



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Efterlevelse af byggelovens bestemmelser om radonsikring

Rasmussen, Torben Valdbjørn

Publication date:
2019

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Rasmussen, T. V. (2019). *Efterlevelse af byggelovens bestemmelser om radonsikring*. (1 udg.) Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. SBI-rapport Bind 2019 Nr. 7

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

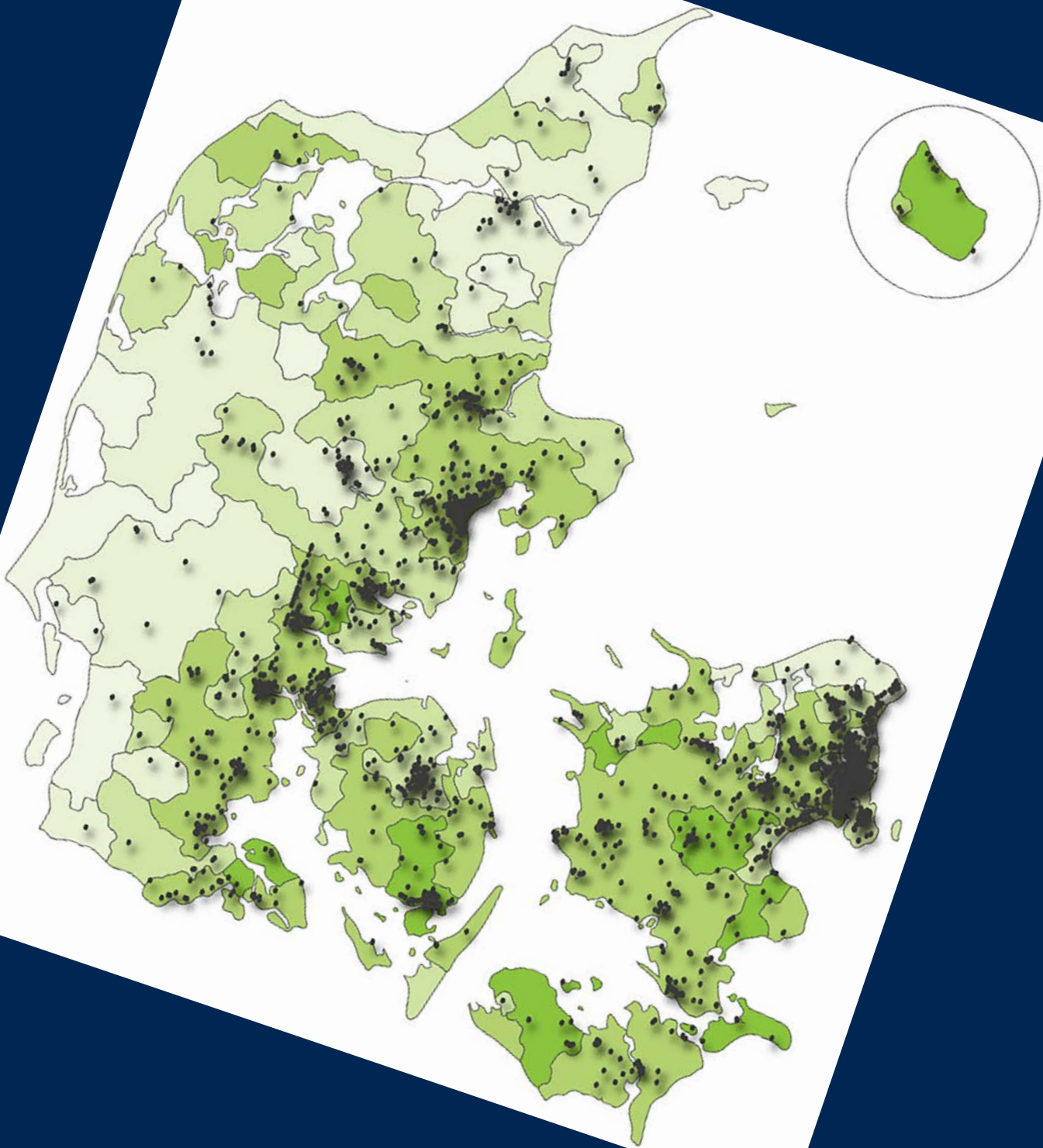
- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

SBI 2019:07

Efterlevelse af byggelovens
bestemmelser om radonsikring



Efterlevelse af byggelovens bestemmelser om radonsikring

Torben Valdbjørn Rasmussen

Titel	Efterlevelse af byggelovens bestemmelser om radonsikring
Serietitel	SBi 2019:07
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2019
Forfatter	Torben Valdbjørn Rasmussen
Redaktion	Lise Lotte Beck Raunkjær
Sprog	Dansk
Sidetæl	62
Litteratur-henvisninger	Side 38-39
Emneord	Radon, indeklime, boliger, måling, estimeret årsmiddelværdi, Bygningsreglement, krav, opførelsesår, byggesager.
ISBN	978-87-563-1929-4
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post sbi@sbi.aau.dk www.sbi.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretslove

Indhold

Forord	4
Sammenfatning	5
Indledning	7
Baggrund	7
Rapportens indhold og struktur.....	7
1 Fakta om radon og anden radioaktivitet.....	10
1.1 Radon	10
2 Tidligere undersøgelser.....	12
2.1 Naturlig stråling i danske boliger	12
2.2 Radon i danske boliger	12
2.3 Radon i énfamiliehuse opført 2005-2007	13
2.4 Radon i danske lejeboliger	13
3 Krav og anbefalinger	15
3.1 Bygningsreglementet	15
3.1 Sundhedsstyrelsens referenceniveau	16
4 Måleprogram	17
4.1 Valg af boliger	17
4.2 Undersøgelser	17
4.3 Målinger	18
4.4 Instrumenter og målemetode.....	18
4.5 Databehandling.....	19
5 Resultater	21
5.1 Gennemgang af byggesagen for udvalgte boliger	30
6 Diskussion	32
6.1 fordeling af boliger	32
6.2 Årsmiddelværdi	33
6.3 Boligens opførelsetidspunkt.....	34
6.4 gennemgang af boliger	35
7 Konklusion	36
Litteratur	38
Bilag A. Behandling af data fra 12.950 boliger.....	40
Bilag B. Behandling af data fra 3.762 boliger	41
Bilag C. Behandling af data fra 7.703 boliger.....	44
Bilag D. Regional fordeling af boliger	47
Bilag E. Nye boliger med for meget radon	56
Bilag F. Spørgeskema til boligejere.....	57
Bilag G. Informationer fra byggesager	60
Bolig A.....	60
Bolig B.....	60
Bolig C	61
Bolig D	62

Forord

De første bestemmelser om radonsikring kom i *Bygningsreglement 1995* (Bygge- og Boligstyrelsen, 1995) og er senere blevet skærpet i henhold til WHO's anbefalinger.

Denne rapport præsenterer en undersøgelse af radonindholdet i 12.950 énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført i perioden 1900 til 2018. Fælles for disse boliger er, at beboerne har valgt at måle radonindholdet ved at bestille målingen gennem hjemmesiden www.radonfrithjem.dk. Det målte radonindhold i hver bolig er sammenholdt med bestemmelserne i det bygningsreglement, der var gældende, da boligen blev opført. Med udgangspunkt i undersøgelsen er der i rapporten foretaget en vurdering af, hvorvidt byggelovens bestemmelser om radonsikring fra 2010 bliver fulgt og har effekt. Det er desuden undersøgt, om et udvalg af byggerier opført efter 2010, der ikke opfylder byggelovens radonbestemmelser, er forsøgt radonsikret, og i givet fald, hvorfor den anvendte radonsikring ikke har været tilstrækkelig.

Statens Byggeforskningsinstitut (SBI), Aalborg Universitet har gennemført undersøgelsen i samarbejde med Bolius. Bolius har stillet databasen med måledata fra www.radonfrithjem.dk til rådighed og formidlet kontakten mellem udvalgte boligejere og SBI.

Seniorforsker Torben Valdbjørn Rasmussen har været projektleder, og har analyseret data og udarbejdet rapporten. Lise Lotte Raunkjær har bearbejdet rapporten redaktionelt. Lars Køie og Claus Mackinney-Valentin fra Bolius har bistået med at beregne data efter SBI-anvisning 270, *Måling af radon i bygninger* og skabt kontakt til boligejerne. Studiemedhjælp Benjamin Rotendahl har bistået med at sortere data. SBI takker for bidragene.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Afdelingen for Byggeteknik og Proces
August 2019

Ruut Peuhkuri
Forskningschef

Sammenfatning

Denne rapport præsenterer en undersøgelse af radonindholdet målt i 12.950 boliger og sammenholder radonindholdet i hver bolig med bestemmelserne i det bygningsreglement, der var gældende, da boligen blev opført. Formålet er at undersøge, om byggelovens bestemmelser om radon efterleves i praksis og har effekt. Efterleves byggelovens bestemmelser og har de effekt i praksis, antages det, at det må kunne påvises, at bygninger opført efter 1995 og igen efter 2010 vil udvise et fald i indholdet af radon i indeluften. *Bygningsreglement 1995* (Bygge- og Boligstyrelsen, 1995) stiller krav om radonsikring og anbefaler, at radonindholdet i indeluften er under 200 Bq/m^3 . *Bygningsreglement 2010* (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010) stiller krav om, at indeluftens indhold af radon ikke overstiger 100 Bq/m^3 .

Undersøgelsen er gennemført ved at analysere boligoplysninger indhentet via hjemmesiden www.radonfrithjem.dk. Boligerne er fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført mellem 1900 og 2018. Databasen indeholder oplysninger om 12.950 boliger, hvor der er målt radon i indeluften i fyringssæsonen 2015/16, 2016/17, 2017/18 og i fyringssæsonen 2018 frem til slutningen af december. Målingerne blev foretaget med dosimetre. Mange målinger i boliger er dog foretaget ved at anvende for få dosimetre i forhold til målebetingelserne beskrevet i SBI-anvisning 270, *Måling af radon i bygninger* (Rasmussen, T.V, 2018). Derfor kan den estimerede årsmiddelværdi kun bestemmes for 3.762 af boligerne.

Undersøgelsen viser, at den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi (aritmetiske middel) for radon i boliger opført mellem 1900 og 2018 er 105 Bq/m^3 . Den estimerede årsmiddelværdi (aritmetiske middel) af radon i boliger opført i perioden 1900 til 1995 er 106 Bq/m^3 . For boliger opført mellem 1996 til 2009 er den 93 Bq/m^3 , og for boliger opført mellem 2010 til 2018 er den 58 Bq/m^3 . Hvis usikkerheden på $10\text{-}20 \text{ Bq/m}^3$ på bestemmelsen af radon tages i betragtning, viser undersøgelsen et markant fald i den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi (aritmetiske middel) for boliger opført efter 2010. Endvidere er andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for radon under 100 Bq/m^3 og særligt under 50 Bq/m^3 øget for fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført efter 2010 i forhold til tilsvarende boliger opført i perioden 1900 til 2009. Tilsvarende er antallet af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for radon højere end 100 Bq/m^3 faldende efter 2010. Undersøgelsen påviser således, at byggelovens bestemmelser om radon efterleves og har effekt i praksis, selvom antallet af boliger i de enkelte tidsintervaller for opførelsesåret er faldende og lavest for boliger opført mellem 2010 til 2018.

Cirka 9 % af de undersøgte danske fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført mellem 1900 og 2018 har en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften på over 200 Bq/m^3 . Omkring 41 % af de danske fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse har et radonindhold i indeluften over 100 Bq/m^3 . Andelen af boliger med over 100 Bq/m^3 radon falder fra 41 % for boliger opført i perioden 1900-1995 til 27 % for boliger opført i perioden 1996-2009 og til 11 % for fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført i perioden 2010-2018. For boliger opført i perioden 1900-1995 og 1996-2009 er andelen af boliger med et radonindhold i indeluften højest i intervallet $51\text{-}100 \text{ Bq/m}^3$. For boliger opført i perioden 2010-2018 er andelen højest i intervallet $0\text{-}50 \text{ Bq/m}^3$.

Boligerne, der indgår i undersøgelsen, ligger hovedsageligt i egne af landet, hvor tidligere undersøgelser har vurderet, at der er størst sandsynlighed for at finde fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med et indhold af

radon i indeluften over 200 Bq/m³. Desuden er fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført før 2010 overrepræsenteret i forhold til samtlige boliger af denne type i Danmark.

En gennemgang af et meget begrænset antal (4) fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, der er opført efter 2010, og som har et indhold af radon i indeklimaet over 100 Bq/m³ viser, at der blandt disse byggherrer, udførende og tilsynsførende er en manglende viden om projektering og udførelse af tilstrækkeligt lufttætte konstruktioner mod jord. Denne viden findes og er tilgængelig i den danske almene byggetekniske fælleseje.

Indledning

Baggrund

Radon er en naturligt forekommende radioaktiv luftart, der findes overalt i jorden. Radon trænger ind i bygninger med jordluft, som suges ind gennem revner og sprækker i konstruktioner mod jord, fx kældergulv, -væg og terrændæk, og fordeles i bygningen med de indendørs luftstrømme. Via utætheder til dræn og kloak kan radon også trænge ind til indeklimaet. Det kan fx ske gennem udtørrede vandløse og revner eller utætte samlinger i rør og muffe.

Radon i indeluften øger risikoen for lungekræft. Verdenssundhedsorganisationen, WHO, anbefaler, at radioaktiviteten i bygninger ligger under 100 Bq/m³ (becquerel per kubikmeter luft). Indånding af radon er ifølge WHO den vigtigste årsag til udvikling af lungekræft hos mennesker næst efter rygning. Rygning øger risikoen for udviklingen af lungekræft relateret til radon. I Danmark antages det, at radon i boligens indeluft er medvirkende årsag til ca. 300 tilfælde af lungekræft om året.

WHO's anbefalinger er første gang indarbejdet i *Bygningsreglement 2010* (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010) og videreført i *Bygningsreglement 2015* (Trafik- og Byggestyrelsen, 2015) og *Bygningsreglement 2018* (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2017).

Bygningsreglement 2018 (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2017) indeholder krav til radonindholdet i indeluften for nybyggeri og anbefalinger til radonindholdet i indeluften for eksisterende byggeri, i *Bygningsreglementets* vejledning om forureninger. *Bygningsreglementet* stiller krav om, at bygninger skal udføres, så det sikres, at radonindholdet ikke overstiger 100 Bq/m³. For byggeri opført efter tidligere bygningsreglementer end *Bygningsreglement 2010* (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010) anbefaler *Bygningsreglementets* vejledning om forureninger, at der etableres enkle og billige foranstaltninger, hvis niveauet af radon i indeluften ligger mellem 100 Bq/m³ og 200 Bq/m³. Måles radonindholdet i indeluften til over 200 Bq/m³ anbefales det, at der iværksættes mere effektive foranstaltninger, der kan reducere radon i indeluften (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2017).

Et referenceniveau på 100 Bq/m³ er også indført for arbejdstager på arbejdspladser (Sundhedsstyrelsen, 2018). Der er således i Danmark skabt en fælles opfattelse af, hvor højt radonniveauet bør være.

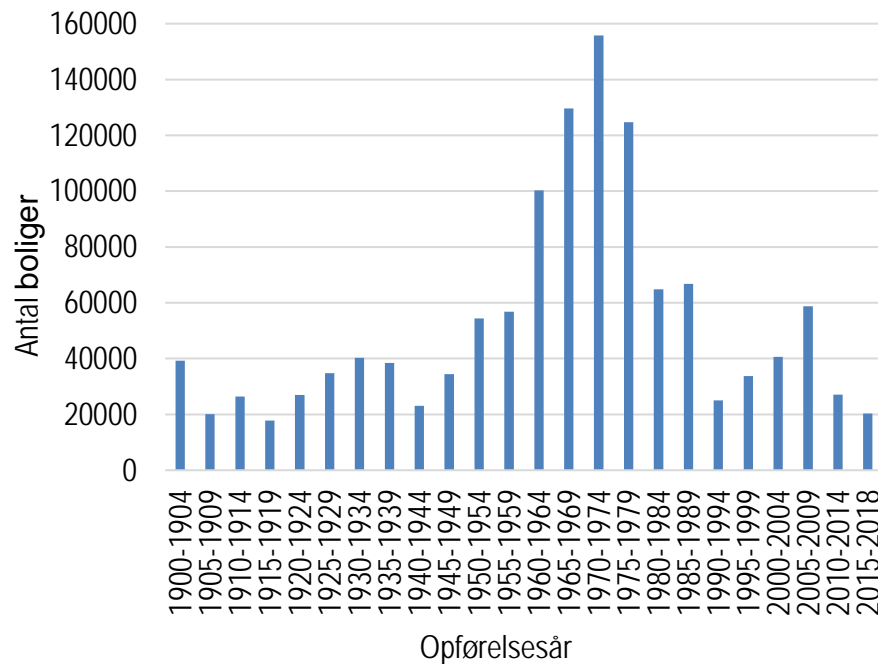
Rapportens indhold og struktur

I denne rapport præsenteres resultater af radonmålinger i 12.950 fritliggende énfamiliehuse samt kæde- og rækkehuse. Det har været muligt at estimere en årsmiddelværdi for radon i indeluften for 3.762 af disse bygninger.

Det er ikke undersøgt om ejendommene, som indgår i undersøgelsen kan anses for repræsentative for dansk byggeskik, eller om resultaterne på anden måde repræsenterer bygninger tilhørende bestemte befolkningsgrupper, socialt, uddannelses-, indkomst- eller aldersmæssigt.

Figur 1 viser antallet af énfamiliehuse samt kæde- og rækkehuse i Danmark fordelt efter opførelsestidspunkt i tidsintervaller fra år 1900 og frem. Sammenholdes Figur 1 med Figur 5 ses graden af overensstemmelse mellem opførte boliger og boliger, som indgår i undersøgelsen fordelt på opførelsesår. Figur 5 viser boliger, hvor det har været muligt at bestemme den

estimerede årsmiddelværdi, fordelt på opførelsesår. Estimeret årsmiddelværdi er beskrevet i afsnittet 4.5.1 *Estimeret årsmiddelværdi*.



Figur 1. Opgørelse over antal opførte fritliggende énfamiliehuse samt kæde- og rækkehuse i Danmark fordelt efter opførelsestidspunkt i tidsintervaller. Udtræk fra DST fra tabel BYGB60.

Undersøgelsens data er indhentet gennem www.radonfrithjem.dk, og resultatet af analysen af data er afrapporteret i denne rapport. Undersøgelsen er opdelt i to faser. Første fase er en analyse af databasen. Anden fase er en gennemgang af et udsnit af de bygninger, som er opført efter *Bygningsreglement 2010* (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010), og som har fået bestemt en estimeret årsmiddelværdi eller en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften over 100 Bq/m³. Tilnærmet estimeret årsmiddelværdi er beskrevet i afsnit 4.5.2 *Tilnærmet estimeret årsmiddelværdi*, og estimeret årsmiddelværdi er beskrevet i afsnit 4.5.1 *Estimeret årsmiddelværdi*.

Afsnittet 1 *Fakta om radon og anden radioaktivitet* forklarer, hvad radon er, og hvordan radon kan trænge ind i bygninger.

Afsnittet 2 *Tidligere undersøgelser* gennemgår konklusioner fra en række danske undersøgelser af radon i bygninger, der er sammenlignelige med de bygninger omfattet af denne undersøgelse.

Afsnittet 3 *Krav og anbefalinger* gennemgår den tidlige udvikling for anbefalinger og krav til radon for byggeri i Danmark.

Afsnittet 4 *Måleprogram* gør rede for hvorledes bygninger er kommet i databasen, som indgår i undersøgelsen. Ligeledes beskrives målingerne, der er foretaget i bygningerne. Afsnittet indeholder også den gennemgang, der er lavet af bygningerne, som indgår i anden fase af undersøgelsen. Afsnittet forklarer også, hvorledes årsmiddelværdien er bestemt, og hvad den er udtryk for.

Afsnittet 5 *Resultater* indeholder resultaterne af undersøgelsen og viser, i hvilket omfang *Bygningsreglementet fra 1995* (Bygge- og Boligstyrelsen, 1995) og *Bygningsreglementet fra 2010* (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010) kan tillægges betydning i forhold til indholdet af radon i indeklimaet i danske boliger.

Afsnittet 6 *Diskussion* diskuterer undersøgelsens resultater, mens afsnittet 7 *Konklusion* indeholder undersøgelsens konklusioner.

I bilagene er undersøgelsens data samlet i tabeller. *Bilag A* viser gennemsnitsbetragtninger for databasens 12.950 boliger og indeholder alle målinger

samlet, estimerede årsmiddelværdier, tilnærmede estimerede årsmiddelværdier og upræcise årsmiddelværdier, *Bilag B* viser alene estimerede årsmiddelværdier for 3.762 boliger, *Bilag C* viser gennemsnitsbetragtninger for alle databasens 7.703 boliger, herunder estimerede årsmiddelværdier og tilnærmede estimerede årsmiddelværdier. Tabellen i *Bilag D* indeholder detaljerede resultater på kommunalt niveau. *Bilag E* viser boliger, som kan indgå i den nærmere undersøgelse, *Bilag F* viser det spørgeskema, som er sendt til de boligejere, der har indvilliget i at deltage i spørgeskemaundersøgelsen og *Bilag G* beskriver informationer fra hver byggesag, tegninger og ejerens svar på spørgeskemaet.

1 Fakta om radon og anden radioaktivitet

1.1 Radon

Overalt i den danske undergrund findes grundstoffet radium. Ved henfald danner radium ædelgassen radon, som siver op gennem jorden. Radon frigives til luften fra det materiale, hvori den dannes. Dannes radon i undergrunden, frigives den til poreluften i jorden. Dannes radon i fx byggematerialer kan den frigives til indeluften. Radon henfalder selv til nye kortlevende radioaktive stoffer – "radondøtre". Ved henfaldet udsender radon og flere af radondøtrene meget korttrækkende alfastråling, som kan beskadige levende celler ved tilstrækkelig tæt kontakt. Radondøtrene er kemisk aktive og bindes let til partikler i luften og til overflader, fx til lungevævet ved indånding. Det er, når henfaldet sker i luftveje og lunger, at der udsendes ioniseret stråling, som kan skade celler og give lungekræft, (www.sst.dk).

Radon kan hverken lugtes, smages, høres, føles eller ses og efterlader ikke synlige spor, men radon i indeluften kan måles (Rasmussen, 2018). Radonindholdet i indeluften måles i Bq/m³ (becquerel pr. kubikmeter luft), hvilket angiver antallet af radioaktive henfald pr. sekund pr. kubikmeter luft.

Koncentrationen af radon er ofte 1.000-10.000 gange større i jorden end i luften udenfor, hvor koncentrationen er 5 Bq/m³, (www.sst.dk). Ingen bygninger er helt fri for radon, da der er mindst lige så meget radon i indeluften som i udeluften, hvis bygningen er ventileret med udeluft.

Mængden af radon i indeluften afhænger af fire parametre (Rasmussen, 2015):

- 1 Undergrunden, som huset er bygget på
- 2 Bygningens evne til at forhindre jordluftindtrængning, herunder konstruktionernes lufttæthed mod jord – terrændæk, kældergulv og -væg
- 3 Materialerne, som bygningen er opført af
- 4 Bygningens ventilation/udlufttilførsel, og hvor godt den tilførte luft til ventilationen fordeler sig i bygningen.

Radonmængden i indeluften i danske boliger er tidligere undersøgt i en større landsdækkende undersøgelse. Resultatet er vist i form af et kort over Danmark og kan ses på Sundhedsstyrelsens hjemmeside, www.sst.dk, under emnet *Kort over radon i Danmark*. Bygninger i de sværest ramte områder har størst risiko for at have et højt indhold af radon i indeluften. Det gælder især bygninger opført i perioder, hvor der ikke var fokus på at udføre lufttætte konstruktioner mod jord. Men også (Rasmussen, 2016):

- Hvis huset er fra før 1995 hvor bygningsreglementet for første gang stiller krav til konstruktioner mod jord for at mindske indtrængning af radon.
- Hvis kælderen ifølge BBR er godkendt til beboelse eller arbejdsrum
- Hvis huset har terrændæk, eller blot gulv direkte mod jord, eventuelt på et stabilt underlag, der tillader indtrængning af poreluft fra jord. Det kan fx være revnet beton eller stampet ler.
- Hvis der er brugt kapillarbrydende lag over 300 mm, der indeholder granit eller pegmatit.
- Hvis huset har sætningsskader, støbeskel, fx ved tilbygning, ombygning eller reparation eller revner i vægge og gulv mod jorden.
- Hvis huset i forbindelse med etablering af stikdræn er tilsluttet omfangsdræn.

- Hvis huset har indføringer af fx vandforsyning og afløbsrør, gulvløb, rensbrønd, kabler, kloak eller energiforsyning gennem gulv, fundament eller kældervægge i kontakt med jord.
- Hvis der er brugt materialer mod jord, der kan transportere luft, fx letklinkerbeton og hulsten af beton eller tegl. Selvom både beton og tegl er tætte i sig selv, kan dårligt udfyldte fuger resultere i stor radonindtrængning i huset.
- Hvis huset har et lavt luftsifte eller ikke er velventileret. Friskluftventiler kan være tilstoppede, og indvendige døre kan være lukkede og tætnede for at undgå fx træk, lugt eller støj.
- Hvis der i huset er brugt blåbeton (svenske porebetonelementer fra perioden 1929 til 1975). Blåbeton indeholder alunskifer som indeholder radium. Fra radium henfalder radon som en ædelgas. Betonen kaldes blåbeton på grund af dens karakteristiske blå farve. Blåbeton har været forhandlet i Danmark, men menes ikke at have været generelt anvendt.

2 Tidligere undersøgelser

2.1 Naturlig stråling i danske boliger

Statens Institut for Strålehygiejne og Forskningscenter Risø offentliggjorde i 1987 resultaterne af en landsomfattende repræsentativ undersøgelse af naturlig stråling i danske boliger (Statens Institut for Strålehygiejne og Forskningscenter Risø, 1987; Ulbak et al., 1988). Undersøgelsen omfattede målinger i 496 boliger. I ingen af de boliger, hvor der er målt, oversteg årsmiddelværdien af radonkoncentrationen 600 Bq/m^3 . Undersøgelsen resulterede i en gennemsnitsværdi omkring 50 Bq/m^3 .

2.2 Radon i danske boliger

En større undersøgelse foretaget af bl.a. Sundhedsstyrelsen (Andersen et al., 2001) viste, hvor huse med særlig højt indhold af radon i indeluften forekommer hyppigst. Undersøgelsen omfattede 3019 énfamiliehuse og 101 etageboliger. Hovedparten af målingerne foregik fra slut november 1995 og et år frem. Målingerne er således årsmiddelværdier. Undersøgelsen fandt det aritmetiske gennemsnitlige radonniveau i boliger til 77 Bq/m^3 for énfamiliehuse og 18 Bq/m^3 for etageejendomme. Det gennemsnitlige radonniveau vægtet efter indbyggertal blev bestemt til 59 Bq/m^3 . Ifølge undersøgelsen havde ca. 5 % af énfamiliehusene i Danmark et radonindhold over 200 Bq/m^3 . Det svarede i 2001 til 65.000 huse. Undersøgelsen konkluderede, at radonproblemet i danske énfamiliehuse er større end hidtil antaget. Ligeledes blev det konkluderet, at der ikke forekommer væsentlige radonmæssige problemer i danske etageboliger. I fx Nordjylland var andelen af huse med et indhold af radon i indeluften over 200 Bq/m^3 mindre end 1 %, men på fx Fyn og Bornholm var indholdet af radon i indeluften over 200 Bq/m^3 i mere end 10 % af husene. 15 huse i undersøgelsen havde et indhold af radon i indeluften på over 400 Bq/m^3 .

En regressionsanalyse i forbindelse med undersøgelsen viste desuden en sammenhæng mellem indholdet af radon i indeluften i bygningen og forskellige faktorer. De vigtigste faktorer er kælderforhold, jordart og dermed landsdel. Analysen bekræfter, at jorden under huset er den vigtigste kilde til radon i indeluften i danske énfamiliehuse. 103 af de énfamiliehuse, der indgik i undersøgelsen, var opført i perioden 1988-1995. Disse huse betragtes i undersøgelsen som nyere énfamiliehuse. Undersøgelsen gav ikke anledning til at tro, at en væsentlig del af disse nyere danske énfamiliehuse havde en lufttæt konstruktion mod jord. Undersøgelsen gav et billede af sammenhængen mellem geologi og radon i indeluften i en bygning. Yderligere påviste undersøgelsen, at der er radonmæssig forskel på moræneler, smeltevandsgrus og morænesand, som giver mest radon i énfamiliehuse, og flyvesand, saltvandsand og ferskvandstørv, som giver mindst. Der er dog risiko for et højt indhold af radon i indeluften overalt i landet. Undersøgelsen er grundlag for det såkaldt Radonkort over Danmark. Rapporten over undersøgelsen og det oprindelige kort er tilgængeligt på Sundhedsstyrelsens hjemmeside, www.sst.dk, under emnet *Kort over radon i Danmark*. Kortet er revideret i forhold til de nuværende 98 kommuner i Danmark og præsenteret på hjemmesiden www.radonguiden.dk (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019).

2.3 Radon i énfamiliehuse opført 2005-2007

Statens Byggeforskningsinstitut (SBI), Aalborg Universitet offentliggjorde i 2008 målinger af indholdet af radon i indeluften i 200 nyere fritliggende énfamiliehuse opført i perioden 2005-2007. Husene var bygget på steder, hvor radonforekomsten i jorden er stor (Jensen & Gunnarsen, 2008).

Undersøgelsen viste, at 1 % af de undersøgte boliger havde et indhold af radon i indeluften over 200 Bq/m³, og at 7 % af de undersøgte boliger havde et indhold af radon i indeluften over 100 Bq/m³. Der blev desuden målt luftskifte i de 10 % af boligerne, der havde de højeste indhold af radon i indeluften. Middelværdien for luftskiftet blev målt til 0,38 gang pr. time. *Bygningsreglement 2018* (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2017) kræver for fritliggende énfamiliehuse, at der i hvert beboelsesrum og i huset som helhed er en tilførsel af udeluft på mindst 0,3 l/s pr. m² opvarmet etageareal, hvilket i boliger med almindelig rumhøjde tilnærmelsesvis svarer til ca. 0,5 gang pr. time. Målingen af radon blev foretaget uden for opvarmningssæsonen i perioden juli til september 2007. Skal målingen anvendes til bestemmelse af en estimeret årsmiddelværdi, for radonindholdet i indeluften, skal målingen foretages i fyringssæsonen. Fyringssæsonen er fra 1. oktober til 30. april. Undersøgelsens resultater for radon i indeluften er på grund af måletidspunktet ikke direkte sammenlignelige med målinger foretaget efter retningslinjerne beskrevet i SBI-anvisning 270, *Måling af radon i bygninger* (Rasmussen, T.V., 2018).

2.4 Radon i danske lejeboliger

Statens Byggeforskningsinstitut (SBI), Aalborg Universitet offentliggjorde i 2016 målinger af indholdet af radon i indeluften i 221 danske boliger til leje. I undersøgelsen kortlægges radonindholdet i indeluften, og det undersøges, hvordan indholdet af radon i indeluften er fordelt og spredes i en ejendom, og om det er muligt at pege på en bygningsdel eller en bygningskomponent som en spredningsvej for radon i boliger. Boligerne er lejeboliger opført som etageejendomme, kæde- og rækkehuse i perioden 1850 og frem. De udvalgte ejendomme lå i egne af landet, hvor der i tidligere undersøgelser har vist sig at være størst sandsynlighed for et højt indhold af radon – over 200 Bq/m³, i indeluften. Koncentrationen af radon er målt over vinteren 2013/14 og 2014/15 ved hjælp af sporfilmsmetoden, og måleperioderne strakte sig fra november til maj. Den estimerede årsmiddelværdi er bestemt for indholdet af radon i indeluften for 221 individuelle boliger (Rasmussen & Skytte Clausen, 2016).

Undersøgelsen viste, at sandsynligheden for et indhold af radon i indeluften over 100 Bq/m³ i boliger i etageejendomme er meget lille i stueetagen over kælder og højere oppe i etagerne og i boliger over stueetagen, hvis der er terrændæk. Samlet set viste undersøgelsen, at ca. 6 % af lejeboligerne havde et indhold af radon i indeluften højere end 100 Bq/m³, hvoraf niveauet i ca. 1 % af boligerne var over 200 Bq/m³. For boliger i etageejendomme havde 94 % et indhold af radon lavere end 50 Bq/m³ og 6 % et indhold i intervallet 50-100 Bq/m³.

For kæde- og rækkehuse alene viste undersøgelsen, at 52 % af lejeboligerne havde et indhold af radon højere end 100 Bq/m³, hvoraf niveauet i 12 % af husene var over 200 Bq/m³. Yderligere viste undersøgelsen, at der er lige stor sandsynlighed for et indhold af radon i indeluften over 100 Bq/m³ i stueetagen i kæde- og rækkehuse med terrændæk, kælder eller krybekælder. De enkelte målinger viste inden for samme bygning væsentligt forskelligt radonniveau lokalt med en generelt fin overensstemmelse mellem første og anden bestemmelse af estimeret årsmiddelværdi ud fra en betragtning af den tilknyttede usikkerhed.

Der kunne ikke peges på en bestemt bygningsdel eller en bygningskomponent som en vigtig kilde eller fordelingsvej for radon i boliger. Dog er der et lavt indhold af radon i indeluften, hvor der ikke er tydelige tegn på utæthed omkring rørføringer, hvor der er udført renovering af kældergulvet, hvor etageadskillelsen består af arealer af beton og arealer af træ, hvor ventilation af boligen inkluderer varmegenvinding og for ejendomme med elevator.

3 Krav og anbefalinger

3.1 Bygningsreglementet

3.1.1 De første krav og anbefalinger

Bygningsreglement 1995 er det første bygningsreglement, der indeholder krav om radonsikring (Bygge- og Boligstyrelsen, 1995). Kravet til radon i *Bygningsreglement 1995* (Bygge- og Boligstyrelsen, 1995) blev indført i *Bygningsreglement for småhuse* (Bolig- og Byministeriet, 1998). Kravet blev formuleret således: 'Bygningskonstruktioner mod undergrunden skal udføres lufttætte'. Yderligere blev det i den tilhørende vejledningstekst til kravet anbefalet (Bolig- og Byministeriet, 1998), at der blev iværksat enkle og billige forbedringer, når radonindholdet i eksisterende boliger var mellem 200 og 400 Bq/m³, og at der blev iværksat mere effektive forbedringer, når radonindholdet oversteg 400 Bq/m³. For nybyggeri blev det anbefalet, at radonindholdet ikke oversteg 200 Bq/m³.

3.1.2 Skærpelse af krav og anbefalinger

I 2009 kom Verdenssundhedsorganisationen, WHO, med anbefalinger om at indføre grænseværdier for radon i indeluften. De nordiske sundhedsmyndigheder, herunder Sundhedsstyrelsen (Sundhedsstyrelsen, 2009), fulgte WHO's anbefalinger.

Da radioaktiviteten fra naturlige kilder hovedsageligt stammer fra radon, anbefaler WHO, at bygninger opføres og udføres, så radonindholdet indendørs ikke overstiger 100 Bq/m³. I lande hvor dette af særlige årsager ikke er muligt, anbefaler WHO, at den tilladte grænseværdi for radioaktivitet ikke overstiger 300 Bq/m³.

Kravet til radonindholdet i indeluften blev efter WHO's anbefaling efterfølgende skærpet i *Bygningsreglement 2010* (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010), og følger WHO's anbefalinger om, at den tilladte radioaktivitet i bygninger fra naturlige kilder bør ligge under 100 Bq/m³. *Bygningsreglement 2010* (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010) stiller krav til radonindholdet i indeluften i nybyggeri og anbefalinger til radonindholdet i indeluften i eksisterende byggeri, se *Bygningsreglement 2010*, afsnit 6.3.3.2 (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010). Kravet er formuleret således: 'Bygningen skal udføres, så det sikres, at radonindholdet ikke overstiger 100 Bq/m³. For eksisterende byggeri anbefales, at der etableres enkle og billige foranstaltninger, hvis niveauet af radonindholdet i indeluften ligger mellem 100 Bq/m³ og 200 Bq/m³. Måles radonindholdet i indeluften til over 200 Bq/m³, anbefales det, at der iværksættes mere effektive foranstaltninger til reduktion af radon i indeluften.

I vejledningsteksten til *Bygningsreglement 2010* står der, at det er muligt at måle radon, og der gives anbefalinger til husejere om, hvorledes målingerne bør foretages. Der gives dog ingen klare anbefalinger til husejere om, at det bør gøres. (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010).

Kravet til radon i indeluften formuleret i *Bygningsreglement 2010* (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010) er videreført i *Bygningsreglement 2015* (Trafik- og Byggestyrelsen, 2015) og i *Bygningsreglement 2018* (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2017). I *Bygningsreglement 2018* (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2017) er kravet i sin funktion uændret, men det er gjort tydeligt, at radonmålinger kan foretages, så det er muligt at bestemme den estimerede årsmiddelværdi, der skal lægges til grund for vurdering af indeluftens indhold af radon, se afsnittet 4.5.1 *Estimeret årsmiddelværdi* eller SBI-anvisning 270, *Måling af radon i bygninger* (Rasmussen, 2018).

3.1 Sundhedsstyrelsens referenceniveau

Sundhedsstyrelsen har fastsat et referenceniveau for radonkoncentrationen på arbejdspladser. Det betyder, at indholdet af radon i indeluften bør være højst 100 Bq/m³ i brugstiden (Sundhedsstyrelsen, 2018). Udførelse af målinger til dokumentation for, at referenceniveauet er opfyldt i boliger og andre typer bygninger, er beskrevet i SBI-anvisning 270, *Måling af radon i bygninger* (Rasmussen, 2018). Referenceniveauet støtter op om bygningsreglementets krav til bygninger opført efter *Bygningsreglement 2010* (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010) og senere og de anbefalinger, der er givet i de samme bygningsreglementer til bygninger opført før 2010.

Indførelsen af referenceniveauet i Danmark er en udmøntning af et EU-direktiv. Ifølge direktivet skal EU's medlemsstater indføre grænseværdier for radonkoncentrationer i nye bygninger samt referenceniveauer for eksisterende bygninger og arbejdspladser. Det fremgår af Strålebeskyttelsesdirektivet, 2013/59/EURATOM af 5. december 2013 (Rådet for den europæiske union, 2013).

Sundhedsstyrelsen vejleder om de hensyn, der kan være relevante at tage i betragtning, når omfanget af radonsænkende tiltag skal vægtes i forhold til det målte indhold af radon i indeluften.

Der findes ingen dokumenteret nedre grænse for, hvornår radonudsættelse medfører en sundhedsrisiko (World Health Organization, 2009). Man bør derfor altid tilstræbe et så lavt radonindhold som det med rimelighed er muligt. Det anbefales derfor at anvende byggetekniske løsninger, som hindrer radonindtrængning, og som i kombination med ventilation af bygningen sikrer et lavt radonindhold i indeluften (Rasmussen, 2018; Rasmussen 2015 a; Rasmussen 2015 b).

4 Måleprogram

4.1 Valg af boliger

Ejerne af de boliger, der indgår i undersøgelsen, har rekvireret målere gennem hjemmesiden www.radonfrithjem.dk. Hjemmesiden www.radonfrithjem.dk er en del af Realdanias initiativ til at forbedre indeklimaet. Initiativet administreres af Bolius og er igangsat for at øge kendskabet til den radioaktive gasart radon, som anses som et overset problem. Hjemmesiden henvender sig til boligejere og:

- orienterer om radon
- gør det nemt at få gennemført en radonmåling
- guider ejerne i forbindelse med bestilling af det rette antal dosimetre til det enkelte hus
- skaber kontakten til et målefirma
- håndterer betalingen og vejleder til løsninger, hvis ejeren ønsker at nedbringe radonniveauet
- opsamler målinger rekvireret gennem hjemmesiden.

4.2 Undersøgelser

Målinger af radon er blevet samlet i en database. Målingerne er blevet gennemgået og resultaterne er blevet sammenholdt med BBR-oplysninger for den enkelte bolig. Resultaterne er blevet sorteret og sammenholdt med bygningsreglementets tidlige bestemmelser om radon. Ejere af boliger opført efter 2010 med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften på mere end 100 Bq/m³ er efterfølgende blevet kontaktet med henblik på en bygningsgennemgang i form af en spørgeskemaundersøgelse. Bygningsgennemgangen har til formål at gennemgå og vurdere den udførte radonsikring.

4.2.1 Radonmålinger

De bygningsejere, der rekvirerede dosimetre fra hjemmesiden www.radonfrithjem.dk fik tilsendt dosimetre samt en vejledning i opsætning af disse. Det antal dosimetre, som den enkelte rekvireret har skønnet nødvendigt og tilstrækkeligt, blev tilsendt. Vejledningen til antal dosimetre blev givet på hjemmesiden. Ved opsætning blev det enkelte dosimeter registreret med nummer og placering i forhold til adresse og typen af rum samt dato for opsætning. Ved endt måling blev datoen for nedtagning registreret.

Dosimetrene er leveret af en række målelaboratorier i Europa, hvortil dosimetrene også er blevet returneret med henblik på at analysere radonkoncentrationen for hvert dosimeter og bestemmelse af indholdet af radon i den enkelte bygning. Resultaterne er indrapporteret til databasen.

En lang række virksomheder tilknyttet hjemmesiden stod for håndtering af dosimetre samt registrering af adresser og resultater. Databasen indeholder sammenhængende informationer om placering af dosimeter, den enkelte måling af radonkoncentrationen og det beregnede indhold af radon i den enkelte bygning.

Radonmålinger foretaget i fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse blev udtaget af databasen til videre bearbejdning.

4.2.2 Bygningsgennemgang

Der er foretaget en byggeteknisk granskning af de boliger, der er opført efter *Bygningsreglement 2010* (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010), og hvor den estimerede årsmiddelværdi eller den tilnærmede estimerede årsmiddelværdi overstiger 100 Bq/m³. Tilnærmet estimeret årsmiddelværdi er beskrevet i afsnittet 4.5.2 *Tilnærmet* estimeret årsmiddelværdi, og estimeret årsmiddelværdi er beskrevet i afsnit 4.5.1 *Estimeret* årsmiddelværdi. Med Boligejerens accept er målerapporten for målingen af radon blevet gennemgået. Yderligere er der indhentet konstruktionstegninger for boligen, og ejeren har udfyldt et spørgeskema. Spørgeskemaet er vedlagt i *Bilag F*. En oversigt over boligerne er angivet i *Bilag E*. Informationerne for boligen er sammenholdt og det er undersøgt, hvorfor bygningsreglementets bestemmelser ikke er opfyldt, fx om byggeriet er forsøgt radonsikret, og i givet fald hvorfor den anvendte radonsikring ikke har været tilstrækkelig.

Tegninger af de enkelte boliger er anskaffet fra hjemmesiden www.weblager.dk eller ved henvendelse til kommunen eller bygherren. Målerapporterne fra målingen af radon er udleveret fra Bolius og spørgeskemaet er sendt digitalt til boligejeren.

Informationer fra målingen, byggesagen samt tegninger og ejerens svar på spørgsmålene er sammenfattet for den enkelte bolig.

4.3 Målinger

Målingerne foregik i perioden oktober 2015 til december 2018. Måleperioderne havde en længde på 2 til 3 måneder.

4.4 Instrumenter og målemetode

Til måling af indholdet af radon i indeluften blev sporfilmismetoden i form af lukkede dosimetre anvendt. Lukkede dosimetre anbefales anvendt til bestemmelse af radon og estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften i boliger, da boliger anvendes hele døgnet. Sundhedsstyrelsen i Danmark har vurderet, at lukkede dosimetre giver det bedste grundlag for vurdering af radonindholdet i indeluften og den dertilhørende vurdering af sundhedsrisici og stråledoser (www.sst.dk).

Når radon eller radondøtre henfalder i et lukket dosimeter, rammer alfa-partiklerne overfladen på sporfilmene, der består af cellulosenitrat eller polyester. Herved opstår skader eller spor, som bliver synlige gennem kemisk ætsning af filmen. Sporene tælles i mikroskop og giver dermed grundlag for vurdering af radonindholdet i indeluften. Estimeret årsmiddelværdi for en bygning bestemmes ud fra målinger med dosimetre placeret i boligens opholdsrum i en periode på mere end 60 dage.

Boligejerne fik sammen med de bestilte dosimetre information om, at dosimetrene skulle placeres i opholdsrum, som benyttes flere timer dagligt. Gerne i soverum og i stue, men helst ikke i et WC-rum eller køkken. Ved målinger i boliger med flere etager skulle målinger foretages på samtlige etager, der bruges til ophold. I de enkelte rum blev det anvist, at dosimetret skulle placeres, så det ikke ville blive udsat for kraftige luftstrømme eller høj varme. Det måtte således ikke blive udsat for direkte sollys, og det skulle helst placeres 1,5 meter fra luftindtag, yderdør, vindue, radiator, tv, lampe eller anden varmekilde samt 0,5 meter fra luftudsugning. Det blev ligeledes anvist, at dosimetret af samme grund ikke skulle placeres på gulvet og mindst skulle have en afstand på 0,25 meter fra en væg.

Indholdet af radon i indeluften målt med lukkede dosimetre bestemmes med en usikkerhed på 10 til 15 %.

4.5 Databehandling

Hvis en bolig er i ét plan, beregnes årsmiddelværdien som middelværdien af målingerne.

Hvis en bolig er i flere etager, beregnes årsmiddelværdien ved først at beregne middelværdien af målingerne på de enkelte etager. Dernæst beregnes middelværdien for boligen som middelværdien af radonindholdet bestemt for hver etage.

Der blev gennemført en stikprøvekontrol af 40 målerapporter i databasen. På den baggrund blev systematiske fejl rettet og årsmiddelværdier i databasen genberegnet i overensstemmelse med retningslinjerne i SBI-anvisning 270, *Måling af radon i bygninger* (Rasmussen, 2018). Dernæst blev alle beregnede årsmiddelværdier over 600 Bq/m³ gennemgået i forhold til indberettede værdier og de tilknyttede målerapporter. To målerapporter viste sig at indeholde fejl og blev fjernet fra databasen forud for databehandlingen. Stikprøvekontrollen af beregninger af årsmiddelværdier, indberettede værdier for de enkelte boliger og deres tilknyttede målerapporter blev gennemført for at validere databasen. Stikprøvekontrollen gav ikke anledning til at søge efter andre fejl. De to målerapporter med fejl indeholdt tastefejl på én indrapporteret værdi.

Indberettede målinger for bygninger opført før år 1900 blev sorteret fra forud for databehandlingen.

I behandling af data er der arbejdet med tre begreber. Begreberne er:

- Estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften
- Tilnærmet estimeret årsmiddelværdi for indhold af radon i indeluften
- Upræcis årsmiddelværdi.

Ved sorteringen af data er BBR-oplysningerne om den enkelte bygning benyttet. BBR-oplysningerne indeholder information om bygningens anvendelse, antallet af opholdsrum ved bygnings opførelsestidspunkt, oplysninger om antallet af etager samt forhold vedrørende kælder og krybeklæder, opførelsesår og boligens regionale placering. Med kendskab til antallet af opholdsrum i boligen er det muligt at vurdere behovet for antallet af dosimetre. Antallet af dosimetre er vurderet i forhold til at opnå et repræsentativt måleresultat for radon i indeklimaet, bestemt som en årsmiddelværdi.

I databehandlingen indgår fritliggende énfamiliehuse samt kæde- og rækkehuse. Disse bygninger er udvalgt for yderligere analyse, da tidligere undersøgelser af indholdet af radon i indeklimaet er udført for netop den bygningstype. Ligeledes er det valgt at se bort fra bygninger opført før 1900. Bygninger med ukendt opførelsesår tildeles opførelsesåret 1900. Der vil således være et stort antal bygninger med opførelsesåret 1900 og en væsentlig usikkerhed om antallet af bygninger inden for de enkelte opførelsesår før 1900. År 1900 repræsenterer således bygninger med ukendt opførelsesår opført før år 1900. Ved databehandlingen skelnes der mellem bygninger opført før 1995, mellem 1996 og 2009 samt 2010 og frem til 2018. Bygninger opført før 1995 er ikke omfattet af krav vedrørende radon. Bygninger opført mellem 1995 og 2010 er omfattet af det krav til radon, der første gang er defineret i *Bygningsreglement 1995*, (Bygge- og Boligstyrelsen, 1995). Bygninger opført efter 2010 er omfattet af ydeevnekravet om, at den estimerede årsmiddelværdi ikke må overskride 100 Bq/m³ i indeluften.

For boliger, hvor der er målt meget lave værdier af radon (mindre end 10 Bq/m³) har analyseinstituttet vurderet værdien til at være mindre end selve detektionsgrænsen. Disse værdier indgår dog i undersøgelsen med den af analyseinstituttet vurderede værdi.

4.5.1 Estimeret årsmiddelværdi

Den estimerede årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften er den værdi for radon i indeklimaet, som der stilles krav til for bygninger opført efter

Bygningsreglementet 2018 (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2017). *Bygningsreglement 2010* (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010) og *Bygningsreglement 2015* (Trafik- og Byggestyrelsen, 2015) indeholder et tilsvarende krav dog formuleret således at radonindholdet ikke må overstige 100 Bq/m³ for en måling der bør foretages over mindst 2 måneder i fyringssæsonen og bør resultere i en beregnet gennemsnitlig radonkoncentration over et helt år - årsmiddelværdien for boligen, med henvisning til Sundhedsstyrelsen, Strålebeskyttelse, www.sst.dk

Den estimeret årsmiddelværdi kan bestemmes, hvis målebetingelserne beskrevet i SBI-anvisning 270, *Måling af radon i bygninger* (Rasmussen, T.V, 2018) kan antages at være opfyldt.

Er der overensstemmelse mellem det mindste antal dosimetre angivet i SBI-anvisning 270, *Måling af radon i bygninger* (Rasmussen, T.V, 2018) og boligens anførte antal opholdsrum, kan målingen benyttes til beregning af den estimerede årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften.

Er der ifølge BBR fire opholdsrum eller færre i boligen, skal der for boligen være bestilt et antal dosimetre svarende til antallet af opholdsrum anført i BBR, dog mindst to dosimetre.

Er der ifølge BBR flere opholdsrum end fire i boligen, skal der for boligen være bestilt fire dosimetre plus et dosimeter for hvert tredje opholdsrum, ud over de første fire opholdsrum, anført i BBR. Databasen indeholder 3.762 estimerede årsmiddelværdier.

4.5.2 Tilnærmet estimeret årsmiddelværdi

Indholdet af radon i indeluften er i visse tilfælde målt, uden at målebetingelserne beskrevet i SBI-anvisning 270, *Måling af radon i bygninger* (Rasmussen, 2018) er opfyldt. Målingen kan være foretaget med lidt for få dosimetre i forhold til antallet af opholdsrum.

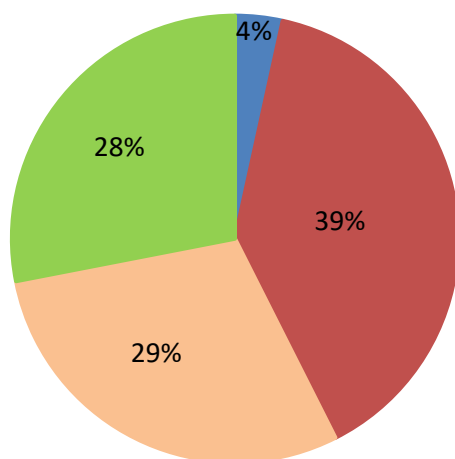
Er der ikke overensstemmelse mellem det mindste antal dosimetre angivet i SBI-anvisning 270, *Måling af radon i bygninger* (Rasmussen, 2018) og boligens anførte antal opholdsrum i BBR, kan målingen ikke benyttes til beregning af den estimerede årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften. Der mangler i nogle tilfælde kun ét enkelt dosimeter, mens der i andre tilfælde mangler flere dosimetre i forhold til antallet af opholdsrum. Ved behandling af data er målinger af radon i boliger benyttet, hvor der mangler én måling fra ét dosimeter i forhold til det antal dosimetre, som er anført i SBI-anvisning 270, *Måling af radon i bygninger* (Rasmussen, 2018). Det beregnede indhold af radon i indeluften betegnes i det tilfælde som tilnærmet estimeret årsmiddelværdi. Dog skal der mindst være anvendt to dosimetre til måling af radon i boligen. Databasen indeholder 3.941 tilnærmede estimerede årsmiddelværdier.

4.5.3 Upræcis årsmiddelværdi

I databehandlingen er årsmiddelværdien for boliger også bestemt i de tilfælde hvor målingen er foretaget med et antal dosimetre som hverken opfylder betingelserne for estimeret årsmiddelværdi eller tilnærmet estimeret årsmiddelværdi. Ved beregningen er der ikke et krav til antal dosimetre i forhold til boligens opførte antal opholdsrum. Dog skal der mindst være anvendt ét dosimeter til måling af radon i boligen. Databasen indeholder 5.247 upræcise årsmiddelværdier.

5 Resultater

Koncentrationen af radon i indeluften i boliger er bestemt i fyringssæsonen 2015/16, 2016/17, 2017/18 samt i fyringssæsonen 2018, frem til slutningen af december 2018. Målingerne blev foretaget i fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med dosimetre. Fælles for målingerne er, at de er blev afsluttet og indberettet i databasen af målefirmaet, som har stået for målingen. Figur 2 viser en grafisk gengivelse af kvaliteten af databasens måleresultater.



- Andre bygninger end fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse (4 %)
- Fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med upræcis årsmiddelværdi (39%)
- Fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med tilnærmet estimeret årsmiddelværdi (29%)
- Fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med estimeret årsmiddelværdi (28%)

Figur 2. Databasens måleresultater opdelt efter radonmålingens kvalitet.

Databasen indeholder frem til slutningen af december 2018 måleresultater fra 13.411 bygninger, hvor der er gennemført målinger af indholdet af radon i indeluften. Af databasens 13.411 bygninger udgør 12.950 (96%) fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse.

Den estimerede årsmiddelværdi og den tilnærmede estimerede årsmiddelværdi af radon i indeluften kan bestemmes for 7.703 (57%) af de fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, se 4.5.2 *Tilnærmet estimeret årsmiddelværdi* og 4.5.1 *Estimeret årsmiddelværdi*.

Den estimerede årsmiddelværdi af radon i indeluften kan bestemmes for 3.762 (28%) af de fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, se 4.5.1 *Estimeret årsmiddelværdi*.

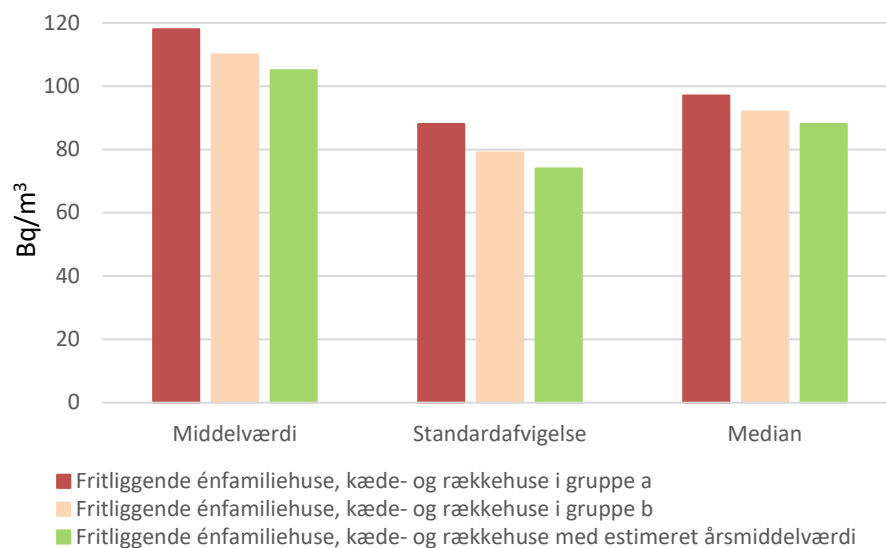
For de 12.950 boliger, som ifølge BBR er fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse til beboelse, er den gennemsnitlige årsmiddelværdi for radon i indeluften 118 Bq/m³. I 5.247 af de 12.950 boliger er der ikke anvendt det antal dosimetre, der er påkrævet, når man skal bestemme den tilnærmede estimerede årsmiddelværdi eller den estimerede årsmiddelværdi for radon i indeluften. I 5.247 boliger er der udført upræcise målinger til bestemmelse af indholdet af radon i indeklimaet og de udgør 39 % af databasen. I 9.188 af de 12.950 boliger er der ikke anvendt det antal dosimetre, der er påkrævet, når man skal bestemme den estimerede årsmiddelværdi for radon i indeluften. Der er således anvendt et utilstrækkeligt antal dosimetre i forbindelse med hovedparten af de gennemførte målinger i forhold til BBR-oplysningerne om antallet af opholdsrum i boligerne.

For de 7.703 boliger, hvor der er gennemført målinger til bestemmelse af estimeret årsmiddelværdi eller tilnærmet estimeret årsmiddelværdi af radon i indeluften, er den gennemsnitlige årsmiddelværdi 110 Bq/m³.

For de 3.762 boliger, hvor der er gennemført målinger til bestemmelse af den estimerede årsmiddelværdi af radon i indeluften, er den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi 105 Bq/m³.

Figur 3 viser den beregnede middelværdi, standardafvigelse og median for fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse for måling af upræcis årsmiddelværdi, tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften.

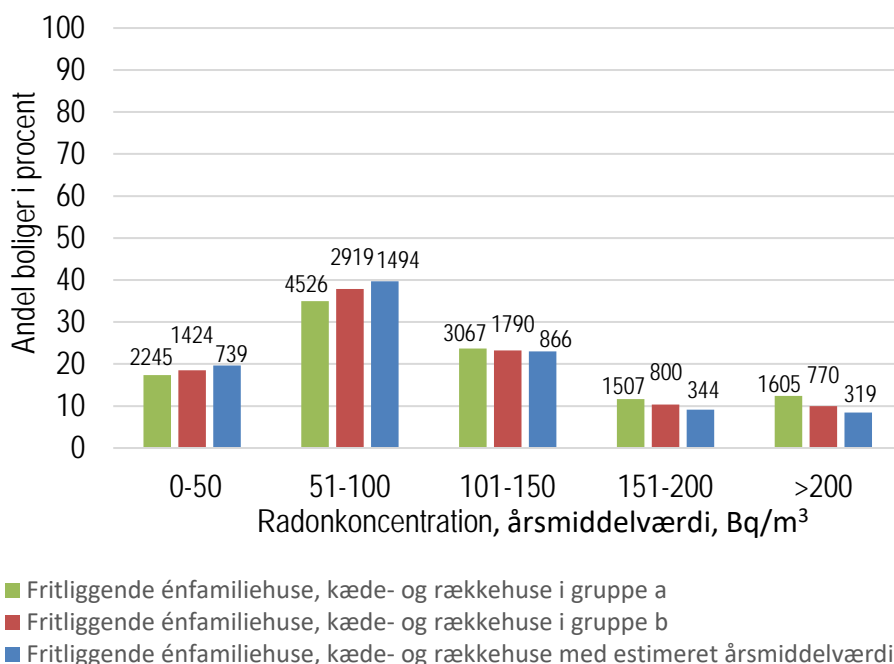
Den gennemsnitlige årsmiddelværdi bestemmes med en lavere standardafvigelse, når antallet af dosimetre øges i forhold til antallet af opholdsrum opgivet i BBR. Når man vil bestemme den gennemsnitlige årsmiddelværdi for databasens værdier for upræcis årsmiddelværdi, tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi, går standardafvigelsen fra 88 Bq/m³ til 79 Bq/m³, for data for tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi til 74 Bq/m³, for estimeret årsmiddelværdi. Medianen er ligeledes faldende med øget krav til antallet af dosimetre i de enkelte boliger med medianen 97 Bq/m³ ved bestemmelsen af den gennemsnitlige årsmiddelværdi for upræcis årsmiddelværdi, tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi til 92 Bq/m³ for bestemmelsen af den gennemsnitlige årsmiddelværdi for tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi til 88 Bq/m³ for bestemmelsen af den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi.



Figur 3. Middelværdi, standardafvigelse og median for fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med målinger der har resulteret i upræcis årsmiddelværdi, tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften. Gruppe a indeholder data for upræcis årsmiddelværdi, tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi. Gruppe b indeholder data for tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi.

Figur 4 viser andelen af det samlede antal boliger inddelt i grupper med henholdsvis upræcis årsmiddelværdi, tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi, tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi alene for radon inden for intervaller på 50 Bq/m³. Der er omtrent samme procentvise fordeling af boliger i de enkelte grupperinger. Andelen af boliger med en årsmiddelværdi for radon i indeluften i intervallet 51-100 Bq/m³ er den største ved alle tre grupperinger af upræcis årsmiddelværdi, tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi, tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi alene. Ligeledes er andelen af boliger med en årsmiddelværdi for radon i indeluften i intervallet 151-200

Bq/m³ og i intervallet >200 Bq/m³ begge lavere end andelen af boliger med en årsmiddelværdi for radon i indeluften i intervallet 0-50 Bq/m³. Endvidere er andelen af boliger med en årsmiddelværdi for radon i indeluften i intervallet 101-150 Bq/m³ den næststørste gruppe.

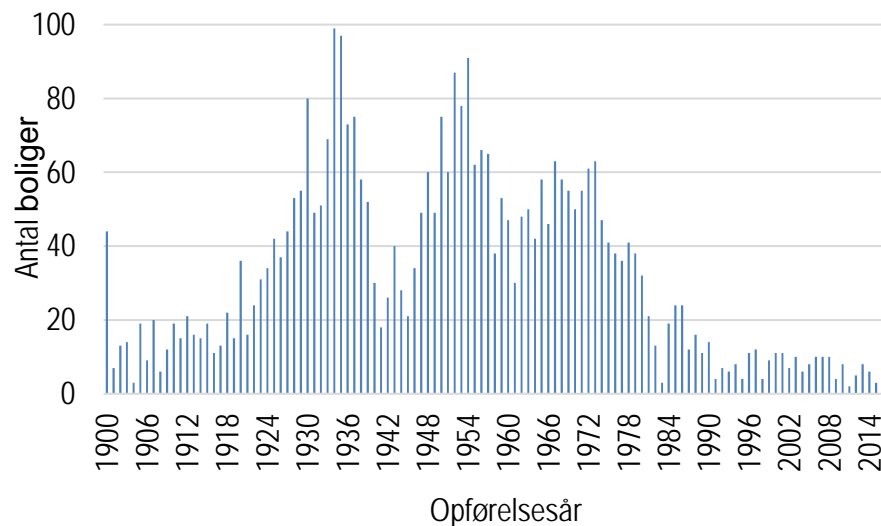


Figur 4. Frekvensdiagram for indholdet af radon i indeluften angivet som grupperinger af upræcis årsmiddelværdi, tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi (Bq/m³) for fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse inddelt i intervaller på 50 Bq/m³. Gruppe a indeholder data for upræcis årsmiddelværdi, tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi. Gruppe b indeholder data for tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi.

For de boliger, hvor måling af radon i indeluften har kunnet danne grundlag for at bestemme den estimerede årsmiddelværdi, er boligernes BBR-oplysninger gennemgået i forhold til boligernes opførelsestidspunkt. Figur 5 viser boliger, hvor det har været muligt at bestemme den estimerede årsmiddelværdi, fordelt på opførelsesår. Af Figur 5 ses, at der er mange boliger med opførelsesår i perioderne 1924-1939, 1948-1958 og 1966-1978. Generelt blev der i årene omkring perioderne 1924-1940, 1960-1980 og 2000-2010 opført mange boliger. Gruppen af boliger, som indgår i undersøgelsen med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften, afspejler således på rimelig vis andelen af boliger opført før 1980. Boliger opført før indførelse af kravet til indholdet af radon i indeklimaet i bygningsreglement i 2010 har en større repræsentation i undersøgelsen end boliger opført efter kravets indførelse.

På landsplan udgør fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført efter 2010 4 % af de fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, der er opført efter 1900. I denne undersøgelse udgør fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført efter 2010 1 % af de fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, der er opført efter 1900.

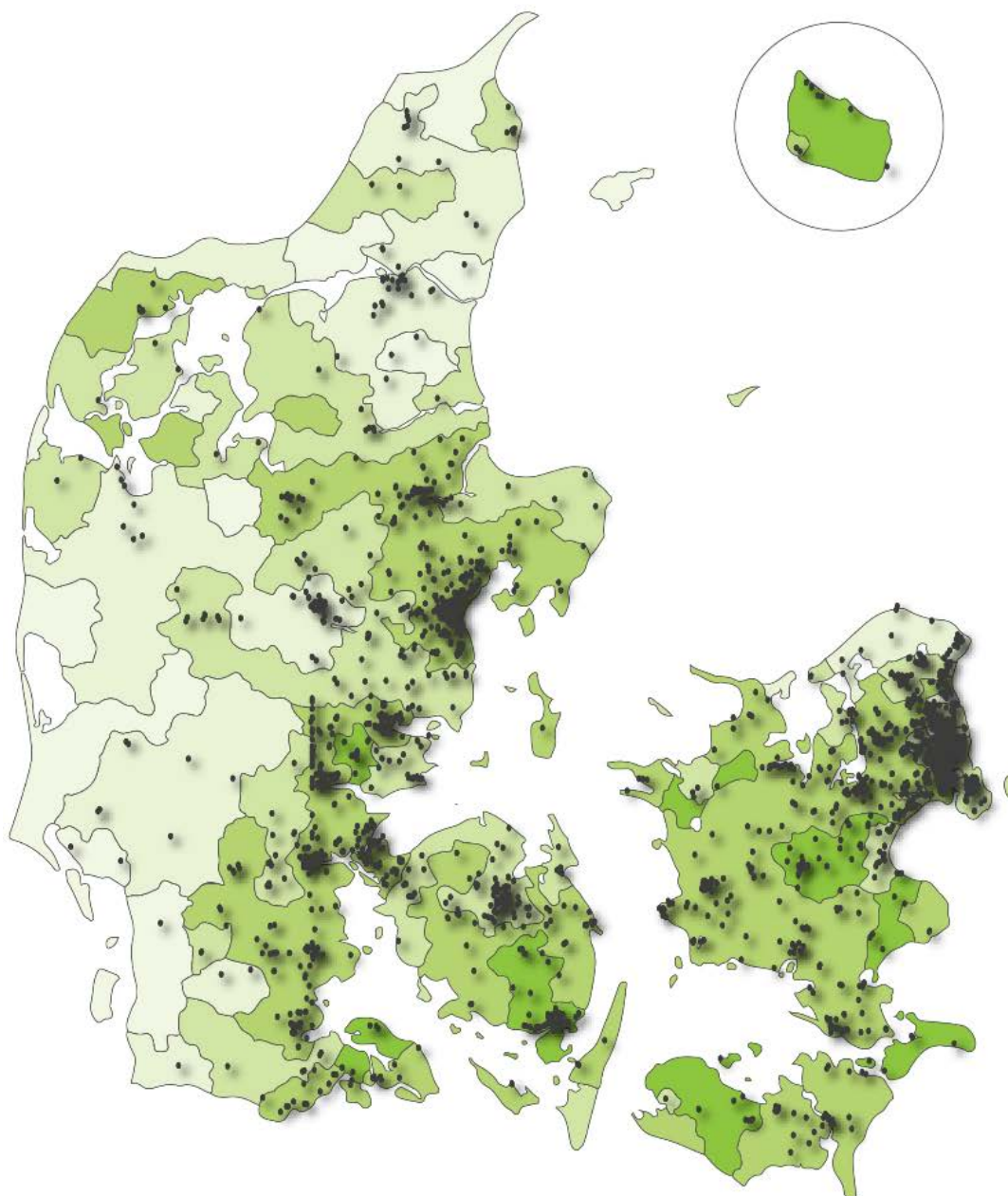
De boligejere, som har valgt at få målt indholdet af radon i indeluften via hjemmesiden www.radonfrithjem.dk, er primært ejere af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, der er opført før, *Bygningsreglement 2010* (Erhvervs- og byggestyrelsen, 2010) trådte i kraft.



Figur 5. Frekvensdiagram for antallet af boliger, hvor der er målt radon for at bestemme den estimerede årsmiddelværdi af radon i indeluften, opgjort efter opførelsesår.

Figur 6 viser den geografiske placering af boliger, hvor det har været muligt at bestemme den estimerede årsmiddelværdi for radon. Bygningernes placering er angivet med en sort prik på radonkortet fra www.radonguiden.dk (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019). Kortet er revideret i forhold til det oprindelige kort fra 2001 i forhold til de nuværende 98 kommuner i Danmark og vist på hjemmesiden www.radonguiden.dk (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019).

Sammenholdes den geografiske placering af boligerne med radonkortet for Danmark (Andersen et al. 2001), ses det, at hovedparten af de fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, der indgår i undersøgelsen, er placeret i områder af landet, hvor det forventes, at 3-30 % af boligerne har et indhold af radon i indeklimaet over 200 Bq/m^3 . En mindre andel af boligerne ligger i områder af landet, hvor det forventes, at 1-3 % af boligerne har et indhold af radon i indeklimaet over 200 Bq/m^3 . Boligernes placering er ligeledes koncentreret omkring de større byer. Få boliger, der indgår i undersøgelsen, ligger i områder af landet, hvor det forventes at 0-1 % af boligerne har et indhold af radon i indeklimaet over 200 Bq/m^3 .

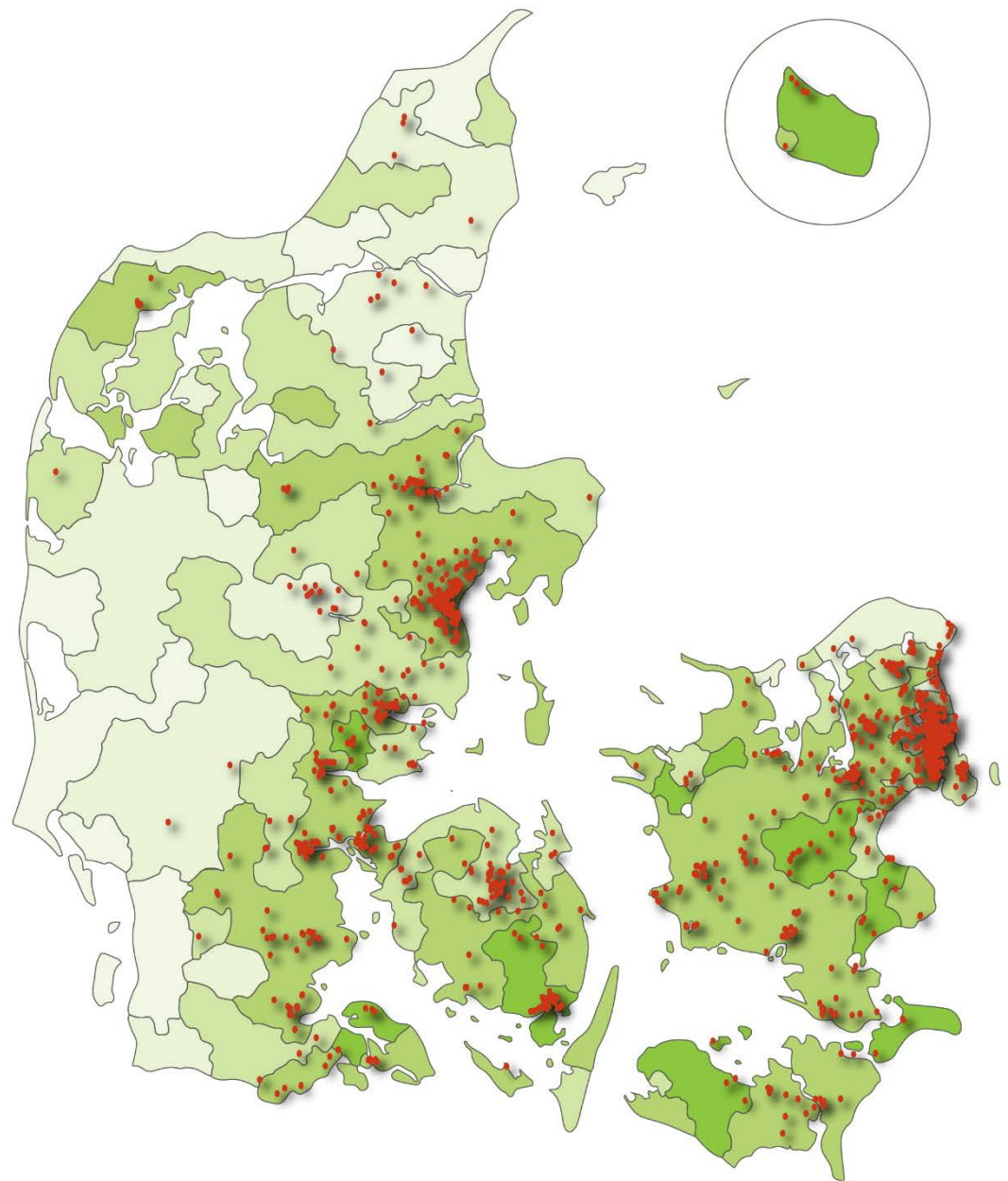


Klasse	Andel huse over 200 Bq/m ³	● Placering af måling
0	0-0,3%	
1	0,3-1%	
2	1-3%	
3	3-10%	
4	10-30%	

Figur 6. Den geografiske placering af de énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, hvor der er gennemført radonmålinger, der kan danne grundlag for at bestemme den estimerede årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeklimaet. Boligernes placering i Danmark er angivet med sorte prikker. Yderligere er kortet over Danmark inddelt i fem klasser fra 0-4 med en tilhørende farve. Klasserne viser, hvor mange énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse der procentvis vurderes at have en årsmiddelværdi for radon over 200 Bq/m³, www.radonguiden.dk (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019).

Figur 7 viser den geografiske placering af boliger, hvor den estimerede årsmiddelværdi for radon er over 100 Bq/m³. Bygningernes placering er, angivet med en rød prik og på radonkortet fra www.radonguiden.dk (Trafik-,

Bygge- og Boligstyrelsen, 2019). Kortet er revideret i forhold til det oprindelige kort fra 2001, så de nuværende 98 kommuner i Danmark er vist (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019).



Klasse	Andel huse med et radon indhold over 200 Bq/m ³	● Placering af måling
0	0-0,3%	
1	0,3-1%	
2	1-3%	
3	3-10%	
4	10-30%	

Figur 7. Den geografiske placering af de énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, hvor der er gennemført radonmålinger, der kan danne grundlag for den estimerede årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeklimaet, og hvor den estimerede årsmiddelværdi viste sig at være over 100 Bq/m³. Disse huses placering i Danmark er angivet med røde prikker. Yderligere er kortet over Danmark inddelt i fem klasser fra

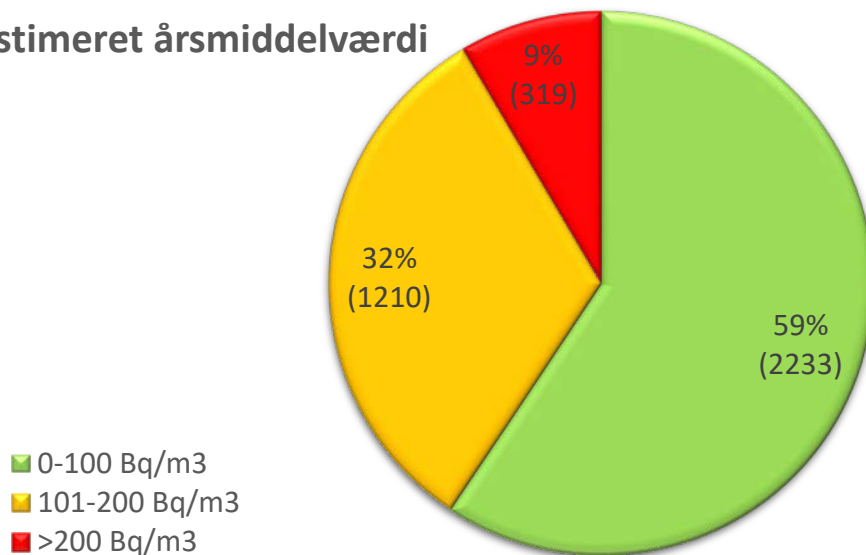
0-4 med en tilhørende farve. Klasserne viser, hvor mange énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, der procentvis vurderes at have en årsmiddelværdi for radon over 200 Bq/m³ www.radonguiden.dk (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019).

Opgøres den estimerede årsmiddelværdi for boligerne, der er opført mellem 1900 og 2018, efter deres indhold af radon i indeklimaet i intervallerne 0-100 Bq/m³, 101-200 Bq/m³ og >200 Bq/m³ fås en fordeling af boligerne som vist i figur 8. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften mellem 0-100 Bq/m³ er 59 %. Andelen mellem 101-200 Bq/m³ er 32 %, og andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften over 200 Bq/m³ er 9 %. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 41 %.

Opdeles boligerne yderligere efter, om de er opført med terrændæk eller om de er opført med kælder eller krybekælder, fås fordelingerne som vist i figur 9 og figur 10. Der ses det samme mønster for den procentvise fordeling af den estimerede årsmiddelværdi i intervallerne 0-100 Bq/m³, 101-200 Bq/m³ og >200 Bq/m³ for alle boliger som for boliger opført med terrændæk og for boliger opført med kælder eller krybekælder.

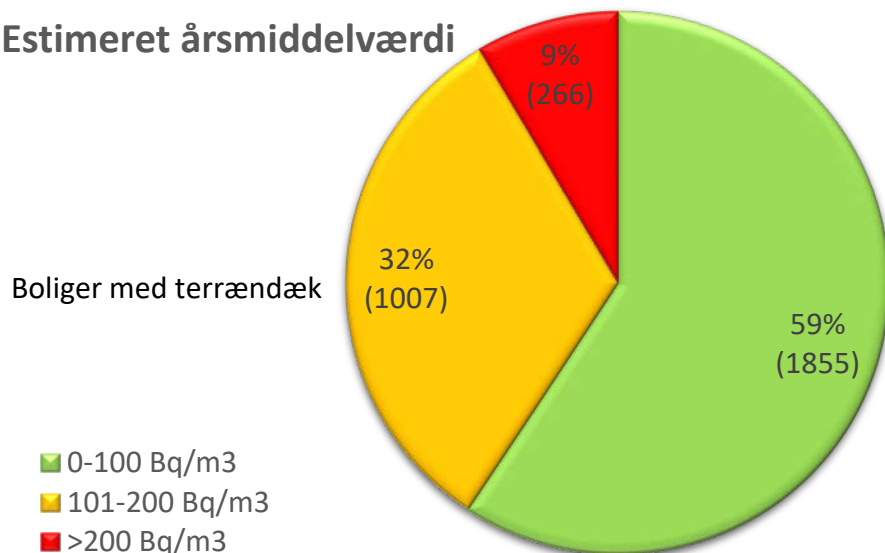
Undersøgelsen kan således ikke skelne den estimerede årsmiddelværdi i forhold til, om boligerne er opført med terrændæk, kælder eller krybekælder.

Estimeret årsmiddelværdi

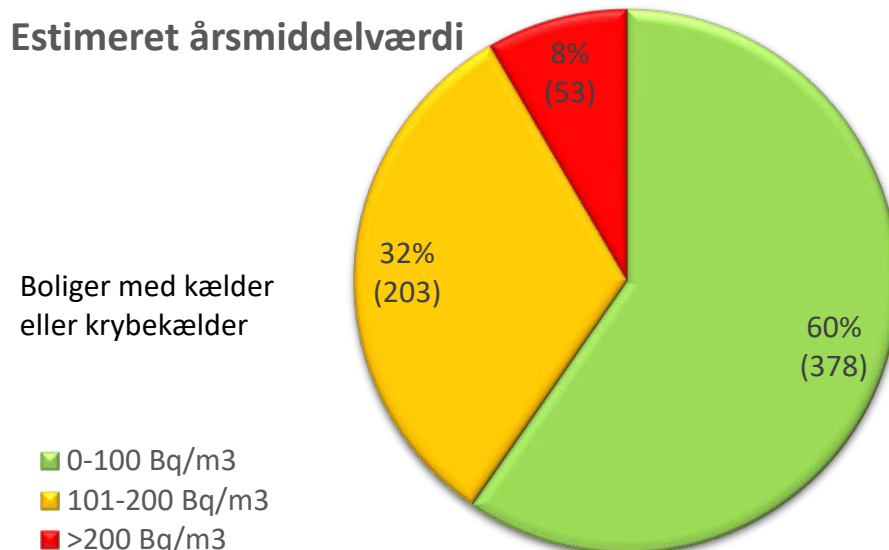


Figur 8. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften i intervallerne 0-100 Bq/m³, 101-200 Bq/m³ og over 200 Bq/m³. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 41 %. Antallet af boliger er angivet i parentes.

Estimeret årsmiddelværdi

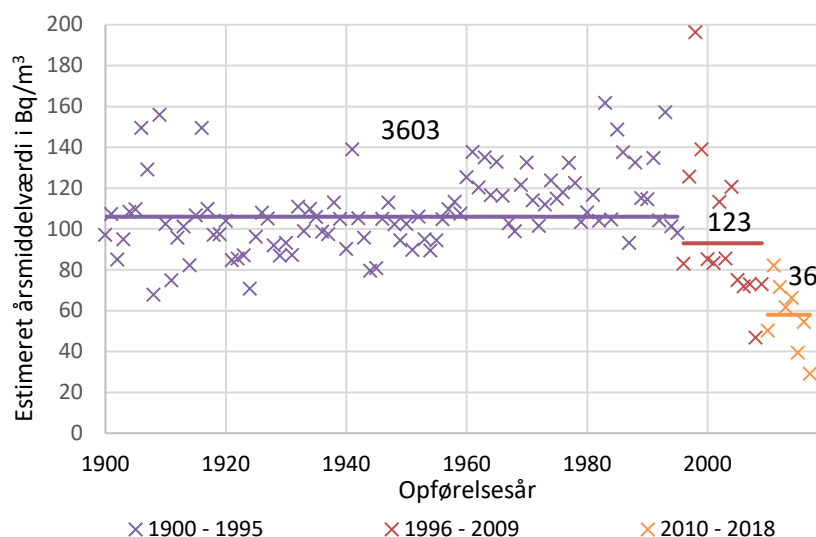


Figur 9. Andelen af boliger med terrændæk med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften i intervallerne 0-100 Bq/m³, 101-200 Bq/m³ og over 200 Bq/m³. Andelen af boliger med terrændæk med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 41 %. Antallet af boliger er angivet i parentes.

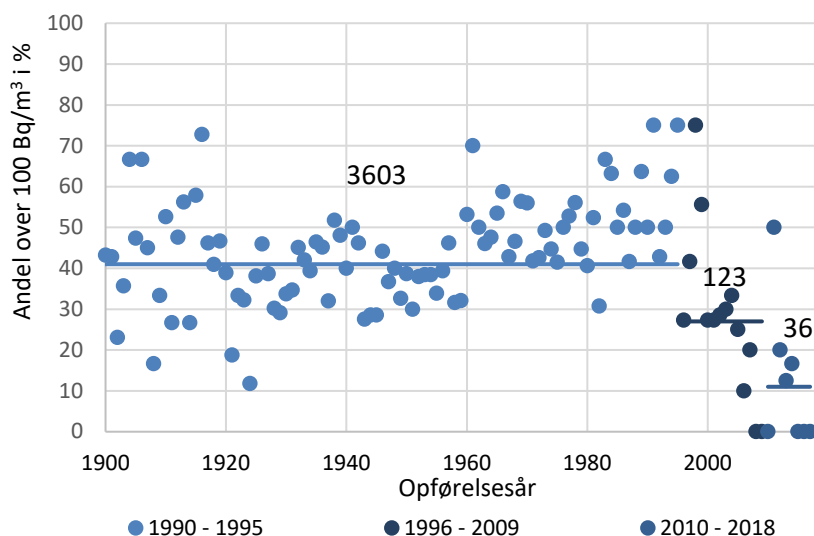


Figur 10. Andelen af boliger med kælder eller krybekælder med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften i intervallerne 0-100 Bq/m³, 101-200 Bq/m³ og over 200 Bq/m³. Andelen af boliger med kælder eller krybekælder med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 40 %. Antallet af boliger er angivet i parentes.

Figur 11 viser den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi for indholdet af radon i boliger opført i intervallerne 1900-1995, 1996-2009 og 2010-2018 både for det enkelte opførelsesår og for de enkelte perioder. Figur 12 viser andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for radon over 100 Bq/m³ i boliger opført i intervallerne 1900-1995, 1996-2009 og 2010-2018 både for det enkelte opførelsesår og for de enkelte perioder. Den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi for boliger er faldende fra intervallet 1900-1995 til intervallet 1996-2009. Yderligere falder den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi for radon i boliger opført i intervallet 1996-2009 til boliger opført i intervallet 2010-2018. Den gennemsnitlige andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften over 100 Bq/m³, opgjort i procent af antallet af boliger, der har gennemført målingerne inden for samme interval for opførelsestidspunktet, falder for boliger opført i intervallet 1900-1995 til boliger opført i intervallet 1996-2009. Endvidere falder den gennemsnitlige andelen yderligere for boliger opført i intervallet 1996-2009 til boliger opført i intervallet 2010-2018.

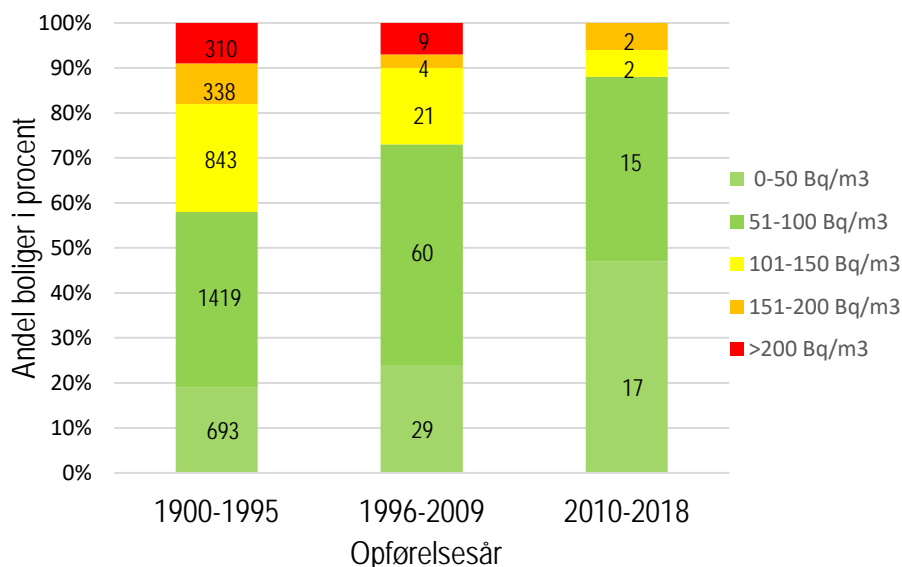


Figur 11. Gennemsnitlig estimeret årsmiddelværdi af radon i indeluften som gennemsnit for det enkelte opførelsesår og som gennemsnit for opførelsesår i intervallerne 1900-1995, 1996-2009 og 2010-2018. Gennemsnittet for det enkelte opførelsesår er anført med et kryds. Antallet af boliger er anført for de enkelte intervaller for perioder for boligernes opførelsesår.



Figur 12. Andelen af énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med en estimeret årsmiddelværdi over 100 Bq/m³ opgjort i procent af antallet af boliger, der har gennemført målinger med samme opførelsesår. Den gennemsnitlige andel boliger med en estimeret årsmiddelværdi over 100 Bq/m³ er også vist som gennemsnit for opførelsesår i intervallerne 1900-1995, 1996-2009 og 2010-2018. Gennemsnittet for det enkelte opførelsesår er anført med en bolle. Antallet af boliger er anført for de enkelte intervaller for perioder for boligernes opførelsesår.

Opgøres andelen af énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med en gennemsnitlig estimeret årsmiddelværdi af radon i indeluften efter opførelsesår i intervallerne 1900-1995, 1996-2009 og 2010-2018, ses resultatet i figur 13. I opgørelsen er andelen opgjort i procent af antallet af huse, der har gennemført målingerne, og som er opført i samme tidsinterval. Intervallerne for opførelsesår er 1900-1995, 1996-2009 og 2010-2018. I opgørelsen er den estimerede årsmiddelværdi inddelt i intervaller på 50 Bq/m³. Det ses, at andelen af boliger i procent over 100 Bq/m³ falder med intervallet for opførelsestidspunktet. Yderligere ses det, at andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften under 50 Bq/m³ øges væsentligt efter 2010.



Figur 13. Andelen af énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med en gennemsnitlig estimeret årsmiddelværdi af radon i indeluften opgjort efter opførelsesår i intervallerne 1900-1995, 1996-2009 og 2010-

2018. Andelen er opgjort i procent af antallet af huse, hvor der er gennemført målinger, og hvor opførelsesåret er i samme interval. Tidintervallerne er 1900-1995, 1996-2009 og 2010-2018, og den estimerede årsmiddelværdi er opgjort i intervaller på 50 Bq/m³. Antallet af énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse er anført på søjlerne i diagrammet.

5.1 Gennemgang af byggesagen for udvalgte boliger

For fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført efter 2010 er den gennemsnitlige tilnærmede estimerede årsmiddelværdi for radon 61 Bq/m³ bestemt med standardafvigelsen 37 Bq/m³ og medianen 54 Bq/m³ og den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi for radon 58 Bq/m³ bestemt med standardafvigelsen 39 Bq/m³ og medianen 51 Bq/m³. Bestemmelserne og niveauet for radon ved de to metoder, tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi, er sammenlignelig og i rimelig overensstemmelse for boliger opført efter 2010. Derfor blev alle boligejere med en bolig opført efter 2010 med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller estimeret årsmiddelværdi for radon højere end 100 Bq/m³ kontaktet i forhold til en yderligere gennemgang af boligen. Fire ejere af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi for radon højere end 100 Bq/m³ viste interesse og besvarede et spørgeskema om deres bolig, se *Bilag E*. Spørgeskemaet kan ses i *Bilag F*. Boligejerne gav også tilladelse til at målerapporten fra måling af radon samt kontaktoplysninger kan indgå i undersøgelsen. Beskrivelser af konstruktioner er indhentet fra byggesagen via www.weblager.dk eller gennem kommunen eller bygherre.

Informationer fra målingen, byggesagen samt tegninger og ejerens svar på spørgsmålene er sammenfattet for den enkelte bolig angivet bolig A, - B, - C og - D, se *Bilag E* og *Bilag G*.

5.1.5 Opsummerende om de fire byggesager

De fire boliger er et meget lille udsnit af de boliger, der er opført som fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse i Danmark efter 2010. Desuden udgør de fire boliger et lille udsnit af de boliger, der er opført efter 2010, og hvor der via www.radonfrithjem.dk er bestemt en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeklimaet over 100 Bq/m³.

Værdierne for tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller estimeret årsmiddelværdi for radon i indeklimaet ligger i intervallet 104-125 Bq/m³. Usikkerheden er 10-15% svarende til 10-20 Bq/m³. Kun i få af de gennemgåede byggesager redegøres for radonsikring i projektmaterialer. Desuden følger den projekterede radonsikring ikke retningslinjerne for udførelse af tilstrækkeligt lufttætte konstruktioner mod jord. Lufttætningen har til formål at forhindre indtrængning af radon fra jord. I tre af de fire sager udgør den lastfordelende plade af svindarmeret beton den primære lufttætning mod jord. I en sag udgør en membran radonsikringen.

Hvis den lastfordelende plade af svindarmeret beton anvendes som primær sikring mod indtrængning af radon, skal den være tilstrækkelig lufttæt og forblive det i hele bygningens levetid. For at svind ikke skal resultere i gennemgående revner i den lastfordelende plade af svindarmeret beton, skal pladen opdeles i regulære arealer af 25-30 m², som samles lufttæt indbyrdes og til øvrige tilstødende bygningslementer (Rasmussen, 2015a). Tilsvarende sikrer membraner ikke tilstrækkeligt mod indtrængning af radon fra undergrunden, hvis samlinger mellem membranbaner og mellem membranen og andre bygningsdele ikke er udført korrekt (Rasmussen, 2015a; Rasmussen & Cornelius, 2018).

I de fire byggesager ses en manglende bevidsthed hos boligejere, byggherrer, tilsynsførende, projekterende og udførende om, hvorledes kravet til

radon i indeluften opfyldes. Ligeledes er der manglende fokus i byggesagsbehandlingen på netop dette krav i bygningsreglementet.

6 Diskussion

Koncentrationen af radon i indeluften i boliger er bestemt i fyringssæsonen 2015/16, 2016/17, 2017/18 og i fyringssæsonen 2018 frem til slutningen af december. Målingerne blev foretaget med dosimetre i fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse.

Databasen indeholder frem til slutningen af december 2018 måleresultater fra 13.411 bygninger, hvor der er udført og afsluttet målinger af indholdet af radon i indeluften. Af databasens 13.411 bygninger udgør 12.950 bygninger fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse.

Det anvendte antal dosimetre i de enkelte boliger er ikke i alle tilfælde i overensstemmelse med anvisningerne i SBI-anvisning 270 *Måling af radon i bygninger* (Rasmussen, 2018). Det betyder, at den tilnærmede estimerede årsmiddelværdi og estimerede årsmiddelværdi af radon i indeluften kan bestemmes for 7.703 af de fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, se 4.5.2 *Tilnærmet estimeret årsmiddelværdi* og 4.5.1 *Estimeret årsmiddelværdi*.

Tilsvarende er det anvendte antal dosimetre tilstrækkeligt til bestemmelse af den estimerede årsmiddelværdi af radon i indeluften for 3.762 af de fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, se 4.5.1 *Estimeret årsmiddelværdi*.

En stor andel af de 12.950 boliger som indgår i databasen opfylder således ikke kravet til det antal dosimetre, der anses for nødvendigt, når man skal bestemme en repræsentativ værdi for indluftens indhold af radon. Det vurderes i denne undersøgelse, at årsmiddelværdien for radon i disse boliger er bestemt med et utilstrækkeligt antal dosimetre, og derfor antages årsmiddelværdien at være upræcis. Antallet af dosimetre er vurderet utilstrækkeligt i forhold til at kunne bestemme en repræsentativ værdi for radon i indeluften, når antallet af dosimetre ses i forhold til BBR-oplysningerne om antallet af opholdsrum i boligen. De udførte målinger kan dog godt afspejle brugen af boligen, da opholdsrum kan ligge ubenyttet hen eller anvendes til fx opbevaring, pulterrum, eller dele af boligen kan være lukket af og derved ikke indgå i det aktuelt benyttede boligarealet. Ligeledes kan ombygning af boligen, hvor fx grundplanen er ændret, så der er væsentligt færre opholdsrum, ikke være indberettet til BBR.

I undersøgelsen antages, at hele bygningen, der er godkendt til beboelse, benyttes, og at alle opholdsrum i boligen anvendes flere timer dagligt.

Værdien for tilnærmet estimeret årsmiddelværdi tager i et vist omfang højde for de ombygninger af ældre boliger, der hyppigt ses i dag. Det er sammenlægning af rum, som giver alrum, fx fordi oprindeligt separate rum som køkken og spisestue lægges sammen. Det kan også være stue og spisestue eller to værelser der er lagt sammen.

6.1 fordeling af boliger

Vurderes undersøgelsens regionale fordeling i Danmark, ses det, at undersøgelsen har få målinger vest for den jyske højderyg og i det nordlige Jylland. Undersøgelsen har således meget få målinger sammenlignet med resten af landet i de sandede jorde, hvor det ved tidligere undersøgelser har vist sig, at fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse har en meget lille til lille risiko (0-1 %) for at have et indhold af radon i indeluften højere end 200 Bq/m³ (Andersen et al. 2001, Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019).

Vurderes undersøgelsens fordeling af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse i forhold til deres opførelsetidspunkt, ses det, at der indgår målinger for fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført i hele perioden, som undersøgelsen omfatter. Der er dog en højere vægt af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført før 2010 og i særdeleshed opført før 1995. Undersøgelsen omfatter fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført i år 1900 og frem til 2018.

6.2 Årsmiddelværdi

Den gennemsnitlige årsmiddelværdi af indholdet af radon i indeluften er 118 Bq/m³ for de 12.950 fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse til beboelse i databasen. Databasen omfatter upræcise årsmiddelværdier, tilnærmede estimerede årsmiddelværdier og estimerede årsmiddelværdier. Minimumsværdien er 0 Bq/m³ og maksimumsværdien er 1145 Bq/m³, bestemt med en standardafvigelse på 88 Bq/m³ og en medianværdi på 97 Bq/m³. Ved at stille krav om, at årsmiddelværdien for indholdet af radon i indeluften skal bestemmes som den estimerede årsmiddelværdi, fås den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi (Rasmussen, 2018) til 105 Bq/m³. Her er minimumsværdien 0 Bq/m³ og maksimumsværdien 804 Bq/m³, bestemt med en standardafvigelse på 74 Bq/m³ og en medianværdi på 88 Bq/m³. Accepteres det at anvende op til højst ét dosimeter mindre, end der burde i forhold til BBR's opgørelse om antallet af opholdsrum (dog mindst to dosimetre), opnås en gennemsnitlig årsmiddelværdi for tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi på 110 Bq/m³. Minimumsværdien er i dette tilfælde 0 Bq/m³, og maksimumsværdien er 1145 Bq/m³, bestemt med en standardafvigelse på 79 Bq/m³ og en medianværdi på 92 Bq/m³.

Standardafvigelsen og medianværdien for den beregnede årsmiddelværdien falder, når man øger kravet til, hvor mange dosimetre den enkelte bolig har benyttet til at bestemme det gennemsnitlige indhold af radon i indeluften i forhold til antallet af opholdsrum i boligen, opgivet i BBR. Den estimerede årsmiddelværdi betragtes derfor som den måling, der giver det mest repræsentative billede af indholdet af radon i indeluften i en bolig (Rasmussen, 2018).

Den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi (aritmetisk middel) på 105 Bq/m³ er højere end det gennemsnitlige (aritmetisk middel) radonniveau på 77 Bq/m³, som tidligere er bestemt for danske énfamiliehuse (Andersen et al., 2001). Ligeledes har 9 % af de fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse til beboelse en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 200 Bq/m³. Andelen på 9 % er højere end den andel på ca. 5 %, som tidligere blev bestemt for danske énfamiliehuse (Andersen et al., 2001). Undersøgelsen fra 2001 (Andersen et al., 2001) omfatter boliger beliggende i alle egne af landet, mens denne undersøgelse hovedsagelig omfatter boliger, som ligger i områder af landet, hvor det antages, at der er størst sandsynlighed for at finde en bolig med et indhold af radon over 200 Bq/m³ (Andersen et al., 2001).

En væsentlig forskel på denne undersøgelse og undersøgelsen af radon i danske boliger kortlagt gennem lands-, amts- og kommuneværdier (Andersen et al., 2001) er, at måleperioden til bestemmelse af årsmiddelværdien af indholdet af radon i indeluften er væsentlig forskellig. Der er således tale om at sammenligne estimerede årsmiddelværdier med årsmiddelværdier målt over et helt år. Det kan ikke udelukkes, at den estimerede årsmiddelværdi overestimerer det faktiske indhold af radon i indeluften bestemt ved en måling foretaget over et helt år. Hvor god overensstemmelse, der er mellem estimerede årsmiddelværdi og det faktiske indhold af radon i indeluften bestemt ved en måling foretaget over et helt år, kan bestemmes. Et repræsen-

tativt antal parallelle målinger af estimerede årsmiddelværdier og årsmiddelværdier, bestemt ved målinger foretaget over et helt år, vil kunne give et estimat over overensstemmelsen mellem estimeret årsmiddelværdi og det faktiske indhold af radon i indeluften, bestemt ved en måling foretaget over et helt år.

Den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi på 105 Bq/m^3 er også højere end den var i den landsomfattende repræsentative undersøgelse blandt 496 danske boliger. Undersøgelsen blandt 496 boliger resulterede i en gennemsnitlig værdi for indholdet af radon i indeluften på omkring 50 Bq/m^3 (Statens Institut for Strålehygiejne og Forskningscenter Risø, 1987 og Ulbak et al., 1988). Den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi (aritmetisk middel) på 105 Bq/m^3 er således ikke direkte sammenlignelig med tidligere landsdækkende eller repræsentative undersøgelser af indholdet af radon i indeluften i danske fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse. Den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi (aritmetisk middel) er alene en middelværdi for de gennemførte målinger, som opfylder betingelserne til bestemmelse af den estimerede årsmiddelværdi i databasen knyttet til hjemmesiden www.radonfrithjem.dk.

Undersøgelsen viser yderligere, at andelen af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, beliggende i de mest udsatte områder, med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m^3 er 41 %.

Undersøgelsen viser også, at der findes huse i egne af landet, hvor det ud fra tidligere undersøgelser antages, at der er en meget lille til lille risiko for at finde et fritliggende énfamiliehus, kæde- eller rækkehus med mere end 200 Bq/m^3 , er huse der har for meget radon i indeluften (over 100 Bq/m^3). I alle egne af landet kan der således findes fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med forhøjet indhold af radon i indeklimaet, over 100 Bq/m^3 .

6.3 Boligens opførelsestidspunkt

Inddeles fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse efter deres opførelsestidspunkt, ses det, at den estimerede årsmiddelværdi (aritmetiske middel) af radon i indeluften er 106 Bq/m^3 for fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført i perioden 1900 og 1995, 93 Bq/m^3 for fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført mellem 1996 til 2009 og 58 Bq/m^3 for fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført mellem 2010 til 2018. Andelen af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften er højest (39 %) i intervallet $51\text{-}100 \text{ Bq/m}^3$ for fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført i perioden 1900 til 1995. Ligeledes er andelen af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften højest (49 %) i intervallet $51\text{-}100 \text{ Bq/m}^3$ for fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført i perioden 1996 til 2009, mens andelen af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften er højest (48 %) i intervallet $0\text{-}50 \text{ Bq/m}^3$ for fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført i perioden 2010 til 2018. Endvidere falder andelen af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften over 100 Bq/m^3 fra 42 %, for boliger opført i perioden 1900 til 1995, til 27 %, for boliger opført i perioden 1996 til 2009, til 11 % for boliger opført i perioden 2010 til 2018. I undersøgelsen kan der ikke skelnes mellem den estimerede årsmiddelværdi af radon i indeluften i forhold til, om huset er opført med terrændæk, kælder eller krybekælder.

6.4 gennemgang af boliger

Der er ud fra byggesagen foretaget en byggeteknisk gennemgang af et mindre antal (4) fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført efter 2010, hvor der er mere end 100 Bq/m³ i indeluften.

Den gennemsnitlige værdi for tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi for radon på 61 Bq/m³ bestemt med standardafvigelsen 37 Bq/m³ og medianen 54 Bq/m³ er i rimelig overensstemmelse med den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi for radon på 58 Bq/m³ bestemt med standardafvigelsen 39 Bq/m³ og medianen 51 Bq/m³ for gruppen af boliger. Bestemmelserne og niveauet for radon ved de to metoder vurderes sammenlignelige og i rimelig overensstemmelse. Derfor inddrages alle boligejere med en bolig opført efter 2010 med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for radon højere end 100 Bq/m³ i den udvidede gennemgang af boliger. Derved øges antallet af boliger der er interessante at gennemgå fra fire til femten boliger.

Fire af de femten boligejere viser interesse for projektet. De fire ejere er ejere af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi for radon højere end 100 Bq/m³, målt i intervallet 104 til 125 Bq/m³. Gennemgangen viser, at der i få tilfælde redegøres for radonsikring i projekt materialet. Ligeledes kan det konstateres, at den projekterede radonsikring i de fire boliger ikke følger retningslinjerne for udførelsen af tilstrækkeligt lufttætte konstruktioner mod jord. Lufttætningen har til formål at sikre, at bygningsreglementets bestemmelser om indholdet af radon i indeluften overholdes for boligen i brug. I tre af de fire gennemgåede sager udgør den lastfordelende plade af svindarmeret beton den primære lufttætning mod jord. I en sag udgør en membran radonsikringen.

Anvendes den lastfordelende plade af svindarmeret beton som den primære sikring mod indtrængning af radon, skal den være tilstrækkelig lufttæt og forblive det i hele bygningens levetid. For at svind ikke skal resultere i gennemgående revner i den lastfordelende plade af svindarmeret beton, skal pladen opdeles i regulære arealer af 25-30 m², som samles lufttæt indbyrdes og til øvrige tilstødende bygningselementer, som udgør planet til radonsikring (Rasmussen, 2015a). Tilsvarende manglende viden om materialets ydeevne må konstateres ved anvendelsen af membran til sikring af et lavt indhold af radon i indeluften i overensstemmelse med bygningsreglementets krav til radon (Rasmussen, 2015a; Rasmussen & Cornelius, 2018).

I de fire gennemgåede byggesager er der en manglende bevidsthed hos boligejere, bygherrer, tilsynsførende, projekterende og udførende om, hvorledes kravet til radon i indeluften opfyldes. Ligeledes er der manglende fokus i byggesagsbehandlingen på netop dette krav i bygningsreglementet. Der er tale om et stærkt begrænset antal gennemgåede byggesager hvorfor der ikke på den baggrund kan drages generelle konklusioner.

7 Konklusion

Der er gennemført en undersøgelse af indholdet af radon i indeluften i danske fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse. Koncentrationen af radon-222 er målt i fyringssæsonen 2015/16, 2016/17, 2017/18 og i fyringssæsonen 2018 frem til slutningen af december. Målingerne blev foretaget med dosimetre. På baggrund af målingerne er den estimerede årsmiddelværdi bestemt. Den estimerede årsmiddelværdi kunne bestemmes for 3.762 boliger.

Der er i undersøgelsen meget få målinger i fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse i de vestlige egne af landet med sandede jorde, sammenlignet med resten af landet. Det drejer sig om den nordlige del af Jylland og vest for den jyske højderyg. I disse egne af landet har tidligere undersøgelser vist, at der er en meget lille til lille risiko (0-1%) for at finde et fritliggende énfamiliehus, kæde- eller rækkehus med et indhold af radon i indeluften over 200 Bq/m³ (Andersen et al. 2001, Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2019). Boligerne, der indgår i undersøgelsen, ligger således hovedsageligt i egne af landet, hvor tidligere undersøgelser har vurderet, at der er størst sandsynlighed for at finde et fritliggende énfamiliehus, kæde- eller rækkehus med et indhold af radon i indeluften over 200 Bq/m³. Boligerne er yderligere overvejende lokaliseret i de større byer, og boliger opført før 2010 er overrepræsenteret i forhold til boliger opført i Danmark generelt.

Konklusion på undersøgelsens resultater:

- Den gennemsnitlige estimerede årsmiddelværdi (aritmetiske middel) er 105 Bq/m³ med en minimumsværdi på 0 Bq/m³ og en maksimumsværdi på 804 Bq/m³, bestemt med en standardafvigelse på 74 Bq/m³ og en medianværdi på 88 Bq/m³.
- Omkring 9 % af de danske fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse beliggende i områder med størst sandsynlighed for meget radon i indeluften har en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften over 200 Bq/m³. Omkring 41 % af disse boliger har en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften over 100 Bq/m³.
- I alle egne af landet kan der findes et fritliggende énfamiliehus, kæde- eller rækkehus med et indhold af radon i indeklimaet over 100 Bq/m³.
- Der ses et markant fald i den estimerede årsmiddelværdi (aritmetiske middel) af radon i indeluften for boliger opført i perioden 2010 til 2018 (58 Bq/m³) i forhold til boliger opført før 2009 (1900 - 1995 (106 Bq/m³), 1996 - 2009 (93 Bq/m³)).
- Andelen af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften er højest i intervallet 51-100 Bq/m³ for boliger opført i perioden 1900 til 1995 og i perioden 1996 til 2009, mens andelen af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført i perioden 2010 til 2018 er højest i intervallet 0-50 Bq/m³.
- Andelen af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften over 100 Bq/m³ falder fra 41 %, for boliger opført i perioden 1900 til 1995, til 27 %, for boliger opført i perioden 1996 til 2009, til yderligere 11 % for boliger opført i perioden 2010 til 2018. Andelen af boliger med estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften under 100 Bq/m³ og særligt under 50 Bq/m³ øges, og antallet af boliger med estimeret årsmiddel-

værdi for radon højere end 100 Bq/m³ falder for fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført efter 2010 i forhold til tilsvarende boliger opført i perioden 1900 til 2009.

- Gennemgangen af byggesagerne for fire fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, der er opført efter 2010, og hvor radonindholdet er over 100 Bq/m³ viser, at der i disse byggesager mangler viden om projektering og udførelse af tilstrækkeligt lufttætte konstruktioner mod jord. Gennemgangen kan ikke betragtes som værende udtryk for noget generelt da den kun omfatter fire byggesager.

Undersøgelsens resultater repræsenterer et forbedret informationsgrundlag for befolkningen, bygherrer samt centrale og lokale myndigheder. Undersøgelsen er ligeledes et godt grundlag for en fremtidig vurdering af det gennemsnitlige indhold af radon i indeluften i ældre og nye danske bygninger.

Litteratur

Andersen, C.E., Bergsøe, N.C., Brendstrup, J., Damkjær, A., Gravesen, P. og Ulbak, K. (1997). *Radon-95: En undersøgelse af metoder til reduktion af radonkoncentrationen i danske enfamiliehuse*. Forskningscenter Risø, Risø-R-979(DA), 108 sider. Rapporten er tilgængelig på elektronisk form på www.risoe.dk

Andersen, C.E., Ulbak, K., Damkjær, A., & Gravesen, P. (2001). *Radon i danske boliger: Kortlægning af lands-, amts- og kommuneværdier*. Herlev: Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålehygiejne. Lokaliseret på: <http://sundhedsstyrelsen.dk/da/sundhed/straalebeskyttelse/radon/boliger/landsomfattende-radonundersoegelse/hovedrapport>

Bolig- og Byministeriet. (1998). *Byggesystemet for småhuse, BR-S 98*. København: Bolig- og Byministeriet

Bygge- og Boligstyrelsen. (1995). *Bygningsreglement, BR-95*. København: Boligministeriet, Bygge- og Boligstyrelsen

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

Byggestyrelsen. (1. udgave: 1988). (2. udgave: 1993). *Vejledning om radon og nybyggeri*. Pjece.

Bygge- og Boligstyrelsen. (1997). *Radon i enfamiliehuse*. Pjece.

Clavensjö, B., & Åkerblom, G. (2004). *Radonboken: Förebyggande åtgärder i nya byggnader*. Stockholm: Formas.

Erhvervs- og Byggestyrelsen. (2008). *Bekendtgørelse om offentliggørelse af bygningsreglement 2008 (BR08)*. København: Erhvervs- og Byggestyrelsen. Lokaliseret på: <http://bygningsreglementet.dk/>

Erhvervs- og Byggestyrelsen. (2010) *Bekendtgørelse om offentliggørelse af bygningsreglement 2010 (BR10)*. København: Erhvervs- og Byggestyrelsen. Lokaliseret på: <http://bygningsreglementet.dk/>

Jensen, R.B., & Gunnarsen, L.B. (2008). *Radonkoncentrationen i nye enfamiliehuse*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. Lokaliseret på: <http://www.sbi.dk/indeklima/luftkvalitet/radonkoncentrationen-i-nye-enfamiliehuse/radonkoncentrationen-i-nye-enfamiliehuse-1>

Kræftens bekæmpelse: <https://www.cancer.dk/hjaelp-viden/fakta-om-kræft/aarsager-til-kræft/veldokumenteret-aarsag/straaling/aarsager-ioniserende-straaling/>

Rasmussen, T.V. (2015a). *Radonsikring af nye bygninger*, 2. udgave (SBI-anvisning 233). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. Lokaliseret på: <http://anvisninger.dk/233>

Rasmussen, T.V. (2015b). *Radonsikring af eksisterende bygninger* (SBI-anvisning 247). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. Lokaliseret på: <http://anvisninger.dk/247>

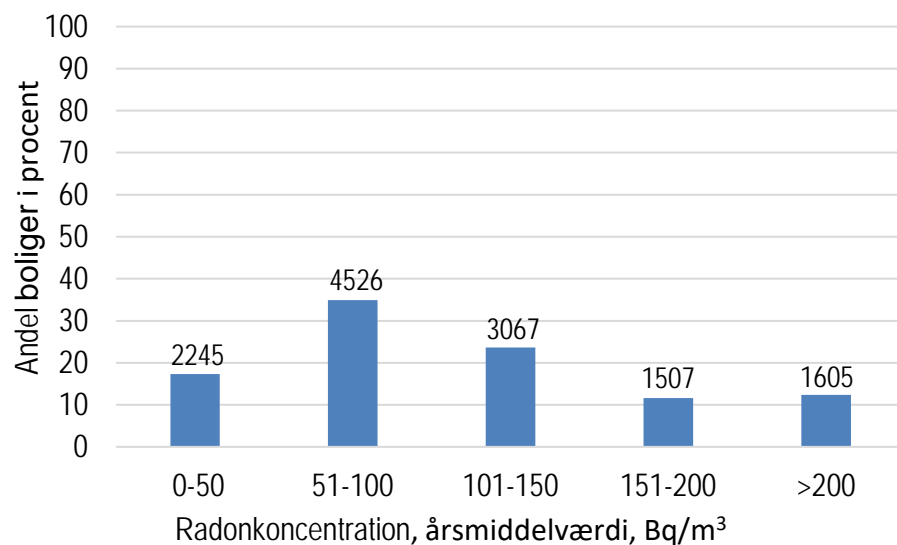
Rasmussen, T.V. & Skytte Clausen, L. (2016). *Radon i danske lejeboliger*. 1 udg. København: SBI Forlag. 57 s.

Rasmussen, T.V. (2018). *Måling af radon i bygninger* (SBI-anvisning 270). København: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. Lokaliseret på: <http://anvisninger.dk/270>

- Rasmussen T.V. & T.B.H. Cornelius (2018). *Egnede Membransystemer til radonsikring - Vurdering af ti membransystemer* (SBI-rapport 2018:06). København: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. Lokaliseret på: <https://sbi.dk/Pages/Egnede-membransystemer-til-radonsikring.aspx>
- Rådets for den europæiske union. (2013). RÅDETS DIREKTIV 2013/59/EURATOM af 5. december 2013. om fastlæggelse af grundlæggende sikkerhedsnormer til beskyttelse mod de farer, som er forbundet med udsættelse for ioniserende stråling og om ophævelse af direktiv 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom og 2003/122/Euratom. Lokaliseret 21-1-2018 på: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/ALL/?uri=CELEX:32013L0059>
- Statens Institut for Strålehygiejne. (1987). *Radon-boliger-strålingsdosis lungekræftisiko*. Sundhedsstyrelsen, 14 sider
- Statens Institut for Strålehygiejne og Forskningscenter Risø. (1987). *Naturlig stråling i danske boliger*. Sundhedsstyrelsen, 122 sider
- Sundhedsstyrelsen. (2018). Bekendtgørelse om ioniserende stråling og strålebeskyttelse. BEK nr. 84 af 02/02/2018. Lokaliseret 05-02-2018 på: <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=197135>
- Sundhedsstyrelsen. (2009). *Anbefalinger om radon i boliger i de nordiske lande*. København. Lokaliseret på http://www.sst.dk/publ/Publ2009/SIS/Radon/Nordisk_radon_anbefaling_15-09-2009.pdf
- Sundhedsstyrelsen. (2019). *Radon og lungekræft*. København. Lokaliseret på <https://www.sst.dk/da/straalebeskyttelse/radioaktivitet/radon/sundhedsrisiko>
- Trafik- og Byggestyrelsen. (2015) *Bekendtgørelse om offentliggørelse af bygningsreglement 2015 (BR15)*. København: Trafik- og Byggestyrelsen. Lokaliseret på: <http://byggningsreglementet.dk/>
- Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen. (2017) *Bekendtgørelse om offentliggørelse af bygningsreglement 2018 (BR18)*. København: Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen. Lokaliseret på: <http://byggningsreglementet.dk/>
- Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen. (2019) *Radonguiden*. København: Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen. Lokaliseret på: <https://www.radonguiden.dk/>
- Ulbak, K., Stenum, B., Sørensen, A., Majborn, B., Bøtter-Jensen, L. og Nielsen, S.P. (1988). *Results from the Danish indoor radiation survey. Radiation Protection Dosimetry*, 24(1/4), 401–405
- World Health Organization. (2009). *WHO Handbook on indoor radon: – a public health perspective*. Geneve. Lokaliseret på: http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241547673_eng.pdf

Bilag A. Behandling af data fra 12.950 boliger

Årsmiddelværdien af indholdet af radon i indeluften er beregnet for 12.950 fritliggende énfamiliehuse samt kæde- og rækkehuse til beboelse som enten har målt en upræcis årsmiddelværdi, en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi. Minimumsværdien er 0 Bq/m³, maksimumsværdien er 1145 Bq/m³, Standardafvigelsen er 88 Bq/m³, medianværdien er på 97 Bq/m³, og middelværdien er 118 Bq/m³. Andelen af boliger med et indholdet af radon i indeluften i intervallet 101 Bq/m³ til 200 Bq/m³ er 35 %. Andelen af boliger med et indholdet af radon i indeluften større end 200 Bq/m³ er 12 %. Andelen af boliger med et indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 47 %.



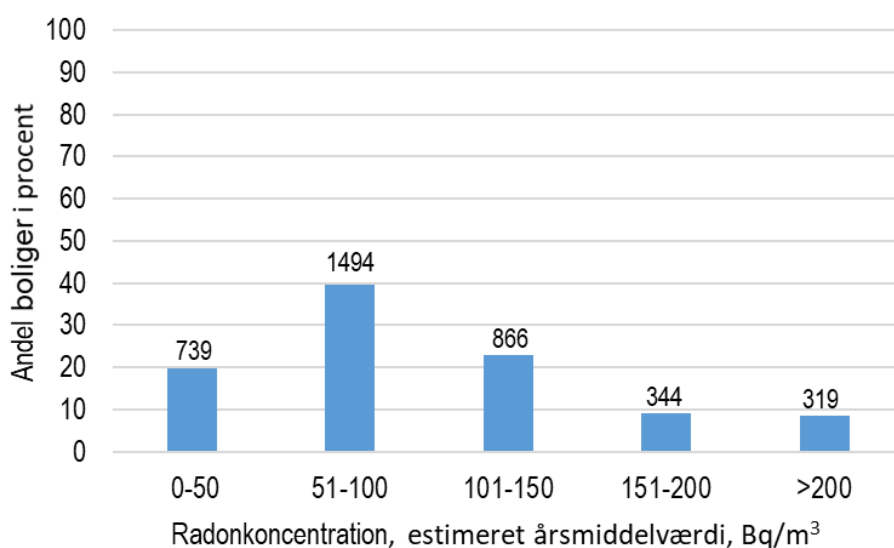
Figur 14. Frekvensdiagram for indholdet af radon i indeluften givet for beregnet gennemsnitlig årsmiddelværdi (Bq/m³) bestemt for alle 12.950 fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse inddelt i intervaller på 50 Bq/m³. Beregnet gennemsnitlig årsmiddelværdi omfatter målte og beregnede upræcise årsmiddelværdier, tilnærmede estimerede årsmiddelværdier og estimeret årsmiddelværdier.

Tabel 1. Andel af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse fordelt efter årsmiddelværdi for radon i indeluften inddelt i intervaller på 50 Bq/m³ for 12.950 boliger, som har målt og beregnet upræcise årsmiddelværdier, tilnærmede estimerede årsmiddelværdier og estimeret årsmiddelværdier.

Bq/m ³	0-50	51-100	101-150	151-200	> 200
Antal boliger	2245	4526	3067	1507	1605
Andel i %	17	35	24	12	12

Bilag B. Behandling af data fra 3.762 boliger

Den estimerede årsmiddelværdi for radon i indeluften er bestemt for 3.762 fritliggende énfamiliehuse samt kæde- og rækkehuse til beboelse. Minimumsværdien er 0 Bq/m³, maksimumsværdien er 804 Bq/m³, standardafvigelsen er 74 Bq/m³, medianværdien er på 88 Bq/m³, og middelværdien er 105 Bq/m³. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften i intervallet 101 Bq/m³ til 200 Bq/m³ er 32 %. Andelen af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 200 Bq/m³ er 9 %. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 41 %.



Figur 15. Frekvensdiagram for indholdet af radon i indeluften givet for den estimerede årsmiddelværdi (Bq/m³) bestemt for alle 3.762 fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse inddelt i intervaller på 50 Bq/m³.

Tabel 2. Andel af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse fordelt efter estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften inddelt i intervaller på 50 Bq/m³ for 3.762 boliger.

Bq/m ³	0-50	51-100	101-150	151-200	> 200
Antal boliger	739	1494	866	344	319
Andel i %	19	40	23	9	9

Estimeret årsmiddelværdien for indholdet af radon i indeklimaet bestemt for 3.128 fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med terrændæk. Minimumsværdien er 0 Bq/m³, maksimumsværdien er 804 Bq/m³, standardafvigelsen er 75 Bq/m³, medianværdien er på 88 Bq/m³, og middelværdien er 105 Bq/m³. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften i intervallet 101 Bq/m³ til 200 Bq/m³ er 32 %. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 200 Bq/m³ er 9 %. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 41 %.

Tabel 3. Antallet af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehus med terrændæk med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften inddelt i intervaller på 50 Bq/m³.

Bq/m ³	0-50	51-100	101-150	151-200	>200
Antal boliger	602	1253	729	278	266
Andel i %	19	40	23	9	9

Den estimerede årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeklimaet er bestemt for 634 fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med kælder eller krybekælder. Minimumsværdien er 0 Bq/m³, maksimumsværdien 609 Bq/m³, standardafvigelsen 70 Bq/m³, medianværdien på 91 Bq/m³, og middelværdien 104 Bq/m³. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften i intervallet 101 Bq/m³ til 200 Bq/m³ er 32 %. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 200 Bq/m³ er 8 %. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 40 %.

Tabel 4. Antallet af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften med kælder eller krybekælder inddelt i intervaller på 50 Bq/m³.

Bq/m ³	0-50	51-100	101-150	151-200	>200
Antal boliger	137	241	137	66	53
Andel i %	22	38	22	10	8

Tabel 5. Estimeret årsmiddelværdi af radon i indeluften inddelt efter fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført mellem 1900 og 1995, opført mellem 1996 til 2009 og opført mellem 2010 til 2018. Opførelsesperioden 2010 til 2018 er underinddelt i perioderne 2010 til 2014 og 2015 til 2018. Minimumsværdien, maksimumsværdien, standardafvigelsen, medianværdien og middelværdien er anført.

Opførelsesår	1900 - 1995	1996-2009	2010-2018	2010-2014	2015-2018
Middelværdi, [Bq/m ³]	106	93	58	62	41
Minimumsværdi, [Bq/m ³]	0	9	14	14	29
Maksimumsværdi, [Bq/m ³]	804	413	186	186	79
Standardafvigelse	74	72	39	41	19
Medianværdi, [Bq/m ³]	90	74	51	54	30
Antal boliger	3.603	123	36	29	7
Andel i %	95	3	1	1	>>1

Den estimerede årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeklimaet er bestemt for 3.603 fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført mellem 1900 og 1995. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften i intervallet 101 Bq/m³ til 200 Bq/m³ er 33 %. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 200 Bq/m³ er 9 %. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 42 %.

Tabel 6. Fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført mellem 1900 og 1995 med en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften inddelt i intervaller på 50 Bq/m³.

Bq/m ³	0-50	51-100	101-150	151-200	>200
Antal boliger	693	1419	843	338	310
Andel i %	19	39	24	9	9

Den estimerede årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeklimaet er bestemt for 123 fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført mellem 1996 og 2009. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften i intervallet 101 Bq/m³ til 200 Bq/m³ er 20 %. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 200 Bq/m³ er 7 %. Andelen af boliger med en estimeret

årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 27 %.

Tabel 7. Fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført mellem 1996 og 2009 med en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften inddelt i intervaller på 50 Bq/m³.

Bq/m ³	0-50	51-100	101-150	151-200	>200
Antal boliger	29	60	21	4	9
Andel i %	24	49	17	3	7

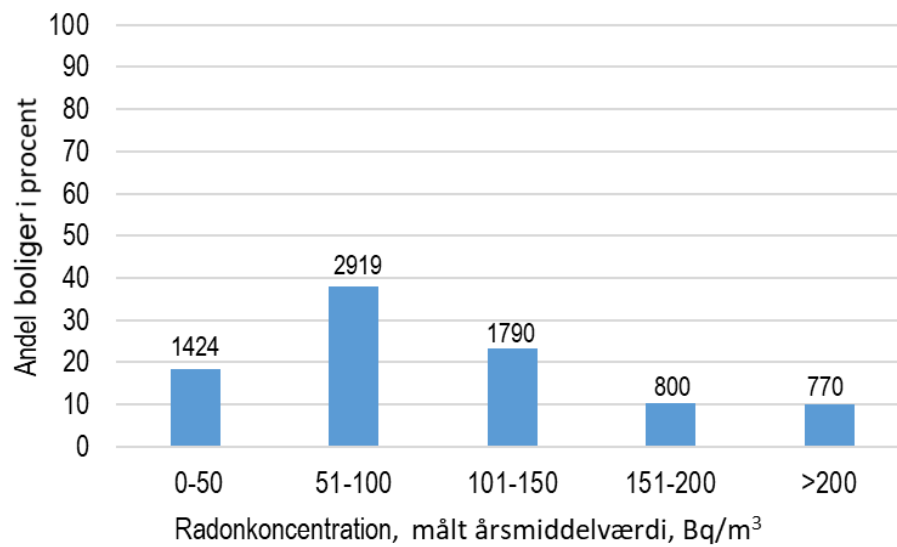
Den estimerede årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeklimaet er bestemt for 36 fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført mellem 2010 og 2018. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften i intervallet 101 Bq/m³ til 200 Bq/m³ er 11 %. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 200 Bq/m³ er 0 %. Andelen af boliger med en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 11 %.

Tabel 8. Fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført mellem 2010 og 2018 med en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften inddelt i intervaller på 50 Bq/m³.

	0-50	51-100	101-150	151-200	>200
2010-2018					
Antal boliger	17	15	2	2	0
Andel i %	48	41	5,5	5,5	0
2010-2014					
Antal boliger	12	13	2	2	0
Andel i %	41	45	7	7	0
2015-2018					
Antal boliger	5	2	0	0	0
Andel i %	71	29	0	0	0

Bilag C. Behandling af data fra 7.703 boliger

Tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller estimeret årsmiddelværdi af radon i indeluften er bestemt i 7.703 fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse. Minimumsværdien er 0 Bq/m³, maksimumsværdien er 1145 Bq/m³, standardafvigelsen er 79 Bq/m³, medianværdien er på 92 Bq/m³ og middelværdien er 110 Bq/m³. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften i intervallet 101 Bq/m³ til 200 Bq/m³ er 33 %. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 200 Bq/m³ er 10 %. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 43 %.



Figur 16. Frekvensdiagram for indholdet af radon i indeluften givet for tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi (Bq/m³) bestemt for 7.703 fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse inddelt i intervaller på 50 Bq/m³.

Tabel 9. Andel af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse fordelt efter beregnet årsmiddelværdi for radon i indeluften inddelt i intervaller på 50 Bq/m³ for 7.703 boliger med tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller estimeret årsmiddelværdi.

Bq/m ³	0-50	51-100	101-150	151-200	> 200
Antal boliger	1424	2919	1790	800	770
Andel i %	19	38	23	10	10

Den gennemsnitlige tilnærmede estimerede årsmiddelværdi eller den estimerede årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeklimaet er bestemt for 6.958 fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med terrændæk. Minimumsværdien er 0 Bq/m³, maksimumsværdien er 875 Bq/m³, standardafvigelsen er 79 Bq/m³, medianværdien er på 92 Bq/m³, og middelværdien er 110 Bq/m³. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften i intervallet 101 Bq/m³ til 200 Bq/m³ er 34 %. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 200 Bq/m³ er 10 %. Andelen af boliger med en

tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 44 %.

Tabel 10. Antallet af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med terrændæk med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften inddelt i intervaller på 50 Bq/m³.

Bq/m ³	0-50	51-100	101-150	151-200	>200
Antal boliger	1.273	2.637	1.629	715	704
Andel i %	18	38	24	10	10

Den tilnærmede estimerede årsmiddelværdi eller den estimerede årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeklimaet er bestemt for 745 fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med kælder eller krybekælder. Minimumsværdien er 0 Bq/m³, maksimumsværdien 1145 Bq/m³, standardafvigelsen 80 Bq/m³, medianværdien på 92 Bq/m³, og middelværdien er 108 Bq/m³. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften i intervallet 101 Bq/m³ til 200 Bq/m³ er 33 %. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 200 Bq/m³ er 9 %. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 42 %.

Tabel 11. Antallet af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften med kælder eller krybekælder inddelt i intervaller på 50 Bq/m³.

Bq/m ³	0-50	51-100	101-150	151-200	>200
Antal boliger	151	282	161	85	66
Andel i %	20	38	22	11	9

Tabel 12. Tilnærmet estimeret årsmiddelværdi og estimeret årsmiddelværdi af radon i indeluften inddelt efter fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført før 1995, opført mellem 1996 til 2009 og opført mellem 2010 til 2018. Opførelsesperioden 2010 til 2018 er underinddelt i perioderne 2010 til 2014 og 2015 til 2018. Minimumsværdien, maksimumsværdien, standardafvigelsen, medianværdien og middelværdien er anført.

Opførelse	1990-1995	1996-2009	2010-2018	2010-2014	2015-2018
Middelværdi, [Bq/m ³]	112	91	61	61	62
Minimumsværdi, [Bq/m ³]	0	5	6	9	6
Maksimumsværdi, [Bq/m ³]	1145	413	186	186	125
Standardafvigelse	80	66	37	38	35
Medianværdi, [Bq/m ³]	93	76	54	53	59
Antal boliger	7278	331	94	68	26
Andel i %	94	4	1	>1	>1

Den tilnærmede estimerede årsmiddelværdi eller den estimerede årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeklimaet er bestemt for 7.278 fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført mellem 1900 og 1995. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften i intervallet 101 Bq/m³ til 200 Bq/m³ er 34 %. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 200 Bq/m³ er 10 %. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 44 %.

Tabel 13. Fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført før 1995 med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften inddelt i intervaller på 50 Bq/m³.

Bq/m ³	0-50	51-100	101-150	151-200	>200
Antal boliger	1291	2748	1711	777	751
Andel i %	18	38	23	11	10

Den tilnærmede estimerede årsmiddelværdi eller den estimerede årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeklimaet er bestemt for 335 fritliggende én-familiehuse, kæde- og rækkehuse opført mellem 1996 og 2009. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften i intervallet 101 Bq/m³ til 200 Bq/m³ er 26 %. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 200 Bq/m³ er 6 %. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 32 %.

Tabel 14. Fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført mellem 1996 og 2009 med tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften inddelt i intervaller på 50 Bq/m³.

Bq/m ³	0-50	51-100	101-150	151-200	>200
Antal boliger	96	133	67	20	19
Andel i %	28	40	20	6	6

Den tilnærmede estimerede årsmiddelværdi eller den estimerede årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeklimaet bestemt for 94 fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført mellem 2010 og 2018. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften i intervallet 101 Bq/m³ til 200 Bq/m³ er 16 %. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 200 Bq/m³ er 0 %. Andelen af boliger med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indholdet af radon i indeluften større end 100 Bq/m³ er 16 %.

Tabel 15. Fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført mellem 2010 og 2018 med tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften inddelt i intervaller på 50 Bq/m³.

2010-2018	0-50	51-100	101-150	151-200	>200
Antal boliger	41	38	12	3	0
Andel i %	44	40	13	3	0
2010-2014					
Antal boliger	29	29	7	3	0
Andel i %	43	43	10	4	0
2015-2018					
Antal boliger	12	9	5	0	0
Andel i %	46	35	19	0	0

Bilag D. Regional fordeling af boliger

Den regionale placering af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, som er opført efter 1900, og som har en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften, er vist i tabel 16. Kommuner er listet efter faldende antal boliger.

Tabel 16. Den regionale placering af boliger som har en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for indhold af radon i indeklimaet.

Placering efter Kommune		Antal boliger	Antal boliger > 100 Bq/m ³	Andel i %
Aarhus		1260	562	44,60
	1900-1995	1212	551	45,46
	1996-2009	45	11	24,44
	2010-2018	3	0	0
København		843	319	37,84
	1900-1995	818	316	38,63
	1996-2009	15	3	20,00
	2010-2018	10	0	0
Lyngby-Tårnbæk		344	118	34,30
	1900-1995	335	114	34,03
	1996-2009	6	3	50,00
	2010-2018	3	1	33,33
Gladsaxe		305	132	43,28
	1900-1995	297	129	43,43
	1996-2009	3	2	66,67
	2010-2018	5	1	20,00
Middelfart		291	126	43,30
	1900-1995	260	118	45,38
	1996-2009	24	8	33,33
	2010-2018	7	0	00
Randers		287	135	47,04
	1900-1995	279	132	47,31
	1996-2009	2	1	50,00
	2010-2018	6	2	33,33
Kolding		272	118	43,38
	1900-1995	244	108	44,26
	1996-2009	24	9	37,50
	2010-2018	4	1	25,00
Rudersdal		227	97	42,73
	1900-1995	223	95	42,60
	1996-2009	3	1	33,33
	2010-2018	1	1	100

Placering efter Kommune		Antal boliger	Antal boliger > 100 Bq/m ³	Andel i %
Slagelse		190	102	53,68
	1900-1995	182	96	52,75
	1996-2009	7	5	71,42
	2010-2018	1	1	100
Horsens		169	83	49,11
	1900-1995	146	78	53,43
	1996-2009	16	4	25,00
	2010-2018	7	1	14,29
Svendborg		167	87	52,10
	1900-1995	156	84	53,85
	1996-2009	8	3	37,50
	2010-2018	3	0	0
Odense		157	68	43,31
	1900-1995	152	68	44,74
	1996-2009	5	0	0
	2010-2018	0	0	0
Hedensted		155	69	44,52
	1900-1995	144	64	44,44
	1996-2009	10	5	50,00
	2010-2018	1	0	0
Egedal		149	83	55,70
	1900-1995	131	75	57,25
	1996-2009	16	8	50,00
	2010-2018	2	0	0
Gentofte		145	59	40,69
	1900-1995	142	58	40,85
	1996-2009	1	1	100
	2010-2018	2	0	0
Silkeborg		143	38	26,57
	1900-1995	139	38	27,34
	1996-2009	4	0	0
	2010-2018	0	0	0
Roskilde		142	75	52,82
	1900-1995	136	73	53,68
	1996-2009	2	1	50,00
	2010-2018	4	1	25,00
Fredensborg		119	51	42,86
	1900-1995	110	47	42,72
	1996-2009	7	3	42,86
	2010-2018	2	1	50,00
Vordingborg		113	64	56,64
	1900-1995	102	60	58,82
	1996-2009	11	4	36,36
	2010-2018	0	0	0

Placering efter Kommune		Antal boliger	Antal boliger > 100 Bq/m ³	Andel i %
AAbenrå		102	38	37,26
	1900-1995	93	35	37,63
	1996-2009	9	3	33,33
	2010-2018	0	0	0
Hvidovre		93	48	51,61
	1900-1995	93	48	51,61
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Vejle		92	46	50,00
	1900-1995	86	42	48,84
	1996-2009	2	2	100
	2010-2018	4	2	50,00
Guldborgsund		88	47	53,41
	1900-1995	87	47	54,02
	1996-2009	1	0	0
	2010-2018	0	0	0
Haderslev		84	38	45,24
	1900-1995	78	36	46,15
	1996-2009	6	2	33,33
	2010-2018	0	0	0
Rødovre		77	30	38,96
	1900-1995	76	30	39,47
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	1	0	0
Fredericia		70	28	40
	1900-1995	65	26	40,00
	1996-2009	4	2	50,00
	2010-2018	1	0	0
Sønderborg		69	39	56,52
	1900-1995	59	35	59,32
	1996-2009	9	4	44,44
	2010-2018	1	0	0
Furesø		63	35	55,56
	1900-1995	59	33	55,93
	1996-2009	1	0	0
	2010-2018	3	2	66,67
Greve		61	39	63,93
	1900-1995	60	38	63,33
	1996-2009	1	1	100
	2010-2018	0	0	0
Hillerød		60	19	31,67
	1900-1995	55	17	30,91
	1996-2009	5	2	40,00
	2010-2018	0	0	0

Placering efter Kommune		Antal boliger	Antal boliger > 100 Bq/m ³	Andel i %
Høje-Tåstrup		46	23	50
	1900-1995	43	23	53,49
	1996-2009	2	0	0
	2010-2018	1	0	0
Syddjurs		45	19	42,22
	1900-1995	37	18	48,65
	1996-2009	7	1	14,29
	2010-2018	1	0	0
Køge		55	18	32,73
	1900-1995	49	16	32,65
	1996-2009	6	2	33,33
	2010-2018	0	0	0
Skanderborg		53	28	52,83
	1900-1995	45	27	60,00
	1996-2009	6	1	16,67
	2010-2018	2	0	0
Holbæk		50	19	38,00
	1900-1995	45	19	42,22
	1996-2009	5	0	0
	2010-2018	0	0	0
Favrskov		41	18	43,90
	1900-1995	35	16	45,71
	1996-2009	5	1	20,00
	2010-2018	1	1	100
Allerød		41	19	46,34
	1900-1995	38	19	50,00
	1996-2009	2	0	0
	2010-2018	1	0	0
Solrød		24	9	37,50
	1900-1995	20	8	40,00
	1996-2009	4	1	25,00
	2010-2018	0	0	0
Ringsted		42	18	42,86
	1900-1995	37	18	48,65
	1996-2009	4	0	0
	2010-2018	1	0	0
Viborg		43	12	27,91
	1900-1995	38	10	26,32
	1996-2009	4	2	50,00
	2010-2018	1	0	0
Næstved		52	31	59,62
	1900-1995	49	31	63,27
	1996-2009	2	0	0
	2010-2018	1	0	0

Placering efter Kommune		Antal boliger	Antal boliger > 100 Bq/m ³	Andel i %
Ballerup		47	24	51,06
	1900-1995	45	23	51,11
	1996-2009	1	1	100
	2010-2018	1	0	0
Lejre		44	26	59,09
	1900-1995	40	26	65,00
	1996-2009	2	0	0
	2010-2018	2	0	0
Frederikssund		39	17	43,59
	1900-1995	37	17	45,95
	1996-2009	2	0	0
	2010-2018	0	0	0
Aalborg		35	12	34,29
	1900-1995	33	12	34,29
	1996-2009	2	0	0
	2010-2018	0	0	0
Tårnby		35	11	31,42
	1900-1995	35	11	31,43
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Faarborg-Midtfyn		33	20	60,61
	1900-1995	31	18	58,06
	1996-2009	2	2	100
	2010-2018	0	0	0
Helsingør		31	10	32,26
	1900-1995	30	9	30,00
	1996-2009	1	1	100
	2010-2018	0	0	0
Herlev		29	12	41,38
	1900-1995	29	12	41,38
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Hørsholm		27	10	37,04
	1900-1995	25	10	40,00
	1996-2009	2	0	0
	2010-2018	0	0	0
Sorø		25	15	60,00
	1900-1995	24	15	62,50
	1996-2009	1	0	0
	2010-2018	0	0	0
Lolland		25	12	48,00
	1900-1995	25	12	48,00
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0

Placering efter Kommune		Antal boliger	Antal boliger > 100 Bq/m ³	Andel i %
Nyborg		24	9	37,50
	1900-1995	24	9	37,50
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Assens		23	10	43,48
	1900-1995	22	10	45,46
	1996-2009	1	0	0
	2010-2018	0	0	0
Faxe		21	13	61,91
	1900-1995	20	13	65,00
	1996-2009	1	0	0
	2010-2018	0	0	0
Glostrup		21	7	33,33
	1900-1995	20	7	35,00
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	1	0	0
Brøndby		20	13	65,00
	1900-1995	20	13	65,00
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Frederiksberg		20	4	20,00
	1900-1995	20	4	20,00
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Stevns		19	13	68,42
	1900-1995	16	13	81,25
	1996-2009	1	0	0
	2010-2018	2	0	0
Odsherred		18	6	33,33
	1900-1995	17	6	35,29
	1996-2009	1	0	0
	2010-2018	0	0	0
Kalundborg		18	9	50,00
	1900-1995	18	9	50,00
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Thisted		18	11	61,11
	1900-1995	17	10	58,82
	1996-2009	1	1	100
	2010-2018	0	0	0
Bornholm		17	10	58,82
	1900-1995	15	9	60,00
	1996-2009	1	1	100
	2010-2018	1	0	0

Placering efter Kommune		Antal boliger	Antal boliger > 100 Bq/m ³	Andel i %
Odder		15	4	26,67
	1900-1995	14	4	28,57
	1996-2009	1	0	0
	2010-2018	0	0	0
Kerteminde		15	7	46,67
	1990-1995	14	7	50,00
	1996-2009	1	0	0
	2010-2018	0	0	0
Herning		15	2	13,33
	1900-1995	15	2	13,33
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Nordfyns		14	6	42,86
	1900-1995	11	6	54,55
	1996-2009	2	0	0
	2010-2018	1	0	0
Mariagerfjord		14	6	42,86
	1900-1995	14	6	42,86
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Hjørring		13	5	38,46
	1900-1995	13	5	38,46
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Dragør		12	3	25,00
	1900-1995	12	3	25,00
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Halsnæs		12	3	23,00
	1900-1995	11	3	27,27
	1996-2009	1	0	0
	2010-2018	0	0	0
Frederikshavn		11	2	18,18
	1900-1995	11	2	18,18
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Vallensbæk		10	4	40,00
	1900-1995	8	4	50,00
	1996-2009	2	0	0,00
	2010-2018	0	0	0
Skive		10	3	30,00
	1900-1995	10	3	30,00
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0

Placering efter Kommune		Antal boliger	Antal boliger > 100 Bq/m ³	Andel i %
Nørddjurs		10	3	30,00
	1900-1995	9	2	22,22
	1996-2009	1	1	100
	2010-2018	0	0	0
Albertslund		10	4	40,00
	1900-1995	7	4	57,14
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	3	0	0
Gribskov		10	2	20,00
	1900-1995	8	2	25,00
	1996-2009	2	0	0
	2010-2018	0	0	0
Tønder		10	1	10,00
	1900-1995	8	0	0
	1996-2009	2	1	50,00
	2010-2018	0	0	0
Esbjerg		10	0	0
	1900-1995	10	0	0
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Struer		9	2	22,22
	1900-1995	9	2	22,22
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Billund		9	2	22,22
	1900-1995	8	1	12,50
	1996-2009	1	1	100
	2010-2018	0	0	0
Holstebro		8	2	25,00
	1900-1995	6	1	16,67
	1996-2009	1	1	100
	2010-2018	1	0	0
Ishøj		8	4	50,00
	1900-1995	8	4	50,0
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Rebild		6	2	33,33
	1900-1995	6	2	33,33
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Varde		6	0	0
	1900-1995	6	0	0
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0

Placering efter Kommune		Antal boliger	Antal boliger > 100 Bq/m ³	Andel i %
Vesthimmerlands		4	2	50,00
	1900-1995	3	2	66,67
	1996-2009	1	0	0
	2010-2018	0	0	0
Brønderslev		4	1	25,00
	1900-1995	4	1	25,00
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Langeland		4	0	0
	1900-1995	4	0	0
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Lemvig		4	1	25,00
	1900-1995	4	1	25,00
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Morsø		3	0	0
	1900-1995	3	0	0
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Jammerbugt		2	0	0
	1900-1995	1	0	0
	1996-2009	1	0	0
	2010-2018	0	0	0
Ikast-Brande		2	0	0
	1900-1995	2	0	0
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Ærø		2	1	50,00
	1900-1995	2	1	50,00
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Samsø		1	0	0
	1900-1995	1	0	0
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Fanø		1	0	0
	1900-1995	1	0	0
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0
Ringkøbing-Skjern		1	0	0
	1900-1995	1	0	0
	1996-2009	0	0	0
	2010-2018	0	0	0

Bilag E. Nye boliger med for meget radon

Fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført efter 2010 med en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi eller en estimeret årsmiddelværdi for radon højere end 100 Bq/m³ er vist i tabel 17. Alle boliger er opført med terrændæk.

Tabel 17. Bygninger opført efter 2010 med en estimeret årsmiddelværdi eller en tilnærmet estimeret årsmiddelværdi for radon i indeluften større end 100 Bq/m³.

Bolig	Kommune	Estimeret årsmiddelværdi [Bq/m ³]	Tilnærmet estimeret årsmiddelværdi [Bq/m ³]	Opførelsesår	Gennemgang tilladt
	Randers	125	-	2014	-
	Vejle	186	-	2013	-
	Furesø	133	-	2011	-
	Slagelse	155	-	2012	-
C	Favrskov	-	114	2015	Ja
	Furesø	-	128	2011	-
	Horsens	-	171	2011	-
	Rudersdal	-	130	2012	Fejl*
D	Randers	-	119	2017	Ja
	Gladsaxe	-	130	2013	-
	Lyngby-Tårnbæk	-	120	2016	-
A	Roskilde	-	104	2015	Ja
B	Fredensborg	-	125	2015	Ja
	Vejle	-	110	2010	-
	Kolding	-	120	2013	-

*Ejeren, som bestilte målingen, ejer ikke den bolig, som målingen ifølge databasen er foretaget i. Boligejeren der bestilte målingen bor i et énfamiliehus fra 1970'erne, men målefirmaet har registreret, at målingen er foretaget i et nyere énfamiliehus to husnumre væk opført i 2012.

Bilag F. Spørgeskema til boligejere

Ejere af fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med et indhold af radon i indeluften højere end 100 Bq/m³ er blevet kontaktet. Ejerne er blevet spurgt, om deres målerapport for måling af radon og kontaktoplysninger må videregives til SBI, og om de havde interesse i at besvare spørgsmål om deres bolig. De blev også orienteret om, at alle oplysninger vil indgå i anonymiseret form i undersøgelsen. Spørgsmålene blev efterfølgende sendt via mail.

Spørgsmål:

Har du selv stået for byggeriet af dit hus? Ja
 Nej, jeg har fået bygget huset af et firma, hvilket: _____
 Nej, jeg har købt huset færdigt
 Nej, jeg er husets første/anden/tredje/fjerde/? ejer. Angiv svar ved at sætte ring om det korrekte svar.

Var du opmærksom på kravet til radon i indeklimaet i bygningsreglementet ved købet af huset? Ja
 Nej

Indgår radonsikring i beskrivelsen af huset? Ja
 Nej
 Ved ikke

Ved du, hvorledes radonsikringen er udført? Ja
Hvis ja, hvordan? _____
 Nej
 Ved ikke

Har du sikret dig, at radonsikringen er udført? Ja
Hvis ja, er den udført korrekt? _____
 Nej
 Ved ikke

Har du lagt mærke til revner og sprækker i konstruktioner mod jord? Ja
Hvis ja, Hvor? _____
 Nej

Har du lagt mærke Ja
til, om der er revner Nej
omkring gennemfø-
ring af rør, kabler og
riste mod jord?

Har du udført arbej- Ja
der på konstrukti- Hvis ja, hvilke?
onerne mod jord? _____

Nej _____

Har huset mekanisk Ja
ventilation? Hvis ja:

Skifter du filtre, når det har kørt Ja
et halvt år Nej

Kører ventilationssystemet hele Ja
døgnet hele året Nej

Nej Hvis nej, har du åbne ventilati- Ja
onsspalter Nej

Sikres luftskifte på anden måde Ja
 Nej

Hvis ja, og luftskiftet sikres på anden måde,
hvordan: _____

Skiftes luften i din bolig hver anden time? Et sådant luft- Ja
skifte kan opnås, hvis du opfylder et af følgende forhold: Nej

- Har åbne ventilationsspalter på 60 cm² pr. 25 m² gulvareal.
- Gennemventilerer boligen flere (mindst 3 gange) gange i døgnet.
- Har du et korrekt indstillet ventilationsanlæg.

Er der en årsag til, at Ja
der er foretaget en Hvis ja, af hvilken årsag?
radonmåling i hu- _____
set? Nej _____

Har du modtaget Ja
målerapporten fra Nej
målingen af radon?

Har målerapporten Ja
givet et entydigt re- Nej
sultat?

Har målerapporten orienteret dig tilfredsstillende om be- Ja
tydningen af det opnåede resultat? Nej

Har du efterfølgende gennemført tiltag for at reducere indholdet af radon i indeklimaet?

Ja

Hvis ja:

Hvilke tiltag er gennemført?

Hvem har anbefalet det/de gennemførte tiltag?

Hvem har udført tiltag?

Er der gennemført kontrolmåling for at se tiltagets effekt?

Ja

Nej

Hvis ja, hvad viste kontrolmålingen?

_____ Bq/m³

Nej

Hvis nej, hvorfor?

Bilag G. Informationer fra byggesager

Informationer fra byggesagen samt tegninger og ejerens svar på spørgsmålene er sammenfattet for den enkelte bolig angivet bolig A, - B, - C og - D.

Bolig A

Boligen er et rækkehus i to planer beliggende midt i en række. Byggetilladelsen er givet i henhold til Bygningsreglement 2010 (BR10) (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010). I byggetilladelsen fra kommunen nævnes ingen forhold vedrørende kravet til radon. I erklæringen vedrørende relevant teknisk dokumentation angives under eksempler på dokumentation vedrørende teknisk forhold: Tegningsmateriale, som viser bygningens tæthed mod jord.

Boligen er opført som elementbyggeri bestående af lodrette bærende vægelementer og søjler samt vandret bærende bjælke- og dækelementer.

Lejlighedsskel er udført i 180 mm betonelementer. Skillevæg mod trappe er udført i 150 mm betonelementer. Øvrige bagvægge i facader er af porebeton. Skillevægge er opført i porebeton. Udvendigt er afsluttet med en skalmur, som er forbundet til bagvæggene med bindere. Hulmuren er isoleret.

Terrændækket er udført med 100 mm beton udlagt på isolering af polystyren. Gulvbelægning er af 20 mm træ. Fundamenter er støbt i jordform med den fornødne armering. Ydervægsfundamenter er afsluttet med to skifter isoleringsblokke som Lecatherm. Under skillevægge er undladt isolering i en bredde på cirka 250 mm, hvori der er etableret fundamenter.

Ejer var forud for købet og opførelsen af boligen opmærksom på kravet til radon i indeluften.

Boligen er forsynet med mekanisk ventilation, som sikrer ventilation af boligen som helhed i overensstemmelse med bygningsreglementets bestemmelser. Ventilationsanlægget kører hele døgnet året rundt. Filtre skiftes mindst hvert halve år.

Indholdet af radon i indeluften er målt via www.radonfrithjem.dk for at kontrollere niveauet af radon i indeluften. Boligejeren ønsker, at benytte målingen i forbindelse med 5-års gennemgangen. Målerapporten har boligejeren modtaget. Boligejeren mener ikke, resultatet fra målingen gav et entydigt resultat. Målerapporten har ikke på tilfredsstillende vis orienteret boligejeren om betydningen af det opnåede resultat. Boligejeren har efterfølgende ikke gennemført tiltag for at reducere indholdet af radon i indeklimaet. Boligejeren har søgt afklaring hos entreprenøren og hos firmaet, hvor radonmålingen er købt. Boligejeren er ikke afklaret i forhold til indholdet af radon i indeluften.

Bolig B

Boligen er et rækkehus i to planer beliggende midt i en række. Boligen er opført i henhold til Bygningsreglement 2010 (BR10) (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010). I byggetilladelsen fra kommunen nævnes ingen forhold vedrørende kravet til radon. Radontætning fremgår af projekt materialet udarbejdet af rådgiveren. Af materialet fremgår det, at terrændæk udføres radontætte ved at udføre betonplader med svindarmering og tætte fuger. Betonplader udstøbes på luft- og vandtæt 0,2 mm PE-folie. Tegningsmaterialet indeholder ikke yderligere beskrivelser af selve udførelsen af radonsikringen.

Boligen er opført som elementbyggeri i beton bestående af lodrette bærende vægelementer, samt vandret bærende dækelementer. Lejlighedsskel er udført i 250 mm betonelementer.

Udvendigt er afsluttet med puds på isolering fastgjort til bagmur af beton.

Terrændækket er udført i 100 mm beton udlagt på isolering af polystyren. Gulvbelægning er af 27 mm træ på strøer. Af tegninger fremgår at PE-folie er lagt på den lastfordelende plade af beton. Fundamenter er støb i jordform og ilagt den fornødne armering. Facadeisolering er ført til under jord på ydersiden af fundament. Under skillevægge til lejlighedsskel er isolering udeladt i en bredde på cirka 250 mm, hvori der er etableret fundamenter.

Boligejeren har fået boligen opført af en professionel bygherre.

Boligejeren var forud for projektkøbet og opførelsen af boligen ikke opmærksom på kravet i bygningsreglementet til radon i indeluften.

Boligen er forsynet med mekanisk ventilation, som sikrer ventilation af boligen. Ventilationsanlægget kører hele døgnet året rundt. Filtre skiftes ikke regelmæssigt. Yderligere har boligen åbne ventilationsspalter. Boligejeren mener ikke, at ventilation som helhed er i overensstemmelse med bygningsreglementets bestemmelser.

Indholdet af radon i indeluften er målt via www.radonfrithjem.dk. Målerapporten har boligejeren modtaget. Boligejeren mener ikke resultatet fra målingen gav et entydigt resultat. Målerapporten har ikke på tilfredsstillende vis orienteret boligejeren om betydningen af det opnåede resultat. Boligejeren har efterfølgende ikke gennemført tiltag for at reducere indholdet af radon i indeklimaet.

Bolig C

Boligen er et parcelhus i et plan, der er givet byggetilladelse til i henhold til Bygningsreglement 2015 (BR15) (Trafik- og Byggestyrelsen, 2015)). Den teknisk dokumentation indeholder tegningsmateriale, som viser bygningens tæthed mod jord. Tegningerne indeholder en beskrivelse af radonsikring.

Boligen er opført med letklinker helvægselementer. Udvendigt er ydervæggene afsluttet med teglsten, som forbindes til bagvæggene med bindere. Hulmuren er isoleret. Skillevægge er udført af letklinker helvægselementer.

Terrændækket er udført med 120 mm selvnivelerende beton, 20 MPa med svindarmering Rio-net 6015 på AL-lister. Den lastfordelende plade er støbt på isoleringsplader af polystyren lagt på 200 mm komprimeret sandpude. Gulvbelægningen er trægulv, klinker eller tæpper.

Fundamenter er støbt i jordform og ilagt den fornødne armering. Ydervægsfundamenter er afsluttet med en skifte isoleringsblokke. Blokkene er Lecatherm med 150 mm isolering ovenover mellem Leca-blok og lastfordelende betonplade. Under skillevægge er isolering udeladt og erstattet af skillevæggsfundament under betonplade.

Radontætningen udgøres af betonpladen. Dette gælder også ved skillevægge. Der er udført svindarmering med Rio-net 6015 i betonpladen. Rørgennemføringer i betonpladen er fuget tæt til beton. Fugtspærre under ydervægge er fastgjort på betonpladen.

Ejer var forud for opførelsen af boligen opmærksom på kravet til radon i indeluften.

Boligen er forsynet med mekanisk ventilation, som sikrer ventilation af boligen som helhed i overensstemmelse med bygningsreglementets bestemmelser. Ventilationsanlægget kører hele døgnet året rundt. Filtre skiftes mindst hvert halve år.

Indholdet af radon i indeluften er målt via www.radonfrithjem.dk for at kontrollere niveauet af radon i indeluften. Målingen er foretaget, da huset ligger i et område af landet, hvor tidligere undersøgelser har vist, at en stor andel af

boligerne har for meget radon i indeluften. Målerapporten har boligejeren modtaget. Boligejeren mener ikke, resultatet fra målingen gav et entydigt resultat. Målerapporten har dog på tilfredsstillende vis orienteret om betydningen af det opnåede resultat. Boligejeren har efterfølgende ikke gennemført tiltag for at reducere indholdet af radon i indeklimaet. Boligejeren ved ikke, hvad der kan gøres i den aktuelle bolig for at nedbringe radonniveauet i indeluften.

Bolig D

Boligen er et fritliggende parcelhus i et plan, der er givet byggetilladelse til i henhold til Bygningsreglement 2010 (BR10) (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010). I byggetilladelsen fra kommunen nævnes ingen forhold vedrørende kravet til radon. I erklæringen vedrørende teknisk dokumentation er der under eksempler på dokumentation vedrørende tekniske forhold ikke angivet tegningsmateriale, som viser bygningens tæthed mod jord.

Boligen er opført med en træskeletkonstruktion. Den bærende bagvæg er udvendigt afsluttet med teglsten, og indvendigt er den afsluttet med fibergips. Træskelettet er isoleret. Skillevægge er udført som træ-/stålskeletvægge beklædt med krydsfiner og fibergips.

Terrændækket er udført med 100 mm beton udlagt på isolering af polystyren. Fundamenter er støbt i jordform og ilagt den fornødne armering. Ydervægfundamenterne er afsluttet med to skifter isoleringsblokke. Blokkene er Lecatherm. Skillevæggene er stillet direkte på den lastfordelende plade af beton. Der er således ikke selvstændige fundamenter under skillevæggene. Radonsikring indgår ikke som en del af byggesagen og tegninger indeholder ingen beskrivelser vedrørende radonsikring.

Boligejeren var forud for opførelsen af boligen opmærksom på kravet til radon i indeluften. Fugtspærren fungerer som radonspærre klæbet til den lastfordelende plade af svindarmeret beton. To svindrevner i betonpladen er konstateret.

Boligen er forsynet med mekanisk ventilation, som sikrer ventilation af boligen som helhed i overensstemmelse med bygningsreglementets bestemmelser. Ventilationsanlægget kører hele døgnet året rundt. Filtre skiftes mindst hvert halve år. Yderligere luftes der jævnlige ud i boligen.

Indholdet af radon i indeluften er målt via www.radonfrithjem.dk for at kontrollere niveauet af radon i indeluften. Målingen er foretaget som kontrol af den udførte radonsikring. Målerapporten har boligejeren modtaget. Boligejeren mener resultatet fra målingen gav et entydigt resultat. Målerapporten har ligeledes på tilfredsstillende vis orienteret om betydningen af det opnåede resultat. Boligejeren har efterfølgende ikke gennemført tiltag for at reducere indholdet af radon i indeklimaet.

Denne rapport præsenterer en undersøgelse af radonindholdet målt i 12.950 boliger og sammenholder radonindholdet i hver bolig med bestemmelserne i det bygningsreglement, der var gældende, da boligen blev opført. På den baggrund er det i rapporten vurderet, om bygningsreglementets bestemmelser om radonsikring er blevet fulgt, og om reglerne dermed har haft den til-sigtede effekt.

De undersøgte boliger er énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført 1900-2018. Ejerne af boligerne, som indgår i undersøgelsen, har gennemført radonmålinger ved at bestille målinger gennem hjemmesiden www.radonfrithjem.dk. Målingerne er foretaget med dosimetre i fyringssæsonerne 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018 og 2018 frem til slutningen af december.

1. udgave, 2019

ISBN 978-87-563-1929-4

