

Radonkoncentrationen i nye enfamiliehuse



Radonkoncentrationen i nye enfamiliehuse

Rasmus Bovbjerg Jensen
Lars Gunnarsen

Titel	Radonkoncentrationen i nye enfamiliehuse
Serietitel	SBi 2008:12
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2008
Forfattere	Rasmus Bovbjerg Jensen og Lars Gunnarsen
Sprog	Dansk
Sidetæl	28
Litteratur- henvisninger	21
Emneord	Radon, enfamiliehuse, luftsikke
ISBN	978-87-563-1336-0
Omslag	Detektor til måling af radon i boliger. Foto: Lars Gunnarsen
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Dr. Neergaards Vej 15, DK-2970 Hørsholm E-post sbi@sbi.dk www.sbi.dk

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *SBi 2008:12: Radon koncentrationen i nye enfamiliehuse. (2008)*

Indhold

Forord	4
Abstrakt	5
Indledning	6
Faren:	6
Lovmæssige tiltag:	6
Metode	8
Undersøgelse 1	8
Undersøgelse 2	8
Instrumenter og målemetoder	8
Beregninger	9
Resultater	10
Undersøgelse 1	10
Radonkoncentration	10
Beliggenhed	11
Undersøgelse 2	12
Luftskiftemålinger	12
Differenstryk	14
Vandindhold	14
Carbondioxid	15
Temperatur	16
Diskussion	17
Konklusion	19
Referencer	20
Bilag 1	21
Bilag 2	23
Bilag 3	24

Forord

Flere tidligere undersøgelser har dokumenteret, at der i Danmark findes et forholdsvis stort antal fritliggende enfamiliehuse med radonkoncentrationer over 200 Bq/m³. På grund af faren for lungekræft anbefales det altid at foretage enkle og billige foranstaltninger for at reducere radonkoncentrationen når denne grænse overskrides.

I Bygningsreglementet for småhuse fra 1998 blev stillet krav om lufttætte konstruktioner mod undergrunden for sikre at de nybyggede enfamiliehuse ikke havde høje radonkoncentrationer. Dette skete i forlængelse af de anbefalinger, som den daværende Byggestyrelse nogle år tidligere havde udarbejdet.

Kravet om lufttætte konstruktioner er meget vanskeligt at kontrollere i nye enfamiliehuse i brug. Det er dog med en begrænset indsats muligt at måle radonkoncentrationen i de nye enfamiliehuse. Dette er baggrunden for at Statens Byggeforskningsinstitut har gennemført nærværende undersøgelse for Erhvervs- og Byggestyrelsen.

Formålet har været at undersøge, om opstramningen af bygger reglerne i 1998 for småhuse faktisk har resulteret i, at radonkoncentrationen er sænket i de enfamiliehuse, der er opført, efter at reglerne blev indført, i forhold til tidligere opførte huse.

Undersøgelsen er gennemført med målebistand fra det svenske firma Gammapdata Holding AB.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Byggeri og Sundhed
Juni 2008

Niels Jørgen Aagaard
Forskningschef

Abstrakt

I perioden juli-september 2007 blev radonkoncentrationen målt i 200 nye fritliggende enfamiliehuse opført i årene 2005-2007. Målingen varede i gennemsnit 70 dage (standardafvigelse 6 dage). Den geometriske middelværdi for radonkoncentrationen i de 200 boliger var 35 Bq/m^3 , og 1 % af boligerne havde radonkoncentrationer $>200 \text{ Bq/m}^3$.

I perioden december 2007 til marts 2008 blev der foretaget målinger af luftskifte, koncentrationen af CO_2 og H_2O , samt vurderet ventilation, undersøgt gulvbelægning og revner i dette, målt differenstryk mellem ude og inde samt temperatur i de 20 husstande, der havde de højeste radonkoncentrationer. Luftskiftemålingerne viste, at 80% af boligerne havde et luftskifte mindre end $0,5 \text{ h}^{-1}$, med en middelværdi på $0,38 \text{ h}^{-1}$ (standardafvigelse $0,27 \text{ h}^{-1}$).

Det er muligt, at de to boliger med radonkoncentrationer $>200 \text{ Bq/m}^3$, har høje koncentrationer på grund af byggetekniske årsager. Boligen F1 har helårsværdier på 200 og 354 Bq/m^3 , mens boligen F2 har helårsværdier på 128 og 366 Bq/m^3 . Boligen F1 stod tom i 28 dage af måleperioden og detektoren med den højeste værdi var placeret i en skuffe, hvilket kan have påvirket resultatet negativt. I boligen F2 var detektoren med den laveste værdi placeret på en 1. sal, hvilket kan forklare den lave værdi, mens detektoren med den høje værdi var placeret i et hjørne af en stue, der ikke blev benyttet.

Det konkluderes at radonniveauet er lavt i nye fritliggende enfamiliehuse i forhold til tidligere undersøgelser af huse i de samme områder, samt at luftskiftet i en stor del af nye fritliggende enfamiliehuse ikke opfylder kravet, som det Bygningsreglementet foreskriver.

Indledning

Overalt i den danske jord finder man grundstoffet radium. Dette danner ædelgassen radon, som siver op gennem jorden. Radon er ikke i sig selv farlig, da det som ædelgas har sværere ved at indgå i kemiske reaktioner og derved sætte sig i lungerne. Radon hverken lugter eller smager eller efterlader synlige spor.

Faren:

Problemet opstår, fordi radon efter ca. fire dage henfalder og herved skabes der radioaktive isotoper af tungmetaller, som kan sætte sig i lungerne og give lungekræft.

Mængden af radon i luften måles i Bq/m³ (becquerel pr. kubikmeter), målet angiver antallet af radioaktive henfald pr. sekund pr. kubikmeter. Koncentrationen af radon er ofte 1.000 – 10.000 gange større i jorden end i luften.

Mængden af radon i hjemmet afgøres af fire ting: Jordbunden huset er bygget på, om fundamentet er tæt, hvilke materialer huset er bygget af samt ventilationen. I Danmark er der en meget begrænset mængde radium i byggematerialer og den primære bekymring bør derfor være jordbunden under gamle huse, hvor fundamentet ikke længere er tæt, hvilket tillader radon at sive op. Etage ejendomme er derfor ikke i farezonen.

Undersøgelser blev lavet i år 2001, som kortlagde radonmængden i danske boliger. Resultatet i form af et kort over Danmark findes på www.radon.dk. Gamle enfamiliehuse i de sværest ramte områder har således størst risiko for at have høje radonkoncentrationer.

Myndighederne anbefaler, at man overvejer simple tiltag for at reducere radonkoncentrationen, hvis den ligger mellem 200 og 400 Bq/m³. Fem procent af danske boliger har denne koncentration. Ligger niveauet på mere end 400 Bq/m³ bør man overveje mere seriøse tiltag, selvom disse er betragteligt dyrere. Tiltag mod for meget radon kan være øget ventilation, tætninger af fundamentet eller et radonsug, hvilket vil suge luften umiddelbart under huset bort.

Lovmæssige tiltag:

Det er estimeret, at der dør 250 danskere om året af radon. Især rygere er i fare, men rygning er i sig selv mere skadeligt end gasserne. Allerede i 1987 blev der af Byggestyrelsen udarbejdet en vejledning om radon i boliger (Statens Byggeforskningsinstitut 1987). Ved revisionen af bygningsreglementet i 1995 blev radon beskrevet, og i 1998 giver Erhvervs- og Byggestyrelsen anvisninger som beskrevet ovenfor gældende for småhuse.

Der eksisterer dog intet lovgivningsloft over hvor meget radon, der må være i nybyggede bygninger. Til sammenligning er der i Sverige et loft på 200 Bq/m³ og i Finland et loft på 140 Bq/m³. Norge bruger ikke lovgivningslofter, men Stortinget vedtog i 1998 en handlingsplan mod kræft, hvor der bl.a. blev afsat 60 mio. NKR, som skulle gives i tilskud til at mindske radonkoncentrationerne i huse med over 200 Bq/m³, dog med et loft på 40.000 NKR.

Sidst kan det dog nævnes at både Sverige og Norge har højere gennemsnitskoncentrationer af radon end Danmark (100 Bq/m³ og 89 Bq/m³ respektivt mod Danmarks 50 Bq/m³).

Metode

Fritliggende enfamiliehuse i følgende gamle kommuner indgik i undersøgelsen: Ringe, Svendborg Egebjerg og Ryslinge i Fyns Amt foruden Skovbo, Ramsø og Vallø i Roskilde amt, samt alle kommuner i Bornholms amt. Huse opført efter 1998 i de udvalgte kommuner blev udtrukket fra Bygnings- & Boligregistret, og dannede grundlag for udsendelse af invitationsbreve til beboerne.

Undersøgelse 1

De deltagere, der havde indvilliget i at deltage i undersøgelsen fik tilsendt målesæt bestående af to detektorer, samt en vejledning i opsætning af disse (bilag 1). Målingerne forgik i perioden juli-september 2007, og varede i gennemsnit 70 dage (standardafvigelse 6 dage). Målesættene var leveret af Gammadata Mätteknik AB (Uppsala, Sverige), hvortil husstandene også returnerede detektorerne for analyser af radonkoncentrationen i deres boliger. Svarene blev sendt til State Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, og samtlige deltagere fik efterfølgende deres radonkoncentrationer oplyst per brev.

Informationer om de 200 boliger der deltog, kan ses i bilag 2.

Undersøgelse 2

Ud fra resultatet af radonmålingerne i de 200 husstande, der indgik i undersøgelse 1, blev de 20 husstande med de højeste radonkoncentrationer tilbudt yderligere deltagelse i undersøgelse 2. Alle 20 husstande valgte at deltage. I perioden december 2007 til marts 2008 modtog de 20 husstande ét besøg af en person fra Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, hvor der blev foretaget målinger af luftskifte, koncentrationen af CO₂ og H₂O i boligerne, samt vurderet ventilation, undersøgt gulvbelægning og revner i dette, målt differensterik mellem ude og inde samt temperatur.

Instrumenter og målemetoder

Målingen af radonkoncentrationen i undersøgelse 1 blev udført med 2 detektorer fra Gammadata Mätteknik AB (Uppsala, Sverige).

I undersøgelse 2 blev luftskiftet målt på baggrund af henfaldet af en sporgas (svovlhexafluorid) under opblanding med 3 ventilatorer placeret i boligen. Målinger blev foretaget med boligerne i normal brug, døre og vinduer lukket, og øvrige ventilationsåbninger indstillet, som de blev fundet på besøgstidspunktet. Døre til bryggers samt badeværelser blev holdt lukket og sporgas blev doseret i de øvrige rum.

Koncentrationen af sporgas, CO₂ og H₂O blev målt med infrarød spektrometri ved brug af INNOVAS gasanalysator type 1312. Temperaturen blev målt centralt i huset med H. Blichfeldt Electronic APS Thermometer T301, og differencetrykket blev målt med en Halstrup GMBH Multur EMA 84 trykmåler.

Differencetrykket blev målt som gennemsnittet af målinger på to sider af boligen.

Målinger og registreringer fra undersøgelse 2 kan ses i bilag 3.

Beregninger

Deltagerne i undersøgelse 1 fik tilsendt to detektorer. Det aritmetiske gennemsnit af resultaterne fra de to detektorer, er middelværdien for den pågældende bolig. Omregningen fra sommerværdier til helårsværdier er gjort på baggrund af (kilde), og en korrektionsfaktor på 1,5 er anvendt. De målte værdier, gennemsnittet af disse og den korrigerede værdi for husene i undersøgelse 2, kan ses i bilag 3. I notatet fremstilles data som de korrigerede helårsværdier.

Middelværdien for radonforekomsten i undersøgelse 1 er også udregnet som geometrisk gennemsnit.

Luffugtighed, koncentration af CO₂ og H₂O for de enkelte boliger i undersøgelse 2 er derimod udregnet som aritmetiske gennemsnit af målingerne.

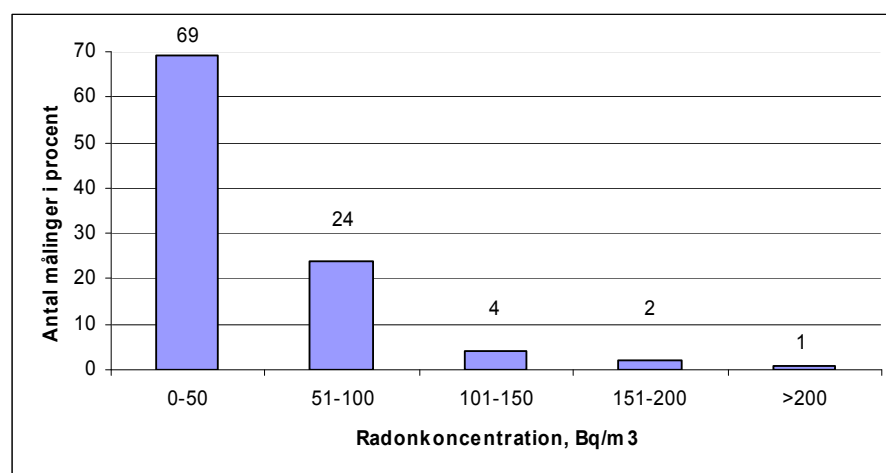
Resultater

Undersøgelse 1

I den første undersøgelse blev 416 enfamiliehuse tilbudt at deltage, hvoraf 305 husstande gerne ville. Ud af disse husstande fik 220 tilsendt måleudstyr, og 200 målesæt blev analyseret og indgik i projektet. Fem husstande meddelte, at de alligevel ikke ønskede at deltage, et hus opfyldte ikke kravet om opførelse efter 1998 og 14 målesæt kom ikke retur.

Radonkoncentration

Figur 1 viser et frekvensdiagram af helårsværdierne for radonkoncentrationen i de 200 undersøgte huse, og det ses, at kun 1 % af boligerne har en radonkoncentration større end 200 Bq/m³. Tabel 1 viser maksimum-, minimum-, middel-, og medianværdi samt standardafvigelse for radonkoncentrationerne fundet i 200 fritliggende enfamiliehuse. Usikkerheden forbundet med målingerne afhænger af måleresultatet. Der er en større usikkerhed ved de lave værdier i forhold til de høje. Usikkerheden er ved 200 Bq/m³ 15 %, og ved de lave værdier er usikkerheden 10 Bq/m³.



Figur 1. Frekvensdiagram for radonkoncentrationen (Bq/m³) målt i 200 husstande.

Tabel 1. Maksimum-, minimum-, middel-, og medianværdi samt standardafvigelse for radonkoncentrationerne fundet i 200 fritliggende enfamiliehuse. Middelværdien er det geometriske gennemsnit. Minimumsværdien på 0 er usandsynligt, da radon altid vil være til stede i luften, og usikkerheden er 10 Bq/m³ for de lave værdier.

Maksimumværdi	277
Minimumværdi	0
Middelværdi	35
Medianværdi	37
standardafvigelse	

Tabel 2 og tabel 3 sammenligner resultater fra radonmålinger i 2001 med målingerne foretaget i undersøgelsen i 2007.

Tabel 2. De berørte gamle kommuner og værdier fra målingerne i den tidligere undersøgelse og oplysninger om antallet af udsendte målesæt og resultater i den nye undersøgelse. Yderligere en beregning af, hvor mange huse med høje radonkoncentrationer, der kunne forventes i den nye undersøgelse, hvis radonkoncentrationen i de nye huse ikke var ændret.

Sted	Antal huse 2001	Middel Bq/m ³ 2001	f ₂₀₀ % 2001	Antal huse 2007	Middel Bq/m ³ 2007	N ₂₀₀ hvis gamle huse	N ₂₀₀ i 2007
Rønne	20	62	3,5	5	38	0,2	0
Allinge-Gudhjem	16	93	10,7	11	26	1,2	0
Hasle	21	103	14,3	2	24	0,3	0
Aakirkeby	22	110	17,0	1	46	0,2	0
Nexø	18	119	22,0	5	35	1,1	0
Ryslinge	13	105	12,2	6	41	0,7	0
Egebjerg	11	105	12,4	14	36	1,7	0
Svendborg	14	107	14,6	58	31	8,5	1
Ringe	15	168	28,0	24	41	6,7	0
Skovbo	11	100	10,5	54	41	5,7	1
Ramsø	13	101	11,5	12	33	1,4	0
Vallø	10	107	12,0	8	24	1	0
	184	106 ^a	14,2 ^a	200	35 ^a	29	2

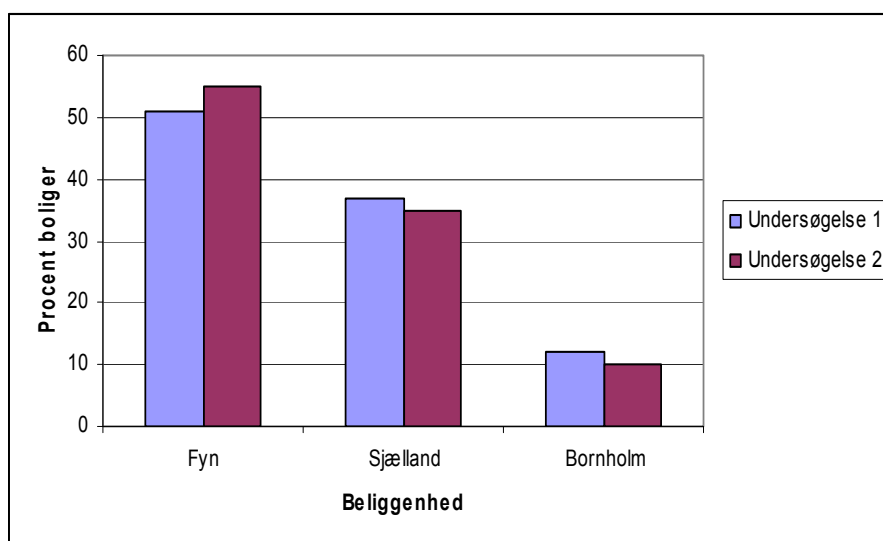
^a Vægtet gennemsnit

Tabel 3. Sammenligning af middelværdier og andel (%) af boliger med en radonkoncentration over 200 Bq/m³ fra undersøgelsen i 2001 og 2007.

	Radon 2001	Radon 2007
Middelværdi, Bq/m ³	106	35
Andel >200 Bq/m ³ , %	14	1

Beliggenhed

Figur 2 viser, hvorledes de 200 boliger i undersøgelse 1 og de 20 boliger i undersøgelse 2 fordelte sig på Fyn, Sjælland og Bornholm. Det ses at fordelingen af boliger i undersøgelse 1 gentages i undersøgelse 2.

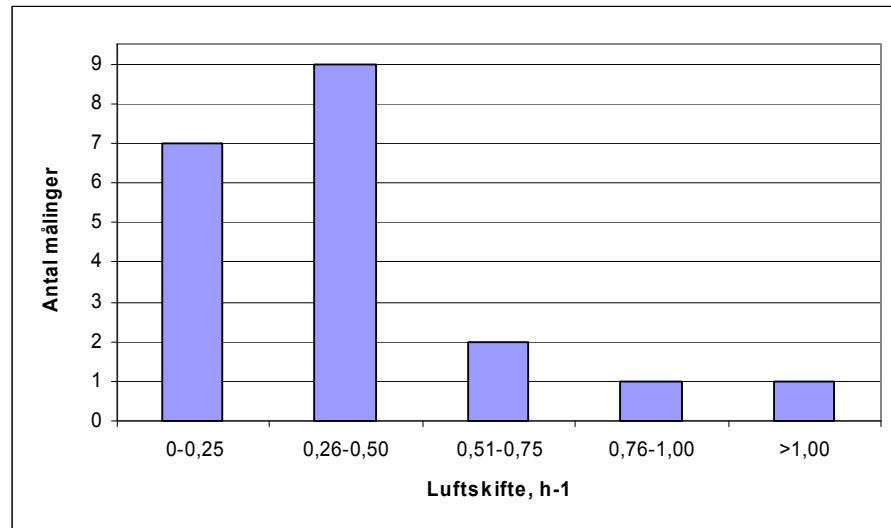


Figur 2. Fordelingen af boliger mellem landsdele i undersøgelse 1 og undersøgelse 2.

Undersøgelse 2

Luftskiftemålinger

Figur 3 viser, at 80 % af boligerne har et luftskifte mindre end $0,5 \text{ h}^{-1}$. Tabel 4 viser maksimum-, minimum-, middel-, og medianværdi samt standardafvigelse for luftskiftemålingerne.

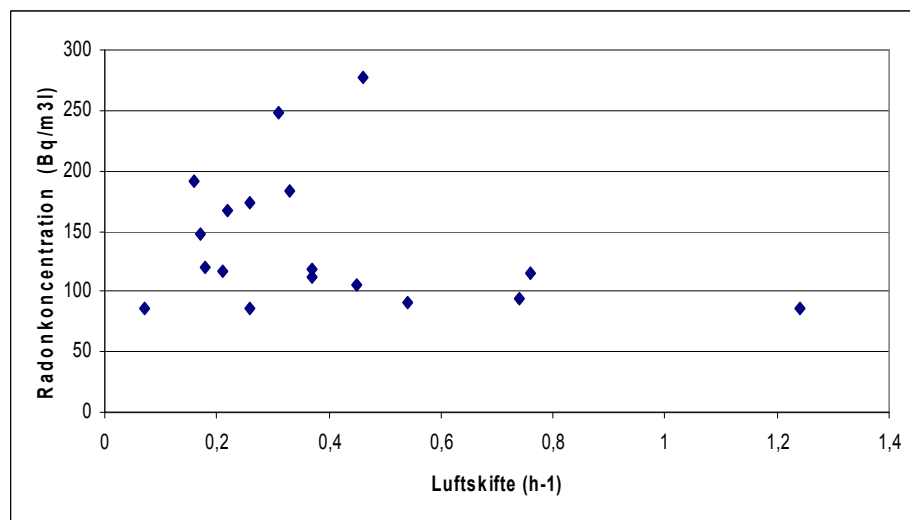


Figur 3. Frekvensdiagram der viser luftskiftet i 20 enfamiliehuse.

Tabel 4. Maksimum-, minimum-, middel-, og medianværdi samt standardafvigelse for luftskiftet (h^{-1}) fundet i 20 fritliggende enfamiliehuse.

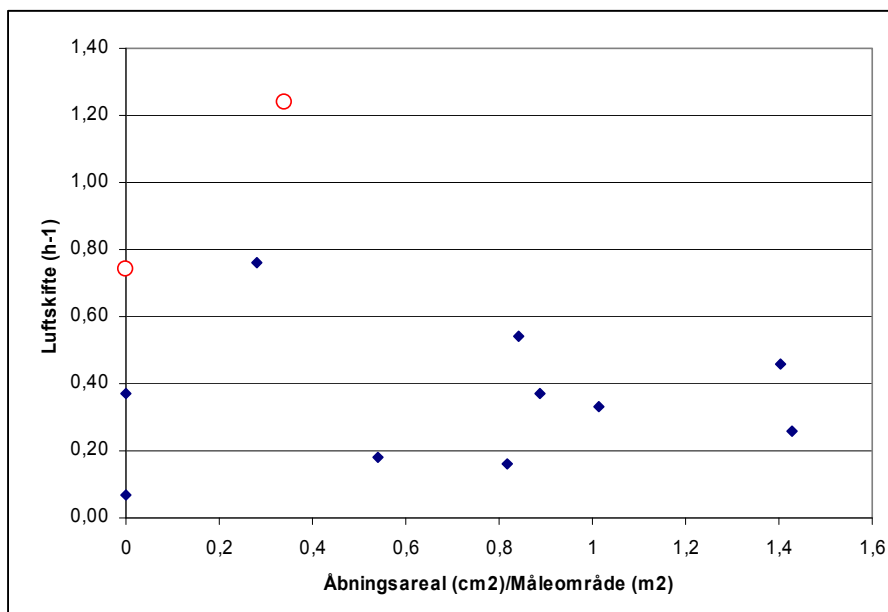
Maksimumværdi	1,24
Minimumværdi	0,07
Middelværdi	0,38
Medianværdi	0,32
standardafvigelse	0,27

I figur 4 er radonkoncentrationen som funktion af luftskiftet vist, og det ses, at de seks boliger med de radonkoncentrationer $>150 \text{ Bq/m}^3$ har luftskifte mindre end $0,5 \text{ h}^{-1}$, dog har de to boliger med radonkoncentrationer $>200 \text{ Bq/m}^3$ ikke de laveste luftskifter.



Figur 4. Sammenhængen mellem luftskifte og radonkoncentration i 20 fritliggende enfamiliehuse.

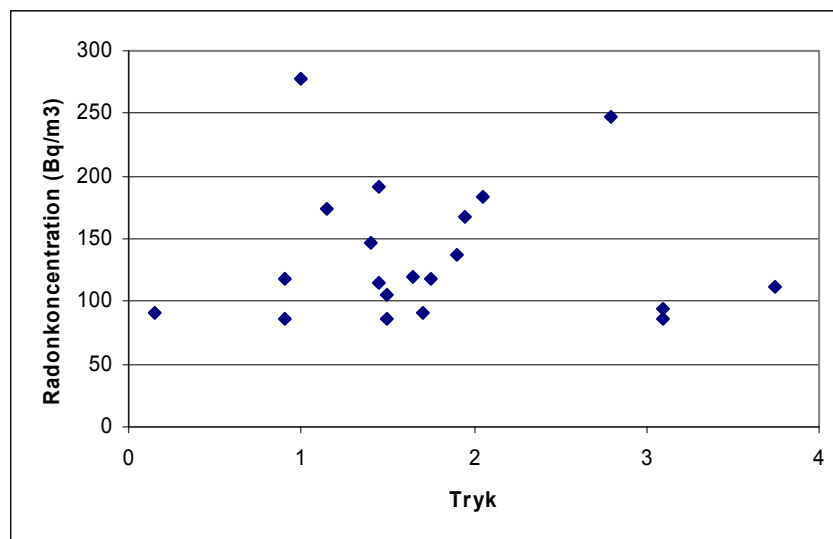
Figur 5 viser luftskiftet som funktion af åbningsarealet (cm^2) af spalteventiler pr. areal af måleområdet (m^2) i boliger, hvor spalteventiler er installeret. Ifølge bygningsreglementet fra 1995 gælder der for beboelsesrum, at ude-luftventiler skal have en samlet friåbning på mindst 30 cm^2 pr. 25 m^2 gulv, hvilket svarer til forholdet mellem åbningsarealet (cm^2) og måleområde (m^2) skal være større end $1,2 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ for at opfylde kravet om tilstrækkelig ventilation. Det er antaget, at hver spalteventil har en åbning på 30 cm^2 . Ved at se bort fra de to boliger med de høje luftskifter, ses der en svag tendens til en positiv sammenhæng mellem luftskiftet og åbningsarealet (cm^2) af spalteventiler pr. areal af måleområdet (m^2). Hvorfor det kan være rimeligt at undlade disse boliger med de høje luftskifter, redegøres der for i diskussionen.



Figur 5. Luftskiftet som funktion af åbningsarealet (cm^2) af spalteventiler pr. arealenhed af måleområdet, i boliger hvor disse er installeret. De to målinger med ring har haft emhætten kørende ved måling af luftskiftet.

Differenstryk

Figur 6 viser radonkoncentrationen som funktion af differenstrykket, og i tabel 5 ses maksimum-, minimum-, middel-, og medianværdi samt standardafvigelse for differenstrykmålingerne.



Figur 6. Radonkoncentrationen som funktion af trykforskellen mellem ude og inde.

Tabel 5. Maksimum-, minimum-, middel-, og medianværdi samt standardafvigelse for trykforskel (Pa) mellem ude og inde fundet i 20 fritliggende enfamiliehuse.

Maksimumværdi	3,75
Minimumværdi	0,15
Middelværdi	1,76
Medianværdi	1,58
standardafvigelse	0,87

Vandindhold

Tabel 6 viser maksimum-, minimum-, middel-, og medianværdi samt standardafvigelse for vandindholdet i luften og den relative fugtighed.

Tabel 6. Maksimum-, minimum-, middel-, og medianværdi samt standardafvigelse for H₂O koncentrationen (g/m³) samt den relative fugtighed (% RH) fundet i 20 fritliggende enfamiliehuse.

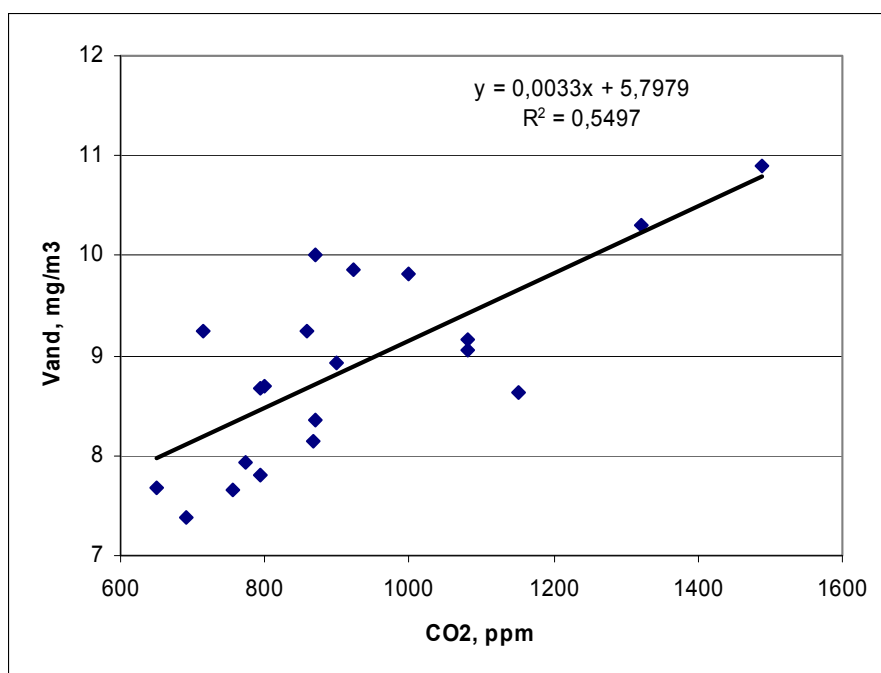
	Vandindhold, g/m ³	Relativ fugtighed, % RH
Maksimumværdi	10,90	0,56
Minimumværdi	7,38	0,38
Middelværdi	8,87	0,47
Medianværdi	8,81	0,46
standardafvigelse	0,97	0,05

Carbondioxid

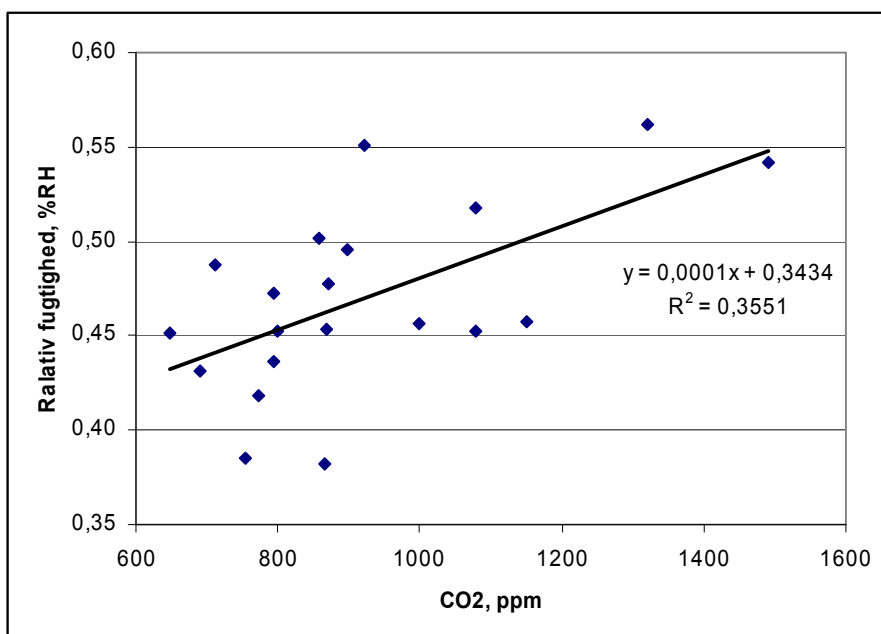
Tabel 7 viser maksimum-, minimum-, middel-, og medianværdi samt standardafvigelse for CO₂ målingerne, og figur 7 viser sammenhængen mellem vandindholdet og CO₂-indholdet i luften, og i figur 8 ses sammenhængen mellem den relative fugtighed og CO₂-indholdet i luften.

Tabel 7. Maksimum-, minimum-, middel-, og medianværdi samt standardafvigelse for CO₂ koncentrationen (ppm) fundet i 20 fritliggende enfamiliehuse.

Maksimumværdi	1490
Minimumværdi	649
Middelværdi	918
Medianværdi	868
standardafvigelse	214



Figur 7. Vandindholdet som funktion af CO₂-indholdet i luften fundet i 20 fritliggende enfamiliehuse



Figur 8. Den relative fugtighed (% RH) som funktion af CO₂-indholdet i luften fundet i 20 fritliggende enfamiliehuse

Temperatur

Tabel 8 viser maksimum-, minimum-, middel-, og medianværdi samt standardafvigelse for temperaturmålingerne.

Tabel 8. Maksimum-, minimum-, middel-, og medianværdi samt standardafvigelse for temperaturen (°C) fundet i 20 fritliggende enfamiliehuse.

Maksimumværdi	23,8
Minimumværdi	19,7
Middelværdi	21,5
Medianværdi	21,3
standardafvigelse	1,2

Diskussion

Radonmålingerne foretaget i undersøgelse 1 er udført i perioden juli til september 2007. Det anbefales normalt, at radonmålinger finder sted i foråret eller efteråret, for at opnå de sikreste helårsværdier. I sommermånederne kan der være større udluftning i husene, eller de kan være lukket af på grund af bortrejse. Beboerne i boligen med den højeste radonkoncentration i denne undersøgelse var således bortrejst i 28 dage ud af en måleperiode på 60 dage. Der er taget højde for sæsonvariationen ved, at der er blevet anvendt en korrektionsfaktor på 1,5 for at omregne middelmålingerne taget om sommeren til helårsværdier.

I undersøgelse 1 blev der fundet, at 1 % af boligerne havde en radonkoncentration større end 200 Bq/m^3 , og som vist i tabel 3 er dette et væsentligt fald sammenlignet med målinger foretaget tidligere i de samme områder. Det ses ligeledes, at helårs-middelværdien er sænket fra 106 Bq/m^3 til 35 Bq/m^3 .

I undersøgelse 2 er der kun målt på de 20 boliger med de højeste radonkoncentrationer fundet i undersøgelse 1. Det vides derfor ikke, hvorledes de parametre, der er målt på vil se ud i for eksempel de 20 boliger med de laveste radonkoncentrationer.

Luftskiftemålingerne i de 20 boliger med de højeste radonkoncentrationer er foretaget i vintermånederne december 2007 til marts 2008, hvilket sandsynligvis giver nogle andre ventilationsforhold end da radonmålingerne fandt sted i sommeren 2007. Målingerne af luftskiftet viser, at 80 % af boligerne har et luftskifte mindre end 0,5 gange i timen, som det danske bygningsreglement foreskriver, at luftskiftet minimum skal være.

To boliger havde en emhætte tændt i forbindelse med madlavning under målingerne af luftskiftet, hvilket sandsynliggør, at luftskiftet var usædvanligt højt i den forbindelse. De to boliger havde et luftskifte større end $0,5 \text{ h}^{-1}$. Dette påvirker ikke det resultat, at luftskiftet generelt er under de anbefalede $0,5 \text{ h}^{-1}$ i de nye enfamilieshuse, der har medvirket i undersøgelsen. Når disse to huse undlades i figur 5, hvor luftskiftet er vist som funktion af åbningsarealet (cm^2) af spalteventiler pr. areal af måleområdet (m^2), ses en svag tendens til en positiv sammenhæng.

I de 12 huse med spalteventiler installeret har tre huse ikke mulighed for at opfylde kravet om, at forholdet mellem åbningsarealet (cm^2) af spalteventiler og måleområde (m^2) skal være større end $1,2 \text{ cm}^2/\text{m}^2$. Yderligere udnytter kun to af de ni boliger deres spalteventiler, således at forholdet bliver større end $1,2 \text{ cm}^2/\text{m}^2$.

Der ses en positiv sammenhæng mellem vand- og CO_2 -indholdet i luften, hvilket kan forklares ved at vand og CO_2 i luften stammer fra mennesker. Det bør bemærkes at der i 75 % af boligerne er en relativ fugtighed på 0,45 % RH i vintermånederne, hvor målingerne har fundet sted. Det store antal boliger med høj luftfugtighed kan relateres til, at der er fundet et lavt luftskifte i et stort antal boliger.

De to boliger med radonkoncentrationer $>200 \text{ Bq/m}^3$ er ikke de boliger med de laveste luftskifter (se figur 4). Dette kunne tyde på, at det ikke er luftskiftet alene, der er skyld i de høje radonkoncentrationer, men noget byggeteknisk.

Tabel 9 viser informationer om de to detektorer for de to boliger med de højeste radonkoncentrationer. Det ses, at der for hver bolig specielt er en detektor, der trækker radonniveauet op over 200 Bq/m³. I tilfældet med F1 var detektoren med værdien 236 Bq/m³ placeret i en skuffe, og den anden detektor var placeret i et værelse. Huset var som nævnt også tomt i 28 dage.

Tabel 9. Radonkoncentrationer for de to boliger med værdier >200 Bq/m³.

Benævnelse	Placering 1	Måling 1 Bq/m ³	Placering 2	Måling 2 Bq/m ³	Gennemsnit Bq/m ³	Korrigeret* Bq/m ³
F1	Soverum	236	Andet	133	185	277
F2	Dagligstue	85	Andet	244	165	247

* korrigeret med en faktor 1,5 for at omregne til helårsværdier

I bolig F2 var detektoren der målte 244 Bq/m³ placeret på gulvet i et hjørne af en stue, der sjældent blev brugt, hvilket muligvis kan medføre et lavt luftskifte på netop dette sted i huset. Den anden detektor var placeret i stuen på 1. salen. Det er i overensstemmelse med tidligere forsøg, at radonkoncentrationen er lavere på 1. salen end i stuen.

For F1 er det muligt, at placeringen af detektoren der målte den høje værdi, har haft en uheldig indvirkning på resultatet. Den anden detektors værdi er også høj, og svarer til 200 Bq/m³, hvis den korrigeres. Det kan ikke udelukkes, at den høje værdi fra den ene detektor for F1 samt de høje værdier for F2 skyldes byggetekniske årsager.

I forbindelse med besøgene i de 20 boliger blev gulvkonstruktionen vurderet for revner og sprækker, der kunne være årsag til de høje radonkoncentrationer. Det viste sig ikke at være muligt at finde nogle revner eller sprækker, hovedsagligt på grund af gulvbelægningen.

Konklusion

- Der er målt radonkoncentrationer i 200 fritliggende enfamiliehuse i områder i Danmark, hvor radonforekomsten i undergrunden er stor. Middelværdien for radonkoncentrationen i disse boliger er fundet til at være 35 Bq/m³.
- En procent af de undersøgte boliger har radonkoncentrationer over 200 Bq/m³. Ifølge Bygningsreglement for småhuse anbefales det, at radonindholdet ikke overstiger 200 Bq/m³ for nybyggeri.
- Der er målt luftskifte i de 10 % af boligerne, der har de højeste radonkoncentrationer. Middelværdien for luftskiftet blev målt til 0,38 h⁻¹. Bygningsreglement for småhuse anbefaler, at der i ethvert beboelsesrum og i huset totalt er et luftskifte på mindst 0,5 h⁻¹.
- Sikring mod radon fra undergrunden i nye huse virker efter hensigten i langt de fleste tilfælde, og radonniveauet i fritliggende nye enfamiliehuse er væsentligt reduceret.

Referencer

Andersen, Claus E. et al., (2006). Radiation Protection Dosimetry Advance Access. Radiation Protection Dosimetry, 1-12.

Andersen, Claus E. Radon i danske boliger, Kortlægning af lands-, amts- og kommuneværdier. Radon i danske boliger. Sundhedsstyrelsen.


BO, BYGG OG BOLIG, Norge er radonversting! Lokaliseret 11.03.2008 på:
http://www.bobyggogbolig.no/Articles/Misc/Article.asp?File=radon_husbanke.htm&UnderID=18

Boligministeriet, Radon og nybyggeri. Lokaliseret 11.03.2008 på:
http://www.ebst.dk/file/1953/radon_nybyggeri.pdf

Statens Byggeforskningsinstitut. (1987). Radon i boliger. Byggestyrelsen.

Bilag 1

Den medfølgende vejledning til opsætning af detektorer


gammadata LANGTIDSMÅLING af radon i indendørsluft

Den anden side af blanketten giver instruktioner i målingen.

For at målingen skal kunne bruges til årlig middelværdi kræver det svenske Statens Strålskyddsinsitut at:

- målingen udføres på samtlige etager med beboelse.
- mindst to detektorer placeres i forskellige beboelsesrum.
- måleperioden er mindst 2 måneder (3 mdr. anbefales).
- detektorerne anvendes inden 1,5 år efter bestilling.
- målingen bør afsluttes inden den **30. april 2008**.

OBS! Hvis blanketten ikke underskrives, kan ingen årsmiddelværdi opnås.

Skriv venligst med BLOKBOGSTAYER! Tak!

2 detektorer

Udfyld dine navne- og adresseoplysninger! Tak!
Opgavenr.:

Navn: _____

Adresse: _____

Telefon, dag:

Ejendomsbetegnelse: _____

Hvis målepladsadressen **ikke** er den samme som koncertadressen ovenfor så angiv venligst adressen, hvor detektorerne er placeret:

Adresse: _____

Information om målingen

Detektornr.	Soverum	Dagligstue	Gildestue	Andet boligrum	Ikke boligrum	Etage *
<input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>
<input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>
<input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>
<input style="width: 40px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>

Målingen startede:

Å Å M M D D

Målingen sluttede:

Å Å M M D D

Antal etager i boligen med boligrum:

* Angiv Etage med et af nedenstående tegn:

S = Etage delvis under terræn

K = Kælder

B = Stueetage

1 = 1. sal

2 = 2. sal

Information om ejendommen

<p>Type af bygning</p> <p><input type="checkbox"/> Lejlighed i boligblok</p> <p><input type="checkbox"/> Rækkehus</p> <p><input type="checkbox"/> Dobbeltudhus</p> <p><input type="checkbox"/> Friliggende enfamiliehus</p> <p><input type="checkbox"/> Fritidsbolig - bordsbolig</p> <p><input type="checkbox"/> Industri el. lign.</p> <p><input type="checkbox"/> Kontor</p> <p><input type="checkbox"/> Skole</p> <p><input type="checkbox"/> Daginst.</p> <p><input type="checkbox"/> Aldrebolig / Plejebolig</p> <p><input type="checkbox"/> Andet: _____</p>	<p>Ventilationssystem</p> <p><input type="checkbox"/> Naturlig</p> <p><input type="checkbox"/> Mekanisk udsugning</p> <p><input type="checkbox"/> Mekanisk ventilation med indblæsning og udsugning</p> <p><input type="checkbox"/> Mekanisk ventilation med indblæsning og udsugning med varmegenvinding</p> <p><input type="checkbox"/> Anden type/Ved ikke</p>	<p>Kælderbeskrivelse</p> <p><input type="checkbox"/> Bygning med fuld kælder</p> <p><input type="checkbox"/> Kælder under del af bolig</p> <p><input type="checkbox"/> Krybekælder og udsugning</p> <p><input type="checkbox"/> egen kælder</p> <p><input type="checkbox"/> Ved ikke</p>
--	--	---

Byggeår:

Udførte foranstaltninger for at mindske radonkoncentrationen i ejendommen? Ja Ne

Underskrift **OBS! Se instruktioner på den anden side** →

Hermed bekræfter jeg, at anvisningerne er fulgt.

Underskrift: _____
Navn med blok bogstaver: _____

Bestilt igennem: **Statens Byggeforskningsinstitut**
Dr. Neergaards Vej 15
DK - 2970 Hørsholm

Bilag 1 – Fortsat

LANGTIDSMÅLING af radon i indendørsluft

Information

For at målingen skal kunne bruges til årlig middelværdi kræver det svenske Statens Strålskyddsinsitut at:

- målingen udføres på samtlige etager med beboelsesrum.
- mindst to detektorer placeres i forskellige beboelsesrum.
- måleperioder er **mindst 2 måneder** (3 mdr. anbefales).
- det bekræftes gennem underskrift, at målingen er gennemført efter anvisningen (se blanketens anden side)

OBS! Kun måling i beboelsesrum tages med i årsmiddelværdien.

Gør sådan!

1. Kontroller at navne- og adresseoplysninger er udfyldt og korrekte. Udfyld telefonnummer.
2. Du starter målingen ved at klippe folieposen op og tage detektorerne ud. **OBS! De må ikke åbnes.** Gem folieposen - den skal anvendes ved målingens afslutning. **Placer detektorerne efter anvisningen nedenfor.**
3. Udfyld detektornummer på blanketten. Nummeret står på detektorens underside.
4. Vælg en af mulighederne: Soverum, Dagligstue, Gældstue, Andre boligrum eller Ikke boligrum. Angiv hvilken etage detektoren er placeret på.
5. **Noter hvornår målingen påbegyndtes.**
6. Ved målingens afslutning - **noter hvornår målingen blev afsluttet** og læg detektorerne tilbage i folieposen.
7. Udfyld øvrige oplysninger på blanketten. Bemærk, at oplysningerne behøves for at opnå et korrekt måleresultat.
8. Bekræft, at anvisningerne er fulgt. Underskrift og navn med blokbogstaver kræves.
9. Noter dit opgavenummer og kodeord inden du sender blanketten og detektorerne tilbage.
10. Send derefter **straks** folieposen med detektorerne samt den udfyldte blanket til Gammatdata. Anvend den vedlagte frankerede svarkuvert.

Placering af detektorer

Har boligen flere etager, som anvendes som beboelsesrum, skal der placeres mindst én detektor på hvert etage. Måling skal ske i rum, som anvendes hver dag i boligen.

Detektorerne placeres i første omgang i et soverum og et rum som ofte anvendes af beboerne, dog helst ikke i køkken (men nødvendigvis i lejligheder som kun består af et rum og køkken). Hvis lælderrum anvendes som beboelsesrum, fx til gældstue, så skal måling også ske der. Vædrum anses ikke for beboelsesrum.

I måleperioden bør du leve som du plejer med hensyn til bl.a. ventilation, udluftning, indendørstemperatur. Ventilationssystemet skal være i funktion, for eksempel skal alle forhåndenværende ind- og udluftsventiler være åbne.

Detektorerne kan enten ophænges eller lægges. Gerne midt i rummet, men ikke på gulvet. Forholdene rundt om detektoren skal så vidt muligt stemme overens med forholdene for beboerne. Afstanden til væggen bør være mindst 25 centimeter.

Detektoren bør ikke placeres, så den udsættes for stærke luftstrømme eller stærk varme. Der bør derfor ikke placeres nærmere end 1,5 meter fra friskluftventil, yderdør, vindue, radiator eller anden varmekilde og ikke nærmere end 0,5 meter fra udeluftsventil.

Information om Persondataloven

For at kunne fuldføre måleopgaven indtaster vi dine personoplysninger i et adresseregister. Alle oplysninger bliver behandlet strengt fortroligt og i overensstemmelse med Persondata oven. Indsendelse af en udfyldt blanket til Gammatdata Mätteknik AB bliver betragtet som et samtykke til, at dine personoplysninger behandles i overensstemmelse med det ovenfor beskrevne. For korrektion af fejl i dine personoplysninger kan du henvende dig til vores kundeservice.

OBS! Blanketten, som skal udfyldes, er på den anden side →

Gammatdata Mätteknik AB, Box 151 20, 750 15 LPPSALA, Sverige. Tlf: +46 18 460 58 00, Fax: +46 18 55 58 88, Internet: www.gammatdata.se

Bilag 2

Oplysninger om boligerne der indgik i undersøgelse 1.

	Antal/areal m ²	Standard- Afvigelse
Opførelsesår		
2005	80	
2006	106	
2007	13	
Boligareal		
Boligareal samlet	157,7	48,8
Boligareal beboet	157,0	48,8
Antal huse med 1. sal	22	
Gennemsnits areal	71,7	24,2
Antal huse med udnyttet 1. sal	22	
Gennemsnits areal	70,5	26,6
Antal huse med kælder	4	
Gennemsnits kælderareal	99,3	7,9
Byggeteknisk		
Ydervægsmateriale		
Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	169	
Træbeklædning	31	
Tagmateriale		
Cementsten	124	
Fibercement (asbestfri)	6	
Fibercement, herunder asbest (bølge- eller skifereter- nit)	1	
Metalplader (bølgeblik, aluminium og lignende)	3	
Tagpap (med taghældning)	9	
Tegl	57	
Varmeinstallation		
Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr	124	
Centralvarme med to fyringsenheder(fast/flydende brændsel samt gas)	1	
Elovne, elpaneler	20	
Fjernvarme/blokvarme (radiatorsystemer eller varm- luftanlæg)	48	
Varmepumpe	7	

Bilag 3

Oplysninger om boligerne der indgik i undersøgelse 2.

Benævnelse	Dato for måling	Tidspunkt	Opførselsår	Bygningskategori
F1	18.12.2007	17:02	2006	Fritliggende enfamiliehus
F2	29.1.2008	13:00	2006	Fritliggende enfamiliehus
F3	13.2.2008	14:20	2006	Fritliggende enfamiliehus
F4	18.12.2007	18:25	2006	Fritliggende enfamiliehus
F5	12.2.2008	16:20	2006	Fritliggende enfamiliehus
F6	11.2.2008	14:10	2005	Fritliggende enfamiliehus
F7	28.1.2008	15:25	2006	Fritliggende enfamiliehus
F8	10.3.2008	10:40	2006	Fritliggende enfamiliehus
F9	17.12.2007	16:42	2005	Fritliggende enfamiliehus
F10	30.1.2008	12:15	2006	Fritliggende enfamiliehus
F11	29.1.2008	10:10	2006	Fritliggende enfamiliehus
F12	10.2.2008	10:15	2006	Fritliggende enfamiliehus
F13	29.1.2008	16:20	2005	Fritliggende enfamiliehus
F14	26.2.2008	14:45	2005	Fritliggende enfamiliehus
F15	11.2.2008	16:05	2005	Fritliggende enfamiliehus
F16	26.2.2008	10:55	2005	Fritliggende enfamiliehus
F17	10.3.2008	12:50	2006	Fritliggende enfamiliehus
F18	30.1.2008	16:35	2006	Fritliggende enfamiliehus
F19	30.1.2008	10:25	2006	Fritliggende enfamiliehus
F20	17.12.2007	14:31	2006	Fritliggende enfamiliehus

Benævnelse	Byggeareal m ²	Byggeareal udnyttet m ²	Kælderareal m ²
F1	191	191	0
F2	151	151	0
F3	127	127	0
F4	216	216	0
F5	168	168	0
F6	202	202	0
F7	103	103	0
F8	103	103	0
F9	156	156	0
F10	186	186	0
F11	103	103	0
F12	227	227	0
F13	194	97	0
F14	154	154	91
F15	189	189	0
F16	129	129	0
F17	90	90	0
F18	253	253	0
F19	103	103	0
F20	164	164	0

Bilag 3 - Fortsat

Benævnelse	Ydervægmateriale	Tagmateriale	Varmeinstallation
F1	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Cementsten	Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr
F2	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Tegl	Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr
F3	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Metalplader (bølgeblik, aluminium og lignende)	Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr
F4	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Cementsten	Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr
F5	Træbeklædning	Cementsten	Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr
F6	Træbeklædning	Fibercement (asbestfri)	Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr
F7	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Cementsten	Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr
F8	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Tegl	Elovne, elpaneler
F9	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Cementsten	Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr
F10	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Tagpap (med taghældning)	Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr
F11	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Cementsten	Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr
F12	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Cementsten	Fjernvarme/blokvarme (radiator-systemer eller varmluftanlæg)
F13	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Tegl	Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr
F14	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Tegl	Elovne, elpaneler
F15	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Cementsten	Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr
F16	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Cementsten	Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr
F17	Træbeklædning	Tegl	Elovne, elpaneler
F18	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Cementsten	Fjernvarme/blokvarme (radiator-systemer eller varmluftanlæg)
F19	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Cementsten	Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr
F20	Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	Cementsten	Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr

Bilag 3 - Fortsat

Benævnelse	Placering 1	Måling 1 Bq/m ³	Placering 2	Måling 2 Bq/m ³	Gennemsnit Bq/m ³	Korrigeret Bq/m ³
F1	Soverum	236	Andet	133	185	277
F2	Dagligstue	85	Andet	244	165	247
F3	Soverum	126	Dagligstue	129	128	192
F4	Soverum	144	Andet	99	122	183
F5	Dagligstue	106	Soverum	127	116	174
F6	Dagligstue	93	Soverum	131	112	167
F7	Dagligstue	85	Soverum	112	98	147
F8	Dagligstue	69	Soverum	113	91	137
F9	Soverum	99	Gildestue	60	80	119
F10	Dagligstue	88	Soverum	70	79	118
F11	Ukendt	71	Ukendt	85	78	117
F12	Andet	96	Soverum	58	77	116
F13	Dagligstue	108	Soverum	42	75	112
F14	Soverum	66	Dagligstue	75	71	106
F15	Soverum	63	Dagligstue	63	63	94
F16	Dagligstue	63	Soverum	58	61	91
F17	Soverum	65	Dagligstue	55	60	90
F18	Soverum	55	Dagligstue	61	58	87
F19	Dagligstue	106	Soverum	9	57	86
F20	Soverum	59	Dagligstue	56	57	86

Benævnelse	Udluftning stue	Udluftning soveværelse	Husets ventilation*	Antal dage huset har stået tomt i måleperioden
F1	Dagligt	Dagligt	1	28
F2	Dagligt	Dagligt	3	0
F3	Dagligt	Af og til	3	0
F4	Dagligt	Dagligt	1	0
F5	Dagligt	Dagligt	2	0
F6				0
F7	Dagligt	Dagligt	2	0
F8	Dagligt	Dagligt	2	0
F9	Af og til	Dagligt	2	0
F10	Dagligt	Dagligt	2	10
F11	Dagligt	Dagligt	2	0
F12	Af og til	Dagligt	3	0
F13	Dagligt	Dagligt	3	15
F14	Dagligt	Dagligt	2	0
F15	Dagligt	Dagligt	3	0
F16	Dagligt	Dagligt	1	0
F17	Dagligt	Dagligt	3	0
F18	Af og til	Dagligt	3	14
F19	Dagligt	Dagligt	2	0
F20	Dagligt	Dagligt	2	0

* Ventilation:

Data er baseret på spørgeskemaer udsendt til deltagerne. Det er muligt at resultatet er behæftet med fejl (F1 svarer 1, men ved besøg er ventilationen vurderet til at være 2)

1) Mekanisk ventilationssystem med indblæsning og udsugning i de mest benyttede opholdsrum i huset

2) Aftrækskanaler med mekanisk udsugning i stue, soveværelse, køkken (emhætte) og/eller badeværelse

3) Kun aftrækskanaler med mekanisk udsugning i køkken (emhætte) og/eller badeværelse

Bilag 3 - Fortsat

Benævnelse	Temperatur °C	Tryk 1 Pa	Tryk 2 Pa	Tryk gennemsnit Pa
F1	22,4	1,1	0,9	1
F2	20,6	0,6	5	2,8
F3	20,6	1,5	1,4	1,45
F4	23,6	2,1	2	2,05
F5	21,8	1,5	0,8	1,15
F6	21,5	2	1,9	1,95
F7	20,7	2	0,8	1,4
F8	22,6	2	1,8	1,9
F9	22,5	1,6	1,7	1,65
F10	21,1	1	0,8	0,9
F11	20,4	1,5	2	1,75
F12	21,6	1,1	1,8	1,45
F13	21,6	5	2,5	3,75
F14	23,3	1	2	1,5
F15	21	3,2	3	3,1
F16	19,7	0,2	0,1	0,15
F17	19,8	2,2	1,2	1,7
F18	21,1	2,7	3,5	3,1
F19	21	1,5	1,5	1,5
F20	23,8	1,1	0,7	0,9

Benævnelse	Luftskifte h ⁻¹	CO ₂ ppm	H ₂ O mg/m ³	Relativ fugtighed % RH
F1	0,46	755	7,66	0,39
F2	0,31	923	9,86	0,55
F3	0,16	794	7,81	0,44
F4	0,33	866	8,14	0,38
F5	0,26	800	8,69	0,45
F6	0,22	1150	8,63	0,46
F7	0,17	898	8,92	0,50
F8	0,34	1490	10,9	0,54
F9	0,18	1080	9,05	0,45
F10	0,37	857	9,25	0,50
F11	0,21	1080	9,17	0,52
F12	0,76	773	7,94	0,42
F13	0,37	713	9,25	0,49
F14	0,45	870	10	0,48
F15	0,74	1320	10,3	0,56
F16	0,54	649	7,67	0,45
F17	0,23	691	7,38	0,43
F18	1,24	869	8,36	0,45
F19	0,26	794	8,67	0,47
F20	0,07	1000	9,82	0,46

Bilag 3 – Fortsat

Benæv- nelse	Areal uden for måling (Bryggers og badevæ- relse) m ²	Areal af måleom- rådet m ²	Antal spalteven- tiler	Antal spalteven- tiler i for- hold til areal ¹	Antal spalteven- tiler åbne ved be- søg	Antal spalteven- tiler i for- hold til areal*
F1	20	171	8	1,4	8	1,4
F2	7	144	0	-	-	
F3	17	110	9	2,5	3	0,8
F4	24	192	10	1,6	6,5	1,0
F5	21	147	8	1,6	7	1,4
F6	12	190	0	-	-	
F7	6	97	0	-	-	
F8	5	98	0	-	-	
F9	17	139	8	1,7	2,5	0,5
F10	17	169	5	0,9	5	0,9
F11	6	97	0	-	-	
F12	14	213	2	0,3	2	0,3
F13	20	77	8	3,1	0	0
F14	6	148	0	-	-	
F15	9	180	5	0,8	0	0
F16	22	107	9	2,5	3	0,8
F17	9	81	0	-	-	
F18	76	177	8	1,4	2	0,3
F19	6	97	0	-	-	
F20	19	145	7	1,5	0	0

¹Forholdet mellem åbningsarealet (cm²) af spalteventiler og måleområde (m²) i boligen, hvis alle spalteventiler er åbne.

² Forholdet mellem åbningsarealet (cm²) af spalteventiler og måleområde (m²) i boligen, som de var ved besøget.

Der er målt radonkoncentrationer i 200 fritliggende enfamiliehuse opført efter år 2000 i områder i Danmark, hvor radonforekomsten i undergrunden er stor. Sikring mod radon fra undergrunden i nye huse virker efter hensigten i langt de fleste tilfælde, og radonniveauet i fritliggende nye enfamiliehuse er væsentligt reduceret.

1. udgave, 2008

ISBN 978-87-563-1336-0