

Håndbog - Byggetekniske foranstaltninger i forbindelse med byggeri på forurenede lokaliteter

Jacob Skou, Henrik Husum Nielsen, Inger Asp Fuglsang
& Morten Dam Hansen

NIRAS A/S

Miljøprojekt **Nr. 1147** 2007
Teknologiudviklingsprogrammet for
jord- og grundvandsforurening

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	7
SAMMENFATNING	9
SUMMARY	11
1 INDLEDNING	13
1.1 BAGGRUND	13
1.2 FORMÅL	14
1.3 LÆSEVEJLEDNING	15
2 SPREDNINGSVEJE	17
2.1 GENERELT	17
2.2 SPREDNING I UNDERGRUNDEN	17
2.2.1 <i>Fri fase forurening</i>	17
2.2.2 <i>Forurening på gasform</i>	19
2.2.3 <i>Oplost forurening</i>	20
2.3 SPREDNING IND I BYGNINGER	20
2.3.1 <i>Spredningsmekanismer</i>	20
2.3.2 <i>Spredning igennem gulvkonstruktioner</i>	23
2.3.3 <i>Spredning igennem vægkonstruktioner</i>	24
2.3.4 <i>Spredning via hulrum og installationer</i>	24
3 BYGGETEKNISKE FORHOLD	26
3.1 GENERELT	26
3.2 BYGGETEKNISK GENNEMGANG	26
3.2.1 <i>Fundering</i>	28
3.2.2 <i>Gulve/terrændæk, figur 2.2(A, B, C)</i>	28
3.2.3 <i>Kælderloft og -vægge, figur 2.2(E, F, K)</i>	30
3.2.4 <i>Rør-/ledningsføringer, figur 2.2(G, H)</i>	31
3.2.5 <i>Afløbsforhold, figur 2.2(G)</i>	31
3.2.6 <i>Udluftning</i>	32
3.2.7 <i>Hulrum, figur 2.2(H, I)</i>	32
3.2.8 <i>Bygningsindretning og særlige forhold</i>	33
3.2.9 <i>Udvendig registrering</i>	34
3.2.10 <i>Supplerende registreringer i tidligere erhvervsbygninger</i>	34
3.2.11 <i>Dokumentation af registrering</i>	35
4 AFVÆRGE I EKSISTERENDE BYGNING	36
4.1 GENERELT	36
4.2 GRUNDLAG FOR VALG AF AFVÆRGEFORANSTALTNING	38
4.2.1 <i>Kategorisering af bygningstilstand og afværgebehov</i>	38
4.2.2 <i>Risikovurdering vedr. effekten af planlagt afværge</i>	39
4.2.3 <i>Dokumentationsmateriale vedr. planlagt afværge</i>	40
4.3 TÆTNING AF KONSTRUKTIONER I EKSISTERENDE BYGNING	41
4.3.1 <i>Afværgeprincip ved tætning af konstruktioner</i>	41
4.3.2 <i>Etableringsarbejder ved tætning af konstruktioner</i>	41
4.3.3 <i>Kontrol før tætning af konstruktioner</i>	45
4.3.4 <i>Kontrol af tætning af konstruktioner</i>	46

4.4	NY GULVKONSTRUKTION I EKSISTERENDE BYGNING	46
4.4.1	<i>Afværgeprincip ved etablering af ny gulvkonstruktion</i>	46
4.4.2	<i>Etableringsarbejder for ny gulvkonstruktion</i>	47
4.4.3	<i>Kontrol for etablering af ny gulvkonstruktion</i>	49
4.4.4	<i>Kontrol af etableringen af ny gulvkonstruktion</i>	50
4.5	VENTILATION UNDER GULV I EKSISTERENDE BYGNING	51
4.5.1	<i>Afværgeprincip for ventilation under gulv</i>	51
4.5.2	<i>Etableringsarbejder for ventilering under gulv</i>	54
4.5.3	<i>Kontrol for etablering af ventilering under gulv</i>	56
4.5.4	<i>Kontrol af etableringen af ventilering under gulv</i>	56
4.6	VENTILATION I (KRYBE-)KÆLDER I EKSISTERENDE BYGNING	57
4.6.1	<i>Afværgeprincip for ventilering af kælder/krybekælder</i>	57
4.6.2	<i>Etableringsarbejder for ventilering af kælder eller krybekælder</i>	60
4.6.3	<i>Kontrol for etablering af ventilering af kælder eller krybekælder</i>	60
4.6.4	<i>Kontrol af etableringen af ventilering af kælder eller krybekælder</i>	61
4.7	ANDRE FORANSTALTNINGER I EKSISTERENDE BYGNING	62
4.7.1	<i>Rumventilation</i>	62
4.7.2	<i>Omfangsdræn</i>	62
5	AFVÆRGE VED NYBYGGERI	63
5.1	GENERELT	63
5.2	GRUNDLAG FOR VALG AF AFVÆRGEFORANSTALTNING	64
5.2.1	<i>Risikovurdering vedr. effekten af planlagt afværge</i>	64
5.2.2	<i>Dokumentationsmateriale vedr. planlagt afværge</i>	64
5.3	GULVKONSTRUKTION	65
5.3.1	<i>Afværgeprincip ved etablering af ny gulvkonstruktion</i>	65
5.3.2	<i>Etableringsarbejder for ny gulvkonstruktion</i>	66
5.3.3	<i>Kontrol for etablering af ny gulvkonstruktion</i>	68
5.3.4	<i>Kontrol af etableringen af ny gulvkonstruktion</i>	68
5.4	VENTILATION UNDER GULV	69
5.4.1	<i>Afværgeprincip for ventilation under gulv</i>	69
5.4.2	<i>Etableringsarbejder for ventilation under gulv</i>	70
5.4.3	<i>Kontrol for etablering af ventilation under gulv</i>	71
5.4.4	<i>Kontrol af etableringen af ventilation under gulv</i>	71
5.5	ANDRE FORANSTALTNINGER I NYBYGGERI	72
5.5.1	<i>Rumventilation</i>	72
5.5.2	<i>Omfangsdræn</i>	72
6	DRIFT OG MONITERING	74
6.1	GENERELT	74
6.2	INDEKLIMAMÅLINGER	74
6.3	VENTILATIONSANLÆG	75
6.4	FREMTIDIGE REPARATIONSARBEJDER	75
7	REFERENCER	77

FAKTABOKSE

Faktaboks 1:	Funderingstyper	28
Faktaboks 2:	Revner i konstruktioner	29
Faktaboks 3:	Terrændæk	30
Faktaboks 4:	Krybekælder	31
Faktaboks 5:	Ydervægge	32
Faktaboks 6:	Kælder	34
Faktaboks 7:	Fugtisolering i terrændæk	44
Faktaboks 8:	Fugt- og varmeisolering af krybekælder	58

BILAG

Bilag A:	Tjekliste: Byggeteknisk gennemgang	79
Bilag B:	Tjekliste: Tætte konstruktioner i eksisterende bygning	81
Bilag C:	Tjekliste: Ny gulvkonstruktion	83
Bilag D:	Tjekliste: Ventilation af kapillarbrydende lag	87
Bilag E:	Tjekliste: Ventilation i kælder / krybekælder	89
Bilag F:	Tjekliste: Gulvkonstruktion i nybyggeri	91
Bilag G:	Tjekliste: Ventilation af kapillarbrydende lag i nybyggeri	93

Forord

I denne rapport er der givet en beskrivelse og en vurdering af forhold, som har betydning ved gennemførelse af byggetekniske afværgeforanstaltninger i eksisterende bygninger såvel som ved etablering af nybyggeri på forurenede grunde.

Rapporten er udarbejdet af NIRAS under Miljøstyrelsens Teknologiuudviklingsprogram for jord- og grundvandsforurening på vegne af Københavns Kommune.

Projektets overordnede målsætning har været at danne et forbedret og mere ensartet beslutningsgrundlag for parterne i jordforureningssager, så byggetekniske afværgeforanstaltninger udføres bedst muligt.

For opfyldelse af projektets målsætning er der gennemført følgende udredningsarbejder:

- En gennemgang af relevante forhold, som har betydning for forureningsstoffers spredningsveje under og i bygningskonstruktioner.
- En gennemgang af relevante byggetekniske forhold, der bør registreres i forbindelse med planlægning og projektering af det endelige afværge-design.
- En gennemgang af relevante byggetekniske afværgeforanstaltninger samt kontrolpunkter for planlægnings- og etableringsfasen.

Projektets primære målgruppe er sagsbehandlere ved miljømyndigheden, der skal varetage godkendelse af byggetekniske afværgeforanstaltninger, men miljørådgivere, bygherrer, entreprenører og andre parter, der arbejder med indeklimasikring i forhold til poreluft-, jord-, og grundvandsforurening, vurderes ligeledes at kunne drage nytte af rapportens beskrivelser.

Projektet vurderes at være et naturligt supplement til Miljøstyrelsens projekt nr. 750, 2003, "Afværgekatalog – tidlig indsats overfor indeklimapåvirkning" /Miljøstyrelsen 2003/, samt projekt nr. 1032, 2006, "Fjernelse af jordforurening ved og under huse" /Miljøstyrelsen 2006b/.

I tilknytning til projektets gennemførelse har der været nedsat en styregruppe bestående af Mariam Wahid fra Københavns Kommune, Miljøkontrollen, samt Ole Kiilerich fra Miljøstyrelsen.

Rapporten er udarbejdet af Jacob Skou, Henrik Husum Nielsen, Inger Asp Fuglsang samt Morten Dam Hansen, alle fra NIRAS.

Sammenfatning

Miljømyndighederne har jævnligt behov for at vurdere de teknisk, økonomisk og miljømæssigt mest fordelagtige afværgeforanstaltninger, der skal sikre eksisterende byggeri eller nybyggeri mod en uacceptabel indeklimapåvirkning fra en konstateret jordforurening.

Det overordnede formål med dette projekt er på denne baggrund at udarbejde et værktøj (en håndbog), der kan hjælpe miljømyndighederne i deres sagsbehandling vedrørende etablering af byggetekniske foranstaltninger til sikring af indeklima.

En effektiv afværgeindsats mod uacceptabel forureningspåvirkning af indeklimaet i bygninger er betinget af et godt kendskab til forureningsstofferne potentielle spredningsveje. Håndbogen indeholder derfor en generel gennemgang af relevante spredningsmekanismer og transportveje for flygtige forureningsstoffer fra en jordforurening til indeklimaet i bygninger.

Forureningspåvirkningen af indeklimaet i en bygning styres af den bygningsmæssige udformning, bygningens generelle stand samt forureningsstofferne fysiske og kemiske egenskaber. Potentialet for spredning er endvidere betinget af forureningens omfang samt placering under bygningen.

Som grundlag for beslutninger vedrørende etablering af byggetekniske afværgeforanstaltninger i eksisterende bygninger kræves et grundigt kendskab til de byggetekniske forhold, der danner ramme for forureningsstofferne spredning i den aktuelle bygning. Dette kendskab opnås primært ved gennemførelse af en registrering af potentielle spredningsveje ved en byggeteknisk gennemgang. Der gives i håndbogen derfor en generel beskrivelse af, hvad en byggeteknisk gennemgang som udgangspunkt kan omfatte.

I håndbogen foretages i øvrigt en overordnet kategorisering af bygninger i forhold til omfanget af nødvendige afværgeforanstaltninger. Afværgekategori 1 omfatter gamle bygninger i ringe byggeteknisk stand, afværgekategori 2 omfatter bygninger i rimelig stand og afværgekategori 3 omfatter nye bygninger.

Denne kategorisering og den byggetekniske gennemgang på den aktuelle ejendom danner sammen med forureningsundersøgelser (ikke omfattet af dette projekt) grundlag for efterfølgende at foretage det mest fordelagtige valg af byggetekniske afværgeforanstaltninger.

I håndbogen gives en generel præsentation af følgende udvalgte byggetekniske afværgeforanstaltninger for eksisterende bygninger:

- Tætning af konstruktioner
- Ny gulvkonstruktion
- Ventilation under gulv
- Ventilation i kælder eller krybekælder
- Andre foranstaltninger

I håndbogen gives ligeledes en generel præsentation af følgende udvalgte byggetekniske afværgeforanstaltninger for nybyggeri:

- Tætning af konstruktioner
- Ny gulvkonstruktion
- Ventilation under gulv

Fælles for de udvalgte byggetekniske afværgeforanstaltninger er, at de vurderes at dække de oftest etablerede.

Afværgeforanstaltningerne beskrives i relation til afværgeprincip, etableringsarbejder samt kontrol før og under etableringen. I håndbogens bilag er der vedlagt forslag til tjeklister for den byggetekniske gennemgang samt tjeklister til kontrol før og under etablering af afværgeforanstaltninger.

Efter gennemgangen af de udvalgte afværgeforanstaltninger foretages en vurdering af behovet for monitoring efter etableringen.

Summary

Environmental authorities often need to assess which methods of remediation are most technically, economically, and environmentally suited to protect either existing buildings or future buildings against unacceptable impacts from soil pollution on the indoor climate.

The overall objective in this project has been to develop a tool (handbook) that can help the environmental authorities with the above-mentioned assessments concerning establishment of technical methods for the protection of the indoor climate.

Effective remediation of unacceptable spreading of pollution in the indoor climate in buildings is dependent on a thorough knowledge of the potential distribution mechanisms of the pollutants. Therefore, the handbook contains a general explanation of relevant mechanisms and transport paths for volatile pollutants from soil pollution to the indoor climate in buildings.

The pollution impact on the indoor climate in a building is determined by the type of building construction, the general state of the building, and the physical and chemical properties of the pollutants. Furthermore, the spreading potential is dependent on the magnitude of the pollution and its location under the building.

Decisions on the technical methods of remediation to be established in existing buildings require a thorough knowledge of the structural conditions as these are essential to determine the pollutant distribution in the building. This knowledge is primarily achieved by technical examinations and registration of the potential transport paths. Therefore, the handbook contains a general description of the scope of a technical examination.

The handbook also contains a general classification of buildings according to remedial actions necessary. Remediation category 1 comprises old buildings in poor condition, remediation category 2 comprises buildings in acceptable condition, and remediation category 3 comprises new buildings.

This classification and the technical examination of the individual property, together with the pollution investigations (not described by this project), makes up the basis on which to choose the most advantageous remedial solutions.

The handbook gives a general presentation of the following selected technical methods for remediation of existing buildings:

- Sealing of constructions
- New floor construction
- Ventilation under floors
- Ventilation of basement/crawl space
- Other remediation activities

Furthermore, the handbook gives a general presentation of the following selected technical methods of remediation for new buildings:

- Sealing of constructions
- New floor construction
- Ventilation under floors

The selected technical remedial measures are assessed to be the most commonly applied techniques. The remedial measures are described in relation to the remediation principle, the required construction work, and the necessary control measures before and during establishment. In the appendix to the handbook, suggestions for check lists for the technical examination and test/control before and during the establishment of the remedial measures are given.

1 Indledning

1.1 Baggrund

Gennem de senere år har miljømyndighederne jævnligt haft behov for at vurdere de teknisk, økonomisk og miljømæssigt mest fordelagtige afværgeforanstaltninger, der skal sikre eksisterende byggeri eller nybyggeri mod en uacceptabel indeklimapåvirkning fra en konstateret jordforurening.

Amterne har således siden 1982 foretaget kortlægning af Danmarks kemikalieaffaldsdepoter, og siden jordforureningsloven /Lov nr. 370 af 1999/ trådte i kraft i 2000 er der foretaget en mere formaliseret kortlægning af henholdsvis potentielt og dokumenterede forurenede arealer (V1- og V2-kortlægning). Som følge af kortlægningen er det i en lang række sager efterfølgende besluttet at etablere byggetekniske foranstaltninger til sikring mod en uacceptabel forureningspåvirkning af indeklimaet i boliger eller andre ejendomme med "meget følsom" arealanvendelse.

Herudover har et stigende antal bygherrer inden for de senere år ønsket at renovere/ombygge eksisterende virksomhedsbygninger til beboelse, eller udføre nybyggeri til beboelse på tidligere industrigrunde. I begge tilfælde kan der være tale om kortlagte/forurenede grunde, hvor arealanvendelsen ændres til "meget følsom" og kravene i relation til f.eks. afdampning af forureningsstoffer til indeklimaet derved skærpes betydeligt. Som en del af en samlet byggetilsladelse skal miljømyndighederne i disse sager vurdere og godkende en evt. forureningsoprensning eller anden form for indeklimasikring, iht. jordforureningsloven.

I forbindelse med miljømyndighedernes sagsbehandling er kvaliteten af baggrundsmaterialet afgørende for at kunne træffe det teknisk, økonomisk og miljømæssigt mest fordelagtige valg af afværgeforanstaltninger til sikring af arealanvendelsen. Ligeledes vil en korrekt etablering være afgørende for effektiviteten af de gennemførte afværgeforanstaltninger.

Der findes på nuværende tidspunkt ikke et egentligt målrettet værktøj, der kan hjælpe miljømyndighederne i deres sagsbehandling. Et værktøj, der på forhånd kan sikre sagsbehandleren et samlet overblik over den nødvendige viden, der bør være til stede for at kunne vælge den "rigtige" afværgeforanstaltning. Endvidere mangles et tilsvarende værktøj i etableringsfasen, hvor det udførte arbejde skal kontrolleres.

Målsætningen med dette projekt er derfor at udarbejde et sådant værktøj til anvendelse i de sager, hvor afværgeindsatsen sker ved byggetekniske foranstaltninger. Projektet vurderes at være et naturligt supplement til Miljøstyrelsens projekt nr. 750, 2003, "Afværgekatalog – tidlig indsats overfor indeklimapåvirkning" /Miljøstyrelsen 2003/, samt projekt nr. 1032, 2006, "Fjernelse af jordforurening ved og under huse" /Miljøstyrelsen 2006b/.

I projektet vil der primært blive refereret til flygtige forureningsstoffer som chlorerede opløsningsmidler og BTEX'er (olie).

De chlorerede opløsningsmidler har haft en meget udbredt anvendelse i Danmark, og det har vist sig, at denne anvendelse i dag ofte udgør et væsentligt miljøproblem i forhold til jord, grundvand og indeklime. Stofferne tetrachlorethylen (PCE) og trichlorethylen (TCE) er de mest anvendte og har gennem en lang årrække været anvendt til bl.a. kemisk tøjrrens og som affedtningmiddel i metalvareindustrien.

Anvendelsen af olie-/benzinkomponenter er som bekendt ligeledes meget omfattende. Antallet af nedgravede tanke ved boliger, industrier, nuværende og især gamle benzinstationer mv. er således meget stort, og det omfattende brug har mange steder forårsaget miljøproblemer i forhold til jord, grundvand og indeklime.

1.2 Formål

Projektets overordnede formål er på denne baggrund at udarbejde et værktøj (en håndbog), der kan optimere sagsbehandlingen hos miljømyndighederne vedrørende etablering af byggetekniske foranstaltninger til sikring af indeklime i boliger og andet byggeri med "meget følsom" arealanvendelse. Det være sig i forbindelse med eksisterende bygninger såvel som ved nybyggeri på kortlagte/forurenede grunde.

Beskrivelserne i håndbogen forudsættes læst med miljømyndighedens "briller", hvad enten det er som tilsynsmyndighed for en privat bygherre, eller som offentlig myndighed, der selv gennemfører afværgeforanstaltninger på en forurenede grund.

Håndbogen skal hjælpe til at danne et forbedret og mere ensartet (standardiseret) beslutningsgrundlag for parterne i jordforureningssagerne, således at kvaliteten af de byggetekniske afværgeforanstaltninger øges.

Projektet har endvidere 3 delformål:

- At gennemgå relevante forhold, som har betydning for forureningsstoffers spredningsveje under og ind i bygningskonstruktioner.
- At gennemgå relevante byggetekniske forhold, der bør registreres i forbindelse med planlægnings- og projekteringsfasen.
- At gennemgå potentielle byggetekniske foranstaltninger samt relevante kontrolområder under planlægnings- og etableringsfasen.

Etablering af byggetekniske foranstaltninger forudsættes i håndbogen gennemført med henblik på at reducere spredningen af forurening under bygninger til indeklime, således at påvirkningen af indeklime overholder Miljøstyrelsens afdampningskriterier, jf. /Miljøstyrelsen 1998a/.

Det skal bemærkes, at håndbogen kun omhandler sager, hvor der er risiko for uacceptabel spredning af flygtige stoffer til indeklime, samt hvor forureningsforholdene er kendte og veldokumenterede. Det forudsættes således, at det ved forureningsundersøgelser er vurderet, at der er en potentiel risiko for uacceptabel påvirkning af indeklime forårsaget af en jordforurening under bygningen.

Der er i håndbogen ikke givet retningslinier for en evt. vurdering af validiteten af foreliggende datamateriale fra forudgående forureningsundersøgelser på lokaliteter, hvor der skal etableres byggetekniske afværgeforanstaltninger. Det forudsættes, at eventuelle forureningsundersøgelser er gennemført iht. Miljøstyrelsens vejledninger nr. 6, 7 og 13, 1998, jf. /Miljøstyrelsen 1998a og Miljøstyrelsen 1998b/, og at data ikke er forældede.

Håndbogen omhandler ligeledes ikke problemstillinger i relation til håndtering af forurening, der udgør en uacceptabel risiko i forhold til grundvandsressourcen eller i forhold til eksponering ved direkte kontakt med jord, grundvand og/eller udeluftforurening.

Endelig omhandler håndbogen ikke foranstaltninger i forhold til forureningspåvirkning forårsaget af udeluftforurening eller afdampning fra forureningsstoffer adsorberet i bygningens gulv, vægge, møbler osv., såkaldte "sinks". Det må således særskilt vurderes i hver enkelt konkrete sag, om et evt. bidrag fra udeluft eller sinks kan yde et uacceptabelt forureningsbidrag til indeklimaet.

Til sidst skal det bemærkes, at beskrivelserne i håndbogen ikke skal betragtes som eksakte fremgangsmåder for gennemførelse af sager, hvor byggetekniske foranstaltninger skal vurderes. Håndbogen skal betragtes som et opslagsværk til inspiration. Helt afhængig af de aktuelle forhold i de konkrete sager vil der overlades mange beslutninger til læseren.

1.3 Læsevejledning

Håndbogen tænkes anvendt som et opslagsværk for sagsbehandlere ved miljømyndigheder i forbindelse med gennemførelsen af byggetekniske afværgeforanstaltninger i eksisterende bygninger eller ved etablering af nybyggeri på forurenede lokaliteter. Dette være sig i planlægningsfasen og i etablerings- og dokumentationsfasen.

Håndbogens kapitler er af denne grund opbygget, så de som udgangspunkt kan læses uden at have kendskab til forudgående kapitler. Der vil således også forekomme gentagelser, specielt imellem kapitel 4 og 5, der handler om afværgeforanstaltninger i henholdsvis eksisterende bygninger og nybyggeri.

I figur 1.1 fremgår et flowdiagram til anskueliggørelse af håndbogens opbygning. Håndbogens kapitler kan overordnet resumeres således:

Kapitel 2: Spredningsveje: I dette kapitel gives en præsentation af de forhold, der typisk har betydning for forureningsstoffers spredning i såvel undergrunden som i bygninger. I kapitlet gives også en præsentation af, hvilke bygningsmaterialer/-konstruktioner, der vurderes at være tætte henholdsvis utætte over for forureningsspredning. Kapitlet kan bruges til at opnå en større forståelse af de mekanismer, der har betydning for forureningsstofferne skæbne i undergrunden og spredningen til bygninger.

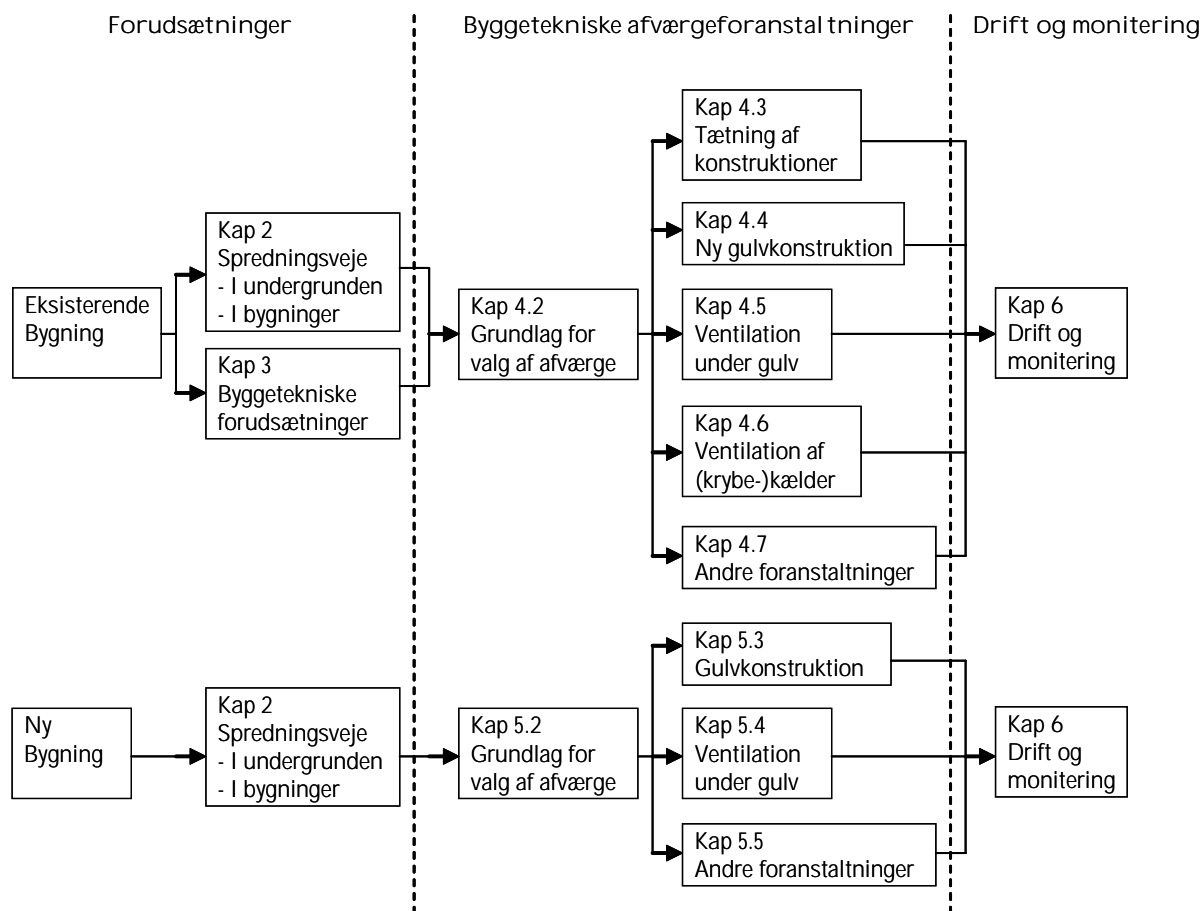
Kapitel 3: Byggetekniske forhold: I dette kapitel gives en præsentation af, hvad en byggeteknisk registrering bør omfatte for at opnå et godt kendskab til forureningsstofferne potentielle spredningsveje, som beskrives i kapitel 2. Der gives endvidere nogle generelle beskrivelser og definitioner vedrørende bl.a. byggeskikken i perioden fra før 1900-tallet til mere nutidige byggerier. Beskri-

velserne tænkes anvendt som en hjælp til forståelsen og kontrollen af en gennemført byggeteknisk registrering.

Kapitel 4: Afværge i eksisterende bygning: I dette kapitel præsenteres 5 potentielle byggetekniske afværgeforanstaltninger, der kan etableres i eksisterende bygninger. Der vil både blive fokuseret på typiske entreprisarbejder i relation til etablering af de enkelte afværgeforanstaltninger, og hvad der bør kontrolleres før, under og efter etableringen.

Kapitel 5: Afværge ved etablering af ny bygning: I dette kapitel præsenteres 3 potentielle byggetekniske afværgeforanstaltninger, der kan etableres i forbindelse med nybyggeri. Der vil ligesom i kapitel 4 både blive fokuseret på typiske entreprisarbejder i relation til etablering af de enkelte foranstaltninger, og hvad der bør kontrolleres før, under og efter etableringen. Beskrivelserne vil i høj grad minde om beskrivelserne i kapitel 4.

Kapitel 6: Drift og monitoring: I dette kapitel præsenteres forslag til omfanget af den efterfølgende drift og monitoring af de etablerede byggetekniske afværgeforanstaltninger.



Figur 1.1: Diagram til anskueliggørelse af håndbogens opbygning

2 Spredningsveje

2.1 Generelt

Spredningsmekanismer og transportveje for flygtige forureningsstoffer i bygninger styres primært af den bygningsmæssige udformning, bygningens generelle stand samt forureningsstofferne fysiske og kemiske egenskaber.

Potentialet for spredning er endvidere betinget af forureningens omfang samt placering og fasefordeling i jord, poreluft og porevand under bygningen. En fordeling, der er styret af de geologiske forhold samt opløsning og forskellige nedbrydnings-, sorptions- og fordampningsprocesser. I følgende kapitel gives en overordnet præsentation af de forhold, der typisk har betydning for forureningsstoffers spredning i såvel undergrunden som i bygninger.

2.2 Spredning i undergrunden

Principperne bag forureningsstofferne spredning i undergrunden er overordnet forsøgt illustreret ved optegning af et tænkt forureningsspild på et geologisk profilsnit, jf. figur 2.1.

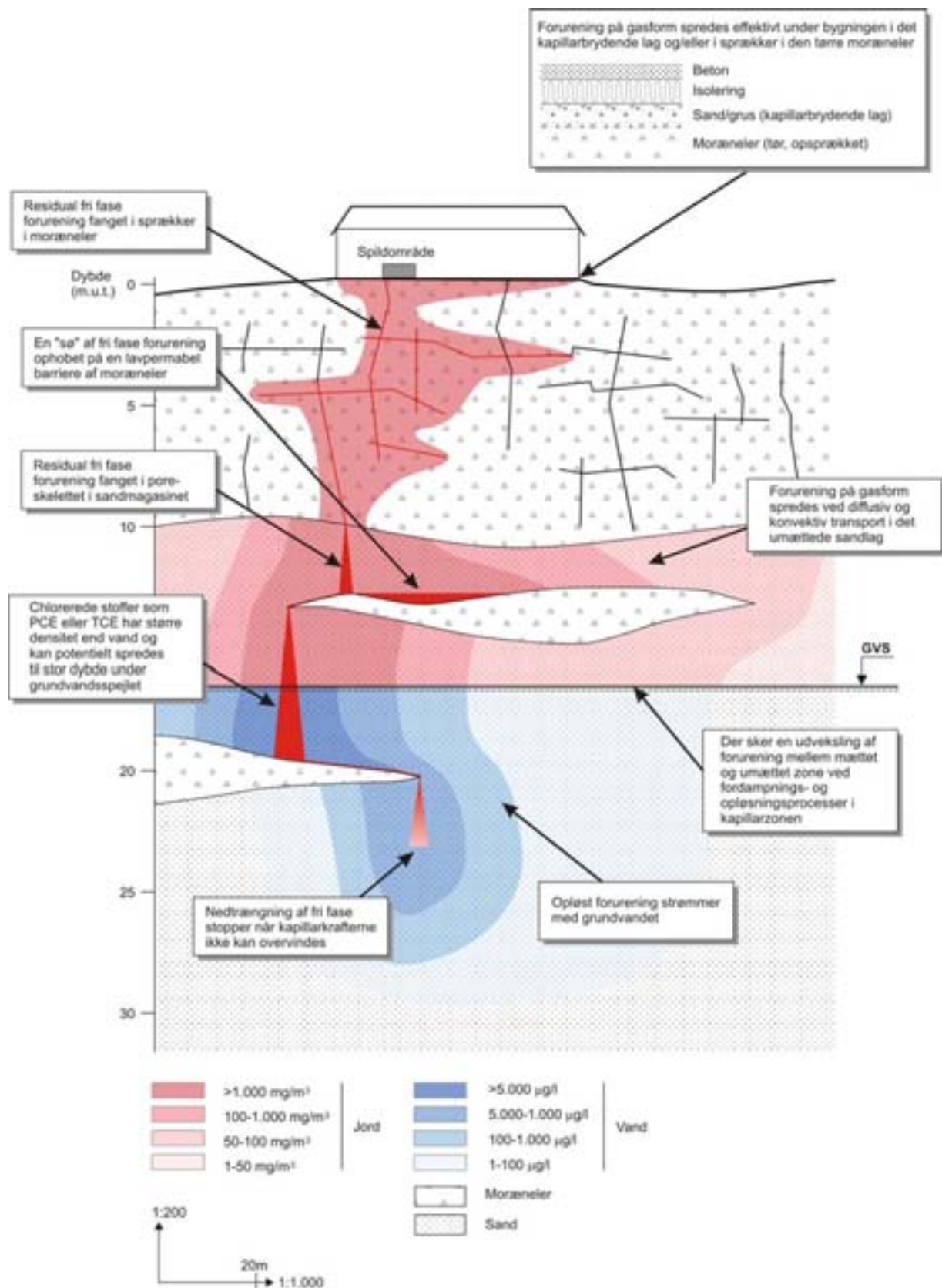
2.2.1 Fri fase forurening

Et spild af separat "fri" fase forurening (f.eks. PCE eller olie/benzin) vil ved relativ hurtig nedtrængning (timer til dage) kunne spredes gennem jorden via poreskelettet i lag af sand/grus eller revner og sprækker i lag af f.eks. moræner eller kalk. Spredningen og nedtrængningsdybden styres primært af forureningsstofferne fysiske og kemiske egenskaber i samspil med spildets størrelse og jordlagene geologiske opbygning samt vandmætningsforholdene.

Spildet vil under nedtrængningen i jorden typisk efterlade en zone af immobile, usammenhængende dråber af forurening fanget i poreskelettet og sprækker på grund af kapillære kræfter, en såkaldt "residual fri fase" forurening.

Nedtrængningen vil først stoppe, når de nedadrettede kræfter fra den sammenhængende forureningsfase ikke kan overvinde kapillærkræfterne. Ved nedtrængning til geologiske "barrierer" (finkornede geologiske lag med højt vandindhold som f.eks. ler) kan nedtrængningen derfor standse som følge af kapillære modstandskræfter. Er spildet imidlertid tilstrækkeligt stort, vil der opbygges en pulje af sammenhængende fri fase forurening, der kan overvinde den kapillære modstand, hvorefter spredningen kan fortsætte nedefter.

De chlorerede stoffer PCE og TCE er bl.a. karakteriseret ved at have høj densitet og lav viskositet sammenlignet med vand. Stofferne tilhører derfor stofgruppen, der betegnes DNAPL's (Dense Non-Aqueous Phase Liquids), som potentielt kan gennembryde grundvandsspejlet og fortsætte til stor dybde i et uforudsigeligt mønster i den mættede zone, uafhængigt af grundvandets strømningretning.



Figur 2.1: Principtegning af forureningsstoffers (DNAPL's) spredning i undergrunden

Andre forureningsstoffer, der har lavere densitet end vand (f.eks. olie og BTEX'er), vil ved større spild danne en sammenhængende pulje af fri fase forurening oven på grundvandsspejlet. Denne pulje vil generelt spredes i grundvandets strømningsretning.

2.2.2 Forurening på gasform

I den umættede del af formationen over grundvandsspejlet vil der ske af-dampning fra forureningsspildet til poreluften. Poreluftforureningen kan afhængig af de aktuelle geologiske forhold efterfølgende potentielt spredes til store afstande fra kildeområdet. En transport, der er drevet af koncentrations- og trykgradienter i den umættede zone (henholdsvis diffusiv og konvektiv stoftransport). Under varierende geologiske forhold er udbredelsen af poreluftforureninger påvist i afstande på op til flere kilometer fra en kilde. I andre tilfælde, f.eks. ved en terrænnær og højpermeabel umættet zone, kan poreluftforureningen bortventileres til atmosfæren inden for få meter.

Fra poreluftforureningen i den umættede del af formationen opløses de gasformige forureningsstoffer i kapillarzonen (toppen af grundvandet). På tilsvarende vis afdamper opløst forurening i grundvandet til den umættede del af formationen. Denne udveksling af forurening kan medføre henholdsvis grundvandsforurening og poreluftforurening i stor afstand fra kildeområdet.

Flygtige forureningsstoffers tilbøjelighed til at optræde og spredes på gasform i forholdsvis høje koncentrationer medfører, at der både på og omkring samt nedstrøms mange kildeområder kan konstateres markante forureningsniveauer nær og under bygninger. Spredningen vil således potentielt kunne give anledning til uacceptable påvirkninger af indeklimaet i et større antal naboejendomme.

Det skal i denne sammenhæng nævnes, at koncentrationen af flygtige forureningsstoffer i poreluften kan være stærkt varierende både tidsligt og arealmæssigt. Variationerne er afhængige af en lang række faktorer, herunder bl.a. variationer i meteorologiske forhold (atmosfæretryk, temperatur, nedbør mv.), den lokale geologi samt variationer i grundvandsstandsstanden. Disse variationer er beskrevet nærmere i /Miljøstyrelsen 2006a/ og vil ikke blive behandlet her. Det skal blot nævnes, at tolkning af forureningsdata fra poreluftundersøgelser bør foretages kritisk under hensyntagen til en mulig betydelig tidslig og arealmæssig variation af poreluftkoncentrationerne.

Forholdene for transport af forureningsstoffer i poreluften umiddelbart under bygninger vil ofte være gunstige, idet jordlagene her er udtørrede og opsprækkede. Særligt i lerede jorde vil fyldmaterialer omkring installationer og trækrør til installationer sammen med ormehuller og hulrum efter omdannet organisk materiale ligeledes udgøre en væsentlig spredningsvej.

Tilstedeværelsen af et kapillarbrydende lag af f.eks. grus/sand under en gulvkonstruktion anses ligeledes for at udgøre en effektiv spredningsforbindelse for forureningsstoffer i poreluften i jorden til områder med revner eller andre utætheder i f.eks. et betondæk. Erfaringer fra undersøgelser indikerer dog, at der ikke nødvendigvis kan regnes med en effektiv udligning af poreluftforureningen og således en jævn fordeling af forureningsstoffer i det kapillarbrydende lag, på trods af lagets højpermeable egenskaber /AVJ 2006/. En enkeltstående poreluftmåling giver derfor ikke nødvendigvis et fyldestgørende billede af forureningsforholdene i det kapillarbrydende lag.

2.2.3 Opløst forurening

Foruden afdampning til poreluften sker der ligeledes opløsning af forureningsstoffer i infiltrerende vand (nedbør). Infiltration af opløst forurening vil ikke på samme måde som den frie fase hæmmes af lag med højt vandindhold eller grundvandsspejlet. Til gengæld vil den opløste forurening ikke i sig selv have en tilbøjelighed til at spredes til større dybde i den mættede del af formationen (grundvandszonen).

I grundvandszonen vil opløst forurening umiddelbart spredes med grundvandsstrømmen og således potentielt resultere i, at forurening spredes over et stort område.

2.3 Spredning ind i bygninger

2.3.1 Spredningsmekanismer

De væsentligste drivkræfter for forureningsstoffers spredning fra jorden eller et kapillarbrydende lag under en bygning til indeklimaet i en bygning er trykdreven stoftransport (konvektion) samt stoftransport drevet af koncentrationsforskelle (diffusion).

Konvektion (i litteraturen også kaldt advektion) anses for at være den dominerende spredningsmekanisme. Ved konvektion sker stofspredningen gennem utætheder i bygningskonstruktioner (f.eks. terrændæk, kældergulv, kælder-vægge, rørgennemføringer mv.).

Den konvektive stofspredning drives bl.a. af et svagt undertryk, der generelt opstår i bygninger på grund af temperaturforskelle mellem luften indendørs og udendørs samt på grund vindpåvirkning omkring bygningen og evt. drift af mekaniske ventilationsanlæg. Ifølge litteraturen kan undertrykket være i størrelsesordenen 1-5 Pa i normalt ventilerede bygninger og op til 10-20 Pa i mekanisk ventilerede bygninger /AVJ 2005/. Undertrykkets størrelse varierer gennem døgnet (normalt med maksimum inden solopgang) og igennem året (normalt med maksimum om vinteren).

Konvektiv stofspredning sker ligeledes på grund af variationer i atmosfæretrykket /Miljøstyrelsen 2001/. Overordnet sker forplantningen af trykvariationer i atmosfæren ned igennem de øvre jordlag med en vis forsinkelse, hvilket medfører periodevise trykgradienter mellem poreluften i jorden og atmosfæren. Da trykudligningen mellem atmosfæren og indeklimaet i en bygning generelt anses for at ske momentant, vil der ligeledes opstå periodevise trykgradienter mellem indeklimaet i bygningen og poreluften i jorden, hvilket i perioder vil drive konvektiv forureningsspredning ind i bygningen.

Resultater af gennemførte modelberegninger indikerer, at undertrykket i bygninger (1-5 Pa) er den væsentligste drivkraft for konvektiv forureningsspredning ind i bygninger på sandede jorde, mens variationer i atmosfæretrykket er den væsentligste drivkraft for konvektiv forureningsspredning ind i bygninger på lerede jorde /Miljøstyrelsen 2001/.

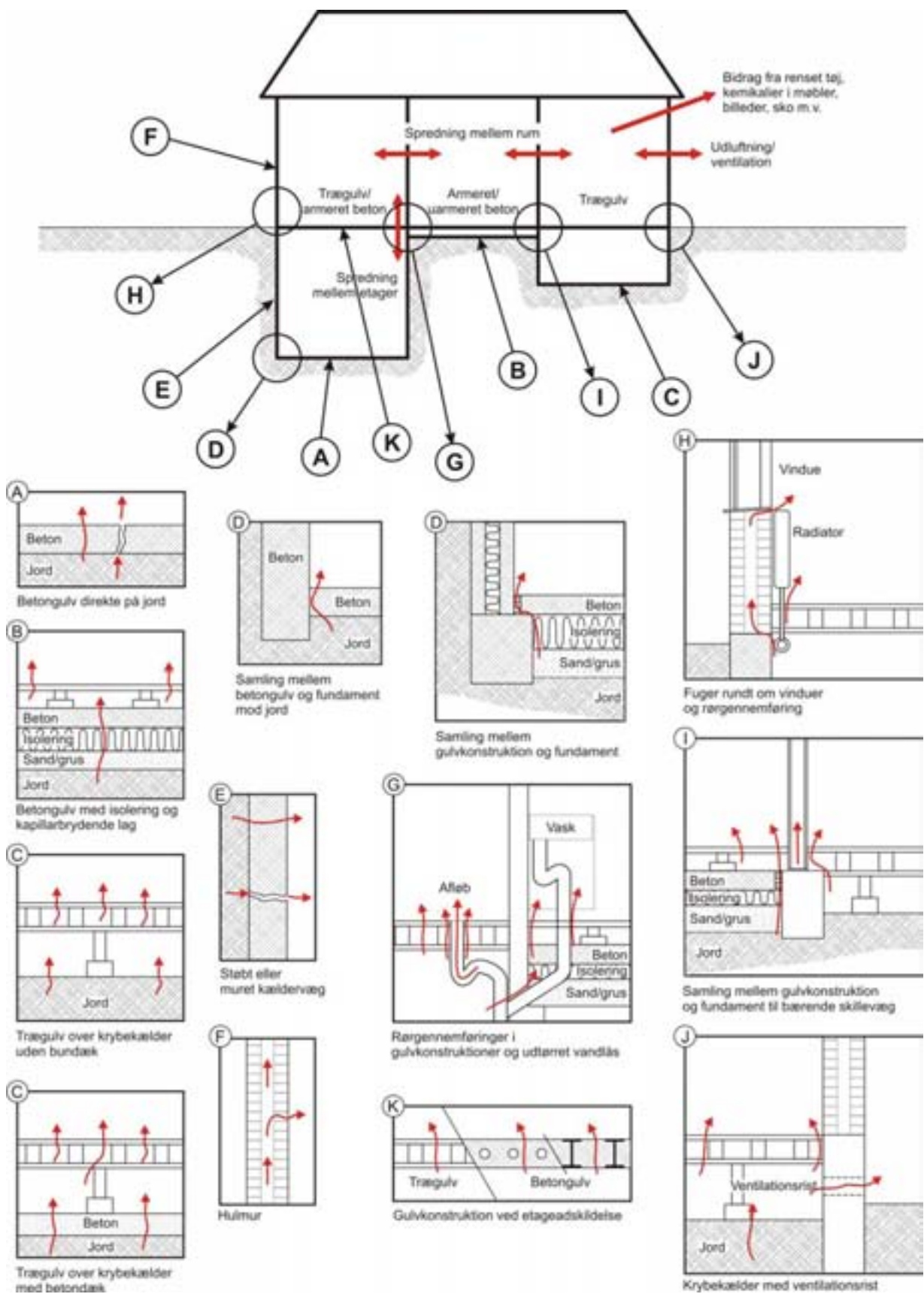
Endelig sker der stofspredning til indeklimaet i bygninger ved diffusion, der er drevet af koncentrationsforskelle mellem poreluften under gulvkonstruktionen og indeluften i bygningen. Til forskel fra konvektion kan forureningsspredning ved diffusion potentielt ske igennem bygningskonstruktioner, der umid-

delbart fremstår uden revner eller lignende utætheder. Mange bygningskonstruktioner (f.eks. betongulve) vil dog yde en diffusionshæmmende effekt.

Når forureningen har spredt sig til indeklimaet i en bygning, sker der spredning fra rum til rum, igennem hulrum i mure og via kælderrum, krybekælder, trappeopgange, udluftningskanaler mv. Den væsentligste faktor for den resulterende koncentration af forureningsstoffer i indeluften i bygningens rum er luftskiftet i bygningen.

I nedenstående tabel 2.1 – 2.3 beskrives bygningskonstruktioners potentielle utætheder og således mulige spredningsveje for forureningsstoffer. Beskrivelserne er bl.a. inspireret af Bygge- og boligstyrelsens vejledning i undersøgelse af lufttæthed i bygningskonstruktioner /Bygge- og Boligstyrelsen 1993a/ samt /Miljøstyrelsen 2001 og Miljøstyrelsen 2003/.

De potentielle utætheder er ligeledes forsøgt illustreret på figur 2.2, hvor udvalgte bygningskonstruktioner, der kan have betydning for bygningers tæthed (langs vægge, ved rørgennemføringer, igennem gulvet osv.) er illustreret. I tabellerne henvises til figur 2.2 for eksempler.



Figur 2.2: Principtegning af eksempler på potentielle utætheder i bygningskonstruktioner

2.3.2 Spredning igennem gulvkonstruktioner

Gulvkonstruktioner er normalt opbygget af materialer som beton, letbeton, træbaserede pladegulve og bræddegulve. I tabel 2.1 er de potentielle utætheder og spredningsveje igennem gulvkonstruktioner overordnet beskrevet.

Tabel 2.1: Potentielle utætheder i gulvkonstruktioner

Figurhenvi sning	Beskrivelse
Figur 2.2(A, B, D)	<p>Beton</p> <p>Gulve, klaplag m.m. af beton støbt på stedet vil ofte have revner, der er opstået pga. udtørringssvind, krybninger, mekanisk overlast eller støbeskel. Disse revner kan fungere som en effektiv spredningsvej for konvektiv forureningsspredning. Revnerne er dog ikke nødvendigvis gennemgående og bevirker derfor ikke altid, at betonen er utæt.</p> <p>I uarmeret beton vil revnedannelsen normalt være karakteriseret af få men grove revner, mens armeret beton normalt vil være karakteriseret ved flere revner med mindre revnevidde. Der kan foretages en teoretisk vurdering af omfanget af svindrevner på baggrund af en lang række karakteristika for betonen, herunder vand- og cementindhold, betontykkelse, alder, armeringsforhold mv. Der henvises til /Miljøstyrelsen 1998a/ for en nærmere beskrivelse af disse beregninger.</p> <p>Der vil yderligere altid kunne forekomme en vis diffusiv forureningsspredning igennem betongulve, der i øvrigt virker tætte. Betongulve anses dog normalt for at have en diffusionshæmmende effekt.</p>
Figur 2.2(D)	<p>Betonelementer</p> <p>Betonelementer anses normalt for at være diffusionshæmmende og tætte over for konvektiv forureningsspredning. Elementsamlingerne kan imidlertid være utætte på grund af udtørringssvind, mangelfuld udstøbning m.m. og betonelementerne kan være skadet/revnet på grund af f.eks. mekanisk overlast, sætninger mv.</p>
	<p>Samlinger i betonkonstruktioner</p> <p>Større gulvflader af beton kan ligeledes være udført med indlagte dilatationsfuger, som har til formål at optage de bevægelser, der opstår i betonpladen som følge af ændringer af temperatur og fugtforhold. Fugerne er normalt udfyldt med elastisk fugemasse. Fugerne kan have brud, vedhæftningsslip eller andre skader, og dermed være utætte.</p>
	<p>Letbeton, Træbaserede pladegulve, Bræddegulve</p> <p>Letbetonkonstruktioner, træbaserede pladegulve og bræddegulve anses generelt ikke for at yde beskyttelse mod forureningsspredning.</p>
Figur 2.2(D, I)	<p>Samling til væggen/fundamentet</p> <p>I samlinger mellem gulvkonstruktioner af beton og væg eller fundament kan der være gennemgående revner eller fuger. Revner i udstøbte samlinger kan opstå som følge af udtørringssvind, krybninger, mekanisk overlast eller manglende vedhæftning i støbeskellet.</p> <p>I nyere byggeri vil kuldebroen fra fundamentet som regel være brudt af en kantisolering mellem fundamentet og betonpladen i form af polystyren, mineraluld eller lignende. Sådanne samlinger anses ikke for at være tætte, med mindre der er udført en god radontætnende lukning (lovpligtig i byggeri efter 1998). Det skal dog bemærkes, at en evt. radonspærre ikke nødvendigvis er diffusionshæmmende over for spredning af forureningsstoffer.</p>

2.3.3 Spredning igennem vægkonstruktioner

Vægkonstruktioner er i hovedreglen opbygget af beton, letbeton, pudset murværk samt pladebeklædte vægge, elementvægge eller blankt murværk. I tabel 2.2 er de potentielle utætheder og således spredningsveje igennem vægkonstruktioner overordnet beskrevet.

Tabel 2.2: Potentielle utætheder i vægkonstruktioner

Figurhenvi sning	Beskrivelse
Figur 2.2(D, E)	Betonvægge støbt på stedet Betonvægge støbt på stedet anses normalt at være diffusionshæmmende og tætte over konvektiv forureningsspredning. Der kan dog forekomme revner i materialet, som gør det utæt for forureningsspredning.
	Betonelementer Betonelementer i vægkonstruktioner anses normalt for at være diffusionshæmmende og tætte over for konvektiv forureningsspredning. Elementsamlinger kan dog være utætte på grund af udtørringssvind, mangelfuld udstøbning m.m. og betonelementerne kan være skadet/revnet på grund af f.eks. mekanisk overlast.
	Letbeton Letbetonkonstruktioner anses generelt ikke for at yde beskyttelse mod forureningsspredning på grund af materialets porøse egenskaber. Letbetonkonstruktioner vil dog sjældent være benyttet som kældervæg mod jord, og vil dermed ikke fungere som en spredningsvej for jordforurening. I beboelsesejendomme kan de indvendige vægge være rejst på et støj dæmpende underlag af f.eks. letbeton, der gennembryder betonpladen. Herved opstår lækage ved indervæggen for konvektiv forureningsspredning.
Figur 2.2(F)	Murværk I murværk vurderes de enkelte sten eller blokke at være diffusionshæmmende og tætte over for konvektiv forureningsspredning. Fugerne vil derimod ofte være utætte for forureningsspredning, idet de generelt er meget porøse på grund af revner, forvitring mv. Murværk anses derfor generelt ikke for at yde beskyttelse mod forureningsspredning.
	Pladebeklædte vægge og elementvægge Pladebeklædte vægge og elementvægge anses generelt ikke for at yde beskyttelse mod forureningsspredning.
	Samlinger i vægge Vægge af træbaserede plader eller gipsplader kan være utætte langs pladernes samlinger, afhængig af samlingernes konstruktion og udførelse. Der forekommer ligeledes ofte revnedannelser ved samling mellem to forskellige materialer. For eksempel ved samling mellem gipsvægge og betonvægge, eller mellem forskellige typer pladebeklædning. Revnerne opstår typisk som følge af små forskelle i materialernes fugt- og temperaturbetingede bevægelser.
Figur 2.2(H, G)	El- og VVS-installationer Indbyggede el- og VVS-installationer i vægkonstruktioner kan ligeledes give anledning til utætheder.

2.3.4 Spredning via hulrum og installationer

Der forekommer tillige en del skjulte spredningsveje i form af hulrum og utætheder, hvor installationer føres igennem bygningskonstruktioner. I tabel

2.3 er de potentielle utætheder og således spredningsveje igennem hulrum og ved installationer overordnet beskrevet.

Tabel 2.3: Potentielle utætheder i hulrum og installationer

Figurhenvi sning	Beskrivelse
<p>Figur 2.2(F)</p> <p>Figur 2.2(H)</p>	<p>Hulrum Gulvbelægninger afbrydes normalt under dørtrin, hvor der derfor dannes hulrum i gulvfladen, som kan give passage fra hulrum under gulv til indeklimaet.</p> <p>Muret byggeri kan være udført som en hulmurskonstruktion, med et hulrum mellem for- og bagmur. Hulrummet kan virke som spredningsvej for forureningsstoffer.</p> <p>Fuger rundt om vinduer kan være utætte, så der er passage fra hulrum i væg til indeklimaet.</p> <p>I hulrum bag vægge, som står i forbindelse med f.eks. hulrum under gulvkonstruktioner, kan forureningsstoffer passere fra jorden til indeklimaet.</p> <p>Pladebeklædte skillevægge er ofte monteret direkte på betongulvet. Den del af pladevæggen, der er skjult under f.eks. et trægulv, kan være utæt, hvis beklædningspladerne ikke slutter tæt til betonpladen, eller hvis der er lavet huller gennem væggen til f.eks. el-ledninger, vandrør og varmerør. På den måde kan der igennem væggen være passage fra hulrum under gulv til indeklimaet.</p>
<p>Figur 2.2(G)</p>	<p>Installationer Alle steder, hvor installationer føres igennem bygningskonstruktioner, kan der være utætheder.</p> <p>Der vil ofte være revner i beton, hvor installationer føres igennem, fordi beton ikke binder på f.eks. metalrør, plastrør og glaserede lerrør. Føres installationerne gennem et pladegulv eller en pladevæg, er der også ofte revner ved gennembrydningen. Installationer i foringsrør eller skakt kan bevirke utætheder imellem installationen og foringsrøret eller skakten.</p> <p>Passage igennem vandløse kan opstå på flere måder. Vandløse kan være udtørrede, hvis de benyttes meget sjældent. De kan også være konstrueret med løse enheder, som tætningsringe, pakninger m.m., som ved upræcis samling forårsager utætheder, der går udenom vandlukket.</p> <p>Passage igennem skorstene eller installationsskakte i bygninger kan ske ved utætheder omkring rense- og inspektionslemme, gennemføringer i gulvkonstruktioner, samlinger mod tilstødende vægge m.m.</p>

3 Byggetekniske forhold

3.1 Generelt

En effektiv afværgeindsats mod uacceptabel forureningsspredning til indeklimaet fra forureninger i jordlagene under bygninger er betinget af et godt kendskab til forureningsstofferne potentielle spredningsveje, som blev beskrevet i kapitel 2.

Både i eksisterende bygninger og ved etablering af nye bygninger indebærer dette et godt kendskab til forureningstypen, -omfanget og -fordelingen i undergrunden. Dette bør være belyst gennem forureningsundersøgelser udført iht. /Miljøstyrelsen 1998a og Miljøstyrelsen 1998b/, hvilket ikke beskrives nærmere i denne håndbog.

I eksisterende bygninger kortlægges de potentielle spredningsveje ligeledes ved at udføre pålidelige registreringer af de byggetekniske forhold (en byggeteknisk gennemgang). Forureningsundersøgelserne og den byggetekniske gennemgang danner således grundlag for efterfølgende at foretage det mest fordelagtige valg af byggetekniske afværgeforanstaltninger.

Dette kapitel indeholder generelle beskrivelser af, hvad den byggetekniske gennemgang bør omfatte. Beskrivelserne er bl.a. inspireret af /Bygge- og Boligstyrelsen 1993a og Miljøstyrelsen 2003/. I kapitlets faktabokse gives endvidere nogle generelle beskrivelser vedrørende bl.a. byggeskikken i perioden fra før 1900-tallet til mere nutidige byggerier. Beskrivelserne tænkes anvendt som en hjælp til forståelse og kontrol af en gennemført byggeteknisk gennemgang.

3.2 Byggeteknisk gennemgang

En byggeteknisk gennemgang bør foretages af en byggesagkyndig person og samtidig en person, som har opnået erfaring i registrering af potentielle spredningsveje for forureningsdampe. Den byggetekniske gennemgang bør som minimum omfatte en registrering af de i kapitel 2 (tabel 2.1-2.3) beskrevne potentielle utætheder i bygningskonstruktioner. Registreringen bør foretages dels på baggrund af en besigtigelse, dels på baggrund af en gennemgang af materiale fra det kommunale byggesagsarkiv og dels på baggrund af interview med nuværende og evt. tidligere grundejer, lejere eller beboere og evt. driftspersonale.

I nedenstående tabel 3.1 er de byggetekniske forhold, der eksempelvis kan undersøges i forbindelse med en registrering af potentielle spredningsveje, listet. Tabellen kan anvendes som tjekliste ved gennemgang af dokumentationsmaterialet i konkrete sager. I bilag A er tabellen udvidet med plads til afkrydsning og bemærkninger til de enkelte punkter. De efterfølgende beskrivelser i afsnittet tager udgangspunkt i tabel 3.1, hvor punkterne beskrives hver for sig.

Tabel 3.1: Tjekliste for byggeteknisk gennemgang

Bygningsdel	Registrering
Fundering	Funderingsdybde Funderingstype Jordbundsforhold
Gulv/terrændæk figur 2.2(A, B, C)	Gulvtype (beton, træ osv.) Etableringsår Gulvopbygning Gulvbelægninger Gulvenes tilstand Fordelingen af revner Revner i samlinger ml. gulv og væg Revnetype Konvektorgrav, installationskasse mv. Evt. spild
Kælderloft og -vægge figur 2.2(E, K)	Loftstype Etableringsår Loftets tilstand Loftets tæthed Tegn på nedtrængning af spild Ydervæggens konstruktion og tilstand Indvendige vægges konstruktion og tilstand Tæthedsvurdering for yder- og indervægge Spild der er trængt op i væggene
Rør-/ledningsføring figur 2.2(G, H)	Typer, placering, antal og tilstand
Afløbsforhold figur 2.2(G)	Typer, placering og tilstand Vandløse Anvendelse og brugsmønstre
Udluftning	Udluftningsventiler/riste/spjæld Udluftningsforhold Anvendelsesmønstre
Hulrum	Hulrum under/i gulvbelægning (f.eks. ved døråbninger). Hulrum i vægge, murværksfuger, vinduesfuger, revner mv. Hulrum i ventilationsskakte, ledningsskakte, skorstene mv.
Bygningsindretning og særlige forhold	Størrelse, placering og anvendelse af rum (situationsplan) Loftshøjde Døre og vinduer Etageskilte og adgang mellem etager Daglig anvendelse Særlige forhold Boligindretning
Udvendig registrering	Opførelsesår Generel stand Forhold omkring evt. krybekælder (riste)
Erhvervsbyggeri	Placering af maskiner, kemikalieoplag mv. Evt. spild mv. Evt. sinks

Faktaboks 1

Funderingstyper

Ældre byggeri (frem til ca. 1920'erne) er ofte grundmuret, dvs. udført med fundamenter og kælderydervægge af murværk. Murværket kan være opført direkte på råjorden, eller på underlag af kampesten (syldsten).

Afhængig af jordbundsforholdene kan der også være udført pælefundering af træ. Murværket er da som regel opført oven på et tømmerunderlag af "strøer", som ligger over pælene. Pæle og tømmerunderlag udføres af hensyn til træets holdbarhed i en sådan dybde, at alt træværk var under grundvandsstanden. I områder, hvor der efterfølgende er sket grundvandssænkning, ses ofte store sætninger af bygningerne, da pælefunderingen rådner.

Fra sidst i 1800-tallet og fremefter bliver det mere almindeligt med fundamenter og kælderydervægge af beton. Betonfundamenter blev først almindelige i de større byer, og primært i forbindelse med større bygninger (etageejendomme). Byggeri på landet og mindre byejeendomme kan dog relativt langt op i perioden være udført på muret fundament eller syldstensfundament.

I nyere byggeri udføres fundamenter som regel udelukkende af beton. Mindre byggeri kan være udført med fundamenter, som er opført af mindre elementer, som f.eks. fundablokke eller Le-cablokke, som "mures" op.

3.2.1 Fundering

Som eksempel kan blandt andet foretages følgende registreringer vedrørende funderingsforholdene i relation til bygningen, der besigtiges:

- **Funderingsdybde.** Registrering af funderingsdybde. Registreringen tager primært udgangspunkt i oplysninger fra det kommunale byggesagsarkiv og evt. interview med tidligere eller nuværende grundejer.
- **Funderingstype.** Registrering af funderingstype (beton, muret, syldsten, pæle mv.), jf. faktaboks 1. Registreringen tager udgangspunkt i en visuel vurdering samt oplysninger fra det kommunale byggesagsarkiv og evt. interview med tidligere eller nuværende grundejer. Der kan om nødvendigt foretages en frigravning af fundamentet.
- **Jordbundsforhold.** Registrering af om der er foretaget geologiske og geotekniske vurderinger vedr. jordbundsforholdene i umiddelbar nærhed af bygningen. Registreringen tager udgangspunkt i evt. gennemførte forurenings- og geoteknikundersøgelser på lokaliteten.

3.2.2 Gulve/terrændæk, figur 2.2(A, B, C)

Som eksempel kan blandt andet foretages følgende registreringer vedrørende gulv/terrændæk i den aktuelle bygning:

- **Gulvtype.** Registrering af gulvtype (beton, træ osv.). Registreringen er som udgangspunkt visuel.
- **Etableringsår.** Registrering af hvornår gulvene er etableret. Der kan evt. være forskel på etableringstidspunkter for forskellige dele af bygningen, f.eks. hvis der er foretaget tilbygning, renovering, udbedring af kloakskader eller lign. Registreringen tager primært udgangspunkt i oplysninger fra det kommunale byggesagsarkiv og evt. interview med tidligere eller nuværende grundejer.

Revner i konstruktioner

Revner i konstruktioner kan opdeles i henholdsvis revner i ro og revner i bevægelse.

Revner i ro kan f.eks. være forårsaget af stenreder og støbeskel, temperaturforskelle ved udstøbningen, udtørningsvind samt tidligere sætninger og belastninger.

Revner i bevægelse kan f.eks. være forårsaget af temperaturvariationer (dilatation), alkali-kiselreaktioner, samt igangværende sætninger og belastning. Hvis gulvet er udsat for temperaturvariationer, må alle revner betragtes som dilatationsrevner, og udbedringen skal tage højde for dette.

Sætningsrevner opstår, når forskydninger i underlaget medfører partielle sætninger af betongulvet, så der opstår en revne langs forskydningen. Sætningsrevner kan være i stadig, men som regel langsom bevægelse.

Belastningsrevner opstår f.eks. ved placering af tunge maskiner, tungt oplag eller kørsel med vogne og trucks på et gulv, som ikke er dimensioneret for belastningen. Belastningsrevner kan både være i ro og bevægelse, hvilket må vurderes i den konkrete sag.

- **Gulvopbygning** Registrering af gulvopbygning (herunder kapillarbrydende lag, krybekælder, jordtype under gulv, konstruktion, tykkelse osv.). Se i øvrigt faktaboks 3. Registreringen bør som udgangspunkt omfatte alle gulvtyper, idet den samme gulvtype ikke nødvendigvis findes under hele bygningen. Oplysningen kan i første omgang indhentes ved granskning af materiale fra kommunens byggesagsarkiv og ved interview med tidligere eller nuværende grundejer. Som supplement kan der i fornødent omfang udføres prøveboringer. Oplysningerne er centrale i forbindelse med valg og projektering af afværgeforanstaltninger.
- **Gulvbelægning** Registrering af gulvbelægnings (faste/løse tæpper, linoleum, klinker og lign). Belægningstypen har betydning for en evt. senere undersøgelse af, hvor gulvet evt. skal gennembøres - dels for en kortlægning af byggetekniske forhold under gulvet og dels for en måling af forureningsindhold under gulvet. Registreringen er som udgangspunkt visuel.
- **Gulvenes tilstand**. Registrering af gulvenes tilstand, herunder registrering af revner eller utætte fuger (størrelse, længde og bredde). Registreringen er som udgangspunkt visuel, men kan også foretages ved forskellige målemetoder, jf. beskrivelser i /Bygge- og Boligstyrelsen, 1993/. Revner kan være skjult under gulvbelægning (tæpper, parket mv.). I disse tilfælde foretages indledningsvist interview, og belægnings fjernes kun i fornødent omfang. Registreres det i øvrigt, at bygningen generelt har mange sætninger, er der sandsynlighed for at gulvkonstruktionen under gulvbelægningen tilsvarende er sætningspræget (med revner, sprækker mv.).
- **Fordelingen af revner**. Registrering af fordelingen af revner over gulvfladen (jævnt fordelt eller samlet i adskilte zoner). Visuel vurdering på stedet af årsagen til revnedannelsen (fugt, sætninger, fysisk overlast mv.).
- **Revner i samlinger ml. gulv og væg** Registrering af revner i samlinger mellem væg/fundament og betonpladen. Disse kan være skjult under gulvbelægning (tæpper, parket, fejelister, fodpaneler mv.). I disse tilfælde foretages indledningsvist interview, og belægnings fjernes kun i fornødent omfang.
- **Revnetype** Det bør så vidt muligt vurderes, om evt. revner er i ro eller i bevægelse, jf. faktaboks 2, da dette kan have betydning for projekteringen af de efterfølgende afværgeforanstaltninger. Vurderingen foretages som udgangspunkt visuelt.

Bygninger uden krybekælder eller kælder er generelt udført med terrændæk af beton. I bygninger fra før 1950-60'erne blev muldlaget mellem fundamentene typisk fjernet, hvorefter betonlaget blev udlagt direkte på den underliggende jord (klaplag). Klaplag kan være af varierende tykkelse, og er ofte af en relativ ringe betonkvalitet.

Efter 1960'erne blev bygninger ofte etableret uden krybekælder eller kælder, men direkte på den underliggende jord iht. f.eks. SBI-anvisningen fra 1969. Dette omfatter i hovedreglen som minimum en betonplade/-lag på 8-10 cm og en fugtspærre (f.eks. tjærepap).

Tilstedeværelsen af en fugtspærre i en gulvkonstruktion anses ikke for at yde nævneværdig beskyttelse i forhold til indtrængning af forureningsstoffer på gasform. En fugtspærre er således ikke diffusionshæmmende, og der vil kunne ske konvektiv stofspredning igennem samlinger i fugtspærren, da disse ikke er svejset sammen.

Under terrændækket vil der specielt i nyere bygninger tillige kunne findes et varmeisolerende lag (f.eks. mineraluld, polystyren mv.) samt et kapillarbrydende lag af f.eks. grus, singels (sten) eller lecanødder, der skal sikre mod optrængning af vand i betonkonstruktionen.

- **Konvektorgrav, installationsskakte mv.** Registrering af placering af evt. konvektorgrav, installationsskakte eller lignende. Dette bør registreres, da konstruktionen kan give anledning til ændrede tæthedsforhold.
- **Evt. spild.** Registrering af evt. spild. En registrering af, om der er synlige (f.eks. ved misfarvninger) eller lugtbare spild af forurenende stoffer. Registreringen er primært visuel, suppleret med evt. interview med tidligere eller nuværende grundejer.

3.2.3 Kælderloft og -vægge, figur 2.2(E, F, K)

Som eksempel kan blandt andet foretages følgende registreringer vedrørende kælderloft og vægge i bygningen der registreres:

- **Lofstypen.** Registrering af loftstype i kælder. En registrering af beklædningsstypen og lofttypen generelt (gips, synlige bjælker, puds på rør osv.) Registreringen er som udgangspunkt visuel, suppleret med oplysninger fra det kommunale byggesagsarkiv.
- **Etableringsår.** Registrering af hvornår kælderlofterne er etableret. Registreringen tager primært udgangspunkt i oplysninger fra det kommunale byggesagsarkiv og evt. interview med tidligere eller nuværende grundejer.
- **Lofkets tilstand.** Registrering af kælderloftets tilstand (revner) og alder samt en vurdering af, om loftet/beklædningen er oprindelig, eller om der er foretaget eventuel renovering. Er loftet revnet, bør det vurderes, om revnerne er i ro eller i bevægelse, jf. faktaboks 2.
- **Lofkets tæthed.** Registrering af kælderloftets tæthed. En vurdering af, hvorvidt der vil ske en tilbageholdelse af forureningsdampe, og en vurdering af, hvor den største lækage er. Hvis loftet eksempelvis er etableret som "puds på rør" (ældre hus), må der påregnes en generel stor lækage. I nyere bygninger kan lækagen for konvektiv forureningsspredning derimod være koncentreret omkring de steder, hvor der er foretaget gennemføringer af rør (vand, kloak, varme o. lign.). Registreringen er som udgangspunkt visuel.
- **Tegn på nedtrængning af spild.** Registrering af, om der er tegn på nedtrængning af spild fra aktiviteter i de overliggende eller tilstødende lokaler. Dette kan f.eks. være misfarvede og evt. fugtige områder på væggen.

- **Ydervæggens konstruktion og tilstand.** Registrering af ydervæggens konstruktion og tilstand. Forekommer der revner i ydervæggene, bør det vurderes, om revnerne er i ro eller i bevægelse, jf. faktaboks 2.
- **Indvendige vægges konstruktion og tilstand.** Visuel registrering af indvendige vægges konstruktion og tilstand.
- **Tæthedsvurdering for yder- og indervægge.** Tæthedsvurdering for optrængning af forureningsdampe igennem yder- og indervægge.
- **Spild der er trængt op i væggene.** Registrering af om der er synlige eller lugtbare spild af forureningsstoffer, der er trængt op i væggene.

3.2.4 Rør-/ledningsføringer, figur 2.2(G, H)

Som eksempel kan følgende registreringer bl.a. foretages vedrørende rør- og ledningsføring i den aktuelle bygning:

- **Type, placering, antal og tilstand.** Registrering af typer, placering, antal og tilstand af rør- og ledningsgennemføringer. Der foreslås foretaget en samlet registrering med henblik på at vurdere og lokalisere udsivningen i disse punkter. Registreringen er som udgangspunkt visuel.

Faktaboks 4

Krybekælder

En krybekælder betegner i denne rapport et mindre hulrum, der forefindes mellem jordoverfladen og gulvkonstruktionen (f.eks. beton eller trægulv). Det er således ikke nødvendigvis muligt at komme ind i en krybekælder.

Bygninger, der blev opført før 1950-60'erne, blev generelt etableret med kælder eller krybekælder. Herover blev der typisk udlagt et bræddegulv (evt. med indskud af moler). På trods af, at der kan forekomme en vis fortynding af forureningen i en krybekælder, vil gulvkonstruktioner i sådanne bygninger generelt kun yde en ringe beskyttelse mod spredning af poreluftforurening til indeklimaet.

Senere er gulvkonstruktionerne over krybekældre typisk etableret i beton, hvilket yder en bedre beskyttelse mod indtrængning af poreluftforurening fra forurenede jordlag under bygningen.

Krybekældre i nyere huse kan godt være etableret med et bunddæk af f.eks. beton, mens krybekældre i ældre huse ofte er anlagt uden bunddæk. Et bunddæk i en krybekælder vil ofte være af ringe kvalitet (mange revner) og vil således kun yde en ringe beskyttelse mod indtrængning af poreluftforurening fra forurenede jordlag under bygningen.

Mange krybekældre er etableret som ventilerede rum med små riste i yderfundamentet. I disse tilfælde vil der forekomme fortynding af forureningsspredning til indeklimaet. Ventilationen kan imidlertid være ringe eller helt manglende, idet ristene kan være tilstoppede eller lukkede. Selvom riste ikke observeres tilstoppede, vil udluftningen ikke nødvendigvis være tilstrækkelig til at kunne forhindre uacceptabel forureningspåvirkning af indeklimaet.

Der er ikke altid krybekælder under hele bygningen. Specielt i tilfælde, hvor der er foretaget senere tilbygninger til en eksisterende bygning eller hvor der i dele af bygningen er etableret ny gulvkonstruktion, kan opbygningen af gulvkonstruktionen variere fra rum til rum.

Foruden yderfundamenterne er der som regel yderligere etableret fundamenter under bærende vægge i bygningen. I disse tilfælde forekommer der således flere krybekældre, der ikke nødvendigvis er sammenhængende, og hvor ventileringen ofte er utilstrækkelig, eller ikke eksisterende.

3.2.5 Afløbsforhold, figur 2.2(G)

Som eksempel kan blandt andet foretages følgende registreringer vedrørende afløbsforhold i den aktuelle bygning:

- **Type, placering og tilstand.** Registrering af typer, placering og tilstand. Oplysningerne anvendes dels til en lokalisering af evt. lækage mellem etagerne langs rørgennemføringer og dels til en vurdering af risikoen for indtrængning af forureningsdampe igennem kloaksystemet. Registreringen er som udgangspunkt visuel suppleret med oplysninger fra det kommunale byggesagsarkiv.
- **Registrering af vandlase.** Det undersøges, om vandlase er udført korrekt og er vandfyldte. En ukorrekt/tør vandlås kan give mulighed for forureningsspredning gennem kloaksystemet.
- **Anvendelse og brugsmønster.** Registrering af anvendelse. Der foretages interview for fastlæggelse af det daglige brugsmønster. Er vandlåsen eksempelvis placeret i et varmt fyrrum, hvor der sjældent anvendes vand? Står vandlåsen ofte uden vand? Hvis der f.eks. er gener som lugt af kloak, er dette et tegn på, at der kan ske spredning via kloakken.

3.2.6 Udluftning

Som eksempel kan blandt andet foretages følgende registreringer vedrørende udluftning i den aktuelle bygning:

- **Udluftningsventiler, riste og spjæld.** Visuel registrering af placeringen af de enkelte udluftningsventiler, riste og spjæld.
- **Udluftning generelt.** Registrering af tegn på dårlig ventilation. Er eventuelle udluftningsriste f.eks. tilstoppede lukkede, er der generelt et dårligt indeklima (fugtigt, dårlig lugt mv.).
- **Anvendelsesmønster.** Interview med brugere vedrørende det aktuelle anvendelsesmønster af bygningen eller de enkelte rum. Sker der f.eks. ofte udluftning eller er rummene meget tillukkede?

Faktaboks 5

Ydervægge

Ældre byggeri er normalt udført med massive ydervægskonstruktioner af murværk, og først fra 1920'erne blev det almindeligt med hulmurskonstruktioner med murede for- og bagmure.

Fra 1960'erne er det blevet almindeligt med ydervægge udført med betonelementer, f.eks. sandwich-elementer med et isoleringslag imellem en for- og bagplade af beton. Samlingen mellem elementerne er udført med elastisk fugemasse eller fugebånd, og med bagvedliggende stopning med mineraluld eller lignende.

I samme periode er det desuden blevet almindeligt, at ydervægge opføres som skalmurskonstruktioner med en formur af murværk og bagvæg af beton eller letbeton. Hulrummet udfyldes med mineraluld. I perioden blev mange ældre huse ligeledes hulmursisoleret med enten smuld eller opskummet isolering.

Der kan også forekomme ydervægge med udvendig pladebeklædning, f.eks. metalplader eller eternitplader, monteret på en lægtekonstruktion på en bagvæg af beton, og mineraluld i mellemrummet.

I ydervægskonstruktioner med bagmure af beton eller letbeton er samlingen mellem elementerne normalt udstøbt.

3.2.7 Hulrum, figur 2.2(H, I)

Som eksempel kan blandt andet foretages følgende registreringer vedrørende hulrum i den aktuelle bygning:

- **Under/i gulvbelægning.** Registrering af, om der evt. kan være utætheder fra hulrum under gulv, igennem afbrydelser i gulvbelægninger f.eks. ved døråbninger. Denne registrering tager primært udgangspunkt i oplysninger fra det kommunale byggesagsarkiv.
- **I vægge, murværksfuger, vinduesfuger, revner m.m.** Registrering af utætheder fra hulrum i vægge, igennem murværksfuger, vinduesfuger, revner mv. Registreringen er primært visuel suppleret med oplysninger fra det kommunale byggesagsarkiv.
- **Ventilationsskakte, ledningsskakte, skorstene mv.** Registrering af hulrum i ventilationsskakte, ledningsskakte, skorstene mv.

3.2.8 Bygningsindretning og særlige forhold

Som eksempel kan blandt andet foretages følgende registreringer vedrørende bygningens indretning samt særlige forhold i relation til den aktuelle bygning:

- **Størrelse, placering og anvendelse af rum.** Registrering af størrelse, placering og anvendelse af de enkelte rum (situationsplan). Der tages eventuelt udgangspunkt i de oprindelige bygningstegninger. Det er vigtigt at få oplysninger om, hvorvidt de enkelte rum anvendes til bolig, lager, værksted eller andet, da dette har afgørende betydning dels for at foretage en målrettet indsats og projektering og dels for at undgå uønskede forstyrrelser i forbindelse med overvågning af effekt.
- **Loftshøjde.** Registrering af loftshøjde bl.a. til luftskifteberegninger.
- **Døre og vinduer.** Der foretages en registrering af placeringen i de enkelte rum.
- **Etageskilte.** Registrering af adskillelsen til overliggende/underliggende etager. Er der f.eks. direkte adgang via trapper eller er etagerne adskilt af døre?
- **Daglig anvendelse.** Interview af beboere om den daglige anvendelse. Det er f.eks. vigtigt at vide, om døren ned til kælderen normalt holdes lukket eller åben, hvilke vinduer/udluftningsspjæld der normalt anvendes til udluftning i kælderen, boligen osv.
- **Særlige forhold.** Interview med grundejeren/brugeren for registrering af, om der er særlige forhold, der skal tages i betragtning. Eksempelvis om der har været vandindtrængning i kælderen, om der er problemer med kloaksystemet (lugtgener afslører at vandlåsen ikke er korrekt udført), eller om der eventuelt er planer om ombygning, eller om ventilationsriste i krybekælderen lukkes om vinteren pga. fodbølge osv.
- **Boligindretning.** Der foretages en registrering af de enkelte rums anvendelse (soveværelse, stue osv.). Det er vigtigt at få oplysninger om, hvorvidt de enkelte rum anvendes til bolig, lager, værksted eller andet, da dette kan have betydning dels for at foretage en målrettet projektering af afværgeforanstaltninger og dels for at undgå uønskede forstyrrelser i forbindelse med overvågning af afværgeeffekt.

Kælder

Mange større etageejendomme vil være etableret med kælder. Terrændækket i bygninger med kælder vil ofte være opbygget som terrændækket i bygninger uden kælder.

Etageadskillelsen imellem kælder og overliggende etage er i ældre bygninger i overvejende grad udført som bjælkelag af træ, med beklædning på undersiden i form af puds på væv/strå og forskallingsbrædder, og på oversiden beklædt med bræddegulv. Etagedækket er desuden forsynet med et indskudslag af ler på brædder.

Etageadskillelser i nyere byggeri er oftest udført i armeret beton.

Før 1920'erne blev kældervægge ofte udført som murværk, hvorefter det blev mere almindeligt at etablere betonstøbte kældervægge. I nogle tilfælde er der etableret et dræn på ydersiden af kældervæggene til opsamling af terrænnært grund-/infiltrationsvand. Drænet vil i lighed med et kapillarbrydende lag virke som en effektiv spredningsvej mellem en evt. poreluftforurening og områder i vægkonstruktionen med revner eller andre utætheder.

Ligesom for krybekældre er der ikke nødvendigvis kælder under hele bygningsarealet. Mange ældre bygninger er således alene opført med en mindre viktualiekælder. En sådan mindre kælder vil ofte være i væsentlig ringere byggeteknisk stand end den øvrige bygning.

3.2.9 Udvendig registrering

En registrering bør som udgangspunkt være foretaget særskilt på alle bygningens sider. Registreringen bør primært være foretaget på baggrund af besigtigelse, men også til dels på baggrund af interview med grundejeren, lejere eller beboere og evt. driftspersonale. Registreringen kan som eksempel bl.a. omfatte følgende punkter:

- **Opførelsesår.** Registrering af bygningens opførelsesår og tidspunkter for eventuelle tilbygninger. Byggetidspunkter fortæller en del om bygningskarakteristikken i øvrigt, herunder eksempelvis specifikationer vedrørende konstruktionsdetaljer, anvendte materialer osv. Registreringen baseres på oplysninger fra det kommunale byggesagsarkiv.
- **Den generelle stand.** Registrering af bygningens generelle tilstand. En vurdering af bygningens udvendige tilstand giver som regel et godt billede af, hvad der eksempelvis kan forventes af revner i indvendige gulve (evt. skjult under belægninger og lign.) og vægge.
- **Forhold omkring evt. krybekælder.** Registrering vedr. forhold omkring en evt. krybekælder. Der foretages en registrering af placering og udformning af udluftningsriste og lign. Er udluftningsristene tilstoppede? Eller vurderes krybekælderen at være udluftet?

3.2.10 Supplerende registreringer i tidligere erhvervsbygninger

En registrering af (tidligere) erhvervsbygninger bør foruden de øvrige punkter indeholde en særlig registrering af bygningens tidligere (eller nuværende) funktion, hvilke processer der er foregået mv., da det har betydning for, hvilken forureningstype, der kan forventes, omfang og lokalisering mv.

Registreringen bør tage udgangspunkt i en besigtigelse, en gennemgang af kommunens byggesagsarkiv samt interviews.

Følgende punkter kan som eksempel indgå i registreringen:

- **Placering af maskiner, kemikalieoplæg mv.** Registrering af (evt. tidligere) placering af maskiner mv. for de enkelte rensermaskiner, oplagspladser osv. Registreringen baseres primært på oplysninger fra det kommunale byggesagsarkiv, evt. suppleret med interview af nuværende eller tidligere grundejer.
- **Evt. spild mv.** Registrering af evt. spild og en vurdering af, hvor og hvorvidt de tidligere aktiviteter kan have givet anledning til spild, forureningsspredning o.lign.
- **Registrering af evt. sinks.** Der foretages en vurdering af hvilke lokaler, der sandsynligvis vil være mest påvirkede af de tidligere aktiviteter, herunder en vurdering af sinks (sinks er forureningsbidrag fra afdampning af forureningsstoffer adsorberet i bygningens gulve, vægge osv.).

3.2.11 Dokumentation af registrering

Dokumentation for den gennemførte byggetekniske gennemgang bør foreligge for de relevante miljømyndigheder inden et evt. valg/godkendelse af byggetekniske afværgeforanstaltninger.

Dokumentationen bør beskrives kortfattet og suppleres med udfyldte registreringsskemaer (se eksempel i bilag A), optegninger, fotoregistreringer og evt. videoregistrering. Som et supplement til registreringen bør der ligeledes foreligge referater af interviews med grundejer, evt. naboer og/eller tidligere ejere og evt. driftspersonale.

4 Afværge i eksisterende bygning

4.1 Generelt

Helt generelt minimeres indtrængning af forurening fra jorden til indeklimaet i bygninger ved etablering af "tætte" bygningsflader imellem bygningen og den underliggende jord.

Alternativt eller som supplement kan der etableres øget ventilation i bygningskonstruktioner (f.eks. et kapillarbrydende lag) eller i afskærende rum (f.eks. en krybekælder, en ubeboet kælder eller etageadskillelser), der adskiller beboelsen i bygningen og de underliggende jordlag. Herved bortventileres/fortyndes forurennet luft, hvorved forureningspåvirkningen af indeklimaet i bygningens beboelse reduceres.

I dette kapitel gives en generel præsentation af udvalgte byggetekniske afværgeforanstaltninger, der vurderes at være egnede til reduktion af forureningspåvirkningen af indeklimaet i bygninger fra jordforurening under bygninger. Foranstaltningerne vurderes at dække over de oftest etablerede. Som grundlag for beskrivelserne af de udvalgte byggetekniske foranstaltninger er der bl.a. søgt inspiration i /Miljøstyrelsen 2003/, hvortil der henvises for yderligere detaljer. De udvalgte afværgeforanstaltninger omfatter:

- Tætning af konstruktioner
- Ny "tæt" gulvkonstruktion
- Ventilation under gulv
- Ventilation i kælder eller krybekælder
- Andre foranstaltninger

Hvilken foranstaltning, der er teknisk, økonomisk og miljømæssigt mest fordelagtig i de aktuelle sager, vurderes konkret ud fra den gennemførte byggetekniske gennemgang og registrering af potentielle spredningsveje for forureningsstoffer, jf. kapitel 2 og 3, samt ud fra en vurdering af forureningspotentialet under bygningen. I nedenstående afsnit 4.2 gives i øvrigt nogle generelle retningslinier for valg af afværgeforanstaltninger.

Det skal bemærkes, at det kun er de miljørelaterede foranstaltninger, der beskrives, og at afsnittene derfor ikke skal betragtes som eksakte fremgangsmåder for etablering af byggetekniske afværgeforanstaltninger. Det forudsættes således, at der altid indhentes nødvendig byggesagkyndig rådgivningsbistand, og at arbejdet i øvrigt udføres i henhold til gældende forskrifter, anvisninger, regler, normer og/eller love inden for byggeområdet.

I øvrigt bør kvaliteten af de anvendte materialer være høj og som minimum leve op til gældende normer inden for byggeområdet, idet de byggetekniske afværgeforanstaltninger ofte forudsættes at skulle virke over en længere årrække (bygningens levetid). Der bør ikke anvendes materialer, hvorfra der er risiko for afsmitning eller afdampning af flygtige forureningsstoffer.

Tabel 4.1. Vurdering af bygningers tilstand

Bygningstype	Fundament	Terrændæk/kældergulv	"Tilstand"
Etableringsår ca. 1840 – 1920			
Bygning med kælder	Grundmuret	Ældre bygninger kan have frit jorddæk (lerstampet gulv) eller som regel under 8 cm klaplag af beton direkte på jord. Kældergulv er udført uden nogen form for kapillarbrydende lag.	Betonkvaliteten er ringe, ofte gennemrevnet.
Bygning uden kælder	Grundmuret/ Beton/ Syldsten	Evt. betongulv er etableret som kældergulv, jf. ovenfor. Evt. trægulv er ofte etableret på gulvbjælker, som kan være opklodset på klinker eller mursten, på råjord eller afretningslag (f.eks. sand). Afhængig af højden kan der være tale om krybekælder. Hulrummet er ofte uventileret eller ringe ventileret. Terrændæk er uden fugtspærre og varmeisolering.	Betonkvalitet som kældergulv. Der er ofte fugtproblemer i trægulve. Hvis der er ventilering af hulrum under trægulv, er det ofte tilstoppet eller lukket (pga. fodkulde).
Etableringsår ca. 1900 – 1950			
Bygning med kælder	Grundmuret/ Beton	Kældergulv af ca. 8 cm klaplag af beton. Kældergulv er ofte udført direkte på jord uden kapillarbrydende lag, eller evt. kun et mindre lag sten/singels, som ofte er sammenblandet med råjorden.	Betonkvaliteten er ringe, ofte gennemrevnet. Den kapillarbrydende effekt er som regel meget begrænset.
Bygning uden kælder	Grundmuret/ Beton	Evt. betongulv er etableret som kældergulv, jf. ovenfor. Gulvbjælker kan være opklodset på klinker eller mursten, på råjord eller afretningslag (f.eks. sand), evt. med murpap eller lignende som fugtspærre. Afhængig af højden kan der være tale om krybekælder. Hulrummet er ofte ventileret (dog ringe).	Som kældergulv. Ofte fugtproblemer i trægulve. Ventilering af hulrum under gulv er ofte tilstoppet eller lukket helt. Fugtspærre kan være manglende eller defekt.
Etableringsår ca. 1950 og frem			
Bygning med kælder	Beton	Kældergulv er udført med kapillarbrydende lag af singels, grus, letklinker eller lignende (f.eks. nedknust bygningsmateriale). I den sidste halvdel af perioden er der ofte fugtspærre i form af PE-folie over det kapillarbrydende lag. Bygninger fra først i perioden kan dog ofte være udført uden særlig kapillarbrydning og fugtspærre. Først i det første landsdækkende Bygningsreglement (BR) fra 1961 stilles der ensartede krav til isoleringsstandard, herunder gulve mod jord og ventilerede kryberum. Isolering udføres ofte oven på betondækket, under trægulv på strøer. I Bygningsreglementet 1966 er det beskrevet, at terrændæk skal udføres med 150 mm uorganisk kapillarbrydende lag (ofte sten el. grus) samt fugtspærre (f.eks. 0,15 mm PE-folie), hvis der er fugtfølsomme materialer i gulvkonstruktionen. Dette er gældende til og med BR 1982. BR 1995 henviser til SBI-anvisning 178 fra 1993 (Bygningers fugtisolering) for konkrete eksempler på konstruktionsudformning. Isolering under terrændæk er almindeligt fra 1970'erne. Betongulve udføres ofte med svind-/trækarmring, dog sjældnere i den første del af perioden.	Der stilles stigende krav til betonkvaliteten i bygningsreglementerne i perioden. Der ses ikke så ofte gennemrevnede betongulve – dog naturligvis flere skader jo ældre bygningen er.
Bygning uden kælder	Beton	Evt. betongulv er etableret som kældergulv, jf. ovenfor. Fra 1960'erne skal kryberum ventileres, og hvis der er etageadskillelse af træ, skal der udstøbes min. 8 cm betonlag mod jord, eller udlægges fugtspærre. Dette er gældende til og med BR 1982. BR95 henviser til SBI-anvisning 178 for konstruktionseksempler. I tillæg til BR 1995 stilles i 1998 krav om radonsikring, f.eks. i form af radonspærre over kantisolering imellem fundament og gulv. Radonspærren er dog i praksis ofte udeladt.	Ventileringsriste i krybekælder kan være tilstoppede. Fugtspærre kan være manglende eller defekt.

4.2 Grundlag for valg af afværgeforanstaltning

4.2.1 Kategorisering af bygningstilstand og afværgebehov

Som hjælp til at vurdere hvilken/hvilke byggetekniske afværgeforanstaltninger, der er teknisk, økonomisk og miljømæssigt mest fordelagtige kan der foretages en vurdering af bygningskonstruktionernes generelle tilstand på baggrund af bygningens alder.

Er der f.eks. tale om en gammel bygning (etableret før 1920'erne), der ikke er renoveret, vil bygningskonstruktionerne mod den underliggende jordforurening ofte være i ringe stand, hvorfor afværgeforanstaltningerne sandsynligvis bør tage udgangspunkt i etablering af nye og "tætte" konstruktioner. Er der derimod tale om nyere byggeri (etableret efter 1950'erne), er bygningskonstruktionerne mod den underliggende jordforurening sandsynligvis i bedre stand og afværgeforanstaltningerne kan indledningsvis tage udgangspunkt i en generel tætning af eksisterende konstruktioner.

I tabel 4.1 er det forsøgt at opstille en række generelle rammer, der kan anvendes ved en vurdering af bygningskonstruktioners tilstand på baggrund af bygningers alder. En sådan opdeling kan ikke fastlægges eksakt, og tabellen skal derfor også kun anvendes som en indledende vejledende rettesnor. Da byggepraksis således er udviklet gennem tiden i takt med udviklingen i materialeteknologi og viden om byggeteknik og bygningsfysik, vil der i perioder ofte være overlap i byggepraksis, og forskellige byggetekniske løsninger vil forekomme i bygninger fra samme periode. Dette gælder specielt for ældre bygninger.

Bygningslovgivningen er ligeledes ofte lidt bagefter praksis, da lovgivningskrav ofte udspringer af den viden, der er opnået i en foregående periode. Den gældende bygningslovgivning i en given periode er som regel løbende suppleret med en række tillæg, anvisninger og forskrifter, som kommer til efterhånden som praksis og viden udvikles, og efterfølgende samles i en ny revision af lovgivningen.

Med udgangspunkt i den gennemførte byggetekniske registrering, jf. kapitel 3, og ovenstående generelle retningslinier for bygningskonstruktioners tilstand, jf. tabel 4.1, kan der foretages følgende overordnede kategorisering af bygninger i forhold til omfanget af nødvendige afværgeforanstaltninger:

- **Afværgekategori 1** omfatter gamle bygninger, hvor risikoen for at bygningskonstruktionerne er meget utætte er størst. Der er således ofte kun ringe beskyttelse over for forureningsspredning til indeklimaet fra en jordforurening under bygningen. Afværgeforanstaltninger inden for denne kategori vil som udgangspunkt være omfattende for at sikre tilstrækkelig afværgeeffekt og dermed efterkomme målsætningen. Dette vil typisk betyde, at de byggetekniske afværgeforanstaltninger omfatter etablering af nye gulve med indbygget membran og evt. ventilering under gulvkonstruktionen eller i en kælder.
- **Afværgekategori 2** omfatter bygninger, der er i en rimelig tilstand (f.eks. nyere bygninger eller ældre bygninger, hvor der senere er foretaget renoverings-/restaureringsarbejder i dele af bygningen). I denne kategori vil der typisk være (udvalgte) bygningskonstruktioner, der yder en vis beskyttelse (dog ikke nødvendigvis tilstrækkelig) over for forureningsspredning til indeklimaet fra en jordforurening under bygningen. De beskyt-

tende/tætte bygningskonstruktioner vil typisk kunne anvendes som en del af de planlagte afværgeforanstaltninger (f.eks. et kapillarbrydende lag eller et nyere betongulv i en del af bygningen). Afværgeforanstaltninger inden for denne kategori kan derfor omfatte både tætning af eksisterende konstruktioner (evt. ved montering af membran), ventilation af kældre, ventilation af eksisterende kapillarbrydende lag eller etablering af nye gulve i dele af bygningen med indbygget membran og evt. ventilering under gulvkonstruktionen. Afværgeforanstaltningerne inden for denne kategori afhænger derfor meget af de aktuelle forhold i bygningen.

- **Afværgekategori 3** omfatter nye bygninger eller ældre bygninger, der er gennemrenoveret/-restaureret, hvor bygningskonstruktionerne derfor alle yder en god beskyttelse (dog ikke nødvendigvis tilstrækkelig) over for forureningsspredning til indeklimaet fra en jordforurening under bygningen. I denne kategori vil det typisk være enkelte revner eller andre utætheder, der forårsager forureningsspredningen til indeklimaet. Afværgeforanstaltninger vil derfor indledningsvist kunne omfatte en generel tætning af eksisterende konstruktioner og evt. ventilering af et eksisterende kapillarbrydende lag under gulv eller ventilering af kældre.

Ovenstående kategorisering er tænkt som en indledende hjælp til at vurdere behovet for afværgeforanstaltninger i de aktuelle forureningssager. Det skal bemærkes, at der i mange sager f.eks. vil kunne gennemføres en trinvis afværgeindsats, hvor der indledningsvis etableres simple afværgeforanstaltninger hørende til afværgekategori 3. Viser det sig ved efterfølgende monitoring, at dette ikke er tilstrækkeligt, kan der etableres yderligere afværgeforanstaltninger hørende til afværgekategori 2 eller 1.

4.2.2 Risikovurdering vedr. effekten af planlagt afværge

For at vurdere afværgeeffekten og således muligheden for at efterkomme målsætningen med de planlagte byggetekniske afværgeforanstaltninger, bør bygherren i forbindelse med fastlæggelsen af det endelige afværgedesign lade udarbejde en risikovurdering, der omfatter etableringen af afværgeforanstaltningerne. Risikovurderingen bør være foretaget af en miljøfagkyndig person.

Det skal ved risikovurderingen sandsynliggøres, at de planlagte afværgeforanstaltninger kan reducere afdampningen af den pågældende jordforurening til indeklimaet i bygningen, iht. Miljøstyrelsens afdampningskriterier.

Risikovurderingen bør som minimum omfatte beregninger, der tager udgangspunkt i Miljøstyrelsens risikoberegningsværktøj, JAGG, på baggrund af data vedrørende forureningskoncentrationer påvist i formationen under bygningen. Endvidere bør indgå overvejelser vedrørende eksisterende bygningskonstruktioner (opbygning, alder, tilstand mv.), spredningsveje, ventilationsforhold i bygningen, rumstørrelser mv.

Det skal bemærkes, at JAGG-modellen tager udgangspunkt i en række standardværdier for såvel stofkemi og jordtyper som for gulv- og bygningskonstruktioner, der er fastlagt i forbindelse med udarbejdelsen af modellen. F.eks. anvendes som standard for gulvkonstruktionen et armeret betongulv med egenskaber svarende til beskrivelser i /Bygge- og Boligstyrelsen, 1992 og 1993b/, mens svindrevner og længder hidrørende fra udtørringssvind er beregnet efter teoretiske formler og angivelser i /DS411 1984 og Herholdt, A.D.,

et al. 1985/. Der tages i øvrigt ikke højde for forureningsspredning igennem utætte fuger, sætningsrevner, hulmure mv.

Af denne grund skal modelberegningerne vurderes kritisk i de enkelte sager, idet de faktiske forhold sjældent svarer til modellens antagelser. Den typiske usikkerhed på en beregning af indeklimabidraget ud fra poreluftkoncentrationer beregnet ved fugacitetsprincippet er på baggrund af en statistisk analyse i /AVJ 2005/ således vurderet at være op til 120%. Ved målte poreluftkoncentrationer vurderes usikkerheden dog at være lidt mindre.

Som beskrevet i kapitel 3 kan synlige revner i betongulvet registreres og opmåles enten visuelt eller efter metoder som beskrevet i /Bygge- og Boligstyrelsen 1993a/. Da en sådan registrering eller opmåling imidlertid vurderes at være behæftet med usikkerhed, anbefales det, at risikovurderingen altid som udgangspunkt gennemføres på baggrund af standardværdierne i JAGG-modellens database. Betydningen af usikkerheden på relevante inputparametre (herunder betontype, -alder og -kvalitet mv.) kan efterfølgende vurderes ved gennemførelse af en følsomhedsanalyse.

For yderligere beskrivelser af JAGG-modellen henvises til /Miljøstyrelsen 1998a/ og for beskrivelser vedrørende en vurdering af inputdata, f.eks. hvilke inputparametre, der er mest usikkert bestemt, eller hvilke inputdata som er vigtigst i forbindelse med en følsomhedsanalyse, henvises til /AVJ 2005/.

Som supplement til beregningerne med JAGG-modellen bør der foretages vurderinger af effekten af f.eks. indbygning af en diffusionshæmmende membran eller ventilation af et kapillarbrydende lag under gulvkonstruktionen. Der findes imidlertid endnu ikke en standardiseret metode til gennemførelse af sådanne vurderinger.

Den samlede risikovurdering bør indgå som en del af det materiale, miljømyndigheden skal godkende, inden der kan træffes endeligt valg af byggetekniske afværgeforanstaltninger.

4.2.3 Dokumentationsmateriale vedr. planlagt afværge

Inden etablering af byggetekniske afværgeforanstaltninger bør bygherren sørge for at følgende dokumentationsmateriale foreligger for miljømyndigheden:

- Dokumentation for gennemførte forureningsundersøgelser, iht. /Miljøstyrelsen 1998a og Miljøstyrelsen 1998b/ (er ikke beskrevet i denne håndbog).
- Dokumentation for gennemført byggeteknisk gennemgang og vurdering af de aktuelle spredningsveje for forureningsstoffer til og ind i bygningen, jf. kapitel 3. Den byggetekniske gennemgang bør munde ud i en generel vurdering af bygningens tilstand og bygningskonstruktionernes beskyttende effekt over for forureningsspredning. Vurderingen kan tage udgangspunkt i ovenstående kategorisering, jf. afsnit 4.2.1.
- Dokumentation for gennemført risikovurdering med en vurdering af effekten af de planlagte byggetekniske afværgeforanstaltninger, jf. afsnit 4.2.2. Risikovurderingen skal sandsynliggøre, at de planlagte afværgeforanstaltninger kan reducere afdampningen fra en jordforurening til indeklimaet iht. Miljøstyrelsens afdampningskriterier.

På baggrund af dokumentationsmaterialet foretages det endelige valg af afværgeforanstaltning, der ofte omfatter en eller flere af de i afsnit 4.1 listede afværgeforanstaltninger.

I de følgende afsnit 4.3 – 4.7 følger overordnede beskrivelser vedr. etablering af de udvalgte afværgeforanstaltninger i relation til afværgeprincip, etableringsarbejder samt kontrol før og under etableringen. I kapitel 6 beskrives det typiske omfang af drift og monitoring efter etablering af afværgeforanstaltninger. De byggetekniske afværgeforanstaltninger er som tidligere nævnt:

- Tætning af konstruktioner
- Ny gulvkonstruktion
- Ventilation under gulv
- Ventilation i kælder eller krybekælder
- Andre foranstaltninger

For specifikke detaljer vedrørende disse afværgeforanstaltninger henvises i øvrigt til /Miljøstyrelsen 2003/.

4.3 Tætning af konstruktioner i eksisterende bygning

4.3.1 Afværgeprincip ved tætning af konstruktioner

I dette afsnit er der fokuseret på tætning af egentlige utætheder (revner, åbninger mv.) i bygningskonstruktioner, der er konstateret i forbindelse med den byggetekniske gennemgang. Tætning af bygningskonstruktioner gennemføres med det formål at nedbringe den konvektive stoftransport af forureningsstoffer ind i bygninger. Der henvises i øvrigt til figur 2.2 og de efterfølgende tabeller 2.1-2.3 i kapitel 2 for en beskrivelse af de potentielle utætheder.

4.3.2 Etableringsarbejder ved tætning af konstruktioner

De enkelte bygningskonstruktioner gennemgås hver for sig nedenfor.

4.3.2.1 Trægulve

I bygninger, hvor der er etableret en trækonstruktion (evt. over en krybekælder) som eneste adskillelse til den underliggende jord, vil tætning af konstruktioner ikke være relevante, idet de i sig selv ikke yder tilstrækkelig beskyttelse mod afdampning af forurening til indeklimaet. I dette tilfælde henvises til efterfølgende afsnit 4.4, 4.5 og 4.6.

4.3.2.2 Revner i betongulv/-elementer og samlinger

Inden der foretages reparation af et revnet betongulv eller betonelementer, skal det så vidt muligt vurderes, hvorvidt revnerne er i ro eller i bevægelse, jf. faktaboks 1. Denne vurdering forudsættes foretaget af en byggesagkyndig person i forbindelse med den byggetekniske gennemgang, jf. kapitel 3.

Revner i ro kan omfatte revner ved støbeskel, svindrevner, sætningsrevner, belastningsrevner mv., jf. faktaboks 2. Revner i ro kan skæres op og udsættes med reparationsmørtel. Som en ekstra sikring kan revnereparationen forsegles med en diffusionshæmmende overfladebehandling.

Revner i ro kan desuden tættes ved injicering med en speciel injektionsmørtel eller skum. Flere firmaer har specialiseret sig i injektionsløsninger. Ved anvendelse af skum bør de diffusionshæmmende egenskaber undersøges.

Samlinger mellem betongulve og vægge eller fundament vil ofte være revnet, jf. kapitel 2.3. Samlinger udført med kantisoler, kan tættes med diffusionshæmmende fugemasse.

Revner i bevægelse kan omfatte dilatationsrevner, sætningsrevner og belastningsrevner, jf. faktaboks 1. Dilatationsrevner kan skæres op og udfyldes med en elastisk diffusionshæmmende fugemasse. Fugebredden skal være afpasset efter den fugevandring, der kan forventes ved de givne temperaturvariationer.

Utætheder i større gulvflader ved defekte dilatationsfuger tættes ved at skære fugen ud og retablere den med ny diffusionshæmmende fugemasse. Alle gamle fugerester og andre urenheder skal være fjernet, og der skal primes iht. fugeleverandørens anvisninger, inden den nye fuge indlægges, da der efter kort tid ellers kan opstå vedhæftningssvigt, og dermed ny utæthed. Fugemassen skal være tilpasset den aktuelle fugebredde, således at den kan optage de forventede bevægelser.

Sætningsrevner og belastningsrevner kan være i stadig, men som regel langsom bevægelse, jf. faktaboks 2. Tætning vil i en periode kunne opnås med en dilatationsfuge, der dog atter risikerer at blive utæt, hvis fugemassens grænse for udvidelse på et senere tidspunkt nås. Med denne form for tætning skal fugen derfor evt. udskiftes med nogle års mellemrum for at opretholde den ønskede effekt.

Endelig skal det bemærkes, at et stærkt oprevnet betongulv næppe kan tættes ved reparation med fugemasse, reparationsmørtel, skum eller lignende. I dette tilfælde skal der etableres mere omfattende foranstaltninger som montering af en diffusionshæmmende membran eller anden overfladebehandling, jf. afsnit 4.3.2.5, eller der bør etableres en ny gulvkonstruktion, jf. afsnit 4.4.

4.3.2.3 Revner i betonvægge (kælder)

Som for betongulve skal revner i betonvægge (i kælder) vurderes med hensyn til, om de er i ro eller bevægelse, jf. faktaboks 1. Denne vurdering forudsættes foretaget af en bygningsfagkyndig person i forbindelse med den byggetekniske gennemgang, jf. kapitel 5.

Udbedringsmetoderne for tætning af betonvægge er principielt de samme som for betongulve.

Vægge af letbetonkonstruktioner vil sjældent være benyttet i en kælder som afgrænsning mod jord, og vil dermed ikke fungere som en primær forurenings-spærre. Såfremt det alligevel er tilfældet, må der træffes andre afværgeforanstaltninger til reduktion af forurenings-spredning til indeklimaet, f.eks. ved ventilering.

4.3.2.4 Utæt murværk (kælder)

En muret væg kan være meget vanskeligt at tætte, idet fugerne generelt er utætte, jf. afsnit 2.3. Defekte/utætte fuger i murværk kan dog udkradses i en dybde på min. 15 mm, og efterfuges med ny fugemørtel. Inden fugning skal der renses omhyggeligt for løse mørtelrester, støv osv. Såfremt den murede væg er dækket af indvendig beklædning eller puds, må dette fjernes og retable-

res i nødvendigt omfang. Det skal bemærkes, at tætning af en muret væg evt. skal gentages med års mellemrum for at opretholde den ønskede effekt.

Som alternativ kan væggen behandles med diffusionshæmmende overfladebehandling eller membran som beskrevet nedenfor.

4.3.2.5 Diffusionshæmmende membran eller overfladebehandling

Som supplement til generelle tætninger af revner og andre utætheder, kan gulve kældervægge og/eller kælderlofter tættes ved montering af en diffusionshæmmende og kemikalieresistent membran (f.eks. alufoliebelagt PE) eller ved behandling med en diffusionshæmmende overfladebehandling.

Inden montering/behandling skal det sikres, at den aktuelle flade er gjort klar, hvilket overordnet indebærer, at fladen er gjort jævn og stabil. Evt. løst puds fjernes og ved meget ujævne flader bør foretages ny pudsning med reparationsmørtel for at opnå en tilstrækkelig jævn overflade og derved god tæthed.

Der skal sikres tætte tilslutninger langs alle tilstødende bygningsdele (fundamenter, vægge mv.) og eventuelle gennemføringer for installationer. Hvis ikke fundamenter, vægge eller andre bygningsdele, hvortil membranen skal tilsluttes, fremstår glatte og uden skader, skal disse ligeledes pudses med reparationsmørtel inden montering af membranen.

Ved montering af diffusionshæmmende membran i kælderlofter kan loftet evt. beklædes med spredt forskalling af høvlede brædder for at opnå optimal mulighed for montage.

Membranen må ikke blive beskadiget ved efterfølgende arbejder. Beskyttelse af membranen kan foretages med geotekstil, grundmursplader eller lignende eller membranen kan lægges imellem isolering af polystyren i gulvkonstruktioner.

Membranen bør så vidt muligt leveres i hele stykker tilpasset de enkelte rum i bygningen. Leveres membranen ikke i mål, der er tilpasset de enkelte rum, skal samlinger foretages ved svejsning eller som klemte og fugede samlinger. Diffusionshæmmende membraner bør i øvrigt monteres af uddannet personel og efter producentens anvisning.

Som diffusionshæmmende membran bør anvendes en specialmembran bestående af armeret geomembran, aluminiumsfolie og polyethylene film eller lignende membran med tilsvarende egenskaber (til anvendelse ved byggeri på forurennet jord).

I forbindelse med valg af membran bør der indhentes specifikationer vedrørende membranens diffusionstæthed for de aktuelle forureningsstoffer samt membranens styrke, såvel mekanisk som over tid. De indhentede specifikationer bør indgå som en del af risikovurderingen, jf. afsnit 4.2.2.

Det skal bemærkes, at de fugttekniske konsekvenser af en diffusionshæmmende membran eller behandling med anden diffusionshæmmende overfladebehandling altid bør vurderes af en bygningsfagkyndig rådgiver inden montering. Se i øvrigt faktaboks 7 for nogle generelle beskrivelser af fugtproblematikken ved montering af membraner i gulvkonstruktioner.

Faktaboks 7

Fugtisolering i terrændæk

I det følgende er der i kort form opridset nogle generelle forhold omkring fugt i gulvkonstruktioner og terrændæk. For en mere udførlig gennemgang henvises til SBI-anvisning 178 "Bygningers fugtisolering". I hver enkelt sag skal de aktuelle forhold altid vurderes af en bygnings sagkyndig rådgiver ifm. detailprojektering.

Fugtskader i terrændæk kan være forårsaget af opstigende jordfugt (kapillarsugning), kondensering af rumfugt fra indeklimaet eller byggefugt ved støbning af beton.

I opvarmede bygninger vil der være en fugttransport ned igennem konstruktionen, fra den varme til den kolde side. En membran, som placeres i konstruktionen som afværgeforanstaltning mod forureningsspredning fra jorden til indeklimaet, vil samtidig virke som dampspærre. Den skal derfor placeres, så der ikke opstår risiko for kondensering i konstruktionen. Som hovedregel skal dampspærren altid placeres på den varme side af isoleringen, eller sådan at minimum halvdelen af isoleringen ligger under dampspærren.

Ved etablering af et nyt terrændæk af beton i opvarmede bygninger, vil der bl.a. ske fordampning af betonfugt på betonpladens underside i forbindelse med udtørring af betonen. Betonfugten vil normalt kondensere i den underliggende jord som følge af jordens lavere temperatur. Ved placering af en membran/fugtspærre under betonen, vil udtørringen derfor forsinkes, hvilket kan skade fugtfølsomme gulvbelægninger som trægulve, eller diffusionstætte belægninger som vinyl eller linoleum, der er udlagt for tidligt efter støbning af gulvet.

På et eksisterende terrændæk kan membranen lægges oven på betonen, såfremt der ikke allerede er indbygget en fugtspærre i konstruktionen, idet der ellers indbygges 2 fugtspærende lag i konstruktionen, og der således kan ophobes fugt mellem lagene.

Det skal ligeledes bemærkes, at eventuelle sætningsrevner i bevægelse, jf. faktaboks 2, bør vurderes i relation til, om membranen kan optage det stræk, som yderligere sætning måtte medføre uden at miste sin beskyttende effekt.

Efter montage af diffusionshæmmende membran eller behandling med diffusionshæmmende overfladebehandling retableres overfladerne (gulve, vægge, loft) til forhold, der svarer til de eksisterende inden etablering af afværgeforanstaltninger.

4.3.2.6 Installationer

El-installationer er ofte ført i tomrør og/eller kabelkasser, som kan være trukket gennem vægadskillelser og etageadskillelser, jf. kapitel 2.3, og der vil være mulighed for spredning via disse installationer.

Der kan ligeledes være revner i beton, hvor installationer føres igennem, fordi beton ikke binder på f.eks. metalrør, plastrør og glaserede lerrør. Føres installationerne igennem et pladegulv eller en pladevæg, er der også ofte revner ved gennembrydningen. Installationer i foringsrør/skakt kan bevirke utætheder imellem installationen og foringsrøret/skakten. Tætning ved gennemføringer i bygningsdele må udføres med diffusionshæmmende fugemasse.

Ligeledes kan VVS-installationer være ført igennem adskillende bygningsdele, og også her må tætning udføres med diffusionshæmmende fugemasse.

Som beskrevet i afsnit 2.3 kan vandlås også være konstrueret med løse enheder, så tætningsringe, pakninger mm. ved upræcise samlinger forårsager utætheder, der går udenom vandlukket. Disse enheder bør kontrolleres og udskiftes, hvis der er mistanke om forureningsspredning igennem kloakrørene.

I forbindelse med udtørrede vandløse kan der ligeledes være risiko for spredning, da afløbsledninger i jord kan have utætheder ved samlinger og eventuelt defekte rør.

Passage igennem skorstene eller installationsskakte i bygninger kan ske ved utætheder omkring rens- og inspektionslemme, gennemføringer i gulvkonstruktioner, samlinger mod de tilstødende vægge mm., og tætning udføres med diffusionshæmmende fugemasse.

4.3.2.7 Andre utætheder, hulrum

Gulvbelægninger, der afbrydes under dørtrin, og hvor der derfor dannes hulrum i gulvfladen, jf. afsnit 2.3, kan tætnes ved opfyldning med diffusionshæmmende fugemasse eller skum. Alternativt må forureningspåvirkningen reduceres ved ventilering.

Hulmurskonstruktioner kan ikke umiddelbart ændres som mulig spredningsvej, og der må så vidt muligt findes andre metoder til at afskære hulmurskonstruktionen fra kontakt til forureningen. Indblæsning af isolering vurderes ikke at have effekt over for forureningsspredning.

Der kan potentielt ske spredning af forurening fra en hulmurskonstruktion igennem fuger rundt om vinduer, jf. afsnit 2.3. Disse fuger kan tætnes ved hjælp af diffusionshæmmende fugemasse. Det kan være nødvendigt at de- og genmontere lysningspaneler, tilsætninger, vinduesplader og lign.

Hulrum bag vægge, som står i forbindelse med f.eks. hulrum under gulvkonstruktioner, kan kun vanskeligt tætnes. Såfremt der udføres en tætning eller afspærring mellem de forbundne hulrum, skal det sikres, at der ikke derved skabes nye problemer, så som ophobning af fugt. Dette skal vurderes i det enkelte tilfælde.

Pladebeklædte skillevægge er ofte monteret direkte på betongulvet. Tætning mod betongulvet må udføres med diffusionshæmmende fugemasse. Der vil ofte være følgearbejder i form af opbrydninger af tilstødende gulvkonstruktioner og efterfølgende retableringer.

I tilfælde af, at betongulvet ikke er tæt, vil der kunne ske spredning op i skillevæggen. Dette kan som regel kun forhindres ved at etablere en tæt membran under skillevæggen, og dette vil oftest medføre, at væggen skal nedtages og efterfølgende retableres.

4.3.3 Kontrol før tætning af konstruktioner

Bygherren bør sørge for, at relevant materiale foreligger, inden entreprisarbejdet igangsættes. Afhængig af den aktuelle sag, kan dette materiale f.eks. omfatte følgende:

- Beskrivelse af de nødvendige arbejder for tætning af konstruktioner, herunder krav til materialer og udførelse, samt eventuelle følgearbejder.
- Plan for etablering af evt. membran, herunder fastgørelse langs vægge/fundamenter, tætning omkring rørgennemføringer, samlinger mv.
- Kontrolplan for arbejdet, herunder beskrivelse af, hvad der skal kontrolleres, omfanget af kontrollen og krav til dokumentation af kontrollen.
- Materiale- og komponentfortegnelse med fabrikat og typenummer.
- Dokumentation for anvendt fugemasse.

- Ved udlægning af membran bør membrantype/-kvalitet, herunder diffusionstæthed for de aktuelle forureningsstoffer, dokumenteres. Dokumentation omfatter typisk datablade fra leverandøren.
- Ved anvendelse af anden diffusionshæmmende overfladebehandling bør type og kvalitet, herunder diffusionstæthed for de aktuelle forureningsstoffer, ligeledes dokumenteres typisk ved datablade.

Punkterne er opsummeret i bilag B som et forslag til en samlet tjekliste for byggetekniske afværgeforanstaltninger i form af tætning af konstruktioner.

4.3.4 Kontrol af tætning af konstruktioner

I forbindelse med etableringen bør der gennemføres undersøgelser, materialekontrol, udførelseskontrol mv. ved miljø og/eller byggeteknisk tilsyn. Dette kan afhængig af den aktuelle sag f.eks. omfatte følgende:

- Overordnet tilsyn med arbejdets udførelse, herunder udarbejdelse af tilsynsnotater.
- Opfølgning på kontrolplanen, herunder dokumentation for opfyldelse af de stillede krav til materialer og udførelse.
- Beskrivelse og dokumentation for eventuelle afvigelser fra det planlagte arbejde, i form af afvigerapporter.
- Fotodokumentation af udført arbejde. Alle faser/processer for hvert anvendt tætningsprincip fotograferes. Alle tætnede rørgennemføringer fotograferes.

Dokumentation for den gennemførte kontrol bør som udgangspunkt foreligge ved aflevering af afværgeforanstaltningerne. Ovenstående punkter er ligeledes opsummeret i bilag B som et forslag til en samlet tjekliste for byggetekniske afværgeforanstaltninger i form af tætning af konstruktioner. Tjeklisten bør selvsagt tilpasses de aktuelle sager.

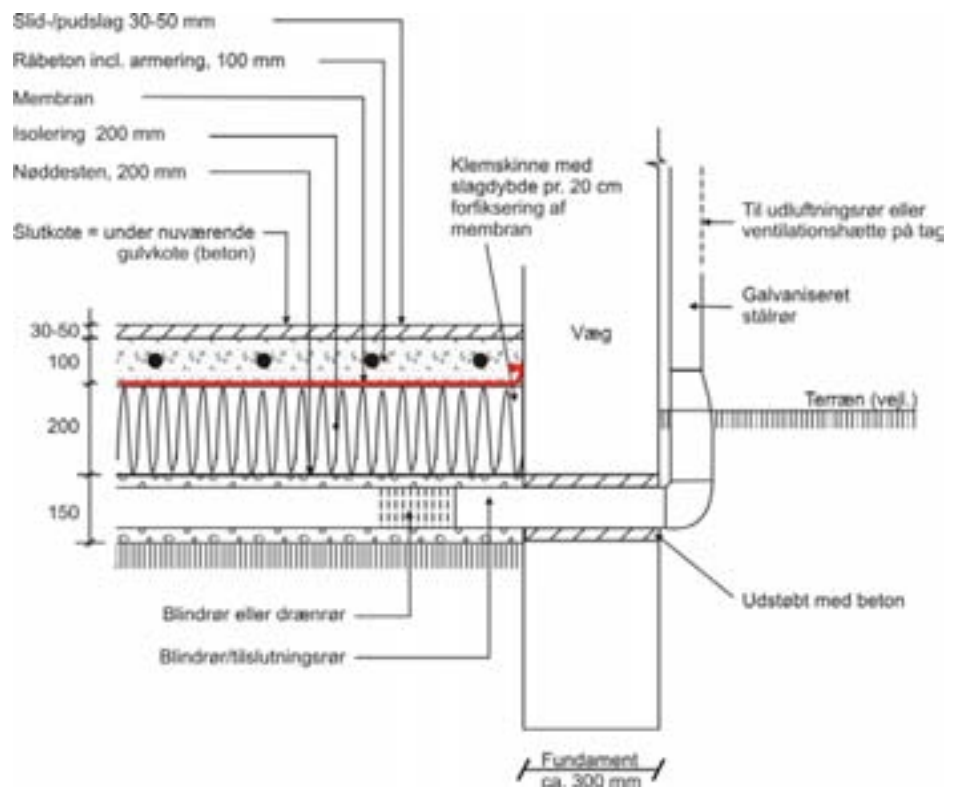
4.4 ny gulvkonstruktion i eksisterende bygning

4.4.1 Afværgeprincip ved etablering af ny gulvkonstruktion

Ved etablering af en ny gulvkonstruktion nedbringes stoftransporten som følge af en ny og tættere gulvkonstruktion, der minimerer den konvektive og diffusive indtrængning af forureningsstoffer. For at sikre størst mulig afværgeeffekt, og da der alligevel etableres en ny gulvkonstruktion, vil det i mange tilfælde være hensigtsmæssigt at montere en diffusionshæmmende og kemikalieresistent membran i gulvkonstruktionen og etablere et ventilerbart kapillarbrydende lag under gulvkonstruktionen.

Den nye gulvkonstruktion kan etableres i hele eller dele af bygningen, afhængig af gulvenes tilstand, forureningspotentialer, spredningsmønster mv.

Et eksempel på, hvordan en ny gulvkonstruktion kan udføres efter opbrydning og bortskaffelse af den eksisterende konstruktion, er skitseret på figur 4.1.



Figur 4.1. Eksempel på mulig opbygning af tæt gulvkonstruktion

På snittegningen fremgår gulvkonstruktionens opbygning samt detaljer vedrørende placering af en evt. membran og ventilationsdræn, hvis dette ønskes inddraget i afværgeforanstaltningen. Det skal bemærkes, at figuren er et eksempel på en mulig og ofte etableret gulvkonstruktion til reduktion af forureningsspredning til indeklimaet.

Der vil kunne forekomme specielle tilfælde, hvor det på grund af de aktuelle forhold i de konkrete sager ikke er muligt at etablere en gulvkonstruktion som skitseret på figur 4.1. Dette kan være i tilfælde, hvor der f.eks. ikke er tilstrækkelig plads, hvor grundvandsforholdene (højt grundvandsspejl) eller funderingsforholdene (manglende fundering) ikke tillader tilstrækkelig udgravning til den nye gulvkonstruktion, eller hvor kravet til lofthøjden ikke tillader, at gulvniveauet øges. I disse tilfælde kan der foretages alternative opbygninger af gulvkonstruktionen. Det skal blot bemærkes, at nødvendig byggesagkyndig rådgivning altid bør indhentes i forbindelse med projektering af en ny gulvkonstruktion.

4.4.2 Etableringsarbejder for ny gulvkonstruktion

I eksisterende huse forventes etableringen af en ny gulvkonstruktion overordnet at bestå af anlægsarbejder, der som eksempel kan omfatte nedenstående.

Indledningsvist fjernes og mellemdponeres eller bortskaffes en evt. gulvbeklægning (linoleum, trægulv, fliser mv.) og evt. ikke bærende skillevægge. Forekommer der allerede et betongulv herunder, skal dette hugges op under hensyntagen til bygningens stabilitetsmæssige forhold (vægge, etageadskillelser, fundamenter mv.).

Den ophuggede beton kan være forurenede og skal i sådanne tilfælde bortskaffes til et godkendt modtageanlæg. Vurderingen af, om betonen er forurenede, bør primært være baseret på historiske oplysninger og en visuel vurdering på stedet suppleret med eksempelvis PID-målinger og/eller "sniffer-målinger", jf. /Miljøstyrelsen 2004/.

Under den tidligere gulvkonstruktion kan det være nødvendigt at bortgrave jord således, at den nye gulvkonstruktion (herunder kapillarbrydende lag, isolering mv.) kan etableres med uændret gulvniveau, hvis dette kræves. Jorden under gulvet kan være forurenede og skal i sådanne tilfælde bortskaffes til godkendt modtager efter gældende regler.

I det tilfælde, at det kapillarbrydende lag ønskes ventileret, kan der udlægges 10-20 cm ventilerbart materiale af f.eks. lecanødder, singels, nøddesten, sand/grusmateriale eller lignende. De anvendte materialer skal være uforurenede og skal leveres direkte fra godkendt grusgrav. I det kapillarbrydende lag foretages strategisk placering af drænrør (luftindtag/luftafkast) til selve ventilationen. Udlægning af ventilationsrør beskrives nærmere i afsnit 4.5 om ventilation (passiv/aktiv) af kapillarbrydende lag. Over det kapillarbrydende lag udlægges isoleringsmateriale iht. gældende isoleringskrav. Det skal bemærkes, at når der foretages ventileret af det kapillarbrydende lag, kan dette ikke nødvendigvis medregnes som isolerende materiale. En konkret vurdering af isoleringsforholdene bør foretages i de aktuelle sager.

Der kan ligeledes etableres mulighed for monitoring af luftskifte (ved fortrængningstests), forureningskoncentrationer mv. forskellige steder i det kapillarbrydende lag ved placering af en række målepunkter i forbindelse med etableringen af det kapillarbrydende lag. Målepunkterne kan f.eks. bestå af ca. 20-30 cm ø63 mm ventilationsrør, der er afblændet i begge ender. I den ene ende indføres et ø6 mm kobberrør. Kobberrøret føres fra monitoringspunktet ud igennem bygningens fundament (f.eks. i samme fundamentgennemføring som anvendes til ventilations- og drænrørene) til en mindre monitoringsbrønd, hvor det afsluttes med en kuglehane og en monitoringsstud.

Over det kapillarbrydende lag kan der med fordel udlægges en diffusionshæmmende og kemikalieresistent membran. Procedurer for klargøring og montering af en membran er beskrevet nærmere i afsnit 4.3.2.

Her skal blot bemærkes, at en membran bør udlægges så den beskyttes, f.eks. ved udlægning mellem to plader af isoleringsmateriale. Alternativ skal membranen beskyttes ved udlægning af grundmursplader, geotekstil eller lignende inden betongulvet støbes. Ved montering af en membran bør de fugttekniske forhold altid vurderes af en bygningsfagkyndig. Se faktaboks 7 for overordnede vurderinger vedrørende fugt i gulvkonstruktioner.

En diffusionshæmmende membran fungerer i øvrigt også som radonspærre.

Udlægges der ikke en diffusionshæmmende membran, udføres gulvkonstruktionen iht. gældende krav om radonsikring for nybyggeri. Det skal dog bemærkes, at tætheden ved en korrekt monteret diffusionshæmmende membran vil være bedre end ved blot at foretage radonsikring.

Over membranen og den beskyttende geotekstil udstøbes typisk en 10 cm armeret betonplade med 2 cm slidlag. Langs alle kanter kan der ilægges ca. 10 mm kantafrænsning inden udstøbning. Efter afhærdning af betonpladen

fjernes kantafrænsningen og kanterne fuges med diffusionshæmmende fugemasse eller ekspanderende fugebånd. Formålet med at etablere disse kanter med fugemasse/-bånd er at minimere risikoen for senere forureningsspredning igennem svindrevner langs samlingen mellem betongulvet og fundamentene.

Efter udstøbning af betonpladen retableres til forhold svarende til før entreprisarbejdet.

Nedenstående fotos, jf. figur 4.2, illustrerer forskellige faser i forbindelse med etablering af en ny gulvkonstruktion med ventilation af det kapillarbrydende lag og indbygget diffusionshæmmende membran i et eksisterende hus.



Figur 4.2. Etablering af ny gulvkonstruktion med ventilation og membran

4.4.3 Kontrol før etablering af ny gulvkonstruktion

Bygherren bør sørge for, at relevant materiale foreligger, inden entreprisarbejdet igangsættes. Afhængig af den aktuelle sag, kan dette materiale f.eks. omfatte følgende:

- Plan for udførelse af gulvkonstruktionen (herunder armeringsplan, placering og antal rørgennemføringer mv.).
- Plan for montering af evt. membran, herunder fastgørelse langs væg/fundamenter, tætning omkring rørgennemføringer, samlinger mv.
- Detailtegning af gulvopbygning (herunder placering af evt. membran, dræn-/blindrør, isolering mv.).

- Plan for etablering af radonsikring i det tilfælde, at der ikke monteres en diffusionshæmmende membran.
- Procedurebeskrivelse til hindring af revnedannelse i beton.
- Plan for evt. afstivning, sikring af bygning inden og i forbindelse med ophugning/fjernelse af gulv samt evt. bortgravning af jord.
- Plan for nedrivning, gulvopbrydning og bortskaffelse af byggeaffald under etableringen af gulvkonstruktionen.
- Plan for bortskaffelse af forurenede overskudsjord. Forurenede jord skal forud for bortkørsel anvises af den aktuelle miljømyndighed.
- Relevante nedrivnings-, bygge- og gravetilladelser.
- Materiale- og komponentfortegnelse med fabrikat og typenummer.
- Kontrolplan for arbejdet, herunder beskrivelse af, hvad der skal kontrolleres, omfanget af kontrollen og krav til dokumentation af kontrollen.
- Ved udlægning af membran bør membrantype/-kvalitet, herunder diffusionstæthed for de aktuelle forureningsstoffer, dokumenteres. Dokumentationen omfatter typisk dataark fra leverandøren.
- Dokumentation for anvendte rørtyper til ventilationsrør.
- Dokumentation for anvendt fugemasse for evt. montage af membran.

Punkterne er opsummeret i bilag C som et forslag til en samlet tjekliste for etablering af en ny gulvkonstruktion til sikring af indeklimaet.

4.4.4 Kontrol af etableringen af ny gulvkonstruktion

I forbindelse med etableringen af en ny gulvkonstruktion bør der gennemføres undersøgelser, materialekontrol, udførelseskontrol mv. ved miljø- og byggeteknisk tilsyn. Dette kan afhængig af den aktuelle sag f.eks. omfatte følgende:

- Overordnet tilsyn med arbejdets udførelse, herunder udarbejdelse af tilsynsnotater.
- Opfølgning på kontrolplanen, herunder dokumentation for opfyldelse af de stillede krav til materialer og udførelse.
- Beskrivelse og dokumentation for eventuelle afvigelser fra det planlagte arbejde, i form af afvigerapporter.
- Fotodokumentation af udført arbejde. Alle relevante faser/processer for etablering af en ny gulvkonstruktion fotograferes.
- Kontrol af spredningsrisici ved indvendige vægge, når gulvet er fjernet. Er væggene eksempelvis placeret på støjdæmpende understøtning eller andre permeable materialer? Kontrollen kan f.eks. dokumenteres ved foto.
- Vurdering af forureningstilstanden i relevante bygningsmaterialer. En miljørådgiver varetager typisk denne vurdering, da dokumentationen sjældent alene baseres på en fysisk prøvetagning, men ligeledes bør omfatte en historisk redegørelse og evt. PID-målinger og/eller ”sniffermålinger”.
- Undersøgelse af forureningstilstanden under den tidligere gulvkonstruktion, hvis ikke der allerede foreligger dokumentation for denne. En sådan undersøgelse udføres typisk ved analyse af poreluft- eller jordprøver under gulvkonstruktionen eller i bunden af udgravningen. Arbejdet udføres typisk af en miljørådgiver.
- Jordklassifikation, transporttilladelser, deponeringstilladelser, jordanvisning fra miljømyndighed mv. skal foreligge inden bortskaffelse af jord. Materialet udarbejdes typisk af en miljørådgiver.

- Kontrol af rummets og væggenes stand (er væggene/fundamenterne eksempelvis klargjort til fastmontering af membran ved jævn overflade) inden etablering af en ny gulvkonstruktion. Kontrollen kan f.eks. dokumenteres ved foto.
- Evt. udlægning af kloak- og afløbsrør skal godkendes af den aktuelle inspektionsmyndighed før udstøbning af nyt gulv.
- Vurdering af ventilerbarheden af et evt. kapillarbrydende lag. Vurderingen foretages typisk på baggrund af sigtekurver eller fraktionsanalyser af det pågældende materiale fra leverandøren.
- Kontrol af det beskyttende lag over en evt. membran, fiksering af membran langs vægge, rørgennemføringer mv. inden udstøbning af beton. Kontrollen dokumenteres f.eks. ved foto.
- Kontrol af udlægning af radonspærre i tilfælde af, at der ikke monteres en diffusionshæmmende membran (diffusionshæmmende membran fungerer som radonspærre). Kontrollen dokumenteres f.eks. ved foto.
- Kontrol af udlægning af fugtspærre i tilfælde af, at der ikke monteres en diffusionshæmmende membran (diffusionshæmmende membran fungerer som fugtspærre). Kontrollen dokumenteres f.eks. ved foto.
- Kontrol med processen for overdækning/vanding af betonen under hærdning. Kontrollen dokumenteres f.eks. med foto.

Dokumentation for den gennemførte kontrol bør som udgangspunkt foreligge ved aflevering af afværgeforanstaltningerne. Ovenstående punkter er ligeledes opsummeret i bilag C som et forslag til en samlet tjekliste for etablering af en ny gulvkonstruktion til sikring af indeklimaet mod forureningsspredning fra en jordforurening under bygningen.

4.5 Ventilation under gulv i eksisterende bygning

4.5.1 Afværgeprincip for ventilation under gulv

Etablering af ventilation under en gulvkonstruktionen som afværgeforanstaltning er betinget af, at der forefindes et ventilerbart lag (f.eks. et kapillarbrydende lag). Det ventilerbare lag skal have en grov porestruktur og høj porøsitet for at muliggøre ventilation. Ventilation under en gulvkonstruktion kan etableres som enkeltstående afværgeforanstaltning eller som et supplement til andre afværgeforanstaltninger, f.eks. tætning af konstruktioner eller etablering af en ny gulvkonstruktion, jf. afsnit 4.3 og 4.4.

Ved etablering af ventilation og således et øget luftskifte under gulvkonstruktionen i en bygning bortledes forureningsstoffer til atmosfæren, hvorved poreluftforureningen fortyndes, således at forureningspotentialet reduceres. Styrken af den forurening, der måtte spredes til indeklimaet fra poreluften under gulvkonstruktionen, reduceres dermed.

På samme tid kan ventilation under en gulvkonstruktion medvirke til, at trykgradienten over gulvkonstruktionen reduceres eller vendes, således at den konvektive stoftransport, der tidligere blev vurderet at være den dominerende drivkraft for forureningsspredning op igennem gulvkonstruktionen, jf. afsnit 2.3, minimeres eller vendes.

Der findes flere forskellige mere eller mindre teknisk omfattende metoder til etablering af et system til ventilation under en gulvkonstruktion. Disse meto-

der er som udgangspunkt alle baseret på henholdsvis fortyndingsprincippet og princippet om reduceret/vendt trykgradient over gulvkonstruktionen.

Som en simpel løsning kan ventilationen f.eks. etableres ved at gennembore fundamentet på strategisk udvalgte steder, så der skabes kontakt mellem poreluften og atmosfæren og samtidig mulighed for luftgennemstrømning under gulvkonstruktionen. Ventilationen drives af den trykforskel, der kan dannes på modstående facader af en bygning som følge af vindpåvirkning. Herved vil der på den ene side af bygningen suges luft ud af det ventilerbare lag og på den anden side slippes frisk luft ind. Ved gennemboringerne monteres riste, eller der etableres rørføring til udluftningsrør eller svanehalse ca. 0,5 m over terræn. Denne type ventilation forudsætter, at der ikke er etableret tværgående fundamenter i bygningen, da disse vil blokere luftstrømmen.

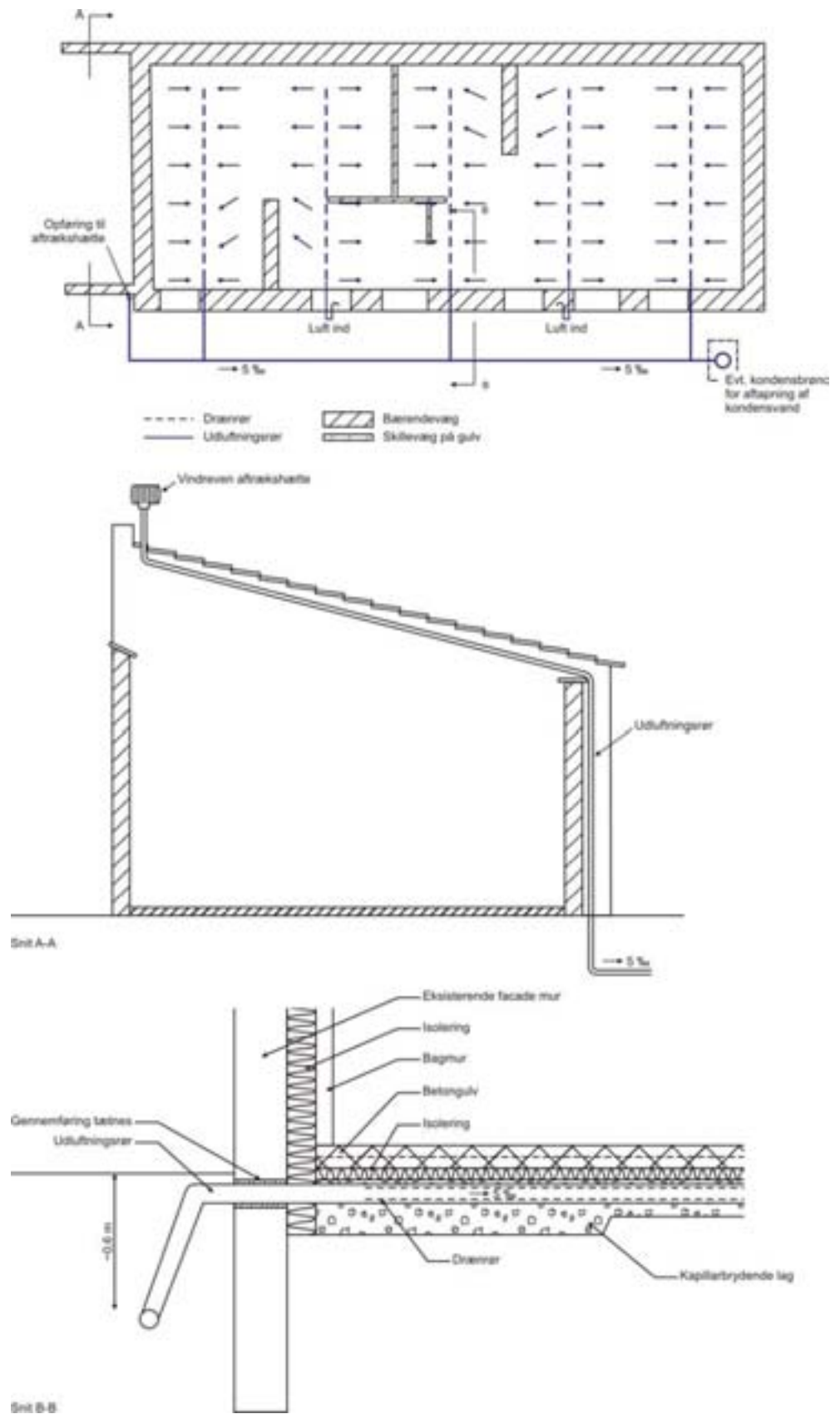
Ønskes større kontrol med luftstrømmen under gulvkonstruktionen (f.eks. hvis luften skal fordeles til forskellige områder under gulvkonstruktionen, der er adskilt af gennemgående fundamenter), kan der føres drænrør fra gennemboringerne ind i det ventilerbare lag. Ventilations-/drænsystemet etableres, så der sikres optimal luftstrømning mellem drænrørene for derved at optimere luftudskiftningen/-fortyndingen i hele porevolumenet under gulvkonstruktionen (optimalt influensområde). Den endelige placering af drænrør afhænger af forholdene og skal derfor projekteres i forbindelse med de aktuelle sager.

Vurderes forholdene ikke at være egnede til etablering af ventilation drevet af vindtryk (f.eks. i byområder ved tætstående bygninger) eller stilles der krav til større luftstrøm i det ventilerbare lag under gulvkonstruktionen, kan ventilationsystemet udbygges med en vindreven aftrækshætte på bygningens tag.

Dette ventilationssystem etableres som et dobbelt drænsystem, hvor den ene del af drænrørene skal fungere som luftudsugning mens de resterende drænrør skal fungere som luftindtag. Luftudsugningsrørene samles i et lukket rør for et samlet afkast. Afkastet føres op til tagryggen af bygningen, hvor det afsluttes med en vindreven aftrækshætte, der skaber et undertryk til ventileringen. Luftindtagsrørene samles ligeledes i et lukket rør og føres til et udluftningsrør eller svanehals umiddelbart over terræn (ca. 0,5 m o.t.). Et ventilationsystem drevet af en vindhætte vil i princippet passe sig selv. Da der imidlertid er tale om et mekanisk system med de begrænsninger, dette medfører (begrænset levetid, risiko for driftssvigt mv.), vil det være nødvendigt at tilse systemet årligt.

Viser det sig ved den efterfølgende indkøring/monitoring, at en vindreven aftrækshætte ikke ventilerer tilstrækkeligt, kan et ventilationsanlæg af denne type relativt simpelt udbygges med en elektrisk ventilator med mulighed for højere ydelse (større luftstrømning). Dette vil dog medføre et større behov for driftseftersyn og omkostninger til drift (strøm).

Et ventilationssystem med en vindreven aftrækshætte eller en elektrisk ventilator kan ligeledes etableres uden luftindtag i det ventilerbare lag under gulvkonstruktionen. Denne form for ventilering tager primært udgangspunkt i at reducere trykket under gulvkonstruktionen og dermed den konvektive stoftransport fra poreluften under gulvkonstruktionen til indeklimaet. Fortyndingen af poreluft vil således ikke være ligeså effektiv som ved etablering af luftindtag. Til gengæld minimeres risikoen for, at luft strømmer direkte fra et luftindtag til et udsugningsdræn i en præferentiel bane (kortslutning), hvorved det ventilerede område og dermed afværgeeffekten begrænses.



Figur 4.3. Principskitse i snit og plan af etablering af ventilation under gulv

Hvilken ventileringsmetode, der bør anvendes, afhænger helt af de aktuelle forhold, og skal således vurderes konkret i de aktuelle sager. Det skal dog bemærkes, at der på nuværende tidspunkt ikke findes standardiserede retningslinier eller metoder til beregning af den optimale udformning af et ventilations-system i det kapillarbrydende lag, herunder placering af ventilationsdræn. Der kan imidlertid henvises til /AVJ 2006/ for vurderinger vedr. effekten af ventilation under gulvkonstruktioner.

De følgende beskrivelser af ventilation af et ventilerbart lag under en gulvkonstruktion vil som udgangspunkt omhandle et ventilationsanlæg bestående af et dobbelt drænsystem med afkast i en vindreven hætte over bygningens tag og luftindtag fra udluftningsrør eller svanehalse umiddelbart over terræn. Et eksempel på et ventilationssystem af denne type fremgår af figur 4.3 i snit og plan.

Som nævnt i afsnit 4.4 kan et kapillarbrydende lag ikke nødvendigvis medregnes som isolerende materiale, når der foretages ventilering, og ventileringen kan evt. give anledning til fodkulde. En konkret vurdering af isoleringsforholdene bør derfor foretages i de aktuelle sager.

4.5.2 Etableringsarbejder for ventilering under gulv

I eksisterende huse forventes etableringen af ventilation af et ventilerbart lag under gulv overordnet at bestå af anlægsarbejder, der som eksempel kan omfatte nedenstående. Der skelnes mellem etablering af ventilation under en eksisterende gulvkonstruktion og etablering af ventilation i forbindelse med opbygning af en ny gulvkonstruktion.

4.5.2.1 Etableringsarbejder for en eksisterende gulvkonstruktion

Der skal foretages udgravning på ydersiden af fundamenter i et omfang, så arbejdsgruber for underboring kan etableres. Efter udgravning af arbejdsgruber, gennembøres fundamentet med diamantbor de steder, hvor det er planlagt, at der skal etableres ventilationsdræn. Niveau for gennemboring af fundamentet fastlægges ud fra kendskabet til gulvets opbygning og overkant af gulv inde i bygningen samt placering af installationer og eventuelle fundamenter inde i bygningen.

Etableringen af drænrørene kan f.eks. foretages ved hjælp af underboring med foringsrør. Det skal tilstræbes, at forskellen i dimension mellem foringsrør og ventilationsdræn minimeres således, at sætninger i det kapillarbrydende lag undgås ved tilbagetrækning af foringsrøret.

Gennemføringerne af drænrør i fundamentet fikseres og tættes efterfølgende ved f.eks. fyldning med skum for fiksering og efterfølgende støbning med reparationsmørtel eller diffusionshæmmende fugemasse. Det er meget vigtigt, at gennemføringen etableres helt tæt, så der ikke trækkes falsk luft ind i systemet.

Som ventilationsrør kan der anvendes drænrør inkl. nødvendige tilslutningsrør, bøjninger, grenrør, fittings og overgangsstykker. I nogle tilfælde kan der anvendes perforerede spyd af rustfrit stål, der kan presses ind i det kapillarbrydende lag.

4.5.2.2 Etableringsarbejder for ny gulvkonstruktion

Ved etablering af en ny gulvkonstruktion foretages udlægning af drænrør horisontalt midt i det kapillarbrydende lag i forbindelse med etablering af dette, jf. afsnit 4.4.

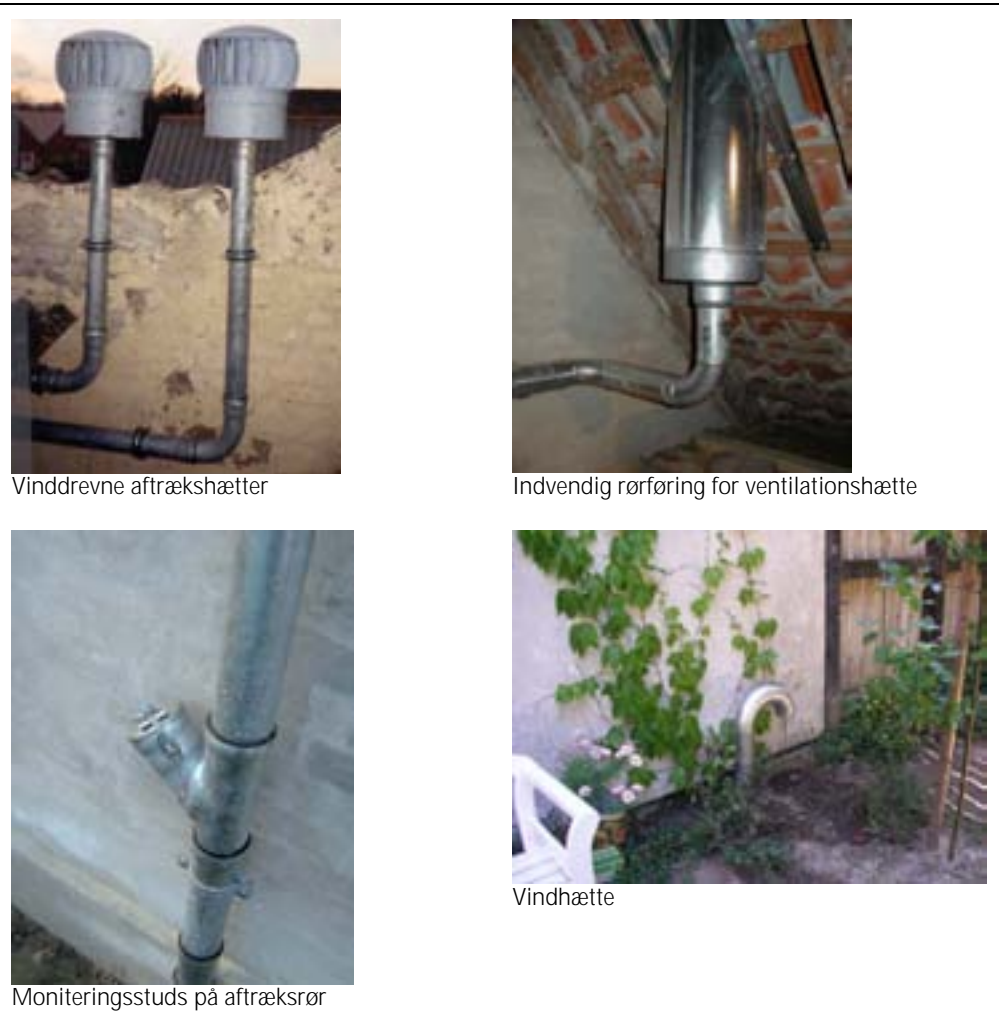
4.5.2.3 Etableringsarbejder for eksisterende og ny gulvkonstruktion

Følgende etableringsarbejder foretages både ved etablering af ventilation under en eksisterende gulvkonstruktion og ved etablering af ventilation i forbindelse med opbygning af en ny gulvkonstruktion.

Der foretages udgravning på ydersiden af fundamenter i et omfang, så ledningsgrav for udluftningsrør og evt. kondensbrønd kan etableres. Drænrørene sammenkobles med et udluftningsrør, der tilkobles et samlet afkast, der enten føres til en svanehals umiddelbart over terræn (dog så højt at det ikke dækkes af blade, sne mv.) eller føres til en ventilationsshætte på bygningens tag.

Over terræn, som en integreret del af udluftningsrøret, bør der etableres et monitoringsstykke for senere mulighed for monitoring af luftstrømning i udluftningsrøret samt forureningsstoffer i afkastluften. Afhængig af rørføring af udluftningsrør, kan der etableres aftapningsmulighed for kondensvand. Aftapningsmuligheden kan eksempelvis etableres i en kondensbrønd, hvor rørføring for udluftningsrør i jord etableres med fald hen i mod brønden, jf. figur 4.3. Udluftningsrøret føres eksempelvis ind i brønden og afsluttes med en tæt afskruelig prop eller en kugleventil.

Nedenstående fotos, jf. figur 4.4, illustrerer forskellige detaljer vedrørende ventilationssystemer.



Figur 4.4. Etablering af vinddrevet ventilationssystem

Ventilationsdrænene til luftintag samles ligeledes med et udluftningsrør, der vha. nødvendige fittings under terræn tilkøbes en galvaniseret svanehals, et opslidset rør (øverste 10 cm) eller en rist umiddelbart over terræn.

Som overjordiske rør kan f.eks. anvendes galvaniserede rør med tætte samlinger, inkl. nødvendige bøjninger, fittings og overgangsstykker til drænrør.

Som ventilationshætte anvendes en vinddreven ventilator med passende overgang mellem ventilationshætte og de anvendte stålrør. Vindhætten placeres således, at læ fra f.eks. skorsten, gavl eller lign. undgås.

4.5.3 Kontrol før etablering af ventilering under gulv

Bygherren bør sørge for, at relevant materiale foreligger, inden entreprisarbejdet igangsættes. Afhængig af den aktuelle sag, kan dette materiale f.eks. omfatte følgende:

- Plan for udførelse af etablering af ventilation under gulvkonstruktionen (herunder beskrivelser og detailtegninger i plan og snit).
- Kortlægning af fundamentplacering under hele bygningen (horisontalt og vertikalt).
- Undersøgelse af ventilerbarhed (og evt. luftskifte) af det eksisterende kapillarbrydende lag ved f.eks. fortrængningstests, tracertest (indblæsning og monitorering af sporgas), prøvepumpning eller prøveudtagning af materiale. Undersøgelsen gennemføres typisk af en miljørådgiver.
- Vurderinger vedr. egnethed af valgte drivkraft (udluftningsrør, vindhætte, elmotor mv.) og gennemgang af forventet strømningsbillede under gulvet. Disse vurderinger varetages typisk af en miljørådgiver.
- Materiale- og komponentfortegnelse med fabrikat og typenummer (ventilator, rør, fugemasse mv.).
- Plan for evt. afstivning, sikring af bygning inden og i forbindelse med bortgravning af jord på ydersiden af fundament.
- Plan for bortskaffelse af forurenede overskudsjord. Forurenede jord skal forud for bortkørsel anvises af den aktuelle miljømyndighed.
- Kontrolplan for arbejdet, herunder beskrivelse af, hvad der skal kontrolleres, omfanget af kontrollen og krav til dokumentation af kontrollen.

Punkterne er opsummeret i bilag D som et forslag til en samlet tjekliste for etablering af ventilation af et ventilerbart lag under en gulvkonstruktion.

4.5.4 Kontrol af etableringen af ventilering under gulv

I forbindelse med etableringen af ventilation af et ventilerbart lag under gulvkonstruktionen bør der gennemføres undersøgelser, materialekontrol, udførelseskontrol mv. ved miljø og/eller byggeteknisk tilsyn. Dette kan afhængig af den aktuelle sag f.eks. omfatte følgende:

- Overordnet tilsyn med arbejdets udførelse, herunder udarbejdelse af tilsynsnotater.
- Opfølgning på kontrolplanen, herunder dokumentation for opfyldelse af de stillede krav til materialer og udførelse.

- Beskrivelse og dokumentation for eventuelle afvigelser fra det planlagte arbejde, i form af afvigerapporter.
- Fotodokumentation af udført arbejde. Alle relevante faser/processer for etablering af en ny gulvkonstruktion fotograferes.
- Kontrol af følgesedler for korrekt leverede og anvendte materialer, herunder udluftningsrør, ventilationshætte eller mekanisk ventilator.
- Fotodokumentation af korrekt placerede dræn iht. projektet.
- I forbindelse med etablering af dræn under et eksisterende gulv bør der udføres en kort ventilationstest, der verificerer, at der kan skabes den ønskede luftstrøm igennem det kapillarbrydende lag. Ved testen suges i en kort periode direkte på et af dræne og responsen måles i de andre dræn. Hvert enkelt dræn bør testes hver for sig ved påtryk af forskellige sug svarende til det dimensionerede sug for ventilationssystemet. Ikke funktionsdygtige dræn udskiftes. Testen udføres typisk af en miljørådgiver.
- Kontrol af ventilationshætte. Foruden en visuel kontrol (kører hætten rundt) kan der foretages punktmåling af luftstrømmen i afkastrøret.
- Kontrol af følgesedler for korrekt leverede og anvendte dræn, udluftningsrør, ventilationshætte mv.
- Tegninger "som udført", der som minimum skal omfatte plan og opstalt med placering af rørføringer med dimensionsangivelse.
- Betjeningsmanualer/-vejledninger og datablade.
- Drifts- og vedligeholdelsesinstruks, der bl.a. indeholder procedurer for sikring af anlæggets funktion, herunder især funktion af vinddrevet ventilationshætte eller elektrisk ventilator.

Dokumentation for den gennemførte kontrol bør som udgangspunkt foreligge ved aflevering af afværgeforanstaltningerne. Ovenstående punkter er ligeledes opsummeret i bilag D som et forslag til en samlet tjekliste for etablering af ventilation af et ventilerbart lag under en gulvkonstruktion.

4.6 Ventilation i (krybe-)kælder i eksisterende bygning

4.6.1 Afværgeprincip for ventilering af kælder/krybekælder

Princippet i ventilation i en kælder eller krybekælder er det samme som for ventilation af et kapillarbrydende lag under en gulvkonstruktion, jf. afsnit 4.5. Dvs., at ved ventilering og således et øget luftskifte i en kælder eller krybekælder bortledes forureningsstoffer til atmosfæren, hvorved den forurenede luft i krybekælderen fortyndes, således at forureningspotentialet reduceres. På samme tid kan ventilationen medvirke til, at en evt. trykgradient over etageadskillelsen reduceres eller vendes, således at den konvektive stoftransport igennem etageadskillelsen minimeres.

Ventilation i kælder eller krybekælder kan etableres alene eller som et supplement til etablering af ny gulvkonstruktion og evt. ventilation under gulv, og er da et supplement til afsnit 4.4 og 4.5.

Det er afgørende for effektiviteten af ventilationen, at der er fri passage for luftstrømmen i hele kælderens eller krybekælderens areal. Det kan i den forbindelse være nødvendigt at etablere åbninger i de tværgående vægge eller fundamenter. I en krybekælder kan åbninger i tværgående fundamenter etableres ved lokale åbninger af gulvene indvendigt i bygningen.

Fugt- og varmeisolering af krybekælder

I det følgende er der i kort form opridset nogle generelle forhold omkring fugtisolering i krybekældre. For yderligere detaljer henvises til SBI-anvisning 178 "Bygningers fugtisolering". I hver enkelt sag skal de aktuelle forhold altid vurderes af en bygningsagkyndig rådgiver ifm. detailprojektering.

Ved ventilering i en krybekælderkonstruktion vil der i størstedelen af året ske fjernelse af fugt fra krybekælderen. Hvis forholdene tillader det, kan der udlægges en fugtspærre på bunddækket, som beskyttelse mod fordampning af jordfugt ind i krybekælderen.

I perioder om sommeren, hvor udeluften er varm og relativ fugtig, kan der ske kondensering i krybekælderen på kolde vægge eller gulvflader. Vurderes det i de konkrete sager, at der kan opstå fugtproblemer om sommeren, kan det blive nødvendigt at reducere ventileringen i disse perioder.

Ved etablering af ventilation i en krybekælder bør der etableres isolering under gulvkonstruktionen for at forhindre varmetab og "fodkulde" i boligen.

Ved isolering af et træbjælkelag bør der udlægges en dampspærre under gulvbrædderne, eller der bør udlægges en diffusionshæmmende gulvbelægning som vinyl eller linoleum, for at forhindre kondensation inde i konstruktionen.

Isolering af betondæk kan udføres på undersiden af betonen. Isoleringsmaterialet bør være diffusionsåbent på undersiden for at forhindre fugtophobning i isoleringen.

Særligt ved etablering af ventilation af en krybekælder skal det overvejes om der kan opstå fodkulde og evt. fugtproblemer i gulvkonstruktionen/etageadskillelsen. Også i kældre skal ventilation dimensioneres af hensyn til trækonstruktioner og øget varmetab. Ventilationssystemet bør derfor etableres under rådgivning af en byggesagkyndig.

Selve ventileringen kan enten foregå ved ventilation drevet af vindtryk (se nedenfor), ved passiv ventilation (vindhætte over tag) eller mekanisk ventilation. Der kan f.eks. indledningsvist foretages simpel ventilation drevet af vindtryk. Viser det sig ved den efterfølgende indkøring og monitorering, at dette ikke er tilstrækkeligt, kan systemet udbygges til passiv ventilation med vindhætte over tag eller mekanisk ventilation.

4.6.1.1 Ventilation ved vindens drivtryk

Ventilation i en kælder eller krybekælder kan etableres ved hjælp af vindens drivtryk (vinden skaber over- og undertryk på de modstående facader, hvorved luften drives på tværs af kælderen/krybekælderen). Dette omfatter etablering af åbninger for luft på modstående sider af kælderen/krybekælderen.

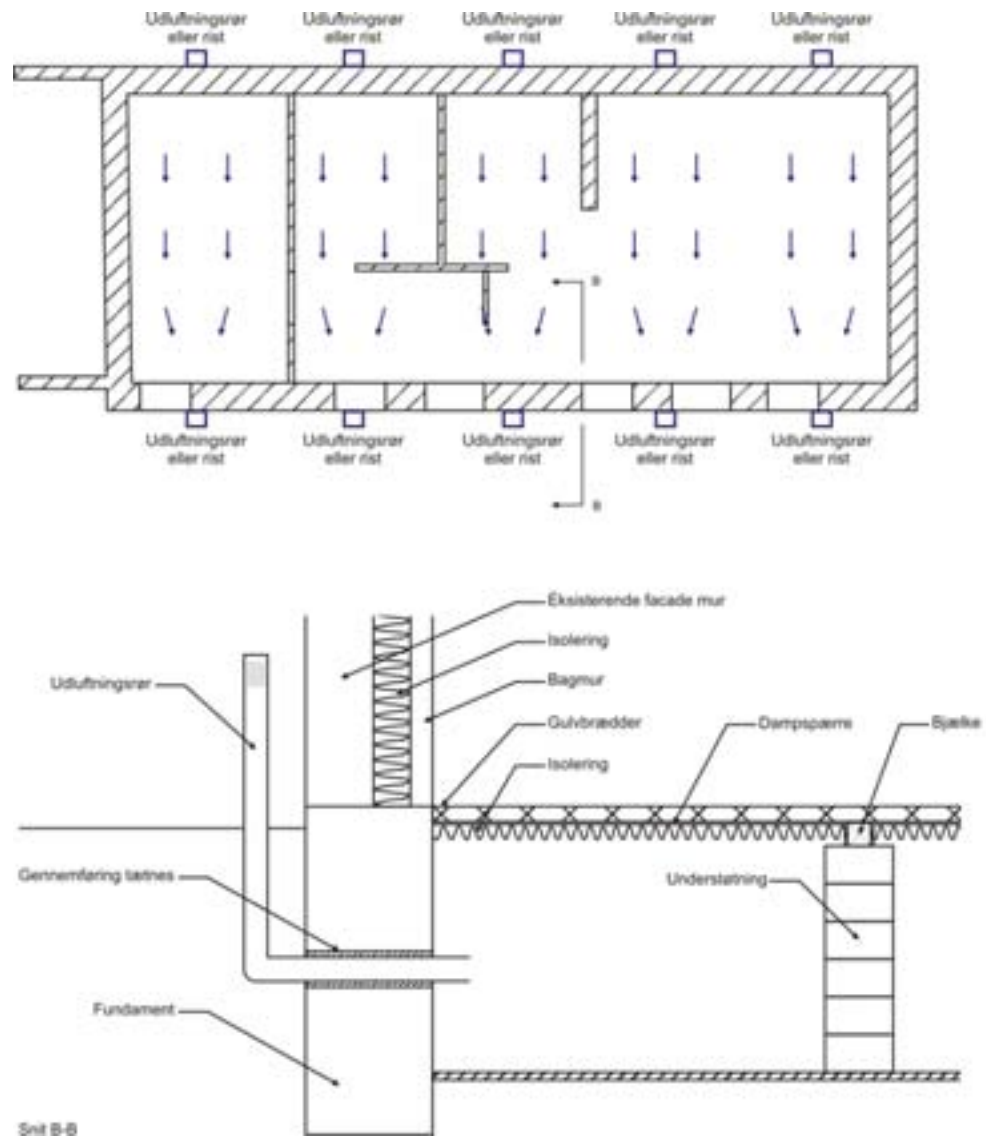
I krybekældre er der ofte etableret mindre åbninger med riste (ventilationsriste) i fundamentet. Disse er af byggetekniske hensyn som regel etableret ved krybekælderens etablering. Åbningerne ses imidlertid ofte afproppede af beboerne for at undgå at trække kold udeluft ind i krybekælderen og derved fodkulde i den overliggende etage.

4.6.1.2 Ventilation med vindhætte

Ventilation kan ligeledes genereres ved hjælp af en vinddrevet aftrækshætte, som også er omtalt i afsnit 4.5 i forbindelse med etablering af ventilation i et ventilerbart lag under gulvkonstruktionen i en bygning. Ved etablering af ventilation med en vinddreven aftrækshætte skal der etableres et passende antal ind- og udsugningspunkter i kælderen/krybekælderen.

Ind- og udsugningspunkterne kan enten etableres igennem siderne af kælderen eller krybekælderen eller igennem gulvet fra den overliggende etage. Antal og placering afhænger af forureningsniveauet, byggetekniske forhold mv., men det skal sikres, at der kan ske en tilstrækkelig effektiv ventilation.

Udsugningspunkterne, der skal fungere som luftudsugning, samles i ét udluftningsrør for et samlet afkast, der føres op til tagryggen af bygningen. Her afsluttes med en vinddreven aftrækshætte, der skaber det nødvendige undertryk til ventileringen.



Figur 4.5. Principskitse i snit og plan af etablering af ventilation af krybekælder

4.6.1.3 Elektrisk ventilation

Elektrisk ventilation etableres ved simpel udsugning eller med balanceret ind- og udsugning for at undgå, at der skabes undertryk i kælderen/krybekælderen. Ved øget undertryk kan indeluften fra den overliggende etage blive trukket ned i kælderen/krybekælderen igennem diverse sprækker og utætheder i gulvet, og kondensere på kolde flader. På samme tid kan forurennet poreluft i hø-

jere grad blive trukket op i kælderen/krybekælderen fra jordforureningen under bygningen. Opretholdes et konstant undertryk, vil en øget forureningsindtrængning gennem gulvkonstruktionen ved konvektion imidlertid ikke spredes til ovenliggende etager.

Den elektriske ventilator monteres med udsugning gennem eksisterende ventilationsriste, eller der etableres nye gennemføringer igennem væg til krybekælder.

Sammenlignet med passive ventilationssystemer, drevet af vinden, vil der ved anvendelse af en elektrisk ventilator skulle foretages hyppigere driftseftersyn.

Et eksempel på et system til ventilation ved vindens drivtryk fremgår af figur 4.5 i snit og plan.

4.6.2 Etableringsarbejder for ventilering af kælder eller krybekælder

I eksisterende bygninger forventes etableringen af ventilation af kælder eller krybekælder overordnet at bestå af anlægsarbejder, der som eksempel kan omfatte nedenstående beskrivelser.

Der etableres åbninger til ind- og udsugningspunkter og gennemføringer i væg til kælder eller krybekælder for etablering af enten ventilation drevet af vindtryk, passiv ventilation (vindhætte) eller mekanisk ventilation.

For at sikre mod indtrængende rotter mv. monteres riste på åbninger eller indsugnings- og udsugningspunkter. Ristene må have en maksimal maskevidde på 6 mm.

For at sikre gennemstrømningsmulighed i kælder eller krybekælder etableres åbninger i tvær- og langsgående fundamenter vægge. På ventilationsåbninger monteres et net med en maksimal maskevidde på 6 mm.

Ved etablering af ventilation med en vindhætte over bygningens tag etableres udluftningsrør fra udsugningspunkter. Udsugningsrøret føres i jorden (min. 0,6 m under terræn) til opføringspunktet, hvor røret føres til vinddreven ventilationshætte over bygningens tag. Over terræn etableres, som en integreret del af udluftningsrøret, et monitoringsstykke for senere mulighed for monitorering af luftflow i udluftningsrøret samt forureningsstoffer i den opsugede luft.

Ved montering af mekanisk ventilator (mekanisk ventilation) leveres, opsættes og tilsluttes et mekanisk ventilationsanlæg, herunder alle nødvendige kabler/ledninger og komponenter for lovlig tilslutning til ejendommens eksisterende elforsyning. Om nødvendigt forsynes ventilationsanlæg med el-varmeplade.

4.6.3 Kontrol før etablering af ventilering af kælder eller krybekælder

Bygherren bør sørge for, at relevant materiale foreligger, inden entreprisarbejdet igangsættes. Afhængig af den aktuelle sag, kan dette materiale f.eks. omfatte følgende:

- Plan for udførelse af ventilation af kælder eller krybekælder (herunder beskrivelser og detailtegninger). Det skal fremgå, at der er mulighed for

luftgennemstrømning i hele kælderen eller krybekælderen areal, hvor der er planlagt ventilering.

- Vurderinger vedr. egnethed af valgte drivkraft (udluftningsrør, vindhætte, elmotor mv.) og gennemgang af forventet strømningsbillede under gulvet. Disse vurderinger varetages typisk af en miljørådgiver.
- Materiale- og komponentfortegnelse med fabrikat og typenummer (ventilator, rør, fugemasse mv.).
- Kontrolplan for arbejdet, herunder beskrivelse af, hvad der skal kontrolleres, omfanget af kontrollen og krav til dokumentation af kontrollen.

Punkterne er opsummeret i bilag E som et forslag til en samlet tjekliste for etablering af ventilation af kælder eller krybekælder.

4.6.4 Kontrol af etableringen af ventilering af kælder eller krybekælder

I forbindelse med etableringen af ventilation af en kælder eller krybekælder bør der gennemføres undersøgelser, materialekontrol, udførelseskontrol mv. ved miljø- og byggeteknisk tilsyn. Dette kan afhængig af den aktuelle sag f.eks. omfatte følgende:

- Overordnet tilsyn med arbejdets udførelse, herunder udarbejdelse af tilsynsnotater.
- Opfølgning på kontrolplanen, herunder dokumentation for opfyldelse af de stillede krav til materialer og udførelse.
- Beskrivelse og dokumentation for eventuelle afvigelser fra det planlagte arbejde, i form af afvigerapporter.
- Fotodokumentation af udført arbejde. Alle relevante faser/processer for etablering af en ny gulvkonstruktion fotograferes.
- Kontrol af følgesedler for korrekt leverede og anvendte materialer, herunder udluftningsrør, ventilationshætte eller elektrisk ventilator.
- Kontrol af korrekt placerede åbninger, ind- og udsugningspunkter, gennemføringer i væg til krybekælder iht. projektet.
- Kontrol af korrekt monterede vinddrevne eller elektriske ventilatorer iht. projektet.
- Kontrol af funktion af ventilationshætte eller elektrisk ventilator.
- I forbindelse med etablering af dræne anbefales det, at bygherren udfører en kort test, der verificerer, at der kan skabes en luftstrøm mellem åbninger / ind- og udsugningspunkter / gennemføringer i krybekælderen. Ved testen kan der eksempelvis injiceres en ufarlig sporgas i et af indsugningspunkterne og responsen måles i et af udsugningspunkterne, hvorfra der suges.
- Tegninger "som udført", der som minimum skal omfatte plan og opstalt med placering af rørføringer med dimensionsangivelse.
- Betjeningsmanualer/-vejledninger og datablade.
- Drifts- og vedligeholdelsesinstruks, der bl.a. indeholder procedurer for sikring af anlæggets funktion, herunder især funktion af vinddrevet aftrækshætte, elektrisk ventilator mv.

Dokumentation for den gennemførte kontrol bør som udgangspunkt foreligge ved aflevering af afværgeforanstaltningerne. Ovenstående punkter er ligeledes opsummeret i bilag E som et forslag til en samlet tjekliste for etablering af ventilation af kælder eller krybekælder.

4.7 Andre foranstaltninger i eksisterende bygning

4.7.1 Rumventilation

Som afværgeforanstaltning over for uacceptabel indeklimaforurening kan der ligeledes foretages ventilation direkte i beboelsen. Princippet ved øget rumventilering i beboelsen er, at forureningen fortyndes i selve beboelsen frem for at der sker en afskæring af forureningen, inden den spredes til indeklimaet i beboelsen.

Ved øget rumventilation bør luftgennemstrømningen og således ventilationens virkeområde (influenzzone) i rummene kontrolleres ved at kombinere udsugningen af den forurenede luft med luftindtag. Luftindtag og udsugningspunkter placeres, så influenzonen for ventilationen bliver størst mulig og risikoen for uventilerede rum minimeres. Udsug etableres ofte i fugtproducerende rum som bad og køkken, mens frisklufttilførsel etableres i stuer og værelser. Dimensionering af et ventilationssystem i de aktuelle sager bør foretages under rådgivning af ventilationsfagfolk.

For at undgå problemer med kulde i beboelsen om vinteren bør et ventilationsanlæg udbygges med temperaturstyring af indblæsningsluften, der ledes ind i rummene. Opvarmning af kølig luft udefra vil bevirke, at luften bliver lidt tørrere sammenlignet med luft i almindelig beboelse. I forbindelse med dimensionering af et ventilationsanlæg bør bygherren derfor lade gennemføre beregninger, der dokumenterer ventilationens indvirkning på indeklimaet (herunder primært luftfugtighed, rumtemperatur, træk mv.).

Ventilationsanlægget bør i øvrigt opbygges som et balanceret system, der sikrer, at der ikke skabes en trykgradient fra luften under gulvkonstruktionen til indeklimaet. For at spare på udgifterne til opvarmning af kold luft bør der være mulighed for, at afkastluften kan varmeveksle med luftindtaget, så en del af varmen bliver genbrugt.

Rumventilation er generelt en dyr løsning (primært på grund af opvarmningen af luftindtaget), men i takt med at der stilles større krav til energirigtig projektering i byggeriet, kan metoden evt. tænkes ind i en overordnet løsning.

4.7.2 Omfangsdræn

Der kan være situationer, hvor placeringen af forureningen medfører, at der skal træffes særlige foranstaltninger for at undgå forureningspåvirkning af indeklimaet.

Forekommer en del af forureningen f.eks. i terrænnært grundvand, der påvirker en evt. kælder, kan der etableres omfangsdræn omkring bygningen til opsamling af forurenede grundvand.

Ligeledes kan det vise sig nødvendigt at etablere drænrør i forbindelse med etablering af ventilation under en gulvkonstruktion for at sikre konstant umættede forhold i det kapillarbrydende lag.

Det forurenede grundvand ledes til kloak (kræver tilladelse fra miljømyndigheden). Alternativt ledes vandet til et vandbehandlingsanlæg, der etableres på lokaliteten.

5 Afværgen ved nybyggeri

5.1 Generelt

Følgende kapitel beskriver, hvorledes der kan etableres byggetekniske foranstaltninger til hindring af indeklimaforurening i forbindelse med nybyggeri på forurenede lokaliteter.

Som beskrevet i kapitel 4 "Afværgen i eksisterende bygninger" minimeres indtrængning af forurening fra jorden til indeklimaet i bygninger ved etablering af "tætte" bygningsflader imellem bygningen og den underliggende jord.

Som supplement hertil kan der etableres øget ventilation i bygningskonstruktioner (f.eks. et kapillarbrydende lag), hvorved forurenede luft bortventileres/fortyndes, hvilket medfører, at forureningspåvirkningen af indeklimaet i bygningens beboelse reduceres.

I dette kapitel gives en generel præsentation af udvalgte byggetekniske foranstaltninger, der vurderes at være egnede til reduktion af en potentiel uacceptabel indeklimaforurening fra forurening i undergrunden på en lokalitet, hvor der skal etableres nybyggeri. Da der grundlæggende er tale om de samme typer afværgeforanstaltninger som beskrevet i kapitel 4, vil beskrivelserne i dette kapitel i høj grad være de samme som beskrivelserne i kapitel 4.

De udvalgte afværgeforanstaltninger omfatter:

- Ny tættere gulvkonstruktion
- Ventilation under gulv
- Andre foranstaltninger

Hvilken/hvilke foranstaltninger, der er teknisk, økonomisk og miljømæssigt mest fordelagtigt, vurderes konkret i de aktuelle sager ud fra de forureningsmæssige og byggetekniske rammer for det nye byggeri.

Ligesom i kapitel 4 er det kun de miljørelaterede foranstaltninger, der beskrives i de følgende afsnit, og afsnittene skal ikke betragtes som eksakte fremgangsmåder eller facitlister for etablering af byggetekniske foranstaltninger. Det forudsættes således, at der altid indhentes nødvendig byggesagkyndig rådgivningsbistand, og at arbejdet i øvrigt udføres i henhold til gældende forskrifter, anvisninger, regler, normer og/eller love inden for byggeområdet.

I øvrigt bør kvaliteten af de anvendte materialer være høj og som minimum leve op til gældende normer inden for byggeområdet, idet de byggetekniske afværgeforanstaltninger ofte forudsættes at skulle virke over en længere årrække (bygningens levetid). Der bør ikke anvendes materiale, hvorfra der er risiko for afsmitning eller afdampning af flygtige forureningsstoffer.

5.2 Grundlag for valg af afværgeforanstaltning

5.2.1 Risikovurdering vedr. effekten af planlagt afværge

For at vurdere afværgeeffekten og således muligheden for at efterkomme målsætningen med de planlagte byggetekniske afværgeforanstaltninger, bør bygherren i forbindelse med detailprojekteringen af det nye byggeri lade udarbejde en risikovurdering, der omfatter etablering af afværgeforanstaltningerne. Risikovurderingen bør være foretaget af en miljøfagkyndig person.

Det skal ved risikovurderingen sandsynliggøres, at de planlagte afværgeforanstaltninger kan reducere afdampningen af den pågældende jordforurening til indeklimaet i bygningen, iht. Miljøstyrelsens afdampningskriterium.

Risikovurderingen bør som minimum omfatte beregninger, der tager udgangspunkt i Miljøstyrelsens risikoberegningsværktøj, JAGG, på baggrund af data vedrørende forureningskoncentrationer påvist i formationen under den fremtidige bygning.

Som beskrevet i kapitel 4.2.2 tager JAGG-modellen udgangspunkt i en række standard inputparametre, og modellens resultater bør altid vurderes kritisk i de enkelte sager.

For yderligere beskrivelser af JAGG-modellen henvises til /Miljøstyrelsen 1998a/ og for beskrivelser vedrørende en vurdering af inputdata, f.eks. hvilke inputparametre, der er mest usikkert bestemt, og hvilke inputdata der er vigtigst i forbindelse med en følsomhedsanalyse, henvises til /AVJ 2005/.

Som supplement til beregningerne med JAGG-modellen bør der foretages vurderinger af effekten af f.eks. indbygning af en diffusionshæmmende membran eller ventilation af et kapillarbrydende lag under gulvkonstruktionen. Der findes imidlertid endnu ikke en standardiseret metode til gennemførelse af sådanne vurderinger.

Den samlede risikovurdering bør indgå som en del af det materiale, miljømyndigheden skal godkende, inden der kan træffes et endeligt valg af byggetekniske afværgeforanstaltninger.

5.2.2 Dokumentationsmateriale vedr. planlagt afværge

Inden etablering af byggetekniske afværgeforanstaltninger bør bygherren sørge for at følgende dokumentationsmateriale foreligger for miljømyndigheden:

- Dokumentation for gennemførte forureningsundersøgelser, iht. /Miljøstyrelsen 1998a og Miljøstyrelsen 1998b/ (er ikke beskrevet i denne rapport).
- Dokumentation for gennemført risikovurdering med en vurdering af effekten af de planlagte byggetekniske afværgeforanstaltninger, jf. afsnit 5.2.1. Risikovurderingen skal sandsynliggøre, at de planlagte afværgeforanstaltninger kan reducere afdampningen fra en jordforurening til indeklimaet, iht. Miljøstyrelsens afdampningskriterium.

På baggrund af dokumentationsmaterialet foretages det endelige valg af afværgeforanstaltning, der ofte omfatter en eller flere af de i afsnit 5.1 listede afværgeforanstaltninger. I nedenstående afsnit 5.3 – 5.5 beskrives disse byggetekniske afværgeforanstaltninger.

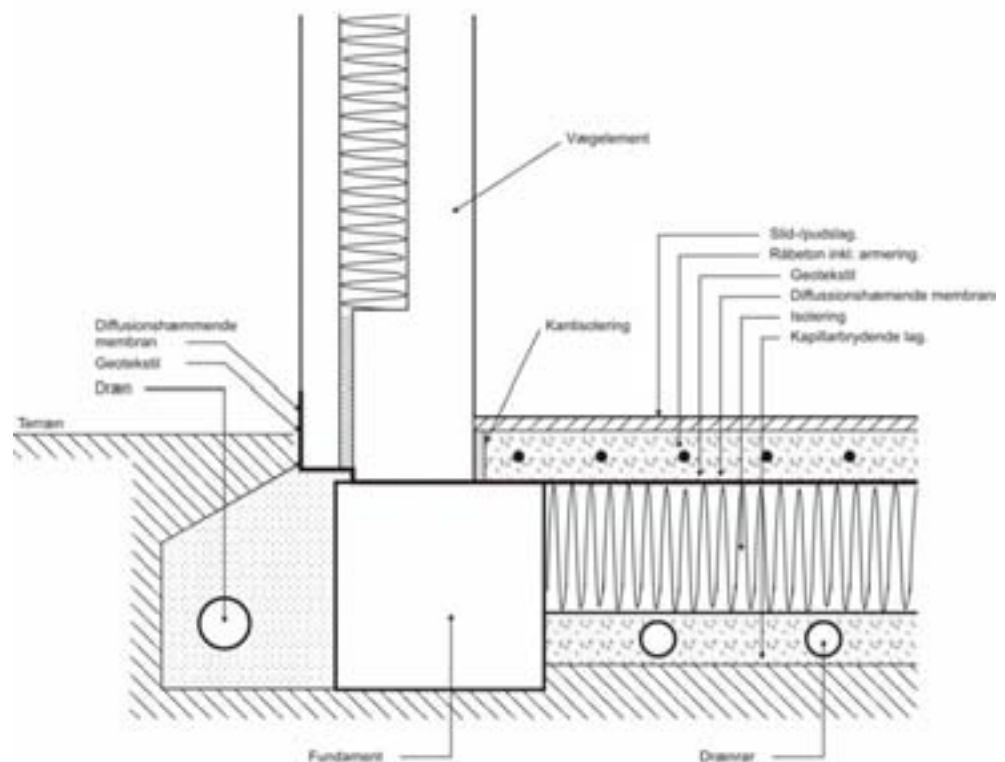
5.3 Gulvkonstruktion

5.3.1 Afværgeprincip ved etablering af ny gulvkonstruktion

Ved etablering af en ny og mere tæt gulvkonstruktion nedbringes den konvek-tive og diffusive indtrængning af forureningsstoffer til indeklimaet i bygnin-gen. Det skal bemærkes, at nye terrændæk skal etableres tætte, iht. Bygnings-reglementet med tillæg til samme vedr. radonsikring. Gulvkonstruktioner af beton må derfor i nyt byggeri forventeligt i sig selv yde en relativt god beskyt-telse mod forureningsspredning fra undergrunden.

For at sikre størst mulig afværgeeffekt vil det imidlertid i mange tilfælde være hensigtsmæssigt at montere en diffusionshæmmende og kemikalieresistent membran i gulvkonstruktionen og at etablere et ventilerbart kapillarbrydende lag under gulvkonstruktionen.

Et eksempel på hvordan en gulvopbygning kan udføres, er skitseret på vedlag-te snittegning, jf. figur 5.1. På snittegningen fremgår gulvkonstruktionens op-bygning samt detaljer vedrørende placering af en membran og eventuelle ven-tilationsdræn.



Figur 5.1. Eksempel på mulig opbygning af tæt gulvkonstruktion

5.3.2 Etableringsarbejder for ny gulvkonstruktion

Anlægsarbejderne forbundet med etablering af en ny gulvkonstruktion kan som eksempel omfatte nedenstående beskrivelser.

I det tilfælde, at der ønskes mulighed for at foretage ventilation af det kapillarbrydende lag (fra start eller på et senere tidspunkt) skal der udlægges min. 10-20 cm ventilerbart materiale af f.eks. lecanødder, singels, nøddesten eller lignende. I det kapillarbrydende lag foretages strategisk placering af drænrør (luftindtag/luftafkast) for selve ventilationen. Udlægning af ventilationsrør beskrives nærmere i afsnit 5.4 om ventilation (passiv eller aktiv) under gulv. Over det kapillarbrydende lag udlægges isoleringsmateriale iht. gældende isoleringskrav. Det skal bemærkes, at når der foretages ventilering af det kapillarbrydende lag, kan dette ikke nødvendigvis medregnes som isolerende materiale. En konkret vurdering af isoleringsforholdene bør foretages i de aktuelle sager.

Der kan ligeledes etableres mulighed for monitorering af luftskifte (ved fortrængningstests), forureningskoncentrationer mv. forskellige steder i det kapillarbrydende lag ved placering af en række målepunkter i forbindelse med etableringen af det kapillarbrydende lag. Målepunkterne kan f.eks. bestå af ca. 20-30 cm $\varnothing 63$ mm ventilationsrør, der er afblændet i begge ender. I den ene ende indføres et $\varnothing 6$ mm kobberrør. Kobberrøret føres fra monitoreringspunktet ud igennem bygningens fundament (f.eks. i samme fundamentgennemføring som anvendes til ventilations- og drænrørene) til en mindre monitoreringsbrønd, hvor det afsluttes med en kuglehane og en monitoringsstuds.

I det tilfælde, at der ønskes monteret en diffusionshæmmende og kemikalieresistent membran (f.eks. en alufolie), skal membranplaceringen indarbejdes som en integreret del af projekteringen og byggeprocessen for etableringen af bygningskonstruktionerne omkring terrændæk eller kælder. Det er således afgørende, at membranen monteres, så den omslutter eller indgår i alle konstruktioner, der fungerer som afskærende grænseflader imellem indeklimaet og den omkring- og underliggende jord. Det er ligeledes vigtigt, at rørføringer planlægges således, at antallet af gennemføringer i membranen minimeres.

Der skal i øvrigt sikres tætte tilslutninger langs alle tilstødende bygningsdele (fundamenter, vægge mv.) og eventuelle gennemføringer for installationer. Fundamenter og andre bygningsdele, hvortil membranen skal tilsluttes, skal derfor fremstå glatte og uden skader.

Membranen må ikke blive beskadiget ved efterfølgende arbejder. Beskyttelse af membranen kan foretages med geotekstil, grundmursplader eller lignende eller membranen kan lægges imellem to plader af isoleringsmateriale, der der-ved vil fungere som beskyttelse.

Membranen bør så vidt muligt leveres i hele stykker tilpasset terrændæk, evt. kældervægge, og alternativt tilpasset de enkelte rum i bygningen. Leveres membranen ikke i mål, der er tilpasset bygningskonstruktionerne, skal samlinger foretages ved svejsning eller som klemte og fugede samlinger. Diffusionshæmmende membraner bør i øvrigt altid monteres af uddannet personel og efter producentens anvisning.

Som diffusionshæmmende membran bør anvendes en specialmembran bestående af armeret geomembran, aluminiumsfolie og polyethylene film eller lign.

membran med tilsvarende egenskaber (til anvendelse ved byggeri på forurenede jord).

I forbindelse med valg af membran, bør der indhentes specifikationer vedrørende membranens diffusionstæthed for de aktuelle forureningsstoffer samt membranens styrke, såvel mekanisk som over tid. De indhentede specifikationer bør indgå som en del af risikovurderingen, jf. afsnit 5.2.1.

Det skal bemærkes, at de fugttekniske konsekvenser af en diffusionshæmmende membran altid bør vurderes af en byggefagkyndig rådgiver inden montering.

En diffusionshæmmende membran fungerer i øvrigt som radonspærre.

Nedenstående fotos, jf. figur 5.2, illustrerer forskellige detaljer vedrørende etablering af byggetekniske afværgeforanstaltninger i forbindelse med opførelsen af en ny bygning.



Etablering af ventilationsdræn i det kapillarbrydende lag i en ny gulvkonstruktion



Udlægning af diffusionshæmmende membran ifm. med etablering af ny bygning



Montering af diffusionshæmmende membran på kældervæg. Membranen svejses sammen med den membran, der ligger i gulvkonstruktionen, for at sikre en tæt kældkonstruktion



En diffusionshæmmende membran etableret under en kommende elevatorskakt

Figur 5.2. Etablering af nybyggeri med byggetekniske afværgeforanstaltninger

5.3.3 Kontrol før etablering af ny gulvkonstruktion

Bygherren bør sørge for, at relevant materiale foreligger, inden entreprisarbejdet igangsættes. Afhængig af den aktuelle sag, kan dette materiale f.eks. omfatte følgende:

- Plan for udførelse af gulvkonstruktionen (herunder armeringsplan, placering og antal rørføringer mv.).
- Plan for etablering af evt. membran, herunder fastgørelse langs vægge/fundamenter, tætning omkring rørgennemføringer, samlinger mv.
- Plan for etablering af radonsikring i det tilfælde, at der ikke monteres en diffusionshæmmende membran.
- Procedurebeskrivelse til hindring af revnedannelse i beton.
- Materiale- og komponentfortegnelse med fabrikat og typenummer.
- Kontrolplan for arbejdet, herunder beskrivelse af, hvad der skal kontrolleres, omfanget af kontrollen og krav til dokumentation af kontrollen.
- Ved udlægning af membran bør membrantype/-kvalitet, herunder diffusionstæthed for de aktuelle forureningsstoffer dokumenteres. Dokumentationen omfatter typisk dataark fra leverandøren.
- Dokumentation for anvendte rørtyper til ventilationsrør.
- Dokumentation for anvendt fugemasse for evt. montage af membran.

Punkterne er opsummeret i bilag F som et forslag til en samlet tjekliste for etablering af en ny gulvkonstruktion til sikring af indeklimaet ved nybyggeri.

5.3.4 Kontrol af etableringen af ny gulvkonstruktion

I forbindelse med etableringen bør der gennemføres undersøgelser, materialekontrol, udførelseskontrol mv. ved miljø og/eller byggeteknisk tilsyn. Dette bør omfatte følgende:

- Overordnet tilsyn med arbejdets udførelse, herunder udarbejdelse af tilsynsnotater.
- Opfølgning på kontrolplanen, herunder dokumentation for opfyldelse af de stillede krav til materialer og udførelse.
- Beskrivelse og dokumentation for eventuelle afvigelser fra det planlagte arbejde, i form af afvigerapporter.
- Fotodokumentation af udført arbejde. Alle relevante faser/processer for etablering af en ny gulvkonstruktion fotograferes.
- Evt. etablering af kloak-/afløbsrør skal kontrolleres/godkendes af den aktuelle inspektionsmyndighed før udstøbning af nyt gulv.
- Vurdering af ventilerbarheden af et evt. kapillarbrydende lag. Vurderingen foretages typisk på baggrund af sigtekurver eller fraktionsanalyser af det pågældende materiale fra leverandøren.
- Kontrol af det beskyttende lag over en evt. membran, fiksering af membran langs vægge, rørgennemføringer mv. inden udstøbning af beton. Kontrollen dokumenteres f.eks. ved foto.
- Kontrol af udlægning af radonspærre i tilfælde af, at der ikke monteres en diffusionshæmmende membran (diffusionshæmmende membran fungerer som radonspærre). Kontrollen dokumenteres f.eks. ved foto.
- Kontrol af udlægning af fugtspærre i tilfælde af, at der ikke monteres en diffusionshæmmende membran (diffusionshæmmende membran fungerer som fugtspærre). Kontrollen dokumenteres f.eks. ved foto.

- Kontrol med processen for overdækning/vanding af betonen under hærdning. Kontrollen dokumenteres f.eks. med foto.

Dokumentation for den gennemførte kontrol bør som udgangspunkt foreligge ved aflevering af afværgeforanstaltningerne. Ovenstående punkter er ligeledes opsummeret i bilag F som et forslag til en samlet tjekliste for etablering af en ny gulvkonstruktion til sikring af indeklimaet mod forureningsspredning fra en jordforurening under den fremtidige bygning.

5.4 Ventilation under gulv

5.4.1 Afværgeprincip for ventilation under gulv

Ved etablering af ventilation og således et øget luftskifte under gulvkonstruktionen i den nye bygning bortledes forureningsstoffer til atmosfæren, hvorved poreluftforureningen fortyndes, således at forureningspotentialet reduceres. Styrken af den forurening, der måtte spredes til indeklimaet fra poreluften under gulvkonstruktionen reduceres dermed.

På samme tid kan ventilation under en gulvkonstruktion medvirke til, at trykgradienten over gulvkonstruktionen reduceres eller vendes, således at den konvektive stoftransport, der tidligere blev vurderet at være den dominerende drivkraft for forureningsspredning op igennem gulvkonstruktionen, jf. afsnit 2.3, minimeres eller vendes.

Der findes flere forskellige mere eller mindre teknisk omfattende metoder til etablering af et system til ventilation under en gulvkonstruktion. Disse metoder er som udgangspunkt alle baseret på henholdsvis fortyndingsprincippet og/eller princippet om reduceret/vendt trykgradient over gulvkonstruktionen.

I nybyggeri vil det i hovedreglen være hensigtsmæssigt at udlægge et drænsystem i det kapillarbrydende lag i forbindelse med etableringen af bygningen. Ventilations-/drænsystemet etableres, så der sikres optimal luftstrømning mellem drænrørene for derved at optimere luftudskiftningen i hele porevolumenet under gulvkonstruktionen (optimalt influensområde). Den endelige placering af drænrør afhænger af forholdene og skal derfor projekteres i forbindelse med de aktuelle sager.

Som alternativ til etablering af ventilation i et kapillarbrydende lag kan der etableres en gulvkonstruktion med en krybekælder, der ventileres. Dette kan være aktuelt i sager, hvor grundvandsstanden ikke muliggør ventilation under gulvkonstruktionen (f.eks. under kældre på lokaliteter med periodevis højt grundvandsspejl).

Selve ventileringen kan drives af den trykforskel, der kan dannes på modstående facader af en bygning som følge af vindpåvirkning. Ved således at etablere udluftningsrør eller svanehalse op modstående sider af bygningen, vil der på den ene side suges luft ud af det kapillarbrydende lag og på den anden side slippes frisk luft ind. Udluftningsrør eller svanehalse bør etableres ca. 0,5 m over terræn.

Vurderes forholdene at være for ringe til etablering af ventilation drevet af vindtryk (f.eks. i byområder ved tætstående bygninger) eller stilles der krav til større luftstrøm i det ventilerbare lag under gulvkonstruktionen, kan ventilationsystemet udbygges med en vindreven aftrækshætte på bygningens tag.

Dette ventilationssystem etableres som et dobbelt drænsystem, hvor den ene del af drænrørene skal fungere som luftudsugning, mens de resterende drænrør skal fungere som luftindtag. Luftudsugningsrørene samles i et lukket rør for et samlet afkast. Afkastet føres op til tagryggen af bygningen, hvor det afsluttes med en vinddreven aftrækshætte, der skaber et undertryk til ventileringen. Luftindtagsrørene samles ligeledes i et lukket rør og føres til et udluftningsrør eller svanehals umiddelbart over terræn (ca. 0,5 m o.t.).

Viser det sig ved den efterfølgende indkøring/monitoring, at en vinddreven aftrækshætte ikke ventilerer tilstrækkeligt, kan et ventilationsanlæg af denne type relativt simpelt udbygges med en elektrisk ventilator med mulighed for højere ydelse (større luftstrømning).

Hvilken ventileringsmetode, der bør anvendes, afhænger helt af de aktuelle forhold og skal således vurderes konkret i de aktuelle sager.

Som nævnt i afsnit 5.3 kan et kapillarbrydende lag ikke nødvendigvis medregnes som isolerende materiale, når der foretages ventilering, og ventileringen kan evt. give anledning til fodkulde. En konkret vurdering af isoleringsforholdene bør derfor foretages i de aktuelle sager.

5.4.2 Etableringsarbejder for ventilation under gulv

De følgende beskrivelser af anlægsarbejder for ventilation af et kapillarbrydende lag, etableret under en ny bygning, vil som udgangspunkt omhandle et ventilationsanlæg bestående af et dobbelt drænsystem med afkast i en vinddreven hætte over bygningens tag og luftindtag fra udluftningsrør eller svanehals umiddelbart over terræn. Et eksempel på et ventilationssystem af denne type fremgår af figur 4.3 i afsnit 4.5.

Drænsystemet etableres ved at drænrør udlægges horisontalt midt i det kapillarbrydende lag i forbindelse med etablering af dette, jf. afsnit 5.3.

På ydersiden af fundamenterne afklargøres ledningsføring for udluftningsrør og evt. en kondensbrønd. Drænrørene sammenkobles med et udluftningsrør, der tilkobles et samlet afkast, der enten føres til en svanehals umiddelbart over terræn eller til en ventilationshætte på bygningens tagryg. Som en integreret del af udluftningsrøret bør der etableres et monitoringsstykke for senere mulighed for monitoring af luftflow i udluftningsrøret samt forureningsstoffer i afkastluften.

Ved montering af en vinddreven afkasthætte kan rørføringer med fordel føres i indvendige kabelskakte, hvilket bør planlægges i forbindelse med projektering af bygningen.

Afhængig af rørføring af udluftningsrør, kan der etableres aftapningsmulighed for kondensvand. Aftapningsmuligheden kan eksempelvis etableres i en kondensbrønd, hvor rørføring for udluftningsrør i jord etableres med fald hen imod brønden. Udluftningsrøret føres ind i brønden og afsluttes med en tæt afskruelig prop eller en kugleventil.

Ventilationsdræne til luftindtag samles ligeledes med et udluftningsrør, der tilkobles en galvaniseret svanehals eller ventilationsrør umiddelbart over terræn.

Som ventilationshætte anvendes en vinddreven ventilator med passende overgang mellem ventilationshætte og de anvendte stålrør. Vindhætten placeres således, at læ fra f.eks. skorsten, gavl eller lignende undgås.

5.4.3 Kontrol før etablering af ventilation under gulv

Bygherren bør sørge for, at følgende materiale foreligger, inden entreprisarbejdet igangsættes. Afhængig af den aktuelle sag, kan dette materiale f.eks. omfatte følgende:

- Plan for udførelse af etablering af ventilation under gulvkonstruktionen (herunder beskrivelser og detailtegninger i plan og snit).
- Kortlægning af fundamentplacering under hele bygningen (horisontalt og vertikalt).
- Vurdering vedr. ventilerbarhed af det kapillarbrydende lag. Vurderingen foretages typisk på baggrund af sigtekurver eller fraktionsanalyser af det pågældende materiale fra leverandøren.
- Vurderinger vedr. egnethed af valgte drivkraft (udluftningsrør, vindhætte, elmotor mv.) og gennemgang af forventet strømningsbillede under gulvet. Disse vurderinger varetages typisk af en miljørådgiver.
- Materiale- og komponentfortegnelse med fabrikat og typenummer (ventilator, rør, fugemasse mv.).
- Kontrolplan for arbejdet, herunder beskrivelse af, hvad der skal kontrolleres, omfanget af kontrollen og krav til dokumentation af kontrollen.

Punkterne er opsummeret i bilag G som et forslag til en samlet tjekliste for etablering af ventilation af et kapillarbrydende lag under en gulvkonstruktion i en ny bygning.

5.4.4 Kontrol af etableringen af ventilation under gulv

I forbindelse med etableringen af ventilation af et kapillarbrydende lag under gulvkonstruktionen bør der gennemføres undersøgelser, materialekontrol, udførelseskontrol mv. ved miljø og/eller byggeteknisk tilsyn. Dette kan afhængig af den aktuelle sag f.eks. omfatte følgende:

- Overordnet tilsyn med arbejdets udførelse, herunder udarbejdelse af tilsynsnotater.
- Opfølgning på kontrolplanen, herunder dokumentation for opfyldelse af de stillede krav til materialer og udførelse.
- Beskrivelse og dokumentation for eventuelle afvigelser fra det planlagte arbejde, i form af afvigerapporter.
- Fotodokumentation af udført arbejde. Alle relevante faser/processer for etablering af en ny gulvkonstruktion fotograferes.
- Kontrol af følgesedler for korrekt leverede og anvendte materialer, herunder udluftningsrør, ventilationshætte eller mekanisk ventilator.
- Visuel kontrol af korrekt placerede dræn iht. projektet.
- Visuel kontrol af funktion af ventilationshætte eller anden valgt drivkraft.
- Visuel kontrol og kontrol af følgesedler for kontrol af korrekt leverede og anvendte dræn, udluftningsrør, ventilationshætte mv.
- Tegninger "som udført", der som minimum skal omfatte plan og opstalt med placering af rørføringer med dimensionsangivelse.
- Betjeningsmanualer/-vejledninger og datablade.

- Drifts- og vedligeholdelsesinstruks, der bl.a. indeholder procedurer for sikring af anlæggets funktion, herunder især funktion af vinddrevet ventilationshætte eller elektrisk ventilator.

Dokumentation for den gennemførte kontrol bør som udgangspunkt foreligge ved aflevering af afværgeforanstaltningerne. Ovenstående punkter er ligeledes opsummeret i bilag G som et forslag til en samlet tjekliste for etablering af ventilation af et kapillarbrydende lag under en ny gulvkonstruktion.

5.5 Andre foranstaltninger i nybyggeri

5.5.1 Rumventilation

Som afværgeforanstaltning over for uacceptabel indeklimaforurening kan der ligeledes foretages ventilation direkte i beboelsen. Princippet ved øget rumventilering i beboelsen er, at forureningen fortyndes i selve beboelsen frem for at der sker en afskæring af forureningen, inden den spredes til indeklimaet i beboelsen.

Ved øget rumventilation bør luftgennemstrømningen og således ventilationens virkeområde (influenzone) i rummene kontrolleres ved at kombinere udsugningen af den forurenede luft med luftindtag. Luftindtag og udsugningspunkter placeres, så influenzonen for ventilationen bliver størst mulig og risikoen for uventilerede rum minimeres. Udsug etableres ofte i fugtproducerende rum som bad og køkken, mens frisklufttilførsel etableres i stuer og værelser. Dimensionering af et ventilationssystem i de aktuelle sager bør foretages under rådgivning af ventilationsfagfolk.

For at undgå problemer med kulde i beboelsen om vinteren bør et ventilationsanlæg udbygges med temperaturstyring af indblæsningsluften, der ledes ind i rummene. Opvarmning af kølig luft udefra vil bevirke, at luften bliver lidt tørrere sammenlignet med luft i almindelig beboelse. I forbindelse med dimensionering af et ventilationsanlæg bør bygherren derfor lade gennemføre beregninger, der dokumenterer ventilationens indvirkning på indeklimaet (herunder primært luftfugtighed, rumtemperatur, træk mv.).

Ventilationsanlægget bør i øvrigt opbygges som et balanceret system, der sikrer, at der ikke skabes en trykgradient fra luften under gulvkonstruktionen til indeklimaet. For at spare på udgifterne til opvarmning af kold luft bør der være mulighed for, at afkastluften kan varmeveksle med luftindtaget, så en del af varmen bliver genbrugt.

Rumventilation er generelt en dyr løsning (primært på grund af opvarmningen af luftindtaget), men i takt med, at der stilles større krav til energirigtig projektering i byggeriet, kan metoden evt. tænkes ind i en overordnet løsning.

5.5.2 Omfangsdræn

Der kan være situationer, hvor placeringen af forureningen medfører, at der skal træffes særlige foranstaltninger for at undgå forureningspåvirkning af indeklimaet. Forekommer en del af forureningen f.eks. i terrænnært grundvand, der påvirker en evt. kælder, kan der etableres omfangsdræn omkring bygningen til opsamling af forurenede grundvand.

Det forurenede grundvand ledes til kloak (kræver tilladelse fra miljømyndigheden). Alternativt ledes vandet til et vandbehandlingsanlæg, der etableres på lokaliteten.

6 Drift og monitorering

6.1 Generelt

Som udgangspunkt for valget af byggetekniske afværgeforanstaltninger bør behovet for efterfølgende driftsteknisk tilsyn og monitorering indgå i beslutningsgrundlaget. Overordnet bør det således tilstræbes, at driftsteknisk tilsyn og monitorering minimeres. Dette er dels af hensyn til ressourceforbruget, og dels for at favorisere foranstaltninger, der i sig selv giver en høj grad af sikkerhed mod forureningspåvirkning, og dermed minimere både den reelle og den oplevede risiko for brugere af bygningen. Fælles for de skitserede byggetekniske afværgeforanstaltninger er, at de overordnet kun kræver begrænset driftsteknisk tilsyn og monitorering.

Driften af afværgeløsningerne bør dog som minimum omfatte følgende:

- Periodisk kontrol og serviceeftersyn af evt. anlægskomponenter.
- Periodisk serviceeftersyn af evt. el-installationer.
- Evt. udskiftning af kul i et mekanisk ventilationsanlæg (sjældent).

Det almindelige driftstekniske tilsyn bør som udgangspunkt foretages en gang om året. Bygherren bør i forbindelse med projekteringen af de aktuelle afværgeforanstaltninger lade udarbejde et forslag til driftsteknisk tilsynsprogram.

Selve monitoreringen af afværgeforanstaltningerne bør udføres med henblik på at danne grundlag for:

- Evaluering af afværgeforanstaltningens effektivitet.
- Optimering og justering af afværgeforanstaltningen.
- Evt. etablering af supplerende afværgeforanstaltninger.
- Dokumentation for overholdelse af afværgekriterium.
- Udarbejdelse af dokumentationsrapport.

Bygherren bør ligeledes i forbindelse med projekteringen af de aktuelle afværgeforanstaltninger lade udarbejde et forslag til monitoringsprogram. Enkelte forslag/retningslinier for monitorering af byggetekniske afværgeforanstaltninger er givet i nedenstående afsnit 6.2.

Det skal i denne forbindelse bemærkes, at en opfyldelse af afværgekriteriet i praksis kan være svært at dokumentere, idet der kan forekomme forureningsbidrag forårsaget af f.eks. såkaldte "sinks" (afdampning fra adsorberede forureningsstoffer i bygningens gulv, vægge osv.).

6.2 Indeklimamålinger

Indeklimaforureningens udvikling efter etablering af byggetekniske afværgeforanstaltninger bør monitoreres ved ophængning af ATD-rør i udvalgte rum i den aktuelle bygning. Prøverne bør analyseres ved akkrediteret analyse for

indhold af de aktuelle forureningsstoffer. Procedure for gennemførelse af indeklimate målinger er beskrevet nærmere i /Bygge- og Boligstyrelsen 1994/.

Det kan ligeledes være relevant løbende at monitere indholdet af forureningsstoffer under gulvkonstruktionen (f.eks. i et kapillarbrydende lag, en krybekælder mv.). Dette gælder specielt for forureninger med oliekomponenter, hvor baggrunds niveauet i bygningen kan være relativt højt.

Det foreslås, at der foretages monitoring af indeklimateforureningen ca. 3 gange pr. år de første 1-3 år. Målingerne bør være fordelt jævnt over året, så eventuelle årstidsvariationer kan monitoreres.

Hvis det påvises, at oprensningskriteriet (Miljøstyrelsens afdampningskriterier) er opnået, kan afværgeanlægget overgå til permanent drift, og frekvensen af driftskontrol og monitoring begrænses afhængig af typen af afværgeforanstaltninger. Ved et passivt ventilationssystem, hvor vindens drivtryk omkring en bygning skaber ventilation af et kapillarbrydende lag, kan driftskontrollen og monitoringen f.eks. stoppes helt, mens et elektrisk drevet ventilationssystem vil kræve årlige driftstilsyn.

6.3 Ventilationsanlæg

Etableres et ventilationsanlæg (passivt eller aktivt), bør luftstrømmen i systemet samt middelkoncentrationen af forureningsstoffer i den udstrømmende luft over en periode på omkring 14 dage dokumenteres. Dokumentationen foretages i forbindelse med monitoringen af indeklimateforureningen.

Hvis drivkraften af ventilationsanlægget er passiv, suppleres med indhentning af vind, temperatur og atmosfæretryk for den pågældende måleperiode.

Som supplement kan der foretages måling af luftskifte (fortrængningstest) og koncentrationer i det kapillarbrydende lag. Dette kræver, at der i forbindelse med etableringen er etableret en række strategisk placerede monitoringspunkter i det kapillarbrydende lag, jf. afsnit 4.4.2 og 5.3.2.

På baggrund af indkøringsresultaterne vurderes det, om forudsætningerne for de af bygherren gennemførte JAGG beregninger er opfyldt. Om nødvendigt modificerer bygherren anlægget, eksempelvis ved at udbygge anlægget med en elektrisk ventilator, og der gennemføres en ny indkøring af anlægget.

Det anbefales, at bygherren gentager målingerne fra indkøringen 2-3 gange det første år, hvorefter anlægget kan overgå til mere permanent drift.

6.4 Fremtidige reparationsarbejder

Efter etablering af byggetekniske afværgeforanstaltninger skal det sikres, at der ikke ved fremtidige reparationer, ombygninger eller lign. sker skade på afværgeforanstaltningerne (f.eks. en diffusionshæmmende membran i en ny gulvkonstruktion). De gennemførte afværgeforanstaltninger bør derfor indføres i BBR.

Fremtidige reparationer bør i øvrigt foretages efter en konkret byggeteknisk vurdering iht. beskrivelserne i kapitlet.

7 Referencer

Amternes Videncenter for Jordforurening, AVJ (2006): Undersøgelse af passiv ventilation i det kapillarbrydende lag. Teknik og Administration, 2006.

Amternes Videncenter for Jordforurening, AVJ (2005): Indsamling og vurdering af data til risikovurdering i JAGG-modellen. Teknik og Administration, Nr. 1, 2005.

Amternes Videncenter for Jordforurening, AVJ (2004): Transport af gasformig forurening i umættet zone og i bygninger, Litteraturstudie. Teknik og Administration, Nr. 7, 2004.

Amternes Videncenter for Jordforurening, AVJ (2002): Indeklimapåvirkning fra forurenede grunde, Modelberegninger og indeklimamålinger. Teknik og Administration, Nr. 1, 2002.

Bygge- og Boligstyrelsen (1994): Måling af stoffer i indeluften fra en forurening i jorden.

Bygge- og Boligstyrelsen (1993a): Vejledning. Undersøgelse af lufttæthed i bygningskonstruktioner.

Bygge- og Boligstyrelsen (1993b): Radon og Nybyggeri.

Bygge- og Boligstyrelsen (1992): Diffusionsforsøg, betongulve.

DS411, 1984: Dansk Ingeniørforenings norm for betonkonstruktioner, Dansk Standard, 1984.

Herholdt, A.D., Justesen, C.F.P., Nepper Christensen, P. og Nielsen, A. (1985): Beton-Bogen. Aalborg Portland, Cementfabrikkernes tekniske oplysningskontor.

Lov om forurennet jord, nr. 370 af 2. juni 1999. Inkl. senere ændringer.

Miljøstyrelsen (2006a): Poreluftprojekt – Styrende parametre for tidlige variationer af klorerede opløsningsmidler i sand- og lerjorden. Miljøprojekt Nr. 1094 og 1095, 2006 (hovedrapport og bilagsrapport). Teknologiuudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening.

Miljøstyrelsen (2006b): Miljøprojekt. Fjernelse af jordforurening ved og under huse - Priskatalog. Nr. 1032, 2006. Teknologiuudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening.

Miljøstyrelsen (2004): Udpegning af områder med indtrængning af perchlorethylen til indeluften: "Sniffermetoden". Miljøprojekt Nr. 958, 2004. Teknologiuudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening.

Miljøstyrelsen (2003): Miljøprojekt. Afværgekatalog – tidlig indsats overfor indeklimapåvirkning. Nr. 750, 2003. Teknologiudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening.

Miljøstyrelsen (2001): Miljøprojekt. Metode til risikovurdering af gasproducerende lossepladser. Nr. 648, 2001. Teknologiudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening.

Miljøstyrelsen (1998a): Vejledning fra Miljøstyrelsen. Oprydning på forurenede lokaliteter – hovedbind og appendiks. Nr. 6 og 7, 1998.

Miljøstyrelsen (1998b): Vejledning fra Miljøstyrelsen. Prøvetagning og analyse af jord. Nr. 13, 1998.

Tjekliste eksisterende bygning: Byggeteknisk registrering

I nedenstående tjekliste er opført byggetekniske forhold, der eksempelvis kan undersøges i forbindelse med en registrering af potentielle spredningsveje i en bygning. Tjeklisten kan anvendes ved en gennemgang af dokumentationsmaterialet i konkrete sager. Tjeklisten tænkes anvendt sammen med figur 2.2 i kapitel 2. For en uddybende forklaring af de enkelte registreringspunkter henvises til kapitel 3.

Bygningsdel	Registrering	Er registrering foretaget?			Bemærkning
		Ja	Nej	Ikke relevant	
Fundering	Funderingsdybde Funderingstype Jordbundsforhold	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Gulv/terrændæk (figur 2A, B, C)	Gulvtype (beton, træ osv.) Etableringsår Gulvopbygning Gulvbelægninger Gulvenes tilstand Fordelingen af revner Revner i samlinger ml. gulv og væg Revnetype Konvektorgrav, installationskasse mv. Evt. spild	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Kælderloft og -vægge (figur 2E, K)	Loftstype Etableringsår Loftets tilstand Loftets tæthed Tegn på nedtrængning af spild Ydervæggens konstruktion og tilstand Indvendige vægges konstruktion og tilstand Tæthedsvurdering for yder- og indervægge Spild der er trængt op i væggene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Rør-/ledningsføring (figur 2G, H)	Typer, placering, antal og tilstand	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Afløbsforhold (figur 2G)	Typer, placering og tilstand Vandlåse Anvendelse og brugsmønster	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

TABEL FORTSÆTTES →

← TABEL FORTSAT
(Tjekliste eksisterende bygning: Byggeteknisk registrering)

Bilag A

Bygningsdel	Registrering	Er registrering foretaget?			Bemærkning
		Ja	Nej	Ikke relevant	
Udluftning	Udluftningsventiler/riste/spjæld Udluftningsforhold Anvendelsesmønster	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Hulrum	Hulrum under/i gulvbelægning (f.eks. ved døråbninger) Hulrum i vægge, gennem murværksfuger, vinduesfuger, revner m.m. Hulrum i ventilationsskakte, ledningsskakte, skorstene mv.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Bygningsindretning og særlige forhold	Størrelse, placering og anvendelse af rum (situationsplan) Loftshøjde Etageadskillelser Daglige anvendelse Særlige forhold	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Udvendig registrering	Opførelsesår Den generelle stand Forhold omkring evt. krybekælder (riste)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Erhvervsbyggeri	Placering af maskiner, kemikalieoplag mv. Evt. spild, sinks mv.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Tjekliste, eksisterende bygning: kontrol før og under etablering af tætte konstruktioner

Nedenstående er et forslag til en samlet tjekliste for byggetekniske afværgeforanstaltninger i form af tætning af konstruktioner. Tabellen opsummerer kontrolpunkterne i håndbogens afsnit 4.3.

Kontrolpunkter	Ja	Nej	Ikke relevant	Bemærkning
Kontrol før etablering				
Er der foretaget byggeteknisk gennemgang af en byggesagkyndig, herunder vurdering af spredningsveje for forureningskomponenter?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der relevante tegninger fra kommunens byggesagsarkiv?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget en risikovurdering ift. forureningsspredning efter etablering af byggetekniske foranstaltninger?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget en følsomhedsanalyse af betydende parametre, der indgår i beregninger i risikovurderingen (pkt. 3)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er risikovurderingen (pkt. 3) foretaget på baggrund af ovenstående (pkt. 1) byggetekniske gennemgang?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget en vurdering af alternative spredningsveje for forureningen (trapper, kabelskakte, hulmure, skorstene mv.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der en beskrivelse af arbejdet, herunder krav til materialer og udførelse samt evt. følgearbejder?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der plan for etablering af evt. diffusionshæmmende membran, herunder fastgørelse langs vægge/fundamenter, tætning omkring rørgennemføringer, samlinger mv.?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der kontrolplan for arbejdet, herunder beskrivelse af kontrollen, omfanget af kontrollen samt krav til dokumentation af kontrollen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der materiale- og komponentbetegnelse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der dokumentation for anvendt fugemasse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der dokumentation for evt. anvendt membrantype/-kvalitet, herunder diffusionstæthed overfor de aktuelle forureningskomponenter?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der dokumentation for evt. anvendt diffusionshæmmende overfladebehandling, herunder diffusionstæthed overfor de aktuelle forureningskomponenter?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

TABEL FORTSÆTTES →

← TABEL FORTSAT

(Tjekliste, eksisterende bygning: kontrol før og under etablering af tætte konstruktioner)

Bilag B

Kontrolpunkter	Ja	Nej	Ikke relevant	Bemærkning
Kontrol af etablering				
Er der foretaget overordnet tilsyn med arbejdets udførelse, herunder udarbejdet tilsynsnotater?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget opfølgning på kontrolplan, herunder dokumentation for opfyldelse af stillede krav?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der beskrivelser af evt. afvigelser fra det planlagte arbejde?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der fotodokumentation af det udførte arbejde?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Tjekliste, eksisterende bygning: Kontrol før og under etablering af nyt terrændæk

Nedenstående er et forslag til en samlet tjekliste for byggetekniske afværgeforanstaltninger i form af et nyt terrændæk i en eksisterende bygning. Tabellen opsummerer kontrolpunkterne i håndbogens afsnit 4.4.

Kontrolpunkter	Ja	Nej	Ikke relevant	Bemærkning
Kontrol før etablering				
Er der foretaget byggeteknisk gennemgang af en byggesagkyndig, herunder vurdering af spredningsveje for forureningskomponenter?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der relevante tegninger fra kommunens byggesagsarkiv?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget en risikovurdering ift. forureningsspredning efter etablering af byggetekniske foranstaltninger?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget en følsomhedsanalyse af betydende parametre, der indgår i beregninger i risikovurderingen (pkt. 3)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er risikovurderingen (pkt. 3) foretaget på baggrund af ovenstående (pkt. 1) byggetekniske gennemgang?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget en vurdering af alternative spredningsveje for forureningen (trapper, kabelskakte, hulmure, skorstene mv.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der en plan for udførelse af gulvkonstruktion, herunder armeringsplan, placering og antal af rørgennemføringer?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der plan for montering af evt. membran, herunder fastgørelse langs vægge/fundamenter, tætning omkring rørgennemføringer, samlinger mv.?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der detailtegning af gulvopbygning (herunder placering af evt. membran, dræn-/blindrør, isolering mv.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der plan for etablering af radonsikring i det tilfælde, at der ikke monteres en diffusionshæmmende membran?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der procedurebeskrivelse til hindring af revnedannelse i beton?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der plan for evt. afstivning, sikring af bygning inden, og i forbindelse med ophugning/fjernelse af gulv samt evt. bortgravning af jord?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der plan for nedrivning, gulvopbrydning og bortskaffelse af byggeaffald under etableringen af gulvkonstruktionen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

TABEL FORTSÆTTES →

← TABEL FORTSAT

(Tjekliste, eksisterende bygning: Kontrol før og under etablering af nyt terrændæk)

Kontrolpunkter	Ja	Nej	Ikke relevant	Bemærkning
Foreligger der plan for bortskaffelse af forurenede overskudsjord? Forurenede jord skal forud for bortkørsel anvises af den aktuelle miljømyndighed.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger relevante nedrivnings-, bygge- og gravetilladelser?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger materiale- og komponentfortegnelse med fabrikat og typenummer?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der udarbejdet en kontrolplan for arbejdet, herunder beskrivelse af, hvad der skal kontrolleres, omfanget af kontrollen og krav til dokumentation af kontrollen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der dokumentation vedr. membrantype/-kvalitet, herunder diffusionstæthed for de aktuelle forureningsstoffer?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der dokumentation for anvendte rørtyper til ventilationsrør?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der dokumentation for anvendt fugemasse for evt. montage af membran?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Kontrol af etablering				
Foretages der overordnet tilsyn med arbejdets udførelse, herunder udarbejdelse af tilsynsnotater?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der opfølgning på kontrolplanen, herunder dokumentation for opfyldelse af de stillede krav til materialer og udførelse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der beskrivelse og dokumentation for eventuelle afvigelser fra det planlagte arbejde, i form af afvigerapporter?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Udarbejdes der fotodokumentation af udført arbejde? Alle relevante faser/processer for etablering af en ny gulvkonstruktion bør fotograferes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der kontrol af spredningsrisici ved indvendige vægge, når gulvet er fjernet? Er væggene eksempelvis placeret på støjdempende understøtning eller andre permeable materialer? Kontrollen kan f.eks. dokumenteres ved foto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der vurdering af forureningstilstanden i relevante bygningsmaterialer?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

TABEL FORTSÆTTES →

← TABEL FORTSAT

(Tjekliste, eksisterende bygning: Kontrol før og under etablering af nyt terrændæk)

Kontrolpunkter	Ja	Nej	Ikke relevant	Bemærkning
Er der behov for yderligere undersøgelse af forureningstilstanden under den tidligere gulvkonstruktion? En sådan undersøgelse udføres typisk ved analyse af poreluft- eller jordprøver under gulvkonstruktion.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

nen eller i bunden af udgravningen. Arbejdet udføres typisk af en miljørådgiver.			
Er der udarbejdet jordklassifikation, transporttilladelser, deponeringstilladelser, jordanvisning fra miljømyndighed mv. for bortskaffelse af jord?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kontrolleres rummets og væggenes stand inden etablering af en ny gulvkonstruktion? Er væggene eller fundamentene eksempelvis klargjort til fastmontering af membran ved glat/jævn overflade? Kontrollen kan f.eks. dokumenteres ved foto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Foretages relevant kontrol af udlægning af kloak-/ afløbsrør af den aktuelle inspektionsmyndighed?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Foretages der en vurdering af ventilerbarheden af et evt. kapillarbrydende lag? Vurderingen foretages typisk på baggrund af sigtekurver eller fraktionsanalyser af det pågældende materiale fra leverandøren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Foretages der kontrol af det beskyttende lag over en evt. membran, fiksering af membran langs vægge, rørgennemføringer mv. inden udstøbning af beton? Kontrollen dokumenteres f.eks. ved foto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Foretages der kontrol af udlægning af radonspærre i tilfælde af, at der ikke monteres en diffusionshæmmende membran (diffusionshæmmende membran fungerer som radonspærre)? Kontrollen dokumenteres f.eks. ved foto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Foretages der kontrol af udlægning af fugtspærre i tilfælde af at der ikke monteres en diffusionshæmmende membran (diffusionshæmmende membran fungerer som fugtspærre)? Kontrollen dokumenteres f.eks. ved foto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Foretages der kontrol med processen for overdækning/vanding af betonen under hærkning? Kontrollen dokumenteres f.eks. med foto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tjekliste, eksisterende bygning: Kontrol før og under etablering af ventilation under gulv

Nedenstående er et forslag til en samlet tjekliste for byggetekniske afværgeforanstaltninger i form af ventilation under gulv. Tabellen opsummerer kontrolpunkterne i håndbogens afsnit 4.5.

Kontrolpunkter	Ja	Nej	Ikke relevant	Bemærkning
Kontrol før etablering				
Er der foretaget byggeteknisk gennemgang af en byggesagkyndig, herunder vurdering af spredningsveje for forureningskomponenter?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der relevante tegninger fra kommunens byggesagsarkiv?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget en risikovurdering ift. forureningsspredning efter etablering af byggetekniske foranstaltninger?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget en følsomhedsanalyse af betydende parametre, der indgår i beregninger i risikovurderingen (pkt. 3)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er risikovurderingen (pkt. 3) foretaget på baggrund af ovenstående (pkt. 1) byggetekniske gennemgang?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget en vurdering af alternative spredningsveje for forureningen (trapper, kabelskakte, hulmure, skorstene mv.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der en beskrivelse af arbejdet, herunder krav til materialer og udførelse samt evt. følgearbejder?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger plan for udførelse af etablering af ventilation under gulvkonstruktionen (herunder beskrivelser og detailtegninger i plan og snit)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget kortlægning af fundamentplacering under hele bygningen (horisontalt og vertikalt)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget undersøgelse af ventilerbarhed af det eksisterende kapillarbrydende lag ved f.eks. tracertest, prøvepumpning eller prøveudtagning af materiale? Undersøgelsen gennemføres typisk af en miljørådgiver.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger vurderinger vedr. egnethed af valgte drivkraft (udluftningsrør, vindhætte, elmotor mv.) og gennemgang af forventet strømningsbillede under gulvet? Disse vurderinger varetages typisk af en miljørådgiver.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger materiale- og komponentfortegnelse med fabrikat og typenummer (ventilator, rør, fugemasse mv.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger plan for evt. afstivning, sikring af bygning inden, og i forbindelse med bortgravning af jord på ydersiden af fundament?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

TABEL FORTSÆTTES →

← TABEL FORTSAT

(Tjekliste, eksisterende bygning: Kontrol før og under etablering af ventilation under gulv)

Kontrolpunkter	Ja	Nej	Ikke relevant	Bemærkning
Foreligger plan for bortskaffelse af forurenede overskudsjord? Forurenede jord skal forud for bortkørsel anvises af den aktuelle miljømyndighed.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger kontrolplan for arbejdet, herunder beskrivelse af, hvad der skal kontrolleres, omfanget af kontrollen og krav til dokumentation af kontrollen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Kontrol af etablering				
Foretages der overordnet tilsyn med arbejdets udførelse, herunder udarbejdelse af tilsynsnotater?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der opfølgning på kontrolplanen, herunder dokumentation for opfyldelse af de stillede krav til materialer og udførelse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages beskrivelse og dokumentation for eventuelle afvigelser fra det planlagte arbejde, i form af afvigerapporter?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages fotodokumentation af udført arbejde? Alle relevante faser/processer for etablering af en ny gulvkonstruktion fotograferes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der kontrol af følgesedler for korrekt leverede og anvendte materialer, herunder udluftningsrør, ventilationshætte eller mekanisk ventilator?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der kontrol af korrekt placerede dræn iht. projektet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der en ventilationstest, der verificerer, at den ønskede luftstrøm gennem det kapillarbrydende lag kan etableres? Bygherren bør lade udføre en sådan test ved f.eks. i en kort periode at suge direkte på et af drænene og måle responsen i de andre dræn.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages kontrol af funktion af ventilationshætte eller anden valgt drivkraft?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages kontrol af følgesedler for kontrol af korrekt leverede og anvendte dræn, udluftningsrør, ventilationshætte mv.?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Udarbejdes der tegninger "som udført"? Tegningerne skal som minimum omfatte plan og opstalt med placering af rørføringer med dimensionsangivelse.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Udarbejdes der betjeningsmanualer/-vejledninger og datablade?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Udarbejdes der en drifts- og vedligeholdelsesinstruks, der bl.a. indeholder procedurer for sikring af anlæggets funktion, herunder især funktion af vindrevet ventilationshætte eller elektrisk ventilator?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Tjekliste, eksisterende bygning: Kontrol før og under etablering af ventilation i kælder eller krybekælder

Nedenstående er et forslag til en samlet tjekliste for byggetekniske afværgeforanstaltninger i form af ventilation af en kælder eller krybekælder i en eksisterende bygning. Tabellen opsummerer kontrolpunkterne i håndbogens afsnit 4.6.

Kontrolpunkter	Ja	Nej	Ikke relevant	Bemærkning
Kontrol før etablering				
Er der foretaget byggeteknisk gennemgang af en byggesagkyndig, herunder vurdering af spredningsveje for forureningskomponenter?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der relevante tegninger fra kommunens byggesagsarkiv?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget en risikovurdering ift. forureningsspredning efter etablering af byggetekniske foranstaltninger?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget en følsomhedsanalyse af betydende parametre, der indgår i beregninger i risikovurderingen (pkt. 3)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er risikovurderingen (pkt. 3) foretaget på baggrund af ovenstående (pkt. 1) byggetekniske gennemgang?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget en vurdering af alternative spredningsveje for forureningen (trapper, kabelskakte, hulmure, skorstene mv.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der en beskrivelse af arbejdet, herunder krav til materialer og udførelse samt evt. følgearbejder?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der en plan for udførelse af ventilation af kælder eller krybekælder (herunder beskrivelser og detailtegninger)? Det skal fremgå, at der er fri luftgennemstrømning i hele kældrens/krybekældrens areal.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der vurderinger vedr. egnethed af valgte drivkraft (udluftningsrør, vindhætte, elmotor mv.) og gennemgang af forventet strømningsbillede under gulvet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der materiale- og komponentfortegnelse med fabrikat og typenummer (ventilator, rør, fugemasse mv.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der udarbejdet en kontrolplan for arbejdet, herunder beskrivelse af hvad der skal kontrolleres, omfanget af kontrollen og krav til dokumentation af kontrollen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

TABEL FORTSÆTTES →

← TABEL FORTSAT

(Tjekliste, eksisterende bygning: Kontrol før og under etablering af ventilation i kælder eller krybekælder)

Kontrolpunkter	Ja	Nej	Ikke relevant	Bemærkning
Kontrol af etablering				
Foretages der overordnet tilsyn med arbejdets udførelse, herunder udarbejdelse af tilsynsnotater?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der opfølgning på kontrolplanen, herunder dokumentation for opfyldelse af de stillede krav til materialer og udførelse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der beskrivelse og dokumentation for eventuelle afvigelser fra det planlagte arbejde, i form af afvigerapporter?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der fotodokumentation af udført arbejde? Alle relevante faser/processer for etablering af en ny gulvkonstruktion bør fotograferes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der kontrol af følgesedler for korrekt leverede og anvendte materialer, herunder udluftningsrør, ventilationshætte eller mekanisk ventilator?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der kontrol af korrekt placerede åbninger, ind- og udsugningspunkter, gennemføringer i væg til krybekælder iht. projektet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der kontrol af korrekt monterede vinddrevne eller mekaniske ventilatorer iht. projektet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der kontrol af funktion af ventilationshætte eller mekanisk ventilator?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Udføres der en kort test, der verificerer, at der kan skabes en luftstrøm mellem åbninger, ind- og udsugningspunkter, gennemføringer i krybekælderen? Ved testen kan der eksempelvis injiceres en ufarlig sporgas i et af indsugningspunkterne og responsen måles i et af udsugningspunkterne, hvorfra der suges.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Udarbejdes der tegninger "som udført"? Tegningerne skal som minimum omfatte plan og opstalt med placering af rørføringer med dimensionsangivelse.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Udarbejdes der betjeningsmanualer/-vejledninger og datablade? Udarbejdes der drifts- og vedligeholdelsesinstruks, der bl.a. indeholder procedurer for sikring af anlæggets funktion, herunder især funktion af vinddrevet aftrækshætte, elektrisk ventilator mv.?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Tjekliste, nybyggeri: Kontrol før og under etablering af gulvkonstruktion

Nedenstående er et forslag til en samlet tjekliste for byggetekniske afværgeforanstaltninger i form af en tættere gulvkonstruktion i nybyggeri. Tabellen opsummerer kontrolpunkterne i håndbogens afsnit 5.3.

Kontrolpunkter	Ja	Nej	Ikke relevant	Bemærkning
Kontrol før etablering				
Er der foretaget en risikovurdering ift. forureningsspredning efter etablering af byggetekniske foranstaltninger?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget en følsomhedsanalyse af betydende parametre, der indgår i beregninger i risikovurderingen (pkt. 1)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der plan for udførelse af gulvkonstruktionen (herunder armeringsplan, placering og antal rørføringer mv.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der en plan for etablering af evt. membran, herunder fastgørelse langs vægge/fundamenter, tætning omkring rørgennemføringer, samlinger mv.?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der en plan for etablering af radonsikring i det tilfælde, at der ikke monteres en diffusionshæmmende membran?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der en procedurebeskrivelse til hindring af revnedannelse i beton?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger materiale- og komponentfortegnelse med fabrikat og type-nummer?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der udarbejdet en kontrolplan for arbejdet, herunder beskrivelse af, hvad der skal kontrolleres, omfanget af kontrollen og krav til dokumentation af kontrollen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der dokumentation for membrantype/-kvalitet herunder diffusionstæthed for de aktuelle forureningsstoffer?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der dokumentation for anvendte rørtyper til ventilationsrør?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

TABEL FORTSÆTTES →

← TABEL FORTSAT

(Tjekliste, nybyggeri: Kontrol før og under etablering af gulvkonstruktion)

Kontrolpunkter	Ja	Nej	Ikke relevant	Bemærkning
Kontrol af etablering				
Foretages der overordnet tilsyn med arbejdets udførelse, herunder udarbejdelse af tilsynsnotater?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der opfølgning på kontrolplanen, herunder dokumentation for opfyldelse af de stillede krav til materialer og udførelse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der beskrivelse og dokumentation for eventuelle afvigelser fra det planlagte arbejde, i form af afvigerapporter?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der fotodokumentation af udført arbejde? Alle relevante faser/processer for etablering af en ny gulvkonstruktion fotograferes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Kontrolleres etablering af kloak-/afløbsrør af den aktuelle inspektionsmyndighed?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der en vurdering af ventilerbarheden af et evt. kapillarbrydende lag? Vurderingen foretages typisk på baggrund af sigtekurver eller fraktionsanalyser af det pågældende materiale fra leverandøren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der en kontrol af det beskyttende lag over en evt. membran, fiksering af membran langs vægge, rørgennemføringer mv. inden udstøbning af beton?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der kontrol af udlægning af radonspærre i tilfælde af, at der ikke monteres en diffusionshæmmende membran (diffusionshæmmende membran fungerer som radonspærre)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der kontrol af udlægning af fugtspærre i tilfælde af, at der ikke monteres en diffusionshæmmende membran (diffusionshæmmende membran fungerer som fugtspærre)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der kontrol med processen for overdækning/vanding af betonen under hærkning?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Tjekliste, nybyggeri: Kontrol før og under etablering af ventilation under gulv

Nedenstående er et forslag til en samlet tjekliste for byggetekniske afværgeforanstaltninger i form af ventilation under gulv i forbindelse med nybyggeri. Tabellen opsummerer kontrolpunkterne i håndbogens afsnit 5.4.

Kontrolpunkter	Ja	Nej	Ikke relevant	Bemærkning
Kontrol før etablering				
Er der foretaget en risikovurdering ift. forureningsspredning efter etablering af byggetekniske foranstaltninger?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget en følsomhedsanalyse af betydende parametre, der indgår i beregninger i risikovurderingen (pkt. 1)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der en plan for udførelse af etablering af ventilation under gulvkonstruktionen (herunder beskrivelser og detailtegninger i plan og snit)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der foretaget en kortlægning af fundamentplacering under hele bygningen (horisontalt og vertikalt)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der en vurdering vedr. ventilerbarhed af det kapillarbrydende lag? Vurderingen foretages typisk på baggrund af sigtekurver eller fraktionsanalyser af det pågældende materiale fra leverandøren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der en vurdering vedr. egnethed af valgte drivkraft (udluftningsrør, vindhætte, elmotor mv.) og gennemgang af forventet strømningsbillede under gulvet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foreligger der materiale- og komponentfortegnelse med fabrikat og typenummer (ventilator, rør, fugemasse mv.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Er der udarbejdet en kontrolplan for arbejdet, herunder beskrivelse af hvad der skal kontrolleres, omfanget af kontrollen og krav til dokumentation af kontrollen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

TABEL FORTSÆTTES →

← TABEL FORTSAT

(Tjekliste, nybyggeri: Kontrol før og under etablering af ventilation under gulv)

Kontrolpunkter	Ja	Nej	Ikke relevant	Bemærkning
Kontrol af etablering				
Foretages overordnet tilsyn med arbejdets udførelse, herunder udarbejdelse af tilsynsnotater?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages opfølgning på kontrolplanen, herunder dokumentation for opfyldelse af de stillede krav til materialer og udførelse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Foretages der beskrivelse og dokumentation for eventuelle afvigelser fra det planlagte arbejde, i form af afvigerapporter?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Udarbejdes der fotodokumentation af udført arbejde? Alle relevante faser/processer for etablering af en ny gulvkonstruktion fotograferes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Udføres der kontrol af følgesedler for korrekt leverede og anvendte materialer, herunder udluftningsrør, ventilationshætte eller mekanisk ventilator?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Udføres der kontrol af korrekt placerede dræn iht. projektet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Udføres der kontrol af funktion af ventilationshætte eller anden valgt drivkraft?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Udføres der kontrol og af følgesedler for kontrol af korrekt leverede og anvendte dræn, udluftningsrør, ventilationshætte mv.?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Udarbejdes der tegninger "som udført"? Tegningerne skal som minimum omfatte plan og opstalt med placering af rørføringer med dimensionsangivelse.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Udarbejdes der betjeningsmanualer/-vejledninger og datablade?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Udarbejdes der drifts- og vedligeholdelsesinstruks, der bl.a. indeholder procedurer for sikring af anlæggets funktion, herunder især funktion af vinddrevet ventilationshætte eller elektrisk ventilator?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	