

Indeluft - Risikovurdering

- [Formål](#)
- [Indledende forventningsafstemning og planlægning](#)
- [Overordnede elementer i risikovurdering](#)
 - [Hvornår er der risiko over for indeluften?](#)
 - [Hvornår er der risiko over for udeluften?](#)
 - [Tilgange til risikovurdering](#)
 - [Anvendelse af poreluftprøver](#)
 - [Anvendelse af indeluftmålinger](#)
 - [Miljøstyrelsens risikovurderingsværktøj JAGG](#)
 - [Særlige opmærksomhedspunkter](#)
 - [Særligt om Kulbrinter](#)
 - [Særligt om Vinylchlorid](#)
 - [Særligt om 1,2 dichlorethan](#)
 - [Særligt om Lossepladsgas](#)
- [Sammenfatning af risikovurdering](#)
- [Case - eksempel på risikovurdering ifm. en videregående indeluftsundersøgelse](#)

Formål

Formålet med dette afsnit er nærmere at beskrive Regionens forventninger til, hvordan der udarbejdes en risikovurdering af forureningsbidraget fra en jord- og grundvandsforurening, som kan udgøre en risiko for indeluften i bygninger, som anvendes til følsom anvendelse som f.eks. bolig eller børneinstitution.

Risikovurderingen skal adressere Regionens offentlige indsats:

- Bolig eller følsom anvendelse (fx daginstitution), med risiko for afdampning af jord- eller grundvandsforurening til indeluften
- Bolig på areal, med risiko for dannelse og spredning af methangas (eksplosionsfare)

Der skal samtidig foretages en risikovurdering af, om der er [risiko for kontakt med forurennet jord](#) på grunden, såfremt det er relevant. Derudover skal der også tages stilling til, om forureningen kan udgøre en risiko overfor andre ejendomme med følsom anvendelse i området. Hvis der også er indsats over for grundvand, overfladevand eller natur, skal der også risikovurderes i forhold til disse. Se Regionens forventninger ifht. [grundvand](#) og [overfladevand](#)

Indledende forventningsafstemning og planlægning

Når en undersøgelse igangsættes, forventer Regionen, at Rådgiver i forbindelse med udarbejdelse af undersøgelsesoplæg, har gennemgået eksisterende viden og foretaget en indledende vurdering af forventet undersøgelsesomfang samt centrale risici og usikkerheder.

Grundlaget for vurderingen omfatter som minimum:

- Geologi og hydrogeologi (herunder relevante data fra tidligere undersøgelser, JUPITER, GERDA samt evt. statens grundvandskortlægning)
- Historisk viden, branchekendskab og generel erfaring
- Forventede forureningskomponenter
- Forureningskilder og hotspots
- Viden om bygningskonstruktioner og installationer (tidligere og nuværende)
- Spredningsveje og spredningspotentiale
- tidligere undersøgelsesdata (datakvalitet, dækningsgrad og væsentlige datamangler)

Informationer og eksisterende viden skal danne en nuanceret forståelse af lokalitetens risikobillede. Vurderingen gennemføres som en skrivebordsøvelse og sammenfattes i en Foreløbig Risikovurdering ([Preliminary Risk Assessment](#)), der som minimum beskriver:

- konceptuel lokalitetsmodel, [Metodebeskrivelse – Konceptuelle modeller](#), her med særlig fokus på terrænnær geologi og hydrogeologi og spredningsveje som f.eks. ledningstracéer. Derudover tværsnit af hus med alle relevante spredningsveje (skorstene, faldstammer, installationsskakte kældre mv.).
- afklaring af forventet risiko inkl. begrundelse
- væsentlige usikkerheder
- anbefaling til undersøgelsesstrategi og omfang.

Der henvises i øvrigt til hovedsiden [Risikovurdering](#) og særligt til afsnit "[Generelle overvejelser ifm. Risikovurdering](#)".

Overordnede elementer i risikovurdering

I det følgende gennemgås de overordnede emner, som skal indgå i den endelige risikovurdering ifm. afrapporteringen.

Hvornår er der risiko over for indeluften?

Neden for er listet kriterier for, hvornår en jord- eller grundvandsforurening udgør en risiko for indeluften.

- Ved vedvarende overskridelser af afdampningskriteriet i en ejendom, som er omfattet af offentlig indsats, hvor overskridelsen kan henføres til en jord- og/eller grundvandsforurening.

Hvornår er der risiko over for udeluften?

Neden for er listet kriterier for, hvornår en jord- og/eller grundvandsforurening udgør en risiko for udeluften.

- Ved vedvarende overskridelse af afdampningskriteriet i haver, og rekreative områder, når overskridelsen skyldes en jord- eller grundvandsforurening.

Tilgange til risikovurdering

Risikovurdering foretages i forhold til nuværende og evt. fremtidig mere følsom

arealanvendelse af ejendommen. Forureningskomponenter, og deraf forureningskilder - koncentrationer og spredningsveje, skal indgå i risikovurderingen. Det skal vurderes, om indholdet i indeluften stammer fra en jordforurening og/eller fra andre eksterne kilder.

En undersøgelse af en potentiel indeluftpåvirkning består som oftest af en række målinger af forskellige medier, herunder poreluftprøver, indeluftmålinger, kloakmålinger, terrænnært grundvand og jord. Der skal være en særlig opmærksomhed på luftprøverne, som varierer markant i tid og rum. Der henvises til *"Retningslinjer for udtagning af luftprøver ved forureningsundersøgelser"* i forhold til overvejelser omkring design af den gode undersøgelse. Regionen ønsker som udgangspunkt altid konkrete indeluftmålinger til vurdering af en evt. påvirkning af indeluften med miljøfremmede stoffer (dog kan dette være besværliggjort af interne kilder ved kulbrinter, her vælges derfor ofte andre løsninger).

Anvendelse af poreluftprøver

Når målinger af koncentrationsniveauer i poreluft anvendes til risikovurdering, skal man gøre sig en række overvejelser- bl.a. skal følgende indgå i vurderingen;

- Hvor er prøven udtaget - er den udtaget i kapillarbrydende lag under gulv eller i (intakt) jord. Det skal vurderes, hvad prøven repræsenterer.
- Vurdering af fund. Hvor mange overskridelser er der ud af hvor mange målinger. Hænger måleresultaterne spatialt sammen – der skal laves en vurdering af det samlede forureningsbillede.
- Vurdering af målte indhold i poreluft og indeluft, set i forhold til reduktionsfaktorer over gulv. Man skal forholde sig konkret til gulvopbygningen i den undersøgte bygning, herunder gulvtykkelse og type i bolig på kildegrund og på evt. påvirkede nabogrunde. Det skal inddrages, hvis der er kælder på kildegrunden og på evt. påvirkede nabogrunde. Det anbefales at se denne [erfaringsopsamling](#).
- Ved fund med konstaterede overskridelser på faktor >100 i fht. afdampningskriteriet skal fundene henføres til mulige kilder. Tommelfingerreglen om 100 x afdampningskriteriet målt i poreluft anvendes til kortlægning ud fra en vurdering af, at det potentielt udløser en risiko for indeluftproblemer ved følsom anvendelse (sikring af fremtidig følsom anvendelse). Vær opmærksom på, at reduktionsfaktor på 100 IKKE er gældende for stoffer med lavere afdampningskriterier (afdampningskriteriet < ca. 1 µg/m³) og/eller stoffer der typisk kun påvises i lavere poreluftkoncentrationer (< ca. 10 µg/m³ i gennemsnit) f.eks. vinylchlorid og benzen jf. [erfaringsopsamling](#).

Anvendelse af indeluftmålinger

Når målinger af koncentrationsniveauer i indeluft anvendes til risikovurdering, skal man gøre sig en række overvejelser. Vær bl.a. opmærksom på interne kilder. Her tænkes f.eks. på afsmitning fra møbler, tæpper, maling, rygning, rensat tøj m.v.

Følgende bør indgå i vurderingen;

- Hvornår er prøven taget. Indeluftmålinger foretages i perioden november – marts (minus december) for at få målingerne i perioder uden for meget udluftning. Vær dog opmærksom på, at der på lokaliteter med særlige forhold som f.eks. højtstående grundvand, kan måles højere indhold i poreluft i sensommeren, og dermed risiko for større påvirkning af indeluft, jf. (rapport tidlige variationer. [Indsæt link](#))
- Hvor er prøven taget – der skal være fokus på mulige indtrængningsveje, anvendelse af lokaler, udluftning mv.
- Hvis indeluftresultaterne ligger mellem 1/10 af afdampningskriteriet til afdampningskriteriet, skal der mindst udføres 2 målerunder med minimum 1 måneds mellemrum. Ligger koncentrationerne tæt på afdampningskriteriet, skal der udføres mere end 2 runder.
- Vurdér det samlede forureningsbillede (konceptuel model). Giver koncentrationerne i poreluft, kloak, grundvand, jord og indeluft mening?
- Ved længerevarende tidsserier kan der accepteres enkelte overskridelser, når gennemsnittet er under afdampningskriteriet. Forudsætningerne for dette er, at målingerne er foretaget i vinterhalvåret, og at der er tale om kortvarige overskridelser.

Miljøstyrelsens risikovurderingsværktøj JAGG

JAGG anvendes til fugasitetsberegninger fra f.eks. jord- eller vandkoncentrationer til poreluftkoncentrationer, dette anvendes hvor det ikke er muligt at udtage poreluft. Værktøjet anvendes desuden til vurdering af en evt. påvirkning af udeluften. Værktøjet kan hentes [her](#).

Ved anvendelsen af JAGG bør der være særlig fokus på gulvopbygningen i den konkrete bolig, som der risikovurderes overfor. Reduktionen over gulv er essentiel, og det er derfor vigtigt at notere sig gulvets kvalitet og opbygning. Værktøjet kan alene anvendes ved risikoberegning over gulv med armeret beton, kendes gulvopbygningen ikke i detaljer anvendes "ukendt beton". Ved gulv bestående af f.eks. trægulv på strøer kan JAGG ikke anvendes. Regionernes erfaring med reduktionsfaktorer er, at disse kan variere meget, jf. *"Reduktionsfaktorer for poreluftbidrag til indeklimaet, når der er betongulv"*.

Særlige opmærksomhedspunkter

Særligt om Kulbrinter

Vurdering af påvirkning af indeluften med kulbrinter besværliggøres af mange interne kilder, samt et højt baggrunds niveau af f.eks. benzen i udeluften. Baggrunds niveauet for benzen i Danmark overskrider mange steder afdampningskriteriet, jf. *"Hydrocarbon background levels in Denmark - Outdoor and indoor air"*. Det er derfor essentielt, at den målte påvirkning kan henføres til en konkret jord- og/eller grundvandsforurening.

Særligt om Vinylchlorid

Vinylchlorid er et nedbrydningsprodukt fra f.eks. PCE og TCE, og afdampningskriteriet er væsentlig lavere end afdampningskriteriet for PCE og TCE, da det er mere toksisk. Vinylchlorid dannes under anaerobe forhold og ofte cometabolsk. Stoffet kan derfor også opstå i faner væk fra kilden, hvis de rette forhold er til stede. Vinylchlorids affinitet til aktivt kul er lav, og derfor er f.eks. ORSA-rør ikke en velegnet metode til opsamling. For valg af metode til måling i indeluft, poreluft og kloakluft henvises til [metodebeskrivelserne](#).

Særligt om 1,2 dichlorethan

I forbindelse med måling af chlorerede nedbrydningsprodukter i indeluften konstateres af og til indhold af 1,2 dichlorethan (1,2-DCA) over afdampningskriteriet (typisk i niveauet $< 1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). 1,2-DCA har et lavt afdampningskriterium på $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hvorfor forholdsvis små interne bidrag kan give anledning til indeluftkoncentrationer over afdampningskriteriet.

1,2-DCA kan ofte henføres til interne kilder fra f.eks. plastprodukter. Ofte er det forholdsvis nemt at afvise, at der er tale om et bidrag fra jordforurening, da der sjældent konstateres indhold af 1,2-DCA i poreluften eller det terrænnære grundvand, som kan relateres til en jordforurening. Desuden følger den rumlige udbredelse typisk ikke mønsteret for de øvrige forureningsstoffer, der påvises i poreluften, f.eks. konstateres stoffet ofte kun i nogle og ikke i alle lejligheder i etagebygninger.

Særligt om Lossepladsgas

Ved undersøgelser for lossepladsgas er risiko i forhold til indeluften:

- Eksplosion/brand (metangas)
- Kvælning (højt kuldioxid og lavt iltindhold)

Det er samtidig vigtigt at have for øje, at der fra lossepladsen også kan spredes andre flygtige stoffer fx chlorerede opløsningsmidler, og der kan være kontaktrisiko, som ligeledes skal undersøges. Der henvises til ovenstående afsnit omhandlende risikovurdering af indeluft og [kontaktrisiko](#).

Der er offentlig indsats, hvis der på eller i en zone op til 75 m fra randen af lossepladsen er en

af følgende anvendelser:

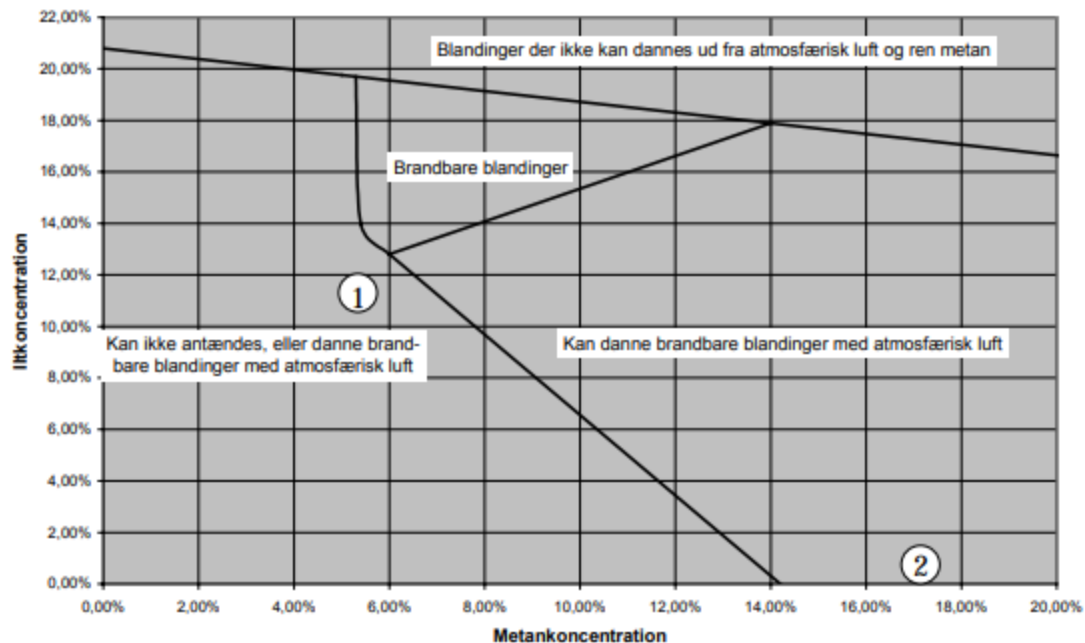
- Bolig
- Børneinstitution
- Offentlig legeplads

Lossepladsundersøgelser til vurdering af indeluftproblemer i forhold til lossepladsgas skal belyse den rumlige afgrænsning af eventuelle gasdannende områder, gasproduktionens størrelse og eventuelle spredningsveje.

Årstidsvariationer og meteorologiske forhold har stor betydning for resultater af gasmålinger. Dataloggere anvendes til registrering af trykforhold og variationer i gasindhold. Det anbefales der logges over en længere periode, og på forskellige årstider. Anbefalinger og opmærksomhedspunkter er beskrevet nærmere i "[Retningslinjer for udtagning af luftprøver ved forureningsundersøgelser](#)", afsnit 5.7 *Luftprøver for dynamiske problemstillinger (fx lossepladser)* og [Miljøprojekt nr. 648. Metode til risikovurdering af gasproducerende lossepladser](#).

Risikovurderingen for lossepladsgas tager udgangspunkt i en "worst case" situation. Dvs. vi betragter ikke gennemsnitsberegninger, men forholder os til enkeltmålinger.

Under normale trykforhold (1 atm) kan metan antændes i koncentrationer på mellem 5 og 15 %, når iltkoncentrationerne i gasblandingen er større end 13 %.



Figur 2.1 Forhold mellem gassammensætning og brandbarhed i en gasblanding af metan, nitrogen og atmosfærisk luft /1/.

Kilde: Miljøstyrelsen. Projekt nr. 648. Metode til risikovurdering af gasproducerende lossepladser, 2001.

I nedenstående tabel er angivet koncentrationsintervaller ved gasundersøgelser i lossepladser.

Poreluft	Metan	0 - 1 vol % CH ₄	"Spor"
		1 - 5 vol % CH ₄	"Lave koncentrationer"
		* 5 - 20 vol % CH ₄	"Lave/høje koncentrationer" *
		> 20 vol % CH ₄	"Høje koncentrationer"
	Kuldioxid	> 6 vol % CO ₂	"Forhøjede koncentrationer"
	Ilt	> 5 vol % O ₂	"Aerobe forhold"
Indendørs	Metan	0 - 0,1 vol % CH ₄	"Spor"
		0,1 - 0,5 vol % CH ₄	"Lave koncentrationer"
		> 0,5 vol % CH ₄	"Høje koncentrationer"

* For metankoncentrationer mellem 5 og 20 vol % vil det være andre forhold, der spiller ind ved vurderingen af, om koncentrationerne vurderes som høje eller lave

Kilde: Miljøstyrelsen. Projekt nr. 648. Metode til risikovurdering af gasproducerende lossepladser, 2001.

Sammenfatning af risikovurdering

Risikovurdering i forhold til indeluft kræver en del data, da der er store tidlige og rummelige variationer i målingerne, og indtrængningsvejene til en bolig er mange.

Selvom Regionen ikke har indsats over for erhverv, er det vigtigt også at foretage måling i denne for at opnå en samlet forståelse for spredning af forurening ind i og op gennem en bygning.

Efter gennemgang af de ovenstående forhold, skal risikovurderingen opsummeres kort og klart og kobles til de væsentligste geologiske, hydrogeologiske samt betydende spredningsveje mm. Opsummeringen skal indeholde en vurdering af, i hvilken grad risikovurderingen er konservativ eller ej, baseret på

datagrundlagets kvalitet og omfang (herunder centrale usikkerheder). Endvidere skal der redegøres for systemets dynamik, så det tydeligt fremgår, om risiko kan ændre sig fremadrettet, og hvilke forhold der i givet fald kan drive en sådan ændring.

Case - eksempel på risikovurdering ifm. en videregående indeluftsundersøgelse

Offentligt Indsatsområde: Bolig

Forureningskomponent: PCE (tetrachlorethylen) og TCE (trichlorethylen)

Risikovurderingstilgang: Byggetekniske undersøgelser, målinger foretaget i jord og grundvand, poreluft og indeluft

Kort om undersøgelsen

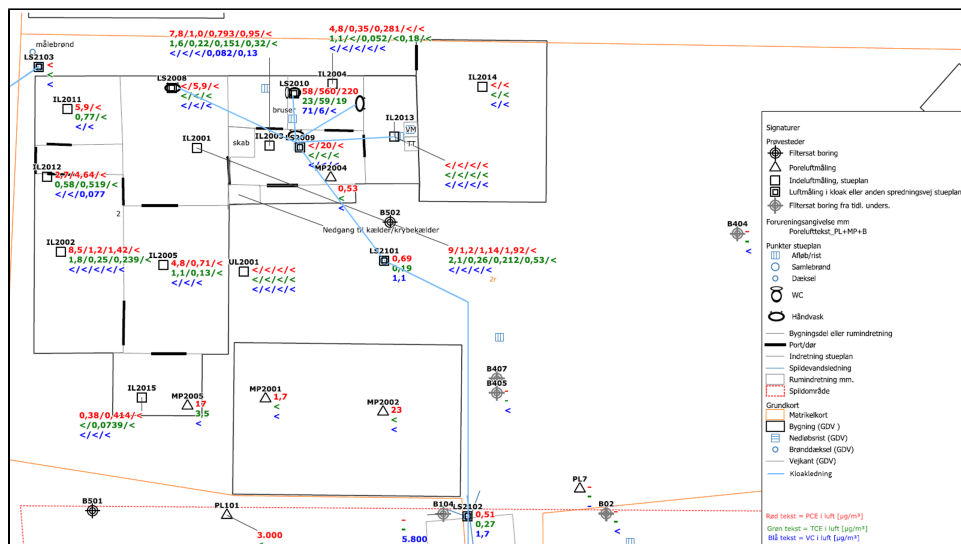
En lokalitet, hvor der tidligere har været drevet et renseri. I renseriet er der anvendt PCE som rensemiddel. Hele grunden er kortlagt på V2, da der i indledende forurening af jord og grundvand, som potentielt kan bidrage til forurening af indeluften. Ejendommen på lokaliteten anvendes til bolig, og er således et offer

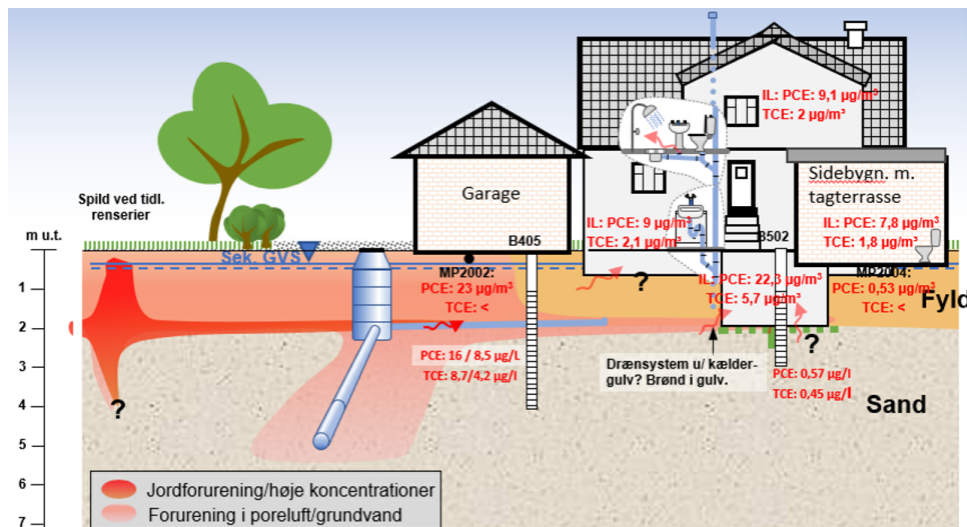
Ejendommen er efter indledende undersøgelse undersøgt for nærmere at risikovurdere og afklare, om der er behov for afværgeforanstaltninger ift. boligan

På ejendommen er grundvandet højtstående, hvilket gør at kælderen står i vand hele året. Der er observeret vand på dele af kældergulvet. Det er sandsynligt, at det højtstående grundvand gør, at det ikke har været muligt at måle forurening i umættet zone på ejendommen i perioder.

Der er udført indeluftmålinger i boligen af flere omgange, som har vist at der er overskridelser af afdampningskriteriet i alle rum med PCE og TCE.

Det skal afklares hvordan forureningen spredes til indeluften, for at have grundlag for valg af afværgeforanstaltning. Der er foretaget en byggeteknisk gennemgang vandlås, og i poreluften (hvis muligt). Der er derudover logget vandstand i en boring.





Figur 3: viser et tværsnit gennem bygning og undergrund, med geologi, grundvandsniveau, forurening, spredningsveje og målte koncentrationer i målte me

Risikovurdering

Konklusionen i det konkrete eksempel, er at forureningen med PCE og TCE i jord og grundvand spredes ind i boligen. Det ses ved at der er målt overskridt indeluften. Et spørgeskema, som er udfyldt i forbindelse med indeluftmåling, giver ikke anledning til at tro at påvist forurening i indeluften stammer fra andre (byggeteknisk gennemgang, måling af luft bag vandlås, og i samlebrønde, fugacitetsberegninger (JAGG) med vandkoncentrationer, udførte poredugmåling indeluften, via spredning af forurening i kloakledninger, bidrag fra poredugten når der er en umættet zone, og ved afdampning fra det terrænnære grundvand kælderen, udgør også et væsentligt bidrag til forureningen i indeluften i kælderen, som kan spredes videre op gennem huset. Overskridelserne af afdampning og der konkluderes derfor at der er behov for afværgetiltag for at nedbringe påvirkningen af indeluften.

Den konceptuelle forståelse ift. indtrængning af forurening til indeluften:

Der er ældre gulve, og træetageadskillelse, og reduktionsfaktoren vurderes derfor at være mindre end 100 gange. Fugacitetsberegninger (grundvand) vise det terrænnære grundvand, kan der ske en påvirkning af boligen.

Det højtstående grundvand, hvor vandstanden vil variere over året, gør at den umættet zone er begrænset eller ikke eksisterende i en del af året, mens de indeluftmålingerne ved at indholdet stiger på den tid af året hvor den umættet zone er størst, og hvor jordforureningen er blevet blottet.

Det højtstående grundvand og poredugforurening gør, at kloakbrønde og ledninger rundt om ejendommen og inde i bygningen kan fungere som sprednings

Den byggetekniske undersøgelse (inkl. byggetekniske tegninger) viste, at der er et mindre kælderrum under bygningen. Fra det lille kælderrum er der en ål bygningen. Kælderen rummer teknik- og forsyningsledninger. I kælderen er en rist, hvor indtrængende grundvand kan løbe til – sandsynligvis er der en pur oppumpet vand ledes til faldstammen. Faldstammen til toilet på 1. sal. går gennem kælder, og i den måles høje koncentrationer af PCE og TCE. Det terræ under terrændæk i ejendommens kælder, og der sker indtrængning af forurenede grundvand til kælder, som kan forårsage en forøget afdampning i dette rum kælderrummet kan spredes videre gennem træetageadskillelse til stueplan.

Generelle betragtninger

Et tværsnit af bygning og undergrund, sammen med et plankort på de enkelte etager, påført betydelige installationer, måleresultater mv., danner baggrund forureningen kan spredes op i en bygning. Der skal samtidig være en medfølgende beskrivelse af den konceptuelle forståelse af forureningssituationen.

Den konceptuelle forståelse af forureningens spredning til indeluften, understøttes af den viden der er opnået ved at lave undersøgelser – borer med jord gennemgang, viden om bygning og ledningstracé. Det er vigtigt at pointere hvis resultaterne taler for eller imod den ene eller den anden vurdering af den k uklarheder, som evt. skal undersøges nærmere.

Der skal samtidig være en vurdering af om de resultater der er opnået er valide, eller der kan være fejlkilder.

