

# Mobile barrierer

## Indhold

Beskrivelse	2
Tværsnit (tegning)	2
Dimensioneringsgrundlag	3
Funktion/virkning	4
Påvirkning af naturens frie dynamik, kystlandskab og miljø	7
Anlægsomkostninger	7
Drift og vedligeholdelse	7
Fremtidssikring	7
Fordele og ulemper	7
Muligheder for multifunktionalitet/rekreativ merværdi	7
Læs mere	8



Watertubes ved Roskilde

## Beskrivelse

Mobile højvandsbeskyttelsessystemer (MHB-systemer) har til formål at beskytte infrastruktur og værdier mod oversvømmelse. Som hovedregel er systemerne derimod ikke beregnet til at beskytte menneskeliv, idet systemerne kun muliggør en beskyttelse fra en begrænset vandstand (0,8 – 1,5 m). MHB-systemer anvendes derfor især til at forhindre skader og reducere skadesomfanget på infrastruktur og værdier som følge af en oversvømmelseshændelse, hvor der ikke opstår ekstreme vandstande, høje bølger, store strømhastigheder, sediment transport eller en høj koncentration af drivgods.

I modsætning til planlagte, faste højvandsbeskyttelseskonstruktioner (f.eks. diger) har MHB-systemer fordelene ved at være mobile, og afhængig af MHB-systemets funktionsmåde kræver systemerne ingen eller kun begrænsede faste installationer. Hermed kan systemerne enten opsættes på forskellige lokaliteter ved varslinger om oversvømmelseshændelser eller på den samme lokalitet med mulighed for at fjerne beskyttelsen mellem hændelserne, hvorved man undgår at forstyrre driften og udsynet i det daglige.

Overordnet set kan mulige indsatsområder for MHB-systemer være:



**Langs åer og floder**, hvor de skal beskytte bebyggede områder mod oversvømmelse. MHB-systemer opstilles i en linje langs med vandløbet. Højvandsbeskyttelsen påvirkes af både et vandtryk (hydrostatisk tryk) og et hydrodynamisk tryk i form af vandets strømningshastighed, som normalt vil forløbe parallelt med eller i en spids vinkel mod MHB-systemet. Påvirkningen fra bølger vil være lille, men der skal tages højde for muligt drivgods, som kan beskadige systemet og medføre lækager



**I lavtliggende områder** med infrastruktur og værdier, som kan blive udsat for oversvømmelser. MHB-systemet kan opstilles i en lukket ring omkring f.eks. en ejendom, der skal beskyttes. I områder, der i forbindelse med oversvømmelser har en forhøjet følsomhed over for miljøforurening (f.eks. industriområder), kan en mobil ringbeskyttelse øge beskyttelsen mod oversvømmelse som følge af et brud på den permanente ydre digebeskyttelseslinje. Et MHB-system kan derfor også anvendes i kombination med fast etableret kystbeskyttelse.

I kystområder påvirkes systemet af et hydrostatisk vandtryk. Strømningshastigheden omkring systemet vil som regel være lille. Ved design af systemet skal der tages højde for, at der kan forekomme en vis bølgepåvirkning og påvirkninger fra drivgods. En vandtæt bundtætning over varierende terræn er påkrævet.



**I havneområder** hvor lavtliggende bebyggelser og aktiviteter skal beskyttes mod indtrængende havvand under en stormflod. MHB-systemet opstilles i linje, f.eks. langs med kajen, imellem bygninger eller langs med eller på tværs af veje. Højvandsbeskyttelsen påvirkes af et hydrostatisk vandtryk, mens strøm- og bølgepåvirkningen som regel vil være lille. Der skal dog også her tages højde for påvirkninger fra drivgods. En vandtæt bundtætning over varierende terræn er påkrævet.

## Tværsnit (tegning)

Mobile højvandsbeskyttelsessystemer kan være meget forskellige i form, materiale og udførelse. Der kan således ikke gives en repræsentativ tværprofil tegning. For en beskrivelse af de forskellige anlæg og metoder henvises der til "Funktion/Virkning".

## Dimensioneringsgrundlag

Før et MHB-system anskaffes og tages i brug, er der en række forskellige faktorer og randbetingelser, som skal undersøges og vurderes.

- **Kilde til og hyppighed af oversvømmelser**

Oversvømmelser kan have mange forskellige årsager/kilder: Ekstrem nedbør kan medføre opstuvning af vand i vandløb og kloaksystemer eller stormvejr kan forårsage en stormflod med forhøjet vandstand og høje bølger osv. Den geografiske udstrækning og hastigheden, hvormed det ramte område oversvømmes, er afhængig af oversvømmelsens kilde og kan derfor være meget forskellig. Endvidere vil påvirkningerne på MHB-systemet være forskellige alt efter hvilke bølge- og strømforhold, der gør sig gældende.

Oversvømmelsens varighed skal også tages med i overvejelserne, dvs. det skal vurderes, hvor lang tid MHB-systemet kan blive udsat for vand. En oversvømmelse i forbindelse med en stormflod har som regel en kortere varighed end en oversvømmelse langs et vandløb som følge af ekstrem nedbør, hvor vandstanden stiger langsommere.

Oversvømmelseshændelsernes hyppighed er afgørende for, hvor hurtigt og hvor ofte MHB-systemet skal sættes op, og hvor stor slidtage, som systemet udsættes for. I den forbindelse skal det desuden vurderes, om det ved hyppig oversvømmelse ikke er mere hensigtsmæssigt at etablere permanent højvandsbeskyttelse.

- **Værdier og objekter der skal beskyttes**

Det skal vurderes hvilke værdier og objekter, som ønskes beskyttet. For nogle objekter kan en højere grad af sikkerhed være nødvendig f.eks. på grund af faren for en miljøforurening. Områdets størrelse og antallet af objekter kan ligeledes have betydning for valget af system, idet beskyttelsen af en enkelt ejendom stiller andre krav til systemet end beskyttelsen af en hel bydel.

- **Beskyttelseshøjden**

De ovenfor listede systemer kan tilbageholde vand op til 0,6-1,2 m over terrænet. Det skal derfor vurderes, om det pågældende MHB-system har en tilstrækkelig beskyttelseshøjde i forhold til de lokale forhold og behov. I denne sammenhæng er det vigtigt, at der tages højde for et tilstrækkeligt højt fribord.

Tekniske beregninger skal endvidere dokumentere, at systemet kan modstå det hydrostatiske vandtryk, som opbygges på vandsiden.

- **Terrænforhold på langs og tværs af systemet**

MHB-systemerne stiller forskellige krav til terrænforholdene. Nogle systemer kræver et jævnt terræn, mens andre kan tilpasse sig et varierende terræn. I den forbindelse er det afgørende, at terrænforholdene på langs og på tværs af systemet undersøges nøje for at sikre systemet mod at forskyde sig eller tippe.

### Placering og undergrund

Grundlæggende skal MHB-systemet placeres, så det beskytter så mange værdier som muligt med så få opstillede meter af beskyttelse som muligt. Samtidigt skal der tages højde for, hvordan systemet ved den pågældende placering påvirkes af vandstand, strøm og bølger. Især i by- og havneområder er det derfor oplagt at undersøge højdeforholdene præcist.

Ved placering af MHB-systemet skal der endvidere tages højde for undergrundens egenskaber. Nogle MHB-systemer (klapper, barrierer, betonelementer, bassiner) kræver

en fast undergrund, mens andre systemer (f.eks. rør med luft) som følge af mindre egenvægt ikke behøver så fast en undergrund. Desuden kan undergrundens overflade og dens ruhed (f.eks. asfalt, græs, grus) spille en rolle.

- **Vedligeholdelse af systemet og lagerkapacitet**

MHB-systemerne har forskellige behov for vedligeholdelse, som bl.a. kan omfatte rengøring og reparationer efter en oversvømmelseshændelse. Det er vigtigt at undersøge hvor stor lagerkapacitet, som opbevaringen af systemet mellem oversvømmelseshændelserne kræver, ligesom lagerets placering i forhold til mulige indsatsområder skal inddrages i overvejelserne.

- **Maskiner og infrastruktur for opsætning**

Det skal undersøges nøje, hvilke maskiner og infrastruktur, der er nødvendig for at opstille det pågældende system. Dette kan f.eks. omfatte adgang til fyldmaterialer som vand eller sand. Skal der bruges redskaber som pumper eller blæsere, kræves der adgang til elektricitet. For at løfte og fylde nogle af systemerne kan der være behov for adgang til mellemstore maskiner. Der skal være gode adgangsforhold (faste veje), når systemet transporteres til indsatsstedet med lastbil.

- **Lys- og temperaturforhold under opsætning**

For nogle systemer kan en opsætning i mørke være meget vanskelig, især hvis systemet består af små dele og kræver meget håndelag. Sandsynligheden for at systemet opsættes forkert kan derfor stige, når opsætningen foregår om natten. Forkert opsætning kan desuden ske, når tidspresset er stort. Temperaturer omkring eller under frysepunktet kan vanskeliggøre opsætningen af plastikmembraner såvel som demonteringen af vandfyldte systemer.

- **Hærværk**

MHB-systemer kan udsættes for hærværk eller anden påvirkning fra uautoriserede personer (der klatres op eller over systemerne). Anvendelsen af MHB-systemer kræver derfor et kontinuerligt tilsyn med systemet under indsatsen.

Mobile højvandsbeskyttelsessystemer skal kunne modstå en række påvirkninger under driften. I tilfælde af at systemet ikke kan modstå en eller flere påvirkninger, vil systemet svigte og det beskyttede område oversvømmes. Generelt skal systemernes design tage højde for følgende påvirkninger:

- Hydrostatisk vandtryk
- Hydrodynamisk belastning (strømhastighed og -retning)
- Bølgepåvirkning (bølgeslag, bølgeoverløb)
- Drivgods
- Vindpåvirkning
- Menneskelig påvirkning (aktiviteter på eller ved systemet).

## Funktion/virkning

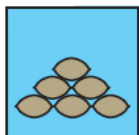
Anvendes mod oversvømmelse, især fra åer og vandløb. De mobile barrierer kan opsættes dér, hvor en oversvømmelse truer og holde vandet tilbage.

De mobile barrierer kan også i nogle tilfælde anvendes i byer til beskyttelse mod oversvømmelse direkte fra havet, men det skal være i områder, hvor der ikke er nogen væsentlig bølgepåvirkning, da de fleste mobile løsninger kun er beregnet til hydrostatisk vandtryk.

Oversvømmelsesbeskyttelse i byer og beboelsesområder samt i industri- og havneområder, hvor der på grund af plads- og adgangsforhold ikke kan etableres permanent beskyttelse.

Ud fra opsætnings- og funktionsmåde kan MHB-systemerne opdeles i 6 overordnede grupper. De 6 grupper omfatter systemer bestående af:

- Sandsække
- Midlertidige højvandsvægge
- Klapper og barrierer
- Rør
- Bassiner
- Betonelementer



### Sandsække

Sandsække er den mest kendte og anvendte metode til at beskytte mod oversvømmelser. Fordelene ved brug af sandsække er, at sandsække er mindre enheder, som kan håndteres af en enkelt person, og at de har mange anvendelsesmuligheder samtidig med at fyldmaterialet kan skaffes nemt og billigt.

Sandsække kan stables til en barriere, hvis stabilitet forøges, når sækkenes retning, på langs og på tværs, skiftes fra lag til lag. Barrierens stabilitet kan yderligere forøges, hvis der anvendes såkaldte tandem-sandsække bestående af to sandsække af polypropylen, som er forbundet af en trækfast plastikmembran. Ved anvendelsen af disse tandem-sandsække, kan der opnås en barrierehøjde på op til 2 m.

Der er som nævnt mange anvendelsesmulighederne for sandsække, f.eks. til beskyttelse af en eller flere ejendomme (ringdige), til beskyttelse ved at lave barriere foran døre eller kældervinduer, til øget beskyttelse i en kombination med primære højvandsbeskyttelseskonstruktioner (diger) eller andre mobile højvandsbeskyttelsessystemer. En sandsækkebarriere tilpasser sig en varierende terrænoverflade. Der er ingen yderligere foranstaltninger påkrævet forud for etablering af barrieren, som f.eks. monteringen af stolper eller etablering af en plan bund.



### Midlertidige højvandsvægge

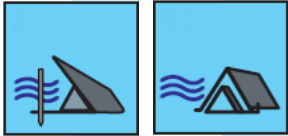
En midlertidig højvandsvæg består af tavler, planker eller et skot og udføres som oftest i linje langs med potentielt udsatte områder. Højvandsvæggene er kun i et vist omfang mobile, idet der skal opsættes bærende elementer, f.eks. stolper, som holder tavler eller planker på plads. Stolperne bliver dog tit udført på en sådan måde, at de kan fjernes mellem højvandshændelserne.

Stolperne og tavlerne/planker består af stål, aluminium eller lignende materiale og kan stilles op af nogle få personer. Højvandsvæggene påvirkes hovedsageligt af et hydrostatisk vandtryk, hvilket betyder, at højden på væggene kun begrænses (0,5 - 1,5 m) af elementernes størrelse og vægt med hensyn til håndteringen.

Midlertidige højvandsvægge anvendes især i havne- og byområder, som er lavtliggende og truet af oversvømmelse fra havet eller vandløb. Undergrunden/terrænet skal være fast og jævnt for at sikre en tæt sammenslutning mellem systemets dele. Det kan være nødvendigt at tætte sammenføjningerne yderligere med sandsække.

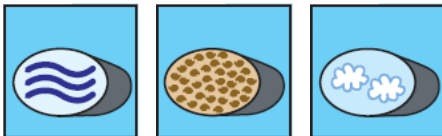
Før systemet kan tages i brug, skal der udføres et anlægsarbejde i forbindelse med etableringen af stolpernes monteringsanordninger. Hvis systemet er designet og konstrueret korrekt, er det dog et meget pålideligt beskyttelsessystem mod oversvømmelse.

I forbindelse med afspærring af f.eks. gader/veje eller foran forretningsindgange kan der installeres automatiske højvandsvægge, som lukker automatisk ved en oversvømmelse. Denne form for højvandsvæg er forbundet med et større anlægsarbejde og kan derfor heller ikke flyttes til andre lokaliteter.



### Klapper og barrierer

Klapper og mobile barrieresystemer foldes ud på stedet og kan anvendes i mange forskellige sammenhænge som f.eks. langs kajkanter i havneområder, ved lange vandløb eller i oversvømmelsestruede byområder. Klappe- og barrieresystemer kan stilles op i linje eller i en ringformation. Systemerne består som regel af en støttende underkonstruktion, et pladeelement og en tætningsmembran. Terrænet skal være jævnt og fast, og klapperne og barrieresystemerne skal forankres i undergrunden mod glidning. Der kan opnås beskyttelseshøjder mellem 0,5 og 1,2 m. Systemet kræver ved opsætning over en 100 m lang strækning 4 personers arbejdskraft i en time, og ressourcebehovet til opsætning må derfor anses for at være begrænset.

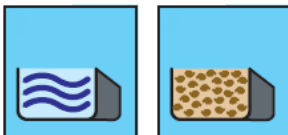


### Rør

Der findes mange forskellige rørsystemer, som dog bygger på det samme princip: Rørene, som består af armeret plastik, lægges ud og fyldes maskinelt med vand, sand eller luft. Rørsystemer til vand eller luft er udstyret med et skørt på den side af røret, som vender mod oversvømmelsen. Under en stigende vandstand presses skørtet som følge af vandtrykket ned mod jorden, hvorved rørsystemet fikseres på stedet. Rør, der er fyldt med sand, har en stor egenvægt og kræver derfor ikke et skørt.

Rørsystemer er meget fleksible, hvad angår anvendelsesmuligheder, og kræver ingen større forberedelse. Systemet kan lægges ud i linje eller i ring. Systemet tilpasser sig nemt terrænet, når det rulles ud og fyldes med vand, sand eller luft. Beskyttelseshøjden ligger mellem 0,5 og 1,0 m, dog kan højden i særlige tilfælde forøges ved, at et tredje rør stables ovenpå to fyldte og sammenkoblede rør.

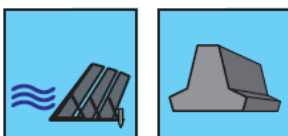
Rørsystemer er lette at håndtere (dog ikke i kraftig vind) og kræver begrænset lagerkapacitet. Anvendelsen af vandfyldte rør kan dog være problematisk i frostvejr, ligesom de vand- og luftfyldte rør jævnligt kræver kontrol i forhold til skader fra hærværk og lignende.



### Bassiner

Bassiner kan fyldes med enten sand eller vand. Bassinvæggene stabiliseres med metalrammer eller gabioner (bure til sten). Disse iklædes indvendigt med et geotekstil, når bassinerne fyldes med sand, eller en PVC-presenning når bassinerne fyldes med vand. Bassinerne kan sættes sammen for at danne en højvandsbeskyttelse over en længere strækning.

Terrænet skal være fast og jævnt. Det er endvidere nødvendigt, at bassinerne er udformet, så de kan løftes og transporteres. Sand- eller vandfyldningens egenvægt medfører, at sammenføjnngen mellem terrænet og bassinet ikke kræver yderligere foranstaltninger. Beskyttelseshøjden ligger mellem 0,5 og 1,0 m og opstillingen kræver kun begrænset arbejdskraft. Påfyldningen af bassinerne med sand kan fortages ved hjælp af maskiner.



### Betonelementer

Mobil højvandsbeskyttelse bestående af betonelementer anvendes som regel til at skabe en lineær beskyttelse langs f.eks. kajkanter eller til afspærring af gader eller veje.

Betonelementer anvendes ofte på kortere strækninger, hvor der forventes en vis bølgepåvirkning. Elementerne er omkring 2 m lange og udformes tit i L- eller A-profil for at undgå, at elementerne tipper. Den maksimale beskyttelseshøjde er på ca. 1 m.

Terrænet skal være fast og jævnt. Endvidere er det nødvendigt, at elementerne er konstrueret, så de kan løftes til og fra lokaliteten. Ulempen ved betonelementerne er, at de kræver store maskiner til transport og opsætning. Desuden kræves der stor lagerkapacitet til opbevaring af elementerne, når de ikke er i brug.

## **Påvirkning af naturens frie dynamik, kystlandskab og miljø**

Barriererne er ikke permanent opstillede og har derfor ingen længerevarende effekt på omgivelserne.

## **Anlægsomkostninger**

Prisen på de forskellige barriere-typer varierer. Barrierer af watertube-typen er relativt billige, men der må dog påregnes udgifter til mandskab til udlægning, opbevaring af slangerne med videre. Udgiften til mobile anlæg er dog under alle omstændigheder mindre end til permanente anlæg.

## **Drift og vedligeholdelse**

Afhængigt af typen af barriere kan det være nødvendigt med et effektivt beredskab til opsætning. Rollerne og opgaverne skal være klart definerede, og folk skal være uddannede i opsætning af netop den type barriere, som skal anvendes i situationen. Desuden skal opsætningen ofte gennemføres i et ret snævert tidsinterval.

Der kræves løbende eftersyn af (alle dele i) barrieren og evt. øvelser, hvis der går lang tid imellem, at barrieren anvendes.

## **Fremtidssikring**

Nogle af de mobile barrierer kan tilpasses en højere vandstand. Hvis konstruktionen bliver højere, er der dog brug for mere materiale til at sikre stabiliteten og løsningen bliver væsentligt tungere.

## **Fordele og ulemper**

### **Generelle fordele**

- Optager ikke plads i landskabet, når der ikke er brug for det.
- Materiellet er billigere end permanente konstruktioner og kan relativt let håndteres og opbevares.
- Mobile barrierer kan anvendes både til enkelte bygninger og begrænsede områder og til større områder.

### **Generelle ulemper**

- Kræver et effektivt beredskab for at opbygningen af de mobile barrierer kan ske korrekt, sikkert og i tide. Dette omfatter personaleressourcer men også mindre løfte- og køregrej.
- Det er tidskrævende at opsætte mobile barrierer i stor skala og barriererne skal opsættes tæt på de steder, hvor der kommer oversvømmelse ofte under besværlige forhold.
- Er ikke beregnet til moderat eller stor bølgepåvirkning.

## **Muligheder for multifunktionalitet/rekreativ merværdi**

Ingen muligheder for rekreativ værdi. En alternativ funktion kan være, at de også kan anvendes efter en evt. oversvømmelse til at lette en tørpumpning af et oversvømmet område.

## Eksempler



Oversvømmelsesbeskyttelse, som ikke kræver permanent monterede stolper, men som under normale omstændigheder er nedpakket og kun aktiveres, når der er udsigt til ekstremt vejr.  
Foto: Dansk Højvandssikring



Mobile elementer kan supplere faste konstruktioner fx i forbindelse med lukning af adgangsveje  
Foto: Dansk Højvandssikring

## Læs mere

Der henvises til, at de forskellige leverandører har hjemmesider, hvor der kan søges yderligere oplysninger.