

Best Practice Feltmanual

Forsegling af boringer
og sonderinger

VERSION 1

10. oktober 2021

Indholdsfortegnelse

1	<u>INDLEDNING</u>	3
2	<u>STABILISERING AF BOREHULLET</u>	3
3	<u>BORE-/FILTRERRØRSDIMENSIONER</u>	3
4	<u>SAMLINGER</u>	3
5	<u>STYR</u>	4
6	<u>ETABLERING AF FORE- OG FILTRERRØR</u>	5
7	<u>VALG AF FORSEGLINGSMATERIALE OG PROCEDURE FOR ETABLERING AF FORSEGLINGEN</u>	5
8	<u>BENTONITPELLETS</u>	6
9	<u>GROUT</u>	7
10	<u>SLØJFNING AF BORINGER VED IHÆLDNING AF GROUT ELLER BENTONIT</u>	9
11	<u>SLØJFNING AF IKKE FILTERSATTE BORINGER</u>	9
12	<u>SLØJFNING AF SONDERINGER</u>	10
13	<u>SLØJFNING VED OVERBORING ELLER UDSØBNING</u>	10
14	<u>DOKUMENTATION AF ARBEJDET</u>	10
15	<u>EKSEMPLER PÅ BORINGSOPBYGNINGER</u>	10
16	<u>DEFINITIONER</u>	16
17	<u>ÅRSAGER TIL UTÆTHEDER I BORINGER</u>	17

1 Indledning

Feltmanualen beskriver de procedure, der anbefales anvendt ved arbejdet med forsegling og sløjfning af borer og sonderinger i felten.

Feltmanualen er baseret på et udtræk af informationer fra hovedrapporten "Best Practice, Forsegling af borer og sonderinger, Version 2 2021. En stor del af de beskrevne forhold, procedure og anbefalinger er uddybet i hovedrapporten.

2 Stabilisering af borehullet

For at kunne etablere en kontrolleret filtersætning med en god tæt forsegling anbefales der altid foretaget en stabilisering af borehullet ved anvendelse af borerør eller borevæske under etableringen af boringen.

Undtagelser hvor det ikke er nødvendigt at foretage en stabilisering af borehullet:

- > Boringer over grundvandsspejlet, hvor der ikke er krav til en god forsegling.
- > Boringer i usprækket eller lettere opsprækket bjergart, herunder kalk.

Tilsættes der vand for at stabilisere borehullets bund, skal det sikres, at der altid anvendes rent vand. Anvendes bentonit, polymere eller andre kemikalier skal disse være uskadelige i forhold til miljø og sundhed.

Undgå at føre boreredskabet dybere end borerørene for at undgå indfald af materiale efter tilbagetrækningen af boreredskabet. Sker det, vil der være risiko for, at der kan dannes hulrum på ydersiden af boringen, hvorved der vil være forøget risiko for kortslutning af flere magasiner og krydskontaminering ved nedfald af blandede lag.

3 Bore-/filterrørdimensioner

Indvendig diameter af borerør skal være mindst 70 mm større end udvendig diameter af forerør.

Tabellen nedenfor viser en oversigt med de mest anvendte boredimensioner, og hvilken filter-/forerørdimension, der maksimal anbefales anvendt ved etablering af glatskruede- eller mufferrør i boringen.

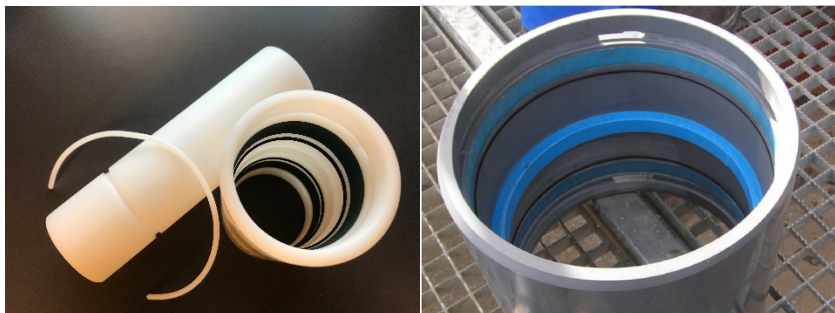
Borerør	Filterdimension	
	mm	mm
Tommer	Glatskruet	Mufferrør
4	40	40
6	90	88
8	140	125
10	195	165
12	225	225

4 Samlinger

- > Anvend så tætte samlinger som muligt og helst RSC-samlinger.
- > Anvend gummipakninger "O-ringe" i gevindsamlinger.

- > Anvend ikke skruer i samlinger.
- > Anvend ikke lim i samlinger i miljøboringer.

RSC samling:



"O-ringen" skal monteres i et spor der er fræset i slutningen af hangevindet som vist på dette billede:



5 Styr

- > Anvend styr på forerør pr. maksimalt 6 m i boringer dybere end 5-10 m afhængigt af dimension og stivhed af rør. CMT filtre anbefales altid etableret med styr, eftersom rørene naturligt krummer, grundet at de har været rullet op på ruller før de installeres.
- > Anvendes pellets til afpropping samtidig med brugen af styr, skal der være særlig opmærksomhed på at disse ikke danner prop.

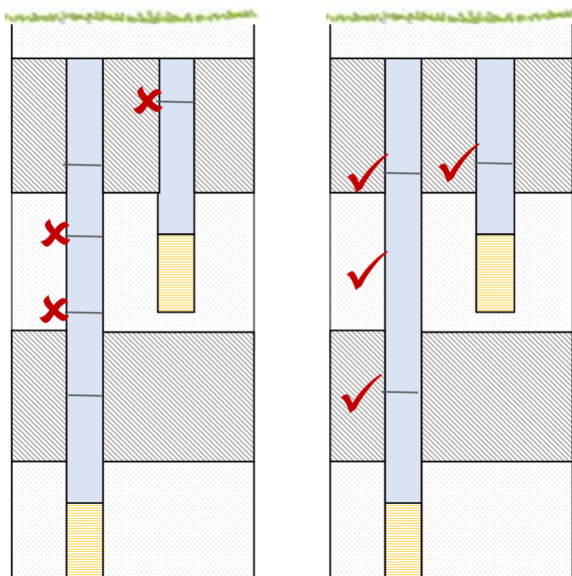
Eksempler på styr:



6 Etablering af fore- og filterrør

- > Sæt kun ét filter-/forerør i hver boring.
- > Det skal tilstræbes at der ikke etableres samlinger i den øverste 1,5 meter.
- > Brug så lange forerør som muligt for at minimere antallet af samlinger.
- > Placer om muligt rørsamlinger i lerlag og ikke i sandlag, da det optimerer forholdene for at etablere en tæt forsegling ved rørsamlinger.
- > Anvend en tæt prop i forerøret – eksempelvis en ekspanderende prop "kaffeprop".

Eksempel på optimal placering af samlinger i forhold til geologi – til højre optimal løsning:



7 Valg af forseglingsmateriale og procedure for etablering af forseglingen

Anbefalinger til anvendelse af forskellige forseglingsmaterialer i forskellig geologi i forbindelse med tørboringer.

Jordart	Pellets	Grout
SAND, umættet	X ¹⁾	X
SAND, mættet		X
LER, over trykniveau	X	X
LER, under trykniveau	X	X
KALK	X	X

¹⁾ Kræver omhyggelig procedure ved udførelsen

Anbefalinger til anvendelse af forskellige forseglingsmaterialer i forskellig geologi i forbindelse med skylleboringer.

Jordart	Pellets	Grout
SAND, umættet	X	X
SAND, mættet	X	X
LER, over trykniveau	X	X
LER, under trykniveau	X	X
KALK	X	X

- > Ved anvendelse af grout etableres en overgang mellem filtergrus og groutforsegling af først 0,5 m fint sand og så 0,2 m pellets.
- > Gruskastningen i en boring sætter sig over tid 10%. Ved lange filterstækninger kan eventuelt foretages en chockpumpning for at få gruskastningen til at sætte sig inden forseglingen af boringen udføres.
- > Anvend så tætte forseglingsmaterialer som muligt.
- > Anvend forsegling langs hele forerørsstrækningen – Både i ler og i sand.

8 Bentonitpellets

Anvend altid en god kvalitet bentonitpellets. Eksempler på typer af pellets der lever op til kvalitetskrav, er eksempelvis Dantoplug Super og Mikolit B.

Bentonitpellets kan anvendes:

- > såvel over som under grundvandsspejlet/trykniveauet i ler og andre stabile aflejringer som ikke falder sammen når borerørene trækkes tilbage
- > i både hårdt og blødt vand samt i boremudder
- > i umættet sand, men det kan være noget omstændeligt at anvende korrekt.

Bentonitpellets kan ikke anvendes:

- > i sand under grundvandsspejlet samt i ikke stabile aflejringer
- > saltholdigt grundvand
- > i forurenings hot spots med chlorerede opløsningsmidler.

Anbefalinger for brug af pellets

- > Pellets skal hældes langsomt direkte i boringen, ca. 3 minutter pr. 25 kg.
- > Bentonitpellets bør ikke kastes gennem mere end 50 m vand.

- > I stabile aflejringer hvor borerøret kan trække borerøret op, uden at der sker indfald af materiale fra boringens sider, kan pellets anvendes som forsegling såvel under som over grundvandsspejlet/trykni-veaet.
- > Ved etablering af pelletsforsegling over grundvandsspejlet skal der tilføres vand til boringen, så der er vand til rådighed for opkvældningen.
- > Når pellets anvendes til forsegling under vandspejlet, er det vigtigt, at forseglingen udføres i etaper, hvor man starter med at trække borerøret et stykke op.
 - > Herefter fyldes den fritlagte strækning i boringen med pellets og således fortsættes til forseglingen er udført. Det er således et krav for anvendelsen af pellets, at boringens sider bliver stående så længe, at pellets kan komme på plads i den fritlagte nederste strækning af boringen.
 - > Hvis pellets kommer for højt op og lejrer sig inde i borerøret, er der risiko for at pellets blokerer mellemrummet mellem borerør og det installerede forerør, hvorefter man risikerer at trække fore-røret med op, når borerøret efterfølgende trækkes.
- > Umættet sand er påvirket af kappilarkræfter og er i de fleste tilfælde stabilt selvom borerøret trækkes et stykke op, i hvert fald kortvarigt.
 - > I umættet sand er det dermed ofte muligt at anvende pelletsforsegling, idet borerøret trækkes f.eks. en meter op, der fyldes pellets i den åbne strækning op til underkant af borerøret og så fremdeles.
 - > Efter hver tilbagetrækning/tilfyldning af pellets tilføres vand. Det tilførte vand, vil i første omgang vil fugte pellets, idet hovedparten vil strømme gennem pellets og ud i formationen eller ned i fil-terkastningen. Derfor tilføres vand etapevis svarende til ca. 200 liter vand i timen til hele forseglingen er etableret.
 - > Ca. 15 min efter installeringen af det første lag pellets er disse kvældet op, og har forseglet mellemrummet mellem forerør og boringsvæg.
 - > En opkvædet forsegling med pellets i umættet sand vil ikke efterfølgende tørre ud selv ved læn-gere tids tørke, idet fugtigheden i sandet vil forhindre forseglingen i at udtørre.
- > Hvis aflejringen ikke er stabil, som f.eks. sand under grundvandsspejlet, vil boringens sider falde ind i boringen, når borerøret trækkes op, og forseglingen kan ikke udføres. Pelletsforsegling kan således ikke anvendes i ikke stabile aflejringer, eksempelvis sand under grundvandsspejlet.

9 Grout

- > Grout kan anvendes i alle typer boringer og alle jordlag, dog kan forekomme tab af grout i stærkt sprækket kalk.
- > Bland grouten så tyktflydende som muligt, idet grouten skal kunne flyde sammen i hele det udstøbte volumen. Grouten skal dog være pumpbar og ikke være så tyk, at den ikke flyder sammen til en sam-menhængende masse nede i boringen.

- > Som kontrol af at grouten er blandet korrekt, ikke er for tynd eller tyk, skal det ved etablering eller sløjfning af en boring kontrolleres, at den anvendte mængde grout passer med det volumen, der er blevet forseglet.
 - > Ved en for tynd groutblanding, er der risiko for groutblandingen siver ud i den omkringliggende formation, hvorved groutforbruget bliver større end nødvendigt.
 - > Ved en for tyk groutblanding er der risiko for at grouten danner propper, hvorved den anvendte mængde bliver mindre end forventet med huller i forseglingen som resultat.
- > Blandemetode fra håndholdt udstyr til blandemaskine har ingen betydning, blot der blandes grundigt.
- > Grout pumpes altid ned gennem tremie-rør/slange, som hele tiden holdes dykket under groutoverfladen. Pumpetype kan være stempelpumpe, excenter snekkepumpe eller membranpumpe.
- > Støb maksimalt 25 m groutforsegling ad gangen inden afhærdning.
- > Cementtypen er ikke afgørende. Det kan være almindelig Portland cement eller rapidcement.
- > Bentonittypen har stor betydning for blandingsforholdet og om grouten bliver mere eller mindre flydende.
- > Ved skylleboringer eller artesiske forhold skal der vælges en grout med højt cementindhold (høj vægtfylde).
- > Køb og anvend helst færdige groutblandinger. Ved anvendelse af færdige groutblandinger, skal der anvendes hele sække.
- > Grout, som er blandet i henhold til tabellen nedenfor kan udstøbes direkte oven på en filterkastning, men det anbefales at der etableres et lag af fint sand på 0,5 m og en prop af pellets på 0,2 m over filterkastningen for en sikkerheds skyld.
- > Der kan støbes direkte oven på pelletsforsegling umiddelbart efter etablering af denne.
- > Der kan etableres pelletsforsegling umiddelbart efter udstøbning med grout.
- > Vedhæftningen af grout til forerør er bedst til forerør af PVC i forhold til PEH.
- > Det anbefales at pejle groutoverfladen under udstøbning. Pejlingen kan udføres med en ledningsevnesonde monteret på et målebånd. Alternativt kan der hældes en mindre portion pellets oven i støbningen, og overfladen af denne kan registreres med et almindeligt bundpejl.
- > Ved forseglinger over grundvandsspejlet med et annulus tykkere end 10 cm er der risiko for en varmpåvirkning, der kan påvirke stabiliteten af fore- og filterrør.

Eftersom forskellige typer af særlig bentonit giver grouten forskellige egenskaber, så kan der ikke angives universelle opskrifter på grout. Tabellen nedenfor giver konkrete eksempler på forskellige blandingsforhold af bentonit, cement, sand og vand, som er testet, og har de egenskaber som ønskes for en grout.

Groutblandinger G1 til G4 er baseret på Dantonits produkter, som anvendes til deres færdigblandede grout-produkter. Groutblandingerne BC1 og BC2 er Roteks standardblandinger for grout.

Nr	Navn	Bentonit	Cement	Sand	Vand
		kg	kg	kg	kg
G1	Ren cement	0,0	122,0	0,0	61,0
G2	Ren cement og sand	0,0	97,0	48,5	48,5
G3	75% cement, 25% bentonit	15,5	46,6	0,0	80,9
G4	50% cement, 50% bentonit	24,2	24,2	0,0	82,6
BC1	39% cement, 61% bentonit		58,4	0,0	78,6
BC2	83% Cement, 17% bentonit		100,0	0,0	60,0

10 Sløjfning af boringer ved ihældning af grout eller bentonit

- > Afpropningen med forseglingsmateriale skal foretages i hele forerørets dybde.
- > For at sikre en så god afpropning af de sløjfede boringer som muligt, anbefales filterinterval og forerør altid afproppet med grout eller pellets. Grout tilføres til boringen via rør fra bunden og op. Grouten skal have en viskositet, hvor det sikres, at grouten forbliver i filteret og ikke siver ud i formationen. Pellets skal tilføres et overskud af vand under arbejdet.
- > Forerøret afkortes 1 meter under terræn. Den øverste meter opfyldes herefter med rene materialer svarende til de tilstødende materialer i form af sand, grus eller råjord, samt evt. retablering af belægning.

11 Sløjfning af ikke filtersatte boringer

- > Forsegling skal foretages i hele boringens dybde, idet der i den øverste 0,5-1 meter opfyldes med rene materialer svarende til de tilstødende materialer i form af sand, grus eller råjord, samt evt. retablering af belægning.
- > Som forseglingsmateriale kan anvendes grout eller pellets. Grout fyldes i hullet via rør fra bunden og op. Grouten skal have en viskositet, hvor det sikres, at grouten forbliver i borehullet og ikke siver ud i formationen. Pellets skal tilføres et overskud af vand under arbejdet.

Det kan ved afpropning af korte ikke filtersatte boringer på 3-5 m´ s dybde overvejes om tilbagefyldning af den opborede jord er acceptabelt.

- > Tilbagefyldning kan være acceptabelt, hvis boringerne udføres på en lokalitet, hvor der er stor sikkerhed for at jorden er uforurennet.

- > Tilbagefyldning kan være acceptabelt i forklassificeringsboringer på arealer, hvor der umiddelbart efterfølgende foretages en afgravning af arealet i niveau med bunden af boringerne. Jorden anbefales tilbagefyldt i de niveauer, hvorfra den er opboret.
- > Tilbagefyldning kan eksempelvis være uacceptabel, hvis jorden viser indikationer på forurening, eller i kildeområder, hvor tilbagefyldningen kan give anledning til øget risiko for forureningsspredning.

12 Sløjfning af sonderinger

- > Forsegling skal foretages i hele sonderingens dybde, idet der i den øverste 0,5-1 meter opfyldes med rene materialer svarende til de tilstødende materialer i form af sand, grus eller råjord, samt evt. retablering af belægning.
- > Som forseglingsmateriale anbefales altid anvendt grout, som fyldes i hullet via rør fra bunden og op. Grouten skal have en viskositet, hvor det sikres, at grouten forbliver i borehullet og ikke siver ud i formationen.

13 Sløjfning ved overboring eller udstøbning

- > Overboring af forerøret sker med borerør med en større dimension borerør end det der blev anvendt i den oprindelige boring. Materialet imellem borerøret og forerøret børes op og bortskaffes. Herefter foretages der en forsegling af det nye hul udstøbes med grout eller pellets. Grout tilføres til hullet via rør fra bunden og op. Grouten skal have en viskositet, hvor det sikres, at grouten forbliver i hullet og ikke siver ud i formationen. Pellets skal tilføres et overskud af vand under arbejdet. Den øverste meter opfyldes med rene materialer svarende til de tilstødende materialer i form af sand, grus eller råjord, samt evt. retablering af belægning.

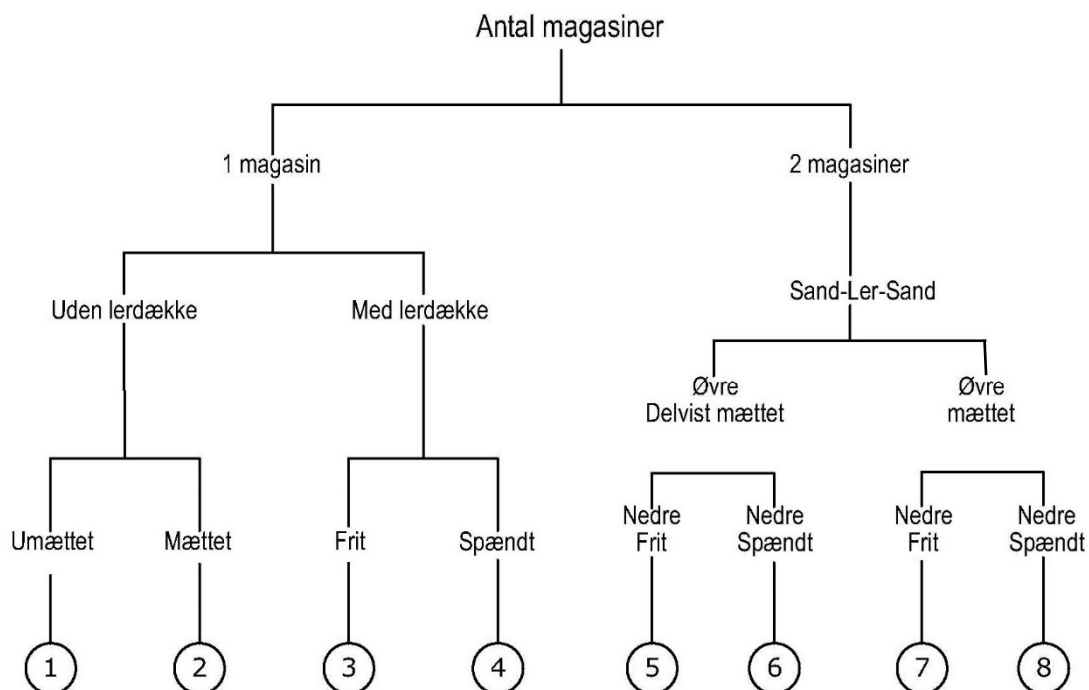
14 Dokumentation af arbejdet

Alt arbejde i relation til etablering af boringer, filtersætning, forsegling, overboring og sløjfning skal beskrives og dokumenteres i form af borejournal, filtersætningsjournal samt støbe- og sløjfningsjournal.

Der henvises til Best Practice 2 der beskriver forslag til indhold og eksempler på de forskellige journaler.

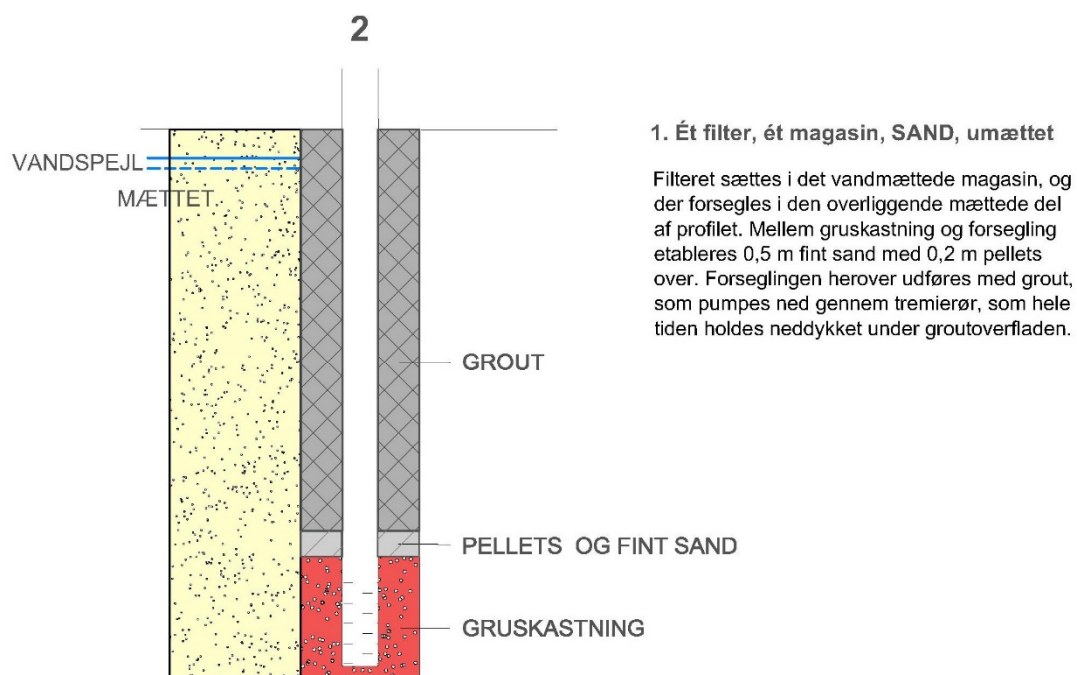
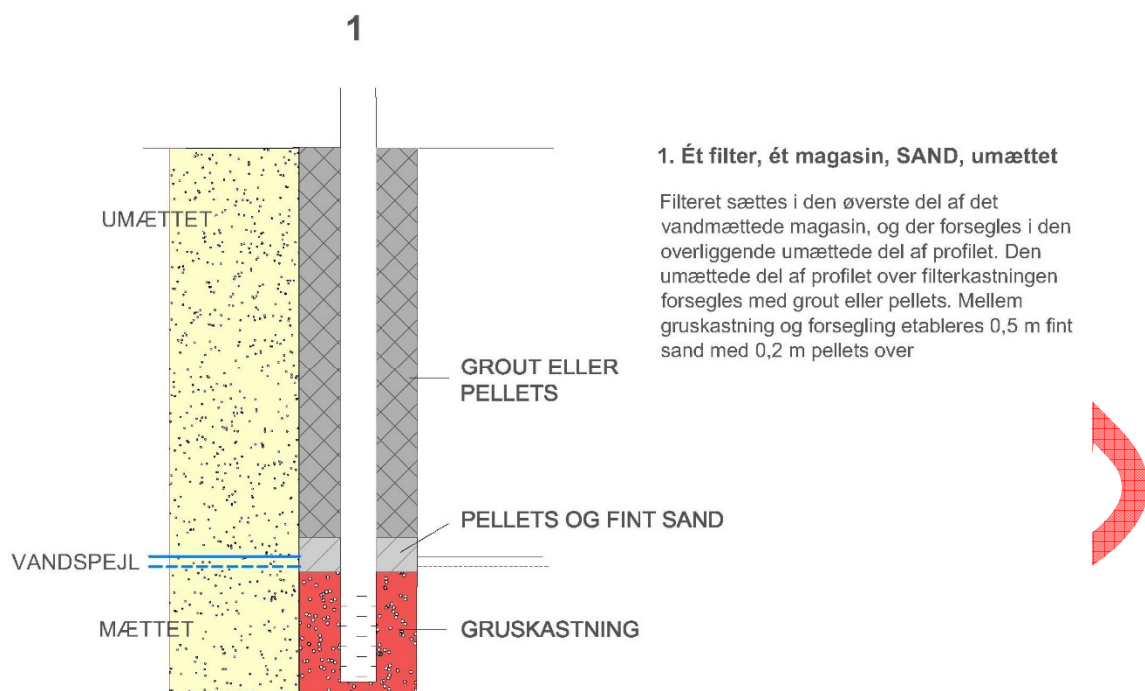
15 Eksempler på boringsopbygninger

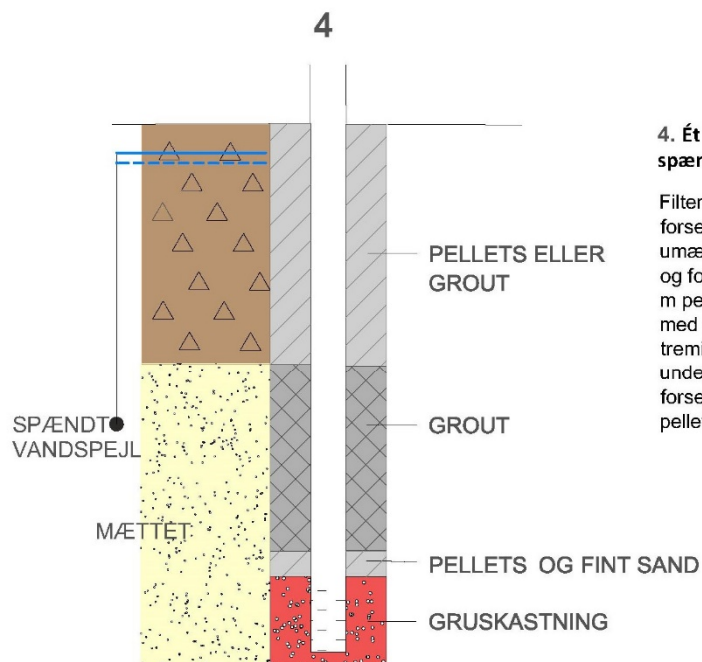
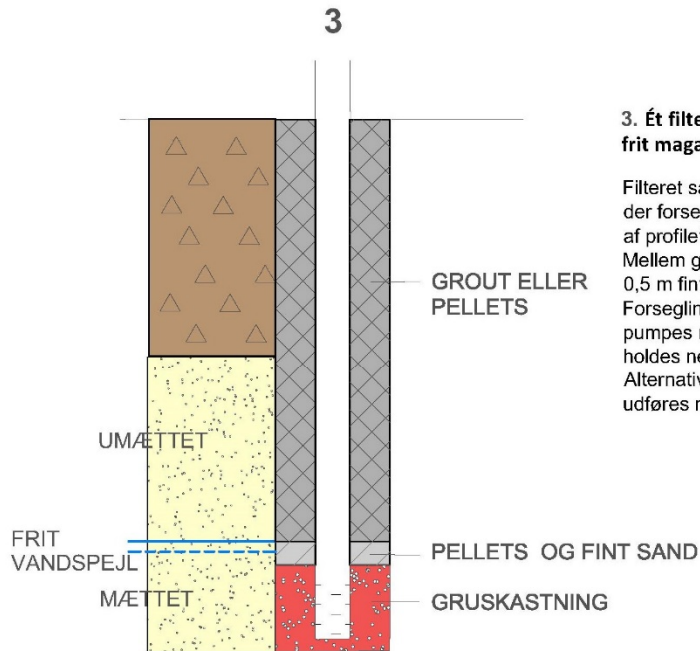
I det følgende er der givet en række eksempler på forseglinger i forbindelse med tørboringer i forskellige situationer, 1-8. Følgende matrix kan med baggrund i forskellige parametre anvendes til at udvælge et konkret eksempel til valg af forseglingsmetode:

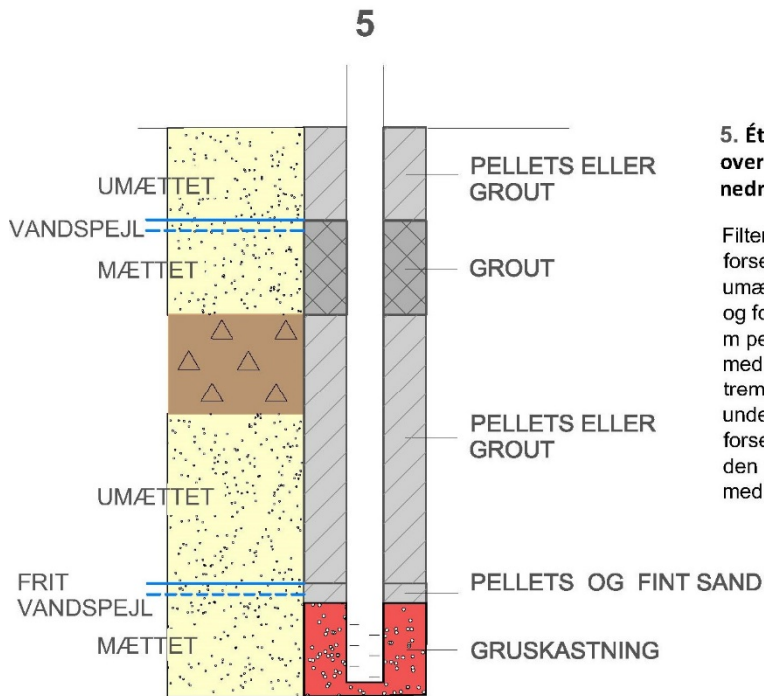


For alle boringsafslutninger gælder det, at der i forbindelse med boringsafslutningen, i de øverste ca. 1 meter skal afsluttes med sand, så overfladevand ikke opstaves i boringsafslutningen, men derimod kan løbe af til den omkringliggende jord. Dette er ikke vist på de følgende skitser, men gælder for dem alle.

FOR

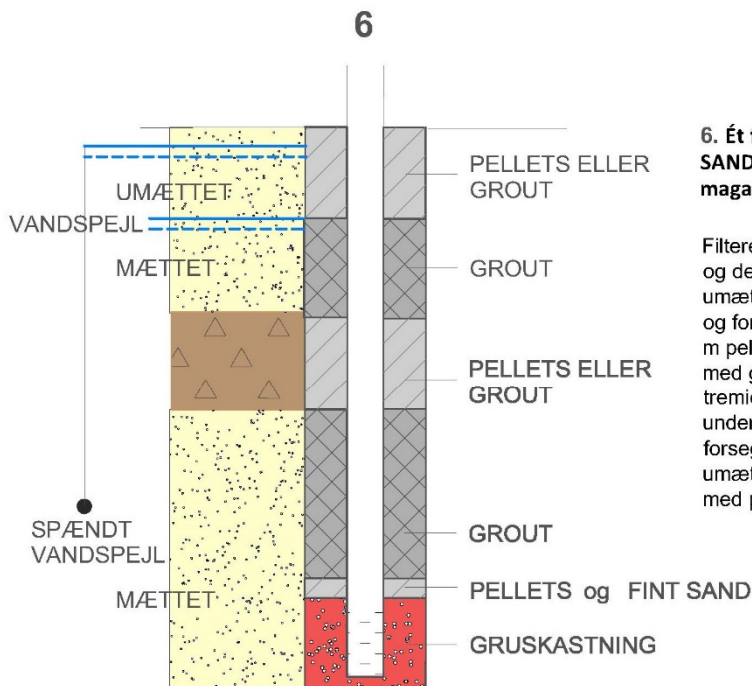






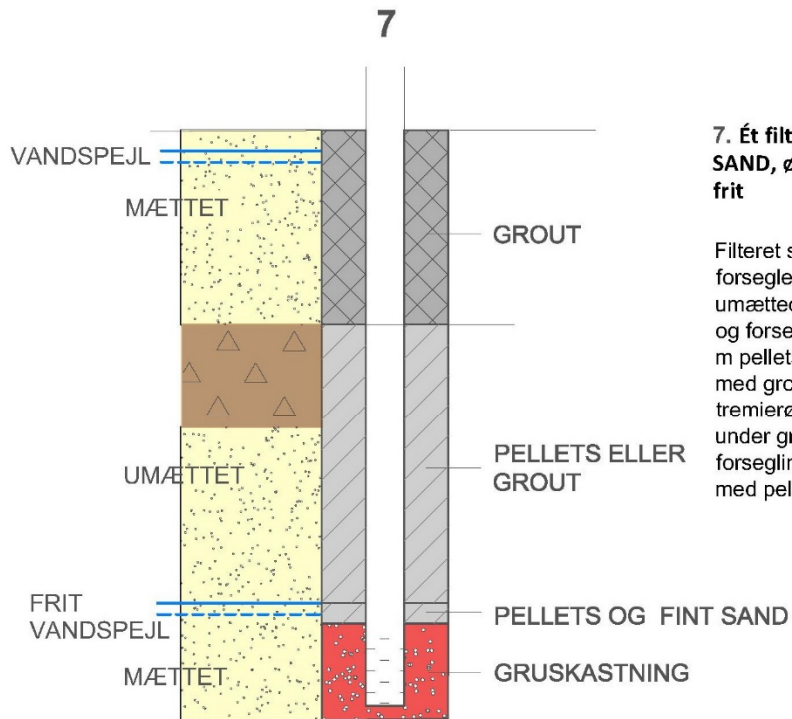
5. Ét filter, to magasiner, SAND over LER over SAND, øvre magasin delvist mættet, nedre magasin frit

Filteret sættes i det nedre frie magasin, og der forsegles i de overliggende mættede og umættede dele af profilet. Mellem gruskastning og forsegling etableres 0,5 m fint sand med 0,2 m pellets over. Forseglingen herover udføres med grout, som pumpes ned gennem tremierør, som hele tiden holdes neddykket under groutoverfladen. Alternativt kan forseglingen op til oversiden af lerlaget, samt den umættede del af det øvre magasin udføres med pellets.



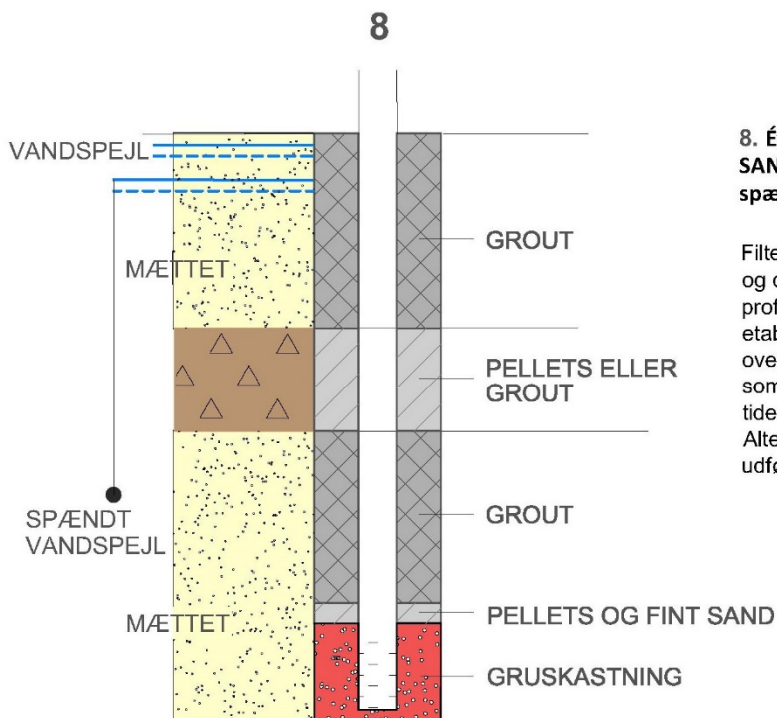
6. Ét filter, to magasiner, SAND over LER over SAND, øvre magasin delvist mættet, nedre magasin spændt

Filteret sættes i det nedre spændte magasin, og der forsegles i de overliggende mættede og umættede dele af profilet. Mellem gruskastning og forsegling etableres 0,5 m fint sand med 0,2 m pellets over. Forseglingen herover udføres med grout, som pumpes ned gennem tremierør, som hele tiden holdes neddykket under groutoverfladen. Alternativt kan forseglingen ud for lerlaget, samt den umættede del af det øvre magasin udføres med pellets.



7. Ét filter, to magasiner, SAND over LER over SAND, øvre magasin mættet, nedre magasin frit

Filteret sættes i det nedre frie magasin, og der forsegles i de overliggende mættede og umættede dele af profilet. Mellem gruskastning og forsegling etableres 0,5 m fint sand med 0,2 m pellets over. Forseglingen herover udføres med grout, som pumpes ned gennem tremierør, som hele tiden holdes neddykket under groutoverfladen. Alternativt kan forseglingen op til oversiden af lerlaget udføres med pellets.



8. Ét filter, to magasiner, SAND over LER over SAND, øvre magasin mættet, nedre magasin spændt

Filteret sættes i det nedre spændte magasin, og der forsegles i den overliggende del af profilet. Mellem gruskastning og forsegling etableres 0,5 m fint sand med 0,2 m pellets over. Forseglingen herover udføres med grout, som pumpes ned gennem tremierør, som hele tiden holdes neddykket under groutoverfladen. Alternativt kan forseglingen ud for lerlaget udføres med pellets.

16 Definitioner

Annulus	Hulrummet/afstand fra borerør til filterstammen
Borerør	Midlertidigt arbejdsrør af stål som skal holde på jordlagene og hindre nedsivning af vand/forurening under etableringen af boringen.
Boringsafslutning	Dæksel eller flange anbragt over/omkring top af forerør med henblik på beskyttelse mod nedsivning af overfladevand, trafik etc.
Bentonit	Plastisk ler med et højt indhold af lerminerale fra smectitgruppen, der giver leret evnen til at kvælde ved tilsætning af vand. Denne evne skyldes lerminerale-ernes krystalstruktur, der har en lagvis opbygning, og som kan binde vand mellem disse lag (dobbeltaget).
Brodannelse	Forseglingmateriale, som under installationen hæfter til samlinger og styr inden det er kommet på plads i boringen, og som derfor medfører en ufuldstændig forsegling.
Filterrør	Rør med slidser, der tillader vand fra det vandførende lag at strømme ind i boringen.
Forerør	Rør, der forbinder toppen af filterrøret med boringens overbygning og tjener til at afstive de omkringliggende jordlag. Blindrør er en anden normal benæv- nelse for disse rør.
Forsegling	Pakning af materiale med lav hydraulisk ledningsevne mellem forerør og om- givende jordlag for at hindre vandtransport langs forerørets yderside fra ter- ræn eller mellem magasiner.
Forseglingmateriale	Materiale som anvendes til forseglinger. Typisk bentonit-baserede eller ce- mentbaserede materialer.
Glatskruet samling	Samlingerne af forerør og filterrør har samme udvendige diameter som selve rørstammen.
Grout	Tyktflydende støbemasse – i dette tilfælde af bentonit og/eller cement
Gruskastning	Opfyldning af sorteret kvartssand eller –grus mellem filterrøret og de vandfø- rende lag for at tilbageholde materiale fra det vandførende lag.
Muffesamling	Samlinger af forerør og filterrør danner en udposning på rørstammen som har en større diameter end selve rørstammen.
Portland cement	Den mest almindelige type cement på verdensplan fremstillet ved brænding af kalk og ler. Navnet stammer fra Portland stone, Dorset, UK. Findes i for- skellige undertyper I-V afhængig af anvendelsesområde. Type I er den mest almindeligt anvendte i forbindelse med byggeopgaver.
RSC-samling	Specialmuffer til samling af forerør. Mufferne har 3 uafhængige tætningssy- stemer.

Styr	Afstandsstykker, som monteres på filter- og forerør for at centrere disse i boringen.
Tremie-rør	Tremie-rør er et rør eller slange, som anvendes til udstøbning af grout. Tremien kan samles af flere kortere enheder, så der er mulighed for at justere længden af røret under ihældningen/nedpumpningen af grouten. Enden af tremie-røret holdes altid dykket under groutoverfladen under ihældning/nedpumpningen.

17 Årsager til utætheder i boringer

Nedenstående figur beskriver de mest almindelige årsager til utætheder i boringer.

