstoel zitten, is dit hoogteverschil tussen de twee ruimtes wel degelijk een probleem. Voor deze mensen is de functionaliteit van het gebouw achteruit gegaan.

Een gebrek aan een gebouw wordt door iedereen anders ervaren, dit zorgt ervoor dat het beoordelen van schade niet geheel objectief kan plaats vinden.

2.3.5 Acceptatie

De acceptatie van schade en de gevolgen ervan verschilt per persoon. De beoordeling en acceptatie van schade wordt door de gebruiker of eigenaar van een gebouw bepaald door een aantal persoonlijke en emotionele aspecten. Hier worden de aspecten die in het kader van funderingsproblematiek een rol spelen, genoemd. De punten worden elk met een voorbeeld toegelicht.

De genoemde punten in de tabel zijn gebaseerd op een onderzoek naar de persoonlijke acceptatie van risico's en schade [Derrick, 2011]. De voorbeelden zijn door de auteur toegevoegd.

Tabel 1 Acceptatie van schade

| | Hogere mate van acceptatie | Mindere mate van acceptatie |
|--------------------------------|---|---|
| Vrijwilligheid | Vrijwillig aangenomen risico <i>Vb. Iemand koopt een huis met een funderingsprobleem en accepteert de bijbehorende schade</i> | Risico opgelegd door anderen <i>Vb. Binnen een woningblok kiezen een aantal bewoners ervoor hun fundering te herstellen. De woningeigenaren van naastgelegen woningen binnen hetzelfde woningblok hebben weinig keus, zij moeten meedoen aan het funderingsherstel om schade aan eigen woning, als gevolg van zakkingsnelheidsverschillen, te voorkomen.</i> |
| Gevolgen | Gevolgen zijn niet rampzalig <i>Vb. Met relatief weinig kosten kan de schade worden verholpen.</i> | Gevolgen zijn groot <i>Vb. Woningeigenaar moet zijn fundering herstellen om constructieve veiligheid te garanderen. Hiervoor worden hoge kosten (=gevolg) gemaakt.</i> |
| Aard van incident | Veroorzaakt door eigen toedoen <i>Vb. Een bewoner weigert zijn fundering te herstellen, omdat hij de kosten voor herstel te hoog vindt. Hij accepteert de schade als gevolg hiervan.</i> | Veroorzaakt door mensen <i>Vb. Door lekkages in rioleringen als gevolg van achterstallig onderhoud van gemeente, is de grondwaterstand plaatselijk verlaagd. Er ontstaat schade aan houten funderingspalen.</i> |
| Mate van eigen controle | Handelbaar of bestuurbaar risico <i>Vb. Met relatief eenvoudige maatregelen is de schade te controleren of te verhelpen</i> | Mindere mate van eigen controle <i>Vb. Schade is lastig controleerbaar. In het funderingsherstel van woningblokken zijn burens onderling van elkaar afhankelijk.</i> |

| | | |
|--|---|--|
| Vertrouwen in instanties | Vertrouwen in instanties <i>Vb. Vertrouwen in gemeentelijke regelingen (laagrentende lening, kostenvergoeding) en begeleidingsbureaus</i> | Weinig vertrouwen in instanties <i>Vb. Het ontbreken van een duidelijk gemeentelijk beleid m.b.t. funderingsschade en –herstel en de bijbehorende vergoedingsregelingen wekt wantrouwen. Het probleem wordt in mindere mate geaccepteerd.</i> |
| Waarschijnlijkheid van optreden op schaal 0-1 | Probleem komt vaak voor, (waarschijnlijkheid = 1) <i>Vb. woningeigenaar is al bekend met funderingsproblematiek, aangezien hele wijk funderingsprobleem heeft.</i> | Zeldzame gebeurtenis (waarschijnlijkheid van optreden = 0) <i>Vb. Slechts enkele woningen in een wijk hebben te maken met een funderingsprobleem en de gevolgen ervan.</i> |

Bovengenoemde aspecten bepalen de mate van acceptatie van gebouwschade. Het gevolg van deze emotionele aspecten is dat bewoners en eigenaren in bepaalde situaties onrealistische eisen stellen als het gaat om gebouwschade die zij zelf niet veroorzaakt hebben of zelf niet kunnen controleren. Voor deze situaties is het belangrijk dat de schade kan worden gekwantificeerd en objectief kan worden beoordeeld.

2.3.6 Funderingsproblemen

De schade die optreedt ten gevolge van een funderingsprobleem is afhankelijk van het soort probleem. Hierna worden de belangrijkste problemen besproken die optreden bij houten paalfunderingen. Een schematisch overzicht van de oorzaken van funderingsproblemen bij funderingen op staal en houten paalfunderingen is te vinden in [bijlage C](#).

De problemen die bij houten paalfunderingen optreden, zijn voornamelijk draagkrachtproblemen en houtaantastingsproblemen. Andere problemen bij houten paalfunderingen, bijvoorbeeld uitvoeringsfouten, worden beschouwd als uitzondering en hier niet specifiek benoemd.

Draagkrachtproblemen

Een veel voorkomende oorzaak van funderingsproblemen is een ontoereikende draagkracht van de fundering. Dit kan verschillende oorzaken hebben [Concretio, 2005]:

- De draagkracht of dikte van de zandlaag waarin de palen tijdens de bouw geheid zijn, is plaatselijk ontoereikend;
- Er zijn onvoldoende palen geheid om het gewicht van het pand te kunnen dragen;
- De palen zijn niet voldoende ver in de dragende zandlaag geheid of zijn er doorheen geheid: de paallengte is onjuist gekozen;
- Door een toename van de negatieve kleef aan de palen is een extra gewichtsbelasting op de palen komen te rusten. Deze toename kan zijn veroorzaakt door ophoging van straten en tuinen, maar ook door een verlaging van de grondwaterspiegel;
- De panden zijn zwaarder geworden door verbouwing of vergroting;

Door het overbelasten van funderingspalen ontstaat er een doorgaande zakking van het pand. Dit proces kan lang duren, maar kan zich ook stabiliseren in de tijd als er een nieuw krachtenevenwicht gevonden wordt. De draagkrachtproblemen kunnen plaatselijk verschillen in grootte, doordat het grondpakket plaatselijk sterk kan variëren. Ongelijkmatige zakkingen van panden zijn het gevolg, wat leidt tot scheefstand, scheurvorming in gevels en klemmende deuren en ramen.

Op negatieve kleef wordt hierna dieper ingegaan, omdat dit een veel voorkomende oorzaak is van draagkrachtproblemen bij houten paalfunderingen.

Negatieve kleef

Funderingen op palen halen hun draagkracht uit de puntweerstand en wrijving langs de mantel. Dit zijn opwaarts gerichte krachten. Door samendrukking van de grond, kan het zijn dat de grondlagen langs de mantel niet meer werken als positieve wrijvingskrachten. De grond gaat aan de paal hangen (kleven) en werkt nu als extra belasting in de neerwaartse negatieve richting. Negatieve kleef kan ook optreden langs het funderingsmetselwerk. Deze bijdrage moet niet vergeten worden.

Negatieve kleef heeft geen invloed op de sterkte van de funderingspaal. Het is een extra kracht op de funderingspaal en spreekt het reservedraagvermogen aan. Indien er geen reservedraagvermogen meer aanwezig is, zal de paal zakken en wordt er een nieuwe evenwichtssituatie gevonden. Door verdere zetting van de grond (seculier effect) zal dit proces zich een aantal keer herhalen. De paal zakt steeds verder.

Door het ontbreken van kennis over het optreden van negatieve kleef, werd er in Nederland tot ± 1960 geen rekening meegehouden in de paalberekeningen. Dit is juist de periode dat er veel houten paalfunderingen zijn toegepast.

Draagkrachtproblemen als gevolg van negatieve kleef belasting komen onder andere voor in Rotterdam, Schiedam, Dordrecht, Amsterdam. Zo zijn er nog veel meer steden in met name noord en west Nederland waar deze problemen optreden.

Aantasting funderingshout

Funderingshout kan worden aangetast door schimmels en bacteriën. Dit leidt tot een verminderde sterkte van de funderingspaal. Deze twee aantastingsmechanismen en de specifieke kenmerken ervan worden hierna besproken.

Paalrot

Als de grondwaterstand daalt en de fundering droog komt te staan, ontstaat er een ideaal milieu voor schimmelgroei. De aanwezigheid van zuurstof geeft schimmels op het hout de mogelijkheid te groeien en het hout aan te tasten. Als de grondwaterstand weer stijgt, stopt de schimmelgroei, maar de schade blijft. Verschillende periodes van droogstand bepalen de totale schade aan het hout.

De gevoeligheid van hout voor schimmelgroei is bij alle houtsoorten gelijk. De draagkracht van palen neemt af door schimmelaantasting. Voor de constructieve sterkte moet worden gekeken naar de resterende diameter van de paal.

Paalrot uit zich in het (plotseling) bezwijken van houten funderingsonderdelen en leidt tot plaatselijke scheefstand en scheurvorming in het gevelmetselwerk. De schade ontstaat pas als het funderingshout zover is aangetast dat het zijn dragende functie niet meer kan vervullen. Algemeen kan gesteld worden dat een droogstand van 10 tot 15 jaar kan leiden tot constructieve schade aan de fundering.

Ook de sterkte van het kesphout boven de funderingspaal kan aangetast worden door schimmels. In dit geval is er een risico dat de palen in de kespen ponsen.

Funderingsproblemen als gevolg van schimmelaantasting van het funderingshout komen met name voor in Dordrecht, Rotterdam, Schiedam, Amsterdam.

Bacteriële aantasting

Aantasting door bacteriën kan onder en boven water plaats vinden. In de bovenste lagen van het grondwater zijn kleine hoeveelheden zuurstof aanwezig, wat de groei van bacteriën mogelijk maakt. Als er een stroming in het spinhout ontstaat, worden de bacteriën actief. Ze eten van binnenuit de cellen in het spinhout leeg. Deze aantasting vindt over de gehele lengte van de paal plaats [Nelemans, 2010].

Vurenhout heeft een dunne laag spinhout en is weinig tot niet gevoelig voor bacteriën. Grenen hout heeft een dikke laag spinhout en is gevoelig voor aantasting door bacteriën. Ernstige situaties kunnen ontstaan bij dunne grenen houten palen (diameters tot 150 mm), deze zijn veelal toegepast in Haarlem en Zaanstad. Het is gebleken dat in deze gevallen partieel funderingsherstel geen goede optie is [Zijthoff, 2011].

De aantasting van funderingshout door bacteriën is een langzaam proces. De constructieve schade uit zich pas na 70-100 jaar. In deze periode is het draagvermogen van de palen langzaam afgenomen. Het gevolg hiervan is

het plotseling bezwijken van palen, wat leidt tot scheefstand, scheurvorming in gevels en klemmende deuren en ramen.

Met name de woningen op korte grenen houten palen vormen een risicogroep, deze palen hebben een kleinere diameter en minder incasseringsvermogen dan de langere palen met een grotere diameter.

Bij alle houten palen treedt bacteriële aantasting op. Grenen houten palen zijn gevoeliger voor de aantasting dan vuren houten palen. Grenen hout is in Zaanstad en Haarlem veel toegepast. Dit zijn dan ook bekende locaties waar funderingsschade als gevolg van bacteriële aantasting optreedt.

2.3.7 Conclusie

Schade is de (waarneembare) vertoning van een gebrek of mankement leidend tot een verminderde vertoning en/of een minder functioneren (in deze context van een woning). In dit hoofdstuk zijn drie schadecategorieën gedefinieerd, zodat schade beoordeeld kan worden. De categorieën zijn: esthetische schade, functionele schade en constructieve schade.

Het definiëren van schadecategorieën heeft als doel dat schade objectief kan worden beoordeeld. Schade moet worden gekwantificeerd (metingen) en vervolgens aan de hand van grenswaarden (grenstoestanden) worden gecategoriseerd en beoordeeld.

Het is belangrijk om te weten dat schade door iedereen anders wordt ervaren en beoordeeld. Voor de één is een hoogteverschil van enkele centimeters geen probleem. Voor mensen die minder goed te been zijn daarentegen, wordt dit hoogteverschil wel als probleem ervaren.

De acceptatie van schade en de gevolgen ervan verschilt per persoon. Deze wordt bepaald door een aantal persoonlijke en emotionele aspecten die in dit hoofdstuk zijn behandeld.

De schade die optreedt ten gevolge van een funderingsprobleem is afhankelijk van het soort probleem. Hier volgt een kort overzicht van de belangrijkste problemen die optreden bij houten paalfunderingen en hun kenmerken.

Tabel 2 Kenmerken van funderingsproblemen

| Probleem | Kenmerken |
|--------------------------------------|---|
| Draagkrachtproblemen | Doorgaande zakking in tijd Zakking kan zich in loop van tijd stabiliseren Zakking gelijkmatig of ongelijkmatig |
| Paalrot | Zakking Plotselinge scheefstand, plotseling bezwijken funderingsonderdelen Afname kwaliteit funderingshout, ponsen palen in kesp |
| Bacteriële aantasting funderingshout | In tijd doorgaande aantasting van funderingshout Afname paal draagvermogen, plotseling bezwijken palen Plotselinge verzakkingen woning. Gevaarlijk, constructie waarschuwt niet! |

2.4 Metingen en Onderzoek

2.4.1 Inleiding

Het beoordelen van schade gebeurt aan de hand van een vergelijking tussen de theoretische situatie en de huidige situatie. Metingen worden gedaan om de huidige situatie te beschrijven en vervolgens objectief te kunnen beoordelen. De grootheden die gemeten worden in het kader van funderingsonderzoek, worden hierna in het kort besproken. De meettechnieken en het funderingsonderzoek worden bekend verondersteld. Voor een uitgebreider overzicht hiervan wordt verwezen naar de richtlijn *Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen* [F3O, 2011].

Hierna worden allereerst de metingen besproken die gedaan (kunnen) worden om de kwaliteit van een fundering vast te stellen. Daarna volgt een paragraaf waarin twee funderingsonderzoeksmethoden worden besproken, zoals deze in de praktijk door ingenieursbureaus worden uitgevoerd.

2.4.2 Metingen

Scheurvorming

Scheurvorming geeft een indicatie van de plaats en de ernst van het funderingsprobleem. In de richtlijn *Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen* [F3O, 2011] wordt de breedte van een scheur gebruikt voor de beoordeling van de scheurvorming. Andere onderzoeken, bijvoorbeeld van [Burland, 1977] en [Boscardin & Cording, 1989] geven aan dat bij het meten van scheurvorming niet alleen naar de breedte van een scheur moet worden gekeken, maar vooral naar de combinatie van dikte, lengte en aantal scheuren. Er moet rekening gehouden worden dat temperatuurinvloeden de dikte van de scheur kunnen beïnvloeden.

Op grond van alleen de scheurvorming in gevels kan geen uitspraak gedaan worden met betrekking tot funderingsadvies, aangezien scheurvorming in het metselwerk oorzaak kan zijn van meerdere factoren.

Scheefstand en rotatie – Gebouw staat scheef ten opzichte van horizontaal

Uit een lintvoegwaterpasmetering kan de scheefstand van een woning t.o.v. de horizontaal worden bepaald. De scheefstand beïnvloedt de bruikbaarheid van een woning in negatieve zin. Neemt de scheefstand toe in de tijd, dan komt ook de stabiliteit van het bouwwerk in gevaar.

Ook de rotatie van het bovengrondse metselwerk kan uit een lintvoegwaterpasmetering worden afgeleid. De rotatie van het metselwerk wordt gebruikt om de vervorming van de gevel te beschrijven.

Een lintvoegwaterpasmetering is een momentopname en kan met een nauwkeurigheid van +/-2.5 mm worden verricht [F3O, 2011]. Deze meting geeft een nauwkeurig beeld van de huidige vervorming van de gevels.

Scheefstand – Gebouw helt voor- of achterover

Met een loodmeting kan de scheefstand van de gevels ten opzichte van de verticaal worden bepaald. Deze scheefstand wijst uit of een gebouw naar voren dan wel naar achteren helt. Wordt deze scheefstand te groot, dan wordt de bruikbaarheid van een gebouw negatief beïnvloedt. Neemt deze scheefstand toe in de tijd, dan kan ook de stabiliteit van de constructie in gevaar komen.

De loodmeting kan met een nauwkeurigheid van +/- 10 mm worden gemeten [F3O, 2011].

Er worden ook vloerveldwaterpasmeteringen verricht om de scheefstand van vloeren over de diepte van een woning in kaart te brengen. Deze meting kan met een nauwkeurigheid van +/- 10 mm worden verricht [F3O, 2011]. Zijn vloeren in een eerder stadium uitgevlakt, dan kan deze meting weinig informatie geven over de huidige absolute scheefstand. Wel kan uit een dergelijke meting worden afgeleid wat de toename van scheefstand in de tijd is geweest, sinds het moment dat de vloer is uitgevlakt.

Absolute zakking

De absolute zakking kan worden afgeleid uit een vergelijking tussen het historische aanlegpeil en de huidige hoogteligging van een woning ten opzichte van een vast punt, bijvoorbeeld NAP. De absolute zakking wordt met een waterpassing bepaald. De nauwkeurigheid van de meting is +/- 5 mm [F30, 2011]. Daarnaast is NAP door de jaren heen bijgesteld, dit gegeven moet mee worden genomen in de vergelijking.

Aangezien historische bouwgegevens van panden kunnen ontbreken en er niet altijd een referentiepeil herleidbaar tot NAP op deze gegevens is terug te vinden, kan de absolute zakking niet altijd worden bepaald.

Zakkingssnelheid

In geval van draagkrachtproblemen is de zakkingssnelheid een essentieel gegeven om een uitspraak te doen over het toekomstige zakkingsgedrag van een pand. Deze metingen geven een indicatie van de te verwachten scheefstand en vervorming van panden in de tijd.

Het is belangrijk dat de zakkingssnelheid op een nauwkeurige manier wordt bepaald, aangezien het een factor is die relatief grote invloed heeft op de uitspraak of een fundering hersteld moet worden of niet.

In de praktijk blijkt dat er verschillende methoden worden gebruikt om de zakkingssnelheid van panden te bepalen.

Methode 1: zakkingssnelheid m.b.v. meetbouten en waterpasinstrument

De meest gangbare methode is om de zakkingssnelheid te meten met behulp van meetbouten en een waterpasinstrument. De nauwkeurigheid van deze metingen voor de voorspelling van het toekomstige zakkingsgedrag is afhankelijk van de metingenreeks.

De meetfrequentie en het aantal metingen is van invloed op de nauwkeurigheid waarmee de zakkingssnelheid wordt bepaald. Afhankelijk van de ernst van de situatie, het beschikbare budget en de beschikbare tijd zal bepaald worden over wat voor periode er hoeveel metingen worden verricht.

Aanbevolen wordt om het zakkingsgedrag te bepalen uit een reeks van minimaal 5 metingen verspreid over een periode van 2 à 3 jaar. Op deze manier wordt een beeld verkregen van de zakkingsstrend.

Meetfouten worden in een reeks van 5 metingen herkend als uitschieters. Terwijl in een reeks van 3 metingen, meetfouten niet als zodanig worden herkend en dus invloed hebben op het beeld dat de onderzoeker krijgt van het zakkingsgedrag. Indien gedurende de meetperiode blijkt dat de ernst van de situatie toeneemt, kan er gekozen worden de metingen te stoppen en over te gaan op funderingsherstel. NB. Deze methode werd voor een grootschalig funderingsonderzoek in Dordrecht door Fugro / Concretio toegepast. Het bleek een werkbare methode.

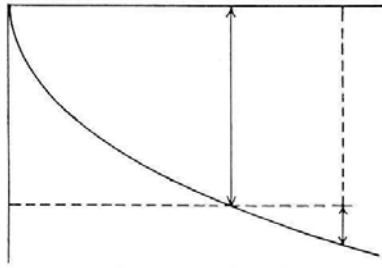
Methode 2: zakkingssnelheid uit lintvoegmeting

Bij deze methode wordt de zakkingssnelheid berekend uit het maximale zakkingsverschil, welke uit de lintvoegwaterpassing afgeleid kan worden. De zakking wordt gedeeld door het aantal verstreken jaren sinds de oplevering van het pand. Op deze manier wordt een minimale zakkingssnelheid berekend. Er wordt een lineair zakkingsgedrag in de tijd verondersteld.

Onderzoekers zijn verdeeld over de waarde die gehecht moet worden aan deze methode.

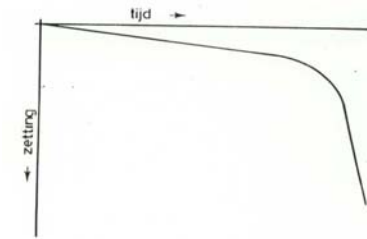
Om een uitspraak te kunnen doen over het toekomstige vervormingsgedrag van een pand, moet de gemeten of berekende zakkingssnelheid in de tijd worden geëxtrapoleerd. Dit brengt een onzekerheid met zich mee.

Afhankelijk van het probleem zal de zakkingssnelheid toenemen of afnemen in de tijd. In de praktijk wordt de zakking lineair geëxtrapoleerd in de tijd. Dit zal niet voor alle gevallen een juiste aanname zijn. Figuren 18 t/m 20 geven voorbeelden waarbij een lineair zakkingsgedrag geen juiste aanname is.



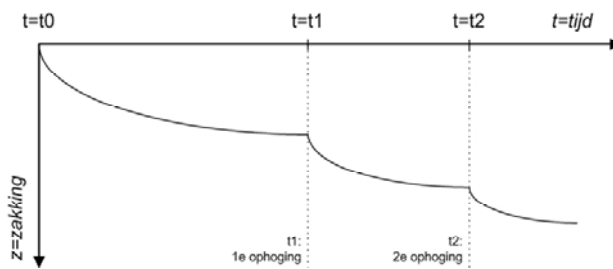
Figuur 18 Mogelijk zettingsproces bij draagkrachtproblemen

[Tol, 2009]



Figuur 19 Mogelijk zettingsverloop bij aangetast funderingshout

[Tol, 2009]



Figuur 20 Mogelijk zettingsverloop bij draagkrachtproblemen, periodieke straatophogingen geven een impuls aan het zettingsproces

[de Jong, van Dijk 1982]

Aantasting funderingshout

Om vast te stellen of het funderingshout is aangetast door schimmels of bacteriën, worden er een aantal funderingsinspectieputten gegraven. De volgende parameters kunnen worden vastgesteld:

Sterkte funderingshout

Voor het bepalen van de reststerkte van een funderingspaal wordt de diameter van de paal gemeten. Met een slaghamer (pylodin) kan de dikte (in mm) van de aangetaste schil worden gemeten. De restdiameter wordt bepaald door twee keer de dikte van de aangetaste schil van de volledige diameter van de paal af te trekken. De reststerkte van de funderingspaal kan nu bepaald worden door de restoppervlakte van de funderingspaal te vermenigvuldigen met de sterkte van het hout. Deze laatste kan met een houtonderzoek worden vastgesteld, hiervoor moet een boorkern genomen worden. In de praktijk wordt, als vuistregel, vaak gerekend met een houtsterkte van 10 N/mm^2 , dit is afhankelijk van de houtsoort. Het houtonderzoek wordt onder andere door Stichting Hout Research uitgevoerd.

Aantastingsmechanisme en –snelheid

Uit een boorkern van het funderingshout kan, na microscopisch onderzoek, worden bepaald welk type aantasting in het hout plaats vindt. Dat kunnen schimmels (paalrot) of bacteriële aantasting zijn. Stichting Hout Research onderzoekt de boorkernen. Zij kunnen naast het type aantasting ook de aantastingssnelheid (in mm/jaar) afleiden uit de boorkern. Met dit gegeven kan er een uitspraak gedaan worden over de afname van sterkte van het funderingshout in de tijd.

Droogstand funderingshout

Schimmelaantasting vindt voornamelijk plaats in het funderingshout ter plaatse van de grondwaterstand, in een vochtig milieu waar voldoende zuurstof aanwezig is. Daar waar funderingspalen droog staan, ontstaat een ideaal milieu hiervoor. Droogstand van palen kan worden bepaald door het vergelijken van de

grondwaterstand en het aanlegniveau van de fundering. De grondwaterstand fluctueert met de seizoenen en is niet constant in de tijd. Peilbuismetingen geven informatie over het grondwaterpeil in oude stadscentra. Als er van een aantal jaren bekend is wat de grondwaterstand is geweest, kunnen deze gegevens geëxtrapoleerd worden naar de toekomst. Er kan zo een uitspraak worden gedaan over de te verwachten perioden van droogstand van de funderingspalen.

Constructieve samenhang fundering

Wordt er een funderingsinspectieput gegraven, dan is het van belang dat ook de constructieve samenhang van de fundering wordt beoordeeld. Dit is geen meetbare grootheid. Op grond van kennis en ervaring wordt er van de onderzoeker verwacht dat hij hier een uitspraak over kan doen. Om toch een uitspraak te kunnen doen over de constructieve opbouw en samenhang, worden hier een aantal punten genoemd waar op gelet moet worden tijdens een funderingsinspectie:

- Samenhang en kwaliteit funderingsmetselwerk
- Stand funderingspaal onder kesphout
- Kwaliteit funderingsbalken
- Vervorming langshout
- Inknijping kesphout
- Constructieve samenhang funderingsonderdelen.

2.4.3 Ontbreken van meetgegevens

Niet altijd kunnen alle noodzakelijke metingen t.b.v. het funderingsonderzoek verricht worden. Dit kan verschillende oorzaken hebben:

- Budget is niet toereikend
- Tijdsbeperking
- Woningeigenaren werken niet mee
- Beperking door technische of lokale omstandigheden

Daarnaast kunnen bouwtekeningen en –gegevens ontbreken.

- Ontbreken van bouwgegevens

In deze gevallen kan de situatie niet meer geheel kwantitatief beoordeeld worden. Verschillende stappen kunnen gezet worden om toch een voorspelling te doen van het toekomstige gedrag van een pand:

Indien er geen tijdsbeperking is bij de uitspraak of er funderingsherstel moet plaatsvinden of niet, kan er gekozen worden om gedurende enkele jaren de panden te monitoren om op deze manier een duidelijker beeld te verkrijgen van de ernst van het probleem. Het meten van de zakkingsnelheid aan de hand van meetbouts en het regelmatig inspecteren van scheurvorming in het metselwerk kan helpen een beter beeld te krijgen van het zakkingsgedrag van een pand. Ook peilbuismetingen worden in deze fase gedaan, om evt. droogstand van het funderingshout te kunnen meten.

Deze fase (monitoring) brengt wel extra kosten met zich mee.

Is er een beperkte tijd beschikbaar voor de uitkomsten van het funderingsonderzoek, dan zal de uitspraak gebaseerd moeten worden op de gegevens die wel direct meetbaar zijn. Lintvoegmetingen, scheefstanden, scheurvorming en een inspectie van het funderingshout zijn gegevens die in veel gevallen wel beschikbaar zijn. Deze resultaten vormen een momentopname van het pand, ze geven geen nauwkeurig beeld van het gedrag van het pand in de tijd. Ervaring en deskundigheid van de funderingsonderzoeker is in zo'n situatie vereist om toch een uitspraak te kunnen doen.

Interviews met bewoners over het zakkingsgedrag, de scheurvorming en de scheefstanden van het pand kunnen aanvullende informatie leveren om de uitspraak op te baseren.

Daarnaast kan op grond van vergelijkbare projecten een beter beeld gevormd worden van de funderingsproblematiek. Vergelijkbare projecten zijn bijvoorbeeld panden uit hetzelfde bouwjaar in dezelfde woonwijk, waarvan al meer bekend is over het funderingsprobleem.

2.4.4 Onderzoeksmethoden

De aanpak van het funderingsonderzoek om een oordeel over de kwaliteit en restlevensduur van een fundering te geven wordt in de richtlijn *Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen* [F3O, 2011] gegeven. In de praktijk blijkt deze aanpak te verschillen per ingenieursbureau. Met name de omstandigheden waaronder gewerkt moet worden, zijn bepalend voor de manier van onderzoek. Daarmee wordt bedoeld: het budget en de beschikbare tijd voor het onderzoek.

Twee aanpakken van funderingsonderzoek worden besproken, die van Concretio i.s.m. Fugro en die van Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam (I.G.W.R.).

Aanpak funderingsonderzoek Concretio in samenwerking met Fugro

Situatie

Voor een grootschalig stadsverbeteringsproject in Dordrecht werd van Concretio i.s.m. Fugro gevraagd de kwaliteit van de fundering van 1/3^e deel van het betreffende probleemgebied te onderzoeken.

De onderzoeksomstandigheden waren goed. Er was voldoende geld en tijd beschikbaar om de panden te monitoren en om zo voldoende gegevens over de panden te verzamelen. Op deze manier kon er een onderbouwde uitspraak worden gedaan over de funderingskwaliteit van de panden.

De funderingsproblemen die in dit gebied een rol spelen, zijn voornamelijk aantasting van het funderingshout en draagkrachtproblemen.

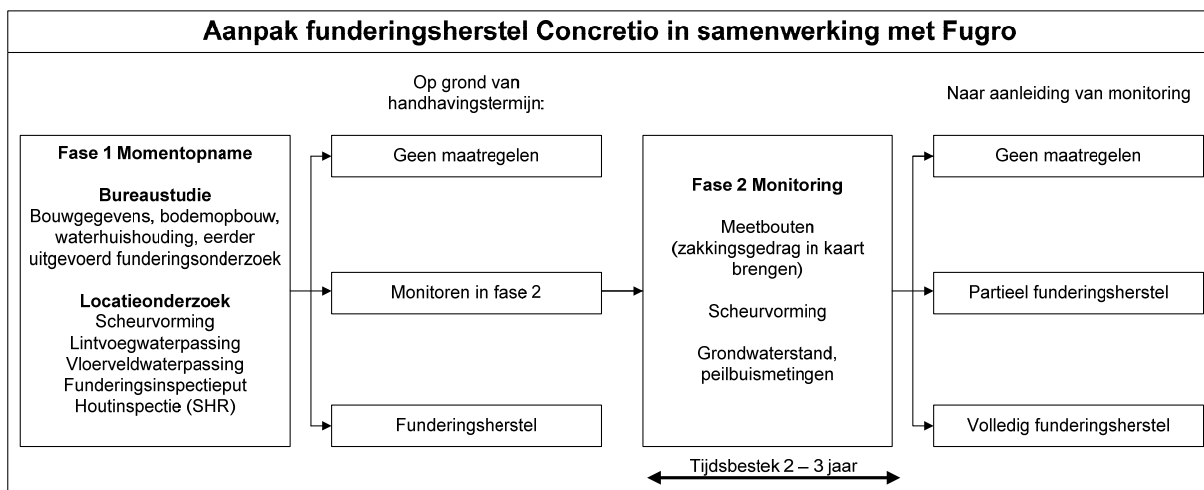
Aanpak

Het onderzoek bestaat volgens deze aanpak uit twee fasen. In fase 1 wordt een momentopname gemaakt van het pand. Deze bestaat uit een bureaustudie en een locatieonderzoek. De huidige toestand van het pand en de fundering wordt in kaart gebracht aan de hand van metingen: scheurvorming, lintvoegwaterpassing, vloerveldwaterpassing, funderingsinspectieput, een meting van de grondwaterstand en een houtinspectie. Naar aanleiding van deze momentopname moet een keuze gemaakt worden of er een fase 2 onderzoek volgt. Er zijn drie opties:

- Funderingsherstel is niet noodzakelijk, dit betekent het einde van het onderzoek.
- Funderingsherstel is voorlopig niet noodzakelijk, vervolgonderzoek (fase 2) moet uitwijzen wat de beoogde restlevensduur van de fundering is. Er worden meetbouts geplaatst, de scheurvorming wordt in de gaten gehouden en ook de grondwaterstand wordt regelmatig gemeten. Deze fase neemt zo'n 2 a 3 jaar in beslag, maar kan indien de metingen ernstige resultaten vertonen eerder overgegaan worden op funderingsherstel.
- Funderingsherstel is direct noodzakelijk, uit het fase 1 onderzoek blijkt dat de fundering een slechte kwaliteit heeft.

Na het tweede fase onderzoek zal moeten blijken of een fundering al dan niet hersteld moet worden.

De aanpak is in onderstaand schema (figuur 21) samengevat:



Figuur 21 Aanpak funderingsonderzoek Concretio i.s.m. Fugro

Voordelen aanpak Concretio i.s.m. Fugro

- Aan de hand van de momentopname in fase 1 kan een indicatie gegeven worden van de kwaliteit en handhavingstermijn van de fundering.
- Naar aanleiding van de monitoring in fase 2 kan voor woningblokken in het “grijze gebied” een nauwkeurige uitspraak gedaan worden over de restlevensduur.
- Op grond van gegevens die volgen uit de monitoring kan de hersteleenheid bepaald worden.

Nadelen aanpak Concretio i.s.m. Fugro

- Monitoren in fase 2 kost extra geld.
- Monitoren in fase 2 kost tijd. Pas na enkele jaren monitoren wordt een duidelijk en nauwkeurig beeld van het zakkingsgedrag van een pand verkregen.

Aanpak funderingsonderzoek Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam

Situatie

Het ingenieursbureau krijgt van woningeigenaren de opdracht om de fundering van hun pand te onderzoeken. Er moet vaak in korte tijd een rapport worden geleverd en een uitspraak worden gedaan met betrekking tot de funderingskwaliteit. Met name als het gaat om aankoop of verkoop van een woning speelt deze tijdsdruk een grote rol. Daarnaast is er niet altijd voldoende geld beschikbaar om de panden, naast de momentopname, te monitoren. Het aanbrengen van meetbouten en het regelmatig meten van de zakking van deze bouten kost tijd en geld. Bouwtekeningen en bouwgegevens zijn niet altijd beschikbaar van de panden in Rotterdam.

Ook doet I.G.W.R. in opdracht van gemeente Schiedam een onderzoek naar de funderingskwaliteit van een groot aantal panden in Schiedam. Van deze panden is al een serie meetgegevens (zakkingsnelheid) aanwezig.

De funderingsproblemen die in Rotterdam en Schiedam optreden zijn voornamelijk draagkrachtproblemen als gevolg van negatieve kleeft en droogstand van het funderingshout met schimmelvorming tot gevolg.

Aanpak

Het funderingsonderzoek begint met een bureaustudie en een locatieonderzoek. Tijdens het locatieonderzoek worden er metingen gedaan aan het pand: scheurvorming, lintvoegwaterpassing, vloerveldwaterpassing, funderingsinspectieput, een meting van de grondwaterstand en een houtinspectie. Met deze gegevens wordt een momentopname gemaakt van het pand.

Na deze fase zijn er drie mogelijkheden:

- Het eerste onderzoek geeft voldoende informatie om een uitspraak op te baseren met betrekking tot de funderingskwaliteit. Bijvoorbeeld als er duidelijk sprake is van aantasting van het funderingshout.

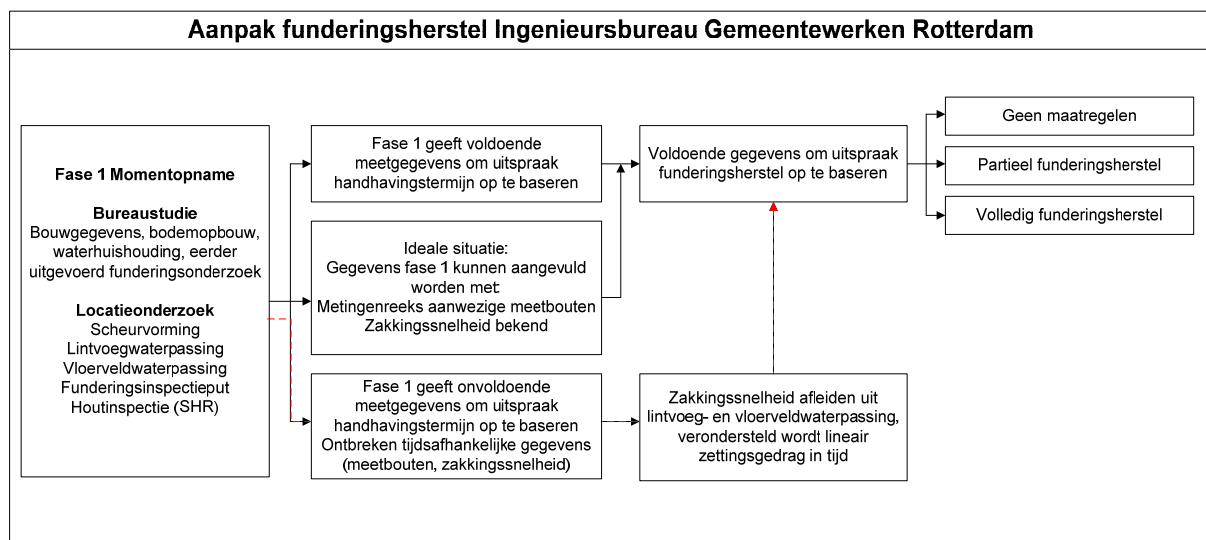
- Het eerste onderzoek kan worden aangevuld met gegevens uit meetbouden. Van de panden in Schiedam zijn veel meetboutgegevens beschikbaar. De zakkingsnelheid is afgelopen jaren gemonitord.
- Het eerste onderzoek geeft onvoldoende informatie om een uitspraak over de funderingskwaliteit te doen. De tijdsafhankelijke gegevens ontbreken (zakkingsnelheden van panden).

In sommige gevallen zal het eerste onderzoek (de momentopname) onvoldoende gegevens bieden, om een uitspraak over de restlevensduur en kwaliteit van de fundering te doen. In geval van draagkrachtproblemen, die veel in Rotterdam voorkomen, is het van belang het zakkingsgedrag van de panden te kennen. Uit de trend van de gemeten zakking kan het toekomstige gedrag worden voorspeld.

In Rotterdam zijn van veel panden geen meetboutgegevens beschikbaar. I.G.W.R. kiest ervoor om de zakkingsnelheid dan te baseren op de lintvoegwaterpasmeting. Deze methode om de zakkingsnelheid te berekenen is besproken in paragraaf 2.4.2.

Nu kan er een uitspraak worden gedaan over de kwaliteit van de fundering. Dit kan zijn:

- Herstel is niet noodzakelijk, er worden geen maatregelen getroffen.
- Partieel funderingsherstel
- Volledig funderingsherstel



Figuur 22 Aanpak funderingsonderzoek Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam

Voordelen aanpak I.G.W.R.

- Binnen korte tijd wordt er een uitspraak gedaan over de handhavingstermijn van een fundering.
- Als meetbouden en metingenreeks aanwezig zijn, kan in korte tijd een nauwkeurige uitspraak worden gedaan over de te herstellen eenheid.
- Het overslaan van de fase van het monitoren (meetbouden) bespaart kosten en tijd.

Nadelen aanpak I.G.W.R.

- Als de meetbouden ontbreken en de zakkingsnelheid is essentieel om de hersteleenheid te bepalen (met name bij draagkrachtproblemen), wordt de zakkingsnelheid vooralsnog berekend uit een lintvoegwaterpassing en vloerveldwaterpassing. De uitkomsten hiervan kunnen minder betrouwbaar zijn dan het berekenen van de zakkingsnelheid aan de hand van meetbouden. Allereerst is de absolute zakking van de fundering een onbekend gegeven. Daarnaast wordt er een lineair zakkingsgedrag in de tijd verondersteld vanaf de bouw. Op grond van de gegevens uit fase 1 kan dat lineaire verband niet met zekerheid vastgesteld kan worden. Later wordt hier uitgebreider op ingegaan.

2.4.5 Conclusies

Het beoordelen van de funderingskwaliteit gebeurt aan de hand van een aantal metingen. De metingen ten behoeve van het funderingsonderzoek zijn vastgelegd in de richtlijn *Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen* [F3O, 2011].

Verschillende oorzaken kunnen er toe leiden dat niet alle benodigde metingen verricht kunnen worden, waardoor niet alle gegevens om een uitspraak op te baseren beschikbaar zijn. Tijdsdruk en een beperkt budget voor het onderzoek vormen belangrijke oorzaken hiervan. Maar ook technische omstandigheden kunnen het funderingsonderzoek belemmeren.

In deze gevallen kan de situatie niet meer geheel kwantitatief beoordeeld worden. Er wordt van de funderingsonderzoeker verwacht dat hij toch een beoordeling geeft van de fundering. De uitspraak zal moeten worden gebaseerd op een momentopname. Ervaring en deskundigheid van de funderingsonderzoeker is in zo'n situatie vereist. Interviews met bewoners over het zakkingsgedrag, de scheurvorming en de scheefstanden van het pand kunnen aanvullende informatie leveren om de uitspraak op te baseren. Daarnaast kan op grond van vergelijkbare projecten een beter beeld gevormd worden van de funderingsproblematiek.

De opbouw van het funderingsonderzoek blijkt in de praktijk te verschillen per ingenieursbureau. De omstandigheden waaronder gewerkt moet worden, zijn bepalend voor de manier van aanpak van het funderingsonderzoek.

2.5 Beoordelingscriteria

2.5.1 Inleiding

Voor veel woningen met funderingsproblemen is het duidelijk dat de fundering hersteld moet worden om meer schade aan de woning te voorkomen en om de veiligheid van de bewoners te garanderen. Maar in nog meer gevallen is het niet duidelijk. De regelgeving in Nederland geeft geen eenduidige norm om te bepalen of een fundering hersteld moet worden of niet. Dit heeft tot gevolg dat verschillende gemeentes, advies- en ingenieursbureaus verschillende normen hanteren. Deze normen geven waarden voor de maximale scheefstand, de maximale zakkingsnelheid etc. om zo ernstige schade en onveilige situaties te voorkomen [Kuijten, van Doornik, 2010].

Allereerst zal worden besproken hoe moet worden omgegaan met bestaande bouw in Nederland. Daarna zal een paragraaf besteed worden aan beoordelingscriteria die in de praktijk worden gehanteerd. Verschillende onderzoeken zijn gedaan naar de beoordeling van schade als gevolg van funderingsproblemen. De resultaten van deze onderzoeken worden besproken in de daaropvolgende paragraaf. Ten slotte zal de regelgeving in Nederland met betrekking tot funderingsschade worden besproken en volgen er conclusies.

2.5.2 Normen voor bestaande bouw in Nederland

Bij het ontwerp van een bouwconstructie is het belangrijk dat de sterkte, stijfheid en stabiliteit gegarandeerd worden. Zo ontstaat er een veilig ontwerp. In de Eurocode zijn hiervoor voorschriften opgesteld en berekeningswijzen. Het ontwerp van nieuwbouwconstructies gebeurt aan de hand van het Bouwbesluit waarin wordt doorverwezen naar de rekenregels en criteria uit de Eurocode. Voor bestaande constructies is het ook van belang dat deze voldoen aan sterkte-, stijfheid- en stabiliteitsvoorschriften. Veel bouwwerken zijn aan het einde van hun beoogde levensduur of vertonen sporen van ouderdom. Het is belangrijk dat de constructieve veiligheid in deze gebouwen gegarandeerd blijft. Ook hiervoor zijn de eisen opgenomen in het Bouwbesluit.

Bestaande bouw moet voldoen aan de bouwvoorschriften die van kracht waren tijdens de oprichting van het bouwwerk dan wel tijdens de laatste verbouwing. De bestaande bouw in Nederland bestaat uit bouwwerken uit verschillende perioden, waarin verschillende bouwvoorschriften van kracht waren. Per gebouw verschilt dus de bouwtechnische kwaliteit die gehandhaafd moet worden. Maar voor elk bestaand gebouw geldt dat deze minimaal moet voldoen aan de eisen voor bestaande bouw gesteld in het Bouwbesluit en aan evt. gemeentelijke verordeningen en welstandseisen [Gemeente Amsterdam, 2006]. De eisen, gesteld in het Bouwbesluit, zijn te vinden in [Bouwbesluit, 2003].

Voor bestaande bouw geeft het Bouwbesluit eisen om de constructieve veiligheid te waarborgen, deze hebben betrekking op de referentieperiode van de bouwconstructie:

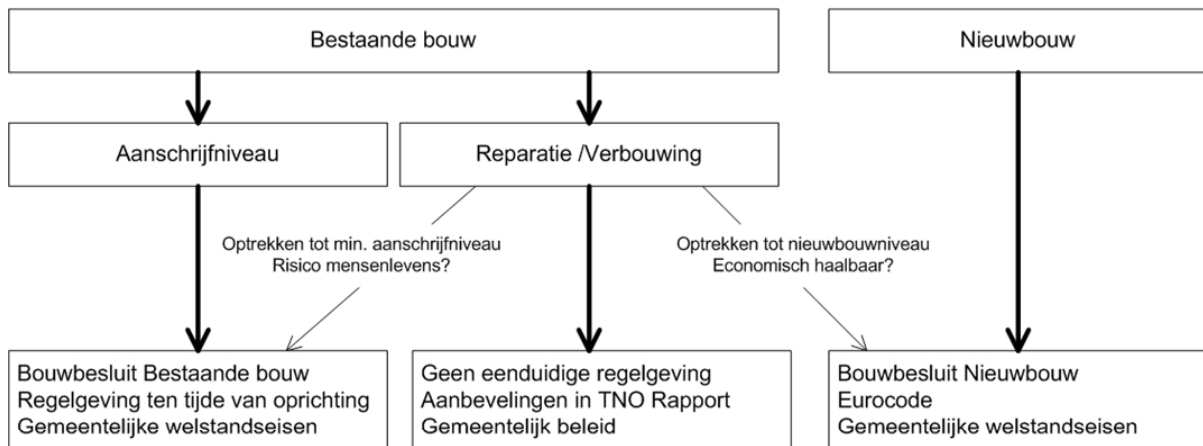
Een bestaand bouwwerk heeft een bouwconstructie die gedurende de in NEN 6700 bedoelde referentieperiode voldoende bestand is tegen de daarop werkende krachten. (Bouwbesluit (2003) Artikel 2.1.2 Bestaande bouw, artikel 5).

Eengezinswoningen (bestaande bouw) zijn ingedeeld in klasse 2, hierbij hoort een referentieperiode van 50 jaar. Daarnaast wordt er in dit artikel van het Bouwbesluit aangegeven tegen welke belastingen de constructie weerstand moet kunnen bieden. De bepaling van deze belastingsituaties gebeurt volgens NEN 6702, evt. ontbrekende belastingsituaties kunnen worden bepaald aan de hand van NEN 3859 en NEN 6700.

Voor reparaties aan en verbouwingen van bestaande bouw, zijn er in de Nederlandse bouwregelgeving geen eenduidige normen. Indien de constructieve veiligheid van een gebouw niet meer gewaarborgd is, is het van belang dat de constructie van de betreffende woning gerepareerd wordt. De vraag is nu tot aan welk niveau dit moet, of anders gesteld: *aan welke eisen moet de constructie of het bouwwerk na reparatie voldoen?*

Dit is een lastige vraag. Enerzijds wordt er gesteld dat na reparatie de constructie moet voldoen aan nieuwbouwniveau. Maar dit is vaak economisch niet haalbaar. In het rapport *Veiligheidsbeoordeling van bestaande bouw* van TNO [Vrouwenvelder, Scholten, 2008] wordt aanbevolen om het veiligheidsniveau na reparatie tussen het nieuwbouwniveau en het niveau van bestaande bouw te kiezen. Dit om het risico op het verlies van mensenlevens te beperken en om het herstelplan economisch haalbaar te laten zijn. De veiligheid na reparatie moet worden afgestemd op de geplande restlevensduur van de constructie. In onderstaand

schema, figuur 23, is één en ander samengevat betreffende bouwregelgeving van nieuwbouw en bestaande bouw.



Figuur 23

Er wordt hier niet op de methode ingegaan die aangeraden wordt door TNO. Hiervoor wordt verwezen naar het betreffende artikel.

2.5.3 Beoordelingscriteria in de praktijk

In Nederland zijn geen eenduidige normen voor het beoordelen van de kwaliteit van een fundering. Dit heeft er toe geleid dat verschillende gemeenten en ingenieursbureaus hun eigen normen hebben opgesteld en zo hun eigen methode handhaven. Tot en met 2010 was dit de situatie in Nederland.

F30 is een vereniging die pleit voor een eenduidige methode om de kwaliteit van funderingen vast te stellen. F30 heeft een richtlijn opgesteld voor het onderzoeken en beoordelen van houten paalfunderingen onder gebouwen. In januari 2011 is deze richtlijn geïntroduceerd en wordt deze door de deelnemende bureaus gehandhaafd. Verschillende gemeentes en bureaus zijn aangesloten bij F30, dat zijn onder andere Fugro, Wareco, Gemeentewerken Rotterdam en Stichting Hout Research. Dit overzicht van deelnemers is niet compleet. De komst van de nieuwe richtlijn, betekent dat er een eenduidige beoordeling van houten paalfunderingen is, onder de deelnemende bedrijven, die het grootste deel van dit marktgebied beslaan.

Hierna zal in het kort de beoordelingsmethode worden besproken, die F30 handhaaft. Voor een volledig overzicht kan het rapport [Vereniging F30, 2011] geraadpleegd worden.

Beoordeling op grond van F30-richtlijn

De beoordeling is gebaseerd op een archiefonderzoek, een visuele inspectie en metingen evt. aangevuld met een funderingsinspectie en een laboratoriumonderzoek waar houtmonsters kunnen worden onderzocht. De richtlijn geeft aan waar een funderingsonderzoek aan moet voldoen. Daarnaast geeft het criteria aan, om de metingen te kunnen beoordelen. Deze criteria worden in deze paragraaf besproken.

De beoordeling bestaat uit een toetsing van de draagkracht van de fundering en een beoordeling van de kwaliteit van de fundering. Deze laatste beoordeling volgt uit de deelbeoordelingen van de gemeten waarden.

De grenswaarden die in de deelbeoordelingen van de metingen gehanteerd worden zijn als volgt:

Scheurvorming in gevels

Beoordeling van scheuren in gevels

Tabel 3 Beoordeling scheurvorming

| Scheuren | Benaming |
|-----------------|-----------------|
| Haarscheuren | Zeer klein |
| 0.5-1 mm | Klein |
| 1-3 mm | Matig |
| >3 mm | Groot |

Scheefstand

Beoordeling van rotatie

Tabel 4 Beoordeling scheefstand

| Rotatie | Schade typering | Benaming |
|----------------|------------------------|-----------------|
| <1:300 | Geen | Nihil |
| 1:300-1:200 | Architectonisch | Klein |
| 1:200-1:100 | Architectonisch | Matig |
| 1:100-1:75 | Constructief | Groot |
| >1:75 | Constructief | Zeer groot |

Hierbij wordt opgemerkt dat architectonische schade zichtbaar is, maar de constructie niet negatief beïnvloedt, terwijl constructieve schade dat wel doet.

Zakking

Beoordelen van de zakkingsnelheid

Tabel 5 Beoordeling zakking

| Zakking (mm/jaar) | Benaming |
|--------------------------|-----------------|
| <0.5 | Nihil |
| 0.5-2 | Klein |
| 2-3 | Matig |
| 3-4 | Groot |
| >4 | Zeer groot |

Grondwaterdekking

Beoordelen grondwaterdekking van funderingshout, het gaat hier om de beoordeling van de momentane grondwaterstand. Dat wil zeggen, het gaat om een momentopname van de grondwaterstand.

Tabel 6 Beoordeling grondwaterdekking

| Grondwaterdekking (cm) | Benaming |
|-------------------------------|-----------------|
| >20 | Voldoende |
| 20-5 | Klein |
| <5 | Onvoldoende |

Classificatie bodemmateriaal

De classificatie van het bodemmateriaal ter plaatse van de funderingsput vindt volgens de richtlijn wel plaats, maar wordt niet specifiek in de deelbeoordelingen meegenomen.

Kwaliteit funderingsmetselwerk en -beton

Beoordelen funderingsonderdelen van steenachtig materiaal

Tabel 7 Beoordeling funderingsmerstelwerk en -beton

| Kwalitatieve benaming invloed op functioneren fundering | | |
|--|---|-----------------|
| Beton | Metselwerk | Benaming schade |
| Hard, geen scheuren of scholvorming | Stenen en voegen hard, geen scheuren | Nihil |
| Weinig scheuren of scholvorming | Stenen hard, voegen zacht, weinig scheuren | Klein |
| Scheuren, scholvorming of grindnesten | Stenen en voegen zacht, scheuren | Matig |
| Ernstige scheuren of scholvorming, corroderende wapening zichtbaar | Losse en verbrokkelde stenen, ernstige scheuren | Groot |

Eindbeoordeling

Op grond van bovenstaande beoordelingen, een beoordeling van het funderingshout en evt. een toetsing van de draagkracht van de houten paal, wordt de eindbeoordeling gegeven:

Eindbeoordeling funderingskwaliteit

Tabel 8 Eindbeoordeling

| Classificatie | Omschrijving | Handhavingstermijn |
|----------------|--|--------------------|
| Ruim voldoende | Binnen 25 jaar is nauwelijks scheurvorming of extra scheefstand te verwachten, verhoging belasting mogelijk (rekentechnisch onderbouwen) | >25 jaar |
| Voldoende | Binnen 25 jaar zijn geringe onderlinge zakkingsverschillen te verwachten, geringe verhoging belasting mogelijk (3-5%). | >25 jaar |
| Matig | Binnen 25 jaar zijn onderlinge zakkingsverschillen te verwachten, belastingverhoging niet mogelijk. | 10-15 jaar |
| Onvoldoende | Onderlinge zakkingsverschillen zijn te verwachten die leiden tot schade aan casco, herstel noodzakelijk. | 0-5 jaar |

Met de richtlijn *Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen* [F30, 2011] is het mogelijk van individuele panden de funderingskwaliteit te bepalen. De richtlijn reikt geen handvatten om de hersteleenheid te bepalen van woningen binnen een bouweenheid met funderingsschade.

2.5.4 Beoordelingscriteria volgend uit onderzoeksmodellen

In het verleden zijn verschillende modellen opgezet voor het onderzoeken van schade aan gebouwen ten gevolge van funderingsproblemen. Het doel van deze onderzoeken was het vinden van de parameters die bepalend zijn voor schade en het onderzoeken of er grenswaarden zijn vast te stellen, waarbinnen geen schade op zal treden. In deze paragraaf worden de onderzoeken besproken.

Empirische modellen

Skempton & MacDonald (1956)

Het onderzoek

Dit onderzoek bestaat uit een analyse van 98 gebouwen, waarvan er 40 schade vertoonden ten gevolge van zettingsverschillen. De overige 58 gebouwen vertoonden geen schade. Skempton en MacDonald hebben twee parameters gedefinieerd, die zij als maatgevend beschouwden voor gebouwschade ten gevolge van zettingsverschillen. Deze parameters zijn rotatie ($\theta = \delta s / L$) en zettingsverschil (δs_{\max}). Voor de 98 praktijksituaties zijn bovengenoemde parameters geanalyseerd. Hieruit volgde een verband tussen het maximale zettingsverschil en de opgetreden maximale rotatie: $\delta s_{\max} = 350 \cdot \theta_{\max}$ (in inches). Op grond van deze relatie is een uitspraak gedaan over het toelaatbare zettingsverschil.

Toepassingsgebied

Het onderzoek betrof zowel gebouwen uit dragend metselwerk, als skeletgebouwen met metselwerkpanelen. De hier gegeven criteria, zijn de waarden afgeleid voor metselwerk, voor gebouwen die geen scheefstand vertoonden.

Criteria

Maximale rotatie (θ_{\max}): Scheurvorming treedt op bij een rotatie $\theta \geq 1/300$. Constructieve schade ontstaat bij een relatieve rotatie $\theta \geq 1/150$.

Maximale zettingsverschil (δs_{\max}): Uit de relatie tussen θ_{\max} en δs is een criterium afgeleid voor het maximale zettingsverschil waarbij scheurvorming optreedt: $\delta s_{\max} \leq 32$ mm. Deze waarde is bepaald op grond van $\theta_{\max} = 1/300$.

Gebruik

De criteria zijn bedoeld als richtwaarden voor dagelijks gebruik in het ontwerp en de dimensionering van funderingen, om schade te beperken en te voorkomen. In de praktijk worden de resultaten van het onderzoek gebruikt als richtlijn om schade ten gevolge van funderingsproblemen te voorspellen en voorkomen.

Kritiek op het onderzoek

Er is veel kritiek op het onderzoek van Skempton en MacDonald. De belangrijkste punten worden hieronder genoemd:

- Het feit dat schadecriteria zijn afgeleid, op basis van een onderzoek, waarvan minder dan de helft van de gebouwen schade vertoonden, is een punt van kritiek.
- Daarnaast wordt er een schadecriterium gegeven voor gebouwen bestaande uit dragend metselwerk, terwijl slechts 13 van de gebouwen een dergelijke constructie hadden.
- De oorzaak van de zetting en de zettingsnelheid zijn niet meegenomen in de analyse, terwijl deze wel invloed hebben op de bovengrondse scheurvorming.
- Door de relatieve rotatie als maatgevende parameter voor schade te kiezen, wordt er verondersteld dat er alleen schade optreedt ten gevolge van schuifspanningen. Terwijl er ook schade kan optreden als gevolg van buigspanningen. Zie hiervoor figuur 26. In het onderzoek van Burland en Wroth (1974) wordt wel onderscheid gemaakt tussen schuif- en buigspanningen.
- Er is geen onderscheid gemaakt tussen opwaartse (hogging) en neerwaartse buiging (sagging).

De resultaten van Skempton en MacDonald vormen de basis voor vele vervolgonderzoeken, waarbij gezocht wordt naar parameters en criteria om gebouwschade als gevolg van zettingsverschillen te definiëren. Een aantal belangrijke onderzoeken worden hier in het kort besproken.

Polshin & Tokar (1957)

Polshin en Tokar hebben het onderzoek van Skempton en MacDonald geanalyseerd en kwamen tot de conclusie dat voor constructies, bestaande uit dragend metselwerk, de lengte/hoogteverhouding en de maximaal toelaatbare spanning in het metselwerk belangrijke parameters zijn voor het voorspellen van schade ten gevolge van zettingen. Zij vonden voor metselwerkconstructies als criterium een maximaal toelaatbare rek van 0.05% om scheurvorming te voorkomen. Afhankelijk van de lengte/hoogteverhouding gaven zij de volgende criteria voor metselwerkconstructies:

Tabel 9 Polshin & Tokar: Beoordelingscriteria doorbuigingsverhouding

| Metselwerkconstructies | Toelaatbare doorbuigingsverhouding (deflection ratio = Δ/L) |
|---|---|
| Gebouwen met meerdere bouwlagen: $L/H \leq 3$ | 1/3500-1/2500 |
| Gebouwen met meerdere bouwlagen: $L/H \geq 5$ | 1/2000-1/500 |
| Gebouwen bestaande uit 1 bouwlaag | 1/1000 |

De criteria zijn getoetst op bestaande gebouwen en bleken hiervoor correct.

Sowers (1962)

Sowers maakt onderscheid tussen drie parameters, die van invloed zijn op de schade en het gebruik van de bovengrondse constructie als gevolg van zettingen van de fundering. Te noemen: totale zetting (s_{max}), scheefstand (ω) en zettingsverschil (δs). Daarbij werd de soort constructie (stalen frame, metselwerk, beton) betrokken in het onderzoek. Criteria werden gegeven afhankelijk van de functie van het gebouw. In onderstaande tabel 10 zijn de criteria volgens Sowers samengevat. Alleen de waarden relevant voor dit onderzoek worden genoemd. Dat wil zeggen alleen de waarden geldend voor metselwerkconstructies.

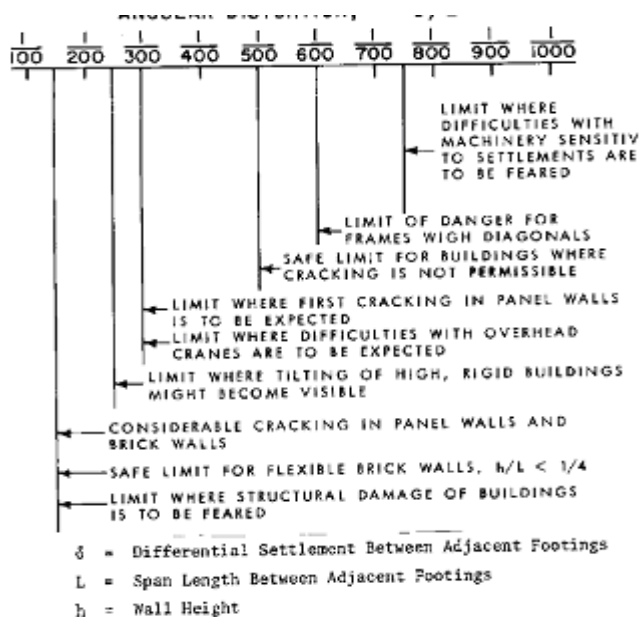
Tabel 10 Sowers: Beoordelingscriteria zetting, scheefstand, zettingsverschil

| Parameter | Factor | Criterium |
|--------------------------------|---|---|
| Totale zetting s | Aansluitingen riolering | 15-30 cm |
| | Toegankelijkheid | 30-60 cm |
| | Te verwachten bij metselwerk | 2.5-5 cm |
| Scheefstand ω | Afhankelijk van de functie wordt er een maximum scheefstand gegeven | De maximum scheefstand wordt gegeven als functie van L. Afhankelijk van de functie varieert deze van $0.004 \cdot L$ tot $0.01 \cdot L$ |
| Zettingsverschil δs | Hoge doorgaande metselwerk wanden | $0.0005 \cdot L$ tot $0.001 \cdot L$ |
| | 1-verdiepingsbouw metselwerk | $0.001 \cdot L$ tot $0.002 \cdot L$ |

In de tabel staat L voor de afstand tussen twee punten die een verschil in zakking vertonen.

Bjerrum (1963)

Het onderzoek van Bjerrum bevestigt de relevantie van de door Skempton en MacDonald vastgestelde parameter θ_{max} om gebouwschade te beoordelen. Bjerrum gaat dieper in op dit criterium en vult het onderzoek aan. In onderstaande figuur is een en ander weergegeven.



Figuur 24 Bjerrum: Beoordelingscriteria relatieve rotatie (β)

Charles & Skinner (2004)

Charles en Skinner hebben met hun onderzoek als doel het vinden van een relatie tussen scheefstand van een gebouw en de bruikbaarheid. Aan de hand van een aantal praktijkgevallen hebben zij dit onderzocht. Deze praktijkgevallen waren laagbouw woningen gefundeerd op staal. Dit rapport richt zich op laagbouw woningen gefundeerd op houten palen. Toch worden de resultaten van Charles en Skinner voor dit onderzoek wel als relevant geacht, aangezien *de oorzaak* van de scheefstand geen invloed heeft op de bruikbaarheid van een woning.

Charles en Skinner concluderen het volgende:

Tabel 11 Charles & Skinner: Beoordelingscriteria scheefstand

| Scheefstand (ω) | Gevolg |
|--------------------------|--|
| 1/250-1/200 | Merkbare scheefstand, beïnvloedt de bruikbaarheid van de woning (deuren klemmen, problemen met aansluiting leidingen en voorzieningen) |
| >1/250 | Nog geen direct gevaar, geadviseerd wordt om de scheefstand te monitoren |
| 1/100 | Constructieve veiligheid van de woning komt in gevaar. Er wordt geadviseerd direct het probleem aan te pakken. |
| 1/50 | Gevaarlijke situatie, geadviseerd wordt om direct actie te ondernemen, dan wel het gebouw te slopen. |

Aangezien slechts 10 praktijkgevallen zijn onderzocht, kunnen de gegeven grenswaarden slechts als indicatie worden gebruikt voor de acceptatie van een bepaalde mate van scheefstand. Deze getallen kunnen niet direct worden overgenomen in de richtlijn, daarvoor is aanvullend onderzoek nodig.

Empirisch analytische modellen

Voorgaande onderzoeken zijn voornamelijk gebaseerd op observaties. De criteria zijn empirisch vastgesteld. Hierdoor geven ze geen inzicht in de oorzaak van de schade. Het gevolg is dat het lastig is om de criteria toe te passen op andere constructies en materialen dan die waarvoor ze zijn opgesteld.

Burland & Wroth (1974)

Burland en Wroth kwamen met het idee dat er een relatie is tussen de bovengrondse scheurvorming en de maximale rek (ϵ_{lim}) van het metselwerk. Zij werkten de ideeën van Polshin en Tokar verder uit, maar maakten daarbij onderscheid tussen buigingsvervorming en afschuifvervorming van het metselwerk (figuur 26 D en E). Een gebouw wordt geschematiseerd als een simpele ligger, met een E-modulus, G-modulus en een traagheidsmoment. Met de theorieën van Timoshenko (1957) kwamen zij tot twee vergelijkingen (1) en (2):

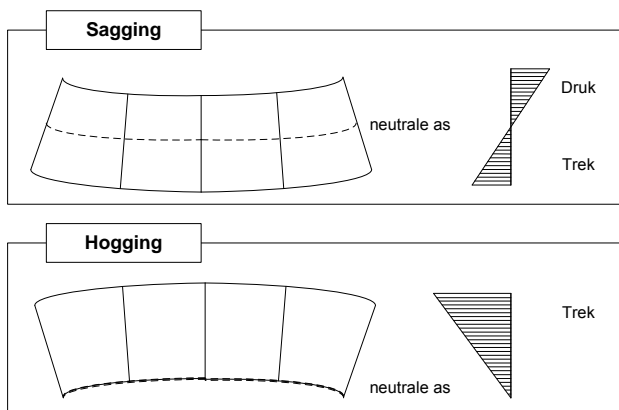
$$\text{Max. buigspanning} \quad \epsilon_{b,max} = \frac{\Delta/L}{\frac{L}{12*t} + \frac{3*E*I}{2*t*L*H*G}} \quad (1)$$

$$\text{Max. diagonale trekspanning} \quad \epsilon_{d,max} = \frac{\Delta/L}{1 + \frac{H*L^2*G}{18*E*I}} \quad (2)$$

Waarbij

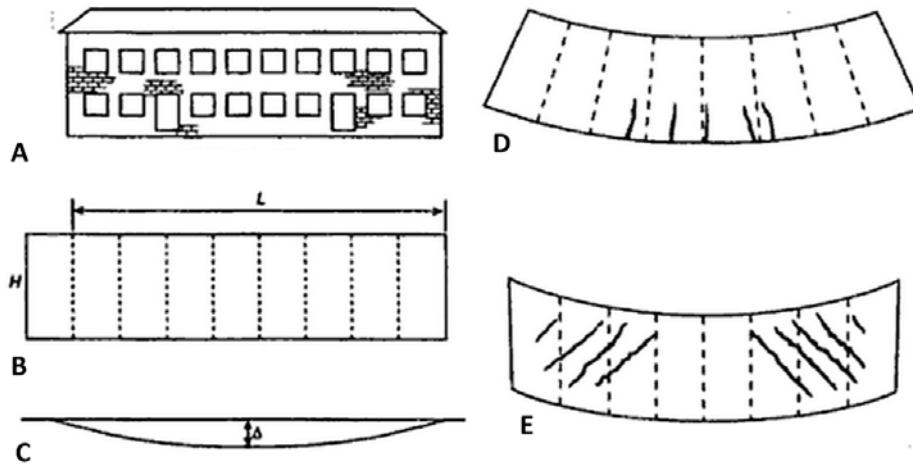
- L Lengte van de ligger
- I Traagheidsmoment
- E Elasticiteitsmodulus
- G Glijdingsmodulus
- t Grootste afstand tussen neutrale as tot rand van de ligger waar trek optreedt. Als de neutrale as in het midden van de ligger is: dan $t=H/2$; ligt de neutrale as onder in de ligger, dan $t=H$.

Op deze manier maakten Burland en Wroth onderscheid tussen twee buigingsvormen:
 Neerwaartse buiging (sagging) waarbij de neutrale as in het midden van de ligger is gelegen.
 Opwaartse buiging (hogging) waarbij de neutrale as onder in de ligger is gelegen.



Figuur 25 Buigvormen en bijbehorende spanningen

Opwaartse buiging is een kritischer vorm van buiging dan neerwaartse buiging. In geval van neerwaartse buiging wordt er vanuit de fundering een tegenwerkende kracht gegenereerd, die de trekkrachten in het metselwerk beperkt. In geval van opwaartse buiging worden deze krachten vanuit de stijfheid van het dak verkregen, deze levert een kleinere bijdrage in vergelijking tot de fundering. Burland en Wroth kwamen tot de conclusie dat een opwaartse buigingsvorm een factor 2 gevoeliger is voor schade dan een neerwaartse buigingsvorm.



Figuur 26 Burland & Worth: Onderscheid tussen schade als gevolg van buigtrekspanningen en schade als gevolg van diagonale trekspanningen [Institution of Civil Engineers, 2004]

- A Gebouw
- B Gebouw geschematiseerd tot simpele ligger
- C Doorbuigingsvorm
- D Buigingsvervorming waarbij scheurvorming optreedt als gevolg van buigtrekspanningen
- E Afschuifvervorming waarbij scheurvorming optreedt als gevolg van diagonale trekspanningen

De methode wordt in de literatuur vaak limiting tensile strain method genoemd, ook wel: LTSM. Binnen deze methode is het mogelijk om afhankelijk van het materiaal en de vorm van de constructie, de parameters te variëren in de vergelijkingen (1) en (2). Dit maakt deze methode geschikt voor een breed toepassingsgebied.

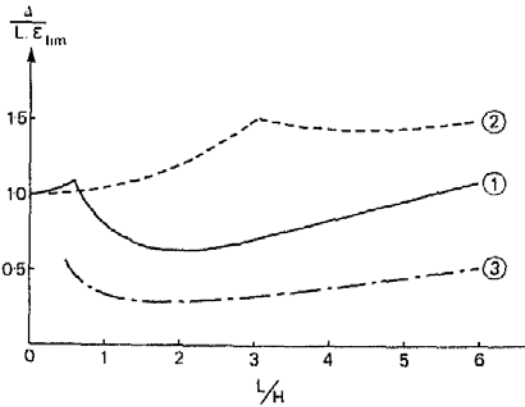
Voor de maximale rek voor metselwerkconstructies hanteerden Burland en Wroth 0.075%. Deze waarde is gebaseerd op een analyse van grootschalige testen. Waarbij metselwerkconstructies werden belast totdat er scheuren ontstonden.

Met de vergelijkingen (1) en (2) en de maximale rek werden de volgende criteria gegeven voor ongewapend constructief metselwerk:

Tabel 12 Burland & Wroth: Beoordelingscriteria doorbuigingsverhouding

| Ongewapend constructief metselwerk | Maximale waarde voor: Δ/L | |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| | Neerwaartse buiging (sagging) | Opwaartse buiging (hogging) |
| L/H=1 | 1/2500 | 1/5000 |
| L/H=5 | 1/1250 | 1/2500 |

Afhankelijk van de stijfheid van een gebouw, worden in onderstaande grafiek grenswaarden gegeven voor Δ/L , behorend bij een begrensde trekspanning in de constructie van $\epsilon=0.075\%$.



Figuur 27

Lijn 1: Sagging, neutrale as in het midden, $E/G = 2.5$
(frame building) Buigspanning kritisch

Lijn 2: Sagging, neutrale as in het midden, $E/G = 12.5$
(dragende bouwmuren) Diagonale spanning kritisch

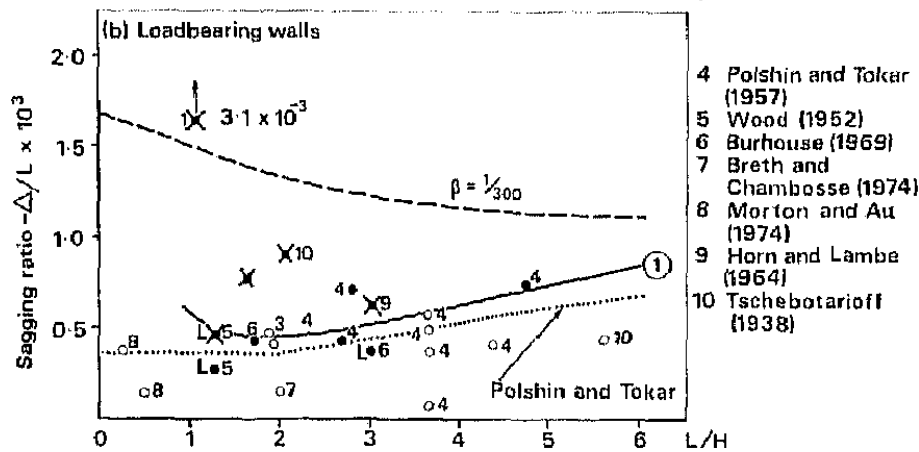
Lijn 3: Hogging, neutrale as op bodem, $E/G = 0.5$
(dragende bouwmuren)

Boven deze lijn in de grafiek zal er volgens het model schade optreden.

Lijn 1 en 3 zijn in de context van het onderzoek, interessant. Deze hebben betrekking op dragende bouwmuren. In de praktijk zal met name lijn 1 worden gebruikt. Lijn 3 zal worden gebruikt wanneer de buiging een hoggingsvorm zal aannemen. Dit gebeurt met name door uitzonderlijke externe factoren. Zoals het boren van een tunnel in de omgeving van woningen. Ook aan uiteinden van woningblokken kan deze buigingsvorm optreden. In de praktijk zullen de meeste gevallen betrekking hebben op lijn 1, waarbij sagging optreedt.

Burland, Broms, De Mello (1977)

In een later onderzoek naar het optreden van scheurvorming in metselwerk ten gevolge van zettingen geeft Burland de relatie weer tussen de eerder opgestelde grenswaarden voor de parameters β en Δ/L . Deze zijn weergegeven in de grafiek in figuur 28 en 29. Daarnaast is er van verschillende voorbeeldprojecten aangegeven bij welke doorbuigingsverhouding er al dan niet schade optreedt.



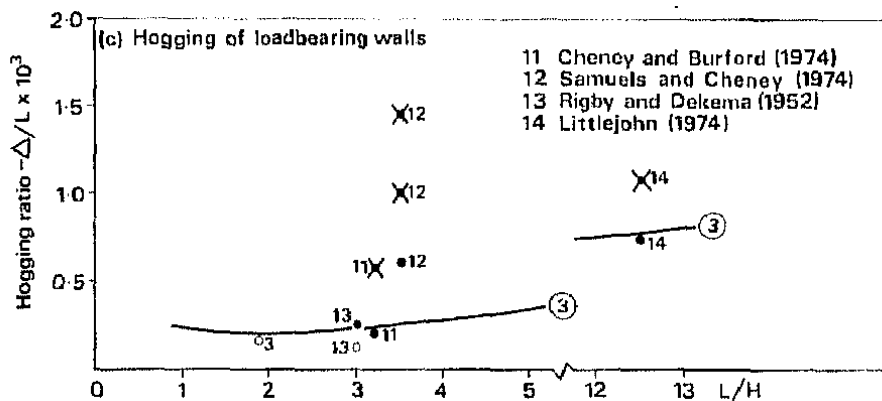
Figuur 28 Relatie tussen criteria voor rotatie en doorbuigingsverhouding

Voor dragende bouwmuren zijn criteria weergegeven voor maximale trekspanning $\epsilon=0.075\%$ (lijn 1) en de grenswaarde voor maximale rotatie $\beta=1/300$.

De weergegeven stippelijntje van Polshin en Tokar geeft de door hen opgestelde grenswaarde weer voor Δ/L .

Daarnaast is van verschillende projecten weergegeven bij welke waarden er al dan niet schade is opgetreden. Deze projecten zijn aangegeven met:

- No damage
- Slight damage
- ✕ Severe damage



Figuur 29 Maximaal toelaatbare trekspanning in relatie tot doorbuigingsverhouding

Voor dragende bouwmuren is, voor de buigvorm hogging, de grenswaarde weergegeven voor de maximale trekspanning die mag optreden (lijn 3).

Ook hier is van verschillende projecten weergegeven bij welke waarden er schade is aangetroffen ten gevolge van de buiging:

- No damage
- Slight damage
- ✕ Severe damage

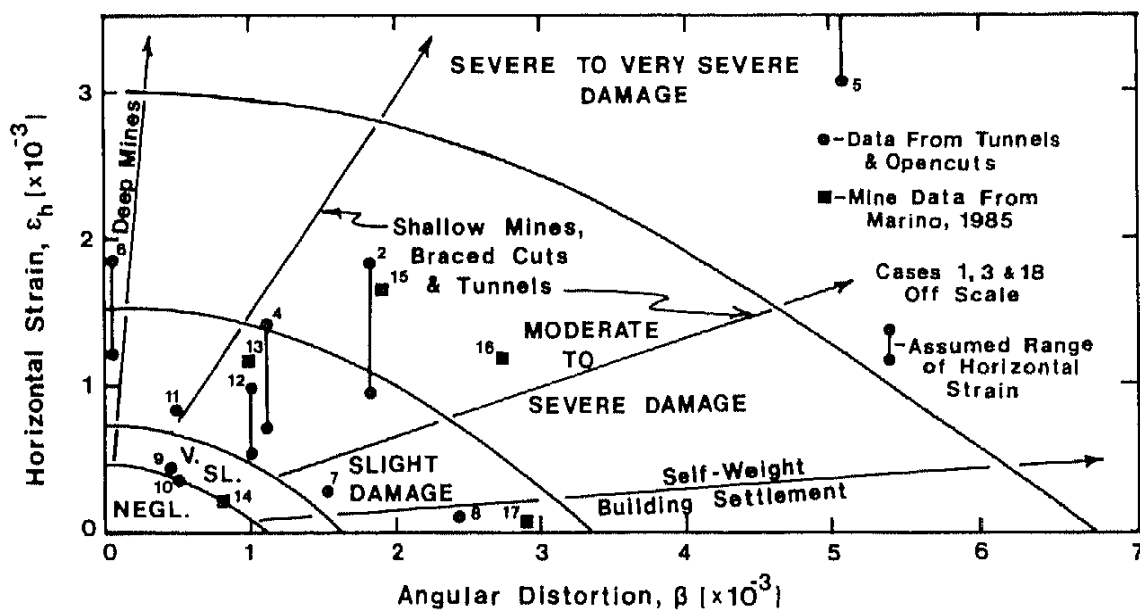
Burland (1977) kwam met het idee om naar aanleiding van de methode (LTSM) schade te categoriseren. Daarbij maakte hij onderscheid tussen esthetische schade, functionele schade en stabiliteit of structurele schade. De indeling van schade is gebaseerd op het gemak waarmee de schade gerepareerd kan worden.

Tabel 13 Burland: Schadecategorieën

| | Damage Category | Description of Typical Damage | Approximate Individual Crack Width | Limiting tensile strain levels (%) (Boscardin (1989)) |
|---|-----------------|---|---|---|
| Aesthetic damage | Negligible (0) | Hairline cracks | <0.1 mm | 0-0.05 |
| | Very Slight (1) | Very slight damage includes fine cracks which can be easily treated during normal decoration, perhaps an isolated slight fracture in building and cracks in external brickwork visible on close inspection | 1 mm | 0.05-0.075 |
| | Slight (2) | Slight damage includes cracks which can be easily filled and redecoration would probable be required, several slight fractures may appear showing the inside of the building, cracks which are visible externally and some repointing may be required, doors and windows may stick | <5 mm | 0.075-0.15 |
| Functional damage, affecting serviceability | Moderate (3) | Moderate damage includes cracks that require some opening up and can be patched by a mason, recurrent cracks that can be masked by suitable linings, repointing of external brickwork and possibly a small amount of brickwork replacement may be required, doors and windows stick, service pipes may fracture and weather tightness is often impaired | 5-15 mm or a number of cracks >3 mm | 0.15-0.3 |
| | Severe (4) | Severe damage includes large cracks requiring extensive repair work involving breaking-out and replacing sections of walls (especially over doors and windows), distorted windows and door frames, noticeably sloping floors, leaning or bulging walls, some loss of bearing in beams and disrupted service pipes | 15-25 mm depends also on the number of cracks | >0.3 |
| Structural damage, Affecting stability | Very Severe (5) | Very severe damage often requires a major repair job involving partial or complete rebuilding, beams lose bearing walls lean and require shoring, windows are broken with distortion and there is danger of structural instability | >25 mm | >0.3 |

Boscardin & Cording (1989)

Boscardin en Cording gingen verder met de resultaten van Burland en Wroth. De invloed van de horizontale grondspanningen (ϵ_h) werd geïntroduceerd en toegevoegd aan het model van Burland en Wroth. Afhankelijk van de horizontale grondspanning (ϵ_h) en de relatieve rotatie (β) in het metselwerk werden er schade categorieën gespecificeerd.



Figuur 30 Relatie tussen schade, horizontale grondspanningen en relatieve rotatie

Daarnaast koppelden Boscarding en Cording (1989) de rek in het metselwerk aan de schadecategorieën van Burland (1977). Waarbij in de berekening van de rek nu ook de horizontale grondspanning werd betrokken. Het resultaat is een nauwkeurige categorisering van gebouwschade als gevolg van zettingen.

Netzel (2009)

Netzel onderzocht de criteria van Burland (1974) en Boscarding en Cording (1989) en kwam tot de conclusie dat de gegeven classificering voor het voorspellen van gebouwschade, niet geschikt is voor algemeen gebruik. Het gegeven overzicht (tabel 13) is alleen geldig voor massieve metselwerk wanden, onderworpen aan een opwaartse buigingsvorm (hogging) en een verhouding $L/H=1$.

In het verleden zijn twee parameters gebruikt voor het voorspellen van schade ten gevolge van zettingen. Allereerst de relatieve rotatie (β), ten tweede de doorbuigingsverhouding (deflection ratio Δ/L). Netzel onderzocht de invloed van deze twee benaderingen op de bepaling van de rek in het metselwerk en de bijbehorende schadecategorie. Hij beveelt het gebruik van β aan voor het beoordelen van schade als gevolg van diagonale trekspanningen in het metselwerk. Hierbij treedt een afschuifvervorming op (zie figuur 26E). De doorbuigingsverhouding (Δ/L) beveelt hij aan voor het beoordelen van schade als gevolg van buigtrekspanningen waarbij een buigingsvervorming optreedt (zie figuur 26D).

Overige modellen

Huidige modellen zijn voornamelijk gericht op het voorspellen van schade als gevolg van maatregelen, zoals het aanleggen van een tunnel of een tijdelijke polderpeilverlaging. Dit betekent dat er in deze modellen uitgegaan wordt van een bepaalde vervorming van de grond. Het effect van de vervorming van de grond op de gebouwde omgeving kan geanalyseerd worden.

Het doel van deze modellen is niet het vaststellen van schadecriteria, maar het onderzoeken van parameters die invloed hebben op de schade en het in kaart brengen van de effecten ten gevolge van een maatregel. Twee modellen worden besproken. Een numeriek model (Rots, 2000) en een probabilistisch model (Deltares, 2011).

Numeriek model (gebaseerd op eindige elementen methode)

Voorgaande methodes om schade aan gebouwen te voorspellen zijn gebaseerd op het feit dat scheurvorming in het bovengrondse metselwerk voornamelijk afhangt van de rek of de trekspanningen in het materiaal. De moderne kennis over metselwerk en de interactie tussen grond en constructie worden niet betrokken in de modellen. Met eindige elementen programma's is het mogelijk een model te maken, waarin meerdere invloedrijke parameters worden betrokken.

Rots (2000)

Rots ontwikkelde een model om gebouwschade als gevolg van de aanleg van de Noord Zuidlijn in Amsterdam te analyseren. Daarvoor maakte hij gebruik van een 3-dimensionaal eindige elementen programma. Het voordeel van een dergelijk programma is dat de invloed van meerdere factoren kan worden betrokken in het model. Rots betreft verschillende parameters in zijn model, die in de hiervoor besproken modellen nog niet aan bod geweest zijn:

- De interactie tussen grond en constructie
Zetting van gebouwen is het gevolg van een vervorming in de ondergrond (bijv. door tunnelbouw). De interactie tussen ondergrond en constructie is een belangrijke parameter in de voorspelling van schade.
- De herverdeling van spanningen in het metselwerk
In vorige modellen werd uitgegaan van lineair elastisch gedrag van het metselwerk. De invloed van scheurvorming op de eigenschappen van het materiaal werd tot nu toe niet meegenomen in de schadevoorspellingen. Terwijl scheurvorming in metselwerk een sterkteverlies en een herverdeling van spanningen tot gevolg heeft.
- Gevelkarakteristieken (raam en deuropeningen).
In de modellen, hiervoor besproken, werd het gebouw geschematiseerd als een ligger, daarbij werd uitgegaan dat de materiaaleigenschappen overal hetzelfde waren. Rots modelleert de gevels nauwkeuriger en neemt ook de invloed van onder andere raam- en deuropeningen mee in zijn analyse.

Het model is geschikt om het gedrag van metselwerk te analyseren als gevolg van zettingen. Rots heeft daarbij gebruik gemaakt van de moderne kennis van de mechanische eigenschappen van metselwerk (fracture mechanics). Er worden geen schadecriteria vastgesteld.

Probabilistisch model

Deltares (2011)

Deltares heeft een probabilistisch schademodel opgesteld voor het voorspellen van schade aan gebouwen als gevolg van aardgaswinning in Slochteren (Groningen). Ten gevolge van aardgaswinning is er sprake van een bodemdaling over een groot gebied. Om de bestaande drooglegging van het gebied te handhaven, is het nodig dat waterpeilen in kanalen en polders in de tijd worden aangepast aan de nieuwe bodemligging. Het model analyseert het effect van deze waterpeilverandering op de kans van optreden van schade aan gebouwen in het betreffende gebied.

In het model worden schadekansen bepaald als gevolg van verschillende zettingsbijdragen. Uit de voorspelde zettingen worden te verwachten relatieve rotaties en hoekverdraaiingen in het bovengrondse metselwerk bepaald, waarbij de criteria van Boscardin (1989) als schadecriteria worden gehanteerd. Het model is vooral geschikt om effecten van regionale maatregelen op gebiedsgrote schaal te voorspellen. Er worden geen nieuwe schadecriteria gedefinieerd. [Bijnagte, Lugers, 2011]

Conclusies beoordelingscriteria uit onderzoeksmodellen

Uit de verschillende onderzoeken, besproken in deze paragraaf, worden de volgende conclusies getrokken:

Schadecategorieën

- Er wordt in de meeste onderzoeken onderscheid gemaakt tussen functionele en constructieve schade, respectievelijk het overschrijden van de bruikbaarheidsgrenstoestand en het overschrijden van de uiterste grenstoestand. Enkele onderzoeken onderscheiden ook esthetische schade als criterium. Deze laatste zal in de praktijk vooral voor monumenten worden gehanteerd. Ook voor situaties waarbij als gevolg van de realisering van een project (bijvoorbeeld een tunnel) kans is op schade aan panden in de nabije omgeving, worden vaak strengere eisen gesteld.

Schademechanismen

- In de onderzoeken wordt onderscheid gemaakt tussen twee vormen van schade. Dat zijn scheurvorming als gevolg van buigtrekspanningen (buigingsvervorming) en scheurvorming als gevolg van diagonale trekspanningen (afschuifvervorming).
- Voor buigingsvervorming wordt in de schadecriteria onderscheid gemaakt tussen sagging (opwaartse) en hogging (neerwaartse buiging).
- Afschuifvervorming blijkt in de Nederlandse praktijk veel vaker voor te komen dan buigingsvervorming.

Schadeparameters

- De relatieve rotatie (β) is een algemeen geaccepteerde parameter, die gebruikt wordt als schadecriterium. Verschillende onderzoekers bevelen aan om deze parameter als maatgevend criterium te gebruiken, waaronder Skempton & Mac Donald (1956), Bjerrum (1963), Netzel (2009) en ook in de huidige nieuwbouwnormen wordt deze parameter als zodanig gebruikt. Deze parameter wordt geschikt geacht (Netzel, 2009) om schade als gevolg van diagonale trekspanningen in het metselwerk te beoordelen.
- Netzel (2009) beveelt de doorbuigingsverhouding (Δ_{\max}/L) aan als parameter om schade als gevolg van buigtrekspanningen in het metselwerk te beoordelen. Eerdere onderzoeken (Burland & Wroth (1974) en Boscardin & Cording (2009)) hadden dit ook al aangetoond. In de Nederlandse praktijk blijkt deze parameter weinig toegepast te worden.
- Het commentaar op het onderzoek van Skempton & Mac Donald (1956) was dat er in de schadecriteria geen onderscheid werd gemaakt tussen een hogging en sagging. Latere onderzoeken, waaronder Burland & Wroth (1974), Boscardin & Cording (1989), maken wel onderscheid tussen deze buigingsvormen. Zij hebben dit theoretisch benaderd met de Limiting Tensile strain Method. Zij concluderen dat voor hogging een twee keer zo streng vervormingscriterium geldt als voor de sagging. Latere onderzoeken bevestigen dit.
- Voor de toelaatbare scheefstand (ω) zijn weinig criteria gegeven in de onderzoeken, terwijl de scheefstand wel degelijk de functionaliteit van een gebouw beïnvloedt. Het onderzoek van Charles & Skinner (2004) is als enige specifiek gericht op het vaststellen van criteria voor deze parameter.

Schadecriteria

- Voor de relatieve rotatie (β) worden door de onderzoekers verschillende criteria aangehouden. Ook in de praktijk blijkt dat verschillende bureaus verschillende grenswaarden hanteren. Voor functionele schade is een relatieve rotatie van maximaal 1/300 een algemeen geaccepteerde en gehanteerde grenswaarde. Voor constructieve schade varieert de grenswaarde tussen 1/100 en 1/150. Voor esthetische schade wordt in de praktijk vaak een rotatie van 1/500 aangehouden. In de onderzoeken komt deze grenswaarde niet terug.
- De grenswaarde $\beta \leq 1/300$ is zeker niet te streng aangenomen. Uit het onderzoek van Burland (1977) blijkt dat ook onder deze grens schadegevallen bekend zijn. Zie hiervoor figuur 28.
- Bovengenoemde grenzen voor β gelden voor sagging. Voor hogging gelden twee keer zo strenge eisen.

- Het onderzoek van Burland & Wroth (1974) geeft een aantal grenswaarden voor de doorbuigingsverhouding. Er wordt echter geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende schadecategorieën. Hiervoor is vervolgonderzoek nodig.
- In de grafiek (figuur 27) worden de aanbevolen grenswaarden voor Δ/L gegeven afhankelijk van de lengte-hoogte verhouding van het gebouw. De gegeven schadecriteria zijn:
Als $L/H=1$, dan $\Delta/L \leq 1/2500$; als $L/H=5$, dan $\Delta/L \leq 1/1250$. Dit zijn grenswaarden voor functionele schade. Voor esthetische en constructieve schade worden geen parameters gegeven.
- Bovengenoemde grenzen voor Δ/L gelden voor sagging. Voor hogging gelden twee keer zo strenge eisen.
- Voor de scheefstand (ω) zijn door Charles & Skinner (2004) grenswaarden afgeleid. Zij geven aan dat een scheefstand groter dan $1/250$ merkbaar is. Een scheefstand groter dan $1/100$ leidt tot constructieve schade.

Een samenvattend overzicht van de verschillende onderzoeken en de afgeleide parameters en criteria om schade te beoordelen is gegeven in [bijlage D](#).

Schadecriteria

Uit de onderzoeken volgt dat de volgende eisen aangehouden moeten worden voor de verschillende schadecategorieën:

Tabel 14 Overzicht beoordelingscriteria

| | Esthetische eis | Functionele eis | Constructieve eis |
|--|-----------------|--|-------------------|
| Afschuifvervorming | | | |
| Relatieve rotatie β (mm/m) | $\leq 1/500$ | $\leq 1/300$ | $\leq 1/150$ |
| Doorbuigingsverhouding Δ/L (mm/m) | - | L/H=1 eis: $\Delta/L \leq 1/2500$ L/H=5 eis: $\Delta/L \leq 1/1250$ | - |
| Scheefstand ω (mm/m) | - | $\leq 1/300$ | $\leq 1/100$ |
| Buigingsvervorming - Sagging | | | |
| Relatieve rotatie β (mm/m) | $\leq 1/500$ | $\leq 1/300$ | $\leq 1/150$ |
| Doorbuigingsverhouding Δ/L (mm/m) | - | L/H=1 eis: $\Delta/L \leq 1/2500$ L/H=5 eis: $\Delta/L \leq 1/1250$ | - |
| Scheefstand ω (mm/m) | - | $\leq 1/300$ | $\leq 1/100$ |
| Buigingsvervorming - Hogging | | | |
| Relatieve rotatie β (mm/m) | $\leq 1/1000$ | $\leq 1/600$ | $\leq 1/300$ |
| Doorbuigingsverhouding Δ/L (mm/m) | - | L/H=1 eis $\Delta/L \leq 1/5000$ L/H=5 eis $\Delta/L \leq 1/2500$ | - |
| Scheefstand ω (mm/m) | - | $\leq 1/300$ | $\leq 1/100$ |

2.5.5 Beoordelingscriteria volgend uit Nederlandse norm

In Nederland zijn voor nieuwbouw geotechnische normen vastgelegd in Eurocode 7. Hier zijn echter geen criteria gegeven voor de toelaatbare zettingsverschillen en vervormingen van het metselwerk ten gevolge van funderingsproblemen. Deze komen in de bijbehorende *aanvullende bepalingen*. De *aanvullende bepalingen* zijn nog niet definitief in werking getreden. Daarom worden de criteria gegeven in NEN 6740 als richtlijn beschouwd. NEN 6740 is een ingetrokken norm, maar omdat er nog geen vervanging voor deze norm is, is deze algemeen aanvaard als richtlijn.

De richtlijn geeft de volgende criteria voor nieuwbouw [NEN 6740, 2006]:

Tabel 15 Grenswaarden vervorming volgens NEN 6740

| Grenswaarden vervorming volgens NEN 6740 | | |
|--|------------------|--------------------|
| | Grenstoestand 1B | Grenstoestand 2 |
| Zetting w (m) | - | 0.15 ¹ |
| Rotatie θ (mm/m) | - | 1/300 ² |
| Relatieve rotatie β (mm/m) | 1/100 | 1/300 |

Waarin:

Grenstoestand 1B

Dit is de uiterste grenstoestand, type B. Hierin treden dusdanige vervormingen in de geotechnische constructie op dat een uiterste grenstoestand in de bouwconstructie die direct of indirect wordt beïnvloed door het geotechnische onderdeel van de constructie wordt overschreden.

Grenstoestand 2

Dit is de bruikbaarheidsgrenstoestand, waarbij vervormingen in de geotechnische constructie zo'n vorm aannemen dat daardoor een ongewenst verlies aan bruikbaarheid optreedt waardoor schade en/of hoge onderhoudskosten ontstaan.

¹ Deze grenswaarde is geschrapt uit de norm.

² Deze grenswaarde is als aanbeveling opgenomen in de norm

2.5.6 Conclusies

De Nederlandse bouwregelgeving geeft geen eenduidige normen over het niveau waaraan bestaande bouwwerken na reparatie moeten voldoen. Het rapport van TNO [Vrouwenvelder, Scholten, 2008] doet aanbevelingen hierover en laat een methode zien hoe het veiligheidsniveau, waaraan een woning na reparatie moet voldoen, bepaald kan worden.

Enerzijds wordt er gesteld dat optrekken tot nieuwbouwniveau vaak economisch niet haalbaar is. Anderzijds wordt er gesteld dat handhaven van het aanschrijfniveau voor gebouwen met schade een te groot veiligheidsrisico met zich mee brengt. In het rapport wordt een afweging gemaakt en wordt een methode aangereikt om een tussenweg te vinden.

De ernst van funderingsschade wordt bepaald aan de hand van metingen. De beoordeling van deze metingen moet uitwijzen of een fundering hersteld moet worden of niet. In Nederland waren tot 2011 geen eenduidige normen om de schade te beoordelen. Dit heeft er toe geleid dat verschillende ingenieurs- en adviesbureaus verschillende normen hanteren. Met de komst van de richtlijn van F30 is er meer uniformiteit in het funderingsonderzoek. Met de richtlijn kan de kwaliteit van een fundering worden beoordeeld.

In het verleden hebben verschillende onderzoeken zich gericht op het vinden van de parameters waarmee gebouwschade als gevolg van funderingsproblemen kan worden beoordeeld en voorspeld. De onderzoeken uit de literatuur laten zien dat β (rotatie), ω (scheefstand) en Δ/L (doorbuigingsverhouding) de juiste parameters zijn om gebouwschade als gevolg van een funderingsprobleem te voorspellen. Daarnaast zijn uit de onderzoeken eenduidige grenswaarden gevolgd voor de beoordeling van verschillende schadecategorieën. Er wordt in de beoordeling onderscheid gemaakt tussen schade als gevolg van buigingsvervorming en schade als gevolg van afschuifvervorming. Daarnaast wordt er voor buigingsvervorming nog onderscheid gemaakt tussen sagging en hogging.

In de richtlijn van F30 worden β (rotatie) en ω (scheefstand) wel als maatgevende parameters aangemerkt. Maar de parameter Δ/L (doorbuigingsverhouding) wordt niet in de richtlijn genoemd. Daarnaast wordt er in de richtlijn van F30 geen onderscheid gemaakt tussen schade als gevolg van afschuifvervorming en schade als gevolg van buigingsvervorming. Er wordt ook geen onderscheid gemaakt tussen sagging en hogging. Terwijl meerdere onderzoeken uit het verleden aangeven dat voor hogging twee keer zo strenge eisen moeten gelden als voor sagging.

Met de meettechnieken en de beoordelingscriteria uit de richtlijn is het voor individuele gebouwen mogelijk om te beslissen of een fundering hersteld moet worden of niet. In geval van funderingsproblemen bij woningblokken, biedt de richtlijn van F30 geen methode of houvast om te bepalen wat de te herstellen eenheid is. Het bepalen van de te herstellen woningen (binnen een bouweenheid of woningblok) is niet vastgelegd in richtlijnen. Volgens de huidige inzichten is het technisch de beste oplossing om de fundering van de gehele bouweenheid te herstellen, in geval van funderingsschade.

2.6 Funderingsherstel

2.6.1 Inleiding

Funderingsherstel of het vervangen van de gehele fundering heeft als doel het verlengen van de restlevensduur van het betreffende pand, het voorkomen van meer schade en onveilige situaties en het vergroten van het wooncomfort.

In de voorgaande hoofdstukken is besproken hoe er wordt bepaald of een fundering wel of niet hersteld moet worden. In dit hoofdstuk zal er op de herstelmethoden worden ingegaan. Alleen de methoden die gebruikelijk zijn in geval van funderingsschade aan woningblokken worden besproken. Deze methoden volgen uit het rapport van SEV realisatie, waarin de funderingsaanpak van 6 probleemgemeenten worden geëvalueerd [SEV realisatie, 2007]. Na het behandelen van deze herstelmethoden, wordt het cascoherstel besproken.

Vervolgens worden er nog aspecten besproken die van invloed zijn op de herstelkosten en op de overlast die bewoners ondervinden tijdens het herstel.

2.6.2 Herstelmethoden

Hierna worden een aantal veelgebruikte methoden besproken die worden toegepast voor het herstellen of vervangen van de fundering onder een pand. Afhankelijk van het funderingsprobleem, de technische randvoorwaarden en de wensen van de bewoners wordt er bepaald welke methode wordt toegepast. De methoden zijn in 4 categorieën verdeeld, deze indeling en de informatie over de herstelmethoden is afgeleid uit het rapport van TNO Bouw en Ondergrond [Etten van, Jong de, Richemont de, 2007].

De verschillende methoden worden in de volgende paragrafen in het kort besproken. Er wordt niet heel diep ingegaan op alle technische aspecten van de methoden, dit is voor het onderzoek niet relevant. Voor het onderzoek is het van belang om te weten wat het gevolg is van een bepaalde herstelmethode voor het zakkingsgedrag van de woning. Vragen die van belang zijn voor het onderzoek zijn: Met welke methode wordt de zakkingsnelheid verkleind? Krijgt de fundering extra draagvermogen?

Paalkopverlaging

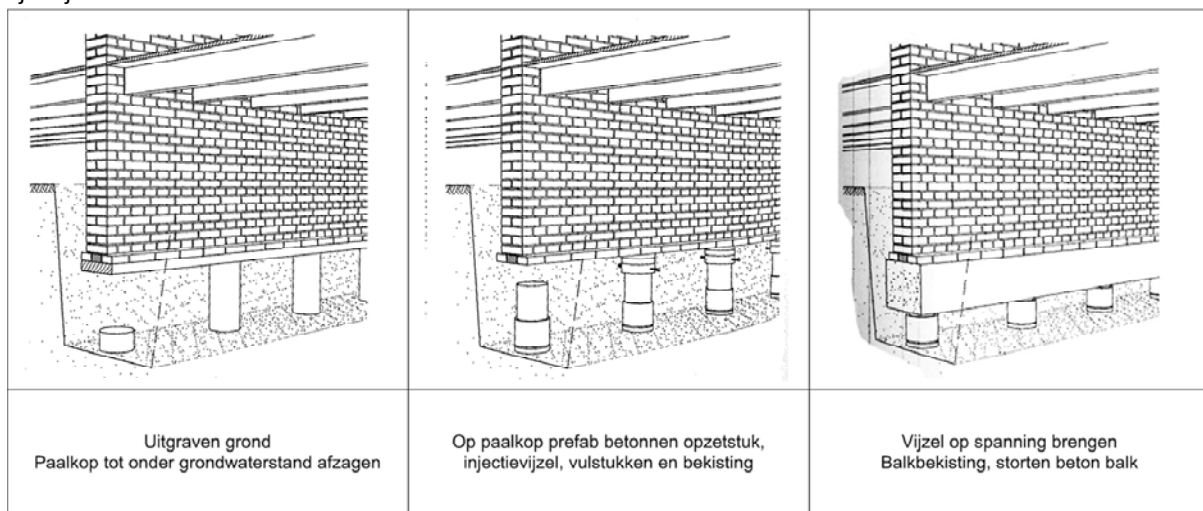
Toepassing

Paalkopverlaging is een methode die kan worden toegepast bij vuren houten paalfunderingen waarbij paalrot optreedt ten gevolge van droogstand van het funderingshout. Hierbij moet wel worden aangetoond dat het funderingshout dat gehandhaafd wordt, over voldoende draagkracht beschikt. Grenen houten palen zijn niet geschikt voor deze methode. Deze palen zijn gevoelig voor bacteriële aantasting, dit vindt zowel onder als boven water plaats en tast dus de paal over de volledige lengte aan.

Aanpak

Allereerst wordt de grond rondom de funderingspalen afgegraven, zodat de paalkoppen zichtbaar worden. De funderingspalen worden afgezaagd tot 50 cm onder de laagst bekende waterstand. Een vijzelsteun zorgt tijdelijk voor de krachtsoverdracht van de constructie naar de palen. Hierna wordt er op de palen wapening en een bekisting geplaatst. Deze wordt volgestort met beton. De nieuwe paalkoppen worden constructief met elkaar verbonden via een nieuwe funderingsbalk, welke ter plaatse gestort wordt.

Als een serie woningen wordt aangepakt, zullen de herstelwerkzaamheden van binnenuit de woning plaats vinden. Als er voldoende werkruimte is, kan dit onder de begane grondvloer plaats vinden. Is er onvoldoende ruimte beschikbaar, dan zal de begane grondvloer er tijdelijk uitmoeten. Dit zou betekenen dat de bewoners tijdelijk elders moeten wonen.



Figuur 31 Paalkopverlaging

Gevolg

Met paalkopverlaging behoudt de bestaande fundering zijn functie. Er wordt geen extra draagvermogen aan de palen toegevoegd. Dit betekent dat zakkings ten gevolge van overbelasting (bijvoorbeeld door negatieve kleef) niet worden opgelost. Soms worden er om deze reden extra palen bijgeplaatst om zo de bestaande palen te ontlasten.

Nieuwe palen en nieuwe vloer

Toepassing

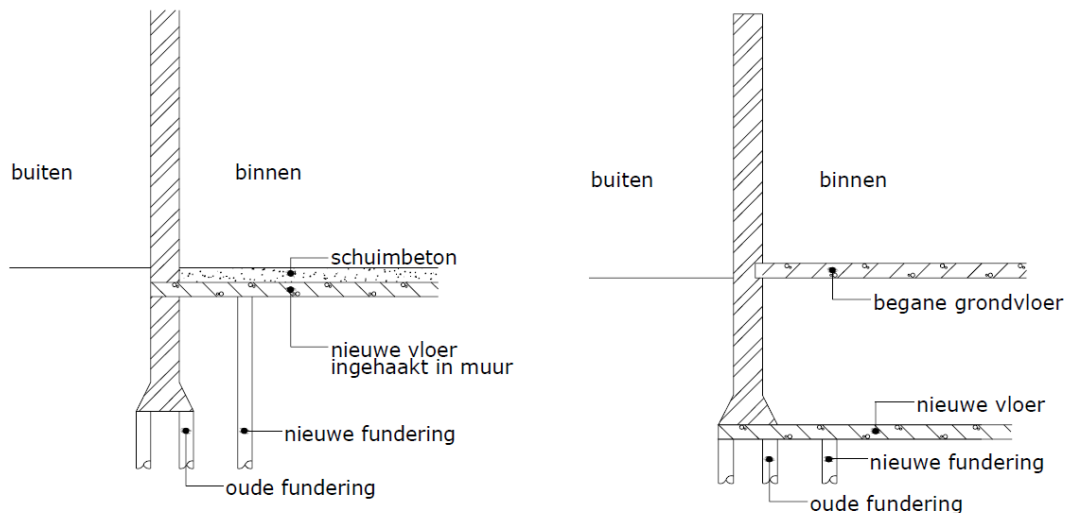
Als de gehele fundering vervangen moet worden, kan er gekozen worden om dit vanuit de binnenkant van de woning te doen. De methode die hier besproken wordt, wordt ook wel tafelconstructie genoemd. Deze methode is geschikt voor houten paalfunderingen, maar ook voor funderingen op staal.

De oorspronkelijke fundering blijft in de grond, maar verliest haar functie. Het is praktisch niet mogelijk de oude fundering gedeeltelijk zijn constructieve functie te laten behouden. De nieuwe palen hebben een ander zettingsgedrag dan de oude palen. Dit kan leiden tot zakkingsverschillen en grote spanningen in de constructie.

Aanpak

Vanuit de binnenkant van de woning wordt een nieuwe fundering aangebracht. Hiervoor moet eerst de aanwezige vloer uit het pand worden verwijderd. Vervolgens kunnen er naast de aanwezige fundering nieuwe palen worden geplaatst. Dit zijn stalen buispalen, deze kunnen in de grond gedrukt of geheid worden. Hiervoor is wel een vrije hoogte nodig van 1,80 meter resp. 2.30 meter.

Een nieuw te storten vloer zorgt voor de constructieve verbinding tussen de palen en de dragende muren. In de muren moeten inkassingen worden gemaakt om deze verbinding mogelijk te maken. De nieuwe vloer kan de begane grond vloer zijn, maar er kan ook gekozen worden om de woning te onderkelderen. In figuur 32 zijn de beide mogelijkheden weergegeven.



Figuur 32 Funderingsherstel, methode: nieuwe palen, nieuwe vloer met inkassingen in metselwerk of door te onderkelderen

Figuur bron: [Etten van, Jong de, Richemont de, 2007]

Gevolg

De gehele fundering wordt vervangen door een nieuwe fundering. De bestaande fundering verliest haar functie. De nieuwe fundering is berekend op de huidige belastingsituatie. Oorspronkelijke zakkingsnelheden zullen verkleind tot helemaal gestopt worden.

Nieuwe palen met (voorgespannen) balkrooster

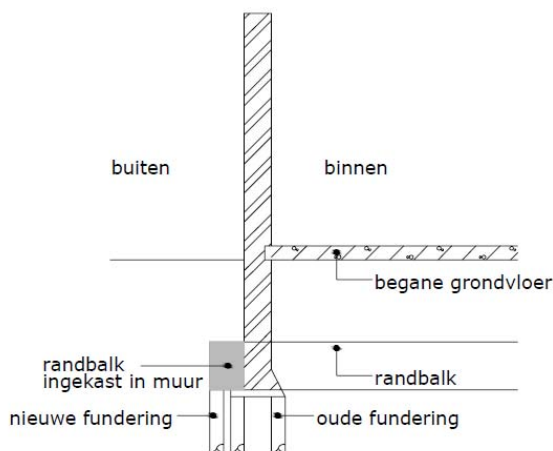
Toepassing

Deze methode wordt gebruikt als de fundering vervangen moet worden. Ook hier geldt dat de bestaande fundering zijn functie verliest.

De uitvoering kan gedaan worden met alleen randbalken, maar ook met een balkenrooster.

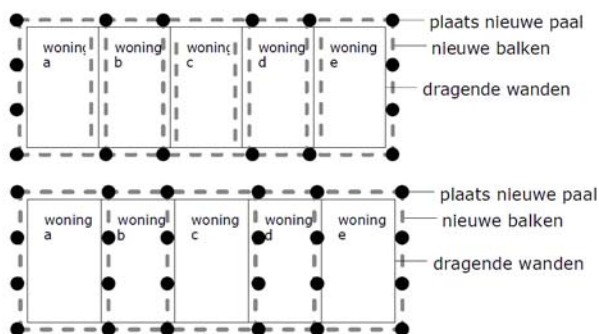
Aanpak

Er wordt een sleuf rondom de woning gegraven. Hier worden de nieuwe palen geplaatst. Een betonbalk zorgt voor de constructieve koppeling tussen de palen onderling en de bestaande constructie. Er wordt onderscheid gemaakt tussen voorspanbalken en balkenroosters. Voorspanbalken overspannen de volledige lengte van de woning, met een maximale lengte van 12 meter. Herstel vindt hierbij plaats aan de buitenzijde van de woning. Als er een balkrooster wordt toegepast, moeten er ook aan de binnenzijde van de woning nieuwe palen geplaatst worden, die de balken ondersteunen. Dit brengt meer overlast tijdens het herstel met zich mee. Een balkenrooster kan alleen toegepast worden als de woning beschikt over een kruipruimte.



Figuur 33 Doorsnede funderingherstel met randbalken

Figuur bron: [Etten van, Jong de, Richemont de, 2007]



Figuur 34

Boven voorspanbalken

Onder balkenrooster (alleen bewoners woning b en d tijdelijk woning verlaten)

Figuur bron: [Etten van, Jong de, Richemont de, 2007]

Gevolg

De gehele fundering wordt vervangen door een nieuwe fundering. De bestaande fundering verliest haar functie. De nieuwe fundering is berekend op de huidige belastingsituatie. Oorspronkelijke zakkingsnelheden zullen verkleind tot helemaal gestopt worden.

Door de muur gedrukte palen

Toepassing

Deze methode is geschikt als de volledige fundering vervangen moet worden. De oude fundering verliest hierbij haar functie.

Bij deze methode is het belangrijk dat de bovengrondse constructie (het metselwerk) voldoende draagkracht en samenhang heeft om de palen tegendruk te bieden tijdens het persen, zonder dat dit tot schade leidt.

Aanpak

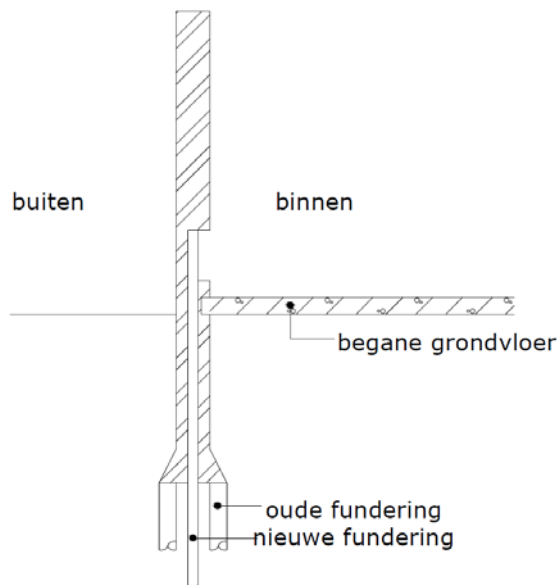
Direct onder de dragende muren worden nieuwe palen geplaatst. Hiervoor is het noodzakelijk dat er ter plaatse van de nieuwe palen, uitsparingen gemaakt worden. Deze worden om de 1 à 2 meter gemaakt. De nissen zijn ongeveer 300 mm breed, 200 mm diep en 1200 mm hoog. Vanuit de nissen worden de nieuwe palen in de grond gedrukt. De palen bestaan uit stalen buis segmenten die aan elkaar worden gelast of geschroefd.

Als de buizen tot in de draagkrachtige lagen gefundeerd zijn, worden ze gevuld met beton. Ook de ruimte tussen de paal en de muur wordt hiermee gevuld, zodat de paal verankerd is in de muur.

De toe te passen palen zijn dun, dit is de reden dat er meer palen nodig zijn dan bij de andere methoden, waarbij de palen een grotere diameter hebben.

Het voordeel van deze methode is dat de begane grondvloer behouden blijft.

Er zijn twee varianten te onderscheiden. Bij de ene variant worden de buizen vanaf de begane grond naar beneden gedrukt, dit kan vanaf de binnen- of buitenzijde van de woning. Bij de tweede variant gebeurt het drukken van palen vanuit de kruipruimte of kelder.



Figuur 35 Funderingsherstel: Door de muur gedrukte palen

Gevolg

De gehele fundering wordt vervangen door een nieuwe fundering. De bestaande fundering verliest haar functie. De nieuwe fundering is berekend op de huidige belastingsituatie. Oorspronkelijke zakkingsnelheden zullen verkleind tot helemaal gestopt worden.

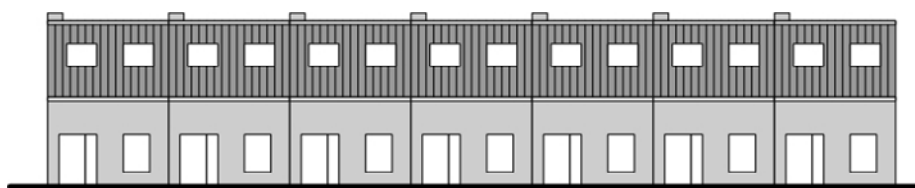
Combinatie van methoden

In geval van funderingsherstel van woningblokken moet een gunstige methode gekozen worden, waarbij er zo min mogelijk overlast wordt ondervonden door de bewoners en ook de kosten beperkt blijven. Een combinatie van eerdergenoemde methoden kan een oplossing zijn.

Onderstaand een voorbeeld:

Ten gevolge van funderingsproblemen moet de fundering van het gehele woningblok vervangen worden. Dat wil zeggen woning A t/m G. Er kan gekozen worden om pand A, C, E, G van een nieuwe fundering te voorzien. Bijvoorbeeld door in pandig nieuwe funderingspalen te plaatsen, daarop wordt een betonnen plaatvloer gestort. Van de woningen B, D, F worden de voor- en achtergevel opgevangen door een gekoppelde betonbalk, deze wordt van buitenaf aangebracht. Dit betekent dat de bewoners van pand B, D, F tijdens het herstel in hun woning kunnen blijven. De kosten kunnen verdeeld worden per vierkante meter woning.

Vooraf bij lage woningen is deze methode geschikt. Voorwaarde is wel dat er in de woningen geen dragende wanden zijn [SEV realisatie, 2007], wat meestal wel het geval is.



Aanzicht



Plattegrond

Figuur 36

2.6.3 Cascoherstel

Na het herstellen van de fundering kan ook de schade aan de bovengrondse constructie worden aangepakt. Dit wordt cascoherstel genoemd. Aanbevolen wordt om deze werkzaamheden een half jaar na het funderingsherstel te doen. Zo kunnen de zettingen van de fundering na het herstel nog plaatsvinden [Stichting Platform Fundering, 2009].

Het cascoherstel heeft als doel het herstellen van de bovengrondse constructie, het bestaat uit de volgende onderdelen [Stichting Platform Fundering, ongedateerd]:

Gevels, bouwmuren en dragende wanden

Werkzaamheden:

- Uithakken en opnieuw voegen van scheuren in metselwerk;
- Losse stenen en metselwerk opnieuw inboeten;
- Aangetast betonwerk, los gescheurd of ontbrekend voeg- en pleisterwerk repareren;
- Constructieonderdelen in metselwerk controleren op roest, behandelen of vervangen van onderdelen.

Bovenstaande zal moeten gebeuren in overeenstemming met de bestaande situatie.

Balkons, dakterrassen en veranda's

Werkzaamheden:

- Controleren van deze onderdelen op scheurvorming;
- Scheurvorming en aanwezigheid van losse stenen herstellen of vernieuwen.

Vloeren

Werkzaamheden:

- Slechte balken onder dragende wanden herstellen.

2.6.4 Overlast en kosten

Als vastgesteld is welk deel hersteld moet worden, kan er nagedacht worden over de methode. Er wordt een constructief plan opgesteld. Dit moet in samenspraak met de woningeigenaren worden gedaan. Het is belangrijk een goede oplossing te vinden hoe de herstelkosten worden verdeeld, maar ook welke woningen te maken krijgen met grote overlast door herstelwerkzaamheden.

Kosten

De kosten van funderingsherstel bedragen gemiddeld zo'n 70.000,- euro per pand. Dit is een grote kostenpost op de totale woonlasten. Een aantal factoren hebben invloed op de kosten [Etten van, Jong de, Richemont de, 2007].

In geval van houten paalfunderingen, de soort en mate van aantasting

Paalkopverlaging kan toegepast worden als slechts het bovenste deel van de paal is aangetast door schimmels. Dit is een goedkopere oplossing dan het plaatsen van nieuwe palen, wat in geval van bacteriële aantasting noodzakelijk is.

Hoogte woning en belasting

Door het plaatsen van dakkapellen, een extra verdieping, een nieuwe betonvloer, zwaardere meubels etc. is de belastingssituatie op de fundering gewijzigd. Dit betekent dat extra palen nodig zijn om overbelasting van de fundering te voorkomen. In geval van droogstand van palen, voldoet de oplossing paalkopverlaging niet zonder meer, omdat er op deze manier in het algemeen geen draagvermogen wordt toegevoegd.

Aanwezigheid kruipruimte of kelder

De aanwezigheid van een kelder of kruipruimte is gunstig voor de kosten van funderingsherstel. Er hoeft minder grond afgegraven te worden. Hoe hoger de kruipruimte of kelder, des te lager de kosten voor graafwerkzaamheden. De afvoer van grond kan kostbaar zijn als gevolg van de benodigde arbeid en stortkosten bij lichte verontreiniging.

Aanbrengen van nieuwe kelder

In geval van funderingsherstel kan er gekozen worden om het pand te onderkelderen. Dit brengt extra kosten en overlast met zich mee. De kosten zitten met name in de extra werkzaamheden van onder andere het grondverzet. Maar ook het extra beton dat niet alleen voor de vloeren benodigd is, maar ook om de kelderwanden waterdicht te realiseren.

Het onderkelderen van de woning zorgt ervoor dat de woning in waarde stijgt.

Vorm plattegrond, aanwezigheid aanbouwen

Hoe rechthoekiger de plattegrond, des te eenvoudiger de werkzaamheden voor funderingsherstel.

Afmetingen woning

Als gekozen wordt voor de herstelmethode waarbij voorgespannen balken worden toegepast, zullen er extra voorzieningen moeten worden getroffen als de overspanning langer wordt dan 10-12 meter. Dit betekent extra kosten.

Diepte draagkrachtige laag

Als de draagkrachtige lagen dieper liggen, zullen er langere palen moeten worden toegepast. Dit betekent dat er meer buissegmenten de grond in moeten worden geperst, deze moeten allemaal aan elkaar worden gekoppeld. Dit leidt tot extra las- of schroefwerkzaamheden en dus tot extra kosten.

Verkeerssituatie en ruimte

Als er geen bouwkeet in de buurt van de werkzaamheden kan worden geplaatst, zullen de werkzaamheden vertragen. Ook een drukke verkeerssituatie zal het tempo vertragen. Hierdoor lopen de kosten op.

Omleggen leidingen

Leidingen aan de straatzijde moeten in sommige gevallen worden omgelegd. Hiervoor is een nutsbedrijf verantwoordelijk. Dit kost geld en kan ook nog tot vertraging leiden.

Aanvullende eisen bewoners

Een groot deel van de kosten zal gaan zitten in de aanvullende eisen en wensen van de bewoners. En ook in de maatregelen die getroffen worden om de overlast te beperken.

Herinrichtingskosten

Bij de methoden waar de gehele begane grond vloer uit de woning gesloopt moet worden, zullen herinrichtingskosten gemaakt worden. Dit zijn de kosten voor het in oude staat terugbrengen van de vloer, het opnieuw plaatsen en aansluiten van voorzieningen van keuken en toilet en de afwerking.

Bij de methode waar de palen vanuit de muur worden gedrukt, zullen deze kosten bestaan uit het in oude staat terugbrengen en herstellen van de muur.

Overlast

De overlast door het funderingsherstel zit met name in de volgende aspecten:

Bewoonbaarheid woning

De overlast die ondervonden wordt tijdens herstel uit zich in het tijdelijk niet bewoonbaar zijn van enkele ruimtes binnen een woning of van de gehele woning. Bij sommige methoden moeten begane grondvloeren uit de woning worden gesloopt, wat betekent dat de bovenliggende ruimte ook leeg moet zijn. Als bewoners bijvoorbeeld net een nieuwe keuken en vloer hebben geplaatst, kunnen de kosten flink oplopen. En ook de overlast wordt meer ervaren.

Geluidsoverlast en trillingen

Afhankelijk van de herstelmethoden zal er geluids- en trillingsoverlast worden ondervonden. Als palen van buitenaf geplaatst kunnen worden, kan er gekozen worden voor grotere apparatuur. Dit versnelt het proces, maar veroorzaakt meer geluids- en trillingsoverlast. Wanneer er van binnenuit nieuwe palen worden geplaatst, wordt er gebruik gemaakt van kleinere machines. Dit beperkt de geluids- en trillingsoverlast, maar het plaatsen van de palen, bestaande uit buissegmenten, kost wel meer tijd.

Benodigde ruimte voor werkzaamheden

De apparatuur en machines benodigd voor het herstel moeten ergens staan en voor de werkzaamheden moeten bouwlieden af en aan kunnen lopen naar de woning. Dit kan betekenen dat een deel van de tuin opgehaald moet worden om tot transportroute te dienen voor de bouwlieden, machines en materialen.

Tijdsduur van overlast

Er zijn veel factoren van invloed op de tijd die nodig is voor het gehele herstelproces. Denk aan weersomstandigheden, herstelmethode, omleggen van leidingen, graafwerkzaamheden, las- en schroefwerk van stalen buispalen etc.

2.6.5 Conclusie

Voor de uitvoering van het funderingsherstel worden de volgende methoden toegepast:

- Paalkopverlaging,
- Tafelmethode (nieuwe palen, nieuwe vloer),
- Methode met balkrooster,
- Methode met door de muur gedrukte palen.

Voor herstel van woningblokken is het lastig om de meest optimale oplossing te vinden waarbij de overlast en de kosten voor alle woningeigenaren beperkt wordt. Er kan gekozen worden om een combinatie van bovenstaande methoden toe te passen. Het voordeel hiervan kan zijn dat niet alle woningen uit het blok tijdens het herstel onbewoonbaar zijn, maar slechts een deel.

De herstelkosten worden beïnvloed door een aantal factoren: de gekozen herstelmethode, de hoogte van de woning, de vorm van de woning, de extra wensen van de bewoners, herinrichtingskosten, diepte draagkrachtige lagen, duur van de werkzaamheden etc. De totale kosten worden evenredig verdeeld over de woningeigenaren, afhankelijk van het aantal vierkante meters vloeroppervlak. De meerkosten van de aanvullende wensen van de bewoners zijn voor de betreffende eigenaar.

De overlast door de werkzaamheden uit zich voornamelijk in het tijdelijk niet bewoonbaar zijn van de woning en geluids- en trillingsoverlast.

2.7 Kosten

Funderingsherstel is duur. Herstellkosten bedragen gemiddeld zo'n € 70.000,- per pand. De woonlasten voor bewoners nemen in zo'n geval met € 350,- per maand toe. Dit is een groot bedrag, wat voor sommige bewoners zelfs betekent dat ze in de schuldsanering terecht komen.

Hieronder wordt een overzicht van de kosten gegeven, daarbij uitgaande van funderingsherstellkosten van € 70.000,-. De kosten (incl. BTW) die gemaakt worden zitten in:

| | |
|--------------------------------|--|
| Het funderingsonderzoek | € 2000,- tot 3000,- |
| De procesbegeleiding | € 2500,- tot 3500,- |
| Kosten aannemer | € 50.000,- tot 60.000,- |
| Legeskosten (bouwvergunningen) | € 50,- tot € 1000,- verschilt per gemeente |
| Financieringskosten | € 1000,- |
| Bouwdirectie | € 2000,- tot € 2500,- |

Kostenindicatie op grond van [de Jong, 2011].

De aannemerskosten bestaan uit een aantal onderdelen:

- Bouw- en materiaalkosten
- Sloop- en afvoerkosten
- Engineeringskosten
- Evt. sondering
- Evt. bodemonderzoek

Waarbij deze laatste drie genoemde kostenposten ook in een eerder stadium door een ingenieursbureau kunnen worden gedaan.

Daarnaast zijn er nog de kosten voor cascoherstel, dit zijn extra kosten naast de funderingsherstellkosten. De cascoherstellkosten verschillen sterk per woning.

Om funderingsherstel te bevorderen stellen gemeenten geld beschikbaar voor subsidies en laagrentende leningen. De regelingen verschillen per gemeente.

Afhankelijk van de gemeente, zijn er subsidies voor:

- Onderzoek
- Procesbegeleiding
- Herstel (funderings- en cascoherstel)

Sommige partijen vinden het van belang dat de procesbegeleiding door de gemeente wordt gefinancierd. Zo wordt gestimuleerd dat het funderingsprobleem binnen woningblokken integraal wordt aangepakt. Er wordt voorkomen dat elke woningeigenaar zelfstandig een aannemer belt en regelt dat zijn fundering wordt hersteld. Het voordeel van de integrale aanpak is dat er een herstelplan kan worden opgesteld voor het gehele woningblok. Zo wordt voorkomen dat er ten gevolge van herstel van de ene woning, schade ontstaat aan de naastgelegen panden die nog niet hersteld zijn. Ook de totale herstellkosten zullen lager zijn.

2.8 Niet-technische aspecten van funderingsherstel

2.8.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de niet-technische aspecten van funderingsherstel besproken. Deze aspecten hebben een grote invloed op het funderingsherstelproces en kunnen daarom niet los worden gezien van het technische funderingsprobleem.

In dit hoofdstuk zal allereerst worden ingegaan op de maatschappelijke aspecten van de funderingsproblematiek. Vervolgens zal een paragraaf worden besteed aan de juridische aspecten, vervolgens zal de rol van begeleidingsbureaus en de rol van de gemeente worden besproken.

2.8.2 Maatschappelijke aspecten

Problemen

Funderingsschade is niet alleen een technisch probleem, maar vooral ook een maatschappelijk probleem. In Nederland zijn zeker 200.000 meldingen bekend van funderingsschade. De kans is groot dat dat er in de toekomst nog veel meer worden. Maar de maatschappelijke kant van funderingsschade bij woningblokken zit niet alleen in de omvang van het probleem, het uit zich ook in de volgende punten:

Verpaupering wijken

Door het verzakken van woningen ten gevolge van funderingsschade, staan straten er slordig bij. Woningen staan scheef en er zitten scheuren in de gevels. Indien de fundering niet wordt hersteld, heeft het geen zin om te investeren in de bovengrondse constructie. De onderdelen blijven scheuren, scheef staan en rotten. Woningeigenaren hebben hierdoor geen zin om meer wat van de woning en wijk te maken. Gevolg is dat straten en wijken verpauperen. [Projectbureau funderingen, 2010]

Verantwoordelijkheid

De oorzaken van funderingsschade zijn in paragraaf 2.3 en [bijlage C](#) besproken. Te zien is dat de oorzaken van schade verschillend van aard zijn. Het is lastig om een verantwoordelijke aan te wijzen voor de problematiek. Terwijl woningeigenaren die geconfronteerd worden met schade vaak boos zijn. Zij willen een verantwoordelijke voor de schade aanwijzen. Vaak geven zij de gemeente de schuld. Bijvoorbeeld als het gaat om droogstand van palen ten gevolge van lekke riolen. Als woningeigenaar ben je zelf verantwoordelijk voor het grondwaterpeil onder je woning. Als slecht onderhoud van riolen oorzaak is van het droogstaan van een houten paalfundering, is daar als woningeigenaar weinig aan te veranderen. Daarnaast is het lastig te bewijzen dat dit dé oorzaak is van de funderingsschade. Vaak spelen meerdere factoren een rol. Voor veel funderingsproblemen is niet één schuldige te vinden. De woningen zijn begin 1900 gebouwd, toen er nog niet veel rekening werd gehouden met de ondergrond en ook veel kennis nog niet beschikbaar was. Men bouwde met de kennis en inzichten van toen.

Kosten

Funderingsherstel is kostbaar. Per woning kunnen de kosten wel oplopen tot € 70.000,-. Op een woning die € 150.000,- heeft gekost, is dit een onevenredig hoge kostenpost. Veel woningeigenaren hebben dit geld niet of kunnen dit niet missen. Voor sommigen betekent dit zelfs dat zij in de schuldsanering terecht komen. Gemeenten proberen eigenaren tegemoet te komen, door hun een laagrentende lening aan te bieden. Bedacht moet worden dat bij een lening van € 70 000,- en een looptijd van 20 jaar, de kosten nog steeds € 360,- per maand bedragen bij een rentepercentage van 1,5 %. Bij een zelfde bedrag, maar dan een looptijd van 30 jaar zijn de maandlasten ongeveer € 260,- per maand. De woonlasten stijgen enorm [Ames, 2007]. Daarnaast is er het probleem van woningen die net voorzien zijn van bijvoorbeeld een nieuwe begane grond vloer of een nieuwe keuken. Dit heeft wat gekost, maar voor het herstel, moet dit er soms weer uitgesloopt worden. Deze kosten kunnen ook wel tot € 30.000,- oplopen.

Overlast

Het herstellen van een fundering brengt ontzettend veel overlast met zich mee. Er moet rekening mee gehouden worden dat deze overlast wel een jaar kan duren [Projectbureau funderingen, 2010]. Het begint met

de funderingsonderzoeken voorafgaand aan het herstel. Als er een keus gemaakt is om de fundering te herstellen, zal er nog veel meer overlast ondervonden worden. In veel gevallen moet de gehele begane grondvloer eruit, zodat er ruimte is om bij de fundering te kunnen. Daarnaast moeten soms delen van de achtertuin platgelegd worden, om apparatuur etc. gemakkelijk naar de woning te kunnen brengen. In sommige gevallen kunnen woningeigenaren niet in hun eigen woning blijven wonen tijdens de herstelwerkzaamheden. Niet iedereen kan de overlast ten gevolge van funderingsherstel aan.

Meerdere eigenaren moeten meedoen, anders herstel zinloos

Volgens de huidige inzichten heeft funderingsherstel alleen zin als het gehele blok of de gehele bouwkundige eenheid wordt aangepakt. Dat betekent dat alle woningeigenaren mee moeten doen aan het herstel en ook hun bijdragen moeten leveren aan de kosten. Dus ook de eigenaren van woningen waar op dat moment geen of weinig schade wordt ervaren. In het algemeen geldt dat de funderingsproblemen binnen een bouweenheid maar zelden geheel gelijkmatig verdeeld zijn. Meestal wordt op één plaats meer schade ondervonden dan elders.

Verkoopbaarheid woning minder

Woningen met funderingsschade zijn niet aantrekkelijk op de markt. Doordat de kosten voor funderingsherstel hoog zijn en er veel overlast bij komt kijken wordt de verkoopbaarheid van de woning lastig. Daarnaast is er nog het probleem dat funderingsschade niet individueel opgelost kan worden, maar gezamenlijk met de andere woningeigenaren uit het blok opgelost moet worden. Als zij niet mee willen werken, wordt herstel lastig tot onmogelijk. Deze zaken maken het onaantrekkelijk om een woning met funderingsschade te kopen.

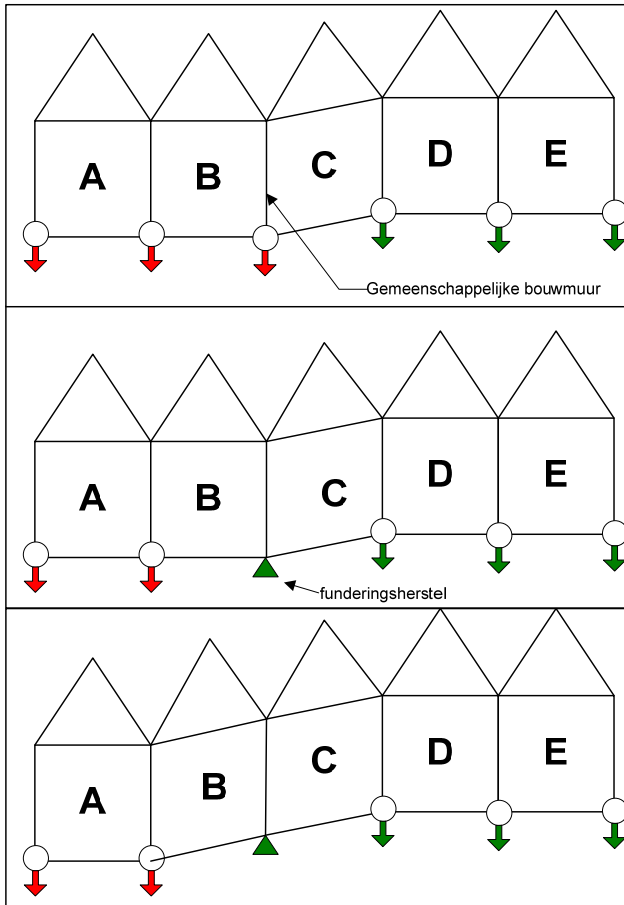
Geschillen

Mensen hebben de tijd nodig om de klap, als gevolg van het vaststellen van funderingsschade, te verwerken. Aan het begin zijn ze vaak kwaad en zoeken ze een schuldige. Op den duur, als enkele bewoners de schade en het herstelproces geaccepteerd hebben, is er nog steeds kans op ruzies. Bijvoorbeeld tussen burens binnen een bouwkundige eenheid. Als één bewoner niet wil meedoen aan het herstel, staat dit het herstel van de andere woningen in de weg. Frustraties en ruzies zijn het gevolg.

Eigendomssituatie

Funderingen onder woningblokken zijn vaak gemeenschappelijk bezit. Als er scharnierpanden binnen een woningblok aanwezig zijn, wordt het lastig een eerlijke oplossing te vinden om de fundering te herstellen. Er moet zorgvuldig worden omgegaan met de verdeling van de kosten en het risico op schade na partieel funderingsherstel.

Het volgende voorbeeld laat dat zien, zie figuur 37 op de volgende pagina.



Figuur 37 Probleem van scharnierpand



Figuur 38 Legenda

Beginsituatie: Er is een zakkingsverschil tussen de woningen A, B, C en D, E. Door de bouwkundige koppeling tussen de woningen wordt woning C een scharnierpand.

De eigenaar van woning C kiest voor het herstellen van de fundering onder de bouwmuur tussen woning B en C. Deze bouwmuur is gemeenschappelijk bezit van de eigenaar van woning B en woning C. De beide eigenaren zullen moeten bijdragen aan de kosten voor het herstel.

Na het herstel zal na verloop van tijd woning B als scharnierpand gaan fungeren.

De woningeigenaar van woning B had oorspronkelijk geen funderingsprobleem, heeft meebetaald aan het funderingsherstel van woning C en krijgt zelf een funderingsprobleem.

Als de eigenaar van woning B ervoor kiest niet mee te betalen aan het herstel van woning C, zal woning C op den duur niet meer leefbaar zijn.

Funderingsherstel heeft zin als woning A, B en C zullen worden aangepakt.

Kansen

Naast al deze negatieve punten zijn er ook een aantal positieve punten te noemen indien er gekozen wordt voor herstel:

Straten knappen op

Er is gebleken dat na funderingsherstel, mensen meer motivatie krijgen om ook te investeren in de rest van de woning en straat. Wijken knappen weer op en het wordt prettiger om er te verblijven. [Projectbureau funderingen, 2010]

Door funderingsproblemen is de waarde van historische binnensteden verminderd. Door het herstellen van de funderingsschade en het opknappen van de bovengrondse constructie neemt de historische waarde weer toe.

Mogelijkheid onderkelderen woning

In stedelijk gebied is de ruimte schaars en de grond duur. Als er gekozen wordt voor funderingsherstel, komt daarbij de optie om een kelder onder de woning te laten plaatsen. De woning stijgt hierdoor meer in waarde.

Mogelijkheid vervangen en isoleren vloer

Bij het funderingsherstel is de mogelijkheid de oorspronkelijke vloer, mogelijk een houten niet geïsoleerde vloer, te vervangen door een beter isolerende betonnen vloer. De waarde van het huis stijgt hierdoor.

Mensen trekken naar elkaar toe

Binnen een woningblok krijgen de woningeigenaren met dezelfde problemen te maken. Dit scheidt een band. Daarnaast zijn de problemen alleen op te lossen, als dat gezamenlijk gebeurt. Buren zijn gedwongen met elkaar in overleg te gaan en leren elkaar beter kennen. Dit kan goed zijn voor een buurt.

Verkoopbaarheid woning

Na herstel van funderingsschade neemt de waarde van een woning toe. Daarnaast wordt de verkoopbaarheid beter.

2.8.3 Juridische aspecten

In deze paragraaf worden in het kort een aantal juridische aspecten besproken die tijdens het proces van funderingsschade tot aan –herstel kunnen voorkomen. Het is geen volledig overzicht.

Aansprakelijkheid funderingsschade

Na het constateren van funderingsschade is het van belang de oorzaak hiervan te achterhalen. Dit is niet alleen van belang voor het beoordelen en herstellen van de fundering, maar ook om te oordelen of er iemand verantwoordelijk is voor de opgetreden schade. Vaak is het lastig om een causaal verband te vinden tussen de funderingsschade en mogelijke oorzaken. Funderingsschade is vaak het gevolg van meerdere oorzaken waarvoor niet één verantwoordelijke is aan te wijzen en de schade kan dus niet verhaald worden. Dit betekent, in veel gevallen, dat de woningeigenaren zelf verantwoordelijk zijn voor het herstel en de bijbehorende kosten.

Verdeling herstelkosten

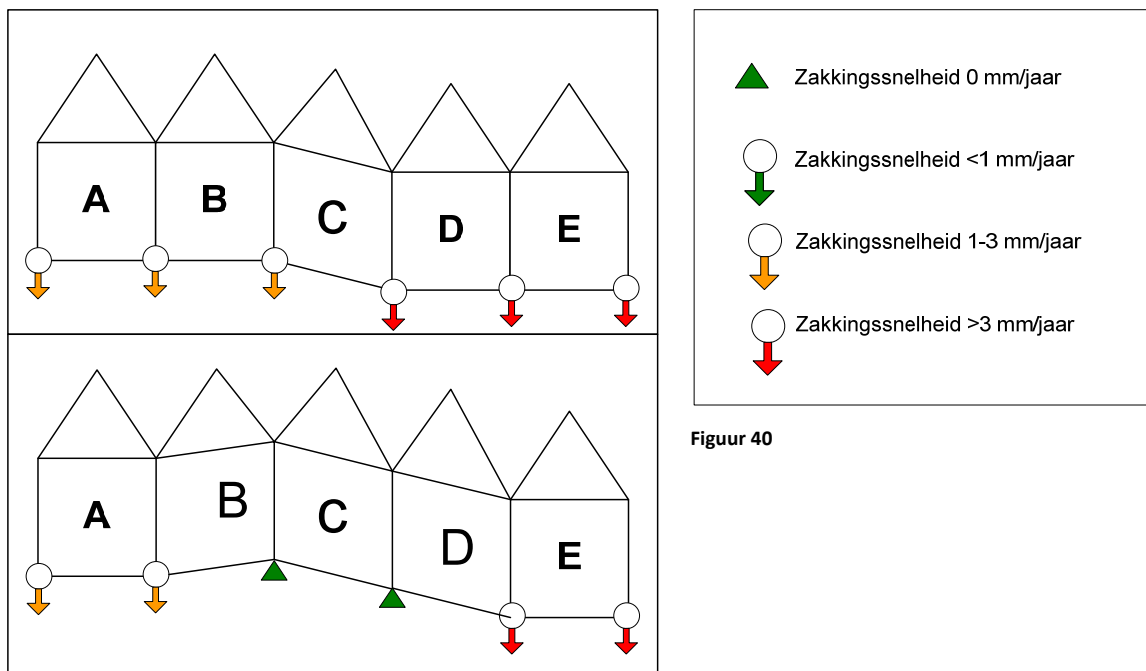
Een woningblok kan bestaan uit één of meerdere bouweenheden. Dit betekent dat de panden constructief met elkaar verbonden zijn en gemeenschappelijke bouwmuren hebben. Deze bouwmuur met daaronder de fundering is gemeenschappelijk bezit, dit wordt mandeligheid genoemd. Als er sprake is van mandeligheid zijn de eigenaren samen verantwoordelijk de onroerende zaak (in dit geval bouwmuur met daaronder fundering) te onderhouden, te reinigen en te vernieuwen indien dat nodig is. Woningeigenaren van de woningen grenzend aan deze bouwmuur zijn dus samen verantwoordelijk voor evt. funderingsherstel en dragen samen de herstelkosten.

Vaak wordt er bij funderingsschade van woningen binnen een bouweenheid gekozen de fundering onder de gehele bouwkundige eenheid te herstellen. Dit betekent dat alle eigenaren een naar eigendom evenredig deel van de herstelkosten betalen.

Indien niet alle eigenaren mee willen doen aan het herstel, maar er is aangetoond dat herstel noodzakelijk is om behoud van de woningen en de veiligheid van de bewoners te garanderen, mag het herstel uitgevoerd worden. De kosten kunnen dan alsnog bij de weigerende eigenaren worden verhaald via een zogenaamde aanschrijvingsprocedure.

Schade ten gevolge van herstel

Ten gevolge van funderingsherstel van één of meerdere woningen binnen een bouweenheid kan schade ontstaan aan andere panden binnen de eenheid. Dit is een algemeen probleem bij partieel funderingsherstel. Een bewoner heeft het recht de fundering onder zijn of haar woning te herstellen. Hij moet in zo'n situatie wel de eigenaren van de aangrenzende panden inlichten. Zij kunnen kiezen om wel of niet mee te doen aan het herstelplan. Het kan voorkomen dat zij kiezen om niet mee te doen aan het herstelplan, maar wel schade ondervinden aan de bovengrondse constructie ten gevolge van het herstel van naastgelegen panden. Voor deze situatie wordt er in de Nederlandse wetgeving geen duidelijke uitspraak gedaan. Het voorbeeld op de volgende pagina maakt een en ander duidelijk.



Figuur 40

Figuur 39

Woningen A t/m E hebben een funderingsprobleem, het gevolg is dat de woningen steeds verder verzakken. In dit geval wil eigenaar C zijn fundering herstellen. Hij licht eigenaar B en D in over de herstelplannen. Zij kiezen ervoor niet mee te doen aan het herstelplan. Maar ten gevolge van het herstel van fundering C ontstaat er schade aan woning B en D. Woning A, B, D, E zakken verder door de funderingsproblemen, woning C blijft op hetzelfde niveau. Gevolg is dat woning B en D scharnierpanden worden.

Woningeigenaar B en D stappen naar de rechter. De bovengrondse schade is ontstaan doordat pand C zijn fundering heeft hersteld. Maar de woningen hadden al een funderingsprobleem.

Afhankelijk van het technisch inzicht van de rechter zal woningeigenaar C niet verantwoordelijk gehouden worden voor de schade. Deze kan zeggen dat de woningen al een funderingsprobleem hadden, voordat pand C werd hersteld. Woningeigenaar B en D zijn zelf verantwoordelijk voor de kwaliteit van de fundering onder hun woning en kunnen woningeigenaar C niet aansprakelijk stellen.

Andere rechters zullen beslissen dat de schade is ontstaan door funderingsherstel van pand C en zullen eigenaar C wel verantwoordelijk houden voor de schade.

De uitspraak van de rechter, over de verantwoordelijkheid voor de opgetreden schade, is ook afhankelijk van de noodzaak waarmee de eerste pandeigenaar (eigenaar C) zijn fundering heeft hersteld. Komt zijn eigen veiligheid in gevaar, dan is deze genoodzaakt zijn fundering te herstellen en krijgt hij zijn gelijk. Maar was er geen noodzaak voor het herstellen van de fundering, dan ligt dit anders. De pandeigenaar, aan wie schade is aangericht (in dit geval eigenaar B en D) zal dan de schade op de eerste pandeigenaar kunnen verhalen.

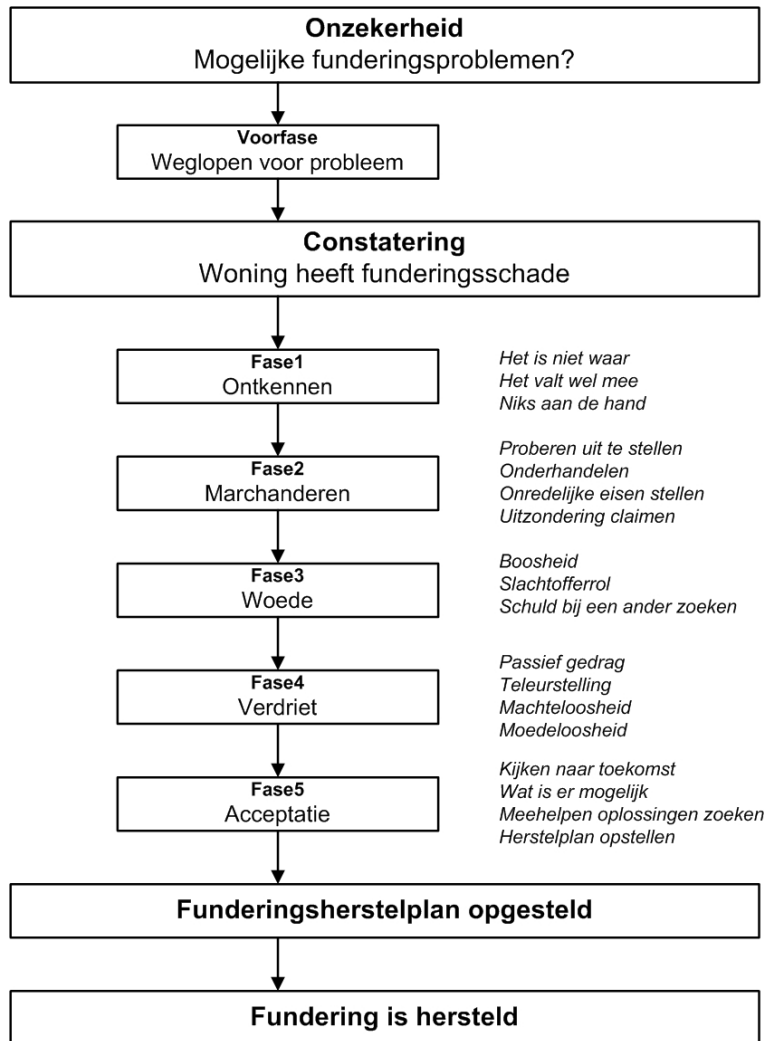
Het is belangrijk dat er in de Nederlandse regelgeving meer duidelijkheid komt over bovenstaand probleem. Maar ook dat de rechters goed worden ingelicht over het technische probleem dat hier speelt. Het mag niet zo zijn dat afhankelijk van de rechter de verantwoordelijkheid voor de schade wordt verdeeld.

Dit zijn een aantal juridische problemen die tijdens het proces van funderingsherstel aan de orde kunnen komen. Meer hierover kan gelezen worden in [Velten, van, 2009].

2.8.4 Procesmatige aspecten

Bewoners die te horen krijgen dat hun woning funderingsschade heeft, komen terecht in een proces waar ze zelf niet voor kiezen. Het is een rouwproces dat tijd kost. Belangrijk is dat er in de bouwplanning rekening wordt gehouden met de tijd die bewoners nodig hebben, om deze klap te verwerken. Zolang bewoners niet geaccepteerd hebben dat er iets aan hun woning gedaan moet worden, kan er niet begonnen worden met het opstellen van een herstelplan.

Na de constatering van funderingsschade, doorlopen de bewoners een aantal fasen voordat er begonnen kan worden aan het opstellen van een funderingsherstelplan. Deze fasen verschillen per individu en niet iedereen zal al deze fasen doorlopen. Maar in grote lijnen ziet het proces er als volgt uit, zie figuur 41:



Figuur 41 Acceptatie van funderingsprobleem

De fasen die bewoners doorlopen zijn resp. ontkennen, marchanderen, woede en verdriet. Hierna begint de acceptatiefase. Dit is de fase waarin bewoners doorhebben dat ze er niet om heen kunnen, maar dat er echt ingegrepen moet worden in de huidige situatie. Het kost ongeveer 2 maanden voordat bewoners de situatie geaccepteerd hebben. Vanaf dat moment kan er naar de toekomst gekeken worden en kan men beginnen met het opstellen van het herstelplan. Voordat alle bewoners van een woningblok op één lijn zitten en er een herstelplan is opgesteld waar alle bewoners achter staan, zijn er zo'n 9-12 maanden om. Maar deze periode kan ook langer duren, zelfs wel enkele jaren. Dit is afhankelijk van het soort en de ernst van het funderingsprobleem, het aantal betrokken woningeigenaren, de houding, het belang en de financiële situatie van de bewoners.

Begeleiding

Bewoners die te horen krijgen dat hun woning funderingsschade heeft, wordt geadviseerd een procesbegeleider in te schakelen. Om het proces sneller te laten verlopen, is het van belang dat deze begeleiding zo vroeg mogelijk wordt ingezet. In het ideale geval is de procesbegeleiding ingeschakeld vanaf het moment dat bekend is dat woningen te maken hebben met funderingsschade. Maar dit is niet altijd het geval. De begeleiding bestaat uit een aantal stappen:

Stap 1: Voorbereiding

Het voorbereiden van de bewoners op wat er allemaal op hen af komt in het te doorlopen proces. Een aantal taken zijn: individuele gesprekken met eigenaren en huurders over de sociale en financiële aspecten, het vaststellen van de organisatie, vastlegging, planning en communicatie gedurende de herstelperiode.

Stap 2: Programma

In deze fase wordt met de bewoners een programma van eisen opgesteld. Er wordt een voorlopig plan opgesteld, een schetsplan. Er worden funderingsherstelbedrijven en bouwkundige aannemers geselecteerd, offertes opgevraagd en besproken, kostenramingen gemaakt en de verdeelsleutel van de kosten wordt vastgesteld.

Stap 3: Uitwerking en Vergunningen

In deze fase worden de plannen verder uitgewerkt in overleg met een constructeur en aannemer. Grondonderzoeken worden gedaan en het definitieve plan wordt opgesteld. Vergunningen worden aangevraagd en ook individuele financieringsaanvragen worden ingediend.

Stap 4: Opdrachtverlening

Vergunningen worden verleend, er worden bouwdepots opgesteld, bouwvergaderingen georganiseerd, een werk- en tijdsplanning wordt opgesteld. Daarnaast worden er afspraken gemaakt rondom de uitvoeringsorganisatie en de communicatie tussen bewoners en aannemer.

Stap 5: Uitvoering

Dit is de fase waarin de fundering daadwerkelijk hersteld wordt. Er worden voorafgaand aan het herstel nulmetingen gedaan aan naastgelegen panden. Het project wordt opgeleverd en na enkele maanden wordt ook het cascoherstel uitgevoerd en opgeleverd.

Stap 6: Afronding.

Na de oplevering worden de eindafrekeningen opgesteld, financieringen en bouwdepots worden afgerond. De beheerfase start nu.

Het voordeel van het inschakelen van een begeleidingsbureau tijdens dit proces is dat het proces sneller kan verlopen dan in de situatie waarin bewoners zelf alles proberen te regelen. Een begeleidingsbureau weet precies welke stappen er gezet moeten worden, welke instanties betrokken moeten worden in het proces, welke vergunningen aangevraagd moeten worden en hoe de kosten van het project op een eerlijke manier verdeeld kunnen worden.

In geval van funderingsherstel bij woningblokken, is het helemaal van belang dat er begeleiding aanwezig is. Meerdere bewoners, met elk hun eigen voorkeuren en belangen moeten samen beslissingen nemen. Onderling lukt het vaak niet om een goed herstelplan op te stellen. Er is grote kans op ruzies en het nemen van beslissingen wordt uitgesteld. Begeleidingsbureaus kunnen bemiddelen tussen bewoners en samen met de bewoners zoeken naar een goede oplossing.

Begeleidingsbureaus worden niet altijd vanaf de allereerste fase ingeschakeld. Het komt regelmatig voor dat bewoners zelf individueel al hun eigen herstelplannen opzetten. Er wordt onderling weinig tot niet overlegd. Iedere bewoner regelt zelf een aannemer om de fundering onder de betreffende woning te herstellen. Er wordt geen integraal plan opgesteld. Als één of enkele bewoners zich zorgen gaan maken over de gang van zaken, benaderen zij een procesbegeleider zodat er een plan voor het gehele woningblok opgesteld kan worden en de kosten beperkt kunnen worden.

Dit hoofdstuk is gebaseerd op een gesprek met Ir. D. de Jong van bouwadviesbureau 'de Groene Werf' [de Jong, 2011]. Dit bureau houdt zich bezig met procesbegeleiding, stedelijke vernieuwing en het geven van bouwkundig advies.

2.8.5 Beleidsmatige aspecten

In deze paragraaf zal de rol van de gemeente met betrekking tot de funderingsproblematiek worden besproken. Daarnaast zal van verschillende gemeentes het beleid en de invloed van het beleid op de praktijk van het funderingsherstel worden besproken.

De rol van de gemeente

Huiseigenaren zijn zelf verantwoordelijk voor de aanpak van funderingsproblemen aan hun woning. De gemeente kan hierbij hulp bieden. De rol van de gemeente uit zich, met betrekking tot funderingsschade en –herstel, in de volgende taken:

Bewaken van de woningkwaliteit

Om veiligheidsredenen en om verval van wijken te voorkomen, is het van belang dat een gemeente toezicht houdt op de woningkwaliteit. Woningen moeten voldoen aan de eisen gesteld in het Bouwbesluit en aan gemeentelijke verordeningen.

Aanschrijven woningen met schade

Eigenaren van woningen die niet voldoen aan het Bouwbesluit of aan de gemeentelijke verordening worden door de gemeente aangeschreven. Voor funderingsherstel betekent dit dat pas in een laat stadium aangeschreven kan worden, eigenlijk pas als het al te laat is.

Voorlichting, begeleiding en advies

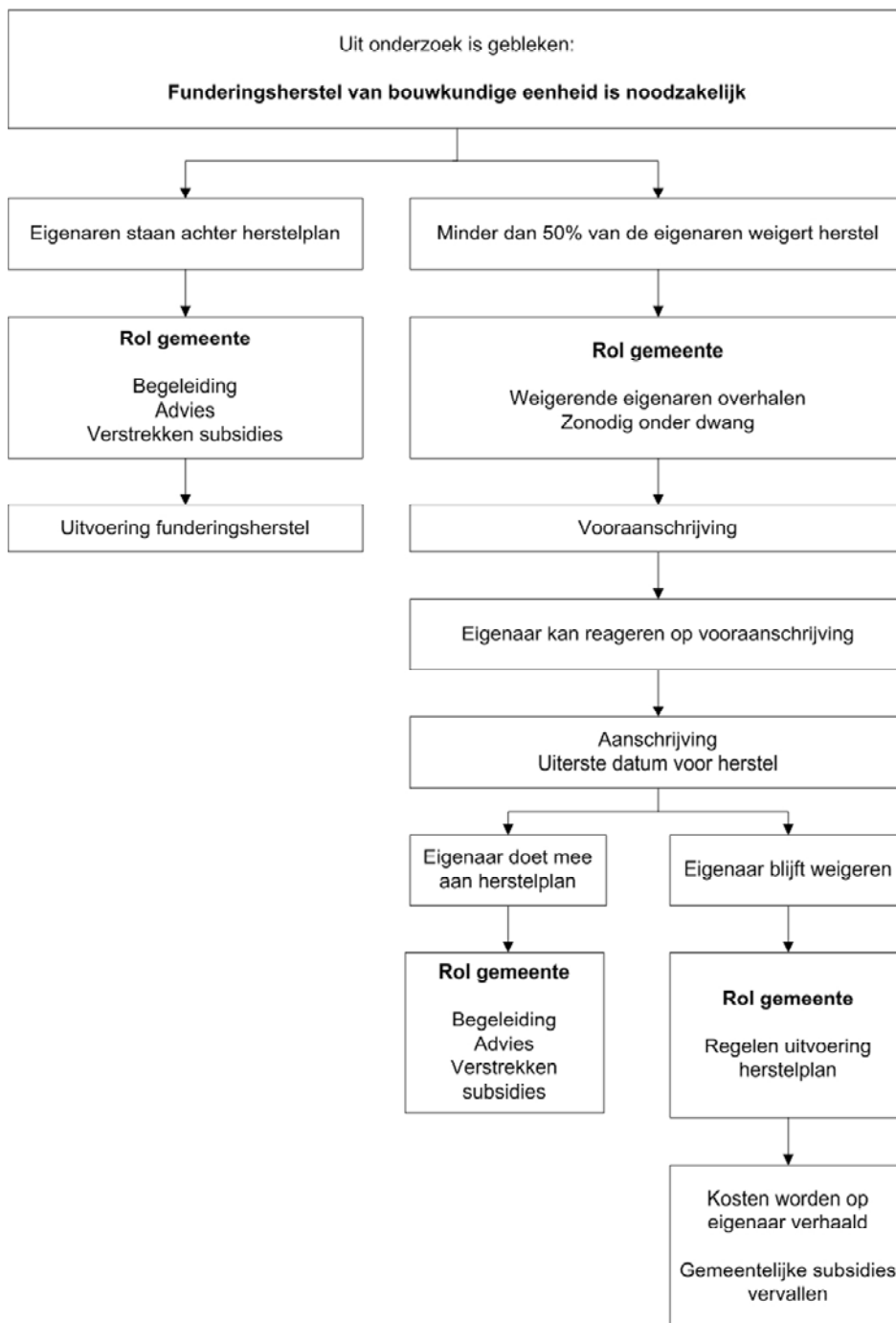
Als alle bewoners achter het herstel van de fundering onder hun woning staan, is het de rol van de gemeente deze bewoners hierin te begeleiden en te adviseren. De gemeente Rotterdam bijvoorbeeld heeft hiervoor een funderingsloket geopend. Mensen met vragen en klachten met betrekking tot hun fundering kunnen hier terecht. Daarnaast worden er voorlichtingsavonden georganiseerd.

Bieden van subsidies en laagrentende leningen

Het herstel van een fundering brengt hoge kosten met zich mee. Verschillende gemeentes bieden subsidies en laagrentende leningen aan om woningeigenaren tegemoet te komen in de kosten. Zo willen gemeentes het herstel van achterstallig onderhoud aan woningen stimuleren, zij zijn hier immers ook bij gebaat. Het aanbieden van subsidies en laagrentende leningen is per gemeente geregeld en verschilt dus ook per gemeente.

Overhalen weigerende woningeigenaren

Funderingsschade wordt, volgens de huidige inzichten, per bouwkundige eenheid aangepakt. Dat betekent dat alle eigenaren van woningen binnen die eenheid mee moeten doen aan het herstelplan. Als herstel noodzakelijk blijkt en enkele eigenaren weigeren mee te doen aan het herstel, kan de gemeente hen aanschrijven en onder dwang overhalen. Als een eigenaar blijft weigeren, regelt de gemeente dat het herstel wordt uitgevoerd. De kosten worden dan verhaald op de eigenaar van de woning en deze komt niet meer in aanmerking voor subsidies [Gemeente Haarlem, 2002]. In figuur 42 is dit proces weergegeven.



Figuur 42

Nb. Voor de gemeente Haarlem geldt als een minimaal percentage van 50% van de eigenaren mee wil doen aan funderingsherstel, de gemeente de andere eigenaren gaat aanschrijven. Niet alle gemeenten hanteren dezelfde percentages.

Toetsen bouwplannen

Nadat er gekozen is voor een bepaald herstelplan of er is gekozen voor sloop en nieuwbouw, is het de taak van Bouw- en woningtoezicht de bouwplannen te controleren aan de bouwregelgeving en andere voorschriften. Als de plannen voldoen aan de eisen, wordt er een vergunning verleend en mag er gebouwd worden.

[Gemeente Amsterdam, 2006]

Controle nadat herstel is uitgevoerd

Nadat de funderingsherstelwerkzaamheden zijn uitgevoerd, heeft het bouwwerk een nieuwe levensduur. Tijdens deze levensduur is het gebouw opnieuw onderhevig aan slijtage. Het is de taak van de eigenaar van de woning onderhoudswerkzaamheden uit te voeren waar nodig. Het is de taak van de gemeente er op toe te blijven zien dat een gebouw voldoet aan de geldende bouwvoorschriften. Dit zijn de voorschriften die golden op het moment dat het gebouw werd gebouwd, danwel de voorschriften die golden tijdens de laatste verbouwing. Maar altijd geldt dat gebouwen minimaal in overeenstemming moeten zijn met de voorschriften voor bestaande bouw in het Bouwbesluit 2003, de gemeentelijke Bouwverordening en welstandseisen [Gemeente Amsterdam, 2006].

Rioolnet onderhouden

Veel funderingsproblemen bij houten paalfunderingen zijn veroorzaakt door het droogstaan van het funderingshout. Een woningeigenaar is zelf verantwoordelijk voor de waterstand onder zijn woning. Lekkage in riolen kan een verlaging van de grondwaterstand tot gevolg hebben. Het is de taak van de gemeente om grondwaterstanddaling ten gevolge van lekke riolen te voorkomen. De gemeente is verantwoordelijk voor het onderhoud aan de rioleringsbuizen.

Gewenste handhavingstermijn

Afhankelijk van het gemeentelijk beleid zal er een periode gelden, waarbinnen geen schade mag optreden ten gevolge van funderingsproblemen en -herstelwerkzaamheden. Dat wil zeggen, er mag in deze periode geen schade aan het herstelde pand optreden, maar ook niet aan belendingen. In dit rapport wordt voor deze periode de term “gewenste handhavingstermijn” gebruikt.

De gewenste handhavingstermijn heeft in geval van partieel funderingsherstel invloed op de omvang en grenzen van de hersteleenheid.

In het kort zullen een aantal argumenten gegeven worden voor de keuze voor een bepaalde gewenste handhavingstermijn:

Keuze handhavingstermijn 15-25 jaar

In het kader van stadsvernieuwing wordt door gemeenten geïnvesteerd in de bestaande woningvoorraad. Afhankelijk van het investeringsniveau in woningverbetering zal er gekozen worden voor een handhavingstermijn. Vaak wordt een periode van 15-25 jaar gehandhaafd als periode waarbinnen geen schade mag optreden.

Met name gemeentes die actief bezig zijn met stadsvernieuwing en funderingsherstel, hanteren een handhavingstermijn van 15-25 jaar. Gemeente Schiedam bijvoorbeeld heeft in het kader van grootschalige stadsvernieuwing en -verbetering als uitgangspunt dat iedere woning over een handhavingstermijn van minimaal 15 jaar beschikt. Woningen met een kortere handhavingstermijn, worden aangeschreven. In het kader van funderingsherstel betekent dit dat na partieel funderingsherstel er binnen een periode van 15 jaar geen schade mag optreden aan de betreffende panden en belendingen.

Keuze handhavingstermijn 30 jaar

Voor veel mensen is 30 jaar een belangrijke financiële periode. Dit is de meest voorkomende looptijd van een hypotheek. Funderingsherstel brengt extra woonlasten met zich mee. In het kader hiervan is een gewenste handhavingstermijn van 30 jaar aan te bevelen. Er zullen binnen deze periode geen extra woonlasten komen, ten gevolge van funderingsproblemen.

Keuze handhavingstermijn 50 jaar

In het bouwbesluit wordt de term referentieperiode gebruikt voor het tijdsbestek waarin de bouwconstructie of een deel daarvan aan de gestelde eisen moet voldoen met een vastgestelde mate van betrouwbaarheid. Deze term is vergelijkbaar met de term *gewenste handhavingstermijn*, zoals deze in dit rapport gebruikt wordt. In het bouwbesluit wordt voor de lengte van de referentieperiode verwezen naar NEN 6702. Afhankelijk van de veiligheidsklasse waarbinnen een bouwwerk valt, geldt er een bepaalde referentieperiode. Woningen behoren tot veiligheidsklasse 2 en dus moet er gerekend worden met een referentieperiode van 50 jaar [NEN 6702: 2001].

Omdat het, in geval van funderingsherstel, gaat het om verbouw van bestaande bouw, kunnen er uitzonderingen op deze regelgeving worden gemaakt. De Nederlandse bouwregelgeving geeft geen duidelijk antwoord op de vraag aan welk niveau een bestaand bouwwerk moet voldoen na verbouw of renovatie.

Praktijk

Met betrekking tot funderingsschade en –herstel verschilt het gemeentelijk beleid per gemeente. Voert de ene gemeente een heel actief beleid om de funderingsproblematiek aan te pakken, zo zijn er andere gemeentes waar het initiatief volledig bij de woningeigenaren ligt. Van een aantal gemeentes is geïnventariseerd wat het gemeentelijk beleid met betrekking tot partieel funderingsherstel is. Deze worden hier besproken.

Gemeente Schiedam, Dordrecht en Zaanstad

Gemeente Schiedam, Dordrecht en Zaanstad voeren een actief beleid. Zij hebben op kosten van de gemeente in de verschillende wijken funderingsonderzoeken laten uitvoeren. De bewoners hebben deze rapporten gekregen. Nu ligt het initiatief tot funderingsherstel bij de woningeigenaren. Indien er onveilige situaties ontstaan als gevolg van funderingsgebreken, worden de eigenaren aangeschreven.

Kiest een bewoner naar aanleiding van het funderingsonderzoek ervoor zijn fundering te herstellen, dan zijn er vanuit de gemeentes leningen en subsidies beschikbaar. De voorwaarden voor deze tegemoedkomingen en de hoogte van de bedragen verschillen per gemeente.

Vanuit deze gemeentes wordt er gestimuleerd dat funderingsherstel per bouweenheid wordt aangepakt. In de praktijk blijkt partieel herstel in deze gemeentes weinig tot niet voor te komen, tenzij partieel herstel het advies vanuit het ingenieursbureau was.

Gemeente Rotterdam

Gemeente Rotterdam voert een passief beleid met betrekking tot de funderingsproblematiek. Zij hebben een kaart gepubliceerd met daarin aangegeven risicogebieden. In deze gebieden is er grote kans dat panden te maken hebben met funderingsschade. Het initiatief tot funderingsonderzoek en evt. -herstel ligt nu bij de woningeigenaren. Vanuit de gemeente is er een funderingsloket geopend, om woningeigenaren te informeren en adviseren over de funderingsproblematiek.

Indien een eigenaar kiest zijn fundering te herstellen, is er vanuit de gemeente een laagrentende lening beschikbaar om de eigenaren tegemoet te komen in de financiering.

Door de gemeente wordt geadviseerd funderingsherstel per bouweenheid aan te pakken. Maar in de praktijk blijkt partieel funderingsherstel vaak voor te komen. Er worden zo'n 30-50 laagrentende leningen voor funderingsherstel per jaar verstrekt in de gemeente Rotterdam.

Gemeente Amsterdam

Gemeente Amsterdam is opgedeeld in een aantal stadsdelen, met elk hun eigen beleid. De stadsdelen die veel te maken hebben met funderingsproblemen zijn stadsdeel Amsterdam-Centrum en Amsterdam-Zuid.

- *Amsterdam-Centrum*

De gemeente voert een actief beleid, zij hebben zichzelf als doel gesteld 80 panden per jaar te inspecteren en aan te schrijven om funderingsherstel te laten uitvoeren. In het verleden waren dit er meer. Dit is echter niet meer haalbaar, omdat het beschikbare budget voor funderingsherstel is verlaagd. De gemeente betaalt het funderingsonderzoek van deze panden. Daarnaast komt het voor dat eigenaren zelf initiatief nemen tot funderingsonderzoek en –herstel.

Er wordt actief gestimuleerd dat funderingsherstel per bouweenheid plaats vindt. Kiest toch een enkele eigenaar binnen een bouweenheid ervoor zijn fundering te herstellen, dan worden de overige woningeigenaren door de gemeente aangeschreven.

Vanuit de gemeente zijn geen subsidies en leningen beschikbaar. Maar omdat de meeste panden in het Centrum monument zijn, zijn er vanuit het Nationaal Restauratie Fonds subsidies beschikbaar voor funderingsherstel.

In stadsdeel Centrum worden er zo'n 200 panden per jaar voorzien van een nieuwe fundering.

- *Amsterdam-Zuid*

De gemeente monitort de zakkingsnelheid van alle panden met behulp van meetbouts. De meetgegevens, evenals de peilbuismetingen en gegevens over funderingsinspectieputten zijn voor iedereen beschikbaar op het net. Het initiatief tot funderingsonderzoek en -herstel ligt nu bij de woningeigenaren. In de praktijk blijken zij met name bij verkoop of splitsing van een pand funderingsherstel te laten uitvoeren. Vanuit de gemeente zijn er geen laagrentende leningen en subsidies beschikbaar voor funderingsherstel. In stadsdeel Zuid blijkt partieel funderingsherstel regelmatig voor te komen. De aanpak om funderingsherstel per bouweenheid aan te pakken wordt niet gestimuleerd.

In bijlage E is het beleid van de verschillende gemeentes in een overzicht weergegeven.

2.8.6 Conclusies

Het technische probleem van funderingsschade en –herstel van woningblokken kan niet los van de maatschappelijke aspecten van de problematiek worden aangepakt. Verschillende niet-technische aspecten zijn van invloed op het funderingsherstelproces. De hoge kosten, de overlast tijdens herstel en de onderlinge afhankelijkheid van de woningeigenaren binnen een bouweenheid, indien er gekozen wordt voor funderingsherstel, vormen belemmeringen om funderingsherstel uit te voeren.

Partieel funderingsherstel wordt in de praktijk weinig gestimuleerd, omdat er kans is op schade aan de naastgelegen panden, die met het te herstellen pand verbonden zijn. Als er toch partieel funderingsherstel plaats vindt, kunnen er geschillen tussen woningeigenaren optreden. Dit kan zover gaan dat er een rechtszaak wordt aangespannen tegen de woningeigenaar die kiest voor funderingsherstel. Zo kunnen juridische aspecten het funderingsherstelproces vertragen of zelfs tegenhouden.

De rol van de gemeente in de funderingsproblematiek bestaat uit het bewaken van de woningkwaliteit en het aanschrijven van eigenaren van panden met (funderings)schade. Daarnaast zal de gemeente, afhankelijk van het beleid, andere taken op zich nemen. Dat kan onder andere zijn het adviseren en begeleiden van pandeigenaren met een funderingsprobleem, het aanbieden van subsidies en laagrentende leningen aan pandeigenaren die overgaan op funderingsherstel en het aanbieden van vervangende woonruimte gedurende het herstel.

In de praktijk blijkt dat de houding tegenover funderingsherstel per gemeente verschilt:

De gemeentes Zaanstad, Dordrecht, Schiedam en Amsterdam-Centrum voeren een actief beleid, zij bevorderen het funderingsherstel en stimuleren de aanpak per bouweenheid. Doordat deze gemeentes de bewoners tegemoedkomen in kosten en doordat zij actief aanschrijven, wordt de funderingsproblematiek in de praktijk aangepakt per bouweenheid.

Dan zijn er gemeentes die een passief beleid voeren, dit zijn Rotterdam en Amsterdam-Zuid. Het initiatief tot funderingsherstel ligt bij de pandeigenaren. Deze gemeentes voeren geen actief aanschrijfbeleid. Gevolg is dat er in deze gemeentes partieel funderingsherstel vindt. Het partieel funderingsherstel volgt in de meeste van deze gevallen niet uit het advies van een ingenieursbureau, maar is het gevolg van pandeigenaren die niet mee willen of kunnen doen aan het funderingsherstel.

Een actief beleid vanuit de gemeente lost een deel van de maatschappelijke problemen behorend bij funderingsherstel op. Subsidies, laagrentende leningen en het aanbieden van vervangende woonruimte biedt pandeigenaren die niet mee *kunnen* doen aan het funderingsherstel een oplossing. Eigenaren die niet *willen* meedoen aan het herstelproces, kunnen door een aanschrijving vanuit de gemeente gedwongen worden.

Het is van groot belang dat deze beide punten in het gemeentelijk beleid worden opgenomen en actief worden doorgevoerd. Zo wordt het herstelproces niet vertraagd of tegen gehouden door maatschappelijke invloeden.

2.9 Conclusies & Aanbevelingen

De omvang van de funderingsproblematiek in Nederland is groot. Van zeker 200 000 panden, in met name in het noorden en westen van Nederland, is bekend dat deze een funderingsprobleem hebben of hebben gehad. In de toekomst kunnen dat er nog meer worden. De oorzaak van de problemen is veelal te verklaren door het gebrek aan kennis waarmee tot halverwege de 20^e eeuw funderingen werden ontworpen.

De belangrijkste oorzaken van schade bij houten paalfunderingen zijn draagkrachtproblemen (o.a. als gevolg van negatieve kleef belasting), schimmel- en bacteriële aantasting van het funderingshout. De panden van voor 1945 vormen risicogroep, maar ook bij de panden tot 1970 is er kans op funderingsschade. Het gevolg is zakking, scheefstand, scheurvorming in het metselwerk en klemmende deuren en ramen. Uiteindelijk zal dit een verminderde bruikbaarheid en veiligheid van de woning tot gevolg hebben.

Om de ernst van de schade objectief te kunnen beoordelen is het van belang dat deze gemeten wordt. Dit gebeurt tijdens een funderingsonderzoek. Het funderingsonderzoek moet uitwijzen of een fundering hersteld moet worden of niet. De metingen ten behoeve van het funderingsonderzoek zijn vastgelegd in de richtlijn *Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen* [F30, 2011]. Vanaf 2011 wordt deze richtlijn door de meeste funderingsonderzoekers in Nederland gehanteerd.

Na het meten van de schade, moet deze beoordeeld worden. Aan de hand van grenswaarden (grenstoestanden) wordt de schade gecategoriseerd en beoordeeld. In de literatuur wordt onderscheid gemaakt tussen drie schadecategorieën: esthetische, functionele en constructieve schade. En ook in de praktijk van het funderingsonderzoek zijn deze termen gangbaar.

In Nederland waren tot 2011 geen eenduidige criteria vastgelegd om de gemeten schade te beoordelen. Dit heeft er toe geleid dat verschillende ingenieurs- en adviesbureaus verschillende normen hanteren. Dit betekent dat in principe een fundering door het ene bureau kan worden afgekeurd, terwijl een ander onderzoeksbureau concludeert dat de fundering nog wel een aantal jaren mee kan en dat herstel voorlopig niet noodzakelijk is. De richtlijn *Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen* [F30, 2011] bevat beoordelingscriteria om de kwaliteit van een fundering te beoordelen. De komst van de richtlijn betekent meer uniformiteit in het funderingsonderzoek in Nederland.

In het verleden hebben verschillende onderzoeken zich gericht op het vinden van de parameters waarmee gebouwschade als gevolg van funderingsproblemen kan worden beoordeeld en voorspeld. De onderzoeken uit de literatuur laten zien dat β (rotatie), ω (scheefstand) en Δ/L (doorbuigingsverhouding) de juiste parameters zijn om gebouwschade als gevolg van een funderingsprobleem te voorspellen. Daarnaast zijn uit de onderzoeken criteria gevolgd voor de beoordeling van schade. De criteria zijn per schadecategorie vastgesteld. Er wordt in de beoordeling onderscheid gemaakt tussen schade als gevolg van afschuifvervorming en schade als gevolg van buigingsvervorming. Voor buigingsvervorming wordt er nog onderscheid gemaakt tussen sagging en hogging.

Ook de samenstelling van het metselwerk en de mortel zijn van invloed op de vervormingscapaciteit van het metselwerk en op de toelaatbare vervormingen. Deze parameters zijn niet in de schadecriteria terug te vinden. Door de jaren heen zijn verschillende soorten metselwerk en mortels toegepast. Er is gepoogd een onderzoek op te zetten om de invloed van de samenstelling van de mortel op de toelaatbare rotaties in het metselwerk te onderzoeken. Twee aspecten maken het lastig om dit te onderzoeken:

- De samenstelling van de toegepaste historische mortels moet worden achterhaald. Dit betekent dat er een aantal boorkernen genomen moet worden uit gebouwen van begin 1900. Hieruit zal vervolgens de samenstelling moeten worden bepaald. Het gesprek met dhr. Nijland van TNO ([bijlage A.2](#)) geeft aan waarom dit lastig is: Een mortel is samengesteld uit een aantal stoffen. Onder andere een bindmiddel. Het is goed mogelijk om de hoeveelheid bindmiddel in bestaand metselwerk te bepalen, maar het is heel lastig om de samenstelling van het bindmiddel te bepalen. Terwijl juist deze samenstelling interessant is om te onderzoeken, aangezien deze invloed heeft op de vervormingscapaciteit van de mortel.
- Dan is er de mogelijkheid om zelf proefstukken te maken, waarbij de samenstelling van de mortel gebaseerd is op recepten uit de betreffende periode. Het kost enkele maanden voordat deze

proefstukken klaar zijn. Dan kan gestart worden met het onderzoeken van de toelaatbare rotaties van de proefstukken door deze te belasten. Het is echter niet representatief om proefstukken, die in korte tijd worden belast, te gebruiken voor het onderzoeken van toelaatbare rotaties in metselwerk die in 80-100 jaar zijn ontstaan. De snelheid van belasting en de snelheid waarmee het metselwerk vervormt, is van grote invloed op de scheurvorming ervan.

Dit betekent dat het in het kader van dit afstudeeronderzoek niet mogelijk is om de invloed van de samenstelling van de mortel op de toelaatbare rotaties in het metselwerk te onderzoeken.

De beoordelingscriteria volgend uit de onderzoeken zijn vergeleken met de criteria opgesteld door F30: De onderzoeken uit de literatuur laten zien dat β (rotatie), ω (scheefstand) en Δ/L (doorbuigingsverhouding) de juiste parameters zijn om gebouwschade als gevolg van een funderingsprobleem te voorspellen. In de richtlijn van F30 worden β (rotatie) en ω (scheefstand) wel als maatgevende parameters aangemerkt, maar de parameter Δ/L (doorbuigingsverhouding) wordt niet in de richtlijn genoemd. Daarnaast wordt er in de richtlijn van F30 geen onderscheid gemaakt tussen schade als gevolg van afschuifvervorming en schade als gevolg van buigingsvervorming. Er wordt ook geen onderscheid gemaakt tussen sagging en hogging. Terwijl meerdere onderzoeken uit het verleden aangeven dat voor hogging twee keer zo strenge eisen moeten gelden als voor sagging.

Geadviseerd wordt om de richtlijn [F30, 2011] aan te vullen met de resultaten uit het literatuuronderzoek. De beoordelingsparameters en -criteria volgend uit de onderzoeken uit de literatuur moeten in de praktijk worden gehanteerd.

Met de meettechnieken en schadecriteria kan van individuele panden worden beoordeeld of de fundering hersteld moet worden of niet. Maar voor woningblokken, waar woningen constructief met elkaar verbonden zijn, biedt de richtlijn geen methode of houvast om te bepalen wat de te herstellen eenheid is. Het bepalen van grenzen van de hersteleenheid (binnen een bouweenheid of woningblok) is niet vastgelegd in richtlijnen. Volgens de huidige inzichten is het het beste om de fundering van de gehele bouweenheid te herstellen, in geval van funderingsschade.

Er moet onderzocht worden in welke situaties partieel funderingsherstel een oplossing biedt. Daarnaast moet in een richtlijn vastgelegd worden hoe vervolgens de funderingshersteleenheid kan worden bepaald. Het vervolgonderzoek op deze literatuurstudie zal zich hier op richten.

De aanpak van het funderingsonderzoek verschilt per bureau en is afhankelijk van de beschikbare tijd en het beschikbare budget. Er is een vergelijking gemaakt tussen de aanpak van twee ingenieursbureaus. Dat zijn Concretio i.s.m. Fugro en Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam. Het grote verschil tussen de aanpakken van deze bureaus zit in het bepalen van de zakkingsnelheid van de bouwmuren. Hier worden de twee methoden om de zakkingsnelheid genoemd:

- Concretio i.s.m. Fugro:
De zakkingsnelheid wordt bepaald m.b.v. meetbouten en waterpasinstrument.
- Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam:
Indien er geen meetboutgegevens beschikbaar zijn wordt de zakkingsnelheid afgeleid uit de zakkingsverschillen in een lintvoegmeting, de zakking gedeeld door het aantal verstreken jaren sinds de oplevering van het pand geeft de zakkingsnelheid.

Onderzoekers zijn echter verdeeld over de waarde die gehecht moet worden aan deze laatste methode. Het is van belang dat de zakkingsnelheid nauwkeurig kan worden bepaald, zodat er een betrouwbare voorspelling kan worden gedaan van de te verwachten zakkingsverschillen tussen bouwmuren en vervormingen in het pand.

Onderzocht moet worden of de methode van Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam voldoende nauwkeurigheid biedt in het funderingsonderzoek. Het vervolgonderzoek op deze literatuurstudie zal hier aandacht aan besteden.

Voor de uitvoering van het funderingsherstel zijn verschillende methoden beschikbaar:

- Paalkopverlaging,
- Tafelmethode (nieuwe palen, nieuwe vloer),
- Methode met (voorgespannen) balkrooster,
- Methode met door de muur gedrukte palen.

Bij het kiezen van de juiste methode zal getracht worden de kosten en de overlast te beperken. Na het funderingsherstel zal ook het casco moeten worden hersteld.

De funderingsproblematiek in Nederland is een groot maatschappelijk probleem dat niet alleen vraagt om een technische oplossing. De maatschappelijke kant van het probleem van woningblokken met funderingsschade uit zich in de volgende punten:

- Hoge kosten indien gekozen wordt voor herstel
Funderingsherstel kost gemiddeld zo'n € 70.000,-. Voor pandeigenaren betekent dit dat de maandelijkse woonlasten met € 350,- toenemen. Niet iedereen kan dit opbrengen.
- Onderlinge afhankelijkheid van woningeigenaren
Door de constructieve samenhang tussen de panden binnen een woningblok, heeft funderingsherstel van de ene woning invloed op de naastgelegen panden. Dit is de reden dat in Nederland funderingsherstel per bouweenheid wordt bevorderd.
- Hinder en overlast
De uitvoering van funderingsherstel brengt veel overlast met zich mee. In sommige gevallen zal de pandeigenaar tijdelijk elders moeten gaan wonen. Niet alle eigenaren kunnen en/of willen dit.
- Verpaupering van wijken
Panden met funderingsschade staan er slordig bij. Het heeft geen zin om te investeren in de bovengrondse constructie zolang de funderingsproblemen niet zijn opgelost. In de praktijk blijken wijken te verpauperen als de funderingsproblematiek niet wordt aangepakt.
- Verkoopbaarheid woning
Woningen met funderingsschade zijn niet aantrekkelijk op de markt. Doordat de kosten voor funderingsherstel hoog zijn en er veel overlast bij komt kijken wordt de verkoopbaarheid van de woning lastig.

Vanuit de gemeente kan een deel van de maatschappelijke problemen behorend bij funderingsherstel opgelost worden: Subsidies, laagrentende leningen en het aanbieden van vervangende woonruimte biedt pandeigenaren die niet mee *kunnen* doen aan het funderingsherstel een oplossing. Eigenaren die niet *willen* meedoen aan het herstelproces, kunnen door een aanschrijving vanuit de gemeente gedwongen worden. Het gaat hierbij om de eigenaren van panden die behoren tot de, door het ingenieursbureau geadviseerde, hersteleenheid (al dan niet partieel).

In geval van funderingsherstel bij woningblokken, is het van belang dat er begeleiding voor de bewoners aanwezig is. Meerdere bewoners, met elk hun eigen voorkeuren en belangen moeten samen beslissingen nemen. Onderling lukt het vaak niet om een goed herstelplan op te stellen. Er is grote kans op ruzies en het nemen van beslissingen wordt uitgesteld. Begeleidingsbureaus kunnen bemiddelen tussen bewoners en samen met de bewoners zoeken naar een goede oplossing.

Vanuit de gemeentes moet gestimuleerd worden dat in een vroeg stadium een procesbegeleider wordt ingeschakeld. Op deze manier kan het probleem integraal aangepakt worden.

In de praktijk blijken er grote verschillen tussen gemeentes te bestaan in de aanpak van de funderingsproblemen. Van een aantal gemeentes is de aanpak in kaart gebracht. Grofweg kunnen er twee categorieën worden onderscheiden: gemeentes met een actief beleid en gemeentes met een passief beleid.

- Dordrecht, Zaanstad, Haarlem en Amsterdam Centrum voeren een actief beleid. Zij bieden de pandeigenaren een funderingsonderzoek aan en hebben regelingen om het funderingsherstel te bevorderen. Daarnaast bevorderen deze gemeentes actief het funderingsherstel per bouweenheid. Dit doen zij onder andere door weigeraars aan te schrijven en door voorwaarden te stellen aan de leningen en subsidies.
- Dan zijn er gemeente Rotterdam en gemeente Amsterdam Zuid. Zij voeren een passief beleid. Het initiatief tot funderingsonderzoek en -herstel ligt volledig bij de woningeigenaren. Partieel funderingsherstel komt hier in de praktijk regelmatig voor. De voornaamste reden hiervoor is dat er een gebrek aan draagvlak voor de geadviseerde oplossing is en dat er niet wordt aangeschreven door de gemeente. Gevolg is dat slechts één of enkele panden binnen een bouweenheid worden hersteld, zonder dat dit technisch is onderbouwd. De kans op schade in de toekomst aan naastgelegen panden is aanwezig.

Het gemeentelijk beleid heeft invloed op het funderingsherstelproces en op de funderingshersteleenheid: Wordt in de ene gemeente bevorderd dat funderingsherstel per bouweenheid wordt aangepakt, zo is in andere gemeentes funderingsherstel per pand de gebruikelijke oplossing. Onderzocht moet worden wat de invloed is van het gemeentelijk beleid op het funderingsherstel en op welke manier gemeentes een goede aanpak van de funderingsproblematiek kunnen stimuleren.

Juridisch gezien brengt partieel funderingsherstel een lastig vraagstuk met zich mee: Enerzijds is een eigenaar zelf verantwoordelijk voor de fundering onder zijn pand. Dit betekent dat deze het recht heeft om zijn fundering te herstellen, indien er funderingsproblemen optreden. Anderzijds mag ten gevolge van werkzaamheden aan het ene pand, geen schade worden aangericht aan andermans bezit. Indien er gekozen wordt voor funderingsherstel van slechts één pand binnen de bouweenheid, is de kans groot dat dit leidt tot scheurvorming en scheefstand in de naastgelegen panden. De reden is dat de fundering van deze panden ook al een zakkingsnelheid heeft. Deze tegenstrijdigheid blijkt in de praktijk oorzaak van vele rechtzaken te zijn.

3 Onderzoeksopdracht

Dit onderzoek zal zich richten op partieel funderingsherstel van woningblokken. In de praktijk wordt funderingsherstel per bouweenheid geadviseerd en vanuit verschillende gemeentes bevorderd. De reden hiervoor is dat partieel funderingsherstel een risico op schade aan naastgelegen panden binnen de bouweenheid met zich mee brengt.

In het verleden is er wel geëxperimenteerd met partieel funderingsherstel, maar in de praktijk bleek dat na verloop van tijd toch schade ontstond op de overgangen tussen wel en niet herstelde panden. Gevolg was dat alsnog de volledige bouweenheid van een nieuwe fundering werd voorzien.

In Nederland is er een richtlijn beschikbaar om de kwaliteit van een fundering te beoordelen. Hiermee kan van individuele panden beoordeeld worden of de fundering hersteld moet worden of niet. Bij woningblokken zijn de verschillende panden constructief met elkaar verbonden. Funderingsherstel van het ene pand binnen de bouweenheid beïnvloedt de naastgelegen panden. Voor deze situatie is er geen richtlijn beschikbaar om de funderingshersteleenheid te bepalen.

In dit rapport zal worden onderzocht in welke situaties en onder welke omstandigheden partieel funderingsherstel een oplossing biedt. Er zal een richtlijn worden opgesteld waarmee de funderingshersteleenheid kan worden bepaald van woningblokken met funderingsschade. Partieel funderingsherstel is goedkoper dan volledig funderingsherstel en bespaart een hoop hinder en overlast.

Het doel van de richtlijn is het mogelijk maken om, op grond van een technische onderbouwing, partieel funderingsherstel te adviseren, zonder dat er daarbij schade optreedt op de overgangen tussen wel en niet herstelde panden binnen een bouweenheid.

De richtlijn richt zich op woningblokken met funderingsschade. Hier volgt een nadere specificatie van het toepassingsgebied van de richtlijn:

- Onder woningblokken wordt hier verstaan: een aaneenschakeling van 2 of meer woningen, die constructief met elkaar verbonden zijn. Een woningblok kan uit meerdere bouweenheden bestaan.
- De richtlijn is geldig voor woningen gebouwd op houten paalfunderingen.
- De richtlijn is alleen geldig voor woningen met een draagconstructie van constructief metselwerk.
- De richtlijn is alleen geldig voor laagbouw woningen. Dat wil zeggen de woningen hebben ≥ 1 en ≤ 3 verdiepingen. Gebouwen met >3 verdiepingen worden hier als middelhoog- en hoogbouw beschouwd.

In de praktijk zal de richtlijn gebruikt worden door funderingsonderzoekers en –adviseurs om te bepalen wat de hersteleenheid is van woningblokken met funderingsschade. De richtlijn is een aanvulling op de richtlijn 'Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen' [F30, 2011].

4 Aanpak

Dit hoofdstuk beschrijft de aanpak voor het opstellen van *de Richtlijn partieel funderingsherstel*, waarmee de hersteleenheid van woningblokken met funderingsschade kan worden bepaald.

Er worden een aantal stappen gezet, voor het opstellen van de richtlijn voor partieel funderingsherstel:

Stap 1: Voorstel concept richtlijn

Allereerst wordt er een concept-richtlijn opgesteld. Deze is gebaseerd op het literatuuronderzoek (Hoofdstuk 2) en op gesprekken met funderingsonderzoekers en –deskundigen.

Stap 2: Opstellen casestudies

In deze stap worden een aantal casestudies opgesteld om factoren die invloed hebben op het funderingsherstel te onderzoeken. Het doel van de casestudies is het in kaart brengen van de risico's, kosten en ruimtelijke consequenties van partieel herstel en het onderzoeken van factoren die invloed hebben op het funderingsherstelproces.

Stap 3: Uitwerken casestudies

De volgende stap is het uitwerken van de casestudies.

Stap 4: Analyse van casestudies

In deze stap worden de resultaten van de casestudies geanalyseerd. Er zal worden onderzocht of de resultaten invloed hebben op de eerder opgestelde concept-richtlijn om de funderingshersteleenheid te bepalen.

Stap 5: Aanpassingen richtlijn

Indien de resultaten uit de casestudies invloed hebben op de criteria om de funderingshersteleenheid te bepalen, wordt in deze stap de concept-richtlijn aangepast.

Stap 6: Evalueren richtlijn

De aangepaste richtlijn wordt geëvalueerd.

Stap 7: Vaststellen definitieve richtlijn

Ten slotte wordt de definitieve richtlijn vastgesteld.

5 Voorstel Concept Richtlijn Partieel Funderingsherstel

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de Concept Richtlijn Partieel Funderingsherstel gegeven. Allereerst zullen de uitgangspunten van de aanpak om de funderingshersteleenheid te bepalen, worden genoemd. Daarna volgt de uitwerking van de richtlijn. De in de richtlijn gegeven criteria zijn gebaseerd op de resultaten uit de literatuurstudie (Hoofdstuk 2) en op een aantal gesprekken met deskundigen op het gebied van funderingsschade en –herstel ([Bijlage A](#)).

5.2 Uitgangspunten richtlijn partieel funderingsherstel

De uitgangspunten voor het aanpakken van woningblokken met funderingsschade zijn:

- Er moet van elke woning uit het woningblok aangetoond worden wat de kwaliteit van de fundering is;
- Alle panden met funderingsschade moeten hersteld worden;
- Woningen waarvan de fundering nog in goede staat verkeert, hoeven niet aangepakt te worden;
- Er moet rekening gehouden worden met de toekomstsituatie, d.w.z. met de gevolgen van het herstel voor de buurpanden. Binnen een periode van X jaar mag er geen schade ontstaan aan de buurpanden. Waarbij X afhankelijk is van het gemeentelijk beleid.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie vormen van schade: esthetische, functionele en constructieve schade. De definitie van deze categorieën is gegeven in paragraaf 2.3. In de richtlijn worden per schadecategorie grenswaarden gegeven.

Voor woningbouw wordt geadviseerd de grenswaarden voor functionele schade aan te houden als criteria. Voor monumenten kan gekozen worden de esthetische eis als criterium te hanteren.

Afhankelijk van het gemeentelijk beleid zal er een periode gelden, waarbinnen geen schade mag optreden aan panden binnen de bouweenheid ten gevolge van funderingsproblemen en -herstelwerkzaamheden. Dit wordt de gewenste handhavingstermijn genoemd. Geadviseerd wordt om voor deze periode 30 jaar aan te houden, aangezien dit voor veel pandeigenaren een belangrijke financiële periode is.

5.3 Concept Richtlijn Partieel Funderingsherstel

De aanpak voor het bepalen van de hersteleenheid is afhankelijk van het funderingsprobleem. Achtereenvolgens zal de aanpak van draagkrachtproblemen en de aanpak van funderingsschade als gevolg van aantasting van het funderingshout worden besproken.

5.3.1 Draagkrachtproblemen

De aanpak voor het bepalen van de grenzen van de funderingshersteleenheid, waarbij schade aan de panden op het overgangsgebied wordt voorkomen, is gebaseerd op de toelaatbare schieffstand en vervorming van het metselwerk, uitgedrukt in de parameters schieffstand (ω), relatieve rotatie (β), doorbuigingsverhouding (Δ/L). De toelaatbare schieffstand, relatieve rotatie en doorbuiging mogen gedurende een periode van X jaar niet overschreden worden. Deze periode wordt de gewenste handhavingstermijn genoemd en is afhankelijk van het gemeentelijk beleid.

De grenzen van de te herstellen eenheid komen daar te liggen, waar de schieffstand van, de doorbuiging van en de toelaatbare rotatie in het metselwerk na herstel niet meer worden overschreden gedurende de gewenste handhavingstermijn van X jaar.

Er wordt hier onderscheid gemaakt tussen twee vervormingen die kunnen optreden in het metselwerk: afschuifvervorming en buigingsvervorming.

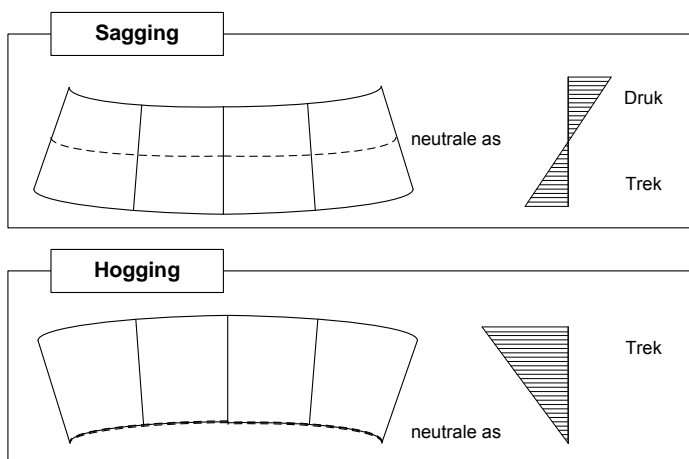


Figuur 43 Afschuifvervorming, inpandige bouwmuren blijven recht



Figuur 44 Buigingsvervorming, schieffstand inpandige bouwmuren

In geval van buigingsvervorming wordt nog onderscheid gemaakt tussen sagging en hogging. Voor hogging gelden strengere eisen dan voor sagging.



Figuur 45 Buigingsvormen Sagging en Hogging

In de hierna volgende paragrafen zullen grenswaarden worden gegeven voor de toelaatbare vervormingen van de bovengrondse constructie, afhankelijk van de buigingsvorm.

De grenswaarden zijn alleen geldig als na partieel funderingsherstel ook de constructieve samenhang van het gevelmetselwerk en de bouwmuren volledig wordt hersteld.

Naast de bovengrondse vervorming moet ook de restlevensduur en draagkracht van het funderingshout worden getoetst.

Grenswaarden afschuifvervorming

Dit is de vervorming die in de praktijk bij woningblokken regelmatig voorkomt. Bij deze buigingsvorm blijven de inpandige bouwmuren rechtopstaan, maar verzakken ten opzichte van elkaar.



Figuur 46 Afschuifvervorming

Toelaatbare rotatie (β)

Esthetische eis

In bijzondere gevallen, bijvoorbeeld voor monumenten, of onder uitzonderlijke omstandigheden, zal de eis zijn dat er helemaal geen schade als gevolg van funderingsproblemen mag optreden in de gevels. Een rotatie (β) kleiner of gelijk aan 1/500 is in deze situatie een veilige benadering.

Functionele eis

Vanuit gebruikersperspectief wordt geadviseerd:

De te verwachten rotatie (β) mag in een periode van X jaar niet groter zijn dan 1/300.

Constructieve eis

Een rotatie (β) van 1/150 leidt in geval van neerwaartse buiging tot constructieve schade. Deze rotatie moet voorkomen worden, om de constructieve veiligheid te blijven garanderen.

Toelaatbare doorbuigingsverhouding (Δ/L)

Voor de toelaatbare doorbuigingsverhouding wordt in de literatuur alleen een grenswaarde gegeven voor functionele schade.

Functionele eis

Vanuit gebruikersperspectief wordt geadviseerd:

Voor de te verwachten doorbuigingsverhouding Δ/L geldt dat deze in een periode van X jaar niet groter mag zijn dan:

$$\Delta/L \leq 1/2500 \text{ als } L/H=1;$$

$$\Delta/L \leq 1/1250 \text{ als } L/H=5.$$

Waarbij: L = Lengte-afstand tussen bouwmuren waartussen de doorbuiging optreedt

H=Hoogte van het pand

Δ =Doorbuiging

Toelaatbare scheefstand (ω)

Door zakkingsverschillen tussen bouwmuren komen woningen scheef te staan. Een bepaalde mate van scheefstand is acceptabel. De scheefstand mag de functionaliteit van de woning niet beïnvloeden. Daarnaast moet de constructieve veiligheid van een woning gewaarborgd blijven. Voor deze twee situaties worden grenswaarden gesteld. Deze grenswaarden mogen binnen de gewenste handhavingstermijn niet overschreden worden.

Functionele eis

Vanuit het gebruikersperspectief mag de scheefstand (ω) van een gebouw gedurende de gewenste handhavingstermijn de grenswaarde 1/300 niet overschrijden.

Constructieve eis

Vanuit het oogpunt van constructieve veiligheid mag de scheefstand (ω) van een gebouw gedurende de gewenste handhavingstermijn de grenswaarde 1/100 niet overschrijden.

Zakkingssnelheidsverschil tussen bouwmuren

Deze eisen voor de toelaatbare scheefstand van een gebouw leiden ertoe dat er grenzen aan het verschil in zakkingssnelheid tussen twee opeenvolgende bouwmuren worden gesteld.

In de tabel wordt afhankelijk van de breedte van de woning het maximale zakkingssnelheidsverschil tussen twee bouwmuren gegeven voor verschillende periodes waarbinnen geen schade mag ontstaan op overgangen tussen wel en niet herstelde panden. Daarbij uitgaande van een maximale bijkomende rotatie van 1/300. Uitgaande dat de zakkingssnelheid van de herstelde fundering gelijk is aan 0 mm/jaar, kunnen de waarden in de tabel ook gelezen worden als maximale zakkingssnelheden.

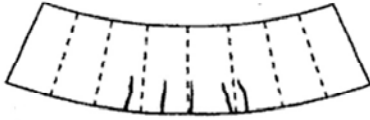
Tabel 16 Maximaal toelaatbare zakkingssnelheidsverschillen

| Breedte woning (m) | Max. zakkingverschil tussen twee bouwmuren na X jaar (mm) | Max. zakkingssnelheidsverschil tussen twee bouwmuren, geen schade binnen een periode van X jaar. Op grond van scheefstand $\leq 1/300$. (mm/jr) | | | | |
|-----------------------|--|---|---------|---------|---------|---------|
| | | 15 jaar | 20 jaar | 25 jaar | 30 jaar | 50 jaar |
| 4 | 13.3 | 0.4 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.3 |
| 4.5 | 15 | 1.00 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 0.3 |
| 5 | 16.7 | 1.13 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.3 |
| 5.5 | 18.3 | 1.2 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.4 |
| 6 | 20 | 1.3 | 1.0 | 0.8 | 0.7 | 0.4 |
| 6.5 | 21.7 | 1.5 | 1.1 | 0.9 | 0.7 | 0.4 |
| 7 | 23.3 | 1.5 | 1.2 | 0.9 | 0.8 | 0.5 |

Er wordt geadviseerd om voor de gewenste handhavingstermijn 30 jaar aan te houden, maar gemeentes kunnen hier van afwijken.

Grenswaarden buigingsvervorming – Sagging

Sagging ontstaat als gevolg van een zakkingsnelheidsverschil tussen bouwmuren binnen een woningblok. De bouwmuren verzakken niet alleen ten opzichte van elkaar, maar kantelen ook. Aan de onderzijde van de woningen zullen in het metselwerk de grootste trekspanningen ontstaan. Dit is de plek waar kans is op scheurvorming.



Figuur 47 Buigingsvervorming - Sagging

Voor de buigingsvorm sagging gelden dezelfde eisen als voor de hiervoor genoemde afschuifvervorming. Het verschil tussen beide vervormingen is dat bij afschuifvervorming in veel gevallen β het maatgevende criterium zal zijn. Voor sagging zal Δ/L in veel gevallen het maatgevende criterium zijn. De constructie echter moet aan beide eisen voldoen.

Toelaatbare rotatie (β)

Esthetische eis

In bijzondere gevallen, bijvoorbeeld voor monumenten, of onder uitzonderlijke omstandigheden, zal de eis zijn dat er helemaal geen schade als gevolg van funderingsproblemen mag optreden in de gevels. Een rotatie (β) kleiner of gelijk aan $1/500$ is in deze situatie een veilige benadering.

Functionele eis

Vanuit gebruikersperspectief wordt geadviseerd:

De te verwachten rotatie (β) mag in een periode van X jaar niet groter zijn dan $1/300$.

Constructieve eis

Een rotatie (β) van $1/150$ leidt in geval van neerwaartse buiging tot constructieve schade. Deze rotatie moet voorkomen worden, om de constructieve veiligheid te blijven garanderen.

Toelaatbare doorbuigingsverhouding (Δ/L)

Voor de toelaatbare doorbuigingsverhouding wordt in de literatuur alleen een grenswaarde gegeven voor functionele schade.

Functionele eis

Vanuit gebruikersperspectief wordt geadviseerd:

Voor de te verwachten doorbuigingsverhouding Δ/L geldt dat deze in een periode van X jaar niet groter mag zijn dan:

$$\Delta/L \leq 1/2500 \text{ als } L/H=1;$$

$$\Delta/L \leq 1/1250 \text{ als } L/H=5.$$

Waarbij: L = Lengte-afstand tussen bouwmuren waartussen de doorbuiging optreedt

H=Hoogte van het pand

Δ =Doorbuiging

Toelaatbare scheefstand (ω)

Voor de toelaatbare scheefstand gelden alleen functionele en constructieve eisen. Zie ook tabel 16: Maximale zakkingsnelheidsverschillen.

Functionele eis

Vanuit het gebruikersperspectief mag de scheefstand (ω) van een gebouw gedurende de gewenste handhavingstermijn de grenswaarde $1/300$ niet overschrijden.

Constructieve eis

Vanuit het oogpunt van constructieve veiligheid mag de schiefstand (ω) van een gebouw gedurende de gewenste handhavingstermijn de grenswaarde 1/100 niet overschrijden.

Grenswaarden buigingsvervorming – Hogging

Hogging ontstaat als gevolg van een zakkingsnelheidsverschil tussen bouwmuren binnen een woningblok. Binnen het blok hebben een aantal bouwmuren een lage zakkingsnelheid, terwijl de naastgelegen bouwmuren een grotere zakkingsnelheid hebben. Er ontstaat een opwaartse buigingsvorm, waarbij de trekspanningen met name in de bovenste lagen van het metselwerk optreden. Dit is de plek waar scheurvorming ontstaat. In de praktijk zal de buigingsvorm hogging niet heel vaak voorkomen, alleen onder uitzonderlijke externe omstandigheden. Bijvoorbeeld als gevolg van bouwwerkzaamheden in de directe omgeving.



Figuur 48 Buigingsvervorming - Hogging

Hogging is een kritischer vorm van buiging dan sagging. Uit verschillende studies [Burland, Wroth, 1975], [Polshin, Tokar, 1975] is gebleken dat er een factor 2 zit tussen de toelaatbare vervorming van het metselwerk onder de buigingsvorm sagging vergeleken met hogging.

Toelaatbare rotatie (β)

Esthetische eis

In bijzondere gevallen, bijvoorbeeld voor monumenten, of onder uitzonderlijke omstandigheden, zal de eis zijn dat er helemaal geen schade als gevolg van funderingsproblemen mag optreden in de gevels. Een rotatie (β) kleiner of gelijk aan $1/1000$ is in deze situatie een veilige benadering.

Functionele eis

Vanuit gebruikersperspectief wordt geadviseerd:

De te verwachten rotatie (β) mag in een periode van X jaar niet groter zijn dan $1/600$.

Constructieve eis

Een rotatie (β) van $1/300$ leidt in geval van neerwaartse buiging tot constructieve schade. Deze rotatie moet voorkomen worden, om de constructieve veiligheid te blijven garanderen.

Toelaatbare doorbuigingsverhouding (Δ/L)

Voor de toelaatbare doorbuigingsverhouding wordt in de literatuur alleen een grenswaarde gegeven voor functionele schade.

Functionele eis

Vanuit gebruikersperspectief wordt geadviseerd:

Voor de te verwachten doorbuigingsverhouding Δ/L geldt dat deze in een periode van X jaar niet groter mag zijn dan:

$$\Delta/L \leq 1/5000 \text{ als } L/H=1;$$

$$\Delta/L \leq 1/2500 \text{ als } L/H=5.$$

Waarbij: L = Lengte-afstand tussen bouwmuren waartussen de doorbuiging optreedt
H=Hoogte van het pand
 Δ =Doorbuiging

Toelaatbare scheefstand (ω)

Voor de toelaatbare scheefstand gelden alleen functionele en constructieve eisen. Zie ook tabel 16: Maximale zakkingsnelheidsverschillen.

Functionele eis

Vanuit het gebruikersperspectief mag de scheefstand (ω) van een gebouw gedurende de gewenste handhavingstermijn de grenswaarde $1/300$ niet overschrijden.

Constructieve eis

Vanuit het oogpunt van constructieve veiligheid mag de scheefstand (ω) van een gebouw gedurende de gewenste handhavingstermijn de grenswaarde 1/100 niet overschrijden.

Samenvattend draagkrachtproblemen

De volgende regel wordt gehanteerd voor het bepalen van de funderingshersteleenheid in geval van draagkrachtproblemen:

De grenzen van de te herstellen eenheid komen daar te liggen, waar de eisen t.a.v. scheefstand van, de doorbuiging van en de toelaatbare rotatie in het metselwerk na herstel niet meer worden overschreden gedurende de gewenste handhavingstermijn van X jaar.

Tabel 17 geeft de grenswaarden voor toelaatbare scheefstand, doorbuiging en relatieve rotatie afhankelijk van de buigingsvorm.

Tabel 17 Overzicht beoordelingscriteria draagkrachtproblemen

| | Esthetische eis | Functionele eis | Constructieve eis |
|--|-----------------|--|-------------------|
| Afschuifvervorming | | | |
| Relatieve rotatie β (mm/m) | $\leq 1/500$ | $\leq 1/300$ | $\leq 1/150$ |
| Doorbuigingsverhouding Δ/L (mm/m) | - | L/H=1 eis: $\Delta/L \leq 1/2500$ L/H=5 eis: $\Delta/L \leq 1/1250$ | - |
| Scheefstand ω (mm/m) | - | $\leq 1/300$ | $\leq 1/100$ |
| Buigingsvervorming - Sagging | | | |
| Relatieve rotatie β (mm/m) | $\leq 1/500$ | $\leq 1/300$ | $\leq 1/150$ |
| Doorbuigingsverhouding Δ/L (mm/m) | - | L/H=1 eis: $\Delta/L \leq 1/2500$ L/H=5 eis: $\Delta/L \leq 1/1250$ | - |
| Scheefstand ω (mm/m) | - | $\leq 1/300$ | $\leq 1/100$ |
| Buigingsvervorming - Hogging | | | |
| Relatieve rotatie β (mm/m) | $\leq 1/1000$ | $\leq 1/600$ | $\leq 1/300$ |
| Doorbuigingsverhouding Δ/L (mm/m) | - | L/H=1 eis $\Delta/L \leq 1/5000$ L/H=5 eis $\Delta/L \leq 1/2500$ | - |
| Scheefstand ω (mm/m) | - | $\leq 1/300$ | $\leq 1/100$ |

Als blijkt dat draagkrachtproblemen en houtaantastingsproblemen een rol spelen in de funderingsproblematiek, dan moet op grond van beide beschreven criteria de hersteleenheid bepaald worden. Funderingen onder bouwmuren die aan één van de twee criteria of aan beide criteria niet voldoen, behoren tot de hersteleenheid.

5.3.2 Aantasting van het funderingshout

In geval van paalrot en in geval van bacteriële aantasting wordt het draagvermogen van de fundering aangetast. Hier wordt een aanpak besproken, die gebruikt wordt om de grenzen van de funderingshersteleenheid te bepalen in geval van paalrot en in geval van bacteriële aantasting. Een toetsing van de maximale houtspanningen is daarvoor een veel gebruikte methode.

Schimmelaantasting treedt op aan de bovenzijde van de paal in tijden van droogstand, terwijl bacteriële aantasting over de gehele lengte van de paal optreedt. Een toetsing van de maximale houtspanning, geeft een indicatie van de restlevensduur van een fundering. De onderzoeker zal moeten vaststellen wat de positie van de maximaal optredende houtspanningen is.

In geval van schimmelaantasting is het waarschijnlijk dat de maximale houtspanningen ter plaatse van de paalkop optreden. In geval van bacteriële aantasting wordt de paal over de gehele lengte aangetast en is het waarschijnlijk dat de maximale houtspanningen lager in de paal optreden.

De grenzen van de hersteleenheid komen daar te liggen, waar, uit het opstellen van een prognose blijkt dat, de maximaal optredende houtspanningen de toelaatbare houtspanningen niet zullen overschrijden binnen de vastgestelde periode van X jaar (de gewenste handhavingstermijn).

Toetsing maximale houtspanningen

Met de limit-state-functie (3) kunnen de maximale houtspanningen getoetst worden. De spanningen ten gevolge van bovengrondse belasting en negatieve kleeft mogen de toelaatbare houtspanningen niet overschrijden. De toelaatbare houtspanningen zijn, ten gevolge van het aanwezige aantastingsmechanisme, een functie van de tijd. De limit-state-functie:

$$Z(t) = R(t) - S(t) \quad (3)$$

Met:

$Z(t)$ is de grenswaarde of ook wel: de limit state

$R(t)$ is de weerstand (=resistance)

$S(t)$ is de belasting (=solicitation)

De constructie zal niet bezwijken, zolang $Z(t) > 0$.

Bepalen van de belasting $S(t)$

De belasting op de funderingspalen bestaat uit een bovengrondse belasting en negatieve kleeft.

De grootte van de bovengrondse belasting kan bepaald worden op grond van het Bouwbesluit [Bouwbesluit, 2003]. Een aanneme die gedaan wordt, is dat de bovengrondse belasting lineair over de funderingspalen wordt verdeeld.

De negatieve kleeft belasting kan bepaald worden met formule (4). Om deze berekening te kunnen maken is een sondering noodzakelijk. [Tol, 1993]

$$F_{s;nk} = O_s * h * K_0 * \sigma_v' * \tan(\delta) \quad (4)$$

Met:

$F_{s;nk}$ Wrijvingskracht ten gevolge van negatieve kleeft

O_s Omtrek van de paalschacht

h Dikte van de laag waarvan de negatieve kleeft wordt berekend

K_0 Neutrale horizontale gronddrukcoëfficiënt

σ_v' Gemiddelde verticale effectieve spanning in de laag waarvoor de negatieve kleeft wordt berekend

δ Wrijvingshoek tussen paal en grond

Of de bijdrage van de negatieve kleeft moet worden meegenomen in de berekening, is afhankelijk van de positie van de maximale houtspanningen in de funderingspaal.

Er wordt verondersteld dat $S(t)$ is constant. Dat wil zeggen: de bovengrondse belasting wijzigt niet. Indien de functie van het bouwwerk verandert of als er bijvoorbeeld een opbouw wordt geplaatst op de woning, zal $S(t)$ wijzigen in de tijd.

Voor bestaande bouw zijn de belastingfactoren gelijk aan 1.0. Dat wil zeggen er is geen veiligheidsmarge in de berekening meegenomen.

Bepalen van de weerstand $R(t)$

Voor het bepalen van de weerstand van de funderingspaal zijn de volgende gegevens noodzakelijk: afmetingen paalkop, restdiameter funderingshout, totale diameter funderingshout, toelaatbare houtspanningen en aantastingssnelheid. In geval dat de maximale houtspanningen optreden ter plaatse van de paalkop wordt de berekening als volgt uitgevoerd:

De afmetingen van de paalkop kunnen opgemeten worden. Met een pylodin wordt de indringing gemeten: de dikte van de zachte schil van het funderingshout. Met deze twee gegevens kan de restdiameter (mm) van het hout bepaald worden. Het nemen van een boorkern kan informatie verschaffen over de sterkte van het kernhout (N/mm^2) en de aantastingssnelheid (mm/jr).

De weerstand wordt bepaald met de functie [Kuilen, 2006]:

$$F_u = f_{c,0} * A_{rem} + f_{c,0,dec} * A_{dec} \quad (5)$$

Met:

| | |
|---------------|---|
| F_u | de draagkracht van het hout |
| $f_{c,0}$ | de druksterkte van het hout evenwijdig aan vezelrichting |
| A_{rem} | de onaangetaste houtoppervlakte (te bepalen met de restdiameter) |
| $f_{c,0,dec}$ | de druksterkte van het aangetaste hout evenwijdig aan vezelrichting |
| A_{dec} | de oppervlakte van het aangetaste hout |

Op deze manier wordt een berekening gemaakt van de reststerkte van het funderingshout. Daarbij kan in twijfel worden getrokken of de laatste term $f_{c,0,dec} * A_{dec}$ mee moet worden genomen in de berekening. Het aangetaste deel van het funderingshout kan namelijk nagenoeg geen constructieve functie meer vervullen. Zonder deze term wordt de vergelijking:

$$F_u = f_{c,0} * A_{rem} \quad (6)$$

Vergelijking (4) is echter nog geen functie van de tijd. Daarvoor moet de aantastingssnelheid van het hout betrokken worden in de functie. Deze kan verkregen worden uit een boorkern. Stichting Hout Research kan op grond van microscopisch onderzoek van de betreffende boorkern de aantastingssnelheid (mm/jaar) van het hout bepalen. Met deze aantastingssnelheid is de weerstand van het hout in de tijd ($R(t)$) te berekenen.

$$F_u(t) = R(t) = f_{c,0} * A_{rem}(t) \quad (7)$$

Waarbij

$$A_{rem}(t) = \pi * r(t)^2 \quad (8)$$

Met:

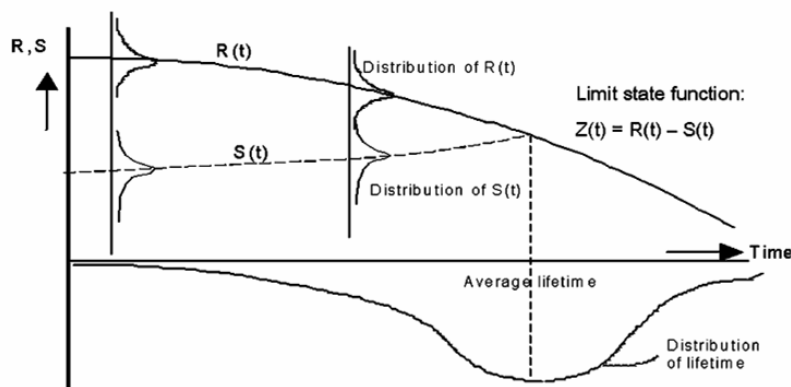
$$r(t) = r_0 - \alpha * t \quad (9)$$

| | |
|----------|----------------------------------|
| r | straal van funderingshout (mm) |
| α | aantastingssnelheid in (mm/jaar) |
| t | tijd (jaren) |

In geval van bacteriële aantasting zullen de maximale houtspanningen niet per se optreden ter plaatse van de paalkop, maar op een andere, lagere, positie in de funderingspaal. De restdiameter van de paal zal dan benaderd moeten worden uit de beschikbare gegevens. Indien de afmetingen van de paal bekend zijn, kan het resterende houtoppervlakte worden bepaald ter hoogte van de maximale houtspanningen. Verondersteld wordt dat bacteriële aantasting over de gehele lengte van de funderingspaal optreedt. Dat betekent dat de dikte van de aangetaste houtschil over de gehele lengte van de paal gelijk is.

Op grond van de belasting en de weerstand in de tijd kan een uitspraak gedaan worden over de restlevensduur van een funderingspaal. Op het moment dat $Z(t) < 0$ wordt de toelaatbare houtspanning overschreden en bezwijkt de funderingspaal.

In onderstaande grafiek [Kuilen, 2006] is e.e.a. weergegeven:



Grafiek 1 Bepaling restlevensduur op grond van limit-state function

Het bepalen van de restlevensduur van een constructie of van een constructieonderdeel op grond van de limit-state functie. Waarbij de levensduur wordt bereikt als de belasting (S =Sollicitance) groter of gelijk is aan de weerstand (R =Resistance).

Funderingsonderzoekers zijn verdeeld over de waarde die gehecht moet worden aan een dergelijke berekening, de nauwkeurigheid is discutabel.

NB1. In geval van dunne grenen houten palen (diameter ≤ 150 mm), waarbij bacteriële aantasting optreedt, wordt aangeraden het funderingsherstel per bouweenheid aan te pakken. Fouten uit het verleden laten zien dat partieel funderingsherstel in deze gevallen geen oplossing biedt.

NB2. Bij een jaarlijkse droogstand van enkele centimeters van het funderingshout hoeft bovengenoemde berekening niet gemaakt te worden. Geadviseerd wordt dan de fundering te herstellen, dan wel de grondwaterstand te beheersen. Indien gekozen wordt voor het beheersen van de grondwaterstand, kan formule (6) gebruikt worden om het restdraagvermogen van de funderingspalen te bepalen, om te controleren of de sterkte van het hout nog voldoende is.

5.3.3 Draagkrachtberekening

Als aanvulling op het funderingsonderzoek en op de toetsing van de toelaatbare houtspanningen, kan er een draagkrachtberekening gemaakt worden. Een draagkrachtberekening van de fundering kan een indicatie geven van de omvang van het funderingsprobleem. Als er een functiewijziging of een verbouwing van een pand plaats vindt, kan een draagkrachtberekening een indicatie geven of de bestaande fundering gehandhaafd kan worden of dat er aanvullend draagvermogen nodig is.

In NEN 6743-1 wordt de berekeningsmethode besproken om de draagkracht van funderingspalen te bepalen.

In veel gevallen zullen echter gegevens ontbreken over de paallengte en de paalpuntdiameter. Dit leidt er toe dat de berekening moet worden gebaseerd op aannamen, wat de nauwkeurigheid van de berekening niet ten goede komt.

6 Casestudie 1 - Zakkingsnelheid

6.1 Onderzoeksinstrument

In de praktijk worden er verschillende aanpakken van funderingsonderzoek gebruikt, afhankelijk van de beschikbare tijd en het beschikbare budget. In paragraaf 2.4 zijn deze aanpakken omschreven. Het grote verschil tussen beiden zit in het bepalen van de zakkingsnelheid van bouwmuren. Er worden in de praktijk twee methoden gebruikt om de zakkingsnelheid van een pand te bepalen:

Methode 1: Zakkingsnelheid m.b.v. meetbouten en waterpasinstrument

De meest gangbare methode is om de zakkingsnelheid te meten met behulp van meetbouten en een waterpasinstrument. De nauwkeurigheid waarmee de zakkingsnelheid kan worden bepaald, is afhankelijk van de metingenreeks. Een metingenreeks van 2 à 3 jaar, met een interval van 6 maanden geeft een betrouwbaar beeld van het zakkingsgedrag van het pand. De methode wordt erkend als betrouwbare methode.

Methode 2: Zakkingsnelheid uit lintvoegmeting

Bij deze methode wordt de zakkingsnelheid berekend uit het maximale zakkingsverschil, welke uit de lintvoegwaterpassing afgeleid kan worden. De zakking wordt gedeeld door het aantal verstreken jaren sinds de oplevering van het pand. Op deze manier wordt een minimale zakkingsnelheid berekend. Er wordt een lineair zakkingsgedrag in de tijd verondersteld. Indien aanwezig kan de informatie uit de lintvoegmeting aangevuld worden met gegevens over het oorspronkelijke aanlegpeil ten opzichte van N.A.P. Op deze manier kan de absolute zakking worden benaderd.

Onderzoekers zijn verdeeld over de waarde die gehecht moet worden aan deze methode.

De zakkingsnelheid is een belangrijk gegeven in het funderingsonderzoek. Op grond van deze parameter wordt het toekomstige vervormingsgedrag van een pand voorspeld. Op grond van de vervorming, uitgedrukt in de parameters β (rotatie) en Δ/L (doorbuigingsverhouding), zal worden beoordeeld of een fundering hersteld moet worden of niet.

Het is van belang dat de zakkingsnelheid nauwkeurig kan worden bepaald, zodat er een betrouwbare voorspelling kan worden gedaan van de te verwachten vervormingen in een pand als gevolg van funderingsschade.

Doel

Het doel van de casestudie is het onderzoeken of methode 2 bruikbaar is in het funderingsonderzoek. Er zal een antwoord moeten worden gegeven op de volgende vragen:

- In hoeverre komt de zakkingsnelheid, bepaald volgens methode 2, overeen met de zakkingsnelheid indien deze met methode 1 wordt bepaald?
- Heeft de methode om de zakkingsnelheid te bepalen, invloed op de grenzen van de funderingshersteleenheid, indien deze volgens de Concept Richtlijn partieel funderingsherstel worden bepaald?

Methode

Er wordt een viertal projecten geanalyseerd, waarvan zowel meetboutgegevens, over een periode van 2 à 3 jaar, als een lintvoegwaterpasmetering beschikbaar is. Er zal een vergelijking worden gemaakt tussen de zakkingsnelheid volgend uit de meetboutgegevens (methode 1) en de zakkingsnelheid die uit de lintvoegwaterpasmetering kan worden berekend (methode 2).

Daarnaast zal worden onderzocht of de gekozen methode invloed heeft op de funderingshersteleenheid van het betreffende woningblok, indien deze eenheid bepaald wordt met de Concept Richtlijn Partieel Funderingsherstel. Dit gebeurt aan de hand een vergelijking tussen de toekomstige vervormingen van het pand op grond van de twee zakkingsnelheden. De vervorming na 30 jaar zal in kaart gebracht worden. Er is gekozen voor een periode van 30 jaar, aangezien dit de gewenste handhavingstermijn is, aanbevolen in de Concept Richtlijn Partieel funderingsherstel.

6.2 Uitwerking

In deze paragraaf volgt de uitwerking van de vier projecten, dat zijn:

| | |
|-----------|----------------------|
| Project 1 | Straat 1 - Schiedam |
| Project 2 | Straat 2 - Schiedam |
| Project 3 | Straat 3 - Schiedam |
| Project 4 | Straat 4 - Dordrecht |

De uitwerking bestaat per project uit:

- Een plattegrond met daarin aangegeven de posities van de meetbouten, dit zijn de meetpunten
- Een lintvoegwaterpasmeting
- De vervorming na 30 jaar op grond van de zakkingsnelheid berekend volgens methode 1 resp. methode 2

Per meetpunt:

- De zakkingsnelheid volgend uit de meetbouten (methode 1)
- De zakkingsnelheid berekend uit de lintvoegwaterpasmeting (methode 2)
- Het verschil tussen in zakkingsnelheid berekend volgens methode 1 resp. 2
- De orde grootte van de fout in methode 2

De orde grootte van de afwijking van de zakkingsnelheid wordt in procenten berekend met de volgende formule:

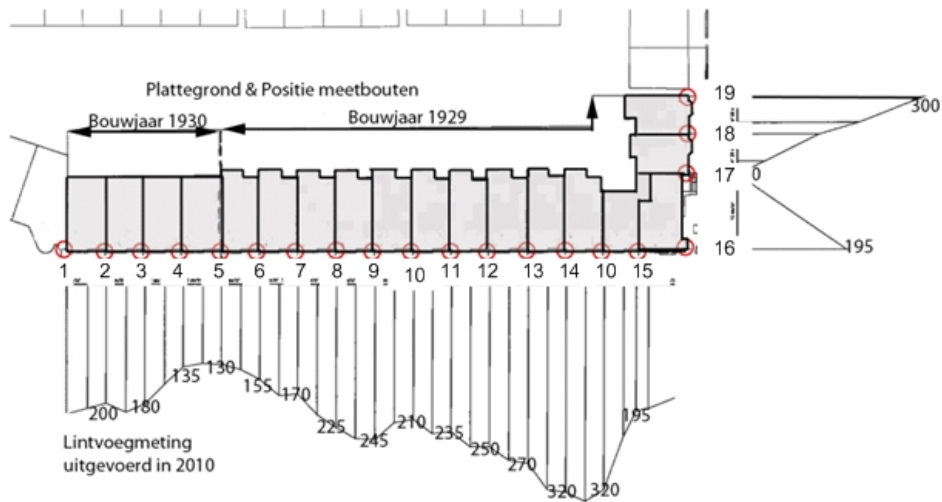
$$\text{Orde grootte van fout (\%)} = 100 * (w(\text{methode 1}) - w(\text{methode 2}) / w(\text{methode 1})) \quad (10)$$

Met:

w = zakkingsnelheid (mm/jaar) berekend volgens methode 1 resp. methode 2.

De meetgegevens en berekeningen van de zakkingsnelheid, het zakkingsnelheidsverschil en de orde grootte van de fout zijn te vinden in [bijlage F](#).

Project 1 Straat 1 - Schiedam



Figuur 49 Plattegrond, positie meetbouten en lintvoegmeting Straat 1 - Schiedam

De lintvoegmeting geeft de relatieve zakking (mm) gemeten in 2010

Tabel 18 Meetgegevens Straat 1 - Schiedam

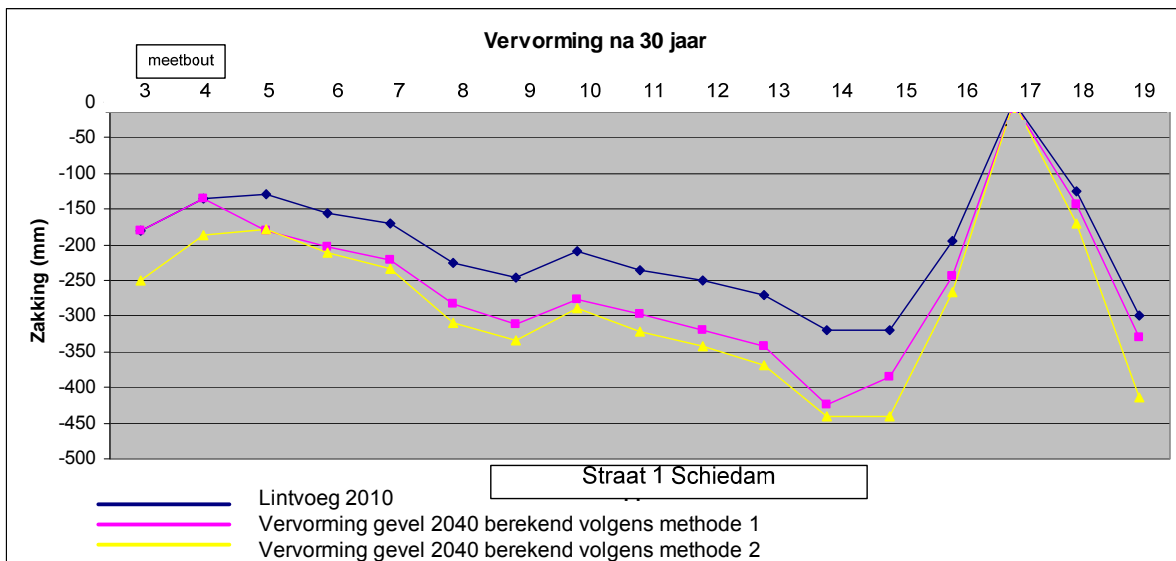
| Project 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Boutnummer | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Zakkingsnelheid methode 1 (meetbouten) (mm/jr) | x | 0 * | 0 * | 1.7 | 1.6 | 1.7 | 1.9 | 2.2 | 2.2 | 2.1 | 2.3 | 2.4 | 3.5 | 2.2 | 1.6 |
| Zakkingsnelheid methode 2 (lintvoeg) (mm/jr) | 2.5 | 2.3 | 1.7 | 1.6 | 1.9 | 2.1 | 2.8 | 3.0 | 2.6 | 2.9 | 3.1 | 3.3 | 4.0 | 4.0 | 2.4 |
| Verschil in zakkingsnelheid tussen methode 1 en 2 (mm/jaar) | | 2.3 | 1.7 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.9 | 0.8 | 0.4 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.5 | 0.2 | 1.6 |
| Orde grootte fout (%) | | | | 2.5 | 23 | 28 | 45 | 38 | 16 | 41 | 32 | 40 | 14 | 80 | 53 |

Tabel 19 Meetgegevens Straat 1 - Schiedam

| Project 1 | | | |
|---|-----|-----|-----|
| Boutnummer | 17 | 18 | 19 |
| Zakkingsnelheid methode 1 (meetbouten) (mm/jr) | 0.1 | 0.6 | 1.0 |
| Zakkingsnelheid methode 2 (lintvoeg) (mm/jr) | 0 | 1.5 | 3.8 |
| Verschil in zakkingsnelheid tussen methode 1 en 2 (mm/jaar) | 0.1 | 0.9 | 2.8 |
| Orde grootte fout (%) | 100 | 150 | 279 |

* Er is van uitgegaan dat meetbout 3 en meetbout 4 een zakkingsnelheid van 0 mm/jaar hebben. De meetboutgegevens geven aan dat de zakkingsnelheid hier negatief is. Dit zou betekenen dat de zakkingsnelheid omhoog gericht is. Dit is niet realistisch.

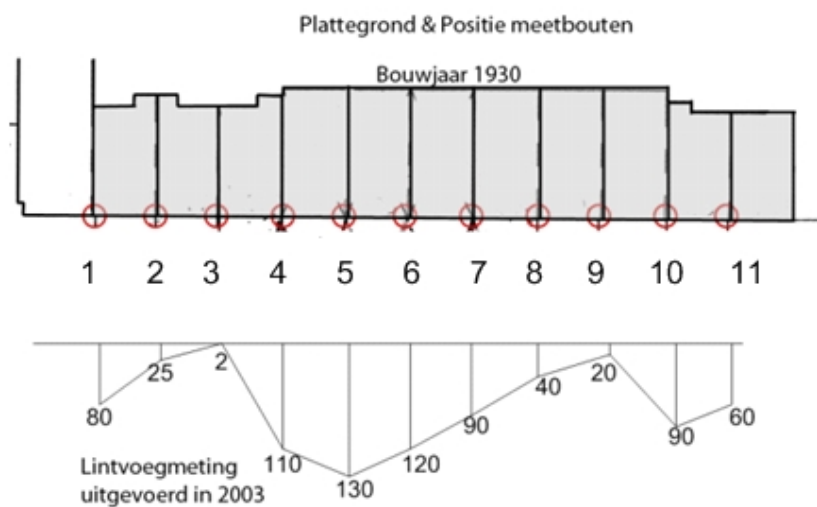
Van elk project is de vervorming van de panden na 30 jaar berekend en in kaart gebracht, afhankelijk van de methode om de zakkingsnelheid te bepalen. Er is daarbij van uitgegaan dat de zakkingsnelheid zich lineair in de tijd gedraagt.



Figuur

50 Vervorming na 30 jaar

Project 2 Straat 2 - Schiedam



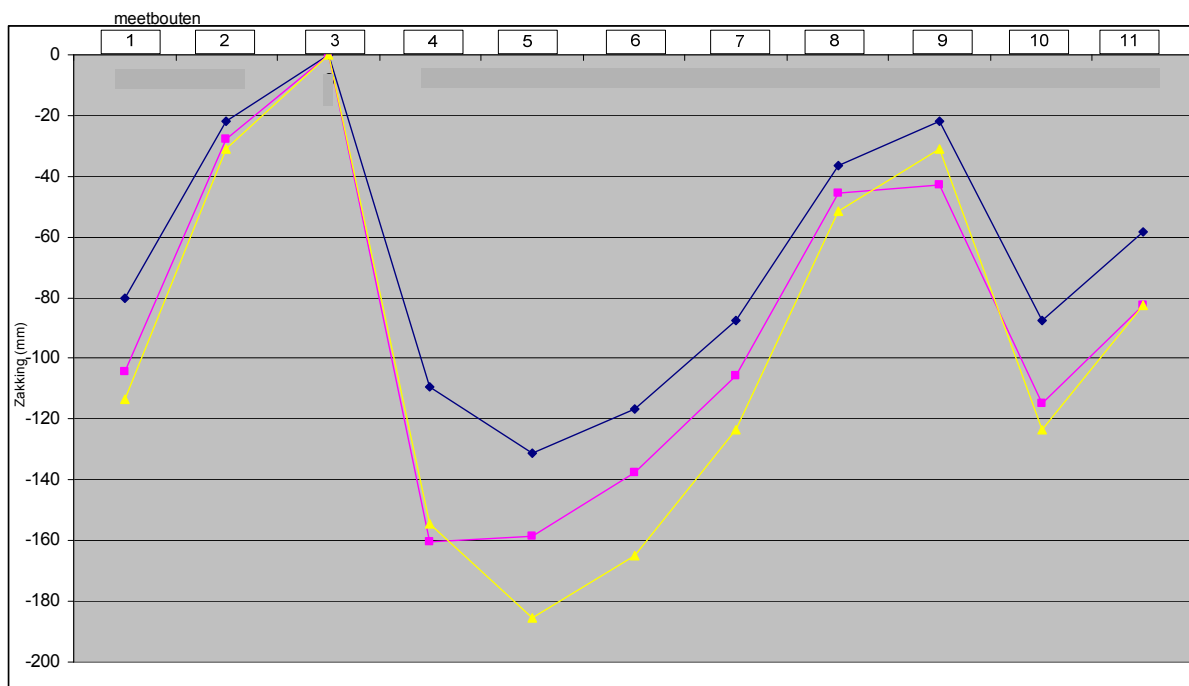
Figuur 51 Plattegrond, positie meetbouten en lintvoegmeting Straat 2 - Schiedam

De lintvoegmeting geeft de relatieve zinking (mm) gemeten in 2003

Tabel 20 Meetgegevens Straat 2 - Schiedam

Project 2

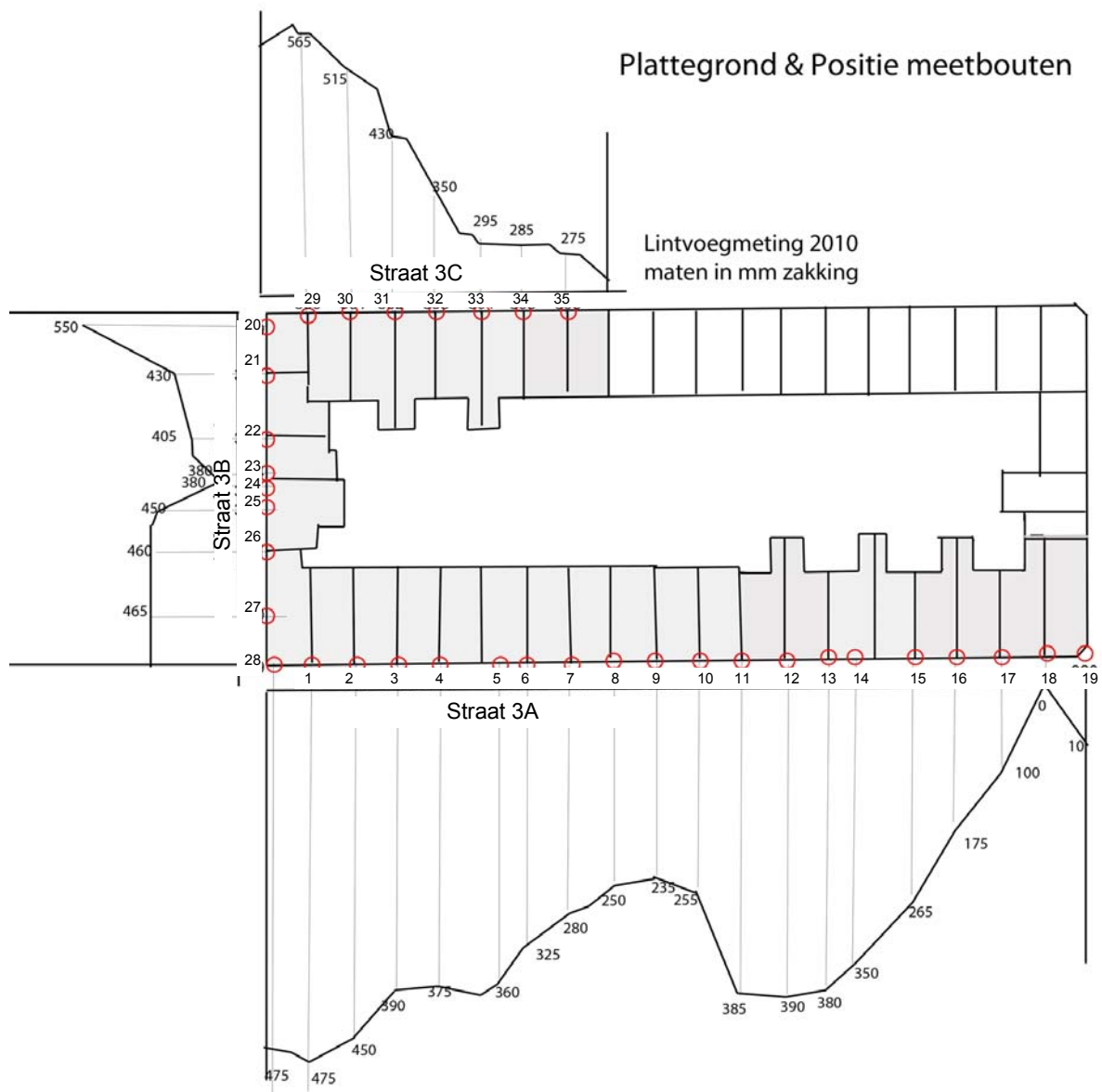
| Boutnummer | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Zakkingsnelheid methode 1 (meetbouten) (mm/jr) | 0.8 | 0.2 | 0 | 1.7 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.3 | 0.7 | 0.9 | 0.8 |
| Zakkingsnelheid methode 2 (lintvoeg) (mm/jr) | 1.1 | 0.3 | 0 | 1.5 | 1.8 | 1.6 | 1.2 | 0.5 | 0.3 | 1.2 | 0.8 |
| Vershil in zakkingsnelheid tussen methode 1 en 2 (mm/jr) | 0.3 | 0.1 | 0 | 0.2 | 0.9 | 0.9 | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 0 |
| Orde grootte fout (%) | 41 | 71 | 0 | 10 | 94 | 147 | 111 | 64 | 59 | 40 | 10 |



Figuur 52 Vervorming na 30 jaar

- Lintvoeg 2003
- Vervorming gevel 2033 berekend volgens methode 1
- Vervorming gevel 2033 berekend volgens methode 2

Figuur 53 Legenda



Figuur 54 Plattegrond, positie meetbouten en lintvoegmeting project 3

Tabel 21 Meetgegevens Straat 3A - Schiedam

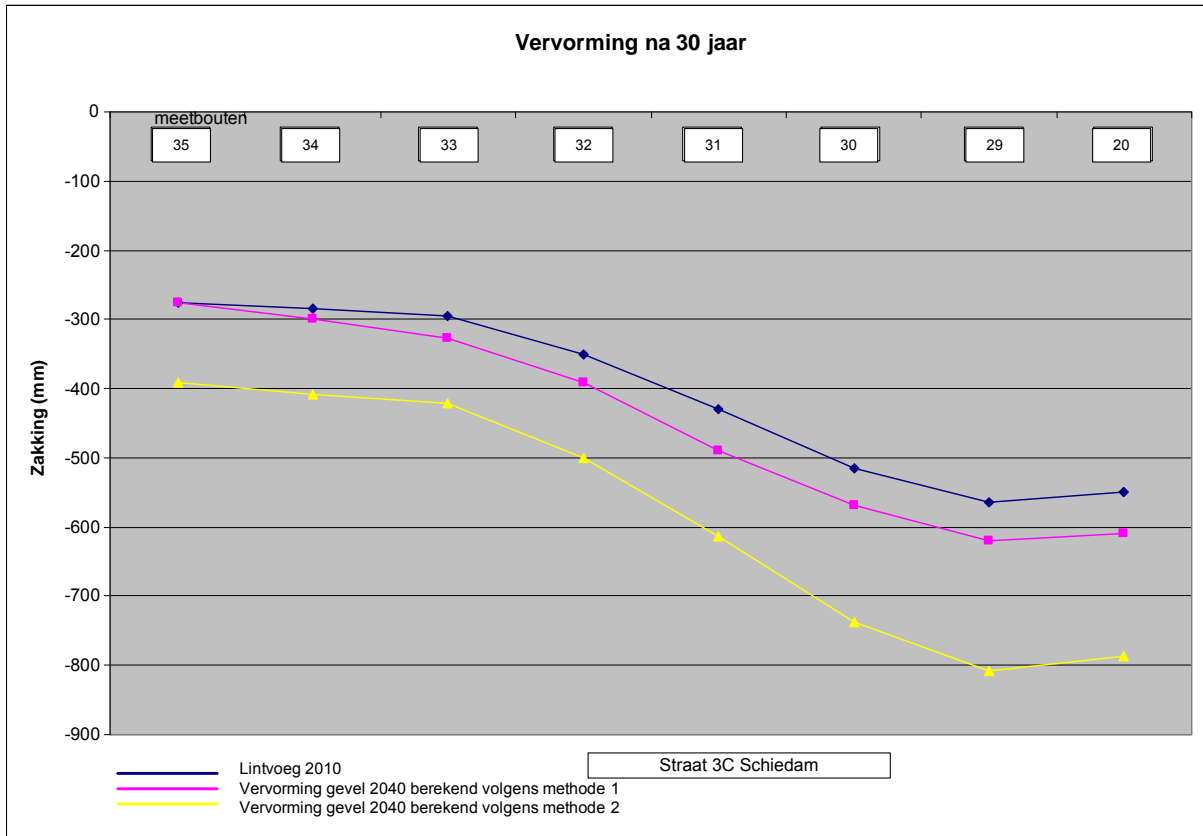
| Project 3 | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Boutnummer | 0 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 |
| Zakkingsnelheid methode 1 (meetbouden) (mm/jr) | 0 | 0 | 0,0 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| Zakkingsnelheid methode 2 (lintvoeg) (mm/jr) | | 0.1 | 0,0 | 1.4 | 2.5 | 3.8 | 5.4 | 5.6 | 5.5 | 3.6 | 3.4 | 3.6 | 4 | 4.6 |
| Vershil in zakkingsnelheid tussen methode 1 en 2 | | 0.1 | 0,0 | 0.1 | 1,0 | 2.2 | 4.1 | 4.1 | 3.9 | 2.5 | 2.3 | 2.5 | 2.9 | 3.4 |
| Orde grootte fout (%) | | | | 12,0 | 67 | 131 | 327 | 283 | 236 | 234 | 208 | 227 | 264 | 283 |

Tabel 22 Meetgegevens Straat 3A / B - Schiedam

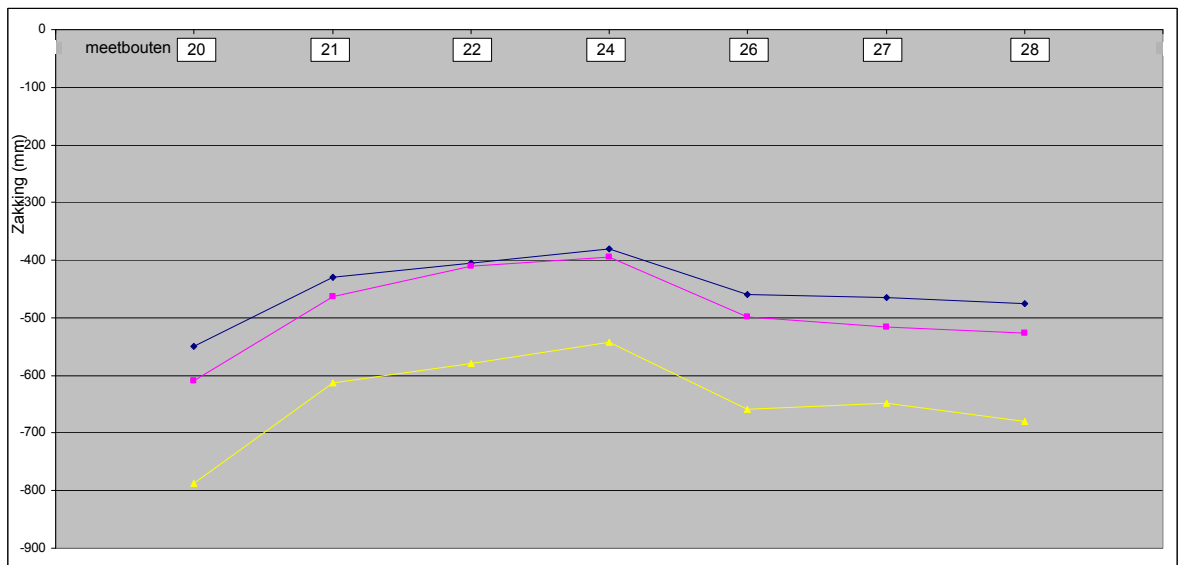
| Project 3 | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|--|--|
| Boutnummer | 4 | 3 | 2 | 1 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | | |
| Zakkingsnelheid methode 1 (meetbouden) (mm/jr) | 1.5 | 2 | 2.5 | 2.3 | 1.7 | 1.7 | 1.3 | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 0.2 | 1.1 | | |
| Zakkingsnelheid methode 2 (lintvoeg) (mm/jr) | 5.4 | 5.6 | 6.4 | 6.8 | 6.8 | 6.6 | 6.6 | 6.4 | 5.4 | 5.4 | 5.8 | 6.1 | | |
| Vershil in zakkingsnelheid tussen methode 1 en 2 | 3.9 | 3.6 | 3.9 | 4.5 | 5.1 | 5.1 | 5.3 | 5.4 | 4.9 | 4.9 | 5.6 | 5 | | |
| Orde grootte fout (%) | 268 | 179 | 15 | 199 | 293 | 285 | 416 | 542 | 895 | 895 | 2800 | 463 | | |

Tabel 23 Meetgegevens Straat 3C - Schiedam

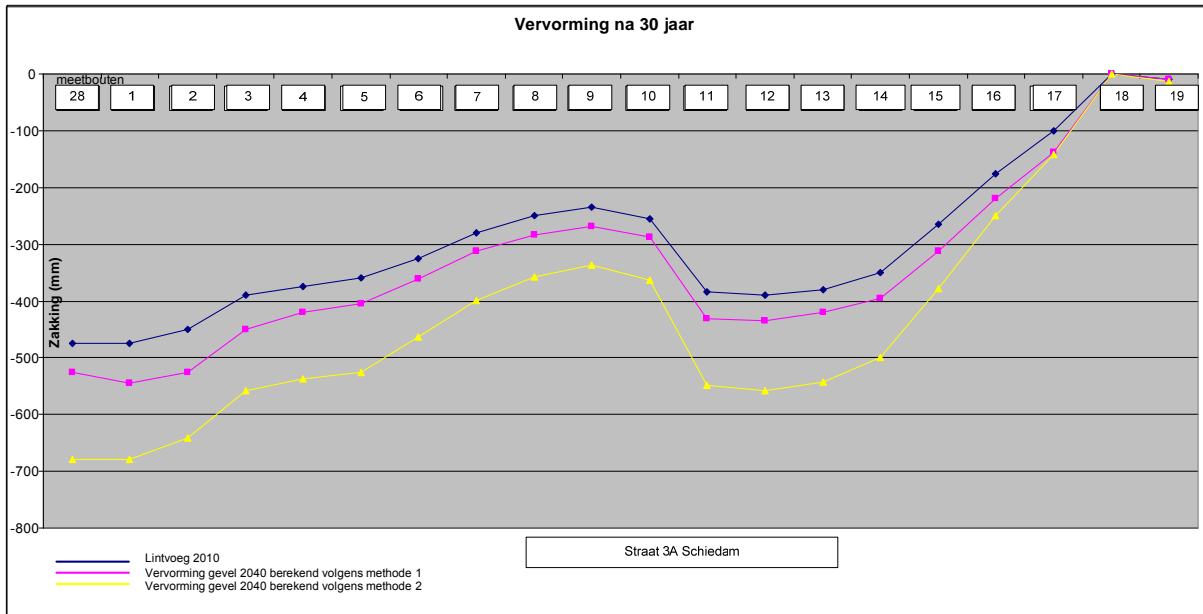
| Project 3 | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| Boutnummer | 20 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | |
| Zakkingsnelheid methode 1 (meetbouden) (mm/jr) | 2 | 1.8 | 1.8 | 2,0 | 1.4 | 1.1 | 0.5 | 0 | |
| Zakkingsnelheid methode 2 (lintvoeg) (mm/jr) | 7.9 | 8.1 | 7.4 | 6.1 | 5,0 | 4.2 | 4.1 | 3.9 | |
| Vershil in zakkingsnelheid tussen methode 1 en 2 (mm/jr) | 5.9 | 6.3 | 5.6 | 4.1 | 3.6 | 3.1 | 3.6 | 3.9 | |
| Orde grootte fout (%) | 293 | 344 | 305 | 207 | 267 | 286 | 714 | | |



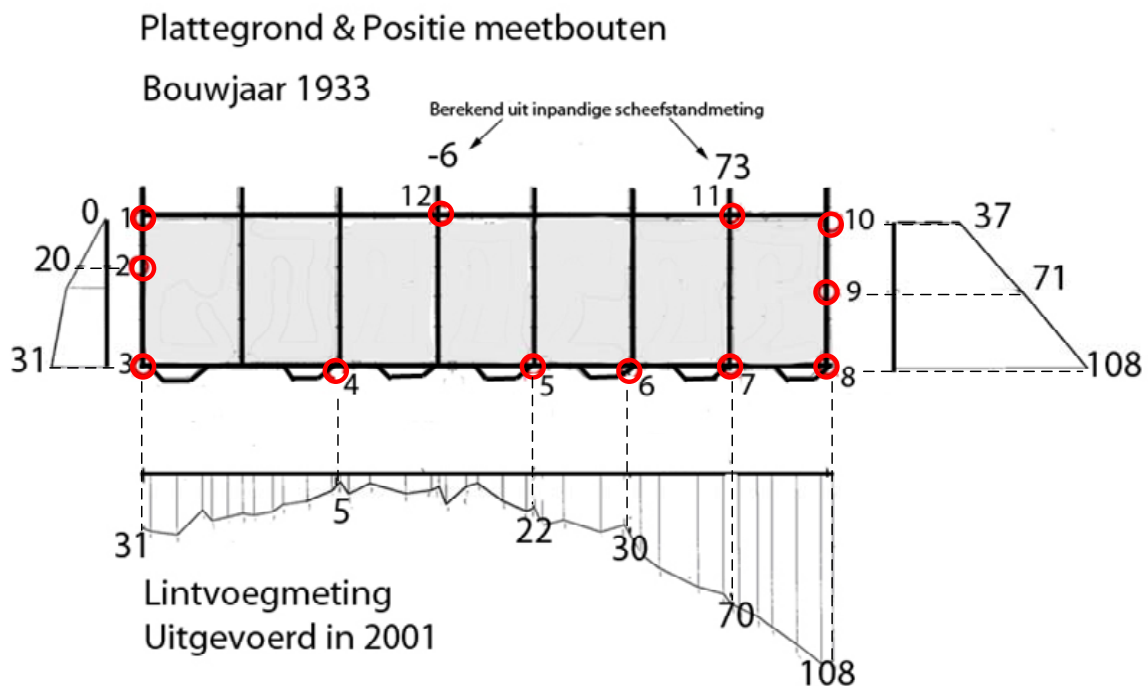
Figuur 55 Vervorming na 30 jaar Straat 3C - Schiedam



Figuur 56 Vervorming na 30 jaar Straat 3B - Schiedam



Figuur 57 Vervorming na 30 jaar Straat 3A - Schiedam



Figuur 58 Plattegrond, positie meetbouten en lintvoeg project Dordrecht linkerdeel woningblok

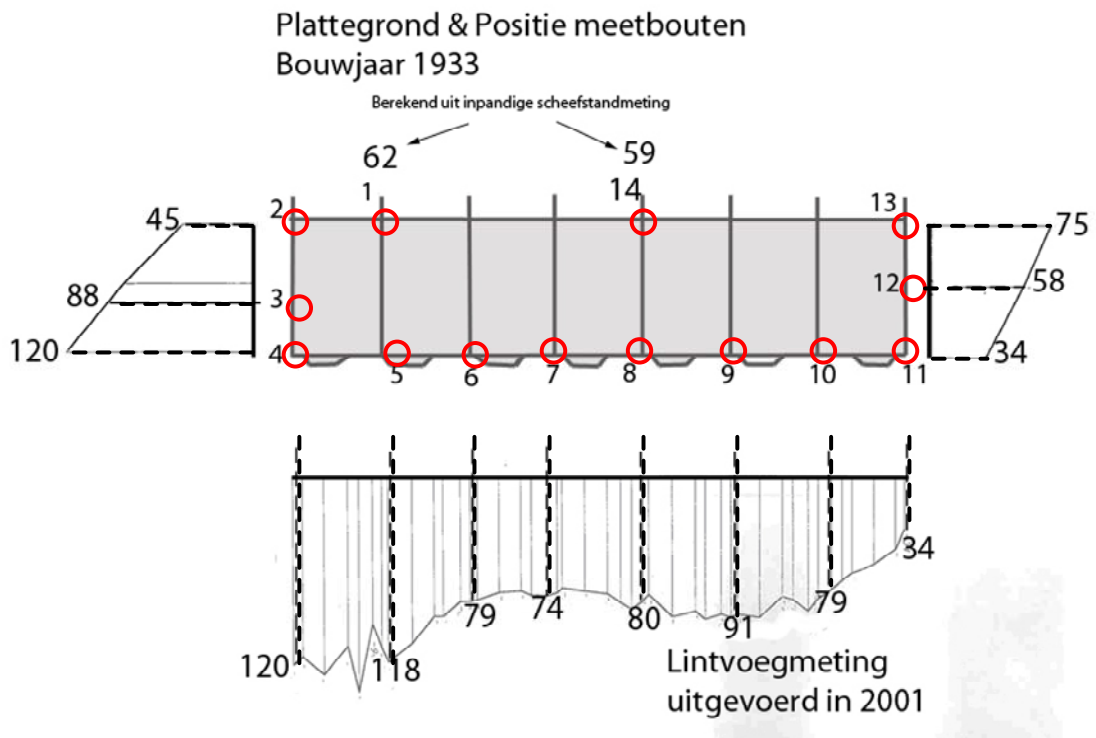
De lintvoegmeting geeft de relatieve zakking (mm) gemeten in 2001

Tabel 24 Meetgegevens project Dordrecht linkerdeel woningblok

Project 4

| Boutnummer | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Zakkingsnelheid methode 1 (meetbouten) (mm/jr) | 0.3 | 0.6 | 0.4 | 0.6 | 0.2 | 0.7 | 1.8 | 1.6 | 1.3 | 1.4 | 1.1 | 0* |
| Zakkingsnelheid methode 2 (lintvoeg) (mm/jr) | 0 | 0.3 | 0.5 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 1 | 1.6 | 1 | 0.5 | 1.1 | 0 |
| Vershil in zakkingsnelheid tussen methode 1 en 2 (mm/jr) | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 0.1 | 0.3 | 0.8 | 0 | 0.3 | 0.9 | 0 | 0.5 |
| Orde grootte fout (%) | | 51 | 14 | 88 | 62 | 37 | 43 | 1 | 20 | 61 | 2.4 | 85 |

* Er is van uitgegaan dat meetbout 12 (linkerdeel) een zakkingsnelheid van 0 mm/jaar heeft. De meetboutgegevens geven aan dat de zakkingsnelheid negatief is. Dit zou betekenen dat de zakkingsnelheid omhoog gericht is. Dit is niet realistisch.



Figuur 59 Plattegrond, positie meetbouten en lintvoeg project Dordrecht rechterdeel woningblok

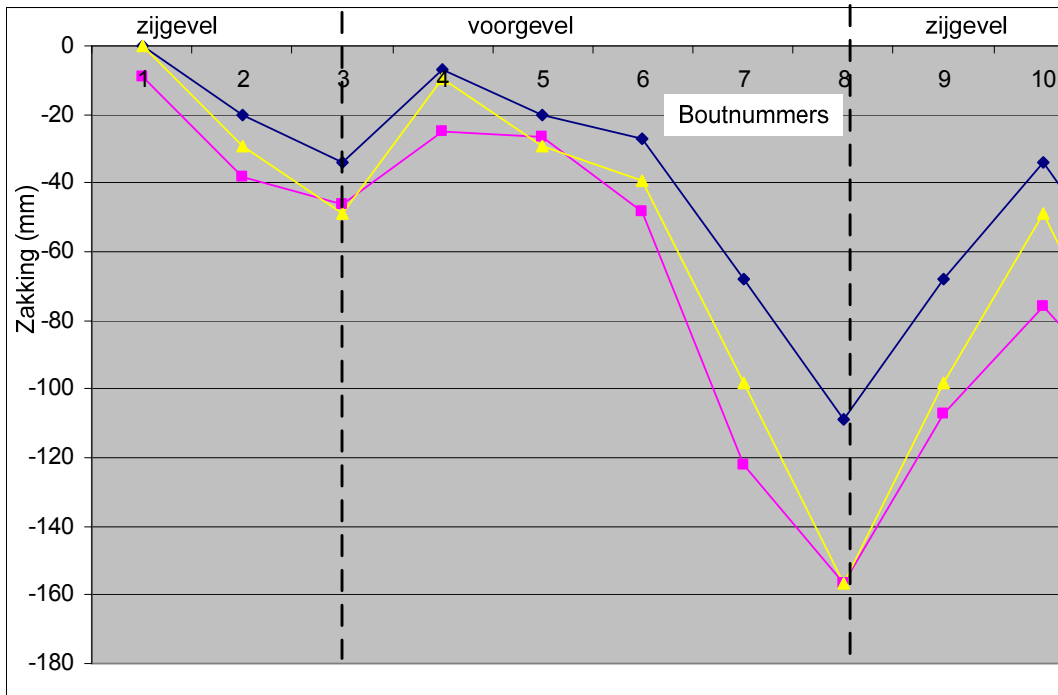
De lintvoegmeting geeft de relatieve zakking (mm) gemeten in 2001

Tabel 25 Meetgegevens project Dordrecht rechterdeel woningblok

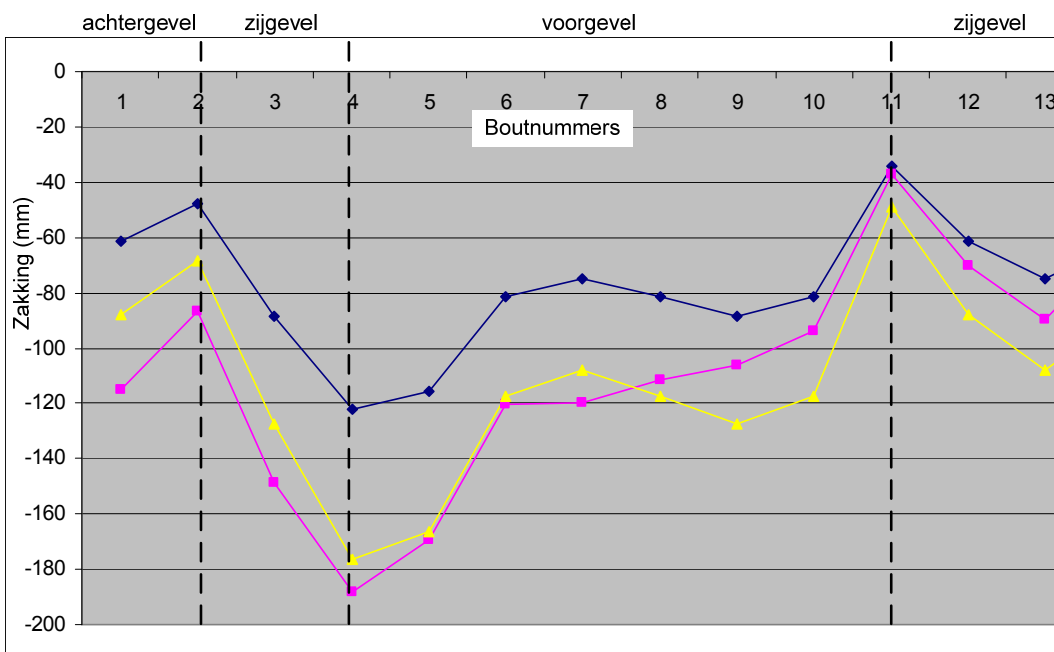
| Project 4 | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Boutnummer | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Zakkingsnelheid methode 1 (meetbouten) (mm/jr) | 1.8 | 1.3 | 2 | 2.2 | 1.8 | 1.3 | 1.5 | 1 | 0.6 | 0.4 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0* |
| Zakkingsnelheid methode 2 (lintvoeg) (mm/jr) | 0.9 | 0.7 | 1.3 | 1.8 | 1.7 | 1.2 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 0.5 | 0.9 | 1.1 | 0.9 |
| Vershil in zakkingsnelheid tussen methode 1 en 2 (mm/jr) | 0.9 | 0.6 | 0.7 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.2 | 0.7 | 0.8 | 0.4 | 0.6 | 0.6 | 0.9 |
| Orde grootte fout (%) | 50 | 50 | 35 | 20 | 4 | 11 | 28 | 18 | 123 | 190 | 400 | 184 | 121 | |

* Er is van uitgegaan dat meetbout 14 (rechterdeel) een zakkingsnelheid van 0 mm/jaar heeft. De meetboutgegevens geven aan dat de zakkingsnelheid negatief is. Dit zou betekenen dat de zakkingsnelheid omhoog gericht is. Dit is niet realistisch.

Vervorming na 30 jaar



Figuur 60 Vervorming na 30 jaar linkerdeel van woningblok



Figuur 61 Vervorming na 30 jaar rechterdeel van woningblok

- ◆— Lintvoeg 2001
- Vervorming gevel 2031 berekend volgens methode 1
- ▲— Vervorming gevel 2031 berekend volgens methode 2

Figuur 62 Legenda

6.3 Analyse van de resultaten

In deze paragraaf worden de resultaten geanalyseerd. De zakkingsnelheid volgens methode 1 wordt vergeleken met de zakkingsnelheid volgens methode 2.

Project 1 (Schiedam)

- Voor project 1 geeft de zakkingsnelheid berekend uit de lintvoegwaterpasmetering een hogere snelheid dan de zakkingsnelheid volgend uit de metingen van de meetbouten.
- Ter plaatse van meetbout 19 wordt het maximale verschil van 2,7 mm/jaar gevonden tussen de zakkingsnelheid volgens methode 1 resp. methode 2. De orde grootte van de fout is in dit geval 279% en is hier ook maximaal.
- De verschillen tussen de zakkingsnelheden, bepaald volgens de twee methoden, variëren van 0,1 tot 2,8 mm/jaar.
- Van de 18 meetpunten in dit project, is er 1 meetpunt waarvan de orde grootte van de fout in de zakkingsnelheid (volgens methode 2) kleiner is dan 15%.

Project 2 (Schiedam)

- Voor project 2 verschillen de zakkingsnelheden volgens de twee methoden maximaal 1 mm/jaar.
- Bij 9 van de 11 meetbouten geeft de zakkingsnelheid berekend volgens methode 2 een te hoge zakkingsnelheid.
- De grootste fout heeft een orde grootte van 147%. Deze maximale fout treedt op ter plaatse van meetbout 6. De zakkingsnelheid berekend uit de lintvoegmeting (methode 2) geeft hier een waarde van 1.6 mm/jaar. Terwijl uit de meetboutgegevens (methode 1) volgt dat de zakkingsnelheid 0,7 mm/jaar is.
- De verschillen tussen de zakkingsnelheden, bepaald volgens de twee methoden, variëren van 0,0 tot 0,9 mm/jaar.
- Van de 11 meetpunten in dit project, zijn er 2 meetpunten waarvan de orde grootte van de fout in de zakkingsnelheid (volgens methode 2) kleiner is dan 15%.

Project 3 (Schiedam)

- Voor project 3 geeft de zakkingsnelheid berekend uit de lintvoegwaterpasmetering een hogere snelheid dan de zakkingsnelheid volgend uit de metingen van de meetbouten:
- Ter plaatse van meetbout 29 wordt het grootste zakkingsnelheidsverschil gevonden van 6,3 mm/jaar tussen methode 1 en methode 2. Uit de lintvoegmeting wordt een zakkingsnelheid van 8,1 mm/jaar berekend, terwijl uit de meetboutgegevens een zakkingsnelheid van 1,8 mm/jaar volgt. De orde grootte van de fout is hier 343 %.
- Daarnaast wordt er een fout gevonden van 2800%. Deze fout vindt plaats bij meetbout 22. De zakkingsnelheid berekend uit de lintvoegmeting is 5,8 mm/jaar. Terwijl de meetbouten een zakkingsnelheid geven van 0,2 mm/jaar.
- De verschillen tussen de zakkingsnelheden, bepaald volgens de twee methoden, variëren van 0,0 tot 6,3 mm/jaar.
- Van de 35 meetpunten, is er 1 meetpunt waarvan de orde grootte van de fout in de zakkingsnelheid kleiner is dan 15%.

Project 4 (Dordrecht)

- Voor project 4 geeft methode 2 in 12 van de 26 meetpunten een te hoge zakkingsnelheid aan. Voor de andere 14 punten geeft methode 2 een te lage zakkingsnelheid aan.
- De verschillen tussen de twee methoden zijn bij alle meetbouten minder dan 1 mm/jaar.
- Ter plaatse van meetbout 1 (rechterdeel) is de zakkingsnelheid berekend uit de lintvoegwaterpasmetering 0,9 mm/jaar. Terwijl uit de meetboutgegevens een zakkingsnelheid van 1,8 mm/jaar volgt. De orde grootte van de fout is hier 50%.
- Ter plaatse van meetbout 11 (rechterdeel) is de orde grootte van de fout 400%. De zakkingsnelheid berekend uit de lintvoegwaterpasmetering is hier 0,5 mm/jaar, terwijl de meetbouten een zakkingsnelheid van 0,1 mm/jaar laten zien.
- Van de 26 meetpunten in dit project, zijn er 3 meetpunten waarvan de orde grootte van de fout in de zakkingsnelheid (volgens methode 2) kleiner is dan 15%.

Involed methode om zakkingsnelheid te berekenen op vervorming

Per project is de vervorming van de panden, na 30 jaar, in kaart gebracht. afhankelijk van de methode om de zakkingsnelheid te bepalen.

- De vervormingen komen in geen van de projecten volledig overeen.
- De totale zakking wordt in veel gevallen overschat indien gebruik wordt gemaakt van methode 2 (zakkingsnelheid berekenen uit lintvoegmeting). Bij project 3 wordt een verschil in zakkingsnelheid gevonden van meer dan 6 mm/jaar. Dit betekent dat na 30 jaar een fout van 180 mm in de voorspelde zakking aanwezig is.
- De rotaties en scheefstanden worden met methode 2 niet altijd goed benaderd. In een deel van de gevallen komen de scheefstanden van de twee vervormingslijnen met elkaar overeen. Maar in een aantal gevallen ook niet.

6.4 Conclusies & Aanbevelingen

Naar aanleiding van voorgaand onderzoek, worden de volgende antwoorden op de onderzoeksvragen gegeven:

In hoeverre komt de zakkingsnelheid, bepaald volgens methode 2, overeen met de zakkingsnelheid indien deze met methode 1 wordt bepaald?

Met methode 2 kan de zakkingsnelheid niet op een nauwkeurige manier bepaald worden. In de hiervoor uitgewerkte projecten zijn fouten gevonden in de berekening van de zakkingsnelheid tot 2800%. Van de 90 meetpunten die zijn geanalyseerd laten slechts 7 meetpunten een fout zien in de orde grootte <15%. In de zakkingsnelheid zijn afwijkingen tot meer dan 6 mm/jaar gevonden.

In sommige gevallen zal de zakkingsnelheid volgens deze methode redelijk overeenkomen (afwijking < 0,3 mm/jaar) met de werkelijke zakkingsnelheid. Maar in veel gevallen zal methode 2 een te hoge zakkingsnelheid geven. Het is echter van tevoren niet bekend of dat het geval is. Dit betekent dat deze methode niet met zekerheid kan worden toegepast in de praktijk.

Heeft de methode om de zakkingsnelheid te bepalen, invloed op de grenzen van de funderingshersteleenheid, indien deze volgens de Richtlijn partieel funderingsherstel worden bepaald?

De beslissing of de fundering onder een pand hersteld moet worden of niet, wordt onder andere bepaald door de scheefstand en de rotaties in het pand. Afhankelijk van het gemeentelijk beleid zal er een periode gelden waarbinnen geen schade mag optreden aan een pand, als gevolg van funderingsproblemen. Voldoet een pand gedurende deze periode niet aan de schadecriteria, dan zal de fundering hersteld worden. De Richtlijn adviseert een periode van 30 jaar aan te houden.

Van de vier projecten is de vervorming van de panden na 30 jaar, afhankelijk van de methode om de zakkingsnelheid te bepalen, in kaart gebracht. Te zien is dat de vervormingslijnen in veel gevallen niet overeenkomen. Dit betekent dat de rotaties, scheefstanden en zakkingen met methode 2 niet op een juiste methode voorspeld worden, waardoor een onjuiste funderingshersteleenheid zal worden bepaald.

In die gevallen waar de zakkingsnelheid met methode 2 wordt overschat, zal er een te grote funderingshersteleenheid worden aangewezen. Dit is een veilige benadering voor de aanpak van de funderingsproblematiek, maar dit betekent ook dat pandeigenaren onnodig moeten investeren in het funderingsherstel en onnodig een hoop hinder en overlast zullen ervaren.

De methode, waarmee de zakkingsnelheid wordt bepaald, heeft dus wel degelijk invloed op de funderingshersteleenheid.

Aanbevelingen

Voor het adviseren van partieel funderingsherstel, is het van groot belang de zakkingsnelheid van opeenvolgende bouwmuren binnen een bouweenheid te kennen. De zakkingsnelheid van de bouwmuren moet bepaald worden volgens methode 1, waarbij meetboutsen worden gebruikt voor het bepalen van de huidige zakkingsnelheid. Afhankelijk van de metingenreeks kan de huidige zakkingsnelheid nauwkeurig bepaald worden. Geadviseerd wordt een metingenreeks van 2 à 3 jaar te hanteren, waarbij minstens elk half jaar wordt gemeten. Met deze metingen kan het toekomstige vervormingsgedrag van een pand worden voorspeld. Rekening moet worden gehouden dat het extrapoleren van de zakkingsnelheid in de tijd een onnauwkeurigheid met zich mee brengt. Daarnaast moet rekening gehouden worden met het feit dat lokale ingrepen een (tijdelijke) impuls aan de zakkingsnelheid geven, bijvoorbeeld het ophogen van straten of bouwwerkzaamheden in de omgeving. De metingen kunnen hierdoor een vertekend beeld geven van het werkelijke zakkingsgedrag van de panden.

Methode 2 is een simpelere, goedkopere en minder tijdrovende methode. Deze kan een benadering geven van de werkelijkheid. Op grond van voorgaand onderzoek kan niet worden geconcludeerd onder welke omstandigheden methode 2 wel en onder welke omstandigheden methode 2 niet een geschikte methode is. Geadviseerd wordt om hier vervolgonderzoek naar te doen.

Methode 2 kan aangevuld worden met nadere analyses van de gebouwen en interviews met de bewoners. Een interview met bewoners kan informatie verschaffen over het gedrag dat de panden afgelopen jaren hebben vertoond. Doorgaande scheurvorming en toenemende scheefstand kunnen wijzen op een doorgaand

zakkingsproces. Deze informatie is waardevol in geval er geen tijd of geld is om het zakkingsgedrag met behulp van metingen uit meetbouts in kaart te brengen. Maar op grond van deze informatie mag niet het toekomstige vervormingsgedrag van een pand worden voorspeld, om zo de funderingshersteleenheid te bepalen. Deze informatie kan enkel gebruikt worden om een indicatie te krijgen van de funderingskwaliteit.

7 Casestudy 2 - Scharnierpand

7.1 Onderzoeksinstrument

Scharnierpanden ontstaan in woningblokken waar verschillende woningen, binnen één bouwkundige eenheid, een verschil in zakking vertonen. Het pand dat dit zakkingsverschil overbrugt, wordt scharnierpand genoemd. Deze vertoont een scheefstand ten opzichte van de horizontaal.

Door de bouwkundige aaneenschakeling van woningen kunnen de funderingsproblemen binnen een bouweenheid niet per woning worden opgelost. De gehele bouwkundige eenheid zal aangepakt moeten worden. Dit is de huidige visie op funderingsherstel van woningblokken. Indien slechts enkele panden binnen een woningblok worden hersteld, wordt het probleem niet opgelost, maar verplaatst men het probleem. Dit betekent dat ook de eigenaren die geen funderingsprobleem ervaren, mee moeten doen aan het funderingsherstel. Aangezien funderingsherstel gepaard gaat met een forse investering en een periode van overlast, zullen niet alle eigenaren mee willen doen aan het herstelplan.

Onderzocht moet worden welke hersteloplossingen er voor deze situatie zijn en of partieel funderingsherstel hier een oplossing biedt.

Het beleid met betrekking tot funderingsherstel verschilt per gemeente. Dit betekent dat bepaalde hersteloplossingen, afhankelijk van het gemeentelijk beleid, op bepaalde plaatsen wel kunnen worden uitgevoerd, terwijl in andere gemeentes dit niet lukt. De invloed van het gemeentelijk beleid op funderingsherstel zal worden onderzocht.

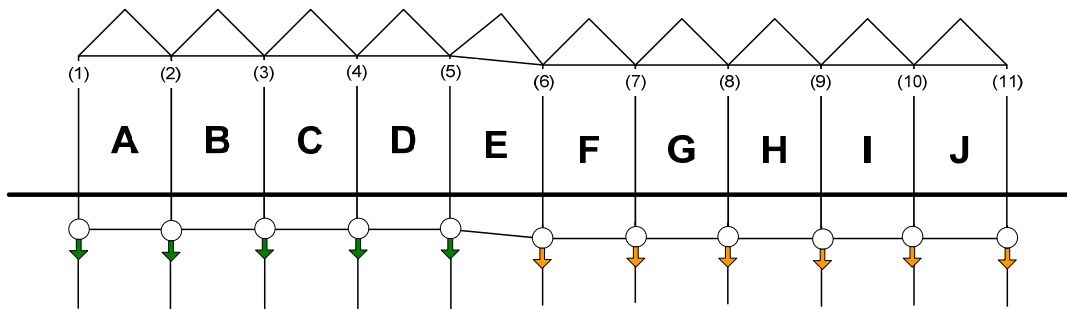
Doel

De doelen van deze casestudie zijn:

- Het onderzoeken van mogelijke oplossingen voor het probleem met het scharnierpand;
- Het in kaart brengen van risico's, kansen, kosten en ruimtelijke consequenties van partieel funderingsherstel;
- Onderzoeken van de maatschappelijke en technische kwaliteit van de verschillende herstelvarianten;
- Onderzoeken welke varianten voldoen aan de criteria in de Richtlijn Partieel Funderingsherstel;
- Onderzoeken van invloed gemeentelijk beleid op funderingsherstel.

Methode

Er is een fictief voorbeeld gekozen, waarin het probleem van het scharnierpand speelt:

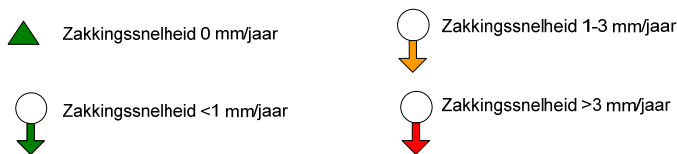


Figuur 63 Pand E is een scharnierpand, als gevolg van zakkingsnelheidsverschillen binnen de bouweenheid

De bouwmuren (1) t/m (5) hebben een zakkingsnelheid van 0,5 mm/jaar, de bouwmuren (6) t/m (11) 2 mm/jaar en de scheefstand in pand E $\leq 1/300$.

Pand A t/m J vormen een bouweenheid. Pand A t/m D zakken met een gelijkmatige snelheid en ook pand F t/m J zakken met een gelijkmatige snelheid. Ten gevolge van een zakkingsnelheidsverschil tussen panden A t/m D en F t/m J is er een scharnierpand ontstaan. Dit is pand E. Pand E fungeert als natuurlijke dilatatie, dit is de plek waar scheurvorming ontstaat in de gevels, deuren en ramen gaan klemmen en er een scheefstand optreedt. In pand E worden er funderingsproblemen ervaren.

Doordat pand A t/m D en pand F t/m J met een gelijkmatige snelheid zakken, wordt hier het funderingsprobleem niet als zodanig ervaren.



Figuur 64 Legenda

Bovenstaand voorbeeld zal onderzocht worden. Er worden 8 herstelvarianten uitgewerkt. Van elke variant zullen de kosten van de ingreep worden berekend, en de risico's, kansen en ruimtelijke consequenties in kaart worden gebracht.

Er zullen beoordelingscriteria worden opgesteld om de maatschappelijke en technische kwaliteit van de herstelvarianten te kunnen onderzoeken. Onderzocht zal worden of volledig funderingsherstel inderdaad de beste oplossing is, in de geschetste situatie, of dat partieel funderingsherstel hier toch een betere oplossing biedt.

Van verschillende gemeentes is geïnventariseerd wat het beleid is met betrekking tot funderingsherstel. Per gemeente zal worden onderzocht welke herstelvarianten doorgang krijgen op grond van het beleid en welke varianten niet haalbaar zijn.

NB1. In de praktijk zal deze situatie niet zo zwart-wit voorkomen. Toch is het geïllustreerde probleem een goede weerspiegeling van de problematiek die ontstaat als er funderingsproblemen ontstaan binnen woningblokken. Dit is de reden dat er gekozen is om deze case uit te werken.

NB2. De herstelkosten van de verschillende varianten worden bepaald met kentallen. Deze kentallen worden afgeleid uit een serie voorbeeldprojecten. Per herstelmethode wordt er een eenheidsprijs per vierkante meter funderingsherstel afgeleid. Met dit getal wordt de totaalprijs berekend. Deze prijs per vierkante meter funderingsherstel bestaat uit:

- Kosten aannemer (de kosten van de ingreep om te herstellen)
- Bijkomende kosten (o.a. engineering, vergunningen)
- Cascoherstelkosten (casco-herstel en interieurherstel)

Daarnaast worden er kosten gemaakt ten behoeve van bewonersbegeleiding. Ook deze worden meegenomen in de berekening, afhankelijk van het aantal betrokken eigenaren in het herstelplan.

Een nauwkeuriger berekening van de kosten kan gemaakt worden door de kosten per ingreep te bepalen. In het kader van dit onderzoek is dat niet nodig en voldoet de benadering met de kentallen. Op deze manier kan er conceptueel een vergelijking gemaakt worden tussen de kosten van de herstelvarianten.

7.2 Uitwerking

De uitwerking bestaat uit twee delen. Het eerste deel bestaat uit de uitwerking van de 8 herstelvarianten. Het tweede deel bestaat uit de beoordeling van de herstelvarianten.

7.2.1 Uitwerking herstelvarianten

Voor het probleem zijn 8 herstelvarianten opgesteld. Deze varianten worden in dit hoofdstuk besproken. Vervolgens zal er een samenvatting van de uitwerking van de herstelvarianten worden gegeven. Voor de volledige uitwerking wordt verwezen naar [bijlage G.1 t/m G.5](#).

De 8 herstelvarianten zijn:

Herstelvariant 1 – Volledig funderingsherstel

Van de panden A t/m J wordt de fundering hersteld. Deze variant is uitgewerkt voor twee herstelmethoden:

Variant 1A: Funderingsherstel volgens de tafelmethode

Variant 1B: Funderingsherstel met voorspanbalken

Herstelvariant 2 – Partieel funderingsherstel, zonder maatregelen

Van de panden F t/m J wordt de fundering hersteld, dat wil zeggen: bouwmuur (6) t/m (11) krijgen een nieuwe fundering. Bouwmuur (1) t/m (5) behouden hun oorspronkelijke zakkingsnelheid. Deze variant is uitgewerkt voor twee herstelmethoden:

Variant 2A: Funderingsherstel volgens de tafelmethode

Variant 2B: Funderingsherstel met voorspanbalken

Herstelvariant 3 – Partieel funderingsherstel, met maatregelen

De bestaande bouweenheid wordt ter plaatse van bouwmuur (5) opgesplitst in twee bouweenheden. De eerste bouweenheid wordt gevormd door pand A t/m D, hierbij horen bouwmuur (1) t/m (5). Deze bouweenheid behoudt zijn oorspronkelijke fundering en dus ook de oorspronkelijke zakkingsnelheid. De tweede bouweenheid wordt gevormd door pand E t/m J. Er komt een nieuwe bouwmuur (5a) om woning E af te sluiten. De tweede bouweenheid wordt voorzien van een nieuwe fundering.

Voor het funderingsherstel wordt gebruik gemaakt van de tafelmethode. De woningen worden voorzien van een nieuwe betonvloer, die ingekast is in de bestaande bouwmuren. Onder de betonvloer zullen stalen buispalen de krachten afdragen naar de draagkrachtige lagen.

Herstelvariant 4 – Partieel funderingsherstel met maatregelen, pand E

Alleen eigenaar E kiest ervoor het funderingsprobleem aan te pakken. Er wordt gekozen om pand E los te koppelen van pand F. Pand E wordt voorzien van een nieuwe bouwmuur (6a) met daaronder een nieuwe fundering. Bouwmuur (5) krijgt geen nieuwe fundering en behoudt zijn zakkingsnelheid. Dit betekent dat pand E partieel is hersteld.

Herstelvariant 5 – Partieel funderingsherstel zonder maatregelen, pand E

Alleen pand E kiest ervoor zijn fundering te herstellen. Er worden geen extra maatregelen getroffen om de woning los te koppelen van pand D of pand F. Deze variant is uitgewerkt voor twee herstelmethoden:

Variant 5A: Funderingsherstel volgens de tafelmethode

Variant 5B: Funderingsherstel met voorspanbalken.

Herstelvariant 6 – Partieel funderingsherstel pand E, later volgen resp. F, G, H, I, J

Bij deze variant vindt er pas funderingsherstel plaats, als een pand het hoekverdraaiings-criterium van $1/300^\circ$ overschrijdt. Dit betekent dat in eerste instantie alleen pand E wordt voorzien van een nieuwe fundering, dit gebeurt op $t=0$. Als na enkele jaren pand F het rotatiecriterium overschrijdt, wordt ook de fundering van dit pand hersteld. Op deze manier komen resp. pand G, H, I, J ook aan de beurt. In de uitwerking wordt uitgegaan dat voor het herstel van pand E gebruik wordt gemaakt van de tafelmethode (nieuwe palen, nieuwe vloer).

Voor de daaropvolgende panden wordt gebruik gemaakt van voorspanbalken.

Herstelvariant 7 – Sloop en nieuwbouw pand E

Pand E wordt gesloopt. Dit heeft tot gevolg dat de bestaande bouweenheid wordt opgesplitst in twee bouweenheden. De eerste bouweenheid wordt gevormd door pand A t/m D. De tweede bouweenheid wordt gevormd door pand F t/m J. De bestaande fundering onder deze bouweenheden blijft zijn functie behouden. Dit betekent dat ook de oorspronkelijke zakkingsnelheid van deze woningen behouden blijft. Op het perceel van pand E wordt een nieuwe woning geplaatst, los van de twee bouweenheden. Deze woning wordt gebouwd op een nieuwe fundering.

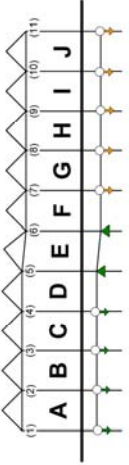
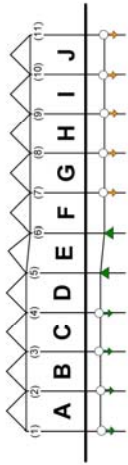

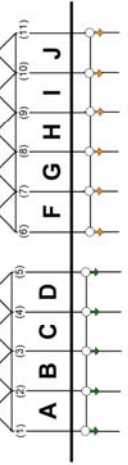


Herstelvariant 8 – Sloop pand E

Pand E wordt gesloopt. Dit heeft tot gevolg dat de bestaande bouweenheid wordt opgesplitst in twee bouweenheden. De eerste bouweenheid wordt gevormd door pand A t/m D. De tweede bouweenheid wordt gevormd door pand F t/m J. De bestaande fundering onder deze bouweenheden blijft zijn functie behouden. Dit betekent dat ook de oorspronkelijke zakkingsnelheid van deze woningen behouden blijft. Bouwmuur (5) en (6) zijn nu gevels geworden en zullen geïsoleerd en afgewerkt worden.

Op de volgende pagina's een samenvattend schema van de herstelvarianten. Dit schema is op groter formaat terug te vinden in [bijlage G.2](#).

| Herstelvariant | Principe | Kosten totale investering | Maximale kosten per eigenaar (eigenaar) | Risico's (R) en Kansen (K) |
|---|--|---------------------------|---|---|
| 1A - Volledig funderingsherstel – Nieuwe palen, nieuwe vloer | <p>Principe</p> <p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▲ Zakkingssnelheid 0 mm/jaar ○ Zakkingssnelheid 1-3 mm/jaar ○ Zakkingssnelheid <1 mm/jaar ○ Zakkingssnelheid >3 mm/jaar <p>Herstelvariant 1 Volledig funderingsherstel</p> | € 721.000,- | € 72.100,- (A t/m J) | R) Veel weerstand te verwachten van pandeigenaren. K) Woningen meer waard door zekerheid over kwaliteit fundering K) Straat knapt op |
| 1B - Volledig funderingsherstel – Voorspanbalken | <p>Herstelvariant 2 Partieel funderingsherstel, zonder maatregelen</p> | € 617.000,- | € 61.700,- (A t/m J) | R) Veel weerstand te verwachten van pandeigenaren. K) Woningen meer waard door zekerheid over kwaliteit fundering K) Straat knapt op |
| 2A - Partieel funderingsherstel zonder maatregelen – Nieuwe palen, nieuwe vloer | <p>Herstelvariant 3 Partieel funderingsherstel, met maatregelen</p> | € 360.700,- | € 65.580,- (F t/m J) | R) Pand E blijft mogelijk scharnierpand (onderhoud). R) Eigenaar F t/m J willen mogelijk niet investeren in deze herstelvariant. |
| 2B - Partieel funderingsherstel zonder maatregelen – Voorspanbalken | <p>Herstelvariant 4 Partieel funderingsherstel pand E-1</p> | € 308.500,- | € 56.090,- (F t/m J) | R) Pand E blijft mogelijk scharnierpand (onderhoud). R) Eigenaar F t/m J willen mogelijk niet investeren in deze herstelvariant. K) Kans dat pand E na verloop weer recht zakt |
| 3 - Partieel funderingsherstel, met maatregelen | <p>Herstelvariant 3 Partieel funderingsherstel, met maatregelen</p> | € 455.900,- | € 95.150,- (E) | R) Kans op schade door het inbrengen van nieuwe fundering direct naast bestaande R) kwalitatief slechte fundering. R) Pand D gaat mogelijk licht scharnieren. R) Eigenaar F t/m J willen mogelijk niet investeren in deze herstelvariant. |
| 4 - Partieel funderingsherstel met maatregelen, pand E | <p>Herstelvariant 4 Partieel funderingsherstel pand E-1</p> | € 71.150,- | € 71.150,- (E) | R) Kans op schade door het inbrengen van nieuwe fundering direct naast bestaande kwalitatief slechte fundering. R) Pand F gaat mogelijk licht scharnieren. R) Pand E blijft scharnierpand (onderhoud). K) Kans dat E na verloop van tijd weer recht zakt |

Figuur 65 Uitwerking herstelvarianten 1-4

| | | | | |
|--|---|--|------------------------|--|
| <p>5A – Partieel funderingsherstel zonder maatregelen, pand E Nieuwe palen, nieuwe vloer</p> | <p>Herstelvariant 5 Partieel funderingsherstel pand E-2</p>  | <p>€ 85.300,-</p> | <p>€ 42.650,- (E)</p> | <p>R) Het probleem van het scharnierpand wordt verplaatst naar naastgelegen panden D en F. R) Eigenaar D en F spannen mogelijk een rechtzaak aan tegen eigenaar E.</p> |
| <p>5B – Partieel funderingsherstel zonder maatregelen, pand E Voorspanstelsysteem</p> | <p>Herstelvariant 6 Partieel funderingsherstel pand E, later volgen resp. F, G, H, I, J</p>  | <p>€ 81.300,-</p> | <p>€ 40.650,- (E)</p> | <p>R) Het probleem van het scharnierpand wordt verplaatst naar naastgelegen panden D en F. R) Eigenaar D en F spannen mogelijk een rechtzaak aan tegen eigenaar E.</p> |
| <p>6 – Partieel funderingsherstel pand E, later volgen resp. F, G, H, I, J</p> | <p>Herstelvariant 7 Sloop en nieuwbouw pand E</p>  | <p>€ 299.000,-</p> | <p>€ 62.979,- (F)</p> | <p>R) Het probleem van het scharnierpand wordt verplaatst naar naastgelegen panden D en F. R) Eigenaar D en F spannen mogelijk een rechtzaak aan tegen eigenaar E. R) Als eigenaar F besluit ook te gaan herstellen, na verloop van tijd, verplaatst het probleem van het scharnierpand zich naar pand G. Enz.</p> |
| <p>7 – Sloop en nieuwbouw pand E</p> | <p>Herstelvariant 8 Sloop pand E</p>  | <p>€ 362.400,- (prijs is incl. nieuw pand)</p> | <p>€ 362.400,- (E)</p> | <p>R) Kans op schade door het inbrengen van nieuwe fundering direct naast bestaande kwalitatief slechte fundering. R) Pand D en F gaan mogelijk licht scharnieren. K) Waardevermeerdering pand E, deze wordt op nieuwbouw-niveau gebouwd K) Mogelijkheid om pand E in hoogte en diepte uit te breiden</p> |
| <p>8A – Sloop pand E Grond wordt verkocht</p> | <p>Herstelvariant 8 Sloop pand E</p>  | <p>€ 267.300,- (prijs is incl. nieuwe woning elders)</p> | <p>€ 267.300,- (E)</p> | <p>R) Weerstand van eigenaar E K) Mogelijkheid tot uitbreiden van kavel of woning voor pand D en F</p> |
| <p>8B – Sloop pand E Grond wordt niet verkocht</p> | <p>Herstelvariant 8 Sloop pand E</p>  | <p>€ 315.000,- (prijs is incl. nieuwe woning elders)</p> | <p>€ 315.000,- (E)</p> | <p>R) Weerstand van eigenaar E</p> |

Figuur 66
Uitwerking herstelvarianten 5-8

7.2.2 Beoordeling herstelvarianten

Beoordelingscriteria

De varianten worden op drie criteria beoordeeld, dat zijn: de technische kwaliteit, de maatschappelijke kwaliteit en de hinder en overlast die wordt ervaren bij de betreffende oplossing.

a) Technische kwaliteit

De technische kwaliteit van de oplossing is afhankelijk van de kans op funderingsproblemen in de toekomst en de risico's van de ingreep. Deze wordt beoordeeld aan de hand van de volgende criteria:

Tabel 26 Beoordelingscriteria technische kwaliteit

| Oordeel kwantitatief | Oordeel kwalitatief |
|----------------------|---------------------|
| 1 | Slecht |
| 2 | Matig |
| 3 | Redelijk |
| 4 | Redelijk goed |
| 5 | Goed |

In tabel 31 wordt een cijfer gegeven voor de kwaliteit van de technische oplossing, daarna volgt de reden voor het oordeel.

b) Maatschappelijke kwaliteit

De beoordeling van de maatschappelijke kwaliteit van een oplossing wordt hier bepaald door twee factoren:

- Te verwachten weerstand van pandeigenaren
- Maximale investeringskosten voor een individuele pandeigenaar

Het gemiddelde van beide beoordelingen bepaalt de beoordeling van de maatschappelijke kwaliteit.

Te verwachten weerstand van pandeigenaren

Het aantal pandeigenaren dat geen funderingsprobleem ervaart, maar wel mee moet doen aan het funderingsherstelplan, is bepalend voor de te verwachten weerstand. Er wordt in de beoordeling uitgegaan dat degenen die geen funderingsprobleem ervaren, maar wel mee doen aan het herstelplan, tegen de betreffende oplossing zijn.

Tabel 27 Beoordelingscriteria weerstand pandeigenaren

| Oordeel kwantitatief | Oordeel kwalitatief | Beschrijving |
|----------------------|---------------------|--|
| 1 | Slecht | Alle bewoners tegen oplossing |
| 2 | Matig | Meer dan helft van bewoners tegen oplossing |
| 3 | Redelijk | Helft van de bewoners tegen oplossing |
| 4 | Redelijk goed | Minder dan helft van de bewoners tegen oplossing |
| 5 | Goed | Iedereen voor de oplossing |

Maximale investeringskosten voor een individuele pandeigenaar

Van elke herstelvariant zijn de kosten per eigenaar berekend. De hoogte van de maximale kosten per eigenaar is bepalend voor de haalbaarheid van de oplossing. Zie hiervoor tabel 28.

Tabel 28 Beoordelingscriteria investeringskosten per pandeigenaar

| Oordeel kwantitatief | Oordeel kwalitatief | Beschrijving Maximale investering voor een pandeigenaar |
|----------------------|---------------------|--|
| 1 | Slecht | > € 120.000,- |
| 2 | Matig | € 90.000,- - € 120.000,- |
| 3 | Redelijk | € 60.000,- - € 90.000,- |
| 4 | Redelijk goed | € 30.000,- - € 60.000,- |
| 5 | Goed | € 0,- - € 30.000,- |

Financiële positie en houding pandeigenaar

Natuurlijk hebben ook de financiële positie en de houding van de woningeigenaren een grote invloed op de haalbaarheid van een oplossing. Deze factoren zijn in deze case niet in de beoordeling meegenomen, zodat de varianten objectief beoordeeld worden, los van de pandeigenaren.

Gemeentelijk beleid

Het gemeentelijk beleid heeft invloed op de maatschappelijke haalbaarheid van een oplossing. Subsidiereregelingen, laagrentende leningen en vangnetregelingen die gemeentes aanbieden, kunnen de maatschappelijke kwaliteit van een oplossing verhogen.

In een volgend hoofdstuk wordt hier nader op in gegaan. In de beoordeling van de maatschappelijke kwaliteit wordt dit criterium niet meegenomen. Op deze manier worden de herstelvarianten onafhankelijk van de plek in Nederland beoordeeld.

c) Hinder en overlast

De omvang en duur van de ingreep zijn bepalend voor de hinder en overlast die bewoners ervaren.

Tabel 29 Beoordelingscriteria hinder en overlast

| Oordeel kwantitatief | Oordeel kwalitatief | Beschrijving | Beschrijving |
|----------------------|---------------------|---------------------------------|--|
| 1 | Grote ingreep | Alle woningen betrokken | Hinder gedurende lange periode (≥ 6 maanden) |
| 3 | Middelgrote ingreep | Helft van de woningen betrokken | Hinder gemiddelde duur (2-6 maanden) |
| 5 | Kleine ingreep | Enkele woningen betrokken | Hinder gedurende korte periode (0-2 maanden) |

Weging parameters

Om tot een eindbeoordeling te komen, worden de volgende weegfactoren voor de parameters gehanteerd:

Tabel 30 Weegfactoren parameters

| Parameter | Zwaarte weging |
|----------------------------|----------------|
| Technische kwaliteit | 4 |
| Maatschappelijke kwaliteit | 2 |
| Hinder en Overlast | 1 |

Beoordeling

De beoordeling van de varianten is op de volgende pagina schematisch weergegeven. In [bijlage G.5](#) is deze tabel opgenomen op groter formaat.

Tabel 31 Beoordeling herstelvarianten

| Herstelvariant | Totale investering | Technische kwaliteit van de oplossing (5=goed tot 1=slecht) | Maatschappelijke kwaliteit van de oplossing (5=goed tot 1=slecht) | Hinder en overlast (1=groot, 3=midden, 5=klein) | Oordeel (5=goed tot 1=slecht) | | |
|---|--|--|--|--|----------------------------------|---|-----|
| 1A - Volledig funderingsherstel – Nieuwe palen, nieuwe vloer | € 721.000,- | 5 – Goed | 2 Matig | 3 Redelijk € 72.100,- (A t/m J) | 2.5 | 1 – Groot 10 panden betrokken bij ingreep | 3.7 |
| 1B - Volledig funderingsherstel – Voorspanbalken | € 617.000,- | 5 – Goed | 2 Matig | 3 Redelijk € 61.700,- (A t/m J) | 2.5 | 1 – Groot 10 panden betrokken bij ingreep | 3.7 |
| 2A - Partieel funderingsherstel zonder maatregelen – Nieuwe palen, nieuwe vloer | € 360.700,- | 3 – Redelijk Zakingsnelheid A t/m D niet weggenomen Pand E mogelijk weer scharnieren | 3 Redelijk | 3 Redelijk € 65.580,- (F t/m J) | 3 | 3 – Midden 6 panden betrokken bij ingreep | 3 |
| 2B - Partieel funderingsherstel zonder maatregelen – Voorspanbalken | € 308.500,- | 3 – Redelijk Zakingsnelheid A t/m D niet weggenomen Pand E mogelijk weer scharnieren | 3 Redelijk | 4 Redelijk goed € 56.090,- (F t/m J) | 3.5 | 3 – Midden 6 panden betrokken bij ingreep | 3.1 |
| 3 – Partieel funderingsherstel, met maatregelen | € 455.900,- | 4 – Redelijk goed Zakingsnelheid A t/m D niet weggenomen | 3 Redelijk | 2 Matig € 95.150,- (E) | 2.5 | 3 – Midden 6 panden betrokken bij ingreep | 3.4 |
| 4 – Partieel funderingsherstel met maatregelen, pand E | € 71.150,- | 3 – Redelijk Pand E blijft mogelijk scharnierpand Pand F mogelijk licht scharnieren Zakingsnelheid van bouwmuren niet weggenomen | 5 Goed | 3 Redelijk € 71.150,- (E) | 4 | 3 – midden 1 pand betrokken bij ingreep, maar grote ingreep, door plaatsen nieuwe bouwmuur | 3.3 |
| 5A – Partieel funderingsherstel zonder maatregelen, pand E | € 85.300,- | 1 – Slecht Het probleem van het scharnierpand wordt verplaatst naar naastgelegen panden | 4 Redelijk goed | 4 Redelijk goed € 42.650,- (E) | 4 | 2 – Klein – Midden 3 panden betrokken bij ingreep | 2 |
| 5B – Partieel funderingsherstel zonder maatregelen, pand E | € 81.300,- | 1 – Slecht Het probleem van het scharnierpand wordt verplaatst naar naastgelegen panden | 4 Redelijk goed | 4 Redelijk goed € 40.650,- (E) | 4 | 2 – Klein – Midden 3 panden betrokken bij ingreep | 2 |
| 6 – Partieel funderingsherstel pand E, later volgen resp. F, G, H, I, J | € 299.000,- | 1 – Slecht Het probleem van het scharnierpand wordt verplaatst naar naastgelegen panden. Pas als er schade optreedt, wordt er hersteld. | 3 Redelijk | 3 Redelijk € 62.980,- (F) | 3 | 3 – Midden Per ingreep 1 pand betrokken, maar gedurende langere periode meerdere panden | 1.9 |
| 7 – Sloop en nieuwbouw pand E | € 362.400,- (prijs is incl. nieuw pand) | 4 – Redelijk goed Pand D en F mogelijk licht scharnieren | 5 Goed | 1 Slecht € 360.400,- (E) | 3 | 3 – Midden 1 pand betrokken bij ingreep, maar gedurende langere periode, veel overlast (2xverhuizen) | 3.6 |
| 8A – Sloop pand E Grond wordt verkocht | € 267.300,- (prijs is incl. nieuwe woning elders) | 4,5 – Redelijk goed – Goed Zakingsnelheid van pand A t/m D en pand F t/m J niet weg genomen | 5 Goed | 1 Slecht € 267.300,- (E) | 3 | 3 – Midden 1 pand betrokken bij ingreep, maar moet verhuizen | 3.9 |
| 8B – Sloop pand E Grond wordt niet verkocht | € 315.000,- (prijs is incl. nieuwe woning elders) | 4,5 – Redelijk goed – Goed Zakingsnelheid van pand A t/m D en pand F t/m J niet weg genomen | 5 Goed | 1 Slecht € 315.000,- (E) | 3 | 3 – Midden 1 pand betrokken bij ingreep, maar moet verhuizen | 3.9 |

7.3 Analyse van de resultaten

7.3.1 Inleiding

De analyse bestaat uit drie gedeelten:

Allereerst zullen de herstelvarianten en de beoordeling ervan in het kort worden besproken. Vervolgens wordt de Richtlijn Partieel Funderingsherstel op de situatie losgelaten. Er zal worden onderzocht of de richtlijn in deze situatie een oplossing biedt die goed scoort of dat de richtlijn aangepast of aangevuld moet worden. Ten slotte zal de rol van het gemeentelijk beleid in het funderingsherstelproces worden geanalyseerd.

7.3.2 Analyse herstelvarianten

Herstelvariant 1: Volledig funderingsherstel

Technisch gezien is dit de beste oplossing. Het woningblok zal in de toekomst geen funderingsproblemen meer hebben en de waarde van de panden stijgt. In de praktijk blijkt, dat na funderingsherstel, eigenaren weer motivatie vinden om in hun woning te investeren. Gevolg is dat ook de bovengrondse situatie opknapt. Maar dit is ook de duurste oplossing, waardoor deze variant maatschappelijk gezien lager scoort. Alle eigenaren moeten mee doen aan het funderingsherstel, zonder dat zij allemaal een funderingsprobleem ervaren. Het kan lastig zijn om alle eigenaren op één lijn te krijgen.

Herstelvariant 2: Partieel funderingsherstel (pand F t/m J worden voorzien van een nieuwe fundering)

Deze oplossing scoort zowel technisch als maatschappelijk redelijk. Tijdelijk is dit een goede oplossing. Als blijkt dat de niet herstelde panden blijven doorzakken, kan er na verloop van tijd gekozen worden ook deze te voorzien van een nieuwe fundering. Pand E was het scharnierpand en blijft in deze herstelvariant het pand dat een zakkingsnelheidsverschil moet overbruggen. Het probleem van het scharnierpand wordt tijdelijk opgelost.

Herstelvariant 3: Partieel funderingsherstel (pand E t/m J worden aangepakt, pand E krijgt een nieuwe bouwmuur)

Deze herstelvariant scoort technisch redelijk goed. De panden met de grootste zakkingsnelheid worden voorzien van een nieuwe fundering. Het probleem van het scharnierpand wordt aangepakt. De panden met een lage zakkingsnelheid krijgen de kans om (gelijmatig) verder te zakken. Maatschappelijk is dit een redelijke oplossing. Pandeigenaar E moet de hoogste investering doen, maar dit is ook het pand waar het funderingsprobleem tot uiting komt.

Herstelvariant 4: Partieel funderingsherstel van pand E

Deze oplossing scoort zowel technisch als maatschappelijk redelijk goed. De reden is dat alleen pandeigenaar E herstelt en dat de technische risico's voor de andere panden beperkt zijn. Maar als bekeken wordt wat deze oplossing voor pandeigenaar E betekent, kan deze zich afvragen of deze oplossing wel zo hoog mag scoren: Pandeigenaar E investeert meer dan € 71.000 euro en ondergaat veel overlast om slechts een deel van zijn fundering te herstellen. Dit pand blijft te maken hebben met een zakkingsnelheidsverschil tussen bouwmuren, dat moet worden overbrugt. Door de ingreep, is pandeigenaar E niet met zekerheid van zijn funderingsprobleem af.

Herstelvariant 5: Partieel funderingsherstel (alleen pand E wordt voorzien van nieuwe fundering)

Deze variant scoort technisch slecht, het probleem van het scharnierpand verplaatst zich naar naastgelegen panden D en F. Dit is geen oplossing voor het probleem.

Herstelvariant 6: Partieel funderingsherstel pand E, later in tijd volgen F t/m J

Deze variant scoort technisch slecht. Het probleem van het scharnierpand verplaatst zich naar naastgelegen panden. Op hun beurt worden deze panden aangepakt. Technisch gezien is het geen oplossing voor het probleem. De aanpak van het probleem wordt op deze manier uitgesteld in de tijd. Dit brengt als voordeel met zich mee dat eigenaren de tijd hebben om te sparen voor de ingreep.

Herstelvariant 7: Sloop en nieuwbouw pand E

Deze variant scoort technisch redelijk goed tot goed. Het probleem pand E wordt uit de bouweenheid gehaald, waardoor de overgebleven panden A t/m D en panden F t/m J nu vrij van elkaar kunnen zakken. Het probleem van het scharnierpand wordt opgelost. De bouw van het nieuwe pand, ter plaatse van pand E, brengt wel een zeker risico met zich mee.

De kosten voor pandeigenaar E zijn hoog, waardoor de maatschappelijke kwaliteit van de oplossing de score *redelijk* krijgt.

Herstelvariant 8: Sloop pand E.

Deze variant scoort technisch redelijk goed tot goed. Het probleem pand E wordt uit de bouweenheid gehaald, waardoor de overgebleven panden A t/m D en panden F t/m J nu vrij van elkaar kunnen zakken. Het probleem van het scharnierpand wordt opgelost.

Maatschappelijk scoort deze variant redelijk. De kosten voor pandeigenaar E zijn hoog. En de kans is groot dat eigenaar E niet achter deze oplossing staat.

7.3.3 Toetsing herstelvarianten aan schadecriteria uit Concept Richtlijn Partieel funderingsherstel

De Concept Richtlijn Partieel Funderingsherstel beschrijft een methode waarmee de funderingshersteleenheid kan worden bepaald van woningblokken met funderingsschade. Uitgangspunt is dat er binnen een periode van X jaar (=de gewenste handhavingstermijn) geen schade zal optreden als gevolg van funderingsproblemen. De herstelvarianten zullen hier worden getoetst aan de opgestelde schadecriteria uit de richtlijn.

Herstelvariant 1: Volledig funderingsherstel

Deze variant voldoet aan de schadecriteria uit de richtlijn. Maar volgens de uitgangspunten van de richtlijn moeten panden waarvan de fundering nog een goede kwaliteit heeft, hun functie behouden. Herstelvariant 1 pakt zowel de panden met een goede als met een slechte fundering aan.

Herstelvariant 2: Partieel funderingsherstel (pand F t/m J worden voorzien van een nieuwe fundering)

Wordt, de methode om de funderingshersteleenheid te bepalen, losgelaten op bovenstaand probleem, dan zal herstelvariant 2 geadviseerd worden. Deze variant voldoet aan de opgestelde schadecriteria.

Herstelvariant 3: Partieel funderingsherstel met maatregelen (pand E t/m J worden aangepakt, pand E krijgt een nieuwe bouwmuur)

Herstelvariant 3 scoort technisch gezien en ook op de totaalscore beter dan herstelvariant 2 (die geadviseerd wordt). Herstelvariant 3 voldoet ook aan de opgestelde criteria uit de Richtlijn Partieel Funderingsherstel. Deze variant lost het probleem van het scharnierpand op, terwijl in herstelvariant 2 pand E een mogelijk scharnierpand blijft.

De richtlijn doet geen uitspraak over aanvullende maatregelen (loskoppelen van panden binnen een bouweenheid) die getroffen kunnen worden om de technische kwaliteit van een oplossing te verbeteren.

Herstelvariant 4: Partieel funderingsherstel van pand E

Ook herstelvariant 4, waarbij alleen pand E partieel wordt hersteld, voldoet aan de schadecriteria in de richtlijn voor partieel funderingsherstel.

Herstelvariant 5: Partieel funderingsherstel (alleen pand E wordt voorzien van nieuwe fundering)

Herstelvariant 5 voldoet niet aan de schadecriteria uit de Richtlijn Partieel Funderingsherstel. Binnen de gewenste handhavingstermijn zal er schade binnen de bouweenheid optreden, als gevolg van funderingsproblemen: pand F zal binnen de periode van 30 jaar het criterium voor de toelaatbare scheefstand overschrijden.

Herstelvariant 6: Partieel funderingsherstel pand E, later in tijd volgen F t/m J

Herstelvariant 6 voldoet niet aan de schadecriteria uit de Richtlijn Partieel Funderingsherstel. Binnen de gewenste handhavingstermijn zal er schade binnen de bouweenheid optreden, als gevolg van funderingsproblemen: pand F zal binnen de periode van 30 jaar het criterium voor de toelaatbare scheefstand overschrijden. Na herstel van F volgen resp. pand G t/m J.

Herstelvariant 7: Sloop en nieuwbouw pand E

Herstelvariant 7 voldoet aan de opgestelde criteria in de richtlijn Partieel Funderingsherstel. Het probleem van het scharnierpand wordt opgelost en binnen de gewenste handhavingstermijn zullen er geen ontoelaatbare vervormingen optreden in de panden.

Deze oplossing zal met de richtlijn echter nooit geadviseerd worden, aangezien deze geen uitspraken doet over sloop en nieuwbouw van een enkel pand binnen een bouweenheid als oplossing voor de funderingsproblemen.

Herstelvariant 8: Sloop pand E.

Herstelvariant 8 voldoet aan de opgestelde criteria in de richtlijn Partieel Funderingsherstel. Het probleem van het scharnierpand wordt opgelost en binnen de gewenste handhavingstermijn zullen er geen ontoelaatbare vervormingen optreden in de panden.

De richtlijn doet geen uitspraken over sloop van een enkel pand uit de bouweenheid.

7.3.4 Analyse invloed gemeentelijk beleid

Voor deze analyse is gebruik gemaakt van bijlage E waarin een overzicht te vinden is van het beleid van verschillende gemeentes met betrekking tot funderingsherstel.

Actief of passief beleid

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen gemeentes met een actief en gemeentes met een passief beleid op het gebied van funderingsherstel:

Gemeentes met een actief beleid op het gebied van funderingsherstel (Dordrecht, Haarlem, Zaanstad en Amsterdam Centrum), stimuleren de aanpak per bouweenheid door het aanbieden van financiële regelingen, vervangende woonruimte en het voeren van een actief aanschrijfbeleid. Zij staan open voor partieel funderingsherstel, indien dit het advies is geweest van het ingenieursbureau. Dit betekent dat met name herstelvariant 1, 2 en 3 in deze gemeentes zullen worden uitgevoerd.

In gemeentes met een passief beleid op het gebied van funderingsherstel, ligt het initiatief tot funderingsherstel bij de woningeigenaren. Vanuit de gemeente wordt niet actief gestimuleerd dat funderingsproblemen binnen woningblokken integraal (per bouweenheid) worden aangepakt. Dit betekent dat individuele pandeigenaren zelf een plan trekken. In de praktijk zullen met name herstelvarianten 5 en 6 voorkomen in gemeentes waar een passief beleid wordt gevoerd.

Er wordt een vergelijking gemaakt tussen herstelvariant 1 en herstelvariant 6. Dit zijn de meest gangbare herstelvarianten in gemeentes met een actief resp. passief beleid.

Tabel 32, behorend bij een actief redelijk passief gemeentelijk beleid

| | Herstelvariant in gemeentes met een actief beleid | Herstelvariant in gemeentes met een passief beleid |
|--|--|--|
| | Herstelvariant 1 Volledig funderingsherstel | Herstelvariant 6 Partieel funderingsherstel pand E, later in tijd volgen resp. pand F t/m J. |
| Technische kwaliteit | Score: 5 - Goed | Score: 1 - Slecht |
| Maatschappelijke kwaliteit | Score: 2.5 - Matig – Redelijk | Score: 3 - Redelijk |
| Hinder en overlast | Score: 1 - Groot | Score: 3 - Midden |
| Totale investering | € 721.000,- | € 299.000,- |
| Maximale investering voor een pandeigenaar | € 72.100,- (alle eigenaren betalen zelfde deel) | € 62.980,- (eigenaar F) |
| Gemiddelde investering per pandeigenaar | € 72.100,- | € 42.700,- |
| Eindscore (1=slecht tot 5=goed) | 3.7 | 1.9 |

Herstelvariant 1 is de duurste van de twee herstelvarianten. Deze variant scoort technisch hoog. Ook de eindbeoordeling geeft een hoge score. Herstelvariant 6 is meer dan de helft goedkoper. Ook de individuele investeringskosten vallen lager uit bij herstelvariant 6, doordat de kosten in de tijd worden verspreid. Herstelvariant 6 is technisch gezien een erg slechte “oplossing”. Het probleem van het scharnierpand wordt in de tijd verplaatst, totdat na 45 jaar panden E t/m J van een nieuwe fundering zijn voorzien. Tegen die tijd zal pand D ook scharnierpand zijn geworden, als gevolg van het funderingsherstel van pand E op t=0. Het probleem van het scharnierpand wordt in deze herstelvariant niet opgelost maar juist verplaatst. Dit kan burenruzies en rechtzaken tot gevolg hebben.

Subsidies voor sloop en nieuwbouw

Variante 7 (sloop pand E) en variante 8 (sloop en nieuwbouw pand E) zullen in de praktijk weinig gekozen oplossingen worden. Gemeentes bieden vaak wel subsidies en of leningen aan voor funderingsherstel, maar voor sloop en nieuwbouw ontbreken deze.

Er zal in de praktijk alleen voor deze varianten gekozen worden, indien ook de bovengrondse constructie gebreken vertoont en er onveilige situaties ontstaan.

7.4 Conclusies & Aanbevelingen

Het uitgangspunt voor deze casestudy was het probleem van het scharnierpand (zie figuur 63, 64). Voor dit probleem zijn 8 verschillende herstelvarianten uitgewerkt. Aan de hand van een multicriteria-analyse is onderzocht welke oplossingen het meest geschikt zijn in de betreffende situatie:

Volledig funderingsherstel (herstelvariant 1) biedt in deze situatie een technisch goede oplossing. Deze oplossing voldoet aan de schadecriteria uit de richtlijn voor partieel funderingsherstel. Het nadeel van funderingsherstel per bouweenheid is echter dat ook panden, waarvan de fundering nog in goede staat is, worden hersteld.

Partieel funderingsherstel kan hier een oplossing bieden, verschillende herstelvarianten zijn hiervoor uitgewerkt. Voor partieel funderingsherstel is het van belang dat de funderingshersteleenheid nauwkeurig wordt bepaald, aangezien niet alle herstelvarianten voldoen aan de schadecriteria uit de richtlijn voor partieel funderingsherstel. Voldoet een variant niet aan deze schadecriteria, dan is er een kans op schade aan panden binnen de bouweenheid voordat de gewenste handhavingstermijn is verstreken.

Herstelvariant 2, 3 en 4 zijn voorbeelden van partieel funderingsherstel die voldoen aan de schadecriteria uit de richtlijn. Herstelvarianten 5 en 6 zijn voorbeelden van partieel funderingsherstel die niet voldoen aan de schadecriteria uit de richtlijn. Bij deze laatstgenoemde herstelvarianten wordt het probleem van het scharnierpand niet opgelost, maar verplaatst naar naastgelegen panden.

De herstelvarianten waarbij partieel funderingsherstel wordt toegepast, scoren lager op de technische kwaliteit dan de oplossing waarbij het funderingsherstel per bouweenheid wordt aangepakt. Reden hiervoor is dat partieel funderingsherstel een aantal risico's met zich mee brengt:

- Door het plaatsen van nieuwe funderingspalen naast bestaande funderingspalen is er een kans dat de bestaande funderingspalen stijver in de grond komen te staan. Gevolg is dat de zakkingsnelheid van deze bestaande palen afneemt. Er kan een klein zakkingsnelheidsverschil ontstaan tussen de bestaande funderingspalen van opeenvolgende bouwmuren.
- Het aanbrengen van nieuwe funderingspalen direct naast een slechte fundering brengt in de bouwfase een zeker risico op schade met zich mee.
- Indien de hersteleenheid niet juist wordt gekozen, is er een kans dat op de overgang tussen panden met de bestaande fundering en panden met een nieuwe fundering, een scharnierpand ontstaat.

In geval van partieel funderingsherstel kunnen aanvullende maatregelen getroffen worden om de technische kwaliteit van een hersteloplossing te vergroten. Één van die mogelijkheden is de panden waarvan de fundering wordt hersteld, constructief loskoppelen van de panden waarvan de bestaande fundering zijn functie behoudt. Dit heeft tot gevolg dat de losgekoppelde delen vrij van elkaar kunnen zakken. Het voordeel van de aanvullende maatregelen is dat zakkingsnelheidsverschillen van bouwmuren op de overgang tussen wel en niet herstelde panden niet leiden tot scheefstand van een pand. Het pand waarvan de fundering wordt hersteld, op de grens van de funderingshersteleenheid, wordt voorzien van een nieuwe bouwmuur. Gevolg is dat dit pand ongeveer 200 mm aan pandbreedte inlevert. De individuele investeringskosten zullen voor deze eigenaar toenemen door de aanvullende maatregelen.

In sommige situaties kan sloop van een enkel pand uit een bouweenheid een oplossing bieden voor de funderingsproblemen (herstelvariant 8). Op de plek van het gesloopte pand kan evt. nieuwbouw worden geplaatst (herstelvariant 7).

Door het slopen van een enkel pand wordt de bouweenheid gesplitst in twee delen die vrij van elkaar kunnen zakken. Indien de bouwmuren binnen deze elk van deze twee delen een gelijkmatige zakkingsnelheid hebben, kan voorkomen worden dat funderingsherstel moet plaats vinden. Wel moet zijn aangetoond dat houtaantastingsproblemen hier geen rol spelen.

De herstelvariant die wordt geadviseerd in de gegeven situatie is herstelvariant 8, waarbij het scharnierpand uit de bouweenheid wordt gesloopt. Deze oplossing scoort het hoogste in de multicriteria-analyse. Of deze oplossing ook haalbaar is in de praktijk, hangt af van het gemeentelijk beleid en de houding en financiële situatie van pandeigenaar E.

Herstelvariant 5 en 6 zijn geen oplossingen voor het funderingsprobleem. Geadviseerd wordt deze oplossingen niet toe te passen in de praktijk.

Toetsing Concept Richtlijn Partieel Funderingsherstel

Wordt de Concept Richtlijn Partieel Funderingsherstel op de situatie toegepast, dan zal herstelvariant 2 geadviseerd worden. Deze variant lijkt veel op herstelvariant 3. Herstelvariant 3 scoort echter hoger. Door de aanvullende maatregelen (het constructief loskoppelen van panden binnen bouweenheid), heeft herstelvariant 3 een betere technische kwaliteit. Met de Concept Richtlijn Partieel Funderingsherstel zal variant 3 echter nooit geadviseerd worden, aangezien er in de richtlijn geen uitspraken worden gedaan over aanvullende maatregelen die getroffen kunnen worden.

De richtlijn doet geen uitspraak over sloop of sloop en nieuwbouw van een pand uit de bouweenheid. Terwijl dit de twee herstelvarianten (7 en 8) zijn, die voor de gegeven situatie het beste beoordeeld zijn. Deze oplossingen voldoen ook aan de schadecriteria in de Concept Richtlijn Partieel Funderingsherstel. In de richtlijn worden geen uitspraken gedaan over de mogelijkheid om een scharnierpand uit de bouweenheid te slopen, zodat er geen funderingsherstel hoeft plaats te vinden.

Bovengenoemde punten moeten aan de richtlijn worden toegevoegd.

De richtlijn houdt geen rekening met de haalbaarheid van een hersteloplossing. Deze wordt door maatschappelijke factoren beïnvloed. De richtlijn biedt alleen een technische oplossing voor het funderingsprobleem.

Invloed gemeentelijk beleid

Het gemeentelijk beleid heeft invloed op de haalbaarheid van een funderingsherstelplan. Gemeentes hebben een aantal instrumenten tot hun beschikking om invloed uit te oefenen op de haalbaarheid van een hersteloplossing. De instrumenten zijn:

- Financiële tegemoetkomingen (laagrentende leningen en subsidies)
- Aanbieden van vervangende woonruimte tijdens uitvoering
- Aanschrijving van weigerende eigenaren

Het actief inzetten van deze instrumenten maakt het mogelijk om de geadviseerde funderingshersteleenheid (al dan niet partieel) aan te pakken. Het funderingsherstel wordt niet langer bepaald door eigenaren van panden binnen de betreffende bouweenheid die niet mee kunnen of mee willen doen aan het funderingsherstel.

In de praktijk is er een verschil tussen gemeentes met een actief en een passief beleid op het gebied van funderingsherstel: In gemeentes met een actief beleid wordt voornamelijk funderingsherstel per bouweenheid aangepakt (herstelvariant 1). Dit is technisch een goede oplossing.

Het voeren van een passief beleid, leidt er toe dat het funderingsprobleem niet integraal wordt aangepakt, maar dat iedere eigenaar voor zich een plan trekt (herstelvariant 6). Eigenaren die hun fundering willen herstellen, kloppen bij de gemeente aan voor een bouwvergunning. De gemeente is verplicht deze vergunning te verlenen, indien funderingsherstel van het betreffende pand noodzakelijk is. Gemeentes kennen de technische consequenties van herstel van een enkel pand uit de bouweenheid. Maar gemeentes met een passief beleid, schrijven de naastgelegen pandeigenaren niet aan om ook over te gaan tot funderingsherstel, omdat zij bang zijn voor mogelijke juridische procedures waarin zij betrokken zullen raken. Dit leidt ertoe dat technisch slechte oplossingen in de praktijk worden uitgevoerd. De funderingsproblematiek wordt niet opgelost, maar verplaatst. Rechtzaken en geschillen tussen pandeigenaren zijn het gevolg. Wijken zullen verpauperen.

Dit struisvogelgedrag van gemeentes is maatschappelijk onverantwoord. Het advies aan gemeentes is om een actieve houding aan te nemen in het funderingsherstel. Door het aanbieden van financiële tegemoetkomingen, vervangende woonruimte en door het voeren van een actief aanschrijfbeleid, wordt het haalbaar om de funderingsproblematiek op een technisch goede manier aan te pakken.

De herstelvarianten 7 en 8 waarbij pand E gesloopt werd uit de bouweenheid en daar evt. nieuwbouw voor in de plaats komt, scoren hoog in de multicriteria-analyse. In de praktijk worden deze oplossing maar weinig toegepast. Een reden hiervoor is dat de individuele investeringskosten voor de betreffende eigenaar hoog zijn. Een andere reden hiervoor is dat er vanuit gemeentes vaak wel subsidies en leningen beschikbaar zijn voor funderingsherstel, terwijl voor sloop en nieuwbouw niet.

Geadviseerd wordt aan gemeentes om ook voor sloop en nieuwbouw regelingen te treffen, zodat de haalbaarheid van deze oplossingen groter wordt.

8. Aanpassingen Richtlijn Partieel Funderingsherstel

Uit de casestudies (Hoofdstuk 6 en 7) blijkt dat de concept richtlijn op een aantal punten moet worden aangepast en of worden aangevuld.

Volgend uit Casestudy 1:

- Voor het gebruik van de richtlijn is het, met name in geval van draagkrachtproblemen, noodzakelijk dat de zakkingsnelheid van de bouwmuren bekend is. De zakkingsnelheid moet bepaald worden, met meetbouten en een waterpasinstrument, uit een metingenreeks van 2 à 3 jaar waarbij zeker 2 keer per jaar gemeten wordt. De richtlijn doet in zijn huidige vorm geen uitspraak over de methode waarmee de zakkingsnelheid moet worden bepaald. Dit punt moet aan de richtlijn toegevoegd worden.
- In niet alle situaties zijn meetgegevens van de zakkingsnelheid beschikbaar. Het kan zijn dat er ook geen tijd is om deze metingen alsnog te verrichten. In deze situaties kan de funderingshersteleenheid van een woningblok met funderingsproblemen niet bepaald worden met de richtlijn. Wel kan uit een funderingsonderzoek en op grond van gesprekken met bewoners iets over de kwaliteit van de fundering worden gezegd.

Volgend uit Casestudy 2:

- De hersteleenheid die met de richtlijn wordt bepaald, zal in niet alle gevallen de meest gunstige oplossing bieden. De casestudy laat zien dat aanvullende maatregelen de technische kwaliteit van een hersteloplossing kunnen vergroten. Bijvoorbeeld het constructief loskoppelen van panden binnen een bouweenheid, zodat deze vrij van elkaar kunnen zakken. Het is van belang om ook deze mogelijke aanvullende maatregelen in de richtlijn op te nemen, zodat er technisch betere oplossingen kunnen worden geadviseerd. In de casestudy zijn deze aanvullende maatregelen, de risico's en gevolgen ervan conceptueel uitgewerkt. Onderzocht moet worden in welke situaties en onder welke omstandigheden deze aanvullende maatregelen leiden tot een betere oplossing. Dit zal onder andere afhankelijk zijn van de constructieve opbouw en indeling van de woning. Aanvullend onderzoek hiernaar is gewenst. De resultaten van dit aanvullende onderzoek moeten aan de richtlijn worden toegevoegd.
- In sommige situaties zal sloop of sloop en nieuwbouw, van een enkel pand binnen een woningblok, een goede oplossing bieden in de funderingsproblematiek. Door het slopen van een enkel pand uit de bouweenheid, wordt de bouweenheid gesplitst in twee delen, die vrij van elkaar kunnen zakken. Door deze maatregel kan in sommige situaties voorkomen worden dat funderingsherstel noodzakelijk is. De richtlijn moet op dit punt worden aangevuld.
- Aan partieel funderingsherstel zijn een aantal risico's verbonden, deze worden niet in de richtlijn benoemd. Toch is het van belang dat pandeigenaren gewezen worden op deze risico's. De richtlijn moet op dit punt worden aangevuld.
- De haalbaarheid van de hersteloplossing wordt beïnvloed door een kostentechnische parameter, namelijk *de individuele investeringskosten van de betrokken pandeigenaren*. Het kan zijn dat met de Richtlijn Partieel Funderingsherstel volgt dat meerdere herstelvarianten een geschikte oplossing bieden en voldoen aan de opgestelde schadecriteria. In deze situaties kan de parameter *de individuele investeringskosten van een pandeigenaar* het doorslaggevende argument geven, om een bepaalde herstelvariant wel of niet te kiezen. Dit punt moet ook in de richtlijn worden opgenomen.

9 Evaluatie Richtlijn Partieel Funderingsherstel

Gebruik

Met de Richtlijn Partieel Funderingsherstel kan de funderingshersteleenheid van een woningblok met funderingsschade worden bepaald. De richtlijn biedt een technische oplossing: binnen de gewenste handhavingstermijn zal er geen schade optreden aan panden binnen de bouweenheid als gevolg van funderingsschade. Daarnaast kunnen gekozen hersteloplossingen getoetst worden aan de hand van de criteria in de richtlijn.

Betrouwbaarheid

De schadecriteria in de richtlijn zijn gebaseerd op een serie empirische en empirisch-analytische onderzoeken. De schadecriteria worden als betrouwbaar geacht, aangezien verschillende wetenschappers dezelfde schadecriteria en –parameters hadden gevonden. Het onderzoek van Netzel [Netzel, 2009] bevestigt de geschiktheid van deze parameters en criteria. En ook in de praktijk blijken een aantal van deze parameters geaccepteerd te zijn en veelvuldig te worden gebruikt.

Beperking

In geval van funderingsproblemen als gevolg van draagkrachtproblemen, is het noodzakelijk dat de zakkingsnelheid van de opeenvolgende bouwmuren bekend is. Deze zakkingsnelheid volgt uit een metingenreeks van 2 à 3 jaar, waarbij ten minste ieder half jaar de zakking van op de bouweenheid geplaatste meetbouten is gemeten met een waterpasinstrument. Niet altijd zullen deze meetgegevens beschikbaar zijn. En ook niet altijd zal er voldoende tijd zijn om deze metingen alsnog te verrichten. In deze gevallen kan de richtlijn niet gebruikt worden voor het bepalen van de hersteleenheid van een woningblok met funderingsschade.

Praktijk

De richtlijn biedt een technische oplossing voor het bepalen van de funderingshersteleenheid van woningblokken met funderingsschade. Met de richtlijn is echter niet de maatschappelijke kant van het probleem opgelost. De haalbaarheid van een hersteloplossing bepaalt of de geadviseerde hersteleenheid in de praktijk ook daadwerkelijk wordt aangepakt. De haalbaarheid wordt beïnvloed door een aantal maatschappelijke factoren, onder andere:

- De houding en financiële situatie van de betrokken pandeigenaren
- Het gemeentelijk beleid

In casestudy 2 wordt de maatschappelijke kwaliteit van de hersteloplossingen meegenomen in de beoordeling van de verschillende varianten. In de richtlijn wordt deze parameter niet meegenomen. De reden hiervoor is dat de richtlijn bedoeld is om een technisch onafhankelijk advies te geven, dat wil zeggen onafhankelijk van de pandeigenaren, hun houding en financiële situatie.

Datzelfde geldt voor het gemeentelijk beleid. Het gemeentelijk beleid heeft grote invloed op de haalbaarheid van bepaalde hersteloplossingen, maar de invloed ervan wordt in de richtlijn niet meegenomen. Deze parameter kan bediscussieerd worden:

In gemeentes met een actief beleid op het gebied van funderingsherstel is het haalbaar om de geadviseerde funderingshersteleenheid aan te pakken. In gemeentes met een passief beleid lijkt dat lastig tot onmogelijk. Het technisch advies zou hier op kunnen inspelen, om te voorkomen dat er een herstelvariant wordt toegepast waarbij alsnog schade ontstaat als gevolg van funderingsproblemen.

Het is discutabel of het technisch advies moet worden beïnvloed door beleidsmatige aspecten, als gevolg van gemeentes die een passieve houding innemen in de aanpak van de funderingsproblematiek. Toch vormen ze de omstandigheden waaronder gewerkt moet worden.

Vervolgonderzoek

Er wordt in de praktijk veel funderingsonderzoek uitgevoerd aan panden met mogelijke funderingsproblemen. Na het funderingsherstel stopt het onderzoek echter. Panden worden niet langer gemonitord. Voor bouweenheden die partieel zijn hersteld kan dit echter waardevolle informatie opleveren. Op deze manier kan

meer inzicht worden verkregen in de consequenties van partieel funderingsherstel en kunnen de risico's en gevolgen ervan nauwkeuriger worden ingeschat. Geadviseerd wordt om partieel herstelde panden te blijven monitoren. Een onderzoek naar het zakkingsgedrag en de funderingskwaliteit van partieel herstelde bouweenheden kan helpen om de risico's beter in kaart te brengen. De richtlijn zou in een later stadium met de resultaten van dit onderzoek kunnen worden aangevuld.

De definitieve richtlijn is in [bijlage H](#) te vinden.

10 Conclusies & Aanbevelingen

De funderingsproblematiek is in Nederland een probleem van grote omvang. Zeker 200.000 panden hebben te maken met funderingsproblemen. In de toekomst kunnen dat er nog meer worden. De oorzaak van de problemen is veelal te verklaren door het gebrek aan kennis waarmee tot halverwege de 20^e eeuw funderingen werden ontworpen. Dit onderzoek is gericht op de funderingsproblematiek die speelt bij woningblokken gefundeerd op houten palen.

De belangrijkste oorzaken van schade aan houten paalfunderingen zijn draagkrachtproblemen (o.a. als gevolg van negatieve kleef belasting), schimmel- en bacteriële aantasting van het funderingshout. De panden van voor 1945 vormen een risicogroep, maar ook bij de panden tot 1970 is er kans op funderingsschade. Het gevolg is zakking, scheefstand, scheurvorming in het metselwerk en klemmende deuren en ramen. Uiteindelijk zal dit een verminderde bruikbaarheid en een verminderde veiligheid van de woning tot gevolg hebben.

Indien deze funderingsproblemen optreden bij woningblokken, is het technisch gezien lastig om dit aan te pakken. Doordat de panden binnen het woningblok constructief met elkaar verbonden zijn, kan funderingsherstel van het ene pand leiden tot schade aan de naastgelegen panden. Om een technisch goede herstoplossing te vinden, is het van belang dat het funderingsprobleem integraal wordt aangepakt.

In Nederland is er een richtlijn *Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen* [F30, 2011] om de kwaliteit van een houten paalfundering te beoordelen. Met deze richtlijn is het voor individuele panden mogelijk om te bepalen of de fundering onder het pand hersteld moet worden of niet. Voor woningblokken, waar panden constructief met elkaar verbonden zijn, reikt deze richtlijn geen handvatten aan om de funderingshersteleenheid te bepalen.

In de praktijk wordt voor woningblokken met funderingsproblemen geadviseerd de fundering van de gehele bouweenheid te herstellen. Dit is technisch gezien de beste oplossing: na funderingsherstel van de gehele bouweenheid is er geen risico meer op schade aan panden binnen de bouweenheid als gevolg van funderingsproblemen. Dit is in veel situaties echter niet de meest efficiënte methode om de funderingsproblemen aan te pakken: ook panden met een kwalitatief goede fundering worden op deze manier aangepakt. Daarnaast kan het proces pas plaatsvinden na instemming van alle pandeigenaren, dit maakt de besluitvorming lastig.

Partieel funderingsherstel kan een oplossing bieden in situaties waar de funderingsproblemen binnen een woningblok alleen plaatselijk optreden en niet alle panden van de bouweenheid betreft. Met de opgestelde Richtlijn Partieel Funderingsherstel (zie [bijlage H](#)) kan de funderingshersteleenheid van woningblokken gefundeerd op houten palen worden bepaald in geval van funderingsschade. Uitgangspunt hierbij is dat alleen panden met funderingsschade worden aangepakt.

De richtlijn beschrijft een methode om de funderingshersteleenheid te bepalen van woningblokken met funderingsschade. Daarbij wordt er rekening mee gehouden dat binnen een vooraf vastgestelde periode geen schade mag optreden aan de overige panden binnen de bouweenheid als gevolg van funderingsproblemen. Deze periode wordt de gewenste handhavingstermijn genoemd en is afhankelijk van het gemeentelijk beleid. Geadviseerd wordt om voor deze periode 30 jaar aan te houden, omdat dit voor veel pandeigenaren een belangrijke financiële periode is.

De methode om de funderingshersteleenheid te bepalen, is afhankelijk van de oorzaak van het funderingsprobleem:

Draagkrachtproblemen

In geval van draagkrachtproblemen worden er eisen gesteld aan de vervormingen van het bovengrondse metselwerk. Er zijn grenzen gesteld aan de rotatie (β), doorbuigingsverhouding (Δ/L) en scheefstand (ω) van de bovengrondse constructie. Deze toelaatbare vervormingen mogen binnen de gewenste handhavingstermijn niet overschreden worden. Er wordt daarbij onderscheid gemaakt tussen drie vormen van schade: esthetische, functionele en constructieve schade. Voor elk van deze categorieën zijn grenswaarden gegeven. Deze grenswaarden zijn gebaseerd op empirisch en empirisch-analytisch onderzoek uit de literatuur en worden als

betrouwbaar beschouwd. Voor woningbouw wordt geadviseerd de grenswaarden van functionele schade aan te houden.

Houtaantastingsproblemen

In geval van houtaantastingsproblemen (door bacteriën of schimmels) is het criterium dat de toelaatbare houtspanningen in het funderingshout gedurende de gewenste handhavingstermijn niet mogen worden overschreden. De bovengrondse belasting en negatieve kleeft vormen de belastingen op de funderingspaal. De sterkte van de funderingspaal neemt als gevolg van het aantastingsmechanisme af in de tijd. Indien de te verwachten toelaatbare houtspanningen binnen de gewenste handhavingstermijn worden overschreden, moet de fundering hersteld worden.

Op basis van de metingen, zoals beschreven in de richtlijn *Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen* [F30, 2011], kan het toekomstige vervormings- en zakkingsgedrag van een pand worden bepaald. In geval van draagkrachtproblemen is het essentieel dat de zakkingsnelheid van de bouwmuren uit de bouweenheid nauwkeurig is bepaald. In de praktijk blijkt dat er twee methoden worden gebruikt voor het bepalen van de zakkingsnelheid.

- *Methode 1: Zakkingsnelheid m.b.v. meetbouten en waterpasinstrument*
De meest gangbare methode is om de zakkingsnelheid te meten met behulp van meetbouten en een waterpasinstrument. Een metingenreeks van 2 à 3 jaar, met een interval van 6 maanden geeft een betrouwbaar beeld van het zakkingsgedrag van het pand.
- *Methode 2: Zakkingsnelheid uit lintvoegmeting*
Bij deze methode wordt de zakkingsnelheid berekend uit het maximale zakkingsverschil, welke uit de lintvoegwaterpassing afgeleid kan worden. De zakking wordt gedeeld door het aantal verstreken jaren sinds de oplevering van het pand. Op deze manier wordt een minimale zakkingsnelheid berekend. Er wordt een lineair zakkingsgedrag in de tijd verondersteld. Indien aanwezig kan de informatie uit de lintvoegmeting aangevuld worden met gegevens over het oorspronkelijke aanlegpeil ten opzichte van N.A.P. Op deze manier kan de absolute zakking worden benaderd. Onderzoekers zijn verdeeld over de waarde die gehecht moet worden aan deze methode.

Onderzoek wijst uit dat methode 2 niet geschikt is om het toekomstige vervormingsgedrag van een pand te voorspellen: in sommige gevallen zal de zakkingsnelheid bepaald volgens methode 2 redelijk overeenkomen (afwijking <0,3 mm/jaar) met de werkelijke zakkingsnelheid. Maar vaak ook niet. In veel gevallen zal de zakkingsnelheid te hoog benaderd worden met methode 2. Het is echter van tevoren niet bekend of dat het geval is. Dit betekent dat methode 2 niet zonder meer met zekerheid kan worden toegepast in de praktijk.

Het is belangrijk om te beseffen wat de consequentie is van het rekenen met fouten in de zakkingsnelheid, in dit geval: het rekenen met te hoge zakkingsnelheden. Dit leidt er toe dat de funderingshersteleenheid te groot wordt gekozen. Verschillende pandeigenaren zullen onnodig moeten investeren in funderingsherstel. Als gekeken wordt wat dit op menselijke schaal betekent: een pandeigenaar wordt meegetrokken in een proces waar hij niet voor kiest, maar ook niet onderuit kan, hij moet onnodig een bedrag van gemiddeld zo'n € 70.000,- investeren en ervaart een hoop hinder en overlast. Maar hij heeft geen keuze, omdat het advies van funderingsherstel in veel gemeentes bepalend is om te herstellen.

Voor het gebruik van de Richtlijn Partieel Funderingsherstel moet de zakkingsnelheid bepaald worden volgens methode 1. Er moet daarbij wel rekening mee worden gehouden dat het extrapoleren van de zakkingsnelheid in de tijd een onnauwkeurigheid met zich mee brengt. Daarnaast moet er rekening gehouden worden met het feit dat lokale ingrepen een (tijdelijke) impuls aan de zakkingsnelheid kunnen geven. De metingen kunnen hierdoor een vertekend beeld geven van het werkelijke zakkingsgedrag van de panden.

Methode 2 is een simpelere, goedkopere en minder tijdrovende methode. Deze kan een benadering geven van de werkelijkheid. Op grond van dit onderzoek kan echter niet worden geconcludeerd onder welke omstandigheden methode 2 wel en onder welke omstandigheden methode 2 niet een geschikte methode is. Vervolgonderzoek zal dit moeten uitwijzen.

De Richtlijn Partieel Funderingsherstel biedt een aantal aanvullende maatregelen op de beschreven methode om de funderingsproblematiek binnen woningblokken aan te pakken:

- Het constructief loskoppelen van panden binnen een bouweenheid op de grenzen van de hersteleenheid kan de technische kwaliteit van een hersteloplossing vergroten. Op deze manier wordt de bouweenheid gesplitst in delen die vrij van elkaar kunnen zakken en kan voorkomen worden dat er scharnierpanden ontstaan ten gevolge van de funderingsherstelwerkzaamheden.
- In sommige situaties zal sloop of sloop en nieuwbouw, van een enkel pand binnen een woningblok, een goede oplossing bieden in de funderingsproblematiek. Door het slopen van een enkel pand uit de bouweenheid, wordt de bouweenheid gesplitst in twee delen, die vrij van elkaar kunnen zakken. Door deze maatregel kan in sommige situaties voorkomen worden dat funderingsherstel noodzakelijk is. Er kan op deze manier een kostenbesparing gemaakt worden. Om deze maatregel toe te passen is het wel noodzakelijk dat de twee losgekoppelde delen elk een gelijkmatige zakkingsnelheid vertonen.

De technische kwaliteit van partieel funderingsherstel wordt in dit onderzoek (casestudy 2) lager beoordeeld dan de technische kwaliteit van funderingsherstel per bouweenheid. Reden hiervoor is dat aan partieel funderingsherstel een aantal risico's zijn verbonden:

- Door het plaatsen van nieuwe funderingspalen naast bestaande funderingspalen is er een kans dat de bestaande funderingspalen stijver in de grond komen te staan. Gevolg is dat de zakkingsnelheid van deze bestaande palen afneemt. Er kan een klein zakkingsnelheidsverschil ontstaan tussen de bestaande funderingspalen van opeenvolgende bouwmuren.
- Het aanbrengen van nieuwe funderingspalen direct naast een slechte fundering brengt in de bouwfase een zeker risico op schade met zich mee.
- Indien de hersteleenheid niet juist wordt gekozen, is er een kans dat op de overgang tussen panden met de bestaande fundering en panden met een nieuwe fundering, een scharnierpand ontstaat.

Er wordt in de praktijk veel funderingsonderzoek uitgevoerd aan panden met mogelijke funderingsproblemen. Na het funderingsherstel stopt het onderzoek echter. Panden worden niet langer gemonitord. Voor bouweenheden die partieel zijn hersteld kan dit echter waardevolle informatie opleveren. Op deze manier kan meer inzicht worden verkregen in de consequenties van partieel funderingsherstel en kunnen de risico's en gevolgen ervan nauwkeuriger worden ingeschat.

Met de huidige hersteltechnieken en de Richtlijn Partieel Funderingsherstel wordt het mogelijk om de technische kant van het probleem van funderingsschade aan woningblokken aan te pakken. De Richtlijn Partieel Funderingsherstel biedt geen oplossing voor de maatschappelijke kant van de funderingsproblematiek.

De maatschappelijke factoren die het funderingsherstelproces vertragen of zelfs kunnen tegenhouden, zijn:

- Niet alle pandeigenaren kunnen mee doen aan het funderingsherstel in verband met de hoge kosten;
- Niet alle pandeigenaren willen mee doen aan het funderingsherstel in verband met de hinder en overlast tijdens het herstel;
- Pandeigenaren binnen een bouweenheid zijn onderling afhankelijk van elkaar: wat voor de ene eigenaar een goede oplossing is, kan voor een andere pandeigenaar binnen de bouweenheid een slechte oplossing zijn. Pandeigenaren moeten samen een oplossing vinden, waar zij allen achter staan;
- Het kost enige tijd voordat pandeigenaren geaccepteerd hebben, dat hun fundering hersteld moet worden. Dit acceptatieproces kan wel een jaar duren en vertraagd hierdoor het herstelproces.

Deze factoren beïnvloeden de haalbaarheid van een hersteloplossing.

De taak voor het aanpakken van de maatschappelijke kant van de funderingsproblematiek, ligt hoofdzakelijk bij gemeentes. Maar ook begeleidingsbureaus kunnen hierin een rol spelen.

Gemeentes hebben een aantal instrumenten tot hun beschikking om invloed uit te oefenen op de haalbaarheid van een hersteloplossing. De instrumenten zijn:

- Financiële tegemoetkomingen (laagrentende leningen en subsidies);
- Aanbieden van vervangende woonruimte tijdens uitvoering;
- Aanschrijving van weigerende eigenaren.

Het actief inzetten van deze instrumenten maakt het mogelijk om de technisch meest optimale funderingshersteleenheid (al dan niet partieel) aan te pakken. Het funderingsherstel wordt niet langer bepaald door pandeigenaren die niet mee kunnen of mee willen doen aan het funderingsherstel.

Het voeren van een passief beleid op het gebied van funderingsherstel, leidt er toe dat de funderingsproblemen niet integraal worden aangepakt, maar dat iedere eigenaar voor zich een plan trekt. Dit leidt tot technisch minder goede oplossingen. Rechtzaken en geschillen tussen pandeigenaren zijn het gevolg. Wijken zullen verpauperen.

Zoals eerder genoemd biedt in sommige situaties sloop (en evt. nieuwbouw) van een enkel pand uit de bouweenheid een oplossing in de funderingsproblematiek. In de praktijk wordt deze oplossing maar weinig toegepast. Een reden hiervoor is dat de individuele investeringskosten voor de betreffende eigenaar hoog zijn. Een andere reden hiervoor is dat er vanuit gemeentes vaak wel subsidies en leningen beschikbaar zijn voor funderingsherstel, terwijl voor sloop en nieuwbouw niet.

Om het funderingsherstelproces soepeler en sneller te laten verlopen, is het van belang dat er, direct na constatering van het funderingsprobleem, een begeleidingsbureau wordt ingeschakeld. Zij kunnen bewoners begeleiden in de financiering en sturen in het maken van beslissingen rondom het funderingsherstel. Daarnaast kunnen zij bemiddelen tussen de betreffende pandeigenaren van de bouweenheid, die onderling afhankelijk van elkaar zijn. Op deze manier wordt elke stem gehoord en kan er integraal een oplossing voor de funderingsproblematiek worden gevonden.

Aanbevelingen

Aan gemeentes wordt geadviseerd om een actieve houding aan te nemen in het funderingsherstel. Door het aanbieden van financiële tegemoetkomingen, vervangende woonruimte en door het voeren van een actief aanschrijfbeleid, wordt het haalbaar om de funderingsproblematiek op een technisch goede manier aan te pakken.

Vanuit gemeentes kan gestimuleerd worden om een procesbegeleider in te schakelen tijdens het funderingsherstelproces, door deze kosten aan pandeigenaren te vergoeden. Dit leidt tot technisch betere oplossingen en een snellere afwikkeling van het herstelproces.

Door het slopen van een enkel pand binnen de bouweenheid, kan in sommige situaties voorkomen worden dat funderingsherstel van het woningblok moet plaats vinden. Aan gemeentes wordt geadviseerd om ook voor sloop en nieuwbouw financiële regelingen te treffen, zodat de haalbaarheid van deze oplossingen groter wordt.

Indien gemeentes bovenstaande maatregelen treffen en een actieve houding aannemen in de aanpak van de funderingsproblematiek, wordt ook de maatschappelijke kant van het probleem aangepakt.

Referenties

- Ames, M. (2007), *Spelregels funderingsherstel verbeterd ten gunste van eigenaren*, Nieuwsbrief particuliere woningverbetering Schiedam, p.4.
<http://www.schiedam.nl/shared/files/nota/wonen/februari2007.pdf>
- Arup (2010), *Efficient design of piles foundation for low-rise housing – Design guide*, NHBC Foundation, deel C.
- Bijnagte, Ir. J.L., Luger, Ir. H.J. Deltares, (2011), *Het bepalen van schadekansen ten gevolge van meerdere zettingsbijdragen*, Geotechniek april 2011, jaargang 15 nr.2.
- Bjerrum, L. (1963), *Allowable settlement of structures*, Proceedings, European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Weisbaden, Germany, Vol. 3, p. 135-137.
- Boscardin, M.D. & Cording, E.J. (1989), *Building response to excavation-induced settlement*, Journal of geotechnical engineering, ASCE, 115 (1), p. 1-21.
- Bouwbesluit (2003)- Afdeling 2.1 Algemene sterkte van de bouwconstructie, <http://www.bouwbesluitonline.nl> Geraadpleegd op 3 december 2010.
- Broms, B.B., Burland, J.B., De Mello, V.F.B., (onbekend), *Behaviour of foundations and structures*.
- Burland, M.D., Wroth, C.D., (1974), *Settlement of buildings and associated damage*.
- Burland, J.B., Broms, B.B. & de Mello, V.F.B. (1977), *Behaviour of foundations and structures*. Proc. of the IXth Intern. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Tokyo.
- Charles, J.A., Skinner, H.D. (2004), *Settlement and tilt of low-rise buildings*, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Geotechnical Engineering 157, April 2004 Issue GE2, p. 65-75.
- Concretio, Ingenieursbureau (2005), *Rapport Fase 2, Definitief funderingsonderzoek B.105.07-B.106.07*, Technische bijlage 3.
- Day, R. W. (2000), *Geotechnical Engineer's Portable Handbook*, Mc. Graw-Hill, Portable Engineering, Hoofdstuk 9.
- De Jong, Ir. D. (2011), gesprek met dhr. De Jong, van bouwadviesbureau De Groene Werf.
- Derriks, H. (2011), *Risico's van het verkeer en vervoer, Hoe kan de beleving van risico's een rol spelen bij de ontwikkeling van het toezichtbeleid?* Kennisinstituut voor mobiliteitsbeleid, Ministerie van infrastructuur en milieu, Hoofdstukken 2 en 3.
- Etten van, B. D., Jong de, J. D., Richemont de, IR. S.A.J. (2007), *Inventarisatie van hersteltechnieken bij problemen met houten funderingen*, TNO Bouw en Ondergrond, Rapport, rapportnummer 2007-D-R0607/A.
- Eurocode 7, Geotechnisch ontwerp - deel 1: Algemene regels.
- Fraaij, Dr. Ir. A.L.A., Verver, Ing. M.W. (2000), *Materiaalkunde, Bouwkunde en Civiele Techniek*, derde druk, p. 307.
- Gemeente Amsterdam Dienst Milieu en Woningtoezicht (2006), *Kader voor actief handhaven van de woningwet 2007*, Handboek aanschrijven deel 1, p.11-16.
- Gemeente Haarlem, Wonen sector Stedelijke ontwikkeling (2002), *Funderingsproblemen, aanpakken nu of nooit*, brochure aanpak funderingsproblemen Haarlem, p.10.

Gemeente Zaanstad (2009), *Funderingsherstel*, [internetsite]
<http://www.zaanstad.nl/wlw/wonen/funderingsherstel/>
Geraadpleegd op 16-11-2010.

IGWR Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam (onbekend), foto's naar aanleiding van funderingsonderzoek.

Institution of Civil Engineers (2004), *Advances in Geotechnical Engineering, The Skempton Conference, vol.1*, p.305.

Kuijten, R.S., van Doornik, G.J. (2010), *Inventarisatie bestaande definities en predicties geotechnische gebouwschade*, CUR 532 Gebouwenresponsie, p.24-25.

Markum Stedelijke Ontwikkeling (2010), *Het herkennen en aanpakken van eventuele funderingsproblemen bij koop of verkoop van een woning*, in opdracht van Vereniging van Nederlandse Gemeenten en Ministerie van VROM, brochure p. 2-4.

Nelemans, P. (2010), *Oorzaken verzakken panden*, Lezing op de 5^e Nationale Houten Heipalendag. P. Nelemans werkt voor Fugro.

NEN 6702: 2001, Technische grondslagen voor bouwconstructies - TGB 1990 - Belastingen en vervormingen, Hoofdstuk 5, tabel 1.

NEN 6702 (2007), *Technische grondslagen voor bouwconstructies - TGB 1990 - Belastingen en vervormingen*, Nederlandse norm, Normcommissie 351 001 "Technische Grondslagen voor Bouwconstructies".

<http://connect.nen.nl>

Nb. De norm is vervallen, maar in wet- en regelgeving wordt nog wel verwezen naar deze norm.

NEN 6740 (2006), Nederlandse norm, NEN 6740 (nl) Geotechniek - TGB 1990 - Basiseisen en belastingen.

Netzel, H.D. (2009), *Building response due to ground movements*, Proefschrift TU Delft.

Organisatie Onafhankelijk Onderzoek Funderingen, F30 (2011), *Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen*, Versie 1 - 18 januari 2011.

Polshin, D.E. Tokar, R.A. (1957), *Maximum allowable non-uniform settlement of structures*, Proceedings of 4th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, London (England), p.402-405.

Projectbureau Funderingen (2010), *Een portret van de procesbegeleiding*, Nieuwsbrief Funderingen gemeente Dordrecht nummer 25, p.1-4.

(website: http://cms.dordrecht.nl/Dordrecht/up/Zejqnfjll_Nieuwsbrief_Funderingen_juni_2010.pdf)

Provincie Friesland (2008), *Funderingsproblematiek Fries veenweidegebied, een verkenning naar aard en omvang en de mogelijkheden voor een aanpak*, p.3.

Rots, J.G. (1997), *Structural masonry, an experimental/numerical basis for practical design rules*, TNO Building and construction research, Rijswijk, Uitgeverij Balkema Rotterdam.

Rots, J.G. (2000), *Settlement damage predictions for masonry*.

In L.W.G. Verhoef en F.H. Wittmann: Maintenance and restrengthening of materials and structures - Brick and brickwork.

SEV Realisatie (2007), *Evaluatie funderingsaanpak in zes gemeenten*, hoofdstuk 5.

Skempton, A.W., MacDonald, D.H. (1956), *Allowable settlement of buildings*, Proceedings Institute of Civil Engineers, Part 3, Vol 5, p. 727-768.

Stichting Platform Fundering (2009), *Een funderingsherstelplan, maar hoe nu verder?* p.55.

Stichting Platform Fundering (2009), *Manifest voor funderingsherstel*, Brochure p.6.

Stichting Platform Fundering (2010), *Wat doet de Stichting Platform Fundering Nederland?* Document, p.4.
Internetsite: <http://www.platformfundering.nl/>.

Stichting Platform Fundering (ongedateerd), *Programma van eisen en programma van aanbevelingen, Funderingsverbetering en funderingsherstel*, behorend bij subsidieverordening funderingsherstel 2001.

Stoker, J.W. (2008), *Project Funderingsonderzoek Gordelweg Rotterdam*, Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam.

Timoshenko, S. (1957), *Strength of materials – Part 1*.

Van Stigt, Prof. J., (1995), *Renovatie en Onderhoudstechnieken*, collegedictaat TU Delft, hoofdstuk 4.

Van Tol, Prof. Ir. A.F. (2010), college *Bouwen op en in de grond, Introductie in de funderingstechniek*, Collegereeks Funderingstechniek, TU Delft, Civiele Techniek.

Velten, A.A. van (2009), *Privaatrechelijke aspecten van onroerend goed*, uitgeverij Kluwer, 662 pagina's.

Vereniging F30 Organisatie Onafhankelijk Onderzoek Funderingen (2011), *F30 richtlijn, Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen*, versie 1.

Vereniging Ondernemers Technisch Bodemonderzoek (2010), *De bodem van Nederland*, Handboek geotechnisch grondonderzoek, hoofdstuk 2.

Vent, de, I.A.E. (2011), *Structural Damage in Masonry, Developing diagnostic decision support*, TU Delft, Faculty of Architecture, Chapter 2.1.

VROM (2003), *Bouwbesluit*, www.bouwbesluitonline.nl.

Vrouwenvelder, A.C.W.M., Scholten, N.P.M. (2008), *Veiligheidsbeoordeling bestaande bouw, Achtergrond rapport bij NEN 8700*, TNO Rapport, p.6-29.

Wensen, van, A. (2010) fotoserie van funderingsproblemen Dordrecht. Ontvangen naar aanleiding van gesprek en rondleiding door Dordrecht.

Zijthoff, H. ten (2011), rondleiding door gemeente Haarlem.

Summary

In the Netherlands problems with wooden pile foundations is one of great magnitude. Of at least 200.000 houses it's known they have some kind of foundation damage. In the future this number might increase.

For residential blocks, where individual houses are construction wise connected with each other, it's technically difficult to deal with the problems regarding the foundation. Foundation repair of one house can affect the adjoining houses in the block. Partial foundation repair brings a risk of damage to the neighbouring houses within the building unit.

The quality of an existing foundation can be investigated and assessed with the guideline: *Research and evaluation of wooden pile foundations under buildings* [F3O, 2011]. This guideline makes it possible to examine the quality of an existing wooden pile foundation. For individual buildings it's now possible to judge whether the foundation needs to be restored or not. For residential blocks with interconnected foundations the guideline gives no rules about which part of the foundation of the whole block should be repaired. According to the current knowledge the whole building unit needs to be restored.

The advantages of partial foundation repair, compared to repair of the whole building unit, are economical and fewer buildings need to be implemented in the foundation repair process. Existing foundations with a good quality can thus retain their function.

The purpose of this study is to draw a directive for low-rise residential blocks founded on a wooden pile foundation. The directive shall make it possible to determine which part of a residential block should be restored in case of foundation problems, taking into account the risk of damage to other houses as a consequence of partial foundation repair.

The draft directive for partial foundation repair is based on a theoretical research and interviews with foundation-researchers and -experts. Several experts have given their view on foundation repair.

Mr. Van Wensen, he's the chairman of Stichting Platform Fundering in the Netherlands. This organisation defends the concerns of building owners which have to deal with foundation problems. Van Wensen explains the foundation problems in the Netherlands, with specific attention to the problems in Dordrecht.

Mr. De Jong owns a facilitation office called 'de Groene Werf'. He is specifically concerned with the social side of the foundation problems. He explains the social problems associated during the foundation repair process. In his work he helps building owners to make a foundation repair plan and also a financial plan.

Mr. Nijland of TNO-Bouw was approached to investigate the influence of the composition of the masonry on the acceptable deformation of it. Mr. Nijland explains that it's not possible to investigate this relation within the short time-span of the graduation work.

Mr. Mees of Wareco Amstelveen has done and still does a lot of foundation investigation and –advice. The purpose of the conversation with him is to gain more insight in the method for foundation investigation used by Wareco.

Mrs. Ten Zijthoff has a lot of experience in foundation investigation in Haarlem. The foundation problems in Haarlem are mostly due to wood degradation by bacteria. Mrs. Ten Zijthoff explains how Haarlem in the past has dealt with this problems. In the past several mistakes have been made in the foundation repair method, reason for this was a lack of experience and insight in the foundation problems. Haarlem learned from these mistakes, they now better know how to tackle the problems.

Mr. Van Weeren is prof. Building Structures at the TU Delft. He has his own office for advising in restoration and building damage due to foundation problems. He has a very specific opinion on foundation repair: foundation repair is very expensive, so if we can prevent this by regularly maintenance, we should promote this.

In this way it's attempted to gain a clear vision on the foundation problems in the Netherlands and how experts deal with it, each from their own point of view.

Two case-studies are performed to verify this draft directive. Subsequently the draft directive was evaluated and adjustments were made in order to develop the final directive for partial foundation repair.

The draft directive for partial foundation repair describes a method to determine the boundaries of the foundation repair for residential blocks. The starting-point of this method is within a predetermined period no damage may occur in the construction unit, due to foundation problems. In the directive three types of damage are distinguished: aesthetical, functional and structural damage. For each category limits are given within no damage will occur.

The major causes of foundation damage of wooden pile foundations are carrying capacity problems and wood degradation due to fungi or bacteria. In case of carrying capacity problems the draft directive describes a method to decide whether a foundation should be repaired or not based on the predicted future deformation of the building. In case of foundation damage due to wood degradation, the draft directive describes a method to calculate the residual capacity of the wooden piles in time. Based on this one can assess the remaining life time of the construction and one can decide whether the foundation needs to be restored or not.

To evaluate and test the draft directive, two case-studies were performed. Here only the main conclusions of these studies will be mentioned:

Case-study 1: Method for determining settlement rate

To be able to advise partial foundation repair, it's important to know the rate of settlement of the construction walls within the building unit. In practice different methods are used to determine the rate of settlement. The accuracy of these methods is examined. It seems that just one method of measuring the settlement rate is suitable for foundation investigation. This method uses measuring bolts in combination with a levelling instrument.

Research Part 2: Tilting of one house within a building unit

This research aims to map the risks, costs and spatial consequences associated to partial foundation repair. Partial foundation repair will be compared to other possible remedial solutions. For a fictitious residential block dealing with foundation damage, 8 recovery options are examined. This research has led to some additions in the directive for partial foundation repair, so that technically and economically better solutions will be found. Also the technical risks associated with partial foundation repair are adapted in de directive. The municipal policy has a great influence on the feasibility of a foundation repair solution. This factor is not included in the directive.

After these two researches the final directive is developed. The directive for partial foundation repair makes it possible to determine the boundaries of the recovery unit within a building unit with foundation damage. The directive can also be used to test whether a recommended recovery solution meets the damage criteria.

The directive provides a technical solution for foundation problems within residential blocks. Whether the recommended recovery unit in practice actually will be addressed, depends on several factors:

- The attitude and financial situation of the building owners
- Municipal policy

The directive for partial foundation repair gives no solution for the social side of the problem of foundation damage in the Netherlands. It's recommended to municipalities that they maintain an active approach in the foundation repair process, so the social side of the problem will also be addressed.

Samenvatting

De funderingsproblematiek in Nederland is een probleem van grote omvang. Van zeker 200.000 panden is bekend dat deze te maken hebben met funderingsproblemen. Dat kunnen er in de toekomst meer worden.

Het aanpakken van funderingsproblemen bij woningen binnen woninblokken, waar panden constructief met elkaar verbonden zijn, is technisch lastig. Herstel van het ene pand kan invloed hebben op de naastgelegen panden in het blok. Partieel funderingsherstel van woningblokken brengt een risico op schade aan naast gelegen panden binnen de bouweenheid met zich mee.

Om de kwaliteit van bestaande funderingen te onderzoeken en beoordelen is er een richtlijn opgesteld: *Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen* [F30, 2011]. Met deze richtlijn is het mogelijk om de kwaliteit van een fundering te bepalen. Van individuele panden is het nu mogelijk om te beoordelen of de fundering hersteld moet worden of niet. Voor woningblokken met funderingsschade, waarbij de panden constructief met elkaar verbonden zijn, reikt de richtlijn geen handvaten om de funderingshersteleenheid te bepalen. Volgens de huidige inzichten is funderingsherstel per bouweenheid de beste oplossing.

Het voordeel van partieel funderingsherstel, ten opzichte van volledig funderingsherstel, is dat er kosten worden bespaard en minder panden betrokken zijn bij de uitvoering van het funderingsherstel. Bestaande funderingen met een goede kwaliteit kunnen zo hun functie behouden.

Het doel van het onderzoek is het opstellen van een richtlijn voor partieel funderingsherstel voor laagbouw woningblokken gebouwd op houten palen. Met de richtlijn kan de funderingshersteleenheid van panden binnen een woningblok worden bepaald, waarbij rekening wordt gehouden met het risico op schade.

De concept-richtlijn is opgesteld naar aanleiding van een literatuuronderzoek en gesprekken met funderingsonderzoekers en –deskundigen. De verschillende deskundigen die aan het woord geweest zijn, zijn:

Dhr. Van Wensen, voorzitter van Stichting Platform Fundering. Deze stichting komt op voor de belangen van pandeigenaren met funderingsproblemen. Dhr. Van Wensen heeft de problematiek in Nederland en specifiek voor Dordrecht uiteengezet.

Dhr. De Jong van Procesbegeleidingsbureau De Groene Werf houdt zich met name bezig met de maatschappelijke kant van de funderingsproblematiek. Dhr. De Jong legt uit tegen welke maatschappelijke problemen wordt aangelopen tijdens het funderingsherstelproces. In zijn rol als procesbegeleider begeleidt hij pandeigenaren in het funderingsherstelproces: in het opstellen van een herstelplan en in de financiering ervan.

Dhr. Nijland van TNO-Bouw is benaderd om te onderzoeken wat de invloed is van de samenstelling van het metselwerk op de toelaatbare vervorming ervan. Dhr. Nijland geeft aan dat dit onderzoek niet haalbaar is binnen de periode van het afstudeeronderzoek.

Dhr. Mees van Wareco Amstelveen heeft in het verleden en doet nog steeds veel funderingsonderzoek en –advies. Het doel van het gesprek met hem, is meer inzicht krijgen in de methode en achterliggende gedachten die Wareco hanteert in het funderingsonderzoek en in het hersteladvies.

Mw. Ten Zijthoff heeft in het verleden veel funderingsonderzoek gedaan in gemeente Haarlem. In Haarlem is voornamelijk bacteriële aantasting van het funderingshout oorzaak van de funderingsproblematiek. Mw. Ten Zijthoff geeft aan hoe de problematiek in Haarlem werd en wordt aangepakt. Zij benoemt een aantal fouten uit het verleden, die gemaakt zijn door gebrek aan kennis en ervaring op dit gebied. Dit zijn leerpunten geweest voor de gemeente Haarlem.

Dhr. Van Weeren is professor draagconstructies aan de TU Delft. Hij heeft zijn eigen adviesbureau voor restauraties en gebouwschade als gevolg van funderingsproblemen. Dhr. Van Weeren heeft een heel specifieke mening op het gebied van funderingsherstel: funderingsherstel is duur, als het voorkomen kan worden, door regelmatig onderhoud te plegen aan een pand, moet dat bevorderd worden.

Op deze manier is gepoogd een beeld te krijgen van de funderingsproblematiek in Nederland en hoe deskundigen hier tegen aan kijken en vanuit verschillende invalshoeken mee om gaan.

Na het opstellen van de concept-richtlijn, zijn er twee deelonderzoeken gedaan, om de concept-richtlijn aan te toetsen. Vervolgens is de richtlijn geëvalueerd, zijn er aanpassingen gedaan en is de definitieve richtlijn opgesteld.

De Concept Richtlijn Partieel Funderingsherstel beschrijft een methode om de funderingshersteleenheid te bepalen voor woningblokken met funderingsschade. Uitgangspunt bij deze methode is dat er binnen een vooraf vastgestelde periode geen schade mag optreden ten gevolge van funderingsproblemen. In de concept-richtlijn wordt onderscheid gemaakt tussen drie vormen van schade: esthetische, functionele en constructieve schade. Per categorie worden er grenswaarden gegeven, waarbinnen geen schade op zal treden.

Belangrijke oorzaken van funderingsproblemen bij houten paalfunderingen zijn draagkrachtproblemen en aantasting van het funderingshout. In geval van draagkrachtproblemen beschrijft de concept-richtlijn een methode om op grond van het voorspelde toekomstige vervormingsgedrag van een pand, beoordeeld kan worden of een pand hersteld moet worden of niet. In geval van houtaantastingsproblemen beschrijft de concept-richtlijn een methode om het restdraagvermogen van de houten palen te berekenen in de tijd. Op grond hiervan wordt beoordeeld of funderingsherstel moet plaatsvinden.

Twee deelonderzoeken zijn gedaan om de concept-richtlijn te toetsen.

Deelonderzoek 1: Zakkingsnelheid

Om partieel funderingsherstel te kunnen adviseren, is het van belang dat de zakkingsnelheden van de bouwmuren van het betreffende woningblok bekend zijn. In de praktijk blijkt dat er verschillende methoden worden gebruikt voor het bepalen van de zakkingsnelheid van panden. De nauwkeurigheid van deze methoden is in dit deelonderzoek onderzocht. Er volgt dat alleen de methode waarbij de zakkingsnelheid met behulp van meetbouten en een waterpasinstrument wordt bepaald, geschikt is voor het funderingsonderzoek.

Deelonderzoek 2: Scharnierpand

Dit onderzoek heeft als doel om de risico's, ruimtelijke consequenties en kosten van partieel funderingsherstel in kaart te brengen en te vergelijken met andere mogelijke hersteloplossingen. Voor een fictief woningblok met funderingsproblemen zijn 8 herstelvarianten onderzocht en vergeleken. Dit onderzoek heeft geleid tot een aantal aanpassingen in de richtlijn voor partieel funderingsherstel. Met deze aanpassingen kunnen technisch en economisch betere oplossingen gevonden worden. Ook de technische risico's van het partieel funderingsherstel zijn naar aanleiding van dit deelonderzoek in de richtlijn opgenomen.

Het gemeentelijk beleid heeft grote invloed op de haalbaarheid van een hersteloplossing. Deze factor is niet in de richtlijn opgenomen.

Naar aanleiding van de deelonderzoeken is de definitieve richtlijn opgesteld. Met de Richtlijn Partieel Funderingsherstel kan de funderingshersteleenheid van panden binnen een bouweenheid met funderingsschade worden bepaald. Daarnaast kan de richtlijn gebruikt worden om te toetsen of de geadviseerde funderingshersteleenheid voldoet aan de schadecriteria.

De richtlijn biedt een technische oplossing voor het bepalen van de funderingshersteleenheid van woningblokken met funderingsschade. Of de geadviseerde hersteleenheid in de praktijk ook daadwerkelijk wordt aangepakt, is afhankelijk van een aantal factoren, onder andere de houding en financiële situatie van de pandeigenaren en het gemeentelijk beleid.

Met de richtlijn is de maatschappelijke kant van het probleem niet opgelost. Aan gemeentes wordt geadviseerd een actieve houding op het gebied van funderingsherstel in te nemen, zodat ook de maatschappelijke kant van het probleem wordt aangepakt.