

OX2

Alternativa installationsmetoder vid pålning

Vindpark Triton

Datum	Version	Upprättad av	Granskad av
2022-06-07	1.0	Sara Jarmander, OX2 Carlo Giesecke, New Power Partners	Emelie Zakrisson, OX2

1 Installationstekniker för pålning

Pålning anses vara den snabbaste och mest kostnadseffektiva installationstekniken för att förankra de flesta fundamentmodeller, dock inte gravitations- eller sugkassunfundament. Metoden är väl beprövad och har länge använts i samband med byggnation av hus. Då pålar av trä, järn eller betong slås ner i marken för att erhålla en stabil grund.

Monopile-fundament är det vanligast förekommande fundamentet inom den havsbaserade vindkraftsindustrin. För dagens moderna monopile-fundament används ofta en ihållig stålcyllinder (pile) som försänks djup ner i botten genom i första hand pålning. Borrning eller en kombination av pålning och borrning kan också nyttjas beroende på hur de geologiska förhållandena ser ut. Pålarna är konstruerade för att kunna stå emot platsspecifika förhållanden såsom islaster, extrema vindar och vågor för den exakta positionen under vindkraftparkens livslängd.

Den konventionella tekniken för pålning kallas för slagpålning och innebär att pålningen sker med en hammare, vanligtvis hydraulisk, som för ner pålarna till önskat djup med hjälp av kraftiga slag. Vid geologiska förhållanden såsom stenblandad botten, sand eller lera med fast underliggande skikt lämpar sig pålning bra. Tekniken är dock mindre lämplig vid hög förekomst av block eller berg, eller mycket mjuka bottnar.

Den konventionella pålningen orsakar däremot undervattensbuller och utövar förhållandevis stor belastning på fundamentstålet. Idag finns det flera alternativa pålningsmetoder under utveckling, bland annat vibrationspålning, BLUE pålningsteknik och PULSE pålningsteknik. Dessa kan vara alternativ till den konventionella pålningstekniken och vara både mer kostnadseffektiva och miljövänliga. Oavsett vilken pålningsteknik som används krävs specialiserade installationsverktyg. Fartygen kan vara av typen jack-up som lyfter upp sig med stödben över vattenytan, alternativt flytande kranfartyg.

1.1 Slagpålning - Hydraulisk hammare (konventionell pålningsteknik)

Vid slagpålning används en hammare, vanligen hydraulisk, för att driva ner pålar i samband med installationen av vindkraftparken. Hydrauliska hammare använder sig av en stålolv och tunga slag där styrka och slagfrekvens anpassas till dess att fundamentet nått önskat djup under havsbotten. Att använda sig av hydrauliska hammare har sedan många år tillbaka varit den vanligaste metoden vid pålning och det är en relativt effektiv och säker installationsteknik. Utvecklingen av hydrauliska hammare har dessutom gått snabbt senaste åren avseende säkerhet, effektivitet och kontroll. Nya sensorer och ventiltekniker har gjort det möjligt att justera kraften på de pålar som ska föras ner beroende på platsspecifika bottensubstrat, penetrationsdjup, pile-diameter och hammarens effekt.



Figur 1:Hydraulisk hammare. (Källa: IQIP)

1.2 PULS pålningsteknik

PULS pålningsteknik liknar konventionell slagpålning med hydraulisk hammare men med en extra komponent 'PULSE'. Det är företaget IQIP som har utvecklat tilläggskomponenten PULSE som placeras på hydrauliska hammare mellan pålhammaren och dess hölje. PULSE-enheten består av två hydrauliska kolvar där volymen mellan kolvarna fylls med vätska, exempelvis vatten. Vätskan fungerar som ljuddämpare och reducerar ljudet från källan under pålningen.

I praktiken fungerar detta genom att mängden vätska mellan kolvarna kan justeras under pålningsprocessen vilket påverkar systemens styvhet. Detta gör det möjligt att optimera brusreduceringen under pålningen, samtidigt som installationshastigheten kan hålla samma tempo som konventionell slagpålning med hydraulisk hammare.



Figur 2: pulspålning med PULS. (Källa: IQIP)

1.3 Vibrationspålning

Under vissa förhållanden är det möjligt att förankra pålar med vibrationshammare istället för slagpålning med hydrauliska hammare. Då utnyttjas snabba lättare vertikala slag (vibro piling) istället för tunga långsamma slag. Idag finns flera företag och forskningsprojekt som driver på utvecklingen av vibrationspålning. Förhoppningen är att den nya förbättrade tekniken för vibrationshammare kommer påskynda installationsprocessen, vara skonsammare för fundamentstrukturerna och ge upphov till minskad utbredning av undervattensljud jämfört med den konventionella pålningstekniken. Pågående forskning indikerar att vibrationspålning på sikt kan komma att eliminera behovet av bullerreducerande åtgärder, såsom bubbelgardinner. Den största utmaningen med vibrationspålning är osäkerheten avseende installationsteknikens inverkan på pålarnas laterala bärförmåga.



Figur 3: Vibrationspålning. (Källa: TU- Delft)

The Vibration Pile Validation (VIBRO) project

Ett avslutat projekt som undersökte vibrationspålning är *The Vibration Pile Validation (VIBRO) project*. Projektet drevs av Carbon Trust och RWE och avslutades år 2016. Syftet med projektet var att utvärdera om vibrationspålning skulle kunna vara ett billigare, snabbare och miljövänligare alternativ jämfört med den konventionella slagpålningstekniken för installation av havsbaserade monopile-fundament. Projektet omfattade en storskalig testkampanj på en landbaserad testsajt i Altenwalde, norra Tyskland. Marken på testsajten bestod av mättad sand vilket liknar utbredda havsbottenförhållanden i Nordsjön. Resultatet av VIBRO projektet visade på att vibrationspålning kan göra installationsprocessen upptill 10 gånger snabbare jämfört med konventionell slagpålning och ge upphov till mindre ljud.

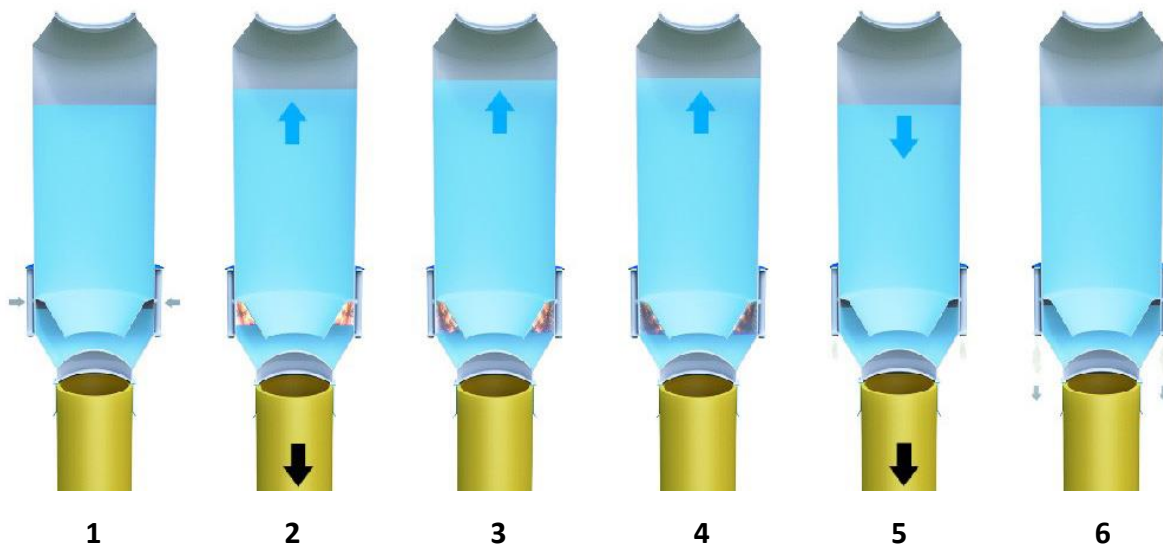
Kaskasi - pilotprojekt för vibrationspålning

Ett pågående projekt som nyttjar vibrationspålning är den havsbaserade vindkraftparken Kaskasi belägen i Nordsjön cirka 35 km norr om den Tyska ön Helgoland. Projektet är utvecklat av RWE och består av 38 vindkraft och är för närvarande (maj 2022) under konstruktion. Kaskasi kan ses som ett pilotprojekt för vibrationspålning eftersom det ingår i forskningsprojektet "VISSKA" vars syfte är att analysera användningen av vibrationspålning för installation av monopile-fundament. "VISSKA" finansieras av Germany's Federal Ministry for Economic Affairs.

Som en del av forskningsprojektet kommer frekventa mätningar av undervattensljud göras samt analyser av hur marina däggdjur, i synnerhet tumlare, påverkas. Det slutgiltiga resultatet av forskningsprojektet förväntas vara tillgängligt i början av 2023.

BLUE pålningsteknik (Vattenhammare)

BLUE pålningsteknik, även kallat vattenhammare, är en pålningsteknik under utveckling. Tekniken bygger på en ny typ av hammare som använder vatten som drivmedium. BLUE pålningshammare består av en stor vattentank och en öppen förbränningskammare. I det först steget sker en gasexplosion som dels driver ner fundamentet i en första stöt och samtidigt skjuter upp en vattenpelare inuti tanken. När vattnet faller tillbaka till botten av tanken skapas en andra stöt som driver ner fundamentet ytterligare. Slutligen släpps avgaserna ut via en avgasventil och processen upprepas till dess att fundamentet nått önskat djup under havsbotten. Detta illustreras i nedan:



Figur 4: BLUE pålningshammare. Illustration Fistuca BV, text OX2

- 1 Gas matas in i förbränningskammaren
- 2 Gasförbränning genererar en gasexplosion som driver ner fundamentet i en första stöt och samtidigt skjuter upp en vattenpelare inuti tanken
- 3 - 4 Förbränningen fortsätter och vattenpelaren fortsätter att stiga i tanken
- 5 Vattenpelaren faller tillbaka i tanken och skapar en andra stöt som driver ner fundamentet ytterligare
- 6 Avgaserna släpps ut via en avgasventil

Pålningsmetoden är för närvarande under utveckling. Till följd av vattnets egenskaper ger BLUE pålningsteknik upphov till tystare och varsammare slag, samtidigt som de är energirikare jämfört med konventionella pålningsmetoder. Tekniken möjliggör också pålning av fundament med stora diametrar och förväntas vara tillgänglig för kommersiell användning senast 2024.