

Årstidsvariasjoner i radon i skoler og barnehager med balansert mekanisk ventilasjon

2013–2014



Referanse:

Kolstad T, Nilsen L T, Aleksandersen T B og Finne I.

Årstidsvariasjoner i radon i skoler og barnehager.
Teknisk dokument nr. 6. Østerås: Statens strålevern, 2015.

Emneord:

Radonmåling, årstidsvariasjon, skoler, barnehager

Resymé:

I perioden 2013-2014 gjennomførte Strålevernet en studie for å se på hvordan radonnivået i skoler og barnehager varierer med årstiden. Det er gjennomført helårsmålinger parallelt med kortere målinger på to måneder. Målet med studien var å finne ut om dagens korreksjonsfaktor til årsmiddelverdi på 0.75 (vinterhalvåret) kan forsvares og om radonkonsentrasjonen varierer forskjellig i ulike klimasoner. Sesongvariasjonene i skoler og barnehager med balansert mekanisk ventilasjon er små i forhold til norske boliger. Korreksjonsfaktoren for å beregne årsmiddelverdi i skoler og barnehager må endres fra 0.75 til 1.0 og samme faktor kan benyttes i hele landet.

Reference:

Kolstad T, Nilsen L T, Aleksandersen T B og Finne Engen I.

Teknisk dokument nr. 6. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2015.
Language: Norwegian.

Key words:

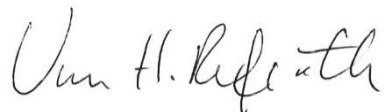
Radonmeasurement, alpha-trackdetector, Canary digital radon monitor, annual concentration, correction factors, seasonal variation, schools, kindergartens.

Abstract:

The results of a survey of radon concentrations in Norwegian schools and kindergartens are reported. The purpose of the study was to collect information regarding seasonal variations. Measurements were performed in buildings with balanced mechanical ventilation in periods of two months in six consecutive periods along with detectors left for one year. The results support less season variations in schools and kindergartens than in Norwegians dwellings. Radon measurements in schools and kindergartens must be adjusted by a factor of 1.0 to estimate annual radon concentrations.

Prosjektleder: Trine Kolstad

Godkjent:



Unn Hilde Refseth, avdelingsdirektør, Avdeling overvåkning og forskning

24 sider.

Publisert 2015-06-29.

Statens strålevern, Postboks 55, No-1332 Østerås, Norge.

Telefon 67 16 25 00, faks 67 14 74 07.

E-post: nrpa@nrpa.no

www.nrpa.no

ISSN 2387-5240 (online)

Årstidsvariasjoner i radon i skoler og barnehager med balansert mekanisk ventilasjon

2013-2014

Trine Kolstad

Lill Tove Nilsen

Thomas Bandur Aleksandersen

Ingvild Finne

Statens strålevern

Norwegian Radiation
Protection Authority
Østerås, 2015

Innhold

1	Oppsummering	4
2	Metode	5
2.1	Utvalg	5
2.2	Måleutstyr	7
3	Resultater	9
3.1	Korreksjonsfaktorer for kommuner med ulike oppvarmingsbehov	13
3.2	Data og korttidsvariasjoner basert på Canary-målinger	17
3.2.1	<i>Lengde på måleperiode</i>	18
4	Konklusjoner	19
	Referanser	20
	Vedlegg 1. Brev til kontaktperson i kommunen	21
	Vedlegg 2. Informasjon om undersøkelsen til kontaktperson i kommunen	21
	Vedlegg 3. Veileder til måleransvarlig 1-2	23

1 Oppsummering

I perioden august 2013 til oktober 2014 gjennomførte Statens strålevern en landsomfattende studie av radon i skoler og barnehager. Radon er målt i et helt år, samtidig som det er målt radon i kortere intervaller på to måneder. Det ble gjennomført 1450 målinger i 67 bygninger. Målingene ble utført med CR-39 sporfilm og elektroniske Canary-apparater. Nesten alle skolene og barnehagene i studien hadde balansert mekanisk ventilasjon, og det er kun data fra disse bygningene som er behandlet i rapporten. Radonmålinger i boliger har vist at radonkonsentrasjonen innendørs kan variere mye over tid på grunn av meteorologiske forhold, fyringsvaner og ventilasjonsbetingelser. Radonkonsentrasjonen i norske boliger er vanligvis dobbelt så høy i fyringssesongen som i sommerhalvåret [1]. Årsmiddelverdien for boliger estimeres ved å multiplisere målt radonkonsentrasjon med en faktor avhengig av når målingen gjennomføres. Siden 2012 har radonmålinger i skoler og barnehager vært korrigert med 0.75 for beregning av årsmiddelverdier, gitt at målinger er utført i vinterhalvåret. Målet med denne studien har vært todelt:

- Kan dagens korreksjonsfaktor på 0.75 forsvares?
- Hvordan varierer radonkonsentrasjonen i kommuner med ulike oppvarmingsbehov?

Resultatene viser at dagens korreksjonsfaktor på 0.75 vil gi for lave årsmiddelverdier, og at faktoren er nærmere 1.0. Forvaltningsmessige hensyn tiliser at måleverdiene for radon i skoler og barnehager med mekanisk balansert ventilasjon ikke lenger bør korrigeres.

2 Metode

2.1 Utvalg

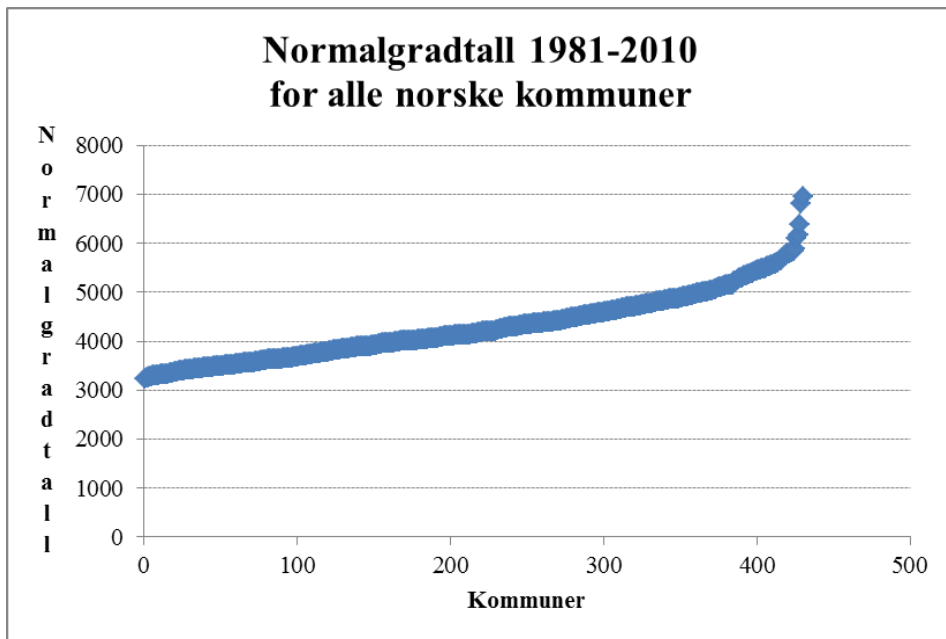
Vi vet at radonnivået i boliger er avhengig av hvorvidt det fyres eller ikke, som igjen er avhengig av utelufttemperatur. I boliger uten balansert ventilasjon vil undertrykket i bygningen øke om vinteren og føre til at mer jordluft suges inn gjennom utettheter. Vår hypotese er at årstidsvariasjonene for skoler og barnehager med slik ventilasjon ikke vil variere på samme måte som for boliger, men vi bør likevel passe på å undersøke dette i bygninger som står i områder med forskjellige temperaturforhold gjennom året. Energigradtall, som er et mål på oppvarmingsbehovet, benyttes til å finne disse. Enova definerer oppvarmingsbehovet ved å regne ut differansen mellom døgnmiddeltemperaturen på en værstasjon og en basistemperatur på 17 °C. En døgntemperatur på 5.5 °C gir et gradtall på $17.0 - 5.5 = 11.5$. Er døgntemperaturen høyere enn 17 °C, settes gradtallet lik 0. Gradtallet for en måned er summen av døgngradtallene i måneden. Gradtallet for året er summen av de 12 månedstallene som heltall. Normal gradtall er et gjennomsnittstall for en 30-års periode. For hver enkelt kommune i Norge har Enova laget tabeller over normalgradtall i perioden 1981-2010 [2].

Først ble fire store bykommuner trukket ut til å være med i studien for å dekke typisk litt store byskoler og -barnehager. Per 1.1.2013 var det 428 kommuner i Norge. Harstad og Bjarkøy ble ny Harstad kommune fra og med 1.1.2013. Vi hadde derfor ikke normalgradtall for nye Harstad kommune og har derfor utelatt denne. Da vi tok bort Harstad og de fire store bykommunene, stod vi igjen med 423 kommuner. Disse ble delt inn i 4 grupper etter normalgradtall for 1981-2010 og tilfeldig trekking ble gjennomført i tråd med tabell 1.

Tabell 1. Alle kommuner ble delt inn i fire grupper etter normalgradtall for 1981-2010 og kommando for tilfeldig trekking ses i kolonne 4.

Gruppe	Normalgradtall 1981-2010	Antall kommuner	Kommando for tilfeldig trekking
1	3000-3999	164	TILFELDIG MELLOM (1;164)
2	4000-4999	193	TILFELDIG MELLOM (165;357)
3	5000-5999	61	TILFELDIG MELLOM (358;418)
4	6000-6999	5	Ingen trekking, alle med

Normalgradtall for 1981-2010 for de utvalgte kommunene i studien er forholdsvis representative for kommunene i Norge. Målinger er utført i kommuner som spenner over hele skalaen av normalgradtall – fra de kommunene der det er minst til størst behov for oppvarming. Normalgradtall (1981-2010) for alle norske kommuner er vist i figur 1. Hvert tall på x-aksen representerer en kommune.



Figur 1. Normalgradtall (1981-2010) for alle norske kommuner.

Fem kommuner ble trukket tilfeldig ut i gruppe 2-4 for å delta i prosjektet. I gruppe 4 er det bare fem kommuner så alle ble med, men bare tre valgte å gjennomføre kartleggingen. I gruppe 1, ble syv kommuner trukket ut for å få nok bygninger totalt ettersom Bokn- og Utsira kommune målte i så få bygninger. Av de fire store bykommunene var det kun Stavanger kommune som gjennomførte så i gruppe 1 var det totalt åtte kommuner med.

Det ble sendt ut måleutstyr til i alt 27 kommuner etter først å ha hatt telefonisk kontakt med dem og totalt gjennomførte 21 kommuner, se tabell 2. Kommunene fikk også tilsendt brev, informasjon og veiledingsnotat, se vedlegg I-III.

Tabell 2. Deltagende kommuner med oversikt over normalgradtall

Kommune nummer	Kommune	Gradtall kategori	Normalgradtall 1981-2010
626	LIER	1	3911
1004	FLEKKEFJORD	1	3662
1103	STAVANGER	1	3282
1133	HJELMELAND	1	3320
1145	BOKN	1	3291
1151	UTSIRA	1	3312
1211	ETNE	1	3453
1221	STORD	1	3425
529	VESTRE TOTEN	2	4752
624	ØVRE EIKER	2	4171
1232	EIDFJORD	2	4318
1664	SELBU	2	4525
1870	SORTLAND	2	4521
428	TRYSIL	3	5347
434	ENGERDAL	3	5821
512	LESJA	3	5578
1739	RØYRVIK	3	5584
1833	RANA	3	5057
2011	KAUTOKEINO	4	6947
2021	KARASJOK	4	6812
2025	TANA	4	6378

2.2 Måleutstyr

Kontaktpersonene i hver kommune ble bedt om å plassere ut måleutstyr i to skoler og to barnehager. I enkelte kommuner ble det målt i færre bygg. Hovedsakelig ble det målt radon i tre oppholdsrom i hvert bygg gjennom et helt år, samtidig som det ble målt radon i kortere intervaller på to måneder i samme året. Årsmiddelverdier av radon ble beregnet på tre ulike måter med to typer måleutstyr, sporfilm-detektorer og elektroniske apparater, se figur 2:

1. Sporfiler i intervaller på 2 måneder som deretter ble summert til et årsmiddel
2. Sporfiler eksponert i 1 år sammenhengende
3. Canary-apparater eksponert i 1 år sammenhengende

Målingene ble utført med CR-39 sporfiler fra Strålevernets eget laboratorium og med elektroniske Canary-apparater. For begge metodene er måleprinsippet det samme ved at radongass diffunderer inn i et deteksjonskammer hvor radonatomene henfaller og sender ut energirike alfa-partikler som registreres.



Figur 2. Måleutstyr: CR-39 sporfilm og Canary-apparat.

Cr-39 sporfilm består av en plastikk bit av polyallyldiglykolkarbonat som er plassert inne i en svart plastbeholder. Størrelsen på filmene er 19 mm x 19 mm og 10 mm tykk. Det er en lukket detektor med NRPB/SSI design og som består av et antistatisk materiale. Radongassen diffunderer inn gjennom smale sprekker i beholderen, mens radondøtrene stenges ute. Diffusjonstiden er på rundt 30 minutter. Når radon brytes ned avgis alfastråling som treffer sporfilmmaterialet og det lages spor som gjøres synlige ved kjemisk etsning i 20 % NaOH på vannbad ved 90°C i 165 minutter. Sportettheten i filmen er proporsjonal med radonkonsentrasjonen.

En Canary registrerer kontinuerlig radonkonsentrasjonen. I tillegg til en gjennomsnittsverdi, gir målingene informasjon om hvordan konsentrasjonene varierer i løpet av måleperioden. Kontinuerlige målinger kan dermed brukes til å studere virkningen av forskjellige fysiske parametere som påvirker konsentrasjonen. Et eksempel på en slik parameter er ventilasjon.

I en Canary blir alfa-partikler detektert av en silisium fotodiode og hver alfa-partikkel genererer en liten strømpuls når den treffer denne dioden. Ved hjelp av et laveffekts forsterkertrinn blir strømpulsen konvertert til et spenningsignal. Maksimumsamlituden av dette spenningssignalet samples av en analog-til-digitalkonverter (ADC) og amplituden er proporsjonal med energien til alfa-partikkelen som traff fotodioden. En mikro-kontroller registrerer tidspunkt og energi fra hver alfa-partikkel. Denne informasjonen brukes til å beregne konsentrasjonen av radon både som dagsmiddel, ukemiddel og årsmiddel.

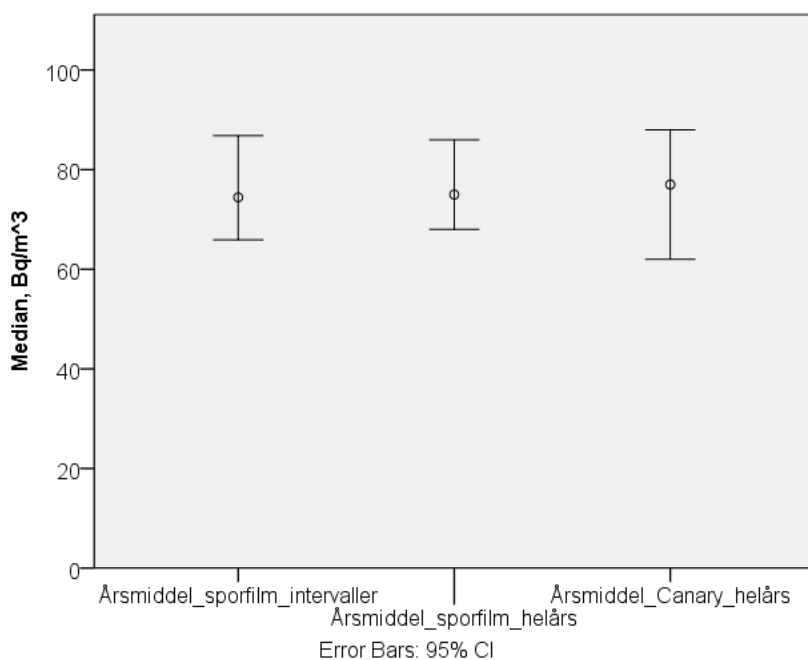
Sporfilmer ble plassert ut i alle rom, mens Canary-apparatene skulle plasseres i ett rom. Noen Canary-apparater viste ikke verdier ved retur pga. feil innsetting av batterier. 25 % av rommene ble målt med slike apparater og totalt ble data nedlastet fra 42 slike.

Balansert mekanisk ventilasjon er den dominerende ventilasjonstypen i skoler og barnehager, og 85% av skolebygningene hadde i 2011 slik type ventilasjon [3]. Ventilasjonen er styrt med vifter som er på om dagen og har redusert drift om natten, i helger og ferier. Det er kun bygninger med slik ventilasjon som er med i denne studien. Slik type ventilasjon gir ofte store døgnvariasjoner i radonkonsentrasjonen, avhengig av ventilasjonsbetingelsene.

Det ble totalt utført 1450 målinger i 67 bygninger. Flere målinger ble fjernet fra datasettet, blant annet målinger i rom med naturlig ventilasjon. Noen fullførte ikke måleprogrammet, mens andre sendte inn detektorene i feil tidsrom. For beregninger av korreksjonsfaktorer har vi brukt målingene fra tomånedersintervallene. Helårsmålinger med sporfilmer og Canary-apparater ble ikke benyttet i våre beregninger av korreksjonsfaktorer. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 3. Tilslutt bestod datasettet av 61 bygninger og 999 målinger.

3 Resultater

Årsmiddelverdier av radon er beregnet på tre ulike måter ved hjelp av sporfilmer som har målt i to måneder hver og deretter summert til et årsmiddel, sporfilmer som har ligget kontinuerlig ute i et helt år, og til sist ved hjelp av Canary-apparater. Statistiske analyser viser at det er en sterk korrelasjon mellom alle tre målemetodene (hhv. 0.98-0.99 mellom hver av dem). Middelverdiene varierer mellom de tre metodene, med hhv. årsmiddelverdier på 117-, 112- og 123 Bq/m³. Det er mindre forskjeller mellom medianverdiene, hhv. 74-, 75- og 77 Bq/m³ (figur 3), og de er ikke signifikant forskjellige ($p < 0,05$).



Figur 3. Medianverdier for årsmiddelverdiene målt med sporfilm (summert 2-månedersmiddel og 1 år sammenhengende) og med Canary (1 år sammenhengende).

Årsmiddelverdier målt med sporfilmer viste noe høyere verdier enn målingene med Canary-apparater. Dette kan skyldes at måleutstyret har vært plassert på forskjellige steder i måleperioden. Sporfilmene som er benyttet til intervallmålinger vil med stor sannsynlighet plasseres på samme sted i alle måleperiodene. Korreksjonsfaktorene er derfor estimert ved å se på forholdet mellom årsmiddelverdiene fra de summerte intervallmålingene og den målte radonkonsentrasjonen i aktuell tidsperiode. De summerte årsmiddelverdiene er vektet og justert med hensyn til antall dager eksponert i forhold til den totale måletiden.

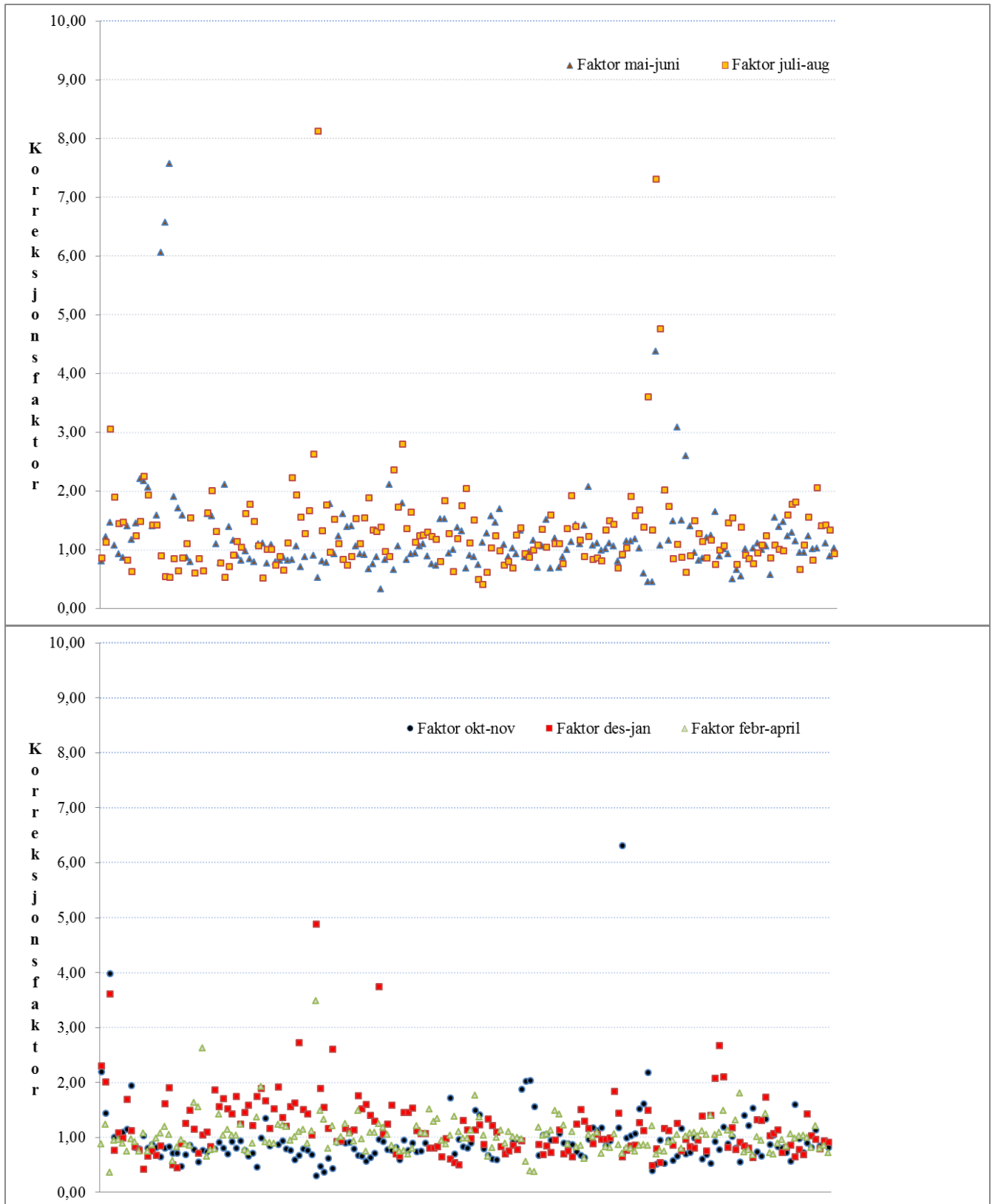
Radon er målt i seks intervaller av to måneder og data for 999 intervallmålinger er vist i tabell 3.

Tabell 3. Data for korreksjonsfaktorer beregnet for alle intervallmålingene.

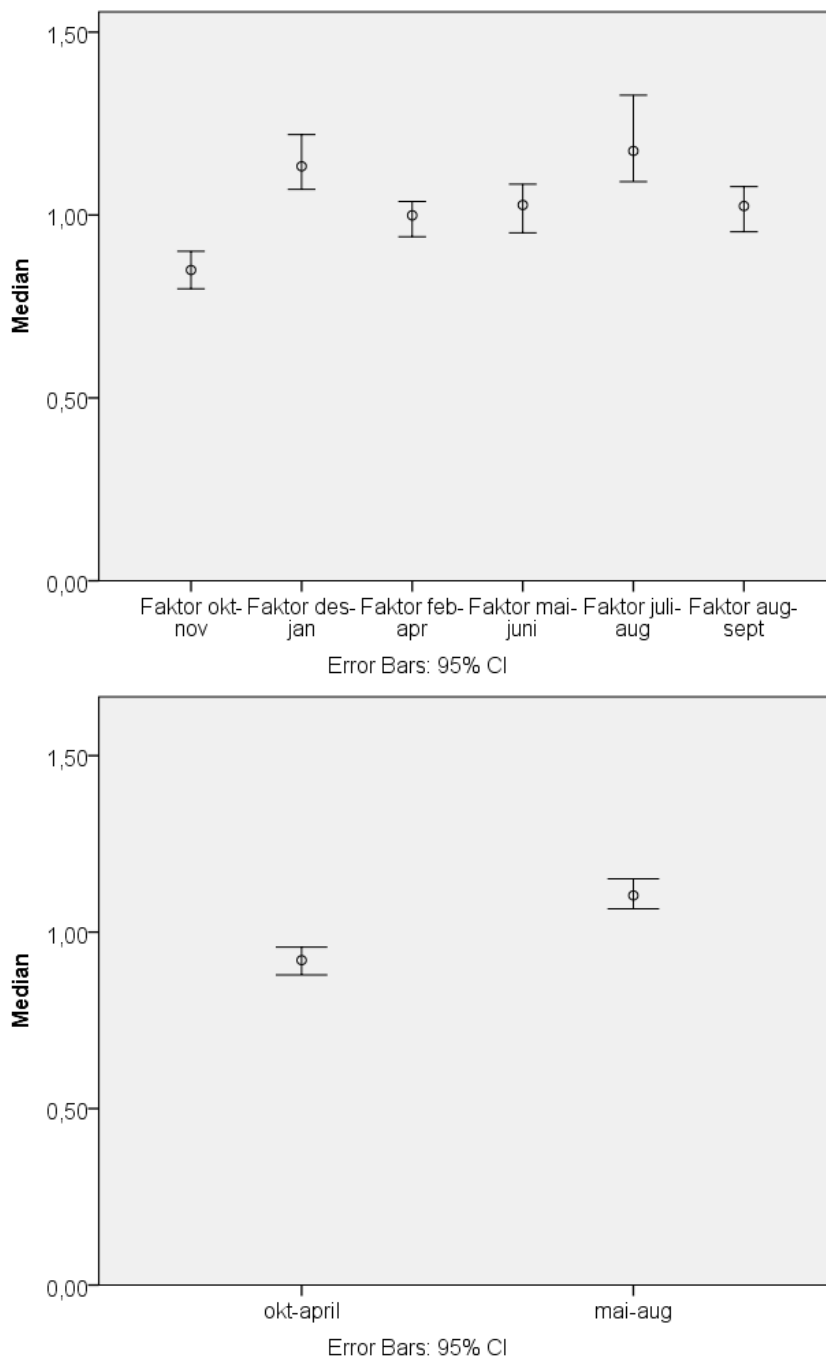
	Faktor okt-nov	Faktor des-jan	Faktor feb-apr	Faktor mai-juni	Faktor juli-aug	Faktor aug-sept
Antall målinger	164	171	174	170	174	146
Gj.snitt	0.96	1.19	1.03	1.25	1.33	1.27
Std.avvik	0.59	0.58	0.34	0.88	0.89	0.92
Min	0.29	0.42	0.36	0.33	0.40	0.42
Maks	6.30	4.87	3.48	7.57	8.12	6.40
Median	0.83	1.07	1.00	1.06	1.15	1.02

Det er store variasjoner i gjennomsnittverdiene, spesielt i sommermånedene. I skoler og barnehager med balansert mekanisk ventilasjon varierer radonkonsentrasjonen, avhengig av ventilasjonsbetingelsene. De store variasjonene om sommeren skyldes at bygningene driftes litt ulikt på denne tiden. Noen lufter mer, andre lar ventilasjonen gå, mens andre stenger for sommeren. I figur 4 vises alle faktorene for vinter- og sommermånedene.

Det er stor spredning i måleverdiene, og det er derfor fornuftig å se på medianverdiene i stedet for gjennomsnittsverdier. Medianverdien som er tallet midt i datasettet gir en mer riktig verdi enn snittet fordi den ikke påvirkes av ekstremverdiene, se figur 5.



Figur 4. Beregnet korreksjonsfaktorer for vinter- (oktober-april) og sommermålinger(mai-august).



Figur 5. Medianverdiene for korreksjonsfaktor beregnet for de ulike tidsintervallene i studien, samt for hhv. vinter- og sommer.

I vinterhalvåret er medianverdiene på henholdsvis 0.83, 1.07 og 1.00 for de tre tomånderesintervallene. Dette er høyere verdier enn faktoren på 0.75 som benyttes i dag. I sommermånedene er medianverdiene på henholdsvis 1.06 og 1.15. De store variasjonene i sommermånedene tilsier imidlertid at radonmålinger fortsatt bør gjøres i vintermånedene.

Gjennomsnitts- og medianverdiene av korreksjonsfaktoren er beregnet for alle målingene som er utført i vinter- og sommermånedene er vist i tabell 4. Medianverdien for 509 målinger i perioden fra oktober og ut april var på 0.95, mens medianverdien for 344 målinger i perioden fra mai og ut august var på 1.10. Disse var signifikant forskjellige. Resultatene viser at dagens korreksjonsfaktor på 0.75 vil gi for lave årsmiddelverdier i bygg med styrt ventilasjon

Tabell 4. Beregnede korreksjonsfaktorer for alle utførte målinger i vinter- og sommermånedene.

	Faktor for vinter, oktober-april	Faktor for sommer, mai-august
Antall målinger	509 (20)*	344
Gj.snitt	1.06 (0.92)*	1.29
Std	0.52 (0.12)*	0.88
Min	0.29 (0.77)*	0.33
Maks	6.30 (1.25)*	8.12
Median	0.95 (0.94)*	1.10

*Tallene i parentes er for Canarymålinger fra et utvalg skoler, beregnet når man ser på hele vinterperioden mellom 15.10.2014 og 15.4.2014 under ett.

Variasjonene i resultatene er størst i sommermånedene. Derfor må radonmålinger fortsatt gjennomføres i vintermånedene, men perioden kan godt utvides til 7 måneder fra 1.oktober til 1.mai. i forhold til dagens anbefaling fra 15. oktober til 15. April. Dette tidsrommet anbefaler også strålevernsmyndighetene i Sverige [4].

Resultatene fra kartleggingen viser at sesongvariasjonene i skoler og barnehager er mindre enn for norske boliger. Studier på nittitallet viste at radonkonsentrasjonen i boliger normalt var dobbelt så høy om vinteren som om sommeren. I denne studien var forholdet på 1.16 mellom snittverdien for radonkonsentrasjonen i vintermånedene (oktober til april) og sommermånedene (mai-august).

3.1 Korreksjonsfaktorer for kommuner med ulike oppvarmingsbehov

Tidligere studier har vist at variasjonene i radonkonsentrasjonen i boliger påvirkes av temperaturdifferansen mellom ute- og inneluft [1]. Kommunene ble her delt inn i 4 grupper etter oppvarmingsbehov. Korreksjonsfaktorene beregnet for alle kommunene er vist i tabell 5 og tabell 6 for henholdsvis vinter- og sommermålingene.

Tabell 5. Beregnede korreksjonsfaktorer for alle kommunene på vinteren, (oktober-april).

Kommunenr.	Kommune	Gradtall kategori	Antall målinger	Median faktor vinter	Gj.snitt faktor vinter	Std. avvik	Spredning
626	LIER	1	24	1.08	1.43	0.87	0.36-3.97
1004	FLEKKEFJORD	1	36	0.81	0.85	0.29	0.42-1.89
1103	STAVANGER	1	24	0.84	1.05	0.48	0.54-2.63
1133	HJELMELAND	1	18	1.09	1.17	0.32	0.70-1.74
1145	BOKN	1	18	1.10	1.17	0.46	0.45-1.93
1151	UTSIRA	1	14	1.17	1.14	0.31	0.78-1.91
1211	ETNE	1	36	1.03	1.27	0.91	0.29-4.87
1221	STORD	1	18	0.99	1.06	0.29	0.66-1.76
529	VESTRE TOTEN	2	36	0.90	1.06	0.55	0.57-3.74
624	ØVRE EIKER	2	19	0.97	1.00	0.23	0.64-1.51
1232	EIDFJORD	2	27	1.04	1.06	0.33	0.55-1.77
1664	SELBU	2	15	0.82	0.89	0.24	0.58-1.33
1870	SORTLAND	2	15	0.96	1.08	0.54	0.38-2.03
428	TRYSIL	3	27	0.94	0.97	0.22	0.64-1.48
434	ENGERDAL	3	18	1.04	0.99	0.24	0.61-1.51
512	LESJA	3	35	0.96	1.19	0.95	0.64-6.30
1739	RØYRVIK	3	18	0.78	0.78	0.25	0.38-1.22
1833	RANA	3	36	1.02	1.08	0.44	0.53-2.67
2011	KAUTOKEINO	4	12	0.96	1.02	0.32	0.55-1.81
2021	KARASJOK	4	36	0.86	0.96	0.28	0.57-1.73
2025	TANA	4	27	0.89	0.93	0.22	0.64-1.60

I de varmeste kommunene i gruppe 1 varierer medianverdiene i vintermånedene fra 0.84 til 1.17. I de kaldeste kommunene i gruppe 4, Tana, Karasjok og Kautokeino varierer medianverdiene fra 0.86 til 0.96.

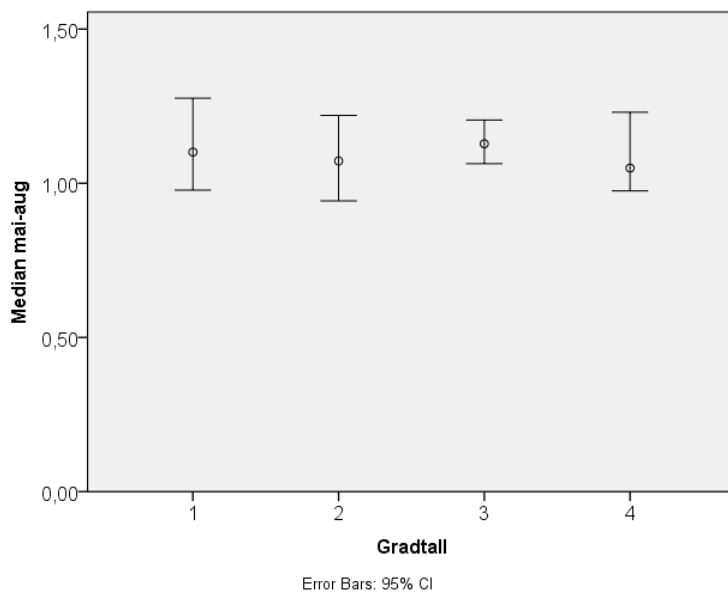
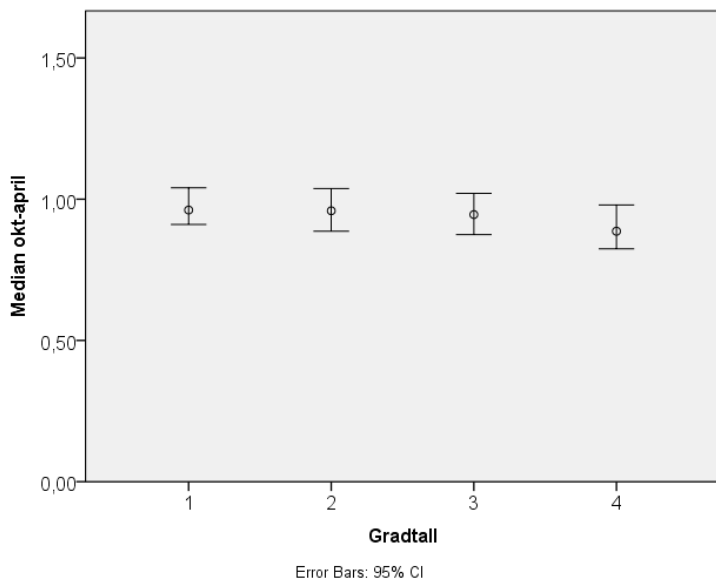
I de varmeste kommunene i gruppe 1 varierer medianverdiene i sommermånedene fra 0.85 til 1.53. I de kaldeste kommunene i gruppe 4 (Tana, Karasjok og Kautokeino) varierer medianverdiene fra 0.83 til 1.08. Snittverdier og medianverdier for de fire ulike gruppene inndelt etter normalgradtall er vist i tabell 7, og medianverdiene for henholdsvis vinteren og sommeren er vist i figur 6.

Tabell 6. Beregnede korreksjonsfaktorer for alle kommunene på sommeren, (mai- august).

Kommunenr.	Kommune	Gradtall kategori	Antall målinger	Median faktor sommer	Gj.snitt faktor sommer	Std. avvik	Spredning
626	LIER	1	16	1.15	1.26	0.58	0.62-3.05
1004	FLEKKEFJORD	1	24	1.53	2.10	1.88	0.53-7.57
1103	STAVANGER	1	13	1.11	1.20	0.44	0.60-2.00
1133	HJELMELAND	1	12	0.91	1.02	0.41	0.53-2.11
1145	BOKN	1	12	1.03	1.09	0.37	0.51-1.77
1151	UTSIRA	1	10	0.85	0.88	0.15	0.65-1.12
1211	ETNE	1	23	1.23	1.59	1.52	0.53-8.12
1221	STORD	1	12	1.08	1.16	0.31	0.73-1.62
529	VESTRE TOTEN	2	24	1.09	1.27	0.60	0.33-2.80
624	ØVRE EIKER	2	16	1.20	1.16	0.30	0.74-1.83
1232	EIDFJORD	2	18	1.06	1.06	0.44	0.40-2.04
1664	SELBU	2	12	1.02	1.10	0.33	0.68-1.70
1870	SORTLAND	2	12	0.97	1.04	0.20	0.68-1.37
428	TRYSIL	3	18	1.12	1.18	0.33	0.69-1.92
434	ENGERDAL	3	12	1.09	1.13	0.35	0.80-2.07
512	LESJA	3	24	1.13	1.22	0.63	0.45-3.60
1739	RØYRVIK	3	12	1.87	2.58	1.97	0.85-7.30
1833	RANA	3	24	1.04	1.15	0.41	0.61-2.60
2011	KAUTOKEINO	4	8	0.83	0.91	0.38	0.50-1.54
2021	KARASJOK	4	24	1.08	1.15	0.31	0.58-1.80
2025	TANA	4	18	1.06	1.16	0.34	0.66-2.05

Tabell 7. Data for de 4 gruppene, vinter- og sommermålinger.

Faktor vinter	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Antall målinger	188	112	134	75
Gj.snitt	1.13	1.03	1.04	0.96
Std	0.61	0.42	0.57	0.27
Min	0.29	0.38	0.38	0.55
Maks	4.87	3.74	6.30	1.81
Median	0.96	0.96	0.95	0.89
Faktor sommer	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
N	122	82	90	50
Gj snitt	1.40	1.14	1.36	1.12
Std	1.16	0.43	0.94	0.33
Min	0.51	0.33	0.45	0.50
Maks	812	2.80	7.30	2.05
Median	1,10	1.07	1.13	1.05



Figur 6. Medianverdiene av beregnet korreksjonsfaktor for de fire kommunegruppene inndelt etter normalgradtall, og for hhv. vinteren og sommeren.

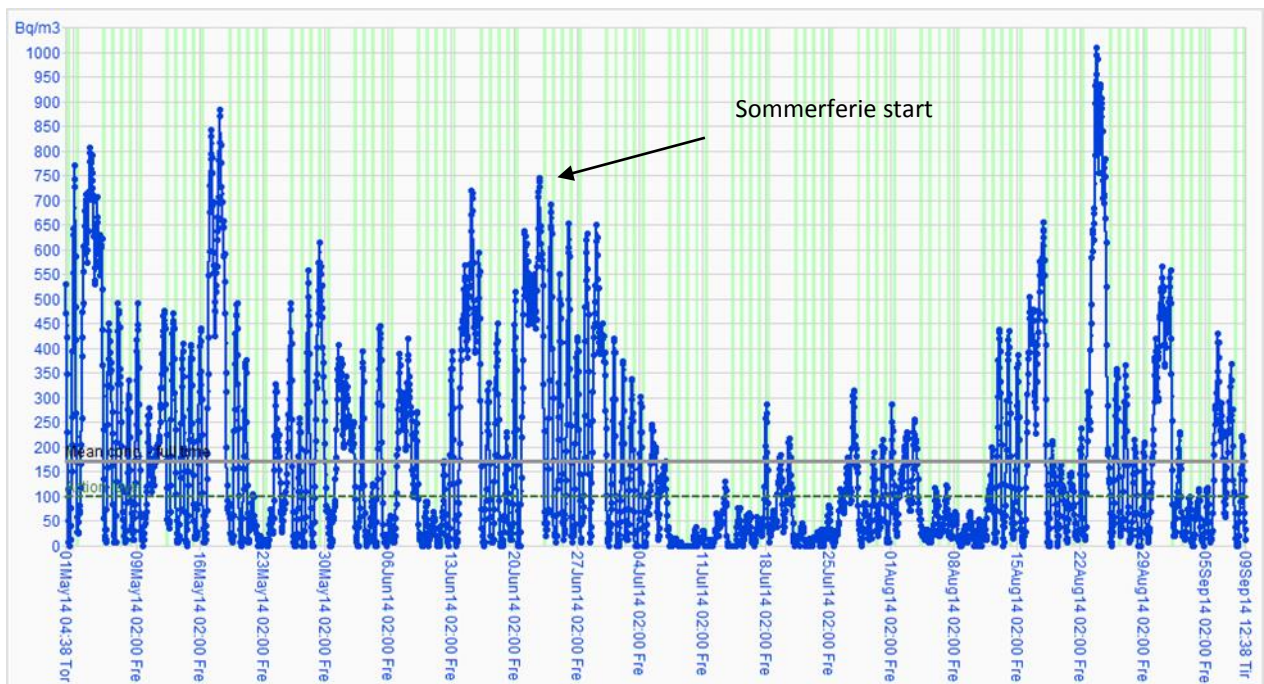
Medianverdiene for både vinter- og sommermålingene er ikke signifikant forskjellige med hensyn til klimagrupper. Den laveste medianverdien på 0.89 i vintermånedene ble funnet i gruppe 4 med kommunene Tana, Karasjok og Kautokeino. Resultatene viser at samme korreksjonsfaktor kan brukes i hele landet.

Sesongvariasjonene er små i skoler og barnehager med mekanisk balansert ventilasjon sammenlignet med boliger. Dette skyldes bl.a. at undertrykket i slike bygg er lavere og mindre radonholdig jordluft trekkes inn. Resultatene viser at korreksjonsfaktoren for målinger i skoler og barnehager bør heves fra 0.75 til 0.95. En faktor på 0.95 er vanskelig å innføre i praksis og vi forhøyer det siste sifferet og faktoren blir 1.0. Forvaltningsmessige hensyn tiliser da at måleverdiene ikke lenger bør korrigeres.

3.2 Data og korttidsvariasjoner basert på Canary-målinger

Canary-apparatene registrerer kontinuerlig radonkonsentrasjonen og gir utfyllende informasjon om hvordan radonkonsentrasjonen varierer over måleperioden. Apparatene avdekket at det ofte er uregelmessigheter i styringen av ventilasjonssystem.

Data lagret i 38 stk. Canaryer viser store korttidsvariasjoner i radonnivået i skoler og barnehager. I bygninger med styrt ventilasjon vil radonnivået påvirkes av om ventilasjonsanlegget er på eller av, se eksempel på logging for en Canary i figur 7. Radonkonsentrasjonen vil når anlegget slås av om ettermiddagen være høye nattetid, i helger og på andre fridager. Man kan tydelig se at radonnivået øker i slutten av juni når sommerferien starter opp og at bygningen ikke er lukket i hele ferien. Noen bygg har lengre ferielukking enn andre spesielt i sommerhalvåret, og det kan gi høyere konsentrasjoner enn normalt sommerstid.



Figur 7. Korttidsvariasjoner i radonkonsentrasjon i et skolebygg logget i perioden 1.mai 2014 til 9.sept. 2014.

Uregelmessigheter i drift av ventilasjonssystem gir unormale Canary-data, og for slike tilfeller er gjeldende skole/barnehage utelatt fra analysene i denne studien. Ekstremtilfeller er f.eks. skoler som måler lavt hele året, utenom feriene hvor det er i gjennomsnitt en faktor 20 høyere. Da måler man i praksis kun på feriedagene og det er ikke relevant for elevene. Data fra 26 Canary-apparater viser at radonnivået på dagtid er ca. 50 % eller enda lavere enn gjennomsnittet for hele døgnet, se tabell 8. Nivået er antagelig lavere på dagtid enn målt, fordi tregghet i instrumentet gjør at Canary ikke følger den kraftige gradienten i radonkonsentrasjon når ventilasjonen skrur på om morgnen. Om ettermiddagen, når ventilasjonen skrur av, øker radonkonsentrasjonen langsomt og det antas at Canary klarer å følge endringen i konsentrasjon bedre. Det ble også observert at forskjellen mellom dagtid og heldøgnet generelt er større for skoler med høye radonkonsentrasjoner.

Tabell 8. Forholdet mellom radonkonsentrasjon på dagtid og hele døgnet for Canary-apparater

Gjennomsnitt	0.51	1 std. avvik 0.03
Median	0.52	
Max	0.79	
Min	0.31	
Vektet snitt*	0.47	1 std. avvik 0.03

*I et vektet snitt er det tatt hensyn til usikkerheten i hvert tall, slikt at målinger med lavere usikkerhet teller mer på gjennomsnittet.

3.2.1 Lengde på måleperiode

Ut fra data lagret i 35 stk. Canary-apparater er det foretatt en sammenligning av resultater ved å måle i 2 måneder kontra å måle i 3 måneder. Tidsintervallene som er behandlet er: 15/10→15/12, 15/12→15/2, 15/2→15/4 og 15/10→15/1, 15/1→15/4. Gjennomsnittsverdier for de ulike tidsintervallene er beregnet. Maksimin av de ulike målingene er også beregnet for hver enkelt skole, og ved å dele på middelverdien for skolen får vi den prosentvise variasjonsbredden, se tabell 9.

Tabell 9. Prosentvise variasjonsbredder for målinger på henholdsvis 2 og 3 måneder.

	2 måneder	3 måneder
Gjennomsnitt (%)	29.24	12.22
Maks (%)	92.19	38.30
Min (%)	4.05	0.00

Maksverdiene skyldes skolene som har store variasjoner i radonnivået i juleferien. Resultatet viser at det å øke til tre måneder vil redusere intern variasjon til under halvparten av det det er for to måneders målinger. Til sammenligningen viste tre av måleseriene på to måneder resultater både over og under grenseverdien på 100 Bq/m³, men bare én av måleseriene på tre måneder viste slik tendens.

4 Konklusjoner

- Av hensyn til energioptimalisering blir de fleste ventilasjonsanlegg satt i redusert drift på ettermiddagen, i helger og i ferier og dette påvirker radonkonsentrasjonen. Radonkonsentrasjonen blir da høyere om natten og i andre perioder når ventilasjonen reduseres. Det er derfor viktig at ventilasjonen driftes på en god måte slik at radonnivåene holdes lave når barn og unge er tilstede.
- Sesongvariasjonene er små i skoler og barnehager med balansert mekanisk ventilasjon sammenlignet med boliger. Bygninger med balansert ventilasjon vil bl.a. ha mindre undertrykk om vinteren og dermed vil mindre radonholdig jordluft trekkes inn. Det er store variasjoner i gjennomsnittsverdiene for korreksjonsfaktorene, spesielt i sommermålingene. 509 målinger utført i perioden fra oktober og ut april ga en medianverdi på 0.95.
- Tidligere studier har vist at variasjonene i radonkonsentrasjonen i boliger påvirkes av temperaturdifferansen mellom ute- og inneluft. Kommunene i denne studien ble delt inn i 4 grupper etter oppvarmingsbehov. Medianverdiene for de fire gruppene (1 til 4) er på henholdsvis 0.96, 0.96, 0.95 og 0.89, og de var signifikant like. Den laveste verdien på 0.89 ble funnet i gruppe 4 med kommunene Tana, Karasjøk og Kautokeino.
- Våre resultater viser at korreksjonsfaktoren for radonmålinger i skoler og barnehager med mekanisk balansert ventilasjon skal være 1.0 dvs. at måleverdiene ikke lenger bør korrigeres.
- Det anbefales ingen endringer i målelengde eller måleperiode for radonmålinger i skoler og barnehager. Resultatene viser imidlertid at målelengden kan økes fra 2 måneder til 3 måneder og at målesesongen kan utvides fra perioden 15. oktober til 15. april til 1. oktober til 1. mai for skoler og barnehager. På nåværende tidspunkt er det imidlertid bedre å harmonisere med målinger som gjøres i boliger.

Referanser

- [1] Strand T. Time variation of indoor radon concentration in Norwegian homes. I: The natural radiation environment VI: Sixth International Symposium on the Natural Radiation Environment (NRE-VI), Montreal, Quebec, Canada, 5-9 June 1995.
- [2] Normalgradtall er hentet fra Enovas nettsider her:
<http://www.enova.no/innsikt/rapporter/byggstatistikk-2011/vedlegg-2/494/0/>
- [3] Ventilasjonsstatistikk er hentet fra Statistisk sentralbyrå sine nettsider:
<https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&MainTable=VentilasjonBygg&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=energi-og-industri&KortNavnWeb=entjeneste&StatVariant=&checked=true>
- [4] Hagberg N., Mjönes L. og Söderman A.L. Metodebeskrivning för mätning av radon på arbetsplatser, Strålsakerhetsmyndigheten, SSM.

Vedlegg 1. Brev til kontaktperson i kommunen



Vår ref.
2013/00000/421.1/AKK

Vår dato
August 2013

Måleutstyr for måling av radon i skoler og barnehager

Statens strålevern viser til vår telefonsamtale og oversender som avtalt utstyr til måling av radon. Du har mottatt måleutstyr som skal utplasseres i to skoler og to barnehager i din kommune. Pakken inneholder følgende:

- ✓ Fire aluminiumposer med tre detektorer som skal måle radon i ett år.
- ✓ Fire aluminiumposer med tre detektorer som skal måle radon i to måneder.
- ✓ Fire elektroniske apparater som skal måle radon i et rom i ett år.
- ✓ Fire konvolutter med infoskriv, veiledere og to skjema.
- ✓ Fire returkonvolutter.

Vi ber om at du eller andre plasserer ut detektorene i henhold til vedlagte veileder snarest mulig, gjerne i dag. Det skal måles radon i tre oppholdsrom gjennom et helt år, samtidig som det skal måles radon i kortere intervall på to måneder.

Statens strålevern setter veldig pris på at din kommune deltar i denne undersøkelsen. Det vil bidra til at vi får mer kunnskap om hvordan radonkonsentrasjonen i skoler og barnehager varierer gjennom et helt år.

Dere vil få tilsendt målerapporter for alle fire bygg når målingene er avsluttet høsten 2014. Resultatene vil bli registrert i en database ved Statens strålevern. Innholdet i databasen er offentlig, og den som ber om innsyn kan få tilgang til informasjonen.

Mer informasjon om radon finnes på www.stralevernet.no. Har du spørsmål kan du sende e-post til radon@nrpa.no, eller ta kontakt med Ingvild Finne eller Trine Kolstad på telefon 67 16 25 00.

Vennlig hilsen

Unn Hilde Refseth
avd. dir.

Merete Hannevik
seksjonssjef

Postadresse • *Postal address:*
Postboks 55 NO-1332 Østerås
Besøksadresse • *Office:*
Grini næringspark 13, 1361 Østerås

E-post • *E-mail:*
postmottak@nrpa.no
Internett • *Internet:*
www.nrpa.no

Telefon • *Telephone:*
+47 67 16 25 00
Telefaks • *Fax:*
+47 67 14 74 07

Bankkonto • *Bank account:*
Bank: 8276 01 00494
IBAN: NO76 8276 01 00494
Swift address: DNBANOKK
Org.nr.: 867 668 292

Vedlegg 2. Informasjon om undersøkelsen til kontaktperson i kommunen

Info om undersøkelsen av radon i skoler og barnehager 2013-2014



Statens strålevern
Norwegian Radiation Protection Authority

Statens strålevern skal gjennomføre langtidsmålinger av radon i et utvalg skoler og barnehager i landet. Vi ønsker å finne ut mer om hvordan radonkonsentrasjonen varierer med årstidene, og da trenger vi hjelp fra dere. Flott at dere blir med på denne undersøkelsen!

Målingene bør starte opp i dag, eller snarest mulig.

Radonkonsentrasjonen innendørs kan variere mye på grunn av ventilasjonsbetingelser, meteorologiske forhold og fyringsvaner. I denne studien vil vi se nærmere på hvordan radonkonsentrasjonen varierer gjennom et helt år i skoler og barnehager. Bygningen og ventilasjonen bør driftes som normalt i måleperioden.

Før dere starter målingene bør dere lese gjennom vedlagte veileder.

Det skal måles radon med to typer måleutstyr, sporfilm-detektorer og et elektronisk apparat, se figur 1.

Dere skal måle radon i tre oppholdsrom gjennom et helt år, samtidig som dere skal måle radon i kortere intervall på to måneder.

Hva er radon?

Radon er en radioaktiv gass som dannes naturlig i bakken. Radon kan komme inn i bygg gjennom utettheter i konstruksjonen som er i kontakt med byggegrunnen. Opphold over tid i luft med høye radonkonsentrasjoner gir økt risiko for å utvikle lungekreft. Radon er den viktigste årsaken til lungekreft etter røyking.

Måleresultater

Dere vil få tilsendt en målerapport når alle målingene er avsluttet høsten 2014.

Kontakt oss

Har du spørsmål, kan du sende oss e-post; radon@nrpa.no, eller ta kontakt på telefon 67 16 25 00 og spørre etter Ingvild Finne eller Trine Kolstad



Figur 1. Måleutstyr for radon

VEILEDER for radonmålinger



Du har mottatt en pakke med måleutstyr fra Statens strålevern som inneholder følgende:

- ✓ Én aluminiumpose med tre detektorer som skal måle radon i ett år.
- ✓ Én aluminiumpose med tre detektorer som skal måle radon i to måneder.
- ✓ Et elektronisk apparat som skal måle radon i et rom i ett år.
- ✓ Denne veilederen, informasjon om undersøkelsen, to skjema og returkonvolutt.

Målingene bør starte opp i dag, eller i veldig nær fremtid.

Hvor skal du måle?

Velg ut tre klasserom/oppholdsrom som daglig er i bruk. To av disse rommene bør ligge i laveste etasje nærmest bakkeplan. Det siste rommet bør ligge i etasjen over. Hvis ikke det finnes flere etasjer i bygningen kan alle detektorene plasseres på samme plan. Du skal måle radon både med sporfilm-detektorer og et elektronisk apparat, se figur 1.

1. Start måling

Klipp opp aluminiumposene og ta ut de seks svarte sporfilm-detektorene. De må ikke åpnes. Detektorene som er merket med teksten 1 år skal plasseres ut i hvert sitt oppholdsrom, og de skal ligge der i et helt år uten å flyttes. Husk å notere detektorkode og dato for målestart i vedlagte skjema 1. De tre siste sporfilmene skal også plasseres ut i de samme rommene, men de skal kun måle radon i to måneder og så returneres til Statens strålevern. Husk å notere detektorkode og dato for målestart i vedlagte skjema 2.

I et av oppholdsrommene skal du også måle radon med et elektronisk apparat. Apparatet skal ligge i ro i samme rom i et helt år uten å flyttes. Husk å notere SN-nummeret til apparatet i skjema 1. Nummeret finner du på baksiden av apparatet. Apparatet vil starte å måle radon når du setter i vedlagte batterier.

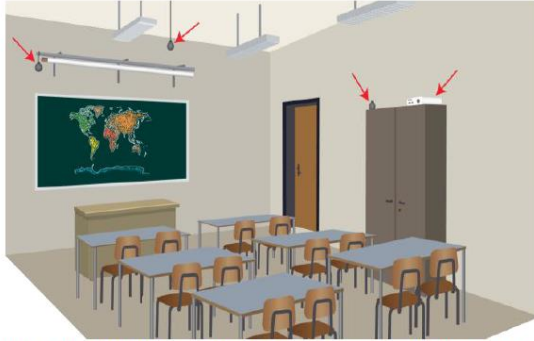


Figur 1. Måleutstyr for radon

2. Hvor i rommet skal detektorene plasseres?

Radonmålere bør plasseres på egnede steder i rommet, hvor de kan ligge mest mulig i fred, se figur 2. De bør ligge eller henges opp ca. 1,5 m til 2 m over gulvhøyde med ca. 25 cm klaring rundt seg. De kan også plasseres på toppen av et skap, et sted som kan være godt egnet for det elektroniske apparatet.

VEILEDER for radonmålinger



Figur 2. Detektorene kan henges i en snor. De kan også plasseres på toppen av et skap, et sted som er godt egnet for det elektroniske apparatet.

Du må ikke plassere radonmålere i nærheten av varmekilder (direkte sollys, ovner, tv etc.) eller i nærheten av trekkfylte steder som vinduer, dører og lufterventiler. Det elektroniske apparatet bør heller ikke plasseres i nærheten av videospillmaskiner eller andre radiosendere

3. Hva gjør du om to måneder?

Når måleperioden på to måneder er over må du sende inn de tre første sporfilmene. De returneres gratis i oversendte returposer. Fyll inn sluttdato i skjema 2 og send det inn sammen med detektorene. Fint om du også sender Strålevernet en kopi av utfylt skjema 1.

Du vil motta tre nye sporfilmer fra Strålevernet som plasseres ut på samme sted. Du må fortsette å sende inn og utplassere nye sporfilmer hver andre måned inntil dere har målt i 12 måneder. Det er veldig viktig at du plasserer ut nye sporfilmer så raskt som mulig og på samme sted i hver måleperiode. Husk alltid å notere detektornummer og dato for målestart og måleslutt i skjema 2.

4. Hva gjør du om ett år?

Når måleperioden på ett år er omme vil du få en påminnelse fra Strålevernet. Du sender da inn alle detektorer, elektronisk apparat og utfylte skjema. Dere vil få tilsendt en målerapport når alt utstyr er avlest høsten 2014.

Radonmålerne må ikke flyttes på under måleperioden, men det er greit å lette på dem for å tørke støv og lignende. Bygningen og ventilasjonen bør driftes som normalt i måleperioden.

Kontakt oss

Har du spørsmål, kan du sende oss e-post; radon@nrpa.no, eller ta kontakt på telefon 67 16 25 00 og spør etter Ingvild Finne eller Trine Kolstad.

Ønsker du mer informasjon om radonmålinger, se våre nettsider <http://www.nrpa.no>.



Statens strålevern
Norwegian Radiation Protection Authority