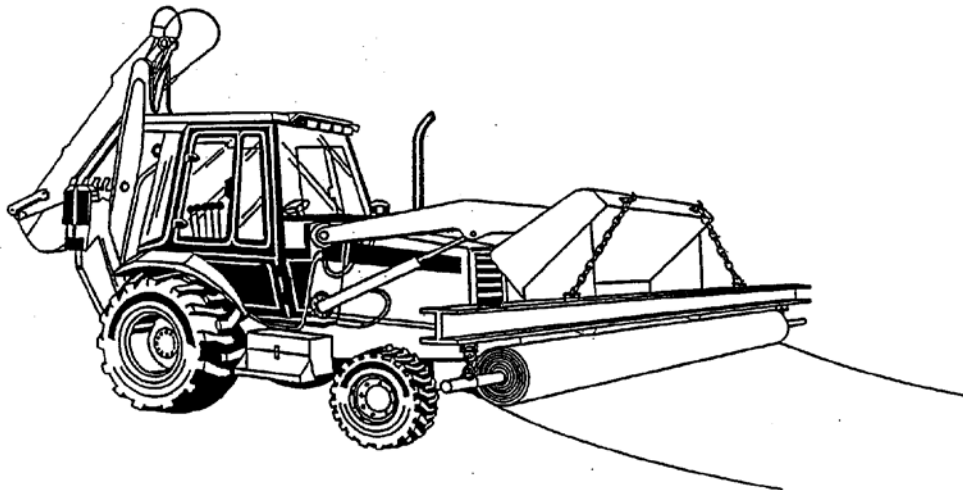


Vejledning i dimensionering af bentonitmembraner anvendt som bundmembran i bassiner



BENTONITMEMBRANER I BASSINER

Vejledning i dimensionering af bentonitmembraner anvendt som bundmembran i bassiner

Forord

Erfaringer har vist at bentonitmembraner i mange tilfælde er en ganske fornuftig membranløsning i forbindelse med etablering af regnvandsbassiner og lignende.

En række forhold bør dog forinden undersøges, således at membranvalget bliver optimalt og således at man ikke efterfølgende løber ind i uforudsete overraskelser hvad angår vandtilførsel, fordampning eller lignende.

Denne vejledning har til hensigt at beskrive de forhold som er væsentlige at få afklaret, når bentonitmembraner påtænkes anvendt som bundmembran i bassiner, søer og lignende.

Vejledningen er udarbejdet på baggrund af vores nuværende viden og erfaring som en vederlagsfri service og er omfattet af Byggros A/S gældende salgs- og leveringsbetingelser, hvortil der henvises.

Indhold	Side
1. Selvfølgelig fordele ved anvendelse af bentonitmembraner	2
2. Bestemmelse af den teoretiske gennemstrømning i membransystemet	2
3. Multiplikation med s-faktor til bestemmelse af den effektive gennemstrømning	3
4. Fordampning fra et fritliggende vandspejl	3
5. Krav om vandtilførsel i bassiner for at undgå udtørring i sommerhalvåret	3
6. Membranvalg - succes eller fiasko	4
7. anbefalede membrantyper	4
8. Eksempel på beregning af den effektive gennemstrømning	5
Reference projekter	
9. Regnvandsbassin i Tarp ved Esbjerg	6

1. Selvforseglende fordele ved anvendelse af bentonitmembraner

Mange vælger i dag en lavpermeabel bentonitmembran som bundmembran i stedet for en impermeabel plastmembran. Årsagen hertil ligger ofte i bentonitmembranens svelleevne, der i praksis betyder at mindre perforeringer med en størrelse på op til ca. 25 mm vil være selvtætnende. Derved er man langt

mindre sårbar mod perforeringer end f.eks. når det gælder plastmembraner. Man skal dog huske at bentonitmembraner er lavpermeable - ikke impermeable som plastmembraner - og det er som oftest her det er gået galt, når et bassin viser sig at tabe vand i større omfang end forventet.

2. Bestemmelse af den teoretiske gennemstrømning i membransystemet

Darcy's lov

Til bestemmelse af den totale teoretiske vandmængde som trænger gennem en bentonitmembran er det mest almindeligt at benytte Darcy's lov [1], defineret ved:

[1]

$$Q = k \cdot i \cdot A$$

hvor,

Q = vandmængden i m³/s

[2]

A = bassinarealet i m²

k = bentonitmembranens permeabilitetskoefficient i m/s

$$i = \frac{h+t_i}{t_i}$$

i = Trykgradienten udtrykt i [2]

h = højden af vandspejl over membran

t_i = tykkelse af ler-/ bentonitmembranen

For flerlagsopbygninger anvendes den modificerede formel

Den modificerede formel [3] anvendes på multilagsopbygninger til bestemmelse af den totale vandmængde som trænger gennem en ikke homogen lermembran.

[3]

$$Q = A \cdot \frac{h + \sum t_i}{\sum \frac{t_i}{k_i}}$$

Heraf kan man på let vis bestemme den teoretiske vandmængde som vil passere membransystemet.

3. Multiplikation med s-faktor til bestemmelse af den effektive gennemstrømning

Man bør endelig derudover overveje at multiplicere den beregnede vandmængde Q med en installationsfaktor som tager hensyn til eventuelle uregelmæssigheder i forbindelse med installationen. Det er dog svært at give et egentligt skøn på faktorens størrelse, idet den i høj grad er afhængig af omhyggeligheden i selve installationsarbejdet. Som udgangspunkt kan faktoren sættes til $s = 1,5$.

[4]

$$Q_{\text{effektiv}} = Q \cdot s$$

4. Fordampning fra et fritliggende vandspejl

Den årlige fordampning fra en fri vandoverflade udgør ca. 600 mm, mens det effektive vandunderskud fra en fri vandoverflade i tørre sommerperioder kan nå op på omkring 300-500 mm.

Når der anvendes bentonitmembraner som bundmembraner i søer eller lignende med krav om en bestemt vanddybde året rundt, bør fordampningen indregnes som et væsentligt parameter i forbindelse med en eventuel vandtilførsel.

5. Krav om vandtilførsel i bassiner for at undgå udtørring i sommerhalvåret

Bentonitmembran som bundmembran i vandfyldte bassiner vil som nævnt under pkt. 4 have et stadigt behov for vandtilførsel. Den nødvendige vandtilførsel bestemmes som vandmængden der trænger gennem membranen bestemt ved Darcy's lov - gange installationsfaktoren s - plus fordampningen i sommerhalvåret. Er der ikke sikkerhed for en naturlig tilførsel af denne vandmængde må man i sommerhalvåret forvente et synkende vandspejl som i værste fald vil resultere i en udtørring.

for at begrænse gennemsivningen til et minimum ved valg af den optimale membrantype.

Desværre er bentonitmembraner i flere tilfælde fejlagtigt blevet installeret under forhold med ingen eller kun ringe vandtilførsel kombineret med et krav om en vis vanddybde året rundt.

Da bentonitmembranens permeabilitetskoefficient indgår i beregningen har man ved selve membranvalget mulighed

Kan man acceptere en vis permeabilitet og dermed et vist vandtab eller har man en naturlig vandtilførsel fra et vandløb, bæk eller kilde - så er bentonitmembraner et rigtig godt og nemt installerbart alternativ til såvel naturler som plastmembraner.

6. Membranvalg - succes eller fiasko

Det er selvsagt ikke kun de ydre omstændigheder, der har indflydelse på den aktuelle vandmængde, som passerer membranen. I Darcy's lov indgår bentonitmembranens permeabilitetskoefficient k som en vigtig faktor.

I modsætning til indbygning i deponier, er det effektive overlejringstryk, som hviler på membranen i bassiner, sjældent mere end det minimum påkrævede effektive tryk på 5 kN/m^2 , svarende til ca. 50-60 cm sandfyld reduceret for vandets opdrift.

Dette forhold har, afhængig af membranvalget, stor indflydelse på de typisk opgivne k-værdier, idet lave overlejringstryk resulterer i en øget permeabilitet og omvendt. Da permeabiliteten typisk opgives ved effektive overlejringstryk i området 35 - 200 kN/m² - kan man således ikke di-

7. Anbefalede membrantyper

Membrantype vælges ud fra den konkrete anvendelse og opbygning. Til bassiner med begrænset vandspejlshøjde på maksimalt 2,0 m anbefales **Bentomat NS110**. Ved vandspejldybder større end 2,0 m anbefales **Bentomat HQ110** alternativt **Bentomat CL02**.

Bentomat membranen bibeholder selv ved lave effektive overlejringstryk en permeabilitetskoefficient liggende i området 1×10^{-11} m/s. Dette opnås i kraft af en intens nålingsproces som kunstigt skaber et overlejringstryk i selve membranen på ca. 10 -15 kN/m².

rekte indsætte de opgivne k-værdier i Darcy's Lov. Gør man det alligevel kan det nemt betyde at producentens opgivne k-værdier rent faktisk er mellem 10-100 gange større end angivet i denne situation.

Bentomat CL02 danner med en indbygget tynd PE-folie en endnu tættere membran, der tilnærmelsesvis er sammenlignelig med en PE-membran.

Alle membrantyper installeres på stort set samme måde, dvs. med simple overlæg som tætnes med løs bentonitgranulat, suppleret med bentonitpasta eller granulat til tætning af rørgennemføringer og bygværker.

I fuldt opsvulget tilstand kan tykkelsen af ovennævnte membraner erfaringsmæssigt sættes til 1,0 cm ved beregning af trykgradienten i. Se formel [2].

8. Eksempel på beregning af den teoretiske gennemstrømning

Indgangsparametre:

$$A = 10.000 \text{ m}^2$$

$$k_1 = 1 \times 10^{-11} \text{ m/s for bentonitmembranen}$$

$$k_2 = 1 \times 10^{-9} \text{ m/s for naturlersmembranen}$$

$$h = 200 \text{ cm}$$

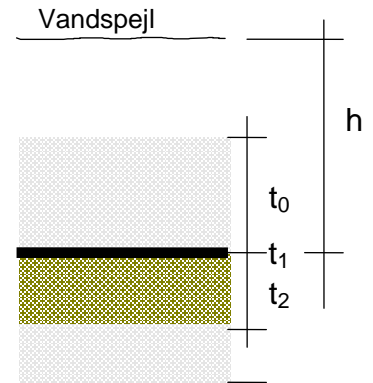
$$t_0 = 50 \text{ cm (tykkelse af beskyttelseslag)}$$

$$t_1 = 1 \text{ cm (tykkelse af bentonitmembranen)}$$

$$t_2 = 30 \text{ cm (tykkelse af naturlersmembranen)}$$

Skitse:

Beskyttelseslag
Bentonitmembran k_1
Naturlersmembran k_2
Underbund



Trykgradienten for henholdsvis bentonit- og naturlersmembran

Trykgradienten for bentonit

$$[2] \quad i = \frac{200+1}{1} = 201$$

Trykgradienten for ler

$$[2] \quad i = \frac{200+30}{30} = 7,7$$

Beregning af vandgennemstrømningen for bentonitmembranen alene

$$[1] \quad Q = 1 \cdot 10^{-11} \cdot 201 \cdot 10.000 \cdot 3600 \cdot 24 = 1,73 \text{ m}^3 / \text{døgn}$$

$$[4] \quad \underline{\underline{Q_{effektiv} = Q \cdot s = 1,5 \cdot 1,73 = 2,6 \text{ m}^3 / \text{døgn}}}$$

Beregning af vandgennemstrømningen for naturlersmembranen alene

$$[1] \quad Q = 1 \cdot 10^{-9} \cdot 7,7 \cdot 10.000 \cdot 3600 \cdot 24 = 6,65 \text{ m}^3 / \text{døgn}$$

$$[4] \quad \underline{\underline{Q_{effektiv} = Q \cdot s = 1,5 \cdot 6,65 = 10,0 \text{ m}^3 / \text{døgn}}}$$

Membransystemets samlede vandgennemstrømning idet bidraget fra såvel bentonit- som lermembran indregnes

$$[3] \quad Q = 10.000 \cdot \frac{2,0 + (0,01 + 0,3)}{\frac{0,01}{1 \cdot 10^{-11}} + \frac{0,3}{1 \cdot 10^{-9}}} \cdot 3600 \cdot 24 = 1,53 \text{ m}^3 / \text{døgn}$$

$$[4] \quad \underline{\underline{Q_{effektiv} = Q \cdot s = 1,5 \cdot 1,53 = 2,3 \text{ m}^3 / \text{døgn}}}$$

Bentonitmembran holder på vandet i Tarp

Esbjerg kommune etablerede i 1997 et over 10.000 m² stort regnvandsbassin, placeret i naturskønne omgivelser syd for Tarp. Bassinet blev udført i forbindelse med et større afvandringsarbejde i området. Som det er ganske normalt stillede man fra amtets side krav til størrelsen af udsivningen fra bassinet i tilfælde af en forurening.



Bentonitmembran valgt som membranmateriale

Da regnvandsbassinets placering i Tarp betyder at bunden hovedsageligt består af bakkesand, måtte man fra start projektere med indbygning af en bundmembran. Membranvalget stod principielt mellem kendte materialer som naturler, plast- eller bentonitmembraner. I dette projekt blev

udvælgelsen dog hurtigt begrænset til at stå mellem naturler eller en bentonitmembran. Esbjerg kommunes tekniske forvaltning udarbejdede derefter et overslag, hvor det viste sig økonomisk fordelagtigt at vælge bentonitmembranen frem for naturlersløsningen.

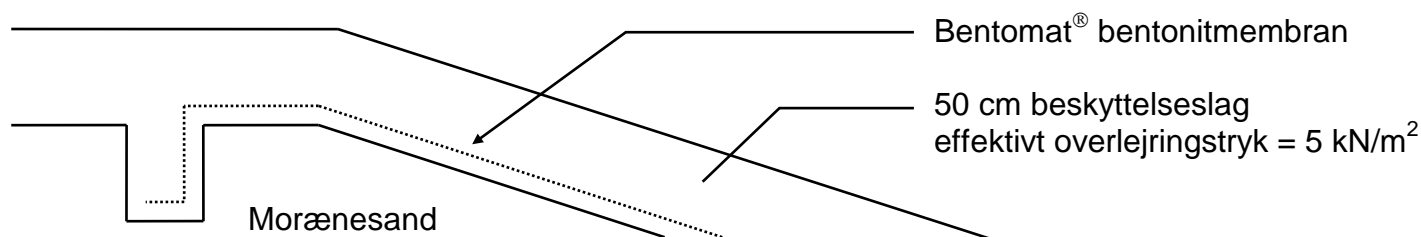


Udlægning af membran

Membranvalget har betydet at kommunens egne folk først og fremmest selv har kunnet forestå udlægningen af membranen uden brug af specialudstyr. Man har dernæst i forbindelse med udgravningen løbende kunnet genanvende de udgravede sandmaterialer til afdækningen af Bentomat-membranen, idet membranudlægningen er foregået fortløbende. Mængden af bortkørt materiale er derfor samtidig begrænset til et minimum. Kun Bentomat-membranens fleksible håndtering og installation har muliggjort denne enkle arbejdsprocedure, der samtidig tjener til fordel for miljøet.

Kontinuerlig udgravning og membranudlægning

Byggros A/S har leveret de ca. 13.000 m² Bentomat[®] som er medgået til projektet og som på mange måder afspejler de mange muligheder, som denne membrantype lægger op til.



Bentomat-membranens placering i forhold til låsegrøft og beskyttelseslag

Referenceudsnit fra 2005:.

PROJEKTNAMN	ÅR	UDFØRENDE	TYPE	Mængde M2
Brøndby Strand, Reum Park	2005	Sven Bech	SS 100	600 m2
Græsted, Breddammen	2005	Barslund	SS 100	800 m2
Herning, Regnvandsbassin 1 v/motorvej	2005	MJ Eriksson	AS 100	4200 m2
Herning, Regnvandsbassin 2 v/motorvej	2005	MJ Eriksson	AS 100	2600 m2
Horsens, Danish Recycling	2005	Ole Mortensen	AS 100	6600 m2
Esbjerg, Skorpionskvarteret, etape 3	2006	Esbjerg Kommune	SS 100	2800 m2
Greve, Kildebrønde bassin	2006	Bygma Aars	AS 100	800 m2
Århus, Lyngbygård Golfbane	2007	Per Aarsleff, Danjord	AS 100	1200 m2
Assens, Regnvandsbassin	2007	Brdr. Dahl	SS 100	2200 m2
Hillerød, Tolvkarlevang bassin	2007	Per Aarsleff	SS 100	5000 m2
Middelfart, Overfladebassin	2007	Arkil	SS 100	4600 m2
Ejstrupholm, bassin	2008	Brdr. Christensen	SS 100	1600 m2
København, Royal Golf Center	2008	Brdr. Dahl	SS 100	24600 m2
Nørresundby, Wrist's lager & kontorbygn.	2008	Mortensen & Nymark	SS 100	1000 m2
Nyborg, Fynsvej Nord	2008	TC Anlæg	CL	1800 m2
Odense Kommune Stige Ø Legebasen	2008	MJ Eriksson	AS 100	600 m2
Randers, Clausholm Slot	2008	Anthon Christensen	SS 100	1400 m2
Vejen Kommune regnvandsbassin	2008	Arkil	AS 100	5400 m2
Vejen Kommune Kongehøj, regnvandsbassin	2008	Brinck	SS 100	2600 m2
Kolding Kommune Nørre Bjert overfladebassin	2009	Arkil	SS 100	2400 m2
Odense, bydelen Sanderum	2009	Hansson & Knudsen	NS 75	4000 m2
Græsted, Regnvandsbassin	2010	Snoldelev Entreprenør	SS100	4400 m2
Holbækmotorvejen – Fløng/Roskilde regnvandsbassiner	2010	M.J Eriksson	AS100	9000m2
Randers Spildevand - bassin	2011	Mortensen & Nymark	CL02	8600 m2
Frederikssund kommune - Regnvandsbassin	2011	Gorm Hansen	HQ110	4400 m2
Give, Regnvandsbassin B373	2012	Henning Have A/S	HQ110	5600 m2
Søllerød Gadekær	2013	Per Aarsleff A/S	HQ110	600 m2
Bellinge, Byggemodning bassin	2013	Hansson & Knudsen	HQ110	10200 m2