

TNO-rapport

2007-D-R0607/A

Inventarisatie van hersteltechnieken bij problemen
met houten funderingen

Van Mourik Broekmanweg 6
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl

T 015 276 30 00
F 015 276 30 10
info-BenO@tno.nl

Auteur(s)	Bas D. van Etten Jan D. de Jong ir. Sabine A.J. de Richemont
Opdrachtgever	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer Directoraat-Generaal Wonen, Wijken en Integratie Directie Beleidsontwikkeling – Stedelijke vernieuwing
Projectnummer	034.78593/01.01
Aantal pagina's Aantal bijlagen	29 (incl. bijlagen)

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Samenvatting

Er zijn vier soorten funderingsherstel:

1. Paalkopverlaging: Deze methode wordt alleen toegepast indien droogstand de oorzaak van het funderingsprobleem is. Het bovenste deel van de paal wordt hersteld dat door schimmels is aangetast
2. Nieuwe palen met nieuwe vloer (tafelconstructie): er wordt een vloer gestort die de belasting van de woning moet overbrengen op de nieuwe palen. Dit kan de begane grondvloer zijn, maar ook een keldervloer of vloer in de kruipruimte.
3. Nieuwe palen met randbalken: hierbij wordt de belasting via de nieuwe randbalken overgedragen op de nieuwe palen. Deze randbalken worden onder de dragende wanden van de woning geplaatst.
4. Door de muur gedrukte palen: om de één à twee meter worden nieuwe palen door de dragende muur gedrukt.

Bij methoden 2, 3 en 4 worden nieuwe palen geplaatst, waarbij berekend is met de huidige belasting en volgens de huidige normen. Dit zijn variant waarbij draagvermogen toegevoegd wordt in tegenstelling tot methode 1.

Welke methode het meest geschikt is, hangt af van het funderingsprobleem (schimmels of bacteriën), de technische randvoorwaarden (het woonblok) en de aanvullende eisen en wensen van bewoners. Belangrijk voor de risicobeperking is dat alle bewoners van het woonblok overgaan tot funderingsherstel, waarbij men zo veel mogelijk voor één type herstelmethode kiest. De kosten, tijdsduur en mate van overlast zijn zeer afhankelijk van het project (de technische voorwaarden) en de eisen en wensen van de bewoners. Veel hangt samen met de noodzaak om de begane grondvloer te moeten verwijderen voor het funderingsherstel. In dat geval zullen de bewoners tijdelijk hun woning moeten verlaten en zal er rekening gehouden moeten worden met extra kosten ten behoeve van herinrichting. De totale tijdsduur voor funderingsherstel varieert van 1 tot 3 maanden afhankelijk van de gekozen methode en wensen van de bewoners

Tabel 1: overzicht risico's, kosten en overlast per herstelmethode

funderingsmethode	risico's	kosten totaal	overlast
paalkopverlaging (vanuit begane grond, A1)	--	0	0
paalkopverlaging (vanuit kruipruimte/kelder, A2)	--	++	++
tafelconstructie (vanuit begane grond, B1)	++	--	--
tafelconstructie (vanuit kruipruimte/kelder, B2)	++	0	-
randbalken, voorspanbalken C1	+	0	-
randbalken balkenrooster C2	+	-	-
palen door muur (vanuit begane grond / binnen, D1)	0	+	+
palen door muur (vanuit kruipruimte of buiten, D2)	0	+	+

legenda

- + gunstig voor bewoner t.o.v. 0
- ongunstig voor bewoner t.o.v. 0

Tijdens de hele doorloop van een project t.b.v. funderingsherstel is er een groot aantal valkuilen:

De interpretatie van de inspectiegegevens van de palen (volgens protocol) is niet uniform. Daardoor worden er verschillende adviezen gegeven over de restlevensduur en over het herstel.

Daarnaast zijn er veel factoren die kostenverhogend zijn, waar veelal te weinig rekening mee wordt gehouden, zoals vervuilde grond, kosten voor de herinrichting en het omleggen van leidingen.

Tot slot is er weinig bekend over het monitoren van uitgevoerde herstelwerkzaamheden. Nagegaan moet worden in hoeverre er nazakkingen plaatsvinden en of er andere schade is opgetreden.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	3
1	Inleiding.....	7
2	Achtergronden.....	8
2.1	Hout gebruik.....	8
2.2	Problematiek.....	8
2.3	Soort funderingen.....	8
2.4	Periode van bouwen en regio	9
2.5	Risico's.....	9
2.6	Protocol voor funderingsonderzoek	9
3	Inleiding herstelmethodiek	10
4	Methoden funderingsherstel.....	11
4.1	Paalkopverlaging (A)	11
4.2	Nieuwe paalfundering 'tafelconstructie' (B).....	12
4.3	Nieuwe paalfundering met randbalken (C)	13
4.4	Nieuwe paalfundering vanuit de muur gedrukt (D).....	14
5	Kosten van het funderingsherstel.....	16
5.1	Kosten aannemer	16
5.2	Herinrichtingskosten	17
6	Gebruik van materieel tijdens de uitvoering	18
7	Risico's van de verschillende methodes.....	19
7.1	Algemene risico's.....	19
7.2	Paalkopverlaging (A)	19
7.3	Tafelconstructie(B).....	20
7.4	Nieuwe paalfundering met randbalken (C)	20
7.5	Nieuwe paalfundering vanuit de muur gedrukt (D).....	20
8	Overlast voor de bewoners	21
8.1	Tijdsduur	21
8.2	Woning buiten gebruik.....	22
8.3	Geluid en trillingen.....	23
8.4	Vuil en beschadigingen binnen in de woning.....	23
8.5	Invloed op tuin en bestrating	24
9	Samenvattende tabel	26
10	Algemene opmerkingen en aanvullingen.....	27
10.1	Vervuilde grond.....	27
10.2	Gemeentegrond	27
10.3	Omleggen van leidingen.....	27
11	Geconstateerde hiaten naar aanleiding van gevoerde gesprekken en geconstateerde problemen	28

11.1	Ontbreken van kengetallen.....	28
11.2	Proces van monitoren	28
11.3	Herinrichting	28
11.4	Vooronderzoek in relatie tot herstel en levensduur	28
12	Geraadpleegde bronnen.....	29
12.1	Lijst van informanten	29
12.2	Literatuurlijst	29

1 Inleiding

Het herstellen van houten paalfunderingen staat volop in de belangstelling. Verscheidene plaatsen in Nederland hebben de laatste jaren te kampen (gehad) met allerhande funderingsproblemen met grootschalige hersteloperaties tot gevolg. Het herstellen van een fundering kan op verschillende manieren met verschillende gevolgen. In de praktijk echter blijkt dat bewoners niet altijd even goed op de hoogte zijn van de mogelijkheden en onmogelijkheden van de verschillende methoden. Door het ministerie van VROM is aan TNO de opdracht verleend een document op te stellen over het herstel van houten paalfunderingen bij woningen. Het document is vooral geschreven voor bewoners die te maken krijgen met funderingsherstel en heeft tot doel de verschillende typen funderingsherstel in relatie tot de gevolgen (financieel, risico's, tijdsduur en overlast) op een eenvoudige manier in kaart te brengen.

2 Achtergronden

2.1 Hout gebruik

Hout is een prachtig materiaal om te funderen. Duurzaam (er zijn vele monumenten die al eeuwen op houten palen staan) licht van gewicht, dus geen zware machines nodig, gemakkelijk te transporteren. Tegenwoordig wordt het zelfs gezien als CO₂-opslag om op die manier iets te kunnen doen aan de klimaatveranderingen. In het verleden zijn er echter funderingen toegepast waar momenteel problemen mee zijn die toen niet voorzien werden. Enerzijds zijn er de problemen met droogstand anderzijds de bacterieaantasting onder water.

2.2 Problematiek

Droogstand houdt in dat de (grond)waterstand lager is dan de bovenkant van het funderingshout. Hierdoor kan er (in minimale hoeveelheden) zuurstof bij het hout komen waardoor er een ideaal milieu voor schimmelaantasting ontstaat. De lagere grondwaterstand kan meerdere oorzaken hebben: grondwaterstandverlagingen door waterschappen in verband met inklinking van de bodem, lekkende riolen of grondwateronttrekking zijn enkele mogelijkheden. Binnen enkele jaren kan een fundering dusdanig aangetast zijn dat deze kan bezwijken.

Anders dan schimmelaantasting, kan bacteriële aantasting hout ook onder water aantasten (in de volksmond palenpest genoemd). Deze aantasting komt voornamelijk voor in spinthout, dit is de buitenste rand van de houten paal. Grenenhout heeft een brede spintrand en is dan ook gevoelig voor bacterieaantasting. Vurenhout heeft een smallere spintrand en heeft daardoor minder problemen met deze vorm van aantasting.

Schimmelaantasting is niet houtsoort afhankelijk. Alle toegepaste naaldhoutsoorten zijn 'even' gevoelig.

Als het water weer voldoende hoog staat, stopt de schimmelaantasting, maar de schade blijft. Een cumulatieve droogstandsperiode van 10 tot 20 jaar leidt vaak tot constructieve schade aan een pand. Meerdere kortdurende periodes van droogstand (bijvoorbeeld regelmatige terugkomende grondwaterschommelingen) moeten bij elkaar opgeteld worden.

Voor bacteriële aantasting is hier minder ervaring mee. Aangenomen kan worden dat bacteriële aantasting na 70 tot 90 jaar voor schade kan zorgen.

2.3 Soort funderingen

Funderingen worden toegepast omdat de bodem niet voldoende draagkracht heeft om het gewicht van een woning te kunnen dragen. Om voldoende draagkracht te creëren zijn er verschillende manieren van funderen. Enerzijds op 'kleef', hierbij hangen de palen in de bodem waardoor een opwaartse kracht (positieve kleef) ontstaat. Omdat in de loop van de tijd en zeker bij grondwaterstandverlaging, bodemdaling en (verkeers)druk de grond aan de palen gaat hangen, ontstaat soms negatieve kleef. Anderzijds zijn palen geheid tot in de vaste zandlaag (op stuit).

Onder woningen in Nederland zijn voornamelijk vurenhouten en grenenhouten palen toegepast. Globaal kan gezegd worden dat voor kortere lengtes grenenhout is toegepast en vurenhout voor langere lengtes. Reden hiervoor is dat grenen niet in lange rechte lengtes beschikbaar is/was. Dit houdt niet in dat grenenhout enkel is toegepast in gebieden met een ondiepe zandlaag of op kleef.

2.4 Periode van bouwen en regio

Houten paalfunderingen zijn voornamelijk toegepast in gebieden met klei- en veenlagen. Dit is voornamelijk in het noorden en westen van Nederland en de riviergebieden. Op zandgronden is er vaak geen noodzaak om met palen te funderen.

De bouwperiode waarin houten funderingen worden toegepast is vanaf de 17^e eeuw tot op heden (in 1997 werden er nog circa 270.000 palen geplaatst). Er is geen bouwperiode aan te wijzen waar de huidige funderingsproblematiek speelt. Grofweg kan men zeggen dat in de periode 1900 tot 1970 grenenhout is toegepast. Vanaf de jaren '70 werd grenenhout niet meer toegepast.

2.5 Risico's

Mocht er geen funderingsherstel plaatsvinden, dan zal een woning niet direct onbewoonbaar verklaard hoeven te worden. Woningen zullen steeds meer uit het lood gaan staan en op aangrenzende woningen gaan leunen. Scheurvorming in muren, wooncomfort (scheve vloeren) en zijn het gevolg.

Na herstel zal het risico op schade vrijwel nihil zijn, al kan niemand ver in de toekomst kijken.

2.6 Protocol voor funderingsonderzoek

In samenwerking met VROM heeft een aantal ingenieursbureaus, dat zich bezig houdt met funderingsinspecties, een Inspectie Protocol opgesteld (penvoerder TNO). Hierin ligt vastgelegd hoe een funderingsinspectie dient te worden uitgevoerd. Hoe de resultaten echter geïnterpreteerd moeten worden is niet vastgelegd.

Een inschatting maken van de (rest)levensduur van een houten funderingsconstructie is een moeilijke opgave, omdat hier zeer veel verschillende parameters een rol spelen. Daarnaast zijn op lokaal niveau al grote verschillen in aantasting te zien, waardoor het moeilijk is om op straatniveau of wijkniveau conclusies te trekken.

Een aantal van de parameters die een rol spelen zijn:

- leeftijd van de paal en van de aantasting.
- soort aantasting en houtsoort
- bodemsoort
- lengte van de paal
- vervormingen
- huidige belasting
- laagste grondwaterstanden
- bouwkundige situatie
- bouwkundige eenheid

3 Inleiding herstelmethodiek

Door de markt worden veel systemen aangeboden, deze systemen zijn door TNO samengebracht tot vier categorieën:

- A: paalkopverlaging
- B: nieuwe fundering in 'tafelconstructie'
- C: nieuwe fundering met randbalken
- D: nieuwe fundering waarbij de palen vanuit de muren gedrukt worden

In hoofdstuk 3 worden de verschillende methodes van herstel toegelicht. In de hoofdstukken 4 t/m 8 worden voor de belangrijkste factoren die spelen bij herstel toelichting gegeven. Tot slot worden in hoofdstuk 9 en 10 algemene opmerkingen geplaatst.

Ondanks dat er getracht is een zo compleet en bondig mogelijk overzicht te geven, moet men bedenken dat de meest geschikte methode voor funderingsherstel wordt bepaald door een combinatie van 3 factoren:

1. Funderingsprobleem

Zoals in 1.2 is besproken zijn er 2 soorten funderingsproblemen: schimmelaantasting (vaak veroorzaakt door droogstand) en bacteriële aantasting. Als er sprake is van schimmelaantasting kunnen alle methoden toegepast worden. Dit is niet het geval bij bacteriële aantasting. In dat geval wordt steng afgeraden om paalkopverlaging toe te passen.

2. Het project

Afhankelijk van de opbouw van het woonblok, de benodigde belasting, ruimte onder de vloer, afstand tot de openbare weg, enz. zal een aantal methodes wel of niet toegepast kunnen worden. Vaak wordt dit aangegeven door een ingenieursbureau in de voorfase (na het onderzoek).

3. De eisen/wensen van bewoners

De mate van overlast, de financiële randvoorwaarden en de toekomst van het gebouw zullen een zware stempel drukken op de te kiezen herstelmethode. Als bewoner kan binnen de diverse mogelijkheden die het project aangeven een keuze worden gemaakt.

4 Methoden funderingsherstel

In dit hoofdstuk zullen de verschillende methoden besproken worden waarbij de nadruk ligt op de technische randvoorwaarden.

4.1 Paalkopverlaging (A)

Bij deze methode wordt de grond afgegraven tot 50cm onder de laagste gemeten grondwaterstand en onder het niveau van de binnenonderkant van de rioolbuis in de nabije omgeving om latere droogstand te voorkomen. Door het afgraven worden de paalkoppen zichtbaar. Er zijn verschillende varianten voor het afdragen van de belasting:

- De bovenkant van de paal wordt afgezaagd en er wordt een vijzelsteun tussen de paal en de dragende constructie geplaatst welke op spanning wordt gebracht. Daarna wordt een wapening en bekisting aangebracht welke volgestort wordt met beton.
- Nadat de paalkoppen afgezaagd en ondersteund zijn, wordt een betonnen balk gestort die de verschillende paalkoppen met elkaar verbindt. Na het uitharden wordt de tussenliggende ruimte opgemetseld, waardoor het gehele metselwerk op de balk rust(zie foto 1 en 2)



Foto 1: aanbrengen van wapening voor funderingsbalk
Bron: C.J. Smit



Foto 2: opmetselen van tussenruimte

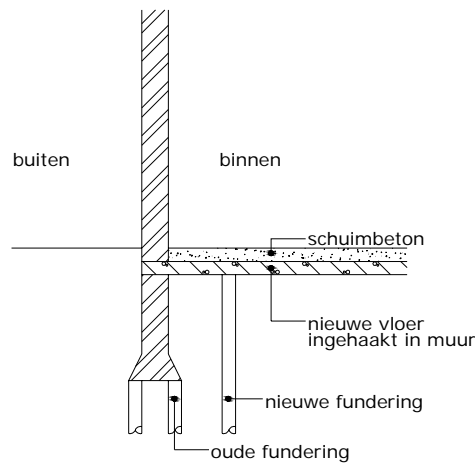
Technische voorwaarden

- De aangetaste palen dienen direct op de draagkrachtige zandlaag te zijn gefundeerd (stuit) en niet op kleef. Indien op kleef is gefundeerd is het risico op onacceptabele nazakkingen erg groot indien alleen de paalkop wordt hersteld.
- De aantasting van de palen moet het gevolg zijn van droogstand (schimmelaantasting). Alleen bij deze oorzaak is slechts het bovenste gedeelte van de paal aangetast.
- De palen moeten bestaan uit vuren. Indien de woning op grenen palen is gefundeerd is er een vergroot risico. Grenen palen zijn erg vatbaar voor bacteriologische aantasting en de kans is aanwezig dat de aantasting niet alleen in de kop plaatsvindt maar ook tot in de voet van de paal.

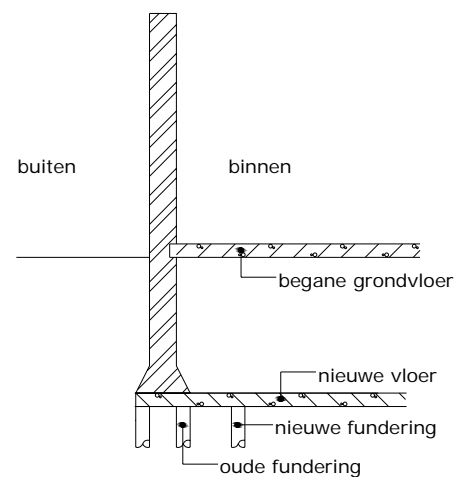
Opgemerkt dient te worden dat bij paalkopverlaging geen extra draagvermogen wordt toegevoegd. Dit betekent dat er geen zware elementen in de woning aangebracht mogen worden. (betonnen vloeren, kantoorfunctie, dakopbouw).

4.2 Nieuwe paalfundering ‘tafelconstructie’ (B)

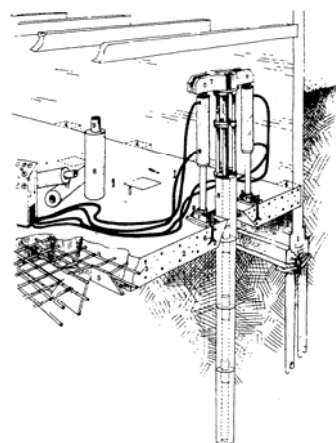
Bij deze methode worden nieuwe palen vlak naast de oude palen geplaatst aan de binnenkant van de woning. Vervolgens wordt een nieuwe vloer gestort, die de dragende wanden ondersteunt. De nieuw te storten vloer kan de toekomstige begane grondvloer zijn (B1, tekening 1) of de vloer in de kruipruimte of kelder (B2, tekening 2). Voor het plaatsen van palen dient er voldoende vrije hoogte te zijn. De benodigde vrije hoogte is afhankelijk van het benodigde materieel. Voor het drukken van stalen buispalen is een minimale werkhoogte van 180 cm nodig. Voor het heien van stalen buispalen is een werkhoogte van 230 cm nodig.



Tekening 1: Nieuwe begane grondvloer B1



Tekening 2: Nieuwe keldervloer / kruipruimtevloer B2



Tekening 3: aanbrenge van palen binnen de woning
Bron: Concretio

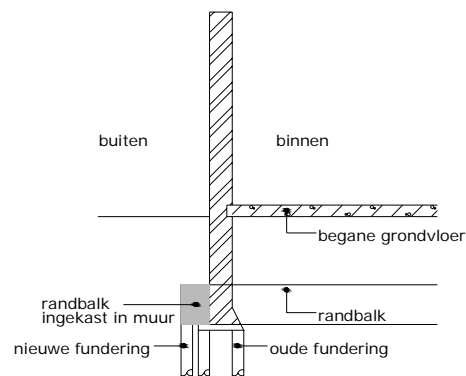


Foto3: verwijderen van begane grond
Bron: Hooghwerff

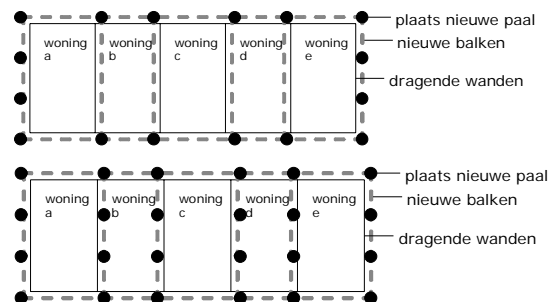
4.3 Nieuwe paalfundering met randbalken (C)

Bij deze methode wordt een sleuf aan de voor-, zij- en de achtergevel gegraven waarna nieuwe palen buiten de oude palen geplaatst worden. Nieuwe betonbalken zorgen voor de koppeling tussen de nieuwe palen. Bij deze methode kan een onderscheid gemaakt worden tussen balken die de volledige lengte overspannen (C1) en balkenroosters (C2). Bij een balkenrooster worden niet alleen buiten, maar ook binnen de woning meerdere palen aangebracht die de balk ondersteunen.

In beide gevallen kan men gebruik maken van voorgespannen betonbalken. Hierbij worden de nieuwe palen aan elkaar verbonden door middel van betonbalken die in het werk gestort en voorgespannen worden en in de muur worden ingekast. Ook zijn er varianten bekend waarbij prefab betonnen balken of stalen balken gebruikt worden.

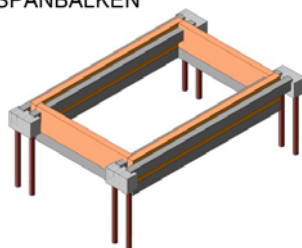


Tekening 4: doorsnede methode met randbalken



Tekening 5: schema van funderingsherstel met randbalken (boven) en een balkenrooster (onder) van een woningblok waarbij alleen de bewoners van woning b en d tijdelijk hun woning dienen te verlaten.

VOORSPANBALKEN



Tekening 6: 3D weergave van funderingsherstelmethodes met voorgespannen balken.
Bron Concretio



Foto 4: Invloed op tuin bij het plaatsen van palen buiten de woning
Bron: Brico

Technische voorwaarden:

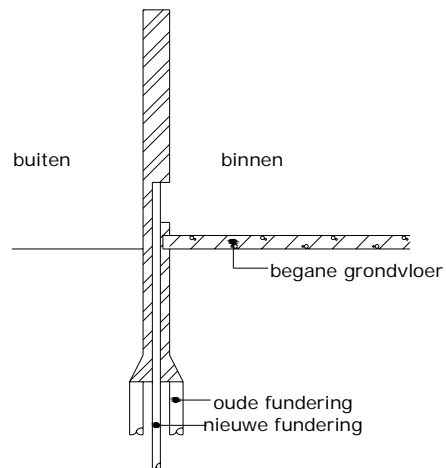
- voor het aanbrengen van een balkensysteem in de woning of een voorgespannen betonbalken systeem is een kruipruimte noodzakelijk.
- Voorgespannen betonbalken hebben een maximale overbrugging van 12 meter. Desnoods kan door de begane grondvloer een extra tussenpaal aangebracht worden.

4.4 Nieuwe paalfundering vanuit de muur gedrukt (D)

Deze methode is het meest recent ontwikkeld. In dragende muren worden om de 1 à 2 meter nissen van ca 300mm breed, 200mm diep en 1200mm hoog gezaagd. Vanuit de nissen wordt achter de plint een gat geboord naar de fundering tot op de draagkrachtige laag. Slanke stalen buispalen van ca. 80 – 160 mm in doorsnede worden door dit gat in de grond gedrukt tussen de oorspronkelijk funderingspalen. Ieder segment wordt aan elkaar gekoppeld (gelast of geschroefd) en naar beneden gedrukt tot aan de draagkrachtige laag. Tot slot worden de holle buizen volgestort met beton. Het naar beneden drukken gebeurt middels een stalen frame dat in de nis wordt geplaatst. Dit frame wordt vastgemaakt aan een in het boorgat aangebrachte casing. Het aantal palen dat geplaatst moet worden is afhankelijk van het benodigde draagvermogen. Over het algemeen zal het aantal palen groter zijn dan bij B omdat hier slankere palen gebruikt worden.

Bij deze methode zijn twee varianten onder te verdelen:

- stalen buispalen worden vanaf de begane grond (D1) naar beneden gedrukt. Dit kan zowel vanaf de binnenkant als vanaf de buitenkant van de woning om overlast te beperken tot de woningscheidende muren en dragende wanden.
- stalen buispalen worden vanaf de wand in de kruipruimte of in de kelder (D2) naar beneden gedrukt, indien de hoogte van de kruipruimte/kelder dit toelaat.



Tekening 7: Doorsnede van funderingsherstel waarbij palen vanuit de muur worden gedrukt



Foto 5: opstelling voor palen vanuit de muur gedrukt
Bron: van Dijk Maasland

Technische voorwaarden

- Het metselwerk moet voldoende samenhang en draagkracht hebben om de palen naar beneden te kunnen drukken zonder zelf schade te ondervinden. Dit omdat er plaatselijk grote krachten uitgeoefend kunnen worden vanaf de onderzijde van het bestaande metselwerk.
- Het woonblok moet voldoende massa hebben om voldoende tegengewicht te kunnen bieden bij het drukken van de palen.

5 Kosten van het funderingsherstel

5.1 Kosten aannemer

De kosten worden bepaald door het project en de wensen van de bewoners. Voor het plaatsen van nieuwe funderingspalen waarbij een betonvloer in de kruipruimte wordt geplaatst kunnen de kosten grofweg geraamd worden op 60.000 euro bij een oppervlak van ca 6x10 m (60 m²). In onderstaand overzicht is een vergelijking van de kosten voor de verschillende technieken en methoden uitgezet waarbij kosten van de zojuist beschreven techniek als referentiepunt genomen wordt.

Tabel 1: indicatie van de kosten t.b.v. herstel van fundering

Methodie	Kosten in €/m ² vloer	Kosten per woning (x 1000 €)
Paalkopverlaging (vanuit begane grond, A1)	600-900	ca. 40
Paalkopverlaging (vanuit kruipruimte/kelder,A2)	600-900	ca. 40
Tafelconstructie (vanuit begane grond, B1)	1100-1600	ca. 70
Tafelconstructie (vanuit kruipruimte/kelder, B2)	900 -1600	ca. 60
Randbalken, voorspanbalken (C1)	800-1400	ca. 50
Randbalken, balkenrooster (C2)	800-1600	ca. 60
Palen door de muur (vanuit begane grond / binnen, D1)	700-1200	ca. 50
Palen door muur (vanuit kruipruimte of buiten, D2)	700-1200	ca. 50

Deze getallen zijn slechts indicaties. Enkele factoren die invloed hebben op de kosten zijn:

- Soort en mate van aantasting*

Indien alleen de paalkoppen aangetast zijn, kan overwogen worden om paalkopverlaging toe te passen wat goedkoper is ten opzichte van het plaatsen van nieuwe palen.
- hoogte woning / belasting*

Indien de belasting in de jaren is toegenomen (nieuwe betonnen vloeren, keukens, badkamers, kantoorfunctie met bijvoorbeeld archiefkasten, geplaatste dakkapel of dakopbouw) kan de situatie voordoen dat er meer draagvermogen gecreëerd moet worden. Voor aantastingen door droogstand geldt dat alleen paalkopverlaging in een dergelijke situatie niet meer toereikend is aangezien er geen extra draagvermogen gecreëerd wordt. Bij de andere methoden kan gelden dat er meer palen geheid moeten worden, wat extra kosten met zich mee brengt.
- Aanwezigheid kruipruimte/kelder*

Indien er een kruipruimte aanwezig is, zal er minder grond afgegraven hoeven worden. Hiervoor geldt dat hoe hoger de kruipruimte hoe lager de kosten voor graafwerkzaamheden zullen zijn. Een reeds aanwezige kelder zal nog minder graafwerkzaamheden vereisen. De kosten voor de graafwerkzaamheden lopen gemiddeld op met ongeveer 10% per 10cm uitgegraven grond.

4. *Aanbrengen van kelder (onbenoemde ruimte)*
Indien graafwerkzaamheden t.b.v. het funderingsherstel uitgevoerd worden, kunnen bewoners ervoor kiezen om het graven diep genoeg uit te laten voeren zodat een kelderverdieping ontstaat. De extra werkzaamheden en voorzieningen die hiermee gepaard gaan (graven, pompen, waterdicht maken) zullen de kosten doen stijgen. Ook is het mogelijk om de kelderverdieping tot verblijfsruimte te benoemen. Hiervoor zullen echter ventilatie en daglichtvoorzieningen voor getroffen moeten worden. De kosten kunnen hierdoor oplopen tot ca 130 % van de totale kosten.
5. *Vorm plattegrond, aanwezigheid van aanbouwen*
Hoe rechthoekiger de plattegrond hoe eenvoudiger de werkzaamheden voor funderingsherstel.
6. *Afmetingen woning*
Indien men kiest voor de methode met voorgespannen betonbalken en de diepte van een woning bedraagt meer dan 10 meter, zullen extra voorzieningen getroffen moeten worden om de overspanning te kunnen maken.
7. *Diepte draagkrachtige laag*
Hoe dieper de draagkrachtige laag gelegen is, hoe langer de benodigde palen zullen zijn. Stalen buispalen worden segment voor segment aan elkaar gekoppeld en men zal dus vaker moeten lassen of schroeven om dieper te kunnen komen.
8. *Verkeerssituatie en ruimte*
Een drukke verkeerssituatie zal het tempo van de werkzaamheden doen vertragen. Indien er geen keet in de buurt geplaatst kan worden, zal de productiviteit afnemen, wat kostenverhogend werkt.
9. *Omleggen van leidingen*
Indien aan de straatzijde werkzaamheden verricht moeten worden, is de kans groot dat leidingen omgelegd moeten worden. Hiervoor is een externe partij (nutsbedrijf) voor verantwoordelijk. Naast het feit dat dit geld kost, kan dit ook voor vertraging zorgen.
10. *Aanvullende eisen bewoners*
Een groot deel van de kosten zullen ook bepaald worden door overlastbeperkende maatregelen en wensen t.a.v. de indeling van de woning.

5.2 Herinrichtingskosten

Indien gekozen wordt voor een techniek waarbij de begane grondvloer eruit gehaald wordt, zal de gehele begane grondvloer ontruimd moeten worden. Te denken valt hierbij aan keuken en wc. Na het storten van de nieuwe vloer zullen extra kosten ontstaan voor het in oude staat terugbrengen van begane grondvloer: het opnieuw plaatsen en aansluiten van de keuken en het toilet en de afwerking ter plaatse van de aansluiting van de tussenwanden. Deze bijkomende kosten kunnen flink oplopen en moeten niet onderschat worden.

Ook indien van binnen uit palen door de muur gedrukt moeten worden, zullen herinrichtingskosten gemaakt moeten worden om de muren in oude staat te brengen.

6 Gebruik van materieel tijdens de uitvoering

Graven

Voor alle technieken (uitgezonderd palen vanuit de muur) geldt dat grond afgraven moet worden. Bij paalkopverlaging kan het voorkomen dat het graven met de hand uitgevoerd kan worden. Bij de overige methoden zijn verschillende graafmachines ontwikkeld waarbij de kleinste variant door een normale deur van 90 cm breed past. Indien er van buiten de woning gegraven wordt, kunnen grotere graafmachines ingezet worden. Het voordeel hiervan is dat de graafwerkzaamheden sneller verlopen.

Zagen van sleuven en boren door vloer

Bij het drukken van palen vanuit de muur zullen sleuven in de muur gezaagd moeten worden. Tevens wordt een gat in de muur naar de fundering geboord.

Plaatsen van palen

Palen kunnen geheid, getrild of gedrukt worden. De grootte van het materieel en de mate van overlast hangt af van de gekozen funderingsmethode. Het plaatsen van palen binnen de woning kan uitgevoerd worden met kleine machines die door een deuropening van 90cm breed passen. Voorwaarde voor plaatsen van palen vanuit de kelder of kruipruimte is dat er een minimale hoogte van 180 cm aanwezig dient te zijn. Indien van buiten de woning palen geplaatst worden, kan gekozen worden voor langere palen. Het voordeel hiervan is dat het proces veel sneller verloopt doordat er geen segmenten aan elkaar gekoppeld hoeven te worden. Nadeel is echter dat een grotere machine meer plaats nodig heeft en vaak voor meer trillings- en geluidsoverlast zorgt.



Foto 3: afmetingen materieel voor binnenwerkzaamheden

Bron:geofix



Foto 4: opstelling voor het plaatsen van palen

Bron: Goorbergh

7 Risico's van de verschillende methodes

7.1 Algemene risico's

De volgende situaties vormen een verhoogd risico bij funderingsherstel van woningblokken (valkuilen):

- niet alle bewoners van het woningblok gaan over tot funderingsherstel.
- er worden verschillende methoden/technieken toegepast bij hetzelfde woonblok.
- er worden verschillende aannemers in de arm genomen.
- de woning wordt na funderingsherstel recht gevijzeld

Indien de fundering van het woningblok niet als één geheel hersteld wordt, zullen er ongelijke nazakkingen plaatsvinden met grote gevolgen voor schade aan de gevels. Ook indien de ene woning wel kiest voor een kelder en de ander niet, zullen extra maatregelen getroffen moeten worden om ongelijke nazakkingen te voorkomen.

Indien het funderingsherstel door verschillende aannemers uitgevoerd wordt, kunnen de verschillen in aanpak en planning voor extra risico's zorgen. Daarnaast is het uit praktisch en financieel oogpunt aan te raden om als eigenaar één aanspreekpunt te hebben.

Het rechtvijselen van woningblokken, dit is door middel van kracht de woning weer recht zetten, gaat niet zonder slag of stoot en is zeker niet altijd aan te raden. Door het vijselen ontstaan spanningen in sponningen en is het risico op glasschade aan ruiten aanzienlijk.

7.2 Paalkopverlaging (A)

Paalkopverlaging brengt de volgende risico's met zich mee:

- graafwerkzaamheden
- er wordt geen nieuw draagvermogen toegevoegd
- aantasting van de palen moet beperkt zijn tot kop

Graafwerkzaamheden zijn per definitie risicovol omdat de fundering verzwakt is en tijdens het graven bloot komt te liggen. Zettingen door graafwerkzaamheden kunnen haast niet voorkomen worden. Als een aantal naast elkaar staande houten palen voor een deel zijn weggerot moet men uiterst voorzichtig afgraven en eerst een paal herstellen voordat men verder graaft.

Daarnaast ligt het risico van paalkopverlaging in het feit dat men de bestaande situatie slechts stabiliseert. Er wordt geen nieuw draagvermogen toegevoegd. Zeker in stedelijke bebouwing komt het voor dat in de loop der tijd behoorlijk wat belasting is toegevoegd in de vorm van betonnen vloeren en dakopbouwen. Indien de bestaande fundering hersteld wordt met paalkopverlaging, zal het risico blijven bestaan dat de oorspronkelijke fundering de toegenomen belasting niet aan kan.

Ook komt het regelmatig in de praktijk voor dat alleen paalkopverlaging niet voldoende is en dat plaatselijk alsnog overgegaan wordt tot het plaatsen van nieuwe palen.

Tot slot moet men er zeker van zijn dat de oorzaak van de houtaantasting (tijdelijk) droogstand is geweest, dat palen uit vurenhout bestaan en dat de fundering niet op kleef is geheid. Alleen bij die voorwaarden is de aantasting beperkt tot de kop van de paal.

7.3 **Tafelconstructie(B)**

Het plaatsen van een nieuwe fundering is een meer ingrijpende oplossing dan paalkopverlaging. Daar staat tegenover dat de risico's een stuk kleiner zijn aangezien volgens de huidige regelgeving een nieuwe fundering wordt aangebracht, waarbij het draagvermogen is aangepast op de huidige belasting. Indien wederom droogstand optreedt, zal dit geen probleem veroorzaken voor het draagvermogen, aangezien de nieuwe stalen buispalen bestand zijn tegen droge en natte omstandigheden.

De risico's die dit type funderingsherstel met zich meebrengt, zijn:

- graafwerkzaamheden
- een lekke kelder

Ook bij dit type funderingsherstel zullen graafwerkzaamheden uitgevoerd moeten worden die risicovol zijn. Daarnaast dient men er rekening mee te houden dat, indien men een nieuwe kelder aanlegt, de grondwaterstand in de toekomst hoger kan worden waardoor de kelder onder kan stromen.

7.4 **Nieuwe paalfundering met randbalken (C)**

De risico's voor deze variant zijn te vergelijken met de risico's voor een tafelconstructie.

7.5 **Nieuwe paalfundering vanuit de muur gedrukt (D)**

Het voordeel van deze techniek is dat er geen graafwerkzaamheden uitgevoerd hoeven worden. Er is echter een aantal andere risico's die deze techniek met zich meebrengt:

- palen worden niet rondom gelast
- funderingsmetselwerk blijkt niet draagkrachtig genoeg
- men stuit op de oude palen

De stalen buispalen worden in segmenten aan elkaar gekoppeld. Dit kan door middel van schroeven, lassen of een trompverbinding. Indien voor lassen gekozen wordt, dient er voldoende toezicht gehouden te worden dat de palen rondom gelast worden. Door de vaak krappe ruimte is het moeilijk om aan de achterkant van de paal te komen. Indien de buispalen aan slechts één kant gelast worden zal de paal niet voldoende buigstijf zijn met als risico dat de palen zullen bezwijken ten gevolge van knik.

Voor het plaatsen van de palen leent de opstelling haar kracht uit de bestaande fundering. De meest veilige manier hiervoor is de funderingsbalk die zich onder het metselwerk bevindt. Bij woningen die gebouwd zijn vóór 1930 ontbreekt vaak een betonnen funderingsbalk. Indien de kracht uit het metselwerk ontleend moet worden, dient eerst nagegaan te worden of het metselwerk voldoende sterkte en samenhang heeft, om te voorkomen dat het metselwerk bezwijkt.

Bij het plaatsen van de palen kan het voorkomen dat men op de oorspronkelijke funderingspaal stuit. Dit risico is alleen van toepassing indien de oorspronkelijke fundering uit schoorpalen bestaat. Dit zijn palen die diagonaal in de grond zijn gebracht.

8 Overlast voor de bewoners

Overlast voor bewoners en/of burens is in verschillende vormen aanwezig:

- tijdsduur
- buiten gebruik van woning
- geluid en trillingen
- vuil
- invloed op tuin/bestrating
- omleggen van leidingen

De mate van overlast wordt bepaald door het project met haar technische randvoorwaarden en door de eisen en wensen van de bewoners.

8.1 Tijdsduur

In de volgende tabel is weergegeven wat de (door)looptijd is van de verschillende funderingstechnieken en –methoden bij een gemiddelde woning van een woonblok.

Tabel 2: tijdsduur bij verschillende funderingsherstelmethoden

Methode	Tijdsduur
Paalkopverlaging (vanuit begane grond, A1)	2 maanden
Paalkopverlaging (vanuit kruipruimte/kelder, A2)	1-2 maanden
Tafelconstructie (vanuit begane grond, B1)	3 maanden
Tafelconstructie (vanuit kruipruimte/kelder, B2)	2-3 maanden
Randbalken, voorspanbalken (C1)	2 maanden
Randbalken, balkenrooster(C2)	3 maanden
Palen door de muur (vanuit begane grond / binnen, D1)	1 maand
Palen door muur (vanuit kruipruimte of buiten, D2)	1 maand

Hierbij moet de aantekening gemaakt worden dat het project en de eisen en wensen van de bewoners/eigenaren grote invloed kunnen uitoefenen op de doorlooptijd. Naast de keuze voor het type funderingsherstel zijn nog enkele andere factoren die de tijdsduur beïnvloeden:

1. *Grootte funderingsoppervlak*
Hoe groter het woonblok hoe grootschaliger de werkzaamheden
2. *Infrastructuur en vrije ruimte*
Indien er niet genoeg plaats is voor het plaatsen van keetwagens, machines, voorzieningen, uitgegraven grond en er grote verkeersdrukte is, zal dit de tijdsduur doen toenemen.
3. *Diepte af te graven grond*
Hoe dieper men zal moeten afgraven (wel/geen kelder) hoe langer de werkzaamheden zullen duren.
4. *Herinrichting*
Indien de begane grondvloer wordt verwijderd, zal na funderingsherstel een periode aanbreken waarbij de woning terug in oude staat gebracht moet worden.

8.2 Woning buiten gebruik

Afhankelijk van de keuze voor de methode voor funderingsherstel hoeven de bewoners wel of niet hun woning tijdelijk te verlaten.

Tabel 3: woning buiten gebruik bij verschillende funderingsherstelmethoden

methode	Woning buiten gebruik
Paalkopverlaging (vanuit begane grond, A1)	ja
Paalkopverlaging (vanuit kruipruimte/kelder, A2)	nee
Tafelconstructie (vanuit begane grond, B1)	ja
Tafelconstructie (vanuit kruipruimte/kelder, B2)	nee
Randbalken, voorspanbalken (C1)	nee
Randbalken, balkenrooster(C2)	nee
Palen door de muur (vanuit begane grond / binnen, D1)	Deels
Palen door muur (vanuit kruipruimte of buiten, D2)	nee

Aspecten die van invloed zijn op het wel of niet moeten verlaten van de woning zijn:

1. *Aanwezigheid kruipruimte*
Indien geen kruipruimte aanwezig is, zal in veel gevallen de begane grondvloer verwijderd moeten worden.
2. *Hoogte en bereikbaarheid kruipruimte*
Zowel voor een vrijstaande woning als voor een woningblok kan gekozen worden om de herstelwerkzaamheden van buiten af uit te voeren. Er wordt een toegang gegraven vanuit de tuin tot aan de kruipruimte, welke vervolgens uitgegraven wordt. (Zie foto 5). Hierdoor kunnen de palen gemakkelijk bereikt worden en hoeft de begane grondvloer niet verwijderd te worden. Indien de kruipruimte alleen van binnenuit bereikbaar is en onvoldoende vrije hoogte heeft zal in de meeste gevallen de begane grondvloer verwijderd moeten worden.
3. *Woonblok*
Indien bij een woonblok gekozen wordt voor funderingsherstel met behulp van voorgespannen balken of balkenroosters, kan men ervoor kiezen om de balken zo te plaatsen dat de overlast wordt beperkt tot ca. de helft van de woningen. De balken worden slechts om de woning geplaatst. *Zie tekening 5.*
Dit kan ook toegepast worden voor de methode waarbij palen vanuit de muur gedrukt worden.



Foto 5: aanbrengen van hellingsbaan voor toegang materieel (Bron: hoogwerff)

8.3 Geluid en trillingen

8.3.1 Trillingen

Indien er geen nieuwe palen geplaatst hoeven te worden, zoals bij funderingsverlaging, zal er geen trillingshinder ontstaan door heien. Bij de overige technieken is de hoeveelheid trillingsoverlast afhankelijk van de hoeveelheid palen en de diameter van de paal. Hoe groter de diameter, hoe heviger de trillingen. Voor funderingsherstel met voorspanbalken zijn bijvoorbeeld weinig palen nodig, echter dit zijn vaak forse palen. Heien veroorzaakt de meeste overlast. Veel funderingswerk wordt daarom trillingsarm of trillingsvrij uitgevoerd (trillen of drukken). Dit geeft veel minder trillingsoverlast, maar er zullen altijd trillingen ontstaan wanneer de paal de draagkrachtige zandlaag bereikt. Tot slot is de hoeveelheid trillingsoverlast afhankelijk van het gebruikte materieel.

Tabel 4: trillingshinder bij verschillende funderingsherstelmethoden

Methoden	trillingshinder
Paalkopverlaging (vanuit begane grond, A1)	Vrijwel geen
Paalkopverlaging (vanuit kruipruimte/kelder, A2)	Vrijwel geen
Tafelconstructie (vanuit begane grond, B1)	Veel
Tafelconstructie (vanuit kruipruimte/kelder, B2)	Veel
Randbalken, voorspanbalken (C1)	Zeer veel
Randbalken, balkenrooster (C2)	Zeer veel
Palen door de muur (vanuit begane grond / binnen, D1)	Vrijwel geen
Palen door muur (vanuit kruipruimte of buiten, D2)	Vrijwel geen

8.3.2 Geluid

Paalkopverlaging heeft verreweg de minste geluidsoverlast omdat enkele de paalkoppen afgezaagd moeten worden. Bij palen vanuit de muur gedrukt zal vooral het zagen van de vele sleuven in de muur de meeste geluidsoverlast veroorzaken.

Tabel 5: geluidshinder bij verschillende funderingsherstelmethoden

Methoden	geluidshinder
Paalkopverlaging (vanuit begane grond, A1)	Vrijwel geen
Paalkopverlaging (vanuit kruipruimte/kelder, A2)	Vrijwel geen
Tafelconstructie (vanuit begane grond, B1)	Zeer veel
Tafelconstructie (vanuit kruipruimte/kelder, B2)	Veel
Randbalken, voorspanbalken (C1)	Veel
Randbalken, balkenrooster (C2)	Veel
Palen door de muur (vanuit begane grond / binnen, D1)	Veel
Palen door muur (vanuit kruipruimte of buiten, D2)	Veel

8.4 Vuil en beschadigingen binnen in de woning

De mate van vuil en beschadigingen is afhankelijk van de noodzaak om van binnenuit te moeten werken. Indien de werkzaamheden uitsluitend buiten het woongedeelte plaatsvinden, zal er minder overlast binnen zijn.

Indien men kiest voor een tafelconstructie en de kruipruimte onvoldoende hoog is en men niet van buiten af kan afgraven, zal de begane grondvloer opengebroken dienen te worden. Dit heeft tot gevolg dat de volledige ruimte gestript dient te worden (ook keukens en dergelijke). De woning zal gedurende de gehele herstelperiode niet betreden kunnen worden.

Naast het feit dat het materieel zeer compact en klein is, zal er altijd schade ontstaan aan deurposten en wanden.

Bij het drukken van palen vanuit de muren, wordt geen vloer verwijderd en zal de woning betreedbaar blijven. Alle muren dienen echter gestript te worden en de vloerafwerking dient voor 1,20m van de wand verwijderd te worden. Het zagen van de sleuven brengt een hoeveelheid stof met zich mee.

Tabel 6: vuil en beschadigingen bij verschillende funderingsherstelmethoden

Methode	Kans op vuil en beschadigingen (binnen)
Paalkopverlaging (vanuit begane grond, A1)	Zeer groot
Paalkopverlaging (vanuit kruipruimte/kelder, A2)	Nihil
Tafelconstructie (vanuit begane grond, B1)	Zeer groot
Tafelconstructie (vanuit kruipruimte/kelder, B2)	Nihil
Randbalken, voorspanbalken (C1)	Nihil
Randbalken, balkenrooster (C2)	Redelijk tot groot
Palen door de muur (vanuit begane grond / binnen, D1)	Groot
Palen door muur (vanuit kruipruimte of buiten, D2)	Nihil tot redelijk

8.5 Invloed op tuin en bestrating

Tabel 7: invloed op tuin en bestrating bij verschillende funderingsherstelmethoden

Methode	Invloed tuin/bestrating
Paalkopverlaging (vanuit begane grond, A1)	Beperkt
Paalkopverlaging (vanuit kruipruimte/kelder, A2)	Groot
Tafelconstructie (vanuit begane grond, B1)	Beperkt
Tafelconstructie (vanuit kruipruimte/kelder, B2)	Groot
Randbalken, voorspanbalken (C1)	Zeer groot
Randbalken, balkenrooster (C2)	Zeer groot
Palen door de muur (vanuit begane grond / binnen, D1)	Nihil
Palen door muur (vanuit kruipruimte of buiten, D2)	Redelijk

De invloed op de tuin en bestrating is afhankelijk van:

Hoeveelheid af te graven grond (en opslag ervan)

De afgegraven grond dient tijdelijk in de tuin opgeslagen te worden. Het terrein wordt na de werkzaamheden vlak opgeleverd. Het terugbrengen in oude staat is voor rekening van de bewoner of in overleg.

Binnen- of buiten werkzaamheden wat betreft het graven en het heien.

Indien van buiten het woningblok naar de kruipruimte toe gegraven wordt, worden vaak grotere machines gebruikt, dan wanneer men in het woningblok de begane grondvloer verwijderd en met kleine graafmachines de grond uitgraaft.



Foto6: Invloed op tuin en bestrating (Bron: Briso)

9 Samenvattende tabel

funderingsmethode	risico's	kosten t.b.v. funderingsherstel	kosten t.b.v. herinrichting	tijdsduur	geluidsoverlast	trillingsoverlast	invloed tuin/bestrating	woning buiten gebruik	vuil en beschadigingen binnen
paalkopverlaging (vanuit begane grond, A1)	--	++	--	0	++	++	+	--	--
paalkopverlaging (vanuit kruipruimte/kelder, A2)	--	++	+	+	++	++	-	+	++
tafelconstructie (vanuit begane grond, B1)	++	--	--	--	--	-	+	--	--
tafelconstructie (vanuit kruipruimte/kelder, B2)	++	-	+	-	-	-	-	++	++
randbalken, voorspanbalken C1	+	0	-	0	-	--	--	++	++
randbalken balkenrooster C2	+	-	-	--	-	--	--	++	-
palen door muur (vanuit begane grond / binnen, D1)	0	+	-	++	-	++	++	-	-
palen door muur (vanuit kruipruimte of buiten, D2)	0	+	0	++	-	++	0	++	+

legenda

- + gunstig voor bewoner t.o.v. 0
- ongunstig voor bewoner t.o.v. 0

10 Algemene opmerkingen en aanvullingen

10.1 Vervuilde grond

Bij veel technieken (A, B en C) zal grond afgegraven moeten worden. Deze grond kan in het geval van paalkopverlaging teruggebracht worden onder de woning, maar in de andere gevallen zal in meer of mindere mate grond afgevoerd moeten worden. Indien de grond vervuild blijkt te zijn, zal dit afvoeren een enorme verhoging op de kosten tot gevolg hebben.

10.2 Gemeentegrond

Indien men een nieuwe fundering buiten de bestaande fundering wil plaatsen, zoals bij de methode met randbalken en balkenroosters, kan het voorkomen dat men op gemeentelijke grond moet 'bouwen'. Sommige gemeenten staan dit echter niet toe. Dit is vaak het geval bij woningen die dicht aan het trottoir grenzen, waardoor riolering, kabels en leidingen omgelegd moeten worden. Indien wel toestemming wordt verleend, zal er vaak een financiële regeling getroffen moeten worden voor het gebruik van de grond.

10.3 Omleggen van leidingen

Indien er werkzaamheden zijn vlak voor de voorgevel, moet men rekening houden met het omleggen van verschillende leidingen ten behoeve van nutsvoorzieningen. Het omleggen wordt uitgevoerd door het nutsbedrijf. Hier zijn kosten aan verbonden en kan de tijdsduur van het gehele funderingshersteltraject doen verlengen.

11 Geconstateerde hiaten naar aanleiding van gevoerde gesprekken en geconstateerde problemen

11.1 Ontbreken van kengetallen

Er zijn geen tot weinig kengetallen bekend over

- kosten
- tijdsduur
- overlast

De verwerkte informatie in het rapport is veelal mondeling verkregen van de aanbiedende kant.

11.2 Proces van monitoren

Er is weinig bekend over de mate van nazakkingen, nadat funderingsherstel is gepleegd. Het komt nauwelijks voor dat er nazorg wordt aangeboden/aangenomen om zakkingen in de tijd te monitoren.

In het algemeen wordt geadviseerd om met cascoherstel en reparatie van scheuren te wachten tot zes maanden na de oplevering van funderingsherstel. De fundering heeft dan zijn 'zetting' gevonden.

11.3 Herinrichting

De kosten en overlast die het gevolg zijn van herinrichting na funderingsherstel worden onderschat.

11.4 Vooronderzoek in relatie tot herstel en levensduur

Er is een protocol voor het uitvoeren van vooronderzoek. Er is echter geen uniformiteit in de interpretatie van de resultaten en de vertaling hiervan naar de restlevensduur van de fundering. De gestelde restlevensduur is hierdoor sterk afhankelijk van diegene die het vooronderzoek uitvoert en diens ervaring.

12 Geraadpleegde bronnen

12.1 Lijst van informanten

De heer A. van Wensen	Belangenvereniging Funderingsproblematiek.
De heer C. Smit jr.	C.J. Smit & Zn. Bv
De heer F. van Dijk	Van Dijk Maasland
De heer H.R. Schipper	Ingenieursbureau Concretio

12.2 Literatuurlijst

Algemeen:

www.platformfundering.nl

publicaties:

- De fundering onder uw woning
- Funderingsherstelmethoden
- Een funderingsherstelplan, maar hoe nu verder?
- Lekke kelder?
- Omleggen kabels en leidingen voor funderingsherstel

Sites van bedrijven:

www.brefu.nl

www.bresser-vantwout.nl

www.briso.nl

www.bzf.nl

www.cjsmitenzonen.nl

www.dewaalpaal.nl

www.forteck.nl

www.franki-grondtechnieken.nl

www.geofix.nl

www.hooghwerff.nl

www.funderingstechnieknoord.nl

www.goorbergh.nl

www.tennapel.nl

www.snoekheiwerven.nl

www.vroom.nl

www.vandijkmaasland.nl

www.vermeulenhewerken.nl

www.walinco.nl