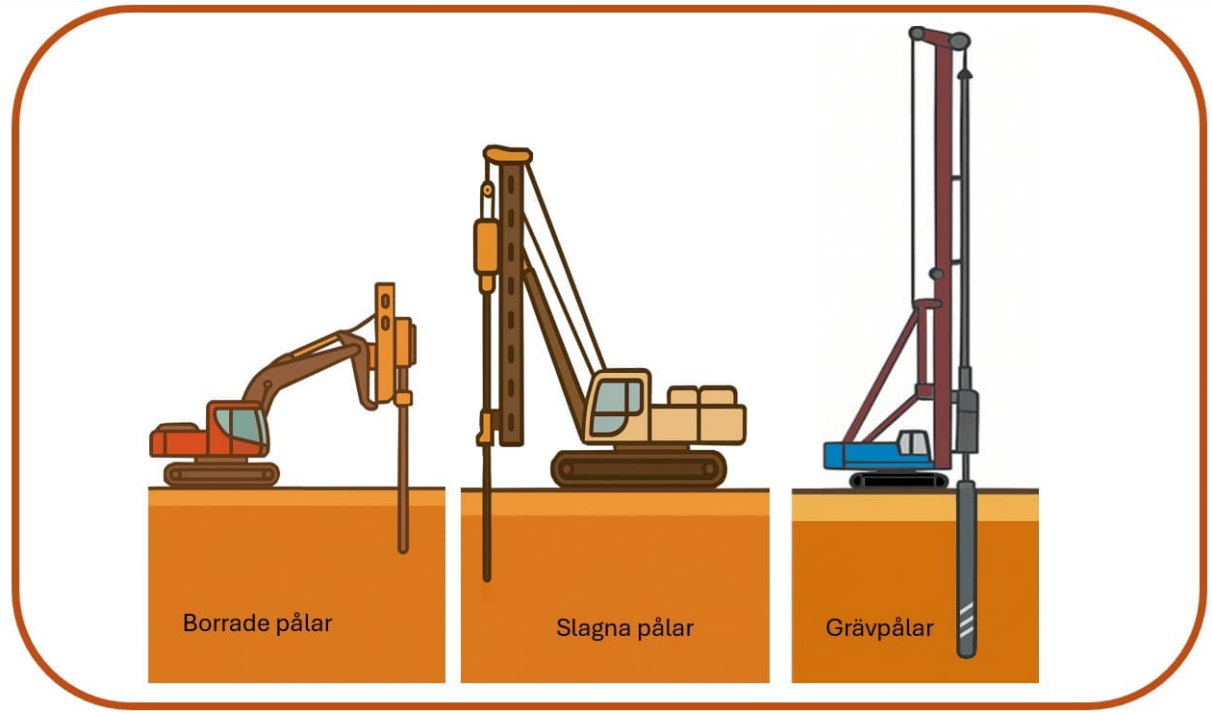


PÅLHANDBOKEN

KAPITEL 1, INLEDNING



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	**Inledning**	**5**
1.1	**Bakgrund till projekt Pålhandboken**	**5**
1.1.1	Bakgrund och syfte	5
1.1.2	Projektets organisation	8
1.1.3	Författare	9
1.2	**Pålhandbokens innehåll**	**11**
1.2.1	Tillämpning	11
1.2.2	Innehåll	12
1.2.3	Normsystem	18
1.3	**Definitioner och begrepp (vakant)**	**24**
1.4	**Grundkonstruktioner med pålar**	**24**
1.4.1	När används grundkonstruktioner med pålar?	24
1.4.2	Svenska geologiska förutsättningar	25
1.4.3	Svensk pålningshistorik	27
1.4.4	Pålstatistik	30
1.5	**Påltyper som behandlas i handboken**	**32**
1.5.1	Allmänt	32
1.5.2	Prefabricerade betongpålar	33
1.5.3	Träpålar	34
1.5.4	Kombinationspåle trä + betong	35
1.5.5	Slagna stålrörspålar	36
1.5.6	Borrade slanka stålrörspålar	39
1.5.7	Borrade grova stålrörspålar	39
1.5.8	Kombinationspålar av stål och betong	40
1.5.9	Stålkärnepålar	40
1.5.10	Borrade injekterade pålar	41
1.5.11	Grävpålar	42
1.6	**Framtida uppdateringar av Pålhandboken**	**44**
1.7	**Referenser**	**46**

Bilaga 1A Definitioner och begrepp (vakant)

1 INLEDNING

1.1 BAKGRUND TILL PROJEKT PÅLHANDBOKEN

1.1.1 Bakgrund och syfte

Under de senaste 50 åren har ett stort antal svenska handböcker och normskrifter tagits fram om pålningsteknik. Även om de flesta dokumenten håller mycket hög kvalitet har den samlade kunskapen varit spridd på så pass många olika dokument, med korshänvisningar mellan dokumenten, att det varit svårt att överblicka. Tillämpningen av den samlade svenska pålkunskapen har därmed inte varit så effektiv som den skulle kunna vara. Pålkommissionen genomförde därför under 2016 – 2018 en förstudie för att utreda möjligheten att samla och uppdatera redan framtagen svensk pålkunskap i ett dokument.

Förstudien resulterade i följande slutsatser och förslag:

- De flesta tillfrågade i branschen var positiva till projektförslaget och såg ett stort värde i att samla och strukturera den svenska pålkunskapen i en Pålhandbok.
- Den viktigaste målgruppen för Pålhandboken är de yrkesgrupper som arbetar aktivt vid genomförande av ett pålningsprojekt dvs. geotekniker, geokonstruktörer och grundläggningsentreprenörer. En annan viktig målgrupp för Pålhandboken är byggnadskonstruktörer då dessa har en nyckelroll när det gäller grundläggning av byggnader utanför infrastrukturområdet samt projekt- och byggledare då dessa har en viktig roll för att styra förutsättningarna för genomförandet av pålningsprojekt.
- Pålhandboken blir ett kunskapsdokument och ett hjälpmedel för projektörer, konstruktörer och beställare vid genomförande av pålningsprojekt och inte en normerande standard eller ett upphandlingsdokument.
- Pålhandboken ska publiceras digitalt på Pålkommissionens hemsida.
- Pålkommissionen är ansvarig för fortlöpande uppdateringar varför handboken kan göras normberoende dvs. innehålla aktuell information från gällande normer.

Under 2020 – 2026 utfördes projekt Pålhandboken i Pålkommissionens regi. Syftet med projektet har varit att systematiskt gå igenom befintlig litteratur samt uppdatera och samla dokumentationen i en ny handbok om pålning. Handboken baseras på följande skrifter:

- Handboken Pålgrundläggning (Olsson och Holm, 1993).
- Pålkommissionen, Meddelande 17, Bergdubbens hållfasthet - Resultat av statiska belastningsförsök (Pålkommissionen, 1970).
- Pålkommissionen, Rapport 54 - Pålgrupper med sidomotstånd och inspänning (Pålkommissionen, 1983).
- Pålkommissionen, Rapport 58 – Grävpåleanvisningar, Dimensionering, utförande och kontroll av grävda, i jorden gjutna pålar (Pålkommissionen, 1979a).
- Pålkommissionen, Rapport 59 - Anvisningar för provpålning med efterföljande provbelastning (Pålkommissionen, 1980).
- Pålkommissionen, Rapport 60 - Negativ mantelfriktion längs pålar (Pålkommissionen, 1979b).
- Pålkommissionen, Rapport 77 - Grävpålar i friktionsjord, Anvisningar för dynamisk förbelastning (Pålkommissionen, 1985).

- Pålkommissionen, Rapport 79 – Expanderkroppar, Anvisningar för dimensionering, utförande och kontroll (Pålkommissionen 1988).
- Pålkommissionen, Rapport 81 - Systempålar. Stödpålar av höghållfasta, korrosionsskyddade stålrör, slagna med lätta höghastighetshejare, Anvisningar för beräkning av dimensionerande bärförmåga (Pålkommissionen, 1989).
- Pålkommissionen, Supplement nr 1 till rapport 81 - Systempålar, Stödpålar av höghållfasta, korrosionsskyddade stålrör, slagna med lätta höghastighetshejare, Anvisningar för beräkning av dimensionerande bärförmåga. (Pålkommissionen, 2011c).
- Pålkommissionen, Rapport 82 - β-metoden vid pålberäkning, en förstudie. Författare: Claes Alén, Mats Jansson, Hans Lindgren, Lars Olsson och Jan Romell. (Pålkommissionen, 1990a).
- Pålkommissionen, Rapport 83 - Beräkning av pålars last-rörelsesamband med utgångspunkt från sonderingsdata. Författare: Håkan Bredenberg och Staffan Hintze. (Pålkommissionen, 1990b).
- Pålkommissionen, Rapport 84a - Beräkning av dimensionerande lastkapacitet för slagna pålar m.h.t. pålmaterial och omgivande jord (Pålkommissionen, 1995).
- Pålkommissionen, Rapport 84a - Supplement nr 1 till rapport 84a - Beräkning av dimensionerande lastkapacitet för slagna pålar medhänsyn till pålmaterial och omgivande jord (Pålkommissionen, 2011d).
- Pålkommissionen, Rapport 86 - Friktionspålars bärförmåga och last/förskjutningssamband, En jämförelse mellan olika beräkningsmetoder och statisk och dynamisk provbelastning (Pålkommissionen, 1991a).
- Pålkommissionen, Rapport 87 - Bro C339 över Ekolsundsviken, Grundläggning på stålrörspålar, Konstruktion och arbetsutförande (Pålkommissionen, 1991b).
- Pålkommissionen, Rapport 88 - Sprickbildning i betongpålar slagna i vatten eller i jordarter med hög permeabilitet (Pålkommissionen, 1992a).
- Pålkommissionen, Rapport 89 - Integritetskontroll av pålar med stötvågsmätning (Pålkommissionen, 1992b).
- Pålkommissionen, Rapport 90 - Grova stålrörspålar – anvisningar för dimensionering, utförande och kontroll (Pålkommissionen, 1993a).
- Pålkommissionen, Rapport 91 - Friktionspålar- bärförmågans tillväxt med tiden (Pålkommissionen,1994a).
- Pålkommissionen, Rapport 92 - Datorsimulering av pålslagning (Pålkommissionen, 1993b).
- Pålkommissionen, Rapport 93 - Korrosion och korrosionsskydd av stålpålar och stålspont i jord och vatten (Pålkommissionen,1994b).
- Pålkommissionen, Rapport 94 - Standardpålar av betong - lastkapacitet och geoteknisk bärförmåga (Pålkommissionen, 1996).
- Pålkommissionen, Rapport 95 - Omgivningspåverkan vid pål- och spontslagning (Pålkommissionen, 1997).
- Pålkommissionen, Rapport 96:1 - Dimensioneringsprinciper för pålar, Lastkapacitet (Pålkommissionen, 1998).
- Pålkommissionen, Supplement nr 1 till rapport 96:1 - Dimensioneringsprinciper för pålar, Lastkapacitet (Pålkommissionen, 2003).

- Pålkommissionen, Supplement nr 2 till Pålkommissionen rapport 96:1, Bilaga 1 – Beräkning - Pålelement betongpåle SP2 (Pålkommissionen 2011a).
- Pålkommissionen, Supplement nr 2 till Pålkommissionen rapport 96:1, Bilaga 2 – Beräkning Stålrörspåle ϕ114,3x6,3 med stål SS-EN 10219 S420J2H. (Pålkommissionen 2011b).
- Pålkommissionen, Rapport 97 – Stålkärnepålar, Anvisningar för projektering, dimensionering, utförande och kontroll (Pålkommissionen, 2000a).
- Pålkommissionen, Rapport 98 - Dimensioneringsanvisningar för slagna, slanka stålpålar (Pålkommissionen 2000b).
- Pålkommissionen, Rapport 99 - Vibratorers användningsmöjligheter vid drivning av pålar och spont (Pålkommissionen, 2000c).
- Pålkommissionen, Rapport 100 - Kohesionspålar (Pålkommissionen, 2004a).
- Pålkommissionen, Supplement nr 1 till rapport 100, Kohesionspålar (Pålkommissionen, 2015a).
- Pålkommissionen, Rapport 101 - Transversalbelastade pålar - statiskt verkningssätt och dimensioneringsanvisningar (Pålkommissionen, 2006).
- Pålkommissionen, Supplement nr 1 till rapport 101, Transversalbelastade pålar – statiskt verkningssätt och dimensioneringsanvisningar (Pålkommissionen, 2016)
- Pålkommissionen, Rapport 102 - Injekterade pålar (Pålkommissionen 2004b).
- Pålkommissionen, Rapport 103 - Slagna friktionspålar (Pålkommissionen, 2007a).
- Pålkommissionen, Rapport 104 - Borrade stålrörspålar, Anvisningar för projektering, dimensionering, utförande och kontroll (Pålkommissionen, 2010).
- Pålkommissionen, Rapport 105 - Stålrörspålars beständighet mot korrosion i jord, En sammanställning av kunskaper och erfarenheter (Pålkommissionen, 2009).
- Pålkommissionen, Rapport 106 - Verifiering av geoteknisk bärförmåga för pålar enligt Eurokod, Praktiska råd och rekommendationer vid projektering och kontroll (Pålkommissionen, 2014).
- Pålkommissionen, Rapport 108 – Samverkanspålar av stål & betong (Pålkommissionen, 2024).
- Pålkommissionen, Information 2007:1 – Pålgrundläggning, Grundinformation för projektörer (Pålkommissionen, 2007b).
- Pålkommissionen, Teknisk PM 1:2008 – Utredning av dimensioneringsprinciper för bergskor och skarvar till pålar (Pålkommissionen, 2008).
- Pålkommissionen, Teknisk PM 1:2012 - Accelererande hejare, En studie av effektiviteten utvärderad från stötvågsmätningar *(*Pålkommissionen, 2012).
- Pålkommissionen, Teknisk PM 4:2015 - Korrosion av stålkonstruktioner med lång förväntad livslängd – nulägessammanställning (Pålkommissionen, 2015b).
- Pålkommissionen, Teknisk PM 2:2018 - Rekommendationer för svetsning. (Pålkommissionen, 2018).
- Pålkommissionen, Teknisk PM 1:2020 - Islaster mot pålar. (Pålkommissionen, 2020).

Som underlag för arbetet har även använts de europastandarder och svenska föreskrifter och upphandlingsdokument som beskrivs i avsnitt 1.2.3.

Övrig litteratur som legat till grund för arbetet är olika PM, Pålmeddeladen och Infoskrifter samt kursmaterial som tagits fram i Pålkommissionens regi, samt litteratur som framgår av respektive kapitels referenslista.

1.1.2 Projektets organisation

Projekt Pålhandboken har genomförts av en organisation enligt nedan:

PROJEKTLEDARE

Gunnar Holmberg, Skanska

STYRGRUPP

- Björn Dehlbom, SGI/Dehlbom Geo (styrgruppens ordförande)
- Olle Båtelsson, Trafikverket
- Gunnar Holmberg, Skanska
- Mariana Sääf Bohman, Scandia Steel
- Tara Wood, Ramböll

ARBETSGRUPP PLANERING OCH PROJEKTERING

- Stefan Aronsson, Liljemark Consulting och Peter Alheid, Hercules (arbetsgruppsansvariga)
- Anna Björklund, Skanska
- Fredrik Clifford, WSP
- Hilda Dahlin Joklint, Tyréns
- Lars Hall, NCC
- Gunnar Holmberg, Skanska

ARBETSGRUPP UPPHANDLING

- Anders Beijer-Lundberg, ELU (arbetsgruppsansvarig)
- Mårten Frumerie, Stockholms stad
- Gunnar Holmberg, Skanska
- Karl-Magnus Krona, Trafikverket
- Anders Palmén, Veidekke

ARBETSGRUPP KONSTRUKTIV DIMENSIONERING

- Tanja Bojovic, ELU (arbetsgruppsansvarig)
- Anna Björklund, Skanska
- Gunnar Holmberg, Skanska
- Victor Karlovskis, Soiltech

ARBETSGRUPP GEOTEKNISK DIMENSIONERING

- Peter Alheid, Hercules (arbetsgruppsansvarig)
- Tanja Bojovic, ELU
- Mattias Grävare, Pålanalys
- Lars Hall, NCC
- Michael Sabattini, PEAB
- Jorge Yannie, NCC

ARBETSGRUPP UTFÖRANDE

- Wilhelm Rankka, SGI och Anders Beijer-Lundberg, ELU (arbetsgruppsansvariga)
- Fredrik Beyer, Fredrik Beyer AB
- Lars Hall, NCC
- Jonatan Isaksson, NCC
- Victor Lundborg, Skanska
- Johnny Norgren, Hercules
- Thomas Torefeldt, Veidekke

Övriga deltagare som gjort insatser under delar av projekttiden är:

- Chiara Cannizzaro, Treeline (arbetsgrupp Upphandling)
- Jacob Engström, Skanska (arbetsgrupp Planering och projektering)
- Thorulf Hamfors, Scandia Steel (styrgrupp)
- Karin Hermansson, NCC (arbetsgrupp Utförande)
- Simon Håkansson, ELU (arbetsgrupp Konstruktiv dimensionering)
- Håkan Karlsson, Skanska (arbetsgrupp Konstruktiv dimensionering)
- Anders Sagemo, Sweco (arbetsgrupp Konstruktiv dimensionering)
- Anders Johansson, Skanska (arbetsgrupp Utförande)
- Patrik Lissel, WSP (arbetsgrupp Utförande)
- Anders Kullingsjö, Skanska (arbetsgrupp Planering och projektering samt Upphandling)
- Mikael Nensén, Skanska (arbetsgrupp Planering och projektering)
- Anders Spåls, Trafikverket (arbetsgrupp Upphandling)
- David Tenenbaum, Norconsult (arbetsgrupp Utförande)

1.1.3 Författare

Författare till olika kapitel av den första versionen av Pålhandboken redovisas nedan.

Kapitel 1 – Inledning

Gunnar Holmberg och Björn Dehlbom.

Kapitel 2, Underlag för projektering

Peter Alheid, Stefan Aronsson, Fredrik Clifford, Hilda Dahlin Joklint och Lars Hall.

Kapitel 3, Projektering

Peter Alheid, Gunnar Holmberg, Fredrik Clifford, Stefan Aronsson och Anna Björklund.

Kapitel 4, Upphandling
Anders Beijer Lundberg, Anders Palmén, Karl-Magnus Krona, Mårten Frumerie och Gunnar Holmberg.

Kapitel 5, Dimensioneringsprinciper:
Tanja Bojovic och Gunnar Holmberg.

Kapitel 6, Konstruktiv dimensionering
Tanja Bojovic, Viktor Karlovskis, Anna Björklund och Gunnar Holmberg.

Kapitel 7, Geoteknisk dimensionering
Peter Alheid, Tanja Bojovic, Mattias Grävare, Michael Sabattini och Lars Hall.

Kapitel 8, Utförande
Victor Lundborg, Wilhelm Rankka, Anders Beijer Lundberg, Thomas Torefeldt, Peter Alheid och Fredrik Beyer.

Kapitel 9, Kontroll och verifiering
Victor Lundborg, Wilhelm Rankka, Anders Beijer Lundberg, Thomas Torefeldt, Peter Alheid och Fredrik Beyer.

Kapitel 10, Omgivningspåverkan
Huvudförfattare är Lars Hall. Medförfattare av avsnitt 10.3 och 10.4 är Jonatan Isaksson och faktagranskare av avsnitt 10.3.4, 10.5 och 10.6 är Patrik Lissel, Karin Hermansson och David Tenenbaum.

Pålhandboken kommer i framtiden även kompletteras med ett ***kapitel 11 – Riskhantering***, se avsnitt 1.6.

Värdefulla synpunkter på respektive kapitel av första versionen av Pålhandboken har erhållits från följande granskare:

Övergripande granskning av samtliga kapitel

Björn Dehlbom, Dehlbom Geo, Gunnar Holmberg, Skanska, Peter Alheid, Hercules, Magnus Karlsson, Trafikverket samt Pålkommissionens styrelse.

Kapitel 2, Underlag för projektering

Håkan Garin, Geoverkstan, Katarina Parck, ELU och Mats Christiansson, Trafikverket.

Kapitel 3, Projektering

Jimmy Andersson, PEAB, Mikael Creütz, WSP och Håkan Eriksson, Geomind.

Kapitel 4, Upphandling
David Wiberg, Hercules, Jesper Niland, FUT, Mikael Selenius, Ischebeck och Göran Domås, Trafikverket.

Kapitel 5, Dimensioneringsprinciper
Gary Axelsson, ELU, Kurt Palmqvist, Trafikverket och Per-Evert Bengtsson, PEB Geo.

Kapitel 6, Konstruktiv dimensionering
Gary Axelsson, ELU, Kurt Palmqvist, Trafikverket och Per-Evert Bengtsson, PEB Geo.

Kapitel 7, Geoteknisk dimensionering
Gary Axelsson, ELU, Leif Jendeby, COWI och Per-Evert Bengtsson, PEB Geo.

Kapitel 8, Utförande
Roger Stark, Besab, Victor Gillholm, Skanska, Mats Gustavsson, Hercules, Markus Pudas, Veidekke, och Mikael Creütz, WSP.

Kapitel 9, Kontroll och verifiering
Johan Olovsson, Besab, Thomas Bjerendal, Pålanalys och Björn Thörnroos, Veidekke.

Kapitel 10, Omgivningspåverkan
Torbjörn Edstam, Skanska, Carl Wersäll, PEAB, Fanny Deckner, Geomind och Kenneth Viking, Trafikverket.

1.2 PÅLHANDBOKENS INNEHÅLL

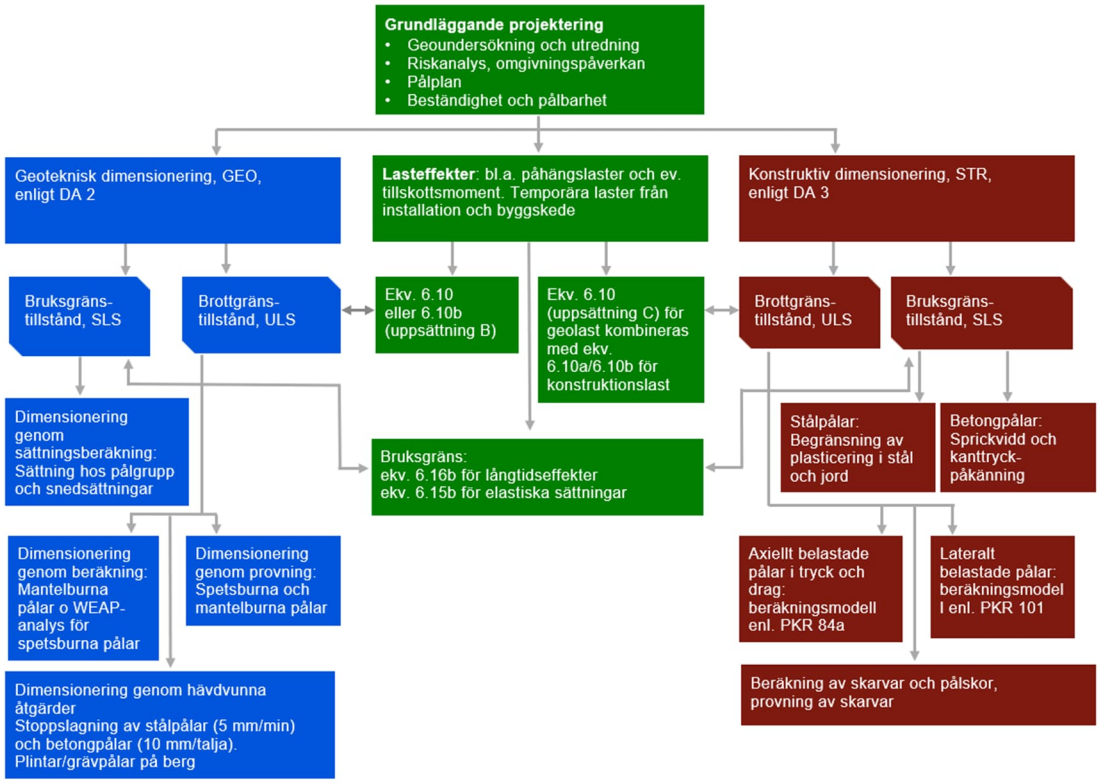
1.2.1 Tillämpning

Pålhandboken är ett kunskapsdokument. Det innebär att skriften inte är ett upphandlingsdokument, såsom Trafikverkets TRVINFRA-00230 (Trafikverket, 2025b), eller en kokbok som ska följas från A till Ö. Tanken är istället att läsaren vid behov ska kunna hämta information om en specifik frågeställning. I vissa fall ges även information om bakgrunden till olika typer av svensk praxis för projektering, dimensionering och utförande.

Kapitelindelningen i handboken följer i princip byggprocessen med början i vilket underlag som behövs för projektering av en pålgrundläggning och fortsätter med projektering av ett pålningsprojekt, upphandling, strukturell/konstruktiv och geoteknisk dimensionering av pålar, pålningens utförande och slutligen kontroll och verifiering samt omgivningspåverkan och riskhantering vid pålningsarbeten.

I Figur 1.1 visas ett flödesschema som beskriver processen vid projektering av en pålgrundläggning från utredningsskedet till dimensionering av geoteknisk och konstruktiv/strukturell bärförmåga. De olika delarna, inklusive upphandling av projektering och utförande av ett pålgrundläggningsprojekt, behandlas ingående i följande kapitel:

- Kapitel 2, Underlag för projektering
- Kapitel 3, Planering och projektering
- Kapitel 4, Upphandling
- Kapitel 5, Dimensioneringsprinciper
- Kapitel 6, Konstruktiv dimensionering
- Kapitel 7, Geoteknisk dimensionering



Figur 1.1 Dimensioneringsprocess för pålar.

Därefter följer de delar av byggprocessen som kan hänföras till utförandeskedet:

- Kapitel 8, Utförande
- Kapitel 9, Kontroll och verifiering
- Kapitel 10, Omgivningspåverkan

Slutligen redovisas ett kapitel avseende riskhantering omfattande hela byggprocessen (detta kapitel är tills vidare vakant):

- Kapitel 11, Riskhantering

Notera att olika problemställningar ingår i flera olika kapitel dvs. hur en specifik problemställning ska beaktas i olika delar av byggprocessen beskrivs i olika kapitel i handboken.

1.2.2 Innehåll

Nedan redovisas innehållet i Pålhandbokens olika kapitel översiktligt.

Kapitel 2 - Underlag för projektering

För att kunna projektera, dimensionera, upphandla och utföra en pålad konstruktion behövs detaljerad information om de geologiska, geotekniska och hydrogeologiska förhållandena för det aktuella projektet. I kapitel 2 redovisas följande:

- Styrande dokument som är underlag för projektering, dimensionering, utförande och kontroll av pålgrundläggning. I kapitlet redovisas allt från svenska/europeiska standarder till svenska rådsdokument.
- Undersökningsstrategier för geotekniska fält- och laboratorieundersökningar.
- Olika fält- och laboratoriemetoders användningsområden.
- Vilket geotekniskt underlag som erfordras för att kunna ta hänsyn till
    - pålars verkningssätt, pålbarhet och drivbarhet
    - bärighet för arbetsplattformar
    - omgivningspåverkan vid pålningsarbeten
    - pålars beständighet.

Kapitel 3 - Projektering

Vid projektering av ett byggnadsverk grundlagd med pålar är målet att nå en optimal teknisk, säker och ekonomisk lösning av grundläggningen för aktuell byggnadskonstruktion. I projekteringsprocessen bidrar olika aktörer (geotekniker, konstruktör, geokonstruktör, pålentreprenör, pålmätningsspecialist) med olika delar av projekteringen, vilket resulterar i en mängd olika handlingar vars omfattning och innehåll är beroende av exempelvis pålars verkningssätt, påltyp, omgivningspåverkan och entreprenadform samt de geotekniska förutsättningarna. I kapitel 3 redovisas följande:

- Förutsättningar för projektering innefattande säkerhetsklass, konsekvensklass och geoteknisk kategori, bärförmåga, lasteffekter, sättningar/ rörelser, beständighet, robusthet, toleranser, omgivningspåverkan, pålars bärförmåga, relativa kostnader och klimatpåverkan samt utförandestandarder.

- Övergripande frågeställningar avseende lutande pålar, dragna pålar, korta pålar, utmattningsbelastade pålar, installationens inverkan på pålmaterial, ingjutningslängd/förankringslängd och pålgrupper/minsta pålavstånd.
- En översiktlig metodbeskrivning av olika påltyper samt beskrivning av specifika problemställningar och för- och nackdelar med följande påltyper: prefabricerade betongpålar, träpålar, kombinationspålar trä + betong, slagna stålrörspålar, borrade slanka och grova stålrörspålar, kombinationspålar av stål och betong, stålkärnepålar, borrade injekterade pålar, grävpålar och övriga påltyper.
- Vibrerade pålar.
- Spetsburna pålars funktion och användning.
- Mantelburna pålars funktion och användning (påle i kohesionsjord, friktionsjord).
- Provpålning och simulering med WEAP.
- Grundförstärkning (vakant).
- Befintliga pålar (vakant).
- Bankpålar.
- Energipålar.
- Verifiering och kontroll.
- Falska pålstopp.

Kapitel 4 – Upphandling

Kapitel 4 syftar till att kortfattat beskriva upphandling av projektering av pålning (indelat i projektering i tidiga skeden och projektering av förfrågningsunderlag) och upphandling av pålningsentreprenader (både utförandentreprenader och totalentreprenader). Utöver att beskriva upphandlingsförfarandet syftar kapitlet även till att öka förståelsen kring geotekniska osäkerheter för att minska risken för tvister och kostnadsökningar i entreprenader, samt att beskriva möjligheter och risker i entreprenaden beroende på entreprenadform och geotekniska förutsättningar. I kapitel 4 redovisas följande:

- En övergripande beskrivning av upphandlingsprocessen för konsulttjänster och entreprenader i allmänhet samt principerna för upphandling.
- En genomgång av styrande och vägledande dokument vid upphandling.
- En detaljerad beskrivning av upphandling av projektering och andra konsulttjänster omfattande:
    - projektering i tidiga skeden
    - framtagning av förfrågningsunderlag inklusive vikten av att information som ingår i förfrågningsunderlag för en entreprenad ska vara korrekt, entydig och kalkylerbar
    - projektering för utförandeentreprenad
    - projektering för totalentreprenad.

- En detaljerad beskrivning av upphandling av entreprenader innefattande:
    - omfattning av entreprenader och allmänt om vilken information som krävs vid upphandling av en pålningsentreprenad
    - upphandling av utförandeentreprenader
    - upphandling av totalentreprenader.

Kapitel 5 – Dimensioneringsprinciper

I kapitel 5 redovisas de grundläggande principerna vid dimensionering av pålar inklusive pålars funktion och verkningssätt, dimensioneringsmetoder, samband mellan geoteknisk bärförmåga, konstruktiv bärförmåga och installation samt last och lasteffekter. I kapitel 5 redovisas följande:

- Pålars funktion och verkningssätt indelat i spetsburna pålar, mantelburna pålar, dragbelastade pålar, transversalbelastade pålar och delvis fritt stående pålar (fri knäckning).
- Krav och normer.
- Dimensioneringsförutsättningar i brott- och bruksgränstillstånd.
- Dimensioneringsmetoder samt samband mellan geoteknisk bärförmåga, konstruktiv bärförmåga och installation.
- Lastfördelning för pålgrupper.
- Laster och lasteffekter för gränstillstånd STR och GEO inklusive sättningar och påhängslaster samt utmattning på grund av cykliska laster.
- Installationens inverkan på pålmaterial och omgivande jord.

Kapitel 6 - Konstruktiv dimensionering

Vid projektering av en pålgrundläggning ska de konstruktiva villkoren klarläggas så att pålgrundläggningen med betryggande säkerhet kan överföra uppträdande laster, under brottgräns-, olycksfalls- respektive bruksgränstillstånd, till underliggande jord och/eller berg, utan att brott eller skadliga deformationer uppstår. I kapitel 6 redovisas följande:

- Analytisk beräkningsmetod för axialbelastade pålar omfattande
    - beräkningsförutsättningar och metod
    - jordmotstånd och deformationssamband för olika jordtyper (normalkonsoliderad kohesionsjord, gyttja och torv samt friktionsjord)
    - reduktionsfaktorer för beaktande av inverkan av hantering och installation (slagning)
    - initialkrokighet genom schablon och genom provning
    - excentriciteter vid pålsko/bergsko och pålspets (dimensioneringsförutsättningar och dimensionerande värden).
- Numeriska beräkningsmetoder för axialbelastade pålar.
- Beräkningsmetoder för transversalbelastade pålar.
- Beräkningsmetod för delvis fritt stående pålar (fri knäckning).

- Dimensionering av betongpålar omfattande dimensioneringsförutsättningar, pålmaterial och tillhörande beslag, dimensionering i brottgränstillstånd samt dimensionering i bruksgränstillstånd.
- Dimensionering av stålpålar omfattande dimensioneringsförutsättningar, pålmaterial och tillhörande beslag, dimensionering i brottgränstillstånd, dimensionering i bruksgränstillstånd samt specifika förutsättningar och krav avseende
    - grova stålrörspålar
    - stålkärnepålar
    - borrade injekterade pålar.
- Dimensionering av grävpålar omfattande dimensioneringsförutsättningar, pålmaterial, dimensionering i brottgränstillstånd samt dimensionering i bruksgränstillstånd (vakant).
- Dimensionering av träpålar omfattande dimensioneringsförutsättningar, pålmaterial och tillhörande beslag, dimensionering i brottgränstillstånd samt dimensionering i bruksgränstillstånd (vakant).
- Kombinationspålar av trä och betong samt stål och betong (vakant).
- Dimensionering av samverkanspålar av stål och betong omfattande dimensioneringsförutsättningar, pålmaterial och tillhörande beslag, dimensionering i brottgränstillstånd samt dimensionering i bruksgränstillstånd (vakant).

Kapitel 7 - Geoteknisk dimensionering

Vid projektering av en pålgrundläggning ska de geotekniska villkoren klarläggas så att pålgrundläggningen med betryggande säkerhet kan överföra uppträdande laster, under brottgräns-, olycksfalls- respektive bruksgränstillståndet, till underliggande jord och/eller berg, utan att brott eller skadliga deformationer uppstår. I kapitel 7 redovisas följande:

- Preliminär bedömning av geoteknisk bärförmåga och begränsningar med hänsyn till installation innefattande spetsbärförmåga på berg och morän samt bärförmåga som kan påvisas med dynamisk provbelastning genom stötvågsmätning.
- Geoteknisk dimensionering i bruksgränstillstånd (deformationer och rörelser) omfattande installationseffekter och momentana sättningar, långtidssättningar för spetsburna pålar och mantelburna pålar, samverkansanalyser och transversalbelastade pålars förskjutning inklusive negativ mantelfriktion (påhängslaster).
- Dimensionering av geoteknisk bärförmåga genom beräkning innefattande spetsburna pålar, mantelburna pålar i kohesionsjord/kohesionspålar, mantel- och spetsburna pålar i friktionsjord/friktionspålar, stålkärnepålar, dragbelastade pålar och transversalbelastade pålar.
- Dimensionering av geoteknisk bärförmåga genom provning omfattande utvärdering av bärförmåga med statisk provbelastning, utvärdering av bärförmåga med dynamisk provbelastning för spetsburna pålar, mantelburna pålar/kohesionspålar, mantel- och spetsburna pålar/friktionspålar, stålkärnepålar, dragbelastade pålar och utvärdering av transversell geoteknisk bärförmåga med statisk provbelastning samt övriga mätmetoder.
- Provbelastning – utvärdering av statisk provbelastning och dynamisk provbelastning.
- Dimensionering av geoteknisk bärförmåga genom hävdvunna åtgärder för betongpålar och stålrörspålar.

Kapitel 8 – Utförande

Kapitel 8 syftar till att ge en översiktlig beskrivning av utförandet av ett antal pålningsmetoder som kan vara aktuella för svenska jordförhållanden. I kapitel 8 redovisas följande:

- En beskrivning av arbetsmiljöaspekter vid pålning, inkluderat lagstiftning, riskidentifiering, arbetsberedning samt hur arbetsmiljöaspekter ska hanteras på arbetsplatsen.
- Förutsättningar för hur ett pålningsarbete ska kunna utföras på ett säkert och bra sätt.
- En översiktlig metodbeskrivning och råd vid specifika arbetsmoment, vid utförande av följande påltyper: slagna betongpålar, träpålar och kombinationspålar, slagna stålrörspålar, borrade stålrörspålar, stålkärnepålar, borrade injekterade pålar samt grävpålar. Även vibrerade pålar beskrivs.
- En beskrivning av speciella pålningssituationer, innefattande falska pålstopp, grundförstärkning (vakant), pålning på pontoner och arbetsbryggor samt bitumenstrykning av pålar.

Kapitel 9 – Kontroll och verifiering

Kapitel 9 behandlar kontroll och verifiering av betongpålar, träpålar, slagna stålrörspålar, borrade stålrörspålar, dragförankringar i pålar, stålkärnepålar, borrade och injekterade pålar samt grävpålar. I kapitel 9 redovisas följande:

- Förslag på olika kontrollåtgärder, som väljs specifikt för aktuellt objekt, omfattande:
    - utsättning
    - utrustning
    - material
    - installation
    - påles integritet
    - rakhetsmätning
    - korrosionsåtgärder
    - produktionskontroll och verifiering av geoteknisk bärförmåga
    - omgivningspåverkan
    - installerade pålars längd
    - installerade pålars planläge och lutning.
- Verifiering av geoteknisk bärförmåga genom statisk provbelastning, dynamisk provbelastning med stötvågsmätning och hävdvunna åtgärder samt genomförande av provpålning.
- Kontrollprogram för omgivningspåverkan avseende vibrationer i mark och byggnader, grundvattenpåverkan och portrycksförändringar i mark, deformationer i mark, spridning av föroreningar samt buller.

Kapitel 10 – Omgivningspåverkan

I kapitel 10 beskrivs olika skadliga fenomen som kan uppstå under pålningsarbeten, samt de skador eller störningar de kan orsaka. Vidare beskrivs hur olika påverkansfenomen uppstår och hur de olika fenomenen kan prognostiseras. Det ges exempel på åtgärder som kan vidtas för att minska skadliga fenomenen och de regelverk som gäller för tillåtna nivåer för respektive påverkansfenomen. I kapitel 10 redovisas följande:

- Omgivningspåverkan för olika installationsmetoder.
- Jordpåverkan vid pålning inkluderat jordmodeller, jords beteende vid töjning, jordparametrar som beskriver olika egenskaper och fenomen samt lämpliga geotekniska undersökningsmetoder.
- Beskrivning av markvibrationer vid pålning innefattande
    - uppkomst av vibrationer vid vibrationskällan, vibrationsspridning i mark samt hur vibrationer sprids och påverkar byggnader
    - tillåtna vibrationsnivåer med hänsyn till risk för skador på byggnader, risk för skador på utrustning i byggnader, komfortstörning, risk för skador på markledningar samt hur en riskanalys ska genomföras
    - prognostisering av vibrationer från pålningsarbeten
    - åtgärder för att minska vibrationsnivåer.
- Beskrivning av påverkan på grundvatten- och porvattentryck vid pålning omfattande porvattenövertryck i friktionsjord och lera, stabilitetsproblem samt grundvattentrycksänkning, grundvattenströmning och grundvattenbarriärer.
- Beskrivning av uppkomst av markdeformationer vid pålning innefattande
    - jordstörning och markvibrationer samt beskrivning av empiriska prognosticeringsmodeller och numerisk modellering
    - massundanträngning i lera samt beskrivning av analytisk prognosticeringsmodellering, numerisk modellering och rekonsolidering av lera efter installation
    - initiella sättningar samt konsoliderings- och krypsättningar pga. överföring av pållast till jorden
    - tillåtna deformationer med avseende på deformationsskador, strukturellt bärighetsbrott och släntstabilitet
    - åtgärder för att minska markdeformationer.
- Risk för grundvattenförorening vid pålning i områden med förorenad mark omfattande möjliga spridningsscenarion av föroreningar till grundvattnet, krav och riskbedömning samt olika åtgärder som kan vidtas beroende på typen av föroreningar, deras spridningsegenskaper samt de geologiska och geohydrologiska förhållandena.
- Beskrivning av buller vid pålningsarbeten innefattande beskrivning av olika typer av buller, mätning av buller, prognostisering av buller, krav och riskbedömning samt åtgärder för att minska bullerstörningar vid källan, spridningsytan eller vid mottagaren.

1.2.3 Normsystem

I Sverige används generellt eurokoder och andra europastandarder som grund för anvisningar för bland annat grundläggningsarbeten. Harmoniseringsarbetet för gemensamma eurokoder pågick under 1980- och 1990-talet och olika eurokoder gavs ut under början på 2000-talet. Ett flertal av dessa eurokoder är tillämpliga vid dimensionering av pålar. Eurokoderna består av:

- SS-EN 1990: Grundläggande dimensioneringsregler.
- SS-EN 1991: Laster på bärverk.
- SS-EN 1992: Dimensionering av betongkonstruktioner.
- SS-EN 1993: Dimensionering av stålkonstruktioner.
- SS-EN 1994: Dimensionering av samverkanskonstruktioner av stål och betong.
- SS-EN 1995: Dimensionering av träkonstruktioner.
- SS-EN 1996: Dimensionering av murverkskonstruktioner.
- SS-EN 1997: Dimensionering av geokonstruktioner.
- SS-EN 1998: Dimensionering av konstruktioner med hänsyn till jordbävning.
- SS-EN 1999: Dimensionering av aluminiumkonstruktioner.

SS-EN 1997 behandlar dimensionering av geokonstruktioner och består av 2 delar:

- SS-EN 1997-1: ” Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner - Del 1: Allmänna regler”.
- SS-EN 1997-2: ” Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner - Del 2: Markundersökning och provning”.

De första versionerna av Pålhandboken baseras på de eurokoder som gavs ut i början på 2000-talet (dessa gäller fram till 2028). De eurokoder som det hänvisas till i olika kapitel i Pålhandboken är:

- SS-EN 1990+A1:2005 - Eurokod – Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk (SIS, 2002).
- SS-EN 1991. Avser tio eurokoder som behandlar laster (SIS, 2002-2006).
- SS-EN 1992-1-1:2005+AC:2010, A1:2014 - Eurokod 2: Dimensionering av betongkonstruktioner - Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader (SIS, 2005a).
- SS-EN 1992-2:2005+AC:2008 - Eurokod 2: Dimensionering av betongkonstruktioner - Del 2: Broar (SIS, 2005b).
- SS-EN 1993-1-1:2005+AC:2009, A1:2014 - Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner - Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader (SIS, 2005c).
- SS-EN 1993-1-9:2005+AC:2009 - Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner - Del 1-9: Utmattning SIS (2005d).
- SS-EN 1993-2:2006+AC:2013 - Eurokod 3 : Dimensionering av stålkonstruktioner - Del 2: Broar (SIS, 2006a).

- SS-EN 1993-5:2007+AC:2009 - Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner - Del 5: Pålar och spont (SIS, 2007a).
- SS-EN 1994-1-1:2005+AC:2009 - Eurokod 4: Dimensionering av samverkanskonstruktioner i stål och betong - Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader (SIS, 2005e).
- SS-EN 1995-1-1:2004+AC:2006, A2:2014, A1:2008 - Eurokod 5: Dimensionering av träkonstruktioner - Del 1-1: Allmänt - Gemensamma regler och regler för byggnader (SIS, 2004a).
- SS-EN 1997-1:2005+AC:2009, A1:2013 - Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner - Del 1: Allmänna regler (SIS, 2005f).
- SS-EN 1997-2:2007+ AC:2010 - Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner - Del 2: Marktekniska undersökningar (SIS, 2007b).
- SS-EN 1999-1-1:2007+A2:2013 - Eurokod 9 : Dimensionering av aluminiumkonstruktioner - Del 1-1: Allmänna regler (SIS, 2007c).

Det har de senaste åren pågått arbete med uppdatering av samtliga eurokoder. De första versionerna av Pålhandboken baseras inte på dessa eurokoder. I några kapitel hänvisas dock till följande eurokoder:

- SS-EN 1990-1:2023 - Eurokod - Grundläggande dimensioneringsregler - *Del 1: Nya byggnadsverk* (SIS, 2023b).
- SS-EN 1992-1-1:2023 - Eurokod 2 - Dimensionering av betongkonstruktioner - Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader, broar och anläggningskonstruktioner (SIS, 2023e).
- SS-EN 1993-1-1:2022 - Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner - Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader (SIS, 2022c).
- SS-EN 1997-1:2024 - Eurokod 7 – Geoteknisk dimensionering – Del 1: Allmänna regler (SIS, 2024a).
- SS-EN 1997-2:2024 - Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner - Del 2: Markegenskaper SIS (2024b).

Efter att nya nationella tillägg och tillämpningsdokument, som reglerar den svenska tillämpningen av eurokoderna, tagits fram kommer Pålhandboken att uppdateras, se avsnitt 1.6.

För byggnadsverk till järnvägar, spårvägar, tunnelbanor, vägar och gator samt de anordningar som hör till dessa, styrs den svenska tillämpningen av eurokoderna av Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av eurokoder, TSFS 2018:57 (Transportstyrelsen, 2018). För byggnader styrs den svenska tillämpningen av eurokoderna av Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder), BFS 2011:10, EKS 8 (Boverket, 2011) och BFS 2022:4 EKS 12 (Boverket, 2022).

Under början på 2000-talet arbetade branschföreningen IEG (Implementeringskommissionen för Europastandarder inom Geoteknik) bland annat med att ta fram olika tillämpningsdokument som vägledning vid dimensionering av olika geokonstruktioner, baserat på eurokoderna. IEG:s rapporter ger vägledning vid dimensionering i enlighet med eurokoderna och de svenska tillämpningsföreskrifterna. De rapporter som är relevanta vid dimensionering av pålar är följande:

- IEG Rapport 2:2008, Rev 3 - Tillämpningsdokument Grunderna i Eurokod 7 (IEG, 2013).
- IEG Rapport 8:2008, Rev 3 - Tillämpningsdokument EN 1997-1 Kapitel 7, Pålgrundläggning (IEG, 2016).

Inom CEN (Europeiska standardiseringsorganet Comité Européen de Normalisation) gavs under början på 2000-talet ut ett antal utförandestandarder avseende olika grundläggnings- och markförstärkningsmetoder. De utförandestandarder som är tillämpliga inom pålningsområdet är:

- SS-EN 12699:2015 - Utförande av geokonstruktioner - Massundanträngande pålar (SIS, 2015a).
  Standarden avser pålar som slås ner i marken med hjälp av stötar, vibrationer, pressning, skruvning eller en kombination av dessa metoder.

- SS-EN 14199:2015 - Utförande av geokonstruktioner – Mikropålar (SIS, 2015b).
  Standarden avser borrade pålar med diameter <300 mm.

- SS-EN 1536:2010+A1:2015 - Utförande av geokonstruktioner – Grävpålar (SIS, 2015c).
  Standarden avser grävpålar som utförs genom schaktning och är strukturella element för att överföra laster från ovanförliggande konstruktion. Standarden innehåller även utförande av sekantpålevägg och berlinerspont med grävpålar som bärande element.

- SS-EN 1537:2013 - Utförande av geokonstruktioner – Förankringar (SIS, 2013a).

För verifiering av bärförmåga för pålar och förankringar är följande standarder tillämpliga:

- SS-EN ISO 22477-1:2018 - Geoteknisk undersökning och provning – Provning av geokonstruktioner- Del 1: Statisk provbelastning av pålar med axiell trycklast (SIS, 2018a).

- SS-EN ISO 22477-2:2023 - Geoteknisk undersökning och provning – Provning av geokonstruktioner- Del 2: Statisk provdragbelastning av pålar (SIS, 2023a).

- SS-EN ISO 22477-4:2018 - Geoteknisk undersökning och provning – Provning av geokonstruktioner- Del 4: Dynamisk provbelastning av pålar (SIS, 2018b).

- SS-EN ISO 22477-5:2018 - Geoteknisk undersökning och provning – Provning av geokonstruktioner- Del 5: Provning av förankringar (SIS, 2018c).

- SS-EN ISO 22477-10:2016 - Geoteknisk undersökning och provning – Provning av geokonstruktioner- Del 10: Provning av pålar: snabb provbelastning (SIS, 2016a).

För prefabricerade betongpålar är följande harmoniserad produktstandard tillämplig:

- SS-EN 12794:2005+A1:2007/AC:2008 - Förtillverkade betongprodukter – Betongpålar (SIS, 2008).

Olika material- och utförandestandarder för betong och stål samt säkerhetskrav när det gäller grundläggningsarbeten redovisas nedan:

- SS-EN 197-1:2011- Cement - Del 1: Sammansättning och fordringar för ordinära cement (SIS, 2011a).

- SS-EN 206:2013+A2:2021- Fordringar, egenskaper, tillverkning och överensstämmelse (SIS, 2021a).

- SS-EN 447:2007- Betongkonstruktioner - Bruk för injektering av foderrör för spännkablar – Fordringar (SIS, 2007d).

- SS-EN 934-2:2009+A1:2012 - Tillsatsmedel till betong, bruk och injekteringsbruk - Del 2: Tillsatsmedel till betong - Definitioner, krav, överensstämmelse, märkning och etikettering (SIS, 2012).

- SS-EN 1090-1:2009+A1:2011, Utförande av stål- och aluminiumkonstruktioner - Del 1: Bedömning av bärverksdelars överensstämmelse med ställda krav (SIS, 2011b).

- SS-EN 1090-2:2018+A1:2024 - Utförande av stål- och aluminiumkonstruktioner – Del 2: Tekniska krav för stålkonstruktioner.(SIS, 2024c).
- SS-EN ISO 2560:2020 - Tillsatsmaterial för svetsning - Belagda elektroder för manuell metallbågsvetsning av olegerat stål och finkornstål - Indelning (ISO 2560:2020) (SIS, 2020a).
- SS-EN ISO 4063:2023 - Svetsning och besläktade förfaranden - Sifferbeteckningar för svets- och lödmetoder (ISO 4063:2023) (SIS, 2023c).
- SS-EN ISO 5817:2023 - Svetsning - Smältsvetsförband i stål, nickel, titan och deras legeringar (strålsvetsning undantagen) - Kvalitetsnivåer för diskontinuiteter och formavvikelser (ISO 5817:2023) (SIS, 2023d).
- SS-EN ISO 9692-1:2013 - Svetsning och besläktade förfaranden - Rekommendationer för svetsfogar - Del 1: Manuell metallbågsvetsning, gasmetallbågsvetsning, gassvetsning, TIG-svetsning och strålsvetsning av stål (ISO 9692-1:2013) (SIS, 2013b).
- SS-EN ISO 9692-2:2024 - Svetsning och besläktade förfaranden – Svetsfogar – Del 2: Pulverbågsvetsning av stål (ISO 9692-2:2024, IDT) (SIS, 2024e).
- SS-EN 10025-1:2004 - Varmvalsade konstruktionsstål - Del 1: Allmänna tekniska leveransbestämmelser (SIS, 2004b).
- SS-EN 10025-2:2019 - Varmvalsade konstruktionsstål - Del 2: Tekniska leveransbestämmelser för olegerade stål (SIS, 2019a).
- SS-EN 10025-3:2019 - Varmvalsade konstruktionsstål - Del 3: Tekniska leveransbestämmelser för normaliserade/normaliservalsade finkornstål (SIS, 2019b).
- SS-EN 10025-4:2019+A1:2022 - Varmvalsade konstruktionsstål - Del 4: Tekniska leveransbestämmelser för termomekaniskt valsade finkornstål (SIS, 2022a).
- SS-EN 10025-5:2019 - Varmvalsade konstruktionsstål - Del 5: Tekniska leveransbestämmelser för konstruktionsstål med förbättrat motstånd mot atmosfärisk korrosion (SIS, 2019c).
- SS-EN 10025-6:2019+A1:2022 - Varmvalsade konstruktionsstål - Del 6: Tekniska leveransbestämmelser för platta produkter av höghållfast stål i seghärdat tillstånd (SIS, 2022b).
- SS-EN 10080:2005 - Armeringsstål - Svetsbart armeringsstål – Allmänt (SIS, 2005g).
- SS-EN 10083-1:2006 - Seghärdningsstål - Del 1: Allmänna tekniska leveransbestämmelser (ersatt av SS-EN ISO 683-1:2018) (SIS, 2006b).
- SS-EN 10083-2:2006- Seghärdningsstål - Del 2: Tekniska leveransbestämmelser för olegerade stål (ersatt av SS-EN ISO 683-1:2018) (SIS, 2006c).
- SS-EN 10083-3:2006- Seghärdningsstål - Del 3: Tekniska leveransbestämmelser för legerade stål (ersatt av SS-EN ISO 683-1:2018) (SIS, 2006d).
- SS-EN 10210-1:2006 - Varmformade eller värmebehandlade konstruktionsrör av olegerade stål och finkornstål - Del 1: Tekniska leveransbestämmelser (SIS, 2006e).
- SS-EN 10210-2:2019 - Varmformade eller värmebehandlade konstruktionsrör - Del 2: Toleranser, dimensioner och tvärsnittsdata (SIS, 2019d).
- SS-EN 10210-3:2020 - Varmformade eller värmebehandlade konstruktionsrör - Del 3: Tekniska leveransbestämmelser för höghållfasta och rosttröga stål (SIS, 2020b).
- SS-EN 10219-1:2006 - Kallformade svetsade konstruktionsrör av olegerat stål och finkornstål - Del 1: Tekniska leveransbestämmelser (SIS, 2006f).

- SS-EN 10219-2:2019 - Kallformade svetsade konstruktionsrör - Del 2: Toleranser, dimensioner och tvärsnittsdata (SIS, 2019e).
- SS-EN 10219-3:2020 - Kallformade svetsade konstruktionsrör - Del 3: Tekniska leveransbestämmelser för höghållfasta och rosttröga stål (SIS, 2020c).
- SS-EN 12390-3:2019 - Provning av hårdnad betong - Del 3: Tryckhållfasthet hos provkroppar (SIS, 2019f).
- SS-EN ISO 12944-5:2019 - Färg och lack - Korrosionsskydd av stålkonstruktioner genom målning - Del 5: Rostskyddssystem (ISO 12944-5:2019) (SIS, 2019g).
- SS-EN 13369:2024 - Gemensamma regler för förtillverkade betongprodukter (SIS, 2024d).
- SS-EN 13670:2009 - Betongkonstruktioner – Utförande (SIS, 2009).
- SS-EN ISO 14341:2020 - Tillsatsmaterial för svetsning - Trådelektroder och svetsgods för gasmetallbågsvetsning av olegerat stål och finkornstål - Indelning (ISO 14341:2020) (SIS, 2020d).
- SS-EN ISO 15609-1:2019 - Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material - Svetsdatablad - Del 1: Bågsvetsning (ISO 15609-1:2019) (SIS, 2019h).
- SS-EN 16228-1:2014+A1:2021 - Borrnings- och grundläggningsutrustning - Säkerhet - Del 1: Allmänna krav (SIS, 2021b).
- SS-EN 16228-2:2014+A1:2021 - Borrnings- och grundläggningsutrustning - Säkerhet - Del 2: Mobila borrriggar för anläggnings- och geoteknik, stenbrott och gruvor (SIS, 2021c).
- SS-EN 16228-3:2014+A1:2021 - Borrnings- och grundläggningsutrustning - Säkerhet - Del 3: Styrd horisontell borrutrustning (SIS, 2021d).
- SS-EN 16228-4:2014+A1:2021 - Borrnings- och grundläggningsutrustning - Säkerhet - Del 4: Grundläggningsutrustning (SIS, 2021e).
- SS-EN 16228-6:2014+A1:2021 - Borrnings- och grundläggningsutrustning - Säkerhet - Del 6: Sprutnings-, gjutnings- och injekteringsutrustning (SIS, 2021f).
- SS-EN 16228-7:2014+A1:2021 - Borrnings- och grundläggningsutrustning - Säkerhet - Del 7: Utbytbar tilläggsutrustning (SIS, 2021g).
- SS-EN ISO 17632:2016 - Tillsatsmaterial för svetsning - Rörelektroder för metallbågsvetsning med eller utan gasskydd av olegerat stål och finkornstål - Indelning (ISO 17632:2015) (SIS, 2016b).
- SS-EN ISO 17660-1:2006 - Svetsning - Svetsning av armeringsstål - Del 1: Lastbärande svetsar (ISO 17660-1:2006) (SIS, 2006g).
- SS-EN ISO 18276:2024 - Tillsatsmaterial för svetsning – Rörelektroder för metallbågsvetsning med och utan gasskydd av höghållfasta stål – Indelning (ISO 18276:2024, IDT) (SIS, 2024f).

Inom CEN gavs under början på 2000-talet också ut ett stort antal standarder avseende geotekniska och miljötekniska fält- och laboratorieundersökningsmetoder samt benämning och indelning av jord och berg. Dessa standarder redovisas i kapitel 2, Underlag för projektering. I kapitel 2 redovisas också svenska rådgivande dokument avseende geoteknik.

Vid upphandling av pålningsarbeten i Sverige används följande skrifter som underlag för tekniska beskrivningar av pålningsarbeten:

- AMA Anläggning 23, RA Anläggning 23 och MER Anläggning 23 (Svensk Byggtjänst, 2023).
- Trafikverkets TRVINFRA-00230 - Geokonstruktion, Dimensionering och utformning (Trafikverket, 2025b).
- Trafikverkets TRVINFRA-00227 - Bro och broliknande konstruktion, Byggande (Trafikverket, 2025a).

I arbetsmiljölagen (1977:1160) (Sveriges riksdag, 2025) finns regler om skyldigheter för arbetsgivare och andra skyddsansvariga om att förebygga ohälsa och olycksfall i arbetet. Där finns också regler om samverkan mellan arbetsgivare och arbetstagare. Arbetsmiljöfrågor inklusive relevanta föreskrifter och vägledningar behandlas i kapitel 3 och 8.

Pålhandboken är ett kompletterande kunskapsdokument till ovanstående standarder och upphandlingsdokument. Pålhandboken beskriver branschpraxis och fackmässig projektering, dimensionering, utförande och kontroll av pålning i Sverige.

1.3 DEFINITIONER OCH BEGREPP (VAKANT)

Generella definitioner och begrepp som används i olika kapitel redovisas i bilaga 1A (vakant dvs. bilagan kommer att kompletteras i kommande utgåvor av Pålhandboken). Beteckningar som används i Pålhandboken redovisas i respektive kapitel.

1.4 GRUNDKONSTRUKTIONER MED PÅLAR

Innehållet i avsnitt 1.4 baseras till stor del på handboken Pålgrundläggning (Olsson och Holm, 1993).

1.4.1 När används grundkonstruktioner med pålar?

En påle är ett i jorden vertikalt eller svagt lutande långsmalt konstruktionselement. En pålad grundkonstruktion är ett system med pålar, vanligtvis inklusive ovanförliggande pålplintar, plattor och balkar. Plattorna eller balkarna kan sinsemellan förena två eller flera grupper av pålar.

Stålspont, sammanhängande pålväggar eller slitsmurar används ofta som stödkonstruktioner för schakter och kan sedan i vissa fall integreras med byggnaden i form av bärande väggar. Denna typ av konstruktioner behandlas inte i denna handbok.

Pålar används i första hand för att överföra och/eller sprida vertikala och horisontella laster från överbyggnaden genom svaga eller instabila jordlager ner till mer bärkraftig jord eller till berg. Avsikten är att öka bärförmågan eller reducera sättningar. Lasterna överförs till omgivande jord genom spetsen, via manteln eller en kombination därav. Kännetecknande för pålar är att de kan ta både tryck- och dragkrafter.

Pålar kan även användas för att stabilisera jordlager mot ras och förskjutningar. Dessa tillämpningar behandlas ej i handboken.

Användningsområdet för pålar hänför sig inte bara till områden med dåliga markförhållanden, även om det där är tekniskt och ekonomiskt mest motiverat. Pålar är även lämpliga som grundläggningselement för konstruktioner i vatten som brostöd, kajer eller hamnpirar.

Förbättringar av slagnings/drivningsutrustning, pålmaterial och utveckling av beräkningsmodeller och mätteknik skapar hela tiden nya pålmetoder och breddar det tekniska och ekonomiska användningsområdet för pålade grundkonstruktioner. Valet av grundläggningsmetod styrs både av tekniska och ekonomiska överväganden. Det gäller därför att göra en realistisk värdering av alla de faktorer som påverkar, för att finna en optimal teknisk och ekonomisk lösning.

Installerade pålar är inte inspekterbara eller reparerbara. På pålarna byggs en överbyggnad som representerar ett värde som betydligt överskrider grundkonstruktionens kostnad. Det är därför väsentligt att stor omsorg och kvalitet läggs på alla arbeten som avser grundkonstruktioner.

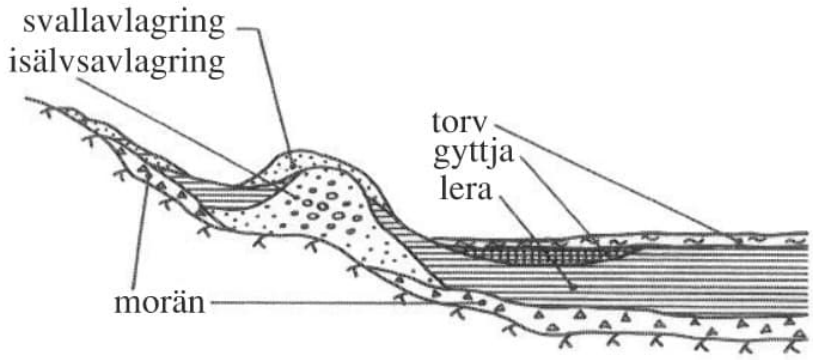
Nyckelordet vid val av grundläggningsmetod är "totalekonomi". Hänsyn måste alltid tas till indirekta kostnader för tidsspillan, oväntade markförhållanden, metodförändringar, störningar på omgivningen. Sådana indirekta faktorer kan ge kostnader som vida överstiger kostnaden för själva grundläggningsarbetena.

Det är viktigt att klarlägga hur samverkan sker mellan överbyggnad och grundkonstruktion. För att finna den bästa lösningen bör projektör/konstruktör ha god kännedom om olika grundläggningsmetoder och deras tillämpbarhet vid varierande förhållanden. Konstruktören bör därför arbeta i nära samverkan med geokonstruktör och/eller geotekniker under projekteringen, se kapitel 3.

1.4.2 Svenska geologiska förutsättningar

Pålar används för grundläggning av tyngre byggnader och anläggningar där de övre jordlagren inte har tillräcklig bärförmåga eller stabilitet för att ta upp aktuella lasteffekter. Typiska sådana jordar är de flesta glaciala och postglaciala leror, torv, gyttja samt mellanjordarter som silt och finsand i deltaområden. Grundläggning med pålar kan även vara aktuell i löst lagrade friktionsjordar t.ex. i randzoner till rullstensåsar.

De geologiska förutsättningarna i Sverige är till mycket stor del är en följd av kvartärgeologiska fenomen, dvs. resultat från den senaste istiden, de väldiga innanhaven och stora sjöarna. Ismassorna skrapade av nästan allt löst bergmaterial och slipade ned bergytan. Det lösgjorda materialet pressades ihop till mycket fasta moränlager eller transporterades under isen genom väldiga isälvar. Materialet avsattes sedan som rullstensåsar med block, sten, grus och sand där älvarna mynnade ut vid och framför iskanten. Längre ut från iskanten avsattes finare material i form av lera, ibland varvad med silt, se Figur 1.2.



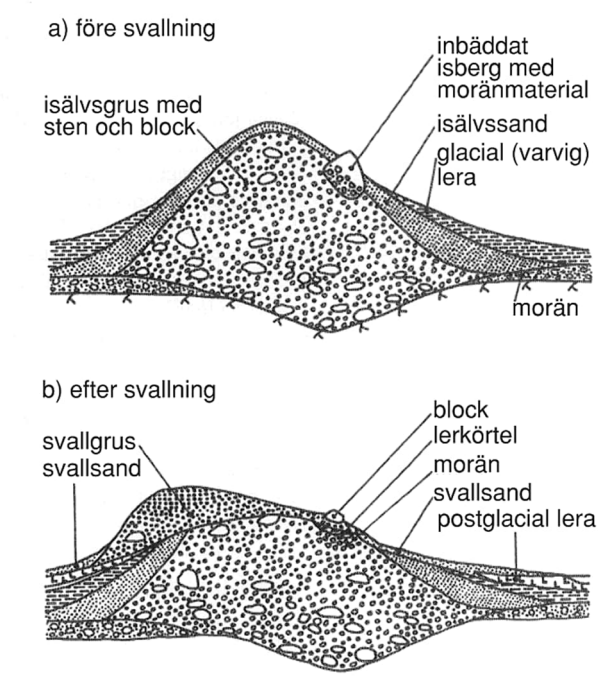
Figur 1.2 Typiskt tvärsnitt i område under högsta marina gränsen i Mellansverige (Olsson och Holm, 1993).

Genom avbrott i isavsmältningen under längre kallperioder kunde iskanten röra sig söderut för att därefter återigen fortsätta norrut. På så sätt kan friktionsjord och till och med morän överlagra lerlager, vilket kan vara nog så förrädiskt i samband med pålningsarbeten. I anslutning till, men även inne i rullstensåsar, kan man finna silt- och lerlinser övertäckta av svallat friktionsmaterial. Figur 1.3 visar ett typiskt tvärsnitt genom en mellansvensk rullstensås före och efter svallning. Sedimentering skedde också vid älvmynningar i form av deltabildningar av sand och silt, en process som pågår även i våra dagar.

Tyngden av flera kilometer is har tryckt ned landmassorna upp till några hundra meter. Från denna nivå höjer sig landet fortfarande med en hastighet av nästan 1 cm/år i norra Sverige, medan det i Skåne sjunker en aning. Landhöjningen medför sjunkande grundvattenytor, vilket i sin tur leder till att träpålar och rustbäddar kan komma över grundvattenytan och ruttna.

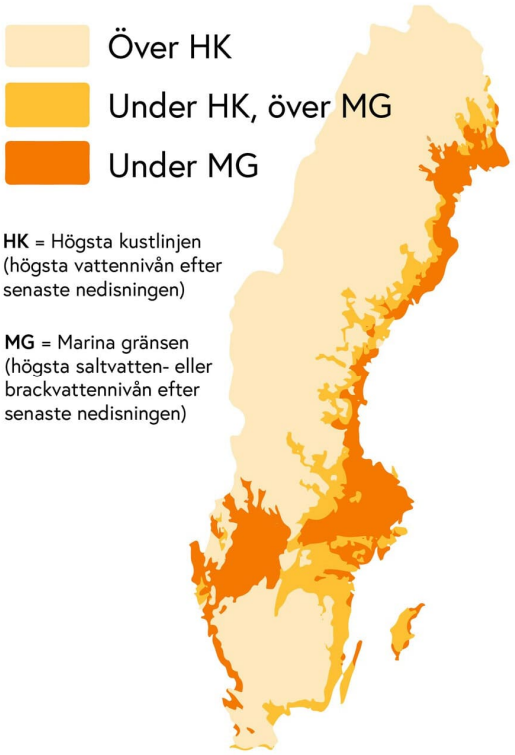
I de stora innanhaven och sjöarna fortsatte under senare perioder finmaterialet att avsätta sig som leror till mer än hundra meters tjocklek inom vissa områden på västkusten. Där sedimentationen skedde i saltvatten, har leran i infiltrationszoner med tiden urlakats och ändrat karaktär och blivit kvickleror. Detta är en av orsakerna till att slänter plötsligt kan bli instabila även av en liten yttre påverkan. Små och stora lerskred kan inträffa i sådana områden utan förvarning, ibland med katastrofala konsekvenser.

Landhöjningen har fört med sig att många sjöar med åren har växt igen och bildat torvmarker. Sådana markområden kräver omfattande åtgärder om de ska bebyggas.



Figur 1.3 Tvärsnitt genom en rullstensås före (a) respektive efter (b) svallning (Olsson och Holm, 1993).

Kvartärgeologiska kartor ger god vägledning om i vilka områden man kan förvänta sig att bebyggelse fordrar grundläggning med pålar. Vi hittar dem framför allt i ler- och sedimentområden under högsta marina gränsen (MG), se Figur 1.4. Sammanställning av översiktlig geoteknisk, geologisk och topografisk information över Sverige finns sammanställd i SGI:s redovisningstjänster. I kartvisningstjänsten Ras, skred, erosion på SGI:s hemsida, finns ett stort antal kartunderlag från olika myndigheter. Varje karta i karttjänsten har ett produktblad som beskriver kartans syfte och användningsområde, underlag, skala, täckningsgrad, noggrannhet och uppdateringsfrekvens.



Figur 1.4 Karta över högsta marina gränsen i Sverige (Byggahus.se).

Vilka jordlager är så bärkraftiga att bebyggelse normalt ej erfordrar grundläggning med pålar? Ja, egentligen alla jord- och bergarter som varaktigt kan ta upp lasteffekter med erforderlig säkerhet utan att skadliga sättningar uppstår. Berg och olika moränformationer räknas vanligen dit, liksom fast lagrade friktionsjordar av sand, grus och sten i rullstensåsar.

1.4.3 Svensk pålningshistorik

Historiskt har bebyggelse koncentrerats till områden som varit viktiga ur kommunikationssynpunkt och områden som ur försvarsstrategisk synpunkt varit viktiga att behärska. Vi hittar därför tidig bebyggelse vid älvar, sjöar och andra vattendrag och ofta vid älvmynningar. Våra förfäder lärde sig tidigt att grundlägga med pålar. Detta gällde såväl bostadsbebyggelse och hamnar som olika typer av befästningsverk.

Pålning utfördes i äldre tider genom slagning av träpålar eller med "grävpålar" dvs. handschaktade brunnar, som fylldes med sten eller sand. Pålar drevs ned med hejare, som lyftes för hand eller med ett enkelt linspel upphängt i en bock av trä. Inom sjöfarten användes tidigt metoden att skära linor i flera parter, vilket underlättade hanteringen av tyngre hejare. Ovanpå pålarna lades rustbäddar av trä och murar av sten. Till följd av sjunkande grundvattennivåer och därmed ruttnande trävirke behöver denna typ av grunder idag ofta förstärkas genom installation av nya pålar.

Mot slutet av 1800-talet började slagna pålar av stål användas och i början av 1900-talet kom de första betongpålarna. Den första "moderna" påldrivningsutrustningen uppfanns av Christoffer Polhem redan 1740. I och med det industriella genombrottet blev linspelen, som användes för att lyfta hejarna, i slutet av 1800-talet först ångdrivna och senare drivna av förbränningsmotorer. Städerna växte varvid högre och tyngre hus måste byggas. Allt ur bebyggelsesynpunkt sämre mark kom också att behöva tas i anspråk. Kraftigare och längre pålar behövdes för att överföra byggnadslasterna. Grova stålrörspålar och kraftiga H-profiler, som skarvades genom svetsning och slogs av kraftiga ånghejare och dieselhejare i stora kranar utvecklades i USA under 1920- och 30-talen. De höga lasterna och den kraftiga drivningen krävde att pålrören måste ges allt större diameter och grövre godstjocklek. Hejarna blev allt kraftigare. Cylindriska rör kompletterades med koniska pältyper. Toppslagning av pålarna kompletterades med metoder med invändigt placerade slagdorn eller med invändiga hejare. Pålrören fylldes sedan med armering och betong.

En annan utvecklingslinje för pålar var så kallade icke jordundanträngande borrpålar, dvs. där ett hål borras i jorden och fylls med betong. Teknik utvecklades från 1930-talets början att stötta borrhålens väggar i lös jord först med vatten och sedan med en borrvätska bestående av en blandning av bentonitlera och vatten. Med denna teknik lärde man sig snabbt att göra pålar med stor diameter och till stora djup. Man lärde sig också under 1940-talet att placera pålarna tätt tillsammans så att de bildade en vägg. Ett ytterligare steg i utvecklingen var att låta borrpålar "skära in" i varandra så att de bildar en tät vägg. Steget över till slitsmursteknik togs i början av 50-talet, då de runda pålarna ersattes av rektangulära element, som kopplas ihop. Även om tekniken med borrpålar kommer från USA har vidareutvecklingen med användning av borrvätska först i borrpålar och sedan för slitsmurar, framförallt skett i Frankrike, Italien och Österrike.

Den moderna pålutvecklingen i Sverige handlar framförallt om slagna förtillverkade betongpålar. Den första pålen av denna typ slogs redan omkring 1917 i Stockholm. Under 1970- och 80-talet utvecklades teknik med så kallade slanka stålrörspålar framförallt för grundförstärkning.

Pålkommissionen har med sina olika arbetsgrupper varit sammanhållande för pålutvecklingen i Sverige sedan 1960-talets början. I kommissionen ingår såväl entreprenörer, konsulter som materialleverantörer, offentliga beställare, myndigheter och forskningsinstitut. Arbetsgruppernas resultat redovisas löpande i kommissionens rapportserie som idag (2026) består av ett hundratal rapporter.

Svensk pålgrundläggningsteknik efter 1945 i sammandrag:

1945-55

Träpålar förbjöds i Stockholms innerstad 1944. Övergång skedde från platstillverkade till fabrikstillverkade betongpålar. Slagning utfördes med rullkranar, träkranar etc. med begränsad rörlighet och långa ställtider. Maskinutveckling initierades.

Den första Benotomaskinen för installation av borrpålar i Sverige användes 1953 för att utföra 15 - 20 meter långa grävpålar för Centralbrons södra landfäste i Stockholm.

1956-60

Framtagning och patentering av momentstyva skarvar för betongpålar (typ ABB och Herkules).

Ombyggnad av grävmaskiner till pålkranar, på så sätt erhölls larvbandburna rörliga enheter med lätt justerbara master (typ Landsverk och Åkerman).

Slitsmursteknik användes i Sverige för första gången år 1957 som tätskärm vid ett kraftverksbygge.

IVA Pålkommission bildades 1959.

1960-67

Stålkärnepålar användes för första gången 1961 för grundläggning av en pappersmaskin i Iggesund.

Enkla stötvågsmätningar utförs på pålar. Dessa ledde till en övergång från stoppslagningsformler av typ Kreuger och Hiley baserade på energibetraktelser till ett standardiserat tabellförfarande baserat på stötvågsbetraktelser.

1968-75

Nya pålnormer kom 1968 (supplement till Svensk Byggnorm 1967). Normerade pålningsklasser A, B och C infördes.

Med utgångspunkt från stötvågsteoretiska betraktelser studerades möjligheterna att optimera stötvågen i pålen.

Framtagning och utprovning av moderna hydraulhejare av typ Borg (Uddcomb) samt helhydrauliska pålkranar av typ Banut och Junttan. Tallriksfjäderdynan provades.

Ny utgåva av Svensk byggnorm (SBN) med pålnormer kom 1975. Godkännanderegler till SBN 1975:8 "Pålar - regler för dimensionering samt för pålningens utförande".

1975-80

Grävpåleanvisningar kom 1979, som resultat av ett långvarigt utvecklingsarbete. Maskiner och arbetsteknik förbättrades.

Olika system av slanka korrosionsskyddade stålrörspålar slagna med "lätta" höghastighetshejare utvecklades och typgodkändes.

Stötvågsmätning och analys enligt CASE-metoden började tillämpas i Sverige från 1976. Det första internationella stötvågsseminariet arrangerades av IVA Pålkommission i Stockholm.

1980-90

Under hela 80-talet påverkades pålningstekniken framför allt av utvecklingen på datorsidan och av utvecklingen av dynamiska mätmetoder. Analysmetoderna förbättrades och hjälpmedel i form av signalmatchningsprogram som CAPWAP och simuleringsprogram som WEAP togs fram. Mätutrustning och givare förbättrades. Den andra internationella stötvågskonferensen arrangerades av IVA Pålkommission i Stockholm 1984.

Omfattande forskning vid Chalmers tekniska högskola om pålars funktionssätt ledde till ett antal viktiga doktorsavhandlingar inom pålningsområdet.

Typgodkännande av stoppslagningskrav och metoder betecknade S1, S2 och S3 innebar en acceptans av stötvågsmätning i pålningsklass A och ett nyanserat säkerhetstänkande. Lägre totalsäkerheter än tidigare accepteras vid utökad provning och verifiering.

Dimensionering av "samverkansgrundläggningar" i lera med en styv bottenplatta och samverkande sättningsreducerande mantelburna pålar, så kallade "kryppålar" började användas.

Fortsatt utveckling inom grundförstärkningsområdet med fler typer av slanka stålrörspålar, som utnyttjas för högre laster. Nya maskiner lämpade för arbeten i trånga utrymmen som "Källarmusen" samt fotpålar med "Expanderkroppar" för skonsammare pålgrundläggning i lösa friktionsjordar utvecklades. Nya påltyper i form av lågdeplacerande pålar som "G-pålen" och "SW-pålen", profilpålar för grundläggning i lera som "Vingpålen" samt jetinjekterade pålar utvecklades.

I slutet av 80-talet framkom ett flertal nya normer och anvisningar som kom att påverka utvecklingen inom pålområdet långt in på 90-talet. Hit räknas Plan- och Bygglagen (PBL), Boverkets Nybyggnadsregler (NR) och Bronorm 88. Nybyggnadsreglerna ledde till typgodkännanden inom pålområdet med delvis ny utformning. Under 1989 kom Pålkommissionens rapport 81 (Pålkommissionen, 1989) ut, där en ny, analytisk beräkningsmetod för beräkning av konstruktiv bärförmåga för en slank påle i lös lera presenterades. En metod som används än i dag.

Europeiska grundläggningsföreningen (EFFC) bildades i september 1989 och omedelbart därefter Svenska Pålentreprenörföreningen (PEF).

1990-2020

Borrade pålar i form av stålkärnepålar började bli vanliga i början av 90-talet, dels vid grundläggning med stora tryck- och dragkrafter, dels vid pålning genom blockig jord och fyllning. Pålkommissionens rapport 97 (Pålkommissionen, 2000a) underlättade användningen med anvisningar för projektering, dimensionering, utförande och kontroll.

I början på 2000-talet gav Pålkommissionen ut rapport 98 (Pålkommissionen, 2000b) om slanka stålrörspålar med bland annat stoppslagningsregler och riktlinjer för hantering av korrosion.

Rapport 102 (Pålkommissionen, 2004b) behandlar borrade injekterade pålar på samma sätt.

Rapport 100 (Pålkommissionen, 2004a) behandlar Kohesionspålar och framförallt deras geotekniska dimensionering.

I Rapport 103, Slagna friktionspålar (Pålkommissionen, 2009) redovisas information om projektering, dimensionering, utförande och kontroll av slagna friktionspålar.

Pålkommissionens rapport 104, Borrade stålrörspålar (Pålkommissionen, 2010) ökade användningen av borrade stålrörspålar, som blev den vanligaste påltypen vid grundläggning genom blockig jord/fyllning där slagna pålar inte bedömdes fungera.

I Rapport 106, Verifiering av geoteknisk bärförmåga för pålar enligt Eurokod (Pålkommissionen, 2014) ges tydliga regler och rekommendationer för dimensionering av pålars geotekniska bärförmåga.

Vad gäller stålpålars beständighet bör också Rapport 105 (Pålkommissionen, 2009) och Teknisk PM 4:2015 (Pålkommissionen, 2015b) nämnas.

Beträffande normer och beställarkrav så har det hänt en hel del under den här tiden.

Under 90-talet kom Bro 94 med nya stoppslagningsregler baserade på slagningssimulering.

Nya normer i form av BKR (Boverkets konstruktionsregler) infördes under 90-talet. BKR gällde fram till 2010 då EKS och eurokoderna tog över som gällande normsystem. De stoppslagningsregler som togs fram under 90-talet och början på 2000-talet är tillämpbara enligt eurokoderna som dimensionering med hävdvunna åtgärder.

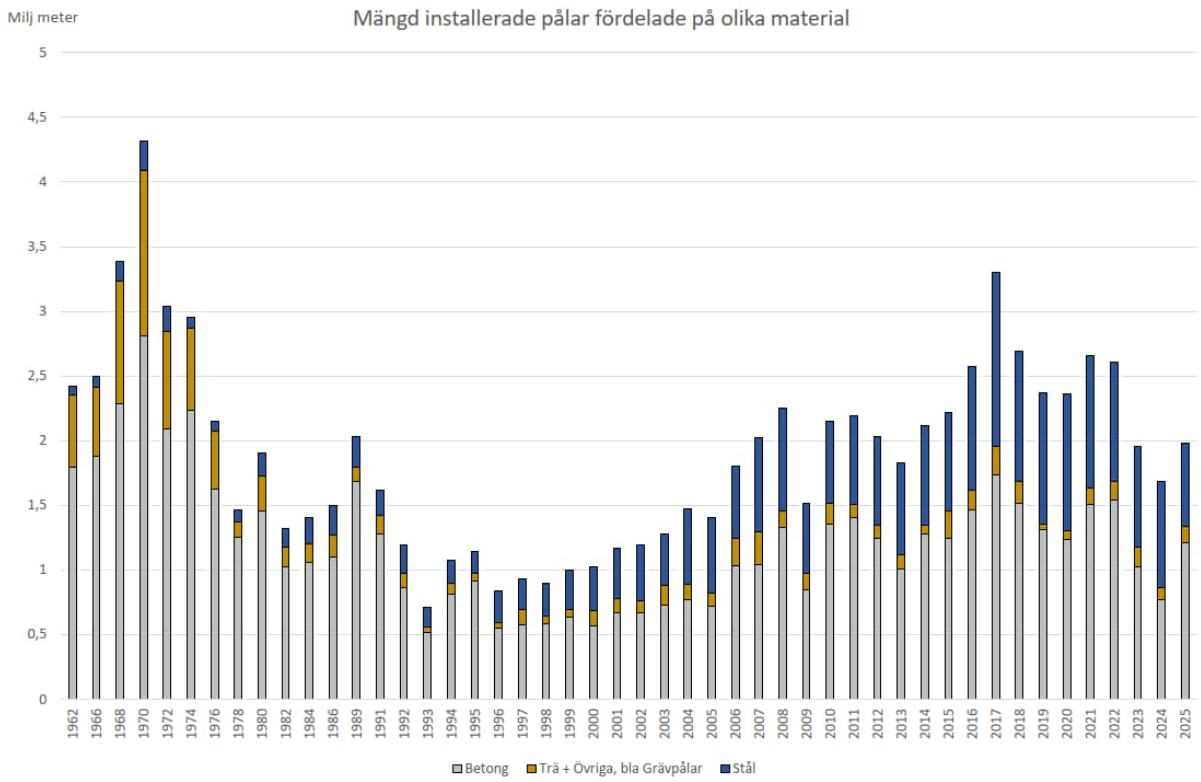
Pålkommissionen har under den här tiden gett ut rapporter och supplement till rapporter som beskriver beräkningsmetod för dimensionering av konstruktiv bärförmåga enligt eurokoder för axialbelastade och transversalbelastade pålar: Supplement nr 1 till rapport 81 (Pålkommissionen, 2011c), Rapport 84a (Pålkommissionen, 1995) och Supplement nr 1 till rapport 84a (Pålkommissionen, 2011d), Rapport 96:1 (Pålkommissionen, 1998) och Supplement nr 1 och 2 till rapport 96:1 (Pålkommissionen, 2003 och 2011b), Rapport 101 (Pålkommissionen, 2006) och Supplement nr 1 till rapport 101 (Pålkommissionen, 2016) samt Rapport 100 (Pålkommissionen, 2004a) och Supplement nr 1 till rapport 100 (Pålkommissionen, 2015a).

1.4.4 Pålstatistik

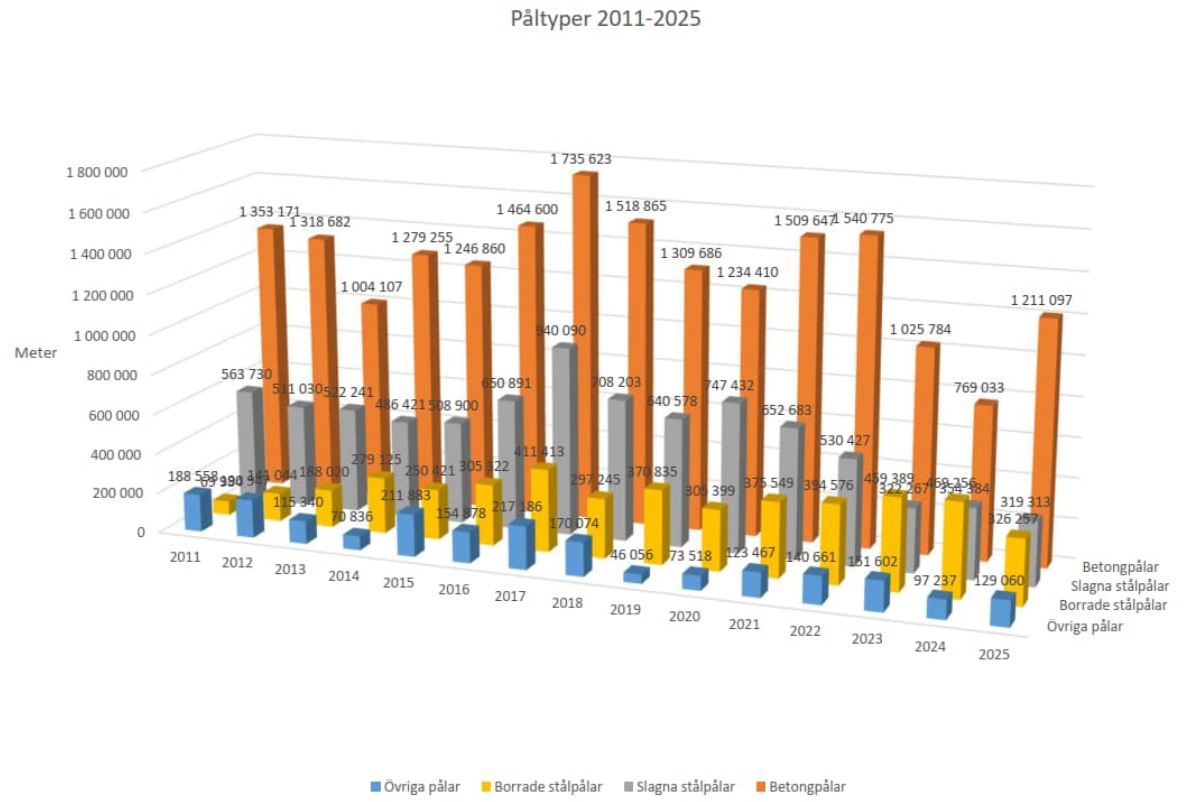
IVA Pålkommission har samlat in och publicerat statistik rörande pålningsverksamheten i Sverige sedan 1962. Den senaste redovisningen går fram till och med 2025. Fördelningen mellan betong-, stål- och träpålar samt övriga pålar framgår av Figur 1.5.

Historiskt installerades störst mängd pålar per år under slutet på 1960-talet och början på 1970-talet. Därefter minskade mängden installerade pålar per år till början på 1990-talet. En ökning av mängden installerade pålar har, med vissa fluktuationer, sedan skett från början på 1990-talet fram till idag, både vad gäller slagna betongpålar och stålpålar. En större andel av totala mängden installerade pålar utgörs 2025 av stålpålar jämfört med för 50 år sedan. Främst används slagna och borrade stålrörspålar med diameter <0,3 m. Under 2025 installerades exempelvis 61 % slagna betongpålar, 16 % slagna stålpålar, 16 % borrade stålpålar och 7 % övriga pålar. Övriga pålar avser exempelvis träpålar, injekterade pålar, grävpålar och vingpålar, där träpålar utgör den absolut största delen. Ett viktigt trendbrott är 2023, då det utfördes fler borrade stålpålar än slagna.

Viktigt att tänka på är att pålar med i princip samma utformning, idag belastas med avsevärt mycket större lasteffekter än tidigare. Skillnaden mot pålar på 70-talet är troligen mer än 100%.



a)



b)

Figur 1.5 Statistik över totala antalet slagna pålmeter i Sverige samt fördelningen på olika material 1962 – 2025 under perioden 1962 – 2025 (a) och 2011 – 2025 (b) (Pålkommissionen, 2026a)

1.5 PÅLTYPER SOM BEHANDLAS I HANDBOKEN

1.5.1 Allmänt

I Pålhandboken beskrivs de flesta på marknaden förekommande påltyper. Nedan ges en kort introduktion avseende förekommande påltyper.

Pålar kan delas in i två huvudgrupper efter installationssätt och det är slagna pålar och borrade pålar. Slagna pålar installeras vanligtvis med en hejare (hammare) som antingen får falla fritt på pålskallen eller skjuts med gas- eller hydraultryck mot pålskallen. Pålar kan i vissa jordar alternativt installeras med vibrering eller tryckning. Borrade pålar installeras vanligtvis med en roterande borrsträng i pålen samtidigt som pålen drivs nedåt genom jorden med lätta hammarslag i borrutrustningen eller på pålen.

De slagna påltyperna är:

- **Prefabricerade betongpålar**
- **Stålpålar**
    - Stålrörspålar
    - Valsade stålprofiler
- **Träpålar**
- **Kombipålar betong/trä**
- **Kombipålar stål/betong**

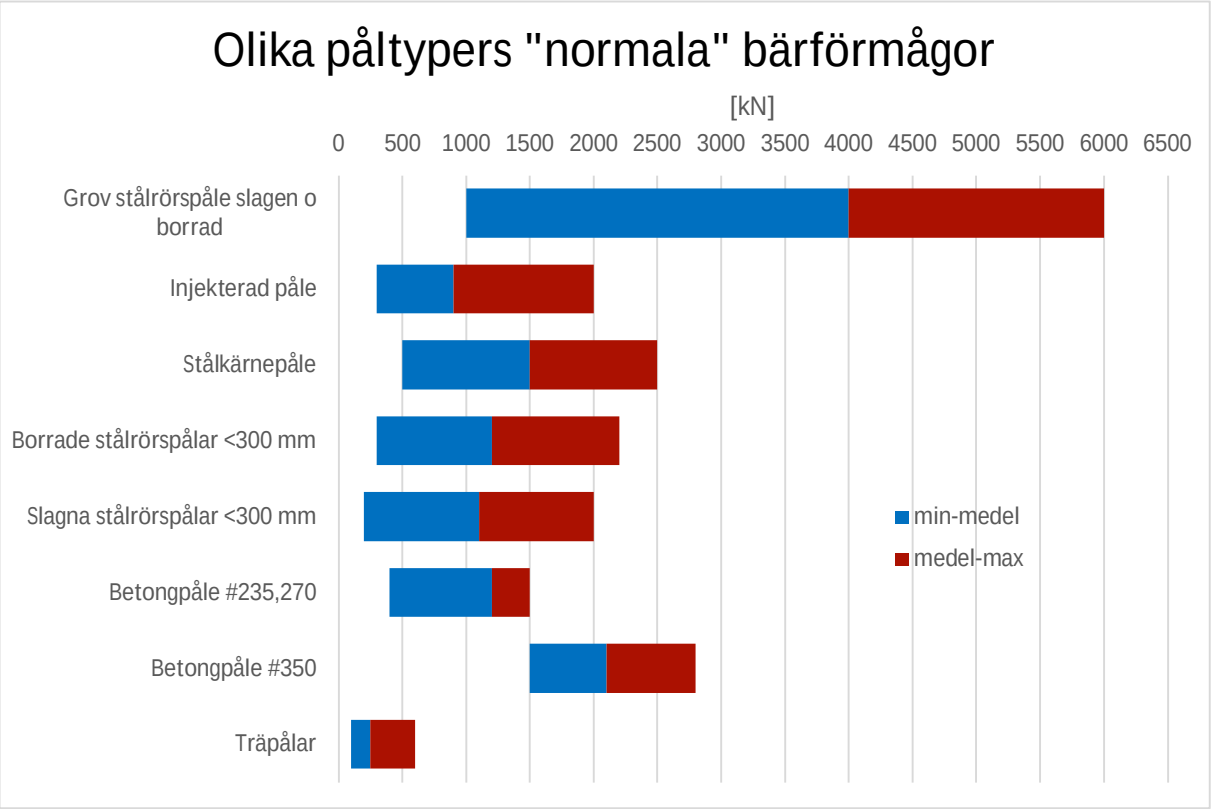
De borrade påltyperna är:

- **Borrade stålrörspålar**
- **Stålkärnepålar**
- **Borrade injekterade pålar**
- **Grävpålar**, där massorna tas ut med skruv eller gripskopa

De vanligaste påltyperna (se pålstatistiken) är prefabricerade betongpålar, slagna stålrörspålar, borrade stålrörpålar och träpålar, antingen som rena träpålar eller i kombination med överpåle av betong.

Träpålar är bra ur ett miljömässigt perspektiv då CO_2-avtrycket är lågt.

Vanlig bärförmåga för de olika påltyperna redovisas i Figur 1.6.



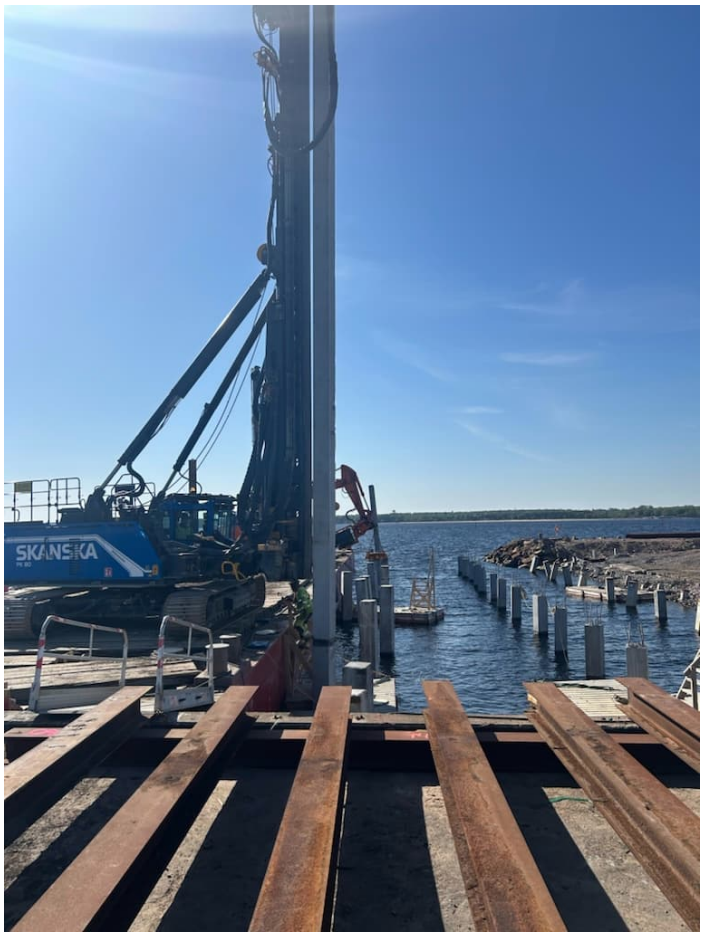
Figur 1.6 Vanliga spann för bärförmåga för olika påltyper.

1.5.2 Prefabricerade betongpålar

Prefabricerade betongpålar, i dagligt tal enbart benämnda ”betongpålar”, är den vanligaste påltypen i Sverige. Pålarna utformas enligt den europeiska produktstandarden SS-EN 12794:2005+A1:2007/AC: 2008 (SIS, 2008). Standarden är en harmoniserad standard vilket innebär att påltillverkningen ska vara certifierad och pålhandlingarna ska innehålla en prestandadeklaration i enlighet med standarden. Därmed är alla pålar också CE-märkta. Pålarna förses vanligtvis med både skarvar och bergskor. Vanliga pålelementlängder är 5-14 m. De vanligaste dimensionerna är kvadratiska pålar med kantmått 235, 270 och 350 mm. Pålarna installeras med pålkran med tung fallhejare, se pålning med betongpålar i Figur 1.7.

Utförande med prefabricerade betongpålar beskrivs i den europeiska utförandestandarden SS-EN 12699:2015, Utförande av geokonstruktioner - Massundanträngande pålar (SIS, 2015a).

En mer detaljerad beskrivning av prefabricerade betongpålar, inklusive skarvar och bergskor, redovisas i kapitel 3.



Figur 1.7 Pålning med prefabricerade betongpålar.

1.5.3 Träpålar

Trä har historiskt en lång tradition som pålmaterial för grundläggning av olika typer av konstruktioner. Idag används träpålar huvudsakligen som kohesionspålar i form av kombipålar för permanenta konstruktioner och för temporära konstruktioner t.ex. ställningspålning, pålning för arbetsytor och pålbryggor. Intresset för träpålar är på väg uppåt, inte minst ur ett CO_2 - perspektiv. Träpålar ska vara av friskt virkeoch utan djupare gående blåträ eller insektsangrepp. Träpålarna installeras med rotändan uppåt. Vanligaste toppdiametrarna varierar mellan 125 mm (5”) och 250 mm (10”). För den klenaste diametern finns ofta upp till 20 m långa pålar och för den största diametern brukar längden maximalt vara 13 m. Skarvning av träpåle mot träpåle rekommenderas inte i ett normalfall. Det finns skarvar på marknaden av dubbel hylstyp för ändamålet, men det är problem att praktiskt få till en bra kvalitet på skarvningen. Träpålar kan utföras med en pålsko av plåt, eller med sprickringar för att skydda pålen vid drivning. Träpålar slås vanligtvis inte till berg. I Figur 1.8 och Figur 1.9 visas exempel på träpålade pålbryggor

Det kan vara på sin plats att påpeka att s.k. ”Lätt bankpålning med träpålar” av obehandlat timmer, vilket ibland även kallas för ”Norrlandspålning” endast är en sättningsreducerande markförstärkning och inte en träpålning.

Utförande med träpålar beskrivs i den europeiska utförandestandarden SS-EN 12699:2015, Utförande av geokonstruktioner - Massundanträngande pålar (SIS, 2015a).

En mer detaljerad beskrivning av träpålar redovisas i kapitel 3.



Figur 1.8 Pålbrygga grundlagd på träpålar för användning som arbetsbrygga för pålning och betongarbeten.



Figur 1.9 Pålbrygga grundlagd på träpålar, för lansering av tunga konstruktioner.

1.5.4 Kombinationspåle trä + betong

Kombinationspåle med överpåle av betong och underpåle av trä är en förhållandevis vanlig påltyp vid grundläggning av hus med kohesionspålar i mäktiga lager av lera. Pålarna skarvas med en special-skarv som utformas som en hylsa mot träsidan av pålen. Hylsan i Figur 1.10 och Figur 1.11 trycks in i träpålen och hålls kvar med en hullingliknande plåtkona i skarven. Andra hylsskarvar saknar hulling. Det finns även skarvar med en utvändig hylsa som förankras i träpålen med grova ekspik som slås genom förborrade hål i stålhylsan. Betongpålen ska minst vara så lång att träpålen i sin helhet hamnar i kohesionsjord under eventuell fyllning och på ett betryggande djup under grundvattenytan.



Figur 1.10 Betongpålar med ingjutna skarvhylsor för skarvning till träpåle.



Figur 1.11 Kombipålar, betongpåledel skarvas till träpåle.

Utförande med kombinationspålar av trä och betong beskrivs i den europeiska utförandestandarden SS-EN 12699:2015, Utförande av geokonstruktioner - Massundanträngande pålar (SIS, 2015a).

En mer detaljerad beskrivning av kombinationspåle trä + betong redovisas i kapitel 3.

1.5.5 Slagna stålrörspålar

Vanliga dimensioner är 75x6,3 mm till 406x12,5 mm, mindre vanliga är grövre dimensioner >500 mm. Det finns olika typer av skarvar till pålarna såsom hylsor som håller ihop pålarna med friktion, gängade

skarvhylsor och svetsade skarvar. Det finns pålar som är CE-märkta enligt ETA (European Technical Assessment), men leverantörer av pålarna har ingen skyldighet att CE-märka pålarna. Stålrören ska vara CE-märkta och tillverkningen av pålarna ska vara CE-märkt enligt SS-EN 1090-1:2009+A1:2011 (SIS, 2011b).

Pålarna fylls vanligtvis med cementbruk som korrosionsskydd. Pålar med små dimensioner, upp till cirka 170 mm, installeras vanligtvis med hydraulhejare monterade på lätta maskiner, se Figur 1.12.



Figur 1.12 Installation av stålrörspåle med mindre dimension.

Stålrörspålar med en diameter >170 mm kräver större pålkranar för installation, stoppslagning och verifiering av bärförmåga. Påltypen finns i dimensioner upp till 1220 mm och med godstocklekar 10-24 mm, se exempel i Figur 1.13. Den vanligaste skarvmetoden är hylsskarvar upp till dimension 406 mm, därutöver svetsade skarvar. För dimension upp till 508 mm finns det även gängade skarvhylsor. Det finns pålar som är CE-märkta enligt ETA. Leverantörer av pållarna har ingen skyldighet att CE-märka pålarna. Stålrören ska däremot alla vara CE-märkta och tillverkningen av pålarna ska vara CE-märkt enligt SS-EN 1090-1:2009+A1:2011 (SIS, 2011b). Figur 1.14 visar installation av slagna stålrörspålar med stora dimensioner.

Pålarna kan fyllas med betong för att öka den konstruktiva bärförmågan och/eller som invändigt korrosionsskydd.



Figur 1.13 Grov stålrörspåle (610 mm) med bergsko.





Figur 1.14 Överst: Installation av slagen stålrörspåle från pålbrygga. Underst: Installation av slagen stålrörspåle vid CityGate.

Utförandet med slagna stålrörspålar beskrivs i den europeiska utförandestandarden SS-EN 12699:2015, Utförande av geokonstruktioner - Massundanträngande pålar (SIS, 2015a).

En mer detaljerad beskrivning av slagna stålrörspålar redovisas i kapitel 3.

1.5.6 Borrade slanka stålrörspålar

Borrade slanka stålrörspålar definieras som pålar med en diameter ≤300 mm installerade genom borrning, se Figur 1.15. Vanliga dimensioner är 115x6,3 - 273x12,5 mm. Pålarna skarvas med gängade skarvhylsor eller med svetsning. Det finns pålar som är CE-märkta enligt ETA. Leverantörer av pålarna har ingen skyldighet att CE-märka pålarna. Stålrören ska vara CE-märkta och tillverkningen av pålarna ska vara CE-märkt enligt SS-EN 1090-1:2009+A1:2011 (SIS, 2011b).

Pålarna fylls vanligtvis med cementbruk som korrosionsskydd.



Figur 1.15 Installation av borrade slanka stålrörspålar.

Utförandet med borrade slanka stålrörspålar beskrivs i den europeiska utförandestandarden SS-EN 14199:2015, Utförande av geokonstruktioner – Mikropålar (SIS, 2015b).

En mer detaljerad beskrivning av borrade slanka stålrörspålar redovisas i kapitel 3.

1.5.7 Borrade grova stålrörspålar

Borrade grova stålrörspålar utförs i samma dimensioner som slagna grova stålrörspålar, 323-1220 mm med godstjocklek på 8-24 mm. Pålarna kan utföras med svetsade skarvar eller gängade skarvhylsor. I Figur 1.16 visas installation av en borrad grov stålrörspåle.



Figur 1.16 Installation av borrad grov stålrörspåle.

Utförandet med borrade grova stålrörspålar beskrivs i den europeiska utförandestandarden SS-EN 1536:2010+A1:2015, Utförande av geokonstruktioner – Grävpålar (SIS, 2015c).

En mer detaljerad beskrivning av borrade grova stålrörspålar redovisas i kapitel 3.

1.5.8 Kombinationspålar av stål och betong

Kombinationspåle med överpåle av stål och underpåle av betong är en påltyp som kan komma till användning när övre delen av pålen utsätts för belastningar som kräver både hög böjstyvhet och hög momentkapacitet. Pålarna skarvas med en specialskarv, där ena skarvhalvan svetsas till stårörspålen medan den andra halvan gjuts in i den prefabricerade underpålen. Skarvarna är i princip enbart skarvar till betongpålar som anpassas till att kunna monteras på ett stålrör. Pålarna installeras genom slagning.

Utförande med slagna kombinationspålar av stål och betong omfattas av den europeiska utförandestandarden SS-EN 12699:2015, Utförande av geokonstruktioner - Massundanträngande pålar (SIS, 2015a).

En mer detaljerad beskrivning av kombinationspålar av stål och betong redovisas i kapitel 3.

1.5.9 Stålkärnepålar

Stålkärnepålen består av ett foderrör och en massiv stålkärna som centreras i foderröret. Foderröret borras genom jorden in i friskt berg. Vanligtvis skarvas foderrören genom svetsning men det förekommer även gängade skarvar. Borrningen fortsätter ytterligare en bit med en borrkrona som anpassas till

storleken på stålkärnan under foderröret. Stålkärnan korrosionsskyddas av det kvarlämnade borröret samt det cementbruk som injekteras i utrymmet mellan stålkärnan och borröret.

Diametern för stålkärnan varierar vanligtvis mellan 70 och 200 mm, men större dimensioner förekommer. I Figur 1.17 visas installerade stålkärnepålar avsedda för tryck- och dragkrafter.

Stålkärnepålar omfattas av den europeiska utförandestandarden SS-EN 14199:2015, Utförande av geokonstruktioner – Mikropålar (SIS, 2015b). Utförandestandarden omfattar pålar med diameter ≤300 mm.

En mer detaljerad beskrivning av stålkärnepålar redovisas i kapitel 3.



Figur 1.17 Stålkärnepålar avsedda för både tryck och dragkrafter är försedda med topplatta och förankringsjärn.

1.5.10 Borrade injekterade pålar

Borrade och injekterade pålar installeras genom samtidig borrning och injektering av cementbruk. En engångsborrkrona, anpassad efter jord- eller bergart, skruvas fast på det helgängade, ihåliga stålet. Injekteringsbruket går genom stålet och ut i borrkronan genom ett eller flera utlopp, riktade radiellt eller vertikalt beroende på borrkrona. Skarvning sker med gängade skarvhylsor. Genom att kontinuerligt trycka ut cementbruk skapas ett täckskikt längs hela stålets längd, se Figur 1.18. Borrkronans storlek och jordens egenskaper påverkar storleken på betongkroppen som bildas runt borrstålet. Påltypen kan användas för både tryck- och dragkrafter. Påltypen är vanligtvis mantelburen men kan även borras in i berg och fungera som spetsburen påle.

Utförandet med borrade injekterade pålar omfattas av den europeiska utförandestandarden SS-EN 14199:2015, Utförande av geokonstruktioner – Mikropålar (SIS, 2015b).

En mer detaljerad beskrivning av borrade injekterade pålar redovisas i kapitel 3.



Figur 1.18 Installation och provbelastning av borrad injekterad påle.

1.5.11 Grävpålar

Grävda eller borrade pålar med relativt stor diameter är den vanligaste påltypen i många länder. Det är en icke massundanträngande påle av betong. Vanliga påldiametrar är mellan 0,6 och 2,0 m, men exempel finns på både större och mindre diametrar.

Pålarna tillverkas genom att ett hål grävs eller borras i jorden i vilket pålen gjuts, med eller utan armering. Hålet grävs eller borras ned till bärkraftiga jordlager eller berg om pålen ska vara spetsburen eller till erforderligt djup för att erhålla tillräcklig mantelbärförmåga. För schaktningen används antingen en fritt hängande eller gejderstyrd hydraulgripskopa eller någon typ av jordskruv (auger). I fasta och blockiga jordar tunga fallmejslar, eller till och sprängning, krävas för att kunna schakta sig ned. Det är ofta nödvändigt att stabilisera schaktväggarna i hålet. Detta sker enklast med vatten eller med en borrvätska bestående av bentonitlera och vatten. Det krävs stora och tunga maskiner för installation av grävpålar med stor diameter, se Figur 1.19.

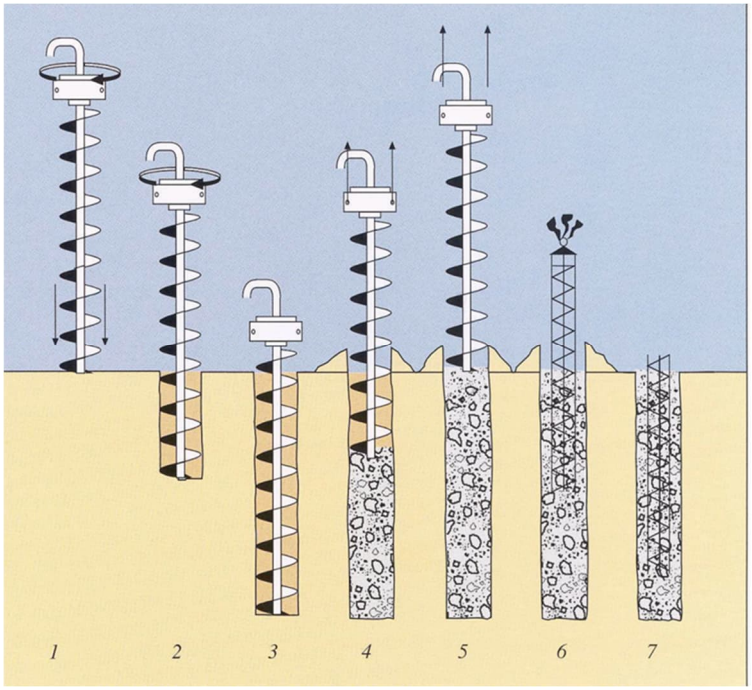
CFA-pålar (Continuous Flight Auger), utförs utan foderrör och den uppborrade jorden ersätts kontinuerligt med betong, när borren dras upp ur marken. Därefter installeras en armeringskorg i den färska betongen, se Figur 1.20.

Utförandet med grävpålar beskrivs i den europeiska utförandestandarden SS-EN 1536: 2010+A1:2015, Utförande av geokonstruktioner – Grävpålar (SIS, 2015c).

En mer detaljerad beskrivning av grävpålar redovisas i kapitel 3.



Figur 1.19 Borrutrustning för installation av grävpålar i Malmö.



Figur 1.20 Principbild för utförande av en s.k. CFA-pålar.

1.6 FRAMTIDA UPPDATERINGAR AV PÅLHANDBOKEN

I Pålhandboksprojektet har tio kapitel tagits fram avseende underlag för projektering, projektering, upphandling, dimensioneringsprinciper, konstruktiv dimensionering, geoteknisk dimensionering, utförande, kontroll och verifiering samt omgivningspåverkan. Arbetet har utförts med den budget och de personella resurser som varit möjlig att erhålla för projektet. I förutsättningarna för projektet ingick att handboken inte skulle vara helt komplett vid utgivningen.

Ansvaret för uppdatering av Pålhandboken ligger på Pålkommissionens styrelse. Styrelsen kommer, för varje verksamhetsår, att besluta vilka uppdateringsarbeten som är möjliga att utföra, med hänsyn till tillgängliga resurser. Nedan följer en sammanställning av de uppdateringar som planeras i framtiden. Sammanställningen är inte gjord i prioritetsordning. Detta är en uppgift framledes för Pålkommissionens styrelse.

Synpunkter på Pålhandbokens innehåll

Pålkommissionen kommer att systematiskt och kontinuerligt ta emot och sammanställa synpunkter på innehållet i olika kapitel i Pålhandboken. Baserat på dessa sammanställningar kommer erforderliga uppdateringar att göras när behov finns.

Vakanta avsnitt eller kapitel i Pålhandboken

I de första versionerna av Pålhandboken finns följande vakanta avsnitt eller kapitel, som kommer att uppdateras efterhand:

- Kapitel 1, bilaga med Definitioner och begrepp.
- Kapitel 3, avsnitt om Grundförstärkning, Befintliga pålar och Övriga påltyper.
- Kapitel 5, avsnitt om Transversella laster och lasteffekter.
- Kapitel 6, avsnitt om Träpålar, Kombinationspålar – trä och betong, Grävpålar, Kombinationspålar – stål och betong, Samverkanspålar av stål och betong samt bilagor avseende Härledning av analytisk beräkningsmetod och Beräkningsexempel för betongpåle och stålrörspåle.
- Kapitel 7, avsnitt om Bedömning av geoteknisk bärförmåga hos befintliga pålar samt bilaga avseende Beräkningsexempel kohesionspålar. En mer utförlig beskrivning av påhängslaster kommer att tas fram.
- Kapitel 8, avsnitt om Grundförstärkning.
- Kapitel 9, avsnitt om Befintliga pålar.
- Kapitel 11, Riskhantering.

Nya normer

I samband med att standarder revideras erfordras uppdatering av Pålhandboken antingen genom att hänvisningar till olika standarder behöver ändras och i vissa fall att texter, tabeller eller figurer behöver revideras eller bytas ut. Detta kan ske framledes genom att inventering av normförändringar görs med jämna mellanrum.

Den största förändringen i närtid är den nya generationen eurokoder, vilket påverkar de flesta kapitel, men till största delen de kapitel som behandlar dimensionering av pålar. Efter att nya nationella tillägg och tillämpningsdokument, som reglerar den svenska tillämpningen av eurokoderna, tagits fram är det lämpligt att påbörja ett arbete med uppdatering med hänsyn till den nya generationen eurokoder.

Ny kunskap

Pålhandboken kommer att uppdateras då det i olika utvecklingsprojekt i Pålkommissionens regi eller annan forskning framkommer ny kunskap som bör inarbetas i Pålhandboken. Exempel på dokument som kommer att inarbetas i Pålhandboken är:

- Rapport 108 - Samverkanspålar av stål & betong (Pålkommissionen, 2024).
- Teknisk PM 3:2015 - Litteraturstudie cyklisk belastning av pålar (Pålkommissionen, 2015c).
- Teknisk PM 1:2020 - Islaster mot pålar (Pålkommissionen, 2020).
- Teknisk PM 4:2015 - Korrosion av stålkonstruktioner med lång förväntad livslängd (Pålkommissionen, 2015b).
- Teknisk PM 1:2026 - Omgivningspåverkan vid borrning av pålar, spont och stag (Pålkommissionen, 2026b).

1.7 REFERENSER

Boverket, 2011. *BFS 2011:10, EKS 8, Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder)*.

Boverket, 2022. *BFS 2022:4 EKS 12, Boverkets föreskrifter om ändring i Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2011:10) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder).*

IEG, 2013. *IEG Rapport 2:2008, rev 3, Tillämpningsdokument, Grunderna i Eurokod.* ISBN 978-91-87683-00-8.

IEG, 2016. *IEG Rapport 8:2008, Rev 3, Tillämpningsdokument EN 1997-1 Kapitel 7, Pålgrundläggning.*

Olsson, C. och Holm, G., 1993. *Handboken Pålgrundläggning*, Svensk Byggtjänst och Statens geotekniska institut.

Pålkommissionen, 1970. *Bergdubbens hållfasthet, Resultat av statiska belastningsförsök*. Författare: Sven-Erik Rehnman.

Pålkommissionen, 1979a. *Rapport 58 Grävpåleanvisningar, Dimensionering, utförande och kontroll av grävda, i jorden gjutna pålar*.

Pålkommissionen, 1979b. *Rapport 60 - Negativ mantelfriktion längs pålar*. Författare: Bengt Broms.

Pålkommissionen, 1980. *Rapport 59 - Anvisningar för provpålning med efterföljande provbelastning*.

Pålkommissionen, 1983. *Rapport 54 - Pålgrupper med sidomotstånd och inspänning.* Författare: Håkan Bredenberg och Bengt Broms.

Pålkommissionen, 1985. *Rapport 77 - Grävpålar i friktionsjord, Anvisningar för dynamisk förbelastning*. Författare: Bo Berggren och Per-Evert Bengtsson.

Pålkommissionen, 1988. *Rapport 79 - Expanderkroppar, Anvisningar för dimensionering, utförande och kontroll*. Författare: Bo Berggren, Eskil Sellgren och Staffan Wetterling.

Pålkommissionen, 1989. *Rapport 81 – Systempålar, Stödpålar av höghållfasta, korrosionsskyddade stålrör, slagna med lätta höghastighetshejare, Anvisningar för beräkning av dimensionerande bärförmåga*. Författare: Anders Fredriksson, Sven Hultsjö och Håkan Stille.

Pålkommissionen, 1990a. *Rapport 82 - β-metoden vid pålberäkning, En förstudie*. Författare: Claes Alén, Mats Jansson, Hans Lindgren, Lars Olsson och Jan Romell.

Pålkommissionen, 1990b. *Rapport 83 - Beräkning av pålars last-rörelsesamband med utgångspunkt från sonderingsdata*. Författare: Håkan Bredenberg och Staffan Hintze.

Pålkommissionen, 1995. *Rapport 84a - Beräkning av dimensionerande lastkapacitet för slagna pålar m.h.t. pålmaterial och omgivande jord*.

Pålkommissionen, 1991a. *Rapport 86 - Friktionspålars bärförmåga och last/förskjutningssamband, En jämförelse mellan olika beräkningsmetoder och statisk och dynamisk provbelastning*. Författare: Karin Rankka.

Pålkommissionen, 1991b. *Rapport 87 - Bro C339 över Ekolsundsviken, Grundläggning på stålrörspålar, Konstruktion och arbetsutförande*. Författare: Håkan Bredenberg.

Pålkommissionen, 1992a. *Rapport 88 - Sprickbildning i betongpålar slagna i vatten eller i jordarter med hög permeabilitet*. Författare: Stig Bernander.

Pålkommissionen, 1992b. *Rapport 89 - Integritetskontroll av pålar med stötvågsmätning*. Författare: Ingemar Hermansson, Jan Romell och Carl-John Grävare.

Pålkommissionen, 1993a. *Rapport 90 - Grova stålrörspålar – anvisningar för dimensionering, utförande och kontroll*.

Pålkommissionen, 1993b. *Rapport 92 - Datorsimulering av pålslagning*. Författare: Bo Berglars, Carl-John Grävare, Per Löfling och Lars Weiner.

Pålkommissionen, 1994a. *Rapport 91 - Friktionspålar- bärförmågans tillväxt med tiden*. Författare: Björn Åstedt, Lars Weiner och Göran Holm.

Pålkommissionen, 1994b. *Rapport 93 - Korrosion och korrosionsskydd av stålpålar och stålspont i jord och vatten*. Författare: Göran Camitz.

Pålkommissionen, 1996. *Rapport 94 - Standardpålar av betong - lastkapacitet och geoteknisk bärförmåga*.

Pålkommissionen, 1997. *Rapport 95 - Omgivningspåverkan vid pål- och spontslagning*. Författare: Staffan Hintze, Sven Liedberg, Rainer Massarsch, Magnus Hanson, Hans Elvhammar, Björn Lundahl och Sven-Erik Rehnman.

Pålkommissionen, 1998. *Rapport 96:1 - Dimensioneringsprinciper för pålar, Lastkapacitet*.

Pålkommissionen, 2000a. *Rapport 97 - Stålkärnepålar, Anvisningar för projektering, dimensionering utförande och kontroll*. Författare: Håkan Bredenberg.

Pålkommissionen, 2000b. *Rapport 98 - Dimensioneringsanvisningar för slagna slanka stålpålar*. Författare: Åke Bengtsson, Bo Berglars, Sven Hultsjö och Jan Romell.

Pålkommissionen, 2000c. *Rapport 99 - Vibratorers användningsmöjligheter vid drivning av pålar och spont*. Författare: K. Rainer Massarsch.

Pålkommissionen, 2003. *Supplement nr 1 till rapport 96:1 - Dimensioneringsprinciper för pålar, Lastkapacitet.*

Pålkommissionen, 2004a. *Rapport 100 - Kohesionspålar*. Författare: Per Eriksson, Leif Jendeby, Tord Olsson, Tomas Svensson.

Pålkommissionen, 2004b. *Rapport 102 - Injekterade pålar*. Författare: Stefan Aronsson, Torbjörn Edstam och Urban Svensson.

Pålkommissionen, 2006. *Rapport 101 - Transversalbelastade pålar - statiskt verkningssätt och dimensioneringsanvisningar*. Författare: Per-Ola Svahn och Claes Alén.

Pålkommissionen, 2007a. *Rapport 103 - Slagna friktionspålar*. Författare: Gary Axelsson och Sadek Baker.

Pålkommissionen, 2007b. *Information 2007:1 – Pålgrundläggning, Grundinformation för projektörer*.

Pålkommissionen, 2008. *Tekniskt PM 1:2008 – Utredning av dimensioneringsprinciper för bergskor och skarvar till pålar.* Författare: Gunnar Holmberg, Ebbe Rosell, Mikko Toivonen, Håkan Karlsson, Fredrik Andersson, Leena Haabma Hintze, Göran Camitz, Ulf Bergdahl och Gunnar Westberg.

Pålkommissionen, 2009. *Rapport 105 - Stålpålars beständighet mot korrosion i jord, En sammanställning av kunskaper och erfarenheter*. Författare: Göran Camitz, Ulf Bergdahl och Tor-Gunnar Vinka.

Pålkommissionen, 2010. *Rapport 104 - Borrade stålrörspålar, Anvisningar för projektering, dimensionering, utförande och kontroll*. Författare: Håkan Bredenberg, Bo Berglars, Wilhelm Rankka, Gunnar Holmberg, Sami Eronen och Hannu Jokiniemi.

Pålkommissionen, 2011a. *Supplement nr 2 till Pålkommissionen rapport 96:1, Bilaga 1 – Beräkning - Pålelement betongpåle SP2*.

Pålkommissionen, 2011b. *Supplement nr 2 till Pålkommissionen rapport 96:1, Bilaga 2 – Beräkning Stålrörspåle ⌀114,3x6,3 med stål SS-EN 10219 S420J2H*.

Pålkommissionen, 2011c. *Supplement nr 1 till rapport 81 - Systempålar, Stödpålar av höghållfasta, korrosionsskyddade stålrör, slagna med lätta höghastighetshejare, Anvisningar för beräkning av dimensionerande bärförmåga*.

Pålkommissionen, 2011d. *Supplement nr 1 till rapport 84a - Beräkning av dimensionerande lastkapacitet för slagna pålar medhänsyn till pålmaterial och omgivande jord*.

Pålkommissionen, 2012. *Tekniskt PM 1:2012 - Accelererande hejare, En studie av effektiviteten utvärderad från stötvågsmätningar.* Författare: Ingemar Hermansson, Mattias Grävare och Thomas Bjerendahl.

Pålkommissionen, 2014. *Rapport 106 - Verifiering av geoteknisk bärförmåga för pålar enligt Eurokod, Praktiska råd och rekommendationer vid projektering och kontroll*. Författare: Peter Alheid, Gary Axelsson, Bo Berggren, Bo Berglars, Ingemar Hermansson och Fredrik Sarvell.

Pålkommissionen, 2015a. *Supplement nr 1 till rapport 100, Kohesionspålar*.

Pålkommissionen, 2015b. *Teknisk PM 4:2015 - Korrosion av stålkonstruktioner med lång förväntad livslängd – nulägessammanställning*. Författare: Bertil Sandberg.

Pålkommissionen, 2015c. *Teknisk PM 3:2015 - Litteraturstudie cyklisk belastning av pålar*. Författare: Anders Beijer Lundberg och Gary Axelsson.

Pålkommissionen, 2016. *Supplement nr 1 till rapport 101 Transversalbelastade pålar – statiskt verkningssätt och dimensioneringsanvisningar.*

Pålkommissionen, 2018. *Teknisk PM 2:2018 - Rekommendationer för svetsning. Författare: Björn Lindhe, Peter Alheid och Håkan Karlsson.*

Pålkommissionen, 2020. *Teknisk PM 1:2020 - Islaster mot pålar.* Författare: Henrik Mayor, Anders Sagemo och Per-Olof Johansson.

Pålkommissionen, 2024. *Rapport 108 – Samverkanspålar av stål & betong*. Författare: Håkan Karlsson, Simon Håkansson och Fredrik Sarvell.

Pålkommissionen, 2026a. *Pålstatistik för Sverige 2025, version 2*.

Pålkommissionen, 2026b. *Teknisk PM 1:2026 - Omgivningspåverkan vid borrning av pålar, spont och stag.* Författare: Olle Kvick och Oscar Ögren.

SIS, 2002. *SS-EN 1990+A1:2005 - Eurokod – Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk.*

SIS, 2002-2006. *SS-EN 1991. Avser följande eurokoder: SS-EN 1991-1-1+ AC:2009: Tunghet, egentyngd, nyttig last för byggnader, SS-EN 1991-1-2+AC2:2013,: Allmänna laster – Termisk och mekanisk verkan av brand, SS-EN 1991-1-3+AC:2009, A1:2015: Allmänna laster – Snölast, SS-EN 1991-1-4:2005+AC:2009, AC:2010, A1:2010: Allmänna laster – Vindlast, SS-EN 1991-1-5+AC:2009: Allmänna laster – Temperaturpåverkan, SS-EN 1991-1-6:2005+AC:2013: Allmänna laster - Last under byggskedet, SS-EN 1991-1-7:2006+AC:2010, A1:2014: Allmänna laster – Olyckslast, SS-EN 1991-2+AC:2010: Trafiklast på broar, SS-EN 1991-3:2006+AC:2013: Last av kranar och maskiner, SS-EN 1991-4:2006+AC:2013: Silor och behållare.*

SIS, 2004a. *SS-EN 1995-1-1:2004+AC:2006, A2:2014, A1:2008 - Eurokod 5: Dimensionering av träkonstruktioner - Del 1-1: Allmänt - Gemensamma regler och regler för byggnader.*

SIS, 2004b. *SS-EN 10025-1:2004 - Varmvalsade konstruktionsstål - Del 1: Allmänna tekniska leveransbestämmelser*.

SIS, 2005a. *SS-EN 1992-1-1:2005+AC:2010, A1:2014 - Eurokod 2: Dimensionering av betongkonstruktioner - Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader.*

SIS, 2005b. *SS-EN 1992-2:2005+AC:2008 - Eurokod 2: Dimensionering av betongkonstruktioner - Del 2: Broar.*

SIS, 2005c. *SS-EN 1993-1-1:2005+AC:2009, A1:2014 - Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner - Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader*.

SIS, 2005d. *SS-EN 1993-1-9:2005+ AC:2009 - Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner - Del 1-9: Utmattning.*

SIS, 2005e. *SS-EN 1994-1-1:2005+ AC:2009 - Eurokod 4: Dimensionering av samverkanskonstruktioner i stål och betong - Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader*.

SIS, 2005f. *SS-EN 1997-1:2005+AC:2009, A1:2013 - Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner - Del 1: Allmänna regler*.

SIS, 2005g. *SS-EN 10080:2005 - Armeringsstål - Svetsbart armeringsstål – Allmän*t.

SIS, 2006a. *SS-EN 1993-2:2006+ AC:2013 - Eurokod 3 : Dimensionering av stålkonstruktioner - Del 2: Broar.*

SIS, 2006b. *SS-EN 10083-1:2006 - Seghärdningsstål - Del 1: Allmänna tekniska leveransbestämmelser (ersatt av SS-EN ISO 683-1:2018).*

SIS, 2006c. *SS-EN 10083-2:2006 - Seghärdningsstål - Del 2: Tekniska leveransbestämmelser för olegerade stål (ersatt av SS-EN ISO 683-1:2018).*

SIS, 2006d. *SS-EN 10083-3:2006 - Seghärdningsstål - Del 3: Tekniska leveransbestämmelser för legerade stål (ersatt av SS-EN ISO 683-1:2018).*

SIS, 2006e. *SS-EN 10210-1:2006 - Varmformade eller värmebehandlade konstruktionsrör av olegerade stål och finkornstål - Del 1: Tekniska leveransbestämmelser.*

SIS, 2006f. *SS-EN 10219-1:2006 - Kallformade svetsade konstruktionsrör av olegerat stål och finkornstål - Del 1: Tekniska leveransbestämmelser.*

SIS, 2006g. *SS-EN ISO 17660-1:2006 - Svetsning - Svetsning av armeringsstål - Del 1: Lastbärande svetsar (ISO 17660-1:2006).*

SIS, 2007a. *SS-EN 1993-5:2007+AC:2009 - Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner - Del 5: Pålar och spont*.

SIS, 2007b. *SS-EN 1997-2:2007+AC:2010 - Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner - Del 2: Marktekniska undersökningar*.

SIS, 2007c. *SS-EN 1999-1-1:2007+A2:2013 - Eurokod 9 : Dimensionering av aluminiumkonstruktioner - Del 1-1: Allmänna regler*.

SIS, 2007d. *SS-EN 447:2007- Betongkonstruktioner - Bruk för injektering av foderrör för spännkablar – Fordringar.*

SIS, 2008. *SS-EN 12794:2005+A1:2007/AC:2008 - Förtillverkade betongprodukter – Betongpålar*.

SIS, 2009. *SS-EN 13670:2009 - Betongkonstruktioner – Utförande*.

SIS, 2011a. *SS-EN 197-1:2011 - Cement - Del 1: Sammansättning och fordringar för ordinära cement*.

SIS, 2011b. *SS-EN 1090-1:2009+A1:2011, Utförande av stål- och aluminiumkonstruktioner - Del 1: Bedömning av bärverksdelars överensstämmelse med ställda krav.*

SIS, 2012. *SS-EN 934-2:2009+A1:2012 - Tillsatsmedel till betong, bruk och injekteringsbruk - Del 2: Tillsatsmedel till betong - Definitioner, krav, överensstämmelse, märkning och etikettering.*

SIS, 2013a. *SS-EN 1537:2013 - Utförande av geokonstruktioner – Förankringar*.

SIS, 2013b. *SS-EN ISO 9692-1:2013 - Svetsning och besläktade förfaranden - Rekommendationer för svetsfogar - Del 1: Manuell metallbågsvetsning, gasmetallbågsvetsning, gassvetsning, TIG-svetsning och strålsvetsning av stål (ISO 9692-1:2013).*

SIS, 2015a. *SS-EN 12699:2015 - Utförande av geokonstruktioner - Massundanträngande pålar*.

SIS, 2015b. *SS-EN 14199:2015 - Utförande av geokonstruktioner – Mikropålar*.

SIS, 2015c. *SS-EN 1536:2010+A1:2015 - Utförande av geokonstruktioner – Grävpålar*.

SIS, 2016a. *SS-EN ISO 22477-10:2016 - Geoteknisk undersökning och provning - Provning av geokonstruktioner - Del 10: Provning av pålar: snabb provbelastning (ISO 22477-10:2016).*

SIS, 2016b. *SS-EN ISO 17632:2016 - Tillsatsmaterial för svetsning - Rörelektroder för metallbågsvetsning med eller utan gasskydd av olegerat stål och finkornstål - Indelning (ISO 17632:2015).*

SIS, 2018a. *SS-EN ISO 22477-1:2018 - Geoteknisk undersökning och provning - Provning av geokonstruktioner - Del 1: Statisk provbelastning av pålar med axiell trycklast (ISO 22477-1:2017).*

SIS, 2018b. *SS-EN ISO 22477-4:2018 - Geoteknisk undersökning och provning - Provning av geokonstruktioner - Del 4: Dynamisk provbelastning av pålar (ISO 22477-4:2018).*

SIS, 2018c. *SS-EN ISO 22477-5:2018 - Geoteknisk undersökning och provning - Provning av geokonstruktioner - Del 5: Provning av förankringar (ISO 22477-5:2018).*

SIS, 2019a. *SS-EN 10025-2:2019 - Varmvalsade konstruktionsstål - Del 2: Tekniska leveransbestämmelser för olegerade stål*.

SIS, 2019b. *SS-EN 10025-3:2019 - Varmvalsade konstruktionsstål - Del 3: Tekniska leveransbestämmelser för normaliserade/normaliservalsade finkornstål*.

SIS, 2019c. *SS-EN 10025-5:2019 - Varmvalsade konstruktionsstål - Del 5: Tekniska leveransbestämmelser för konstruktionsstål med förbättrat motstånd mot atmosfärisk korrosion*.

SIS, 2019d. *SS-EN 10210-2:2019 - Varmformade eller värmebehandlade konstruktionsrör - Del 2: Toleranser, dimensioner och tvärsnittsdata*.

SIS, 2019e. *SS-EN 10219-2:2019 - Kallformade svetsade konstruktionsrör - Del 2: Toleranser, dimensioner och tvärsnittsdata.*

SIS, 2019f. *SS-EN 12390-3:2019 - Provning av hårdnad betong - Del 3: Tryckhållfasthet hos provkroppar.*

SIS, 2019g. *SS-EN ISO 12944-5:2019 - Färg och lack - Korrosionsskydd av stålkonstruktioner genom målning - Del 5: Rostskyddssystem (ISO 12944-5:2019).*

SIS, 2019h. *SS-EN ISO 15609-1:2019 - Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material - Svetsdatablad - Del 1: Bågsvetsning (ISO 15609-1:2019).*

SIS, 2020a. *SS-EN ISO 2560:2020 - Tillsatsmaterial för svetsning - Belagda elektroder för manuell metallbågsvetsning av olegerat stål och finkornstål - Indelning (ISO 2560:2020).*

SIS, 2020b. *SS-EN 10210-3:2020 - Varmformade eller värmebehandlade konstruktionsrör - Del 3: Tekniska leveransbestämmelser för höghållfasta och rosttröga stål.*

SIS, 2020c. *SS-EN 10219-3:2020 - Kallformade svetsade konstruktionsrör - Del 3: Tekniska leveransbestämmelser för höghållfasta och rosttröga stål.*

SIS, 2020d. *SS-EN ISO 14341:2020 - Tillsatsmaterial för svetsning - Trådelektroder och svetsgods för gasmetallbågsvetsning av olegerat stål och finkornstål - Indelning (ISO 14341:2020).*

SIS, 2021a. *SS-EN 206:2013+A2:2021 - Betong - Fordringar, egenskaper, tillverkning och överensstämmelse.*

SIS, 2021b. *SS-EN 16228-1:2014+A1:2021 - Borrnings- och grundläggningsutrustning - Säkerhet - Del 1: Allmänna krav.*

SIS, 2021c. *SS-EN 16228-2:2014+A1:2021 - Borrnings- och grundläggningsutrustning - Säkerhet - Del 2: Mobila borriggar för anläggnings- och geoteknik, stenbrott och gruvor.*

SIS, 2021d. *SS-EN 16228-3:2014+A1:2021 - Borrnings- och grundläggningsutrustning - Säkerhet - Del 3: Styrd horisontell borrutrustning.*

SIS, 2021e. *SS-EN 16228-4:2014+A1:2021 - Borrnings- och grundläggningsutrustning - Säkerhet - Del 4: Grundläggningsutrustning.*

SIS, 2021f. *SS-EN 16228-6:2014+A1:2021 - Borrnings- och grundläggningsutrustning - Säkerhet - Del 6: Sprutnings-, gjutnings- och injekteringsutrustning.*

SIS, 2021g. *SS-EN 16228-7:2014+A1:2021 - Borrnings- och grundläggningsutrustning - Säkerhet - Del 7: Utbytbar tilläggsutrustning.*

SIS, 2022a. *SS-EN 10025-4:2019+A1:2022 - Varmvalsade konstruktionsstål - Del 4: Tekniska leveransbestämmelser för termomekaniskt valsade finkornstål.*

SIS, 2022b. *SS-EN 10025-6:2019+A1:2022 - Varmvalsade konstruktionsstål - Del 6: Tekniska leveransbestämmelser för platta produkter av höghållfast stål i seghärdat tillstånd.*

SIS, 2022c. *SS-EN 1993-1-1:2022 - Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner - Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader.*

SIS, 2023a. *SS-EN ISO 22477-2:2023 - Geoteknisk undersökning och provning - Provning av geokonstruktioner - Del 2: Provning av pålar: Statisk provdragbelastning (ISO 22477-2:2023)*.

SIS, 2023b. *SS-EN 1990-1:2023+A1:2026 - Eurokod – Grundläggande dimensioneringsregler – Del 1: Nya byggnadsverk..*

SIS, 2023c. *SS-EN ISO 4063:2023 - Svetsning och besläktade förfaranden - Sifferbeteckningar för svets- och lödmetoder (ISO 4063:2023).*

SIS, 2023d. *SS-EN ISO 5817:2023 - Svetsning - Smältsvetsförband i stål, nickel, titan och deras legeringar (strålsvetsning undantagen) - Kvalitetsnivåer för diskontinuiteter och formavvikelser (ISO 5817:2023).*SIS, 2023e. *SS-EN 1992-1-1:2023 - Eurokod 2 - Dimensionering av betongkonstruktioner - Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader, broar och anläggningskonstruktioner.*

SIS, 2024a. *SS-EN 1997-1:2024 - Eurokod 7 – Geoteknisk dimensionering – Del 1: Allmänna regler.*

SIS, 2024b. *SS-EN 1997-2:2024 - Eurokod 7 – Geoteknisk dimensionering - Del 2: Markegenskaper.*

SIS, 2024c. *SS-EN 1090-2:2018+A1:2024 - Utförande av stål- och aluminiumkonstruktioner – Del 2: Tekniska krav för stålkonstruktioner*.

SIS, 2024d. *SS-EN 13369:2024 - Gemensamma regler för förtillverkade betongprodukter.*

SIS, 2024e. *SS-EN ISO 9692-2:2024 - Svetsning och besläktade förfaranden – Svetsfogar – Del 2: Pulverbågsvetsning av stål (ISO 9692-2:2024, IDT).*

SIS, 2024f. *SS-EN ISO 18276:2024 - Tillsatsmaterial för svetsning – Rörelektroder för metallbågsvetsning med och utan gasskydd av höghållfasta stål – Indelning (ISO 18276:2024, IDT).*

Svensk Byggtjänst, 2023. *AMA Anläggning 23, RA Anläggning 23 och MER Anläggning 23*.

Sveriges riksdag, 2025*. Arbetsmiljölag (SFS nr: 1977:1160)*. Inklusive ändringar till 2025.

Trafikverket, 2025a. *TRVINFRA-00227 - Krav med rådstext - Bro och broliknande konstruktion, Bygg*ande. Version 6.0, Publiceringsdatum 2025-07-01.

Trafikverket, 2025b. *TRVINFRA-00230 - Krav med rådstext - Geokonstruktion, Dimensionering och utformning. Version 3.0*, Publiceringsdatum 2025-05-01.

Transportstyrelsen, 2018. *TSFS 2018:57 - Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av eurokoder*.