

# Vandforbrug og forbrugsvariationer

Watertech a/s

Miljøprojekt Nr. 998 2005

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

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

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

# Indhold

<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER</b>	<b>7</b>
0.1 BAGGRUND OG FORMÅL	7
0.2 VANDFORBRUG OG FORBRUGSVARIATIONER	8
0.2.1 <i>Undersøgelsen</i>	8
0.2.2 <i>Hovedkonklusioner og projektresultater</i>	9
0.3 DRILKEVANDS OPHOLDSTID I ETAGEJENDOMME	17
0.3.1 <i>Undersøgelsen</i>	18
0.3.2 <i>Hovedkonklusioner og projektresultater</i>	19
<b>SUMMARY AND CONCLUSIONS</b>	<b>21</b>
0.1 BACKGROUND AND OBJECTIVES	21
0.2 WATER CONSUMPTION AND CONSUMPTION FLUCTUATIONS	21
0.2.1 <i>Approach</i>	21
0.2.2 <i>Main Conclusions and Project Results</i>	23
0.3 RETENTION TIME OF POTABLE WATER IN BLOCKS OF FLATS	29
0.3.1 <i>Approach</i>	29
0.3.2 <i>Main Conclusions and Project Results</i>	30
<b>1 INDLEDNING</b>	<b>31</b>
1.1 BAGGRUND	31
1.2 FORMÅL	32
<b>2 VANDFORBRUG OG FORBRUGSVARIATIONER</b>	<b>33</b>
2.1 PROJEKTAFGRÆNSNING	33
2.1.1 <i>Prioritering af forbrugskategorier</i>	34
2.1.2 <i>Forbrugsvariation</i>	34
2.2 FORBRUGSDATA	35
2.3 DATABEHANDLING	37
2.3.1 <i>Beskrivelse af brugte metoder</i>	37
2.3.2 <i>Forbrugskategorier - beskrivelse og karakterisering</i>	38
2.3.3 <i>Normeringsenheder og enhedsforbrug</i>	39
2.3.4 <i>Forbrugsvariation</i>	39
2.3.5 <i>Gyldighedsområder</i>	40
2.4 RESULTATER	40
2.4.1 <i>Anbefalede forbrugskategorier</i>	40
2.4.2 <i>Anbefalede normeringsenheder</i>	43
2.4.3 <i>Fastsættelse af enhedsforbrug</i>	48
2.4.4 <i>Forbrugsvariationer</i>	55
2.4.5 <i>Normens gyldighed i forhold til antallet af parcel- og rækkehuse</i>	76
2.4.6 <i>Brug af projektets resultater</i>	77
2.5 KONKLUSION	79
2.5.1 <i>Anbefalede forbrugskategorier</i>	79
2.5.2 <i>Anbefalede normeringsenheder</i>	79
2.5.3 <i>Fastsættelse af enhedsforbrug</i>	79
2.5.4 <i>Forbrugsvariationer</i>	80
2.5.5 <i>Normens gyldighed i forhold til antallet af parcel- og rækkehuse</i>	80
2.5.6 <i>Brug af projektets resultater</i>	81
2.6 BEHOV FOR SUPPLERENDE UNDERSØGELSER OG DATA	81

2.6.1	<i>Lejligheder</i>	81
2.6.2	<i>Ældreboliger</i>	82
2.6.3	<i>Vuggestuer og børnehaver</i>	82
2.6.4	<i>Fritidshjem og integrerede institutioner</i>	82
2.6.5	<i>Undervisningsinstitutioner</i>	82
2.6.6	<i>Øvrige anbefalinger om opfølgende arbejde</i>	82
2.7	LITTERATUR OG REFERENCER (KUN FOR AFSNIT 2)	82
<b>3</b>	<b>DRIKKEVANDS OPHOLDSTID I ETAGEEJENDOMME</b>	<b>83</b>
3.1	PROJEKTAFGRÆNSNING	83
3.1.1	<i>Etageejendomme, hovedtyper</i>	83
3.1.2	<i>Vandbrug, brugt til vurderinger af opholdstid</i>	84
3.2	MODEL- OG FORBRUGSDATA	85
3.2.1	<i>Geometriske data</i>	85
3.2.2	<i>Forbrugsdata</i>	86
3.3	DATABEHANDLING	86
3.3.1	<i>Beskrivelse af brugte metoder</i>	86
3.3.2	<i>Begrænsninger ved metodevalget</i>	86
3.4	RESULTATER	86
3.4.1	<i>Opholdstider</i>	86
3.4.2	<i>Beregninger af volumener i undersøgte etageejendommers installationer</i>	92
3.5	KONKLUSION	92
3.5.1	<i>Lejlighedstyper bygget efter 1990 (type A)</i>	92
3.5.2	<i>Lejlighedstyper bygget før 1990 (type B)</i>	92
3.5.3	<i>Begge lejlighedstyper</i>	93
3.6	LITTERATUR OG REFERENCER (KUN FOR AFSNIT 3)	93
<b>4</b>	<b>ORDLISTE</b>	<b>95</b>

## BILAG

Bilag A1-3 Antal forbrugsdata fordelt på dataleverandører, forbrugskategorier og forbrugstyper, dvs. time-, døgn-, måneds- og årsforbrug

Bilag B1-3 Antal tidsserier af forbrugsdata fordelt på dataleverandører, forbrugs kategorier og forbrugstyper, dvs. time-, døgn-, måneds- og årsforbrug

Bilag C Dimensioner af koldtvandsledninger i typiske etageejendomme

Bilag D1-6 Beregnede volumener af ledningssektioner i typiske etageejendomme

# Forord

Denne rapport præsenterer resultaterne fra et projekt, der er udarbejdet af Watertech for Miljøstyrelsen. Projektet har den overordnede titel "Vandforbrug og forbrugsvariationer". Projektet omfatter reelt to projekter. De to projekter er rapporteret separat i to hovedafsnit i rapporten.

Det ene projekt har en titel svarende til den overordnede titel, nemlig "Vandforbrug og forbrugsvariationer". Projektet fokuserer på at tilvejebringe et forbrugsmæssigt grundlag for dimensionering af vandledninger. Dette sker ved dataindsamling og -behandling af målte vandforbrug fra de sidste fem år. Det er hensigten, at resultaterne skal bruges som grundlag for at revidere dele af IDAs "norm for almene vandforsyningsanlæg", DS 442 fra 1988. Projektet er en fortsættelse af projektet "Vandforbrug og forbrugsvariationer. Indledende undersøgelser", som i 2002-03 blev udarbejdet af DANVA samt Miljø & Resourcer, DTU. Indsamlede vandforbrugsdata i dette tidligere projekt genbruges og behandles sammen med de data, der er blevet indsamlet i løbet af det aktuelle projekt. BioConsult har som underrådgiver leveret input om statistiske metoder til behandling af data.

Det andet projekt "Drikkevands opholdstid i etageejendomme" fokuserer på det kolde brugsvands opholdstid i typiske etageejendommers vandinstallationer. Det er hensigten, at resultaterne skal bruges som grundlag for at kunne vurdere risici for høje koncentrationer af sundhedsskadelige metaller i drikkevandet, afgivet til drikkevandet fra installationsledninger og armaturer af metal. Birch & Krogboe har som underrådgiver leveret erfaringsdata om vandinstallationer i typiske etageejendomme.

Projektet er fulgt af en følgegruppe nedsat af Miljøstyrelsen:

- Susanne Rasmussen, Miljøstyrelsen
- Torlei Thomsen, DANVA (Dansk Vand- og Spildevandsforening)
- Carina Andersen, FVD (Foreningen af Vandværker i Danmark)
- Karin Larsen, Odder Vandværk
- Rasmus Boe-Hansen, DTU (Danmarks Tekniske Universitet)
- Svend Sidenius, Watertech a/s
- Jesper Hall-Pedersen, Watertech a/s

I forbindelse med projektet har en række vandforsyninger, firmaer, boligselskaber, kommuner og personer leveret forbrugsdata, stillet deres ekspertise til rådighed eller på anden måde bidraget til projektets gennemførelse. En stor tak til Århus Kommunale Værker, FSBbolig (tidl. Foreningen Socialt Boligbyggeri), KeepFocus, Odense Vandselskab, Brabrand Boligforening, Hvidovre Vandforsyning, Aalborg Vandforsyning, Farum Vandværk, Farum Kommune, Børn og Unge afdelingen i Århus, Odder Vandværk, Høj-Tåstrup Vandforsyning, Sæby Vandforsyning, Birkerød Vandværk, TRE-FOR, Albertslund Kommune, Steen & Strøm (indkøbscentre), SK-Vand (Slagelse), Københavns Energi og Storstrøms Amt. Uden deres deltagelse og bidrag havde projektet ikke kunnet gennemføres.

Projektet er gennemført i perioden marts - december 2004.



# Sammenfatning og konklusioner

## 0.1 Baggrund og formål

I rapporten præsenteres resultaterne fra et projekt, der reelt omfatter to projekter:

1. "Vandforbrug og forbrugsvariationer"
2. "Drikkevands opholdstid i etageejendomme"

De to projekter er rapporteret separat i rapportens to hovedafsnit, og omtales også separat i dette afsnit.

### *Vandforbrug og forbrugsvariationer*

IDAs (Ingeniørforeningen i Danmark) norm for "Almene vandforsyningsanlæg", DS 442 fra 1988, angiver et grundlag for dimensionering af forsyningsledninger til drikkevand. Der er siden 1988 sket en markant reduktion af vandforbruget inden for alle kategorier af forbrugere. Samtidig inddrager den nuværende norm forskelle i tidlig variation mellem forskellige kategoriers vandforbrug alene ved angivelse af årlige forbrugsperioder for de forskellige forbrugskategorier, dvs. antal forbrugsdøgn pr. år. I det fremtidige dimensioneringsarbejde skal der kunne tages højde for, at variationen af forbruget for forskellige forbrugskategorier adskiller sig fra hinanden. Brug af normen i dag til dimensionering af vandledninger vil derfor medføre risiko for at overdimensionere ledningerne, hvilket samtidig kan skabe grundlag for en ringere vandkvalitet ved at forlænge drikkevandets opholdstid i ledningsnettet. Miljøstyrelsen har derfor fundet tiden moden til at revidere det nævnte dimensioneringsgrundlag fra 1988.

Formålet med projektet er primært at tilvejebringe forudsætningerne for en revision af de dimensionsgivende vandstrømme til dimensionering af vandforsyningsledninger. Tillige skal der foretages en vurdering af, om den nuværende norms henvisning til at bruge anvisningerne om dimensionering i normen for vandinstallationer, DS 439, når antallet af boligenheder er mindre end 200, fortsat er berettiget.

### *Drikkevands opholdstid i etageejendomme*

Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg – nr. 871 af 21. september 2001 – angiver flere steder under kvalitetskrav til uorganiske sporstoffer i prøver, der er udtaget ved forbrugers taphane, at "Gennemsnitsværdien bestemmes efter en af Miljøstyrelsen anvist metode". Det gælder for flere metaller.

Hvis drikkevandet har en lang opholdstid i installationerne, er det påvist, at nogle metaller, herunder kobber og nikkel, kan afgives til vandet i koncentrationer over ønskede grænseværdier. Særlig i etageejendomme med lange installationsledninger vil der under uheldige omstændigheder kunne opstå problemer med vandkvaliteten. Miljøstyrelsen ønsker derfor at tilvejebringe oplysninger om kritiske opholdstider i etageejendommers vandinstallationer til koldt brugsvand.

Formålet med projektet er primært at opstille en model til vurdering af det kolde brugsvands kritiske opholdstider i typiske etageejendommers vandinstallationer. Tillige ønskes beregnet gennemsnitlige kritiske opholdstider ved brug af modellen.

## 0.2 Vandforbrug og forbrugsvariationer

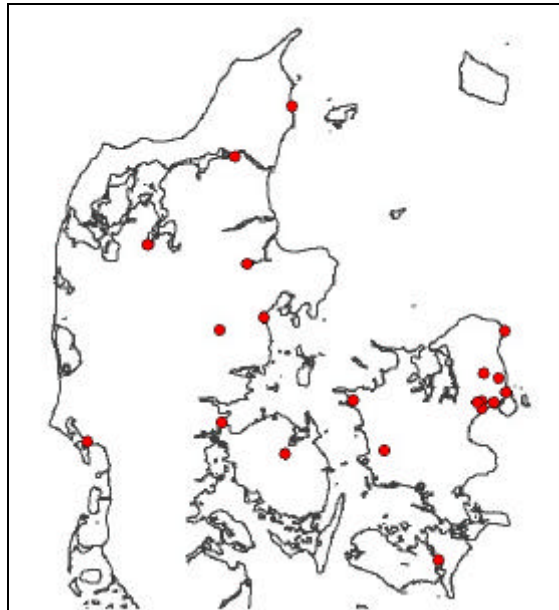
### 0.2.1 Undersøgelsen

Med udgangspunkt i de forbrugskategorier og underkategorier af forbrugere, der vurderes at blive brugt i dag, er der sket en prioritering. Prioriteringen peger på de forbrugskategorier, det er fundet vigtigste at fokusere på i dataindsamlingen og -behandlingen, jf. efterfølgende Tabel 0.1.

Kategori/underkategori		
Husholdning	Institution	Erhverv
- <b>Parcel- og rækkehuse</b>	- <b>Daginstitutioner</b>	- Campingpladser
- <b>Etageejendomme</b>	- <b>Undervisningsinstitutioner</b>	- Hoteller
- Landhuse	- <b>Plejhjem</b>	- Supermarkeder
- Fritidshuse		- Kontor
		- Landbrug
		- Mejeri

Tabel 0.1 Forbrugskategorier der er tilstræbt behandlet i projektet. Kategorier markeret med "fed" er prioriterede

Dataindsamlingen har været omfattende og er blevet indhentet fra hele landet, jf. efterfølgende Figur 0.1 og Tabel 0.2.



Figur 0.1 Geografisk spredning af måledata i projektet



Forbrugskategori		Data				Tidsserier			
Overordnet	Underordnet	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned
Erhverv	Butikscentre	1.419	154	168	14	58	20	3	14
Husholdning	Etagebyggeri	11.632	10.669	567	9.831	469	1.436	260	45
Husholdning	Rækkehus/Villa	27.994	4.018	51	36.889	1.158	560	124	4
Husholdning	Ældrebolig	705	1.496	52	4	27	212	48	4
Husholdning	Fritidshuse	8.560	723	25	361	349	49	11	1
Institution	Daginstitutioner <sup>1)</sup>	953.146	40.096	1.576	0	39.714	5.727	52	105
Institution	Døgninstitutioner <sup>1)</sup>	189.062	7.884	190	11	7.866	1.121	259	11
Institution	Børnehave	84.205	3.509	0	57	3.508	495	111	0
Institution	Fritidshjem	57.336	2.753	144	9	2.104	392	87	1
Institution	Integreret institution	135.336	6.818	0	31	5.639	964	216	0
Institution	Plejhjem	71.962	3.371	91	20	66	61	12	7
Institution	Skole	676	1.006	0	77	28	140	32	0
Institution	Vuggestue	54.072	3.383	13	158	2.253	483	25	1
Landbrug	Landbrug	672	32	0	6	28	4	0	0

Tablet 0.2 Antal forbrugsdata og – serier fordelt på forbrugskategorier og på typen af forbrugsmåling

<sup>1)</sup> Uden specifikation af type.

Databehandlingen er sket ved brug af forskellige statistiske metoder:

- Korrelationsanalyser
- Grafisk præsentation af resultater på grundlag af middelværdier og fraktiler
- Bootstrap-teknik, som er en metode til udtagning af værdier fra et prøvesæt som basis for en statistisk beskrivelse af prøvesættet.

I bearbejdningen af forbrugsdata er der blevet fokuseret på følgende:

- Vurdering af relevante forbrugskategorier
- Vurdering af relevante normeringsenheder for de undersøgte forbrugskategorier
- Bestemmelse af enhedsforbrug
- Forbrugsvariationer.

Resultaterne er i videst muligt omfang præsenteret grafisk, og er derfor i langt de fleste tilfælde selvforklarende. Resultaterne er tillige sammenlignet med den gældende norms angivelser, hvor en sammenligning har været mulig.

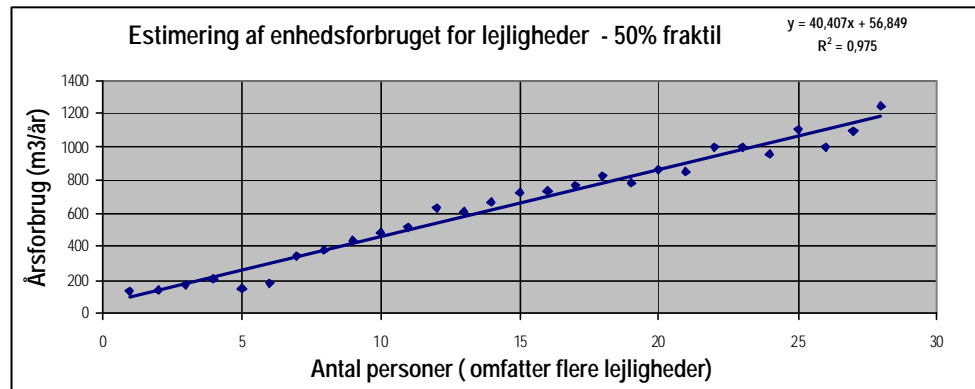
#### 0.2.2 Hovedkonklusioner og projektræsultater

##### *Vurdering af relevante forbrugskategorier*

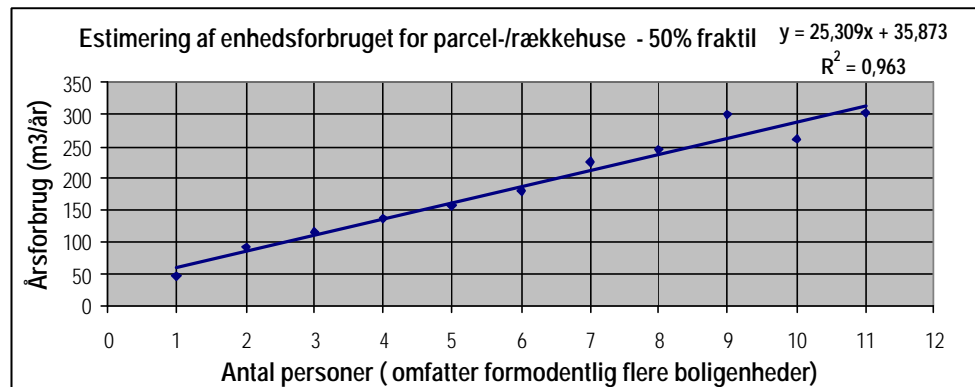
Det anbefales på grundlag af undersøgelserne at opdele husholdningsforbrug i 2 selvstændige forbrugskategorier:

- Lejligheder
- Parcel- og rækkehuse

Anbefalingen baseres bl.a. på, at de to efterfølgende kurver for enhedsforbrugene, bestemt for 50 % -fraktiler af forbrugsdata, er markant forskellige, jf. Figur 0.2 og Figur 0.3.



Figur 0.2 Årsforbruget for lejligheder som funktion af antal personer – 50 % fraktil



Figur 0.3 Årsforbruget for parcel-/rækkehuse som funktion af antal personer – 50 % fraktil

Ligeledes anbefales det i dimensioneringsmæssig sammenhæng at bruge separate forbrugskategorier for vuggestuer og børnehaver.

Det anbefales at oprette en ny forbrugskategori for butikcentre, der ud over den gældende norms supermarkeder omfatter storcentre og butikcentre.

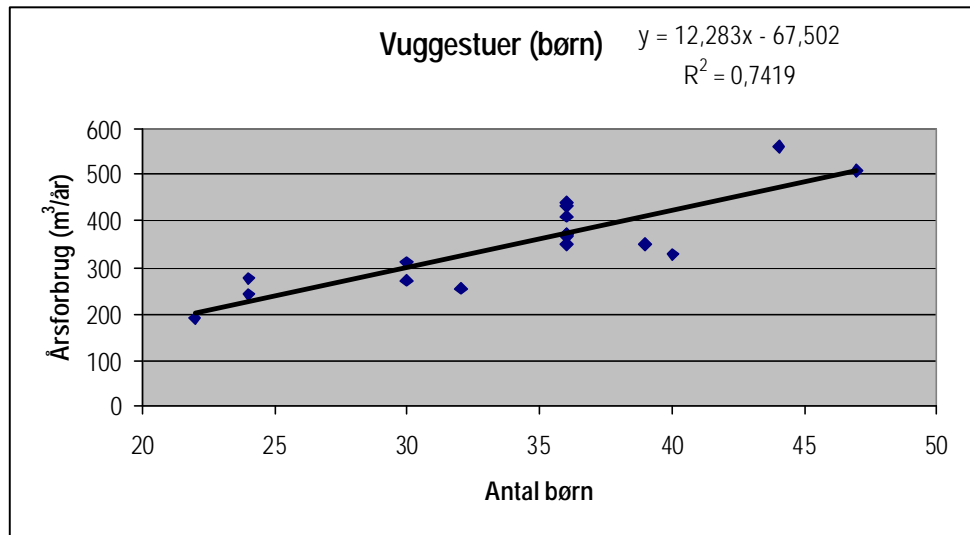
Ellers svarer de anbefalede forbrugskategorier til den gældende norms angivelser. Det skal bemærkes, at datagrundlaget ikke har gjort det muligt at give anbefalinger om integrerede institutioner og fritidshjem.

#### Vurdering af relevante normeringsenheder

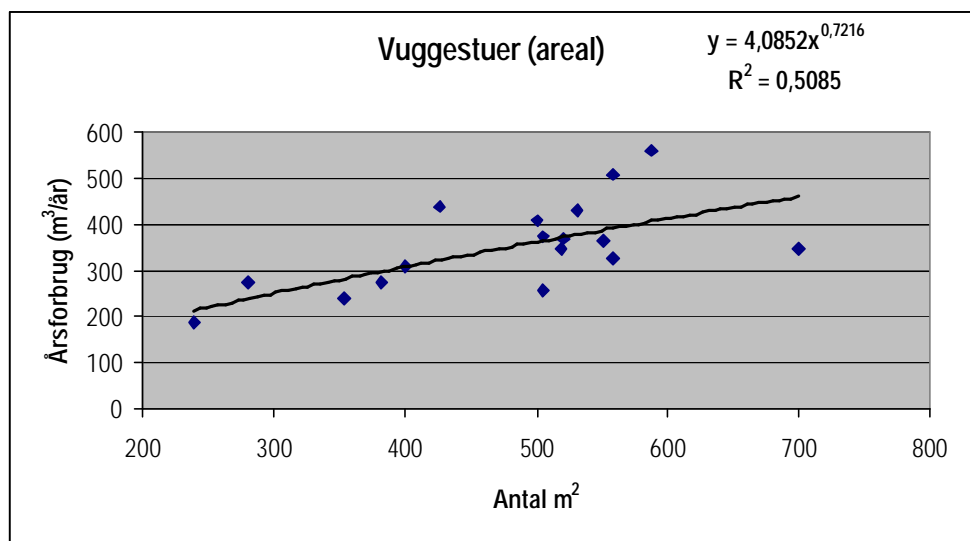
For en del af de anbefalede forbrugskategorier giver datagrundlaget mulighed for at sammenligne brug af forskellige normeringsenheder. Dette gælder for kategorierne:

- Vuggestuer (antal børn og arealet i m<sup>2</sup>)
- Børnehaver (antal børn og arealet i m<sup>2</sup>)
- Plejehjem (antal beboere og arealet i m<sup>2</sup>)
- Skoler (antal elever og arealet i m<sup>2</sup>)

Analyserne er sket ved at sammenligne korrelationen mellem årsforbrug og normeringsenhed. For vuggestuer ses resultatet af efterfølgende Figur 0.4 og Figur 0.5.



Figur 0.4 Årsforbruget for vuggestuer som funktion af antal børn



Figur 0.5 Årsforbruget for vuggestuer som funktion af arealet

Det ses, at korrelationen er bedre ved at bruge børn end areal som normeringsenhed, selv om korrelationen med børn ikke er god.

For de undersøgte forbrugskategorier er anbefalet følgende normeringsenheder:

- Lejligheder: Person
- Parcel- og rækkehuse: Person
- Ældreboliger: Person
- Fritidshuse: Fritidshus
- Vuggestuer: Barn
- Børnehaver: Barn
- Plejehjem: Beboer
- Skoler: Elever
- Butikcentre: Areal
- Landbrug: Ingen anbefaling. (Hus-)dyr ej brugbar

Sammenlignet med den gældende norm, er der kun forskel på den anbefalede normeringsenhed for fritidshuse, nemlig at bruge enheden fritidshus frem for person.

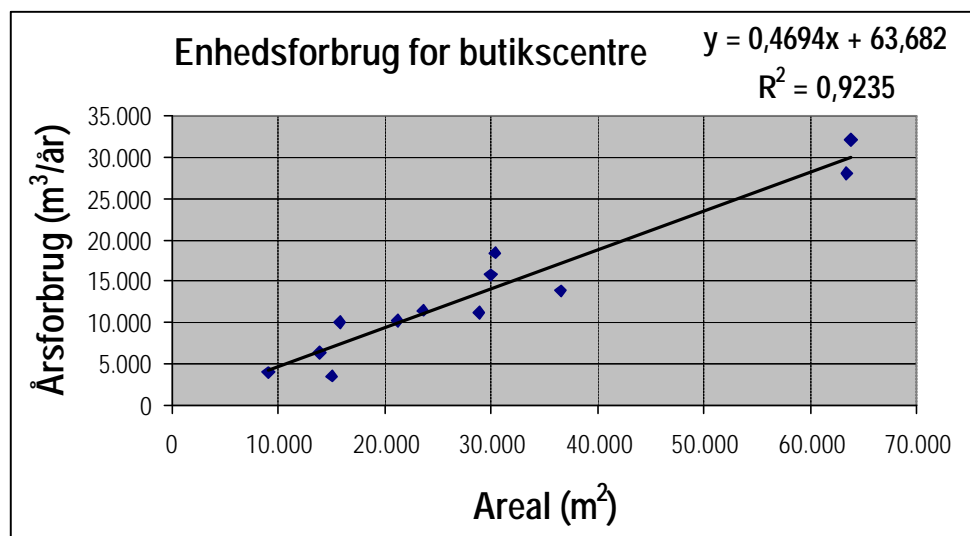
### Bestemmelse af enhedsforbrug

Enhedsforbrugene præsenteres i grafisk form – hvor datagrundlaget tillader det – så årsforbruget vises som funktion af antallet af forbrugsenheder. Desuden angives simple middelværdier.

Det skal bemærkes, at der ikke er grundlag for at ekstrapolere resultaterne ud over de intervaller, som måledata dækker. Dette kan være en begrænsning i forhold til et senere normarbejde.

For både lejligheder og parcel- og rækkehuse præsenteres desuden grafer for 3 fraktiler: 25 %, 50 % og 75 %-fraktilerne. 50 %-fraktilkurverne fremgår af tidligere viste Figur 0.2 og Figur 0.3.

For vuggestuer henvises der til Figur 0.4 og Figur 0.5. Enhedsforbruget for butikcentre fremgår af efterfølgende Figur 0.6.



Figur 0.6 Årsforbruget for butikcentre som funktion af arealet, baseret på 12 butikcentre.

De simple middelværdier for de undersøgte forbrugskategorier er i efterfølgende Tabel 0.3 sammenlignet med de tilsvarende enhedsforbrug fra den gældende norm.

Forbrugskategori	Enhedsforbrug (m <sup>3</sup> pr. år)		Normeringsenhed
	Det aktuelle projekt	Gældende norm	
Lejligheder	59	57 - 95	Person
Parcel- og rækkehuse	45		Person
Ældreboliger	<sup>2)</sup> =lejlighed eller parcel- og rækkehus	Intet enhedsforbrug	Person
Fritidshuse	38 (pr. hus)	5-40 (pr. person)	Fritidshus/person
Vuggestuer	10	16	Barn
Børnehaver	8		Barn
Plejehjem	64	110 - 146	Beboer
Skoler	2,7	10 - 20	Elev
Butikcentre	0,5	0,3 - 1,2	m <sup>2</sup> (areal)
Landbrug	2,2	Henviser til /4/, med enhedsforbrug for mange specifikke dyr	Dyr (primært svin)

Tabel 0.3 Sammenligning af simple middelværdier for enhedsforbrugene mellem det aktuelle projekt og den gældende norm

1) Ikke det midlede enhedsforbrug, men 50 %-fraktil, med 3 personer per lejlighed

2) Bruge enhedsforbruget for lejlighed eller parcel-rækkehus, afhængig af de aktuelle boliger. Dog bør enhedsforbruget for parcel- og rækkehuse bruges, når det gennemsnitlige antal personer per bolig i den aktuelle bebyggelse med ældreboliger er under 2 personer.

For de fleste enhedsforbrug er der en markant forskel mellem det aktuelle projekts resultater og den gældende norms værdier, som er væsentlig højere.

Forskellen i simple middelværdier indikerer også, at brug af graferne i en dimensioneringsmæssig sammenhæng vil resultere i væsentlig lavere enhedsforbrug.

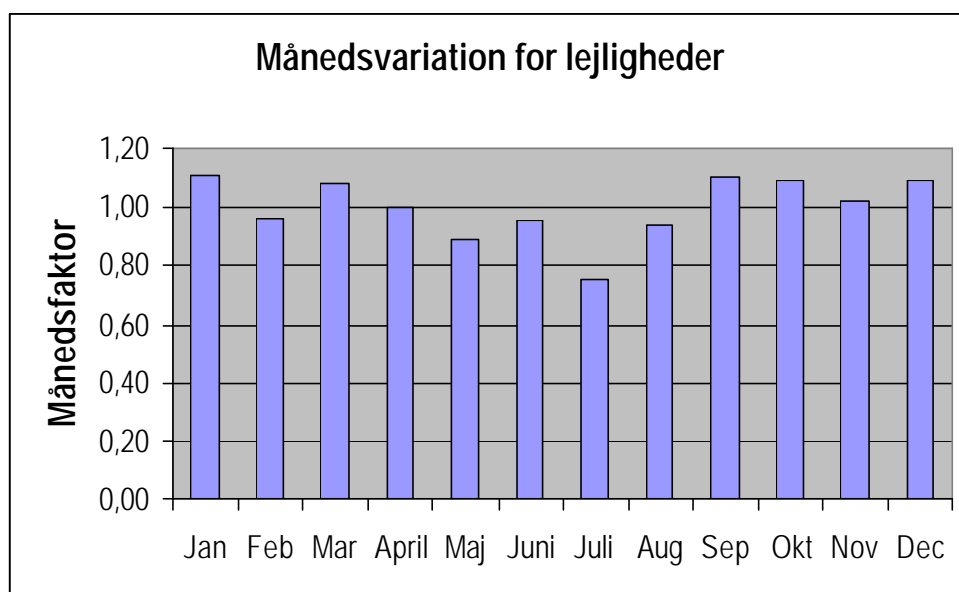
#### *Forbrugsvariationer*

Der er for de undersøgte forbrugskategorier - hvis datagrundlaget har været til stede - udarbejdet grafisk præsentation af forbrugets:

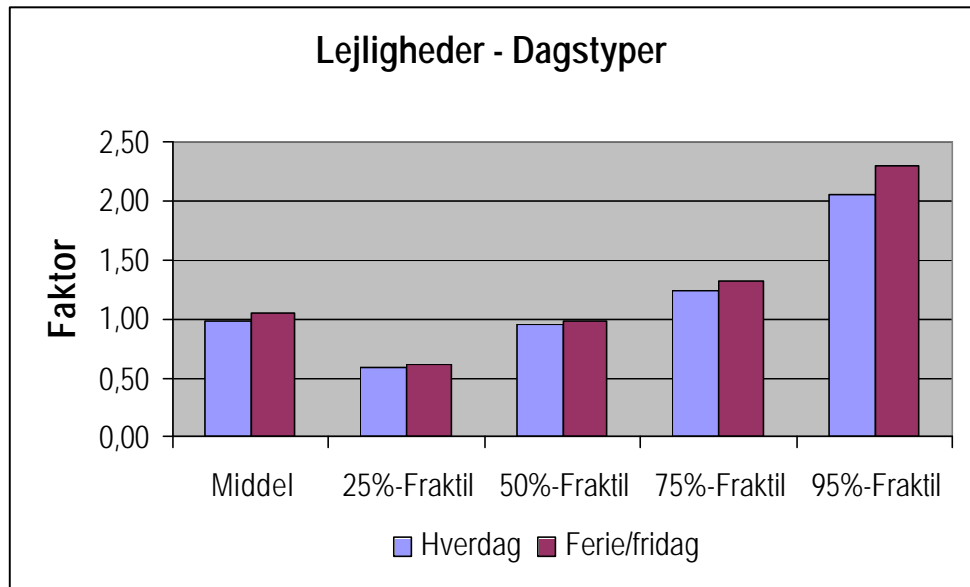
- Månedsvariation
- Døgnvariation, for to døgn typer, nemlig hverdage og ferie-fridage (inkl. lørdage-søndage), og baseret på tidsserier af 7 døgn
- Timevariation, igen for de to døgn typer, hverdage og ferie-fridage

Desuden er der ud fra tidsserier af 30 døgn beregnet middelværdier for maks-døgnfaktorer.

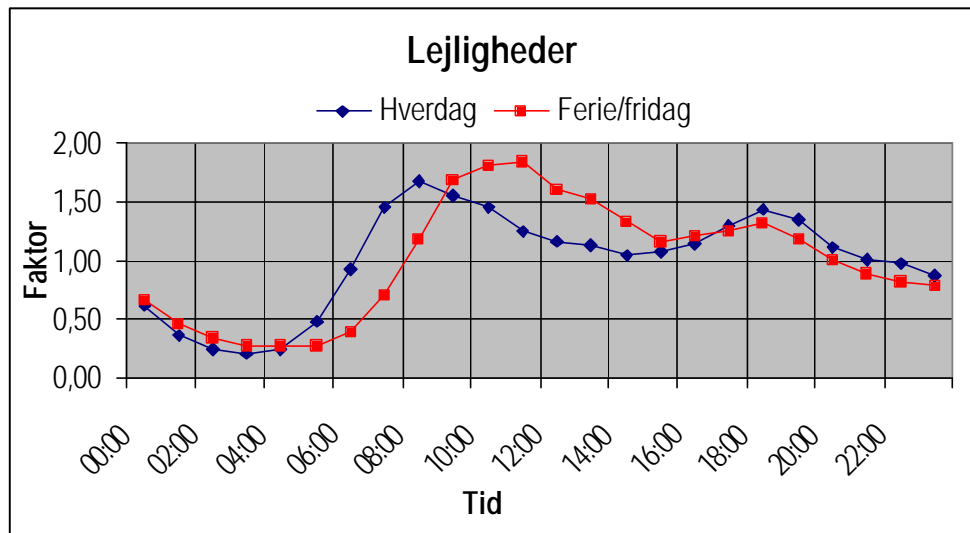
Som eksempel er vist graferne for kategorien lejligheder, jf. efterfølgende Figur 0.7-0.11. Sættet af grafer viser den typiske præsentation af resultater for de undersøgte forbrugskategorier.



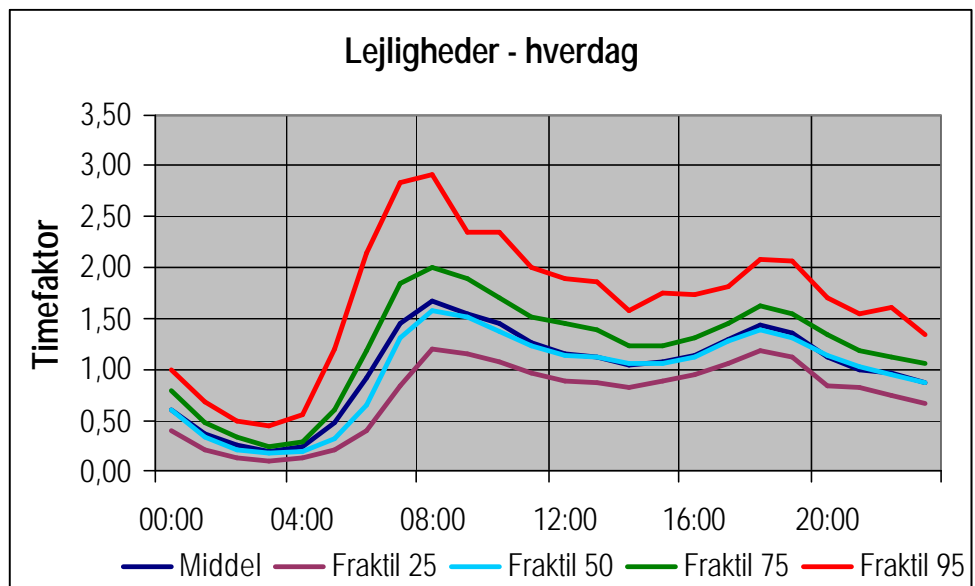
Figur 0.7 Månedsvariation for forbruget i lejligheder



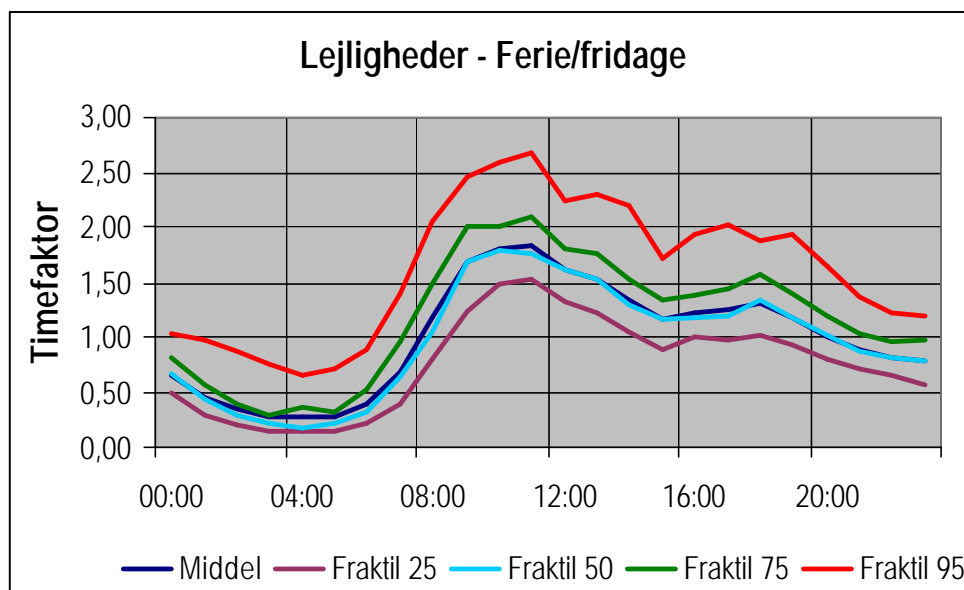
Figur 0.8 Døgnvariation for forbruget i lejligheder på hverdage og ferie-fridage, herunder middelværdi og fraktilvisninger



Figur 0.9 Timevariation for forbruget i lejligheder. Middelværdier for hverdage og ferie-fridage

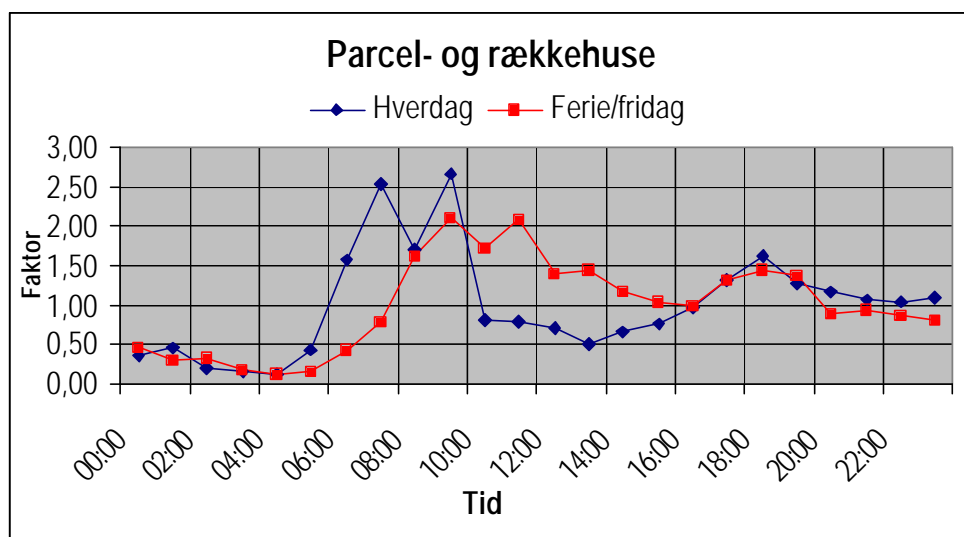


Figur 0.10 Timevariation for forbruget i lejligheder på hverdage. Middelværdier og fraktilværdier.



Figur 0.11 Timevariation for forbruget i lejligheder på ferie-fridage. Middel- og fraktilværdier.

Interessant er det bl.a. at sammenligne timevariationen for lejligheder (Figur 0.9) med den tilsvarende for parcel- og rækkehuse, jf. efterfølgende Figur 0.12.



Figur 0.12 Timevariation for forbruget i parcel- og rækkehuse. Middelværdier for hverdage og ferie-fridage.

Ved sammenligning springer følgende i øjnene:

- Der er to spidsforbrug om morgenen/formiddagen for parcel- og rækkehuse, men "kun" én for lejligheder
- Timefaktorerne er højere for parcel- og rækkehusernes morgen-/formiddagsforbrug
- Det første spidsforbrug for parcel- og rækkehuserne forekommer 1-2 timer tidligere end spidsforbruget for lejligheder.

De grafiske præsentationer af forbrugsvariationer kan ikke sammenlignes med den gældende norm. I denne inddrages forskelle i tidlige variationer mellem forskellige kategoriers forbrug alene ved at angive forskellige årlige forbrugsperioder, dvs. antal forbrugsdøgn pr. år.

Med de præsenterede tidlige variationer er der for de undersøgte forbrugskategorier tilvejebragt et grundlag, så der i det fremtidige dimensioneringsarbejde kan tages højde for tidlige forskelle i forbruget, når forskellige forbrugskategorier er til stede i et forsyningsområde.

I efterfølgende Tabel 0.4 er vist de beregnede middelværdier af maksdøgnfaktorer, beregnet for måleserier af 30 døgn. Det vurderes at være tvivlsomt at foretage den viste sammenligning med de få værdier fra normen, bl.a. da disse refererer til forskellige kategorier af forsyningsområder.

Forbrugskategori	Maksdøgnfaktorer	
	Det aktuelle projekt (middelværdi for serier af 30-døgn målinger)	Gældende norm /2/
Lejligheder	2,6	1,3 - 3,0 <sup>1)</sup>
Parcel- og rækkehuse	1,3	
Fritidshuse	1,4	2 - 4 <sup>2)</sup>
Vuggestuer	1,8	Ikke angivet, så bruge <sup>1)</sup>
Børnehaver	1,7	
Plejehjem	1,1	Ikke angivet, så bruge <sup>1)</sup>
Skoler	1,7	Ikke angivet, så bruge <sup>1)</sup>

Tabel 0.4 Sammenligning af projektets beregnede middelværdier for maksdøgnfaktorer fra måleserier af 30 døgn og den gældende norms angivelser

<sup>1)</sup> Gældende for 3 kategorier af bebyggelser, fra a) "spredte eller samlede bebyggelser med overvejende landbrugserhverv" (2-3), over b) "mindre samlede bebyggelser med overvejende byerhverv" (1,5-2) til c) "større samlede bebyggelser med differentieret byerhverv" (1,3-1,5)

<sup>2)</sup> Gældende for kategorien "fritidsområder (campingpladser, sommerhuse og lignende)"

#### Dimensionsgivende vandforbrug – et eksempel

Der er givet et eksempel på muligt brug af projektets resultater til at fastlægge et dimensionsgivende vandforbrug for et forsyningsområde. Der sammenlignes med brug af den gældende norm. Eksemplet omfatter et planlagt nyt bygeområde, inklusive parcel- og rækkehuse, en vuggestue, en børnehave samt et område med fritidshuse.

Det dimensionsgivende vandforbrug til dimensionering af en eventuel fødeledning til det samlede forsyningsområde findes til ca. 9 m<sup>3</sup>/time. Ved brug af den gældende norm vil det dimensionsgivende timeforbrug ligge i intervallet 14,5 – 64 m<sup>3</sup>/time. Det store spænd ved brug af normen skyldes først og fremmest normens angivelser for fritidsforbruget.

For et årsforbrug svarende til det, der fastlægges ved brug af projektets resultater, vil brug af den gældende norm resultere i et dimensionsgivende vandforbrug på 11 - 24 m<sup>3</sup>/time. Det svarer til, at normen bliver brugt på et vandforbrug, hvor der er taget højde for de sidste 15-20 års reduktion i vandforbruget. Alligevel vil det dimensionsgivende vandforbrug fundet ved brug af det aktuelle projekts resultater ligge under den nedre interval-værdi for forbruget fundet ved den gældende norm – for det vurderede eksempel. Resultaterne er vist i efterfølgende Tabel 0.5.

Forbrugstype	Vurderet vandforbrug (m <sup>3</sup> ) ved brug af:	
	Det aktuelle projekt	Gældende norm
Årsforbrug	27.300	37.100 – 53.000 / (27.300) <sup>1)</sup>
Maksimalt timeforbrug = dimensionsgivende forbrug for ledningsnettet	9	14,5 – 64 / (11 - 24)

Tabel 0.5 Eksempel på vurdering af dimensionsgivende vandforbrug ved brug af det aktuelle projekts resultater og den gældende norm.



<sup>1)</sup> I parentes er angivet værdier svarende til, at der ved brug af gældende norm er taget højde for de sidste 15-20 års reduktion i vandforbruget (svarende til årsforbruget vurderet ved brug af det aktuelle projekts resultater)

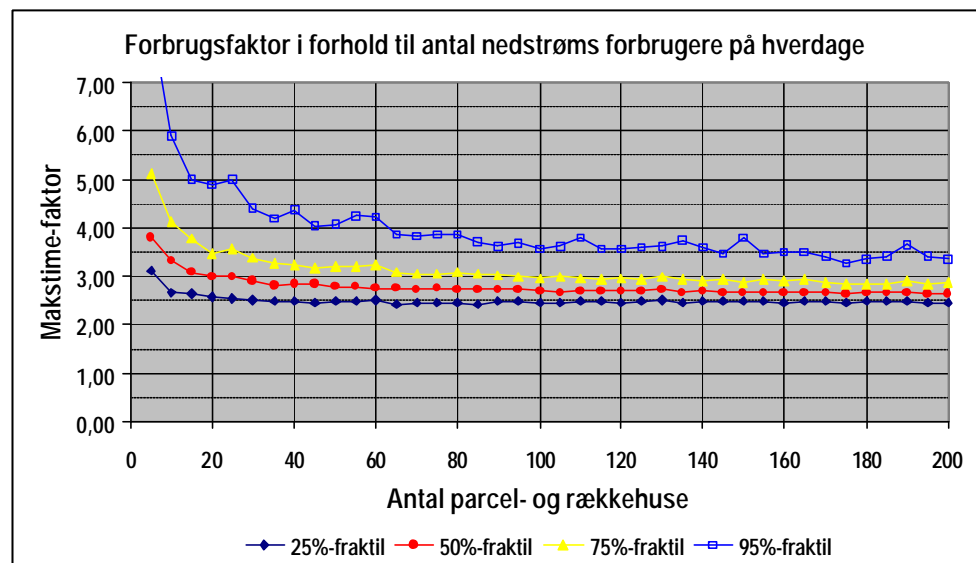
Med projektets resultater kan der i dimensioneringsmæssig sammenhæng tages højde for, at forskellige forbrugskategorier har de største vandforbrug på forskellige tider af året, ugen eller døgnet. Dette vil – alt andet lige – resultere i fastlæggelse af lavere dimensionsgivende vandforbrug end ved brug af den gældende norm. Den nuværende norm summerer alle forbrugskategoriens maksimale forbrug til det dimensionsgivende forbrug, hvilket svarer til, at de forskellige kategoriens maksimale forbrug foregår samtidigt.

#### *Normens gyldighed i forhold til antallet af parcel- og rækkehuse*

Som en del af projektet er det undersøgt, om normens henvisning til at bruge anvisningerne om dimensionering i normen for vandinstallationer, DS 439, når antallet af nedstrøms boligenheder er mindre end 200. Datagrundlaget har alene gjort det muligt at vurdere berettigelsen for parcel- og rækkehuse.

Det er vurderet, hvornår makstimefaktoren som funktion af antallet af nedstrøms parcel- og rækkehuse bliver tilnærmelsesvis konstant.

Resultatet af den statistiske databehandling fremgår af Figur 0.13, der viser resultaterne beregnet for hverdage ved fraktilerne 25 %, 50 %, 75 %, og 95 %. Resultaterne for ferie-fridage viser samme mønster.



Figur 0.13 Makstimefaktorens afhængighed af antallet af nedstrøm parcel- og rækkehuse, vist for hverdage og ved 4 forskellige fraktiler.

Resultatet indikerer, at normens henvisning til brug af DS 439, kan ændres fra at gælde for et antal boligenheder mindre end 200 til - i alle tilfælde - et antal boligenheder mindre end 100. Resultatet gælder af ovennævnte grunde kun for parcel- og rækkehuse.

### 0.3 Drikkevands opholdstid i etageejendomme

I projektet er udarbejdet en model til vurdering af det kolde brugsvands kritiske opholdstider i typiske etageejendommers vandinstallationer. Modellen er opstillet ud fra et empirisk grundlag i 6 hovedtyper.

### 0.3.1 Undersøgelsen

#### *Modellens hovedtyper af etageejendomme*

Alle 6 hovedtyper af etageejendomme har 5 etager, udover stueetagen. De 6 hovedtyper fordeler sig ligeligt i 2 hovedgrupper A og B, der omfatter etageejendomme, som er bygget efter hhv. før 1990. Året 1990 svarer til tidspunktet for brug af IDAs norm for vandinstallationer, DS 439, der i sin 2. version trådte i kraft i 1989. Den fik væsentlig indflydelse på den efterfølgende dimensionering af vandinstallationer.

De 6 hovedtyper af etageejendomme er følgende:

- A1 Nye lejligheder med penthouse. Oftest lejligheder, der indeholder 2 badeværelser og moderne køkken med opvaskemaskine.
- A2 Nye lejligheder fra ca. 1990-1997; moderne lejligheder, men ofte kun med et badeværelse. Der er opvaskemaskine og vaskemaskine i lejlighederne.
- A3 Renoverede lejligheder fra 1990 og frem; ejendommens lejligheder (badeværelser og køkken) er renoveret. Der er nu brusebad i alle lejligheder, men ikke installation til vaskemaskine og opvaskemaskine.
- B1 Nye ejendomme fra før 1990; lejlighedsbyggerier opført i 1970'erne og 1980'erne, ofte med et badeværelse, hvor vaskemaskine kan være placeret.
- B2 Renoverede lejligheder fra før 1990; som model A3, men udført før 1990
- B3 Ikke renoverede lejligheder fra før 1990; ældre etageejendomme, hvor vandinstallationen er ført op i ejendommen som synlig installation i forbindelse med etablering af toiletter i ejendommen. Der kan være varmtvandsbeholder i lejlighederne.

For hver af de 6 hovedtyper af etageejendomme er der beregnet opholdstid for en punktbebyggelse, dvs. med kun én opgang, og med en kælderledning fra hovedmåler til stigstrengen på 10 meters længde. Der er desuden beregnet opholdstid for områdebebyggelser, dvs. med flere opgange eller boligblokke, og med en kælderledning fra hovedmåler til sidste stigstreng på 70 meters længde.

Ud fra et erfaringsmæssigt grundlag er der fastlagt dimensioner og længder af ledningsføring i den enkelte type af lejligheder.

#### *Vandforbrug til vurdering af opholdstider*

Som forbrugsinput til beregningerne af de kritiske opholdstider bruges en forbrugsvariationskurve, som beskriver den gennemsnitlige forbrugsvariation for en periode med hverdage og 2 ferie/fridage (svarende til en weekend). Kurven baseres på resultaterne fra delprojektet "Vandforbrug og forbrugsvariationer", herunder:

- et enhedsforbrug i lejligheder på 128 m<sup>3</sup>/år, reduceret til 2/3 af enhedsforbruget, hvilket svarer til den normale og gennemsnitlige andel af koldtvandsforbrug i forhold til det samlede forbrug
- timeforbrugsfaktor-kurver for hverdage hhv. ferie-fridage, se Figur 0.9

Den tidlige variation igennem døgnet er afgørende for den maksimale opholdstid i installationerne.

#### *Databehandling og begrænsninger i metodevalg*

Alle model- og forbrugsdata er implementeret i AQUIS-ledningsmodeller. Der er opbygget 4 AQUIS-ledningsmodeller, der indeholder den geometriske udformning af koldtvandsinstallationen i de 6 lejlighedstyper.

Ved brug af AQUIS-modellerne beregnes middellopholdstiden for vandet, fra det har passeret hovedmåleren til det aftappes ved det fjerneste tapsted i den enkelte lejlighed.

I metodevalget ligger nogle klare begrænsninger for, hvordan resultaterne kan fortolkes og bruges til vurdering af afsmitning fra metalholdige installationer og armaturer.

Der er taget udgangspunkt i de 6 standardiserede lejlighedstyper, uden at det i dette projekt er undersøgt, hvordan boligmassen er fordelt på de enkelte typer.

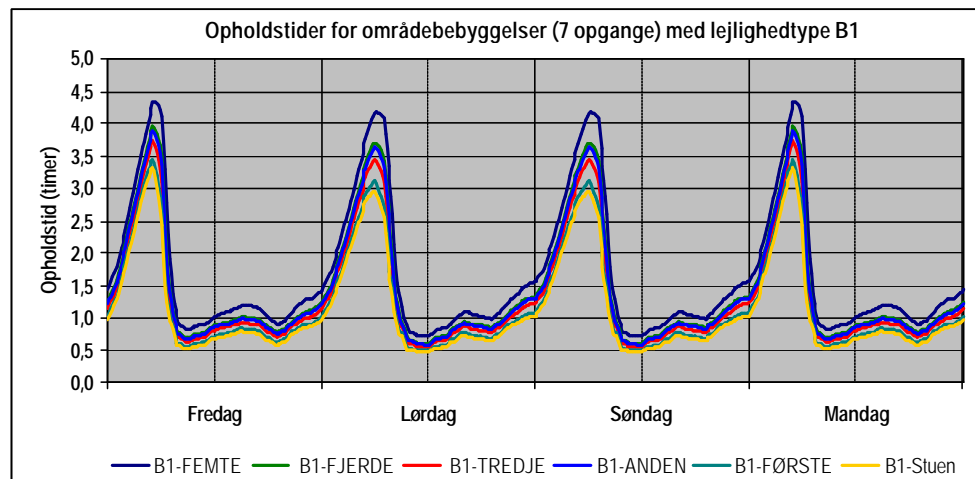
Brug af en gennemsnitlig forbrugsvariationskurve som grundlag for beregningen af opholdstiderne bevirker, at der selv i nattetimerne er et lille forbrug. I realiteten vil forbruget i mange lejligheder i nattetimerne være et nul-forbrug og dermed give en længere opholdstid end beregnet med den valgte metode.

Det vurderes dog, at de fundne opholdstider giver et billede af, om der er et generelt opholdstidsproblem i de undersøgte lejlighedstypers installationer.

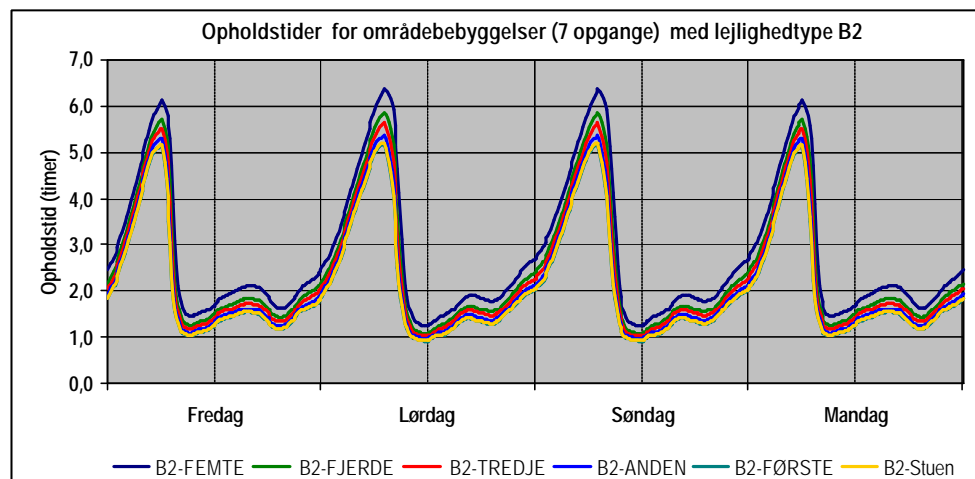
### 0.3.2 Hovedkonklusioner og projekresultater

#### *Kritiske opholdstider*

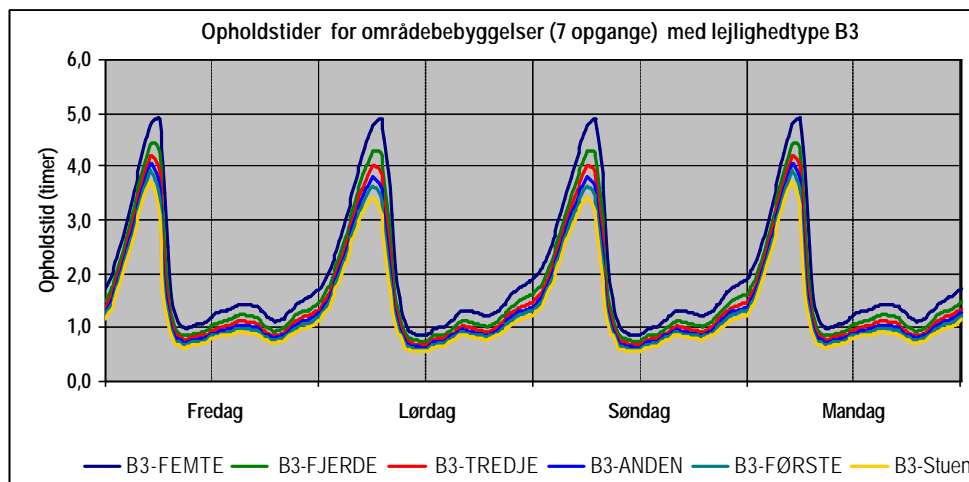
De beregnede opholdstider præsenteres i form af kurver. Som eksempel er vist kurvesættet for områdebebyggelser af type B, dvs. etageejendomme etableret før 1990, jf. efterfølgende Figur 0.14 - 0.16.



Figur 0.14 Opholdstidens variation for områdebebyggelser, lejlighedstype B1

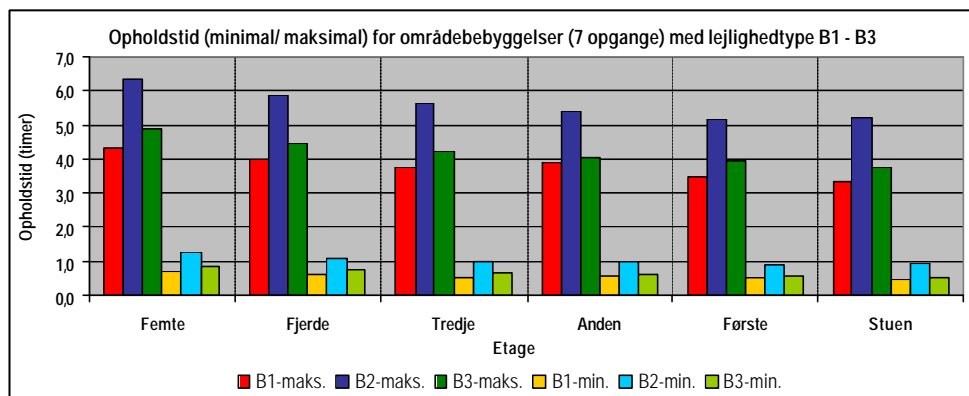


Figur 0.15 Opholdstidens variation for områdebebyggelser, lejlighedstype B2



Figur 0.16 Opholdstidens variation for områdebebyggelser, lejlighedstype B3

I Figur 0.17 er vist en samlet oversigt over de maksimale og minimale opholdstider.



Figur 0.17 Maksimale og minimale opholdstider for områdebebyggelser, lejlighedstyperne B1-B3

### Samlet vurdering

Resultatet af de udførte undersøgelser er, at:

- områdebebyggelser - som forventet - har de mest kritiske opholdstider, op til 6½ time (på 5. etage)
- der ikke er den store forskel i opholdstider for de to hovedtyper af undersøgte typiske etageejendomme, dvs. bygget efter hhv. før 1990
- resultaterne indikerer, at den kritiske opholdstid primært afhænger af længden af kælderledningen fra hovedmåler frem til sidste stigstreng.

# Summary and Conclusions

## 0.1 Background and Objectives

This report presents results from a project which comprises two subprojects:

- "Water Consumption and Consumption Fluctuations"
- "Retention Time of Potable Water in Blocks of Flats"

The two subprojects are presented separately in two main chapters.

### *Water Consumption and Consumption Fluctuations*

IDA's (Danish Society of Engineers in Denmark) Standard for "Public Water Supplies", DS 442 from 1988, describes guidelines for design of potable water pipelines. Since 1988, a significant drop in water consumption has taken place within all consumer categories in Denmark. Moreover, the present Standard does not take into account that fluctuation of consumption for different consumer categories differs. Use of the existing Standard could result in design of too large pipelines with a risk of unacceptable water quality due to longer retention time in distribution networks. For these reasons, DEPA (Danish Environmental Protection Agency) wants to revise the present Standard.

The objective is to obtain basic knowledge for a revision of water flow used for design of potable water pipelines. In addition, the validity of the present Standard's reference to another Standard, when numbers of downstream households are less than 200, is to be assessed.

### *Retention Time of Potable Water in Blocks of Flats*

Departmental Order on Water Quality and Supervision of Waterworks – no. 871 of 21st September 2001 – states under "Quality Requirements for Content of Inorganics in Samples Taken at Consumer taps" that DEPA will specify method to be used.

With long retention time in water installations, some metals including copper and nickel, will be released to water in concentrations exceeding permit limits. Particularly for blocks of flats with long installation pipes, problems could occur. For these reasons, DEPA wants to put light on cold potable water's critical retention time in the water installations of blocks of flats.

The objective is to develop a model for assessment of the critical retention times of cold potable water in the water installations of blocks of flats. Furthermore, critical retention times should be calculated by use of the model.

## 0.2 Water Consumption and Consumption Fluctuations

### 0.2.1 Approach

Based on main and subcategories of consumers normally used for design practice today, categories to be studied have been prioritized, Table 0.1.

Categori/Subcategori		
Households	Institutions	Commercial
- <b>Detached and town houses</b>	- <b>Day-care institutions</b>	- Camping sites
- <b>Blocks of flats</b>	- <b>Educational establishments</b>	- Hotels
- Farm houses	- <b>Old-age homes</b>	- Supermarkets
- Holiday cottages		- Offices
		- Farms
		- Dairies

Table 0.1 Consumer categories studied in present project. Bold categories have highest priority

Data has been collected from all Denmark, Figure 0.1 and Table 0.2.

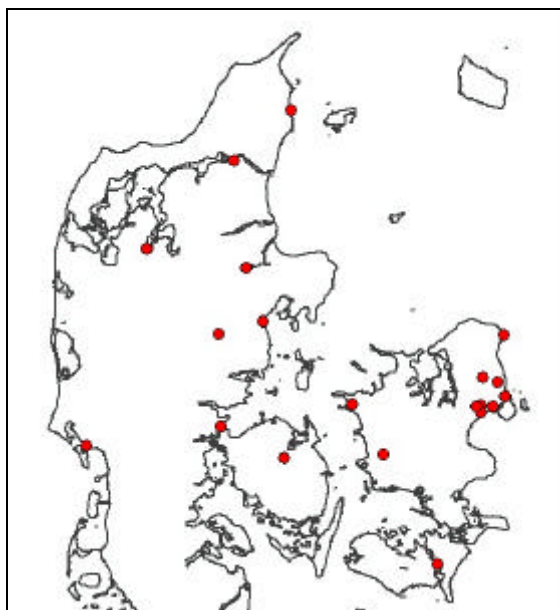


Figure 0.1 Location of data collected during project

Consumer Categories		Single Data				Time Series of Data			
Main	Sub	Hour	24 hour	Month	Year	Hour	24 h (7)	24 h (30)	Month
Commercial	Shopping centre	1.419	154	168	14	58	20	3	14
Household	Block of flats	11.632	10.669	567	9.831	469	1.436	260	45
Household	Non & detached h.	27.994	4.018	51	36.889	1.158	560	124	4
Household	Pensionist house	705	1.496	52	4	27	212	48	4
Household	Holiday cottage	8.560	723	25	361	349	49	11	1
Institution	Day care centre <sup>1)</sup>	953.146	40.096	1.576	105	39.714	5.727	52	105
Institution	Children res.home <sup>1)</sup>	189.062	7.884	190	11	7.866	1.121	259	11
Institution	Kindergarten	84.205	3.509	0	57	3.508	495	111	0
Institution	After school centre	57.336	2.753	144	9	2.104	392	87	1
Institution	Integrated inst.	135.336	6.818	0	31	5.639	964	216	0
Institution	Old-age home	71.962	3.371	91	20	66	61	12	7
Institution	School	676	1.006	0	77	28	140	32	0
Institution	Day nursery	54.072	3.383	13	158	2.253	483	25	1
Farm	Farm	672	32	0	6	28	4	0	0

Table 0.2 Number of single and time series of consumption data, divided among consumer categories and types of consumption measurements

<sup>1)</sup> Non-specified

Data processing has been based on the use of different statistical methods:

- Correlation analyses
- Graphic presentation of results based on mean values and fractiles
- Bootstrap Method, a method of selecting samples from a set of samples as basis for statistical description of the set of samples.

In processing consumption data, emphasis has been laid on:

- Assessment of relevant consumer categories

- Assessment of relevant category units for the studied consumer categories
- Evaluation of unit consumptions
- Consumption fluctuations

Results are presented by use of graphs, and need no further explanations. Results are compared with the existing Standard's specifications, whenever possible.

## 0.2.2 Main Conclusions and Project Results

### *Relevant Consumer Categories*

Based on analyses, it is recommended to divide households into two categories:

- Blocks of flats
- Detached and town houses

In addition, it is recommended to use separate consumer categories for day nurseries and kindergartens. It has not been possible to come up with recommendations on integrated institutions or after schools centres.

A new consumer category, shopping centres, is recommended. In addition to the existing Standard's supermarkets, this new category covers large as well as smaller shopping centres.

Otherwise, recommended consumer categories are similar to the existing Standard's specifications.

### *Relevant Category Units*

For some of the studied consumer categories it has been possible to compare use of different category units, including:

- Day nurseries (number of children versus area in m<sup>2</sup>)
- Kindergartens (number of children versus area in m<sup>2</sup>)
- Residential homes for elderly people (number of persons versus area in m<sup>2</sup>)
- Schools (number of pupils versus area in m<sup>2</sup>)

Analyses are carried out by comparison of the correlation between size of annual consumption and the number of category units. For day nurseries, results of such analysis appear in Figure 0.2 and Figure 0.3.

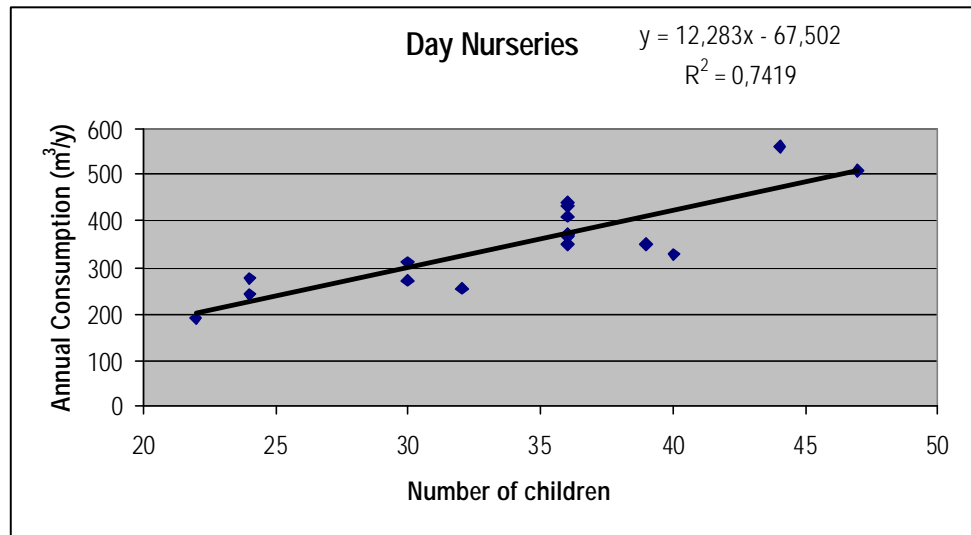


Figure 0.2 Day nurseries. Relation between annual consumption and number of children

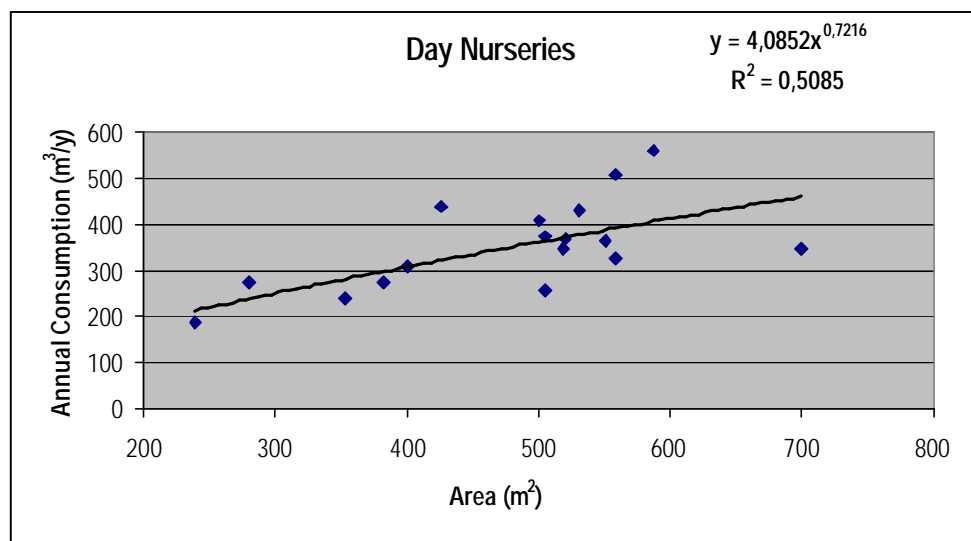


Figure 0.3 Day nurseries. Relation between annual consumption and area

It appears that correlation between annual consumption and number of children is better than annual consumption and area.

Following category units are recommended for the studied consumer categories:

- Block of flats: Person
- Detached & town houses: Person
- Pensionist houses: Person
- Holiday cottages: Cottage
- Day nurseries: Child
- Kindergartens: Child
- Old-age homes: Person
- Schools: Pupil
- Shopping Centres: Area
- Farms: No recommendation available

Recommendations differ from the existing Standard with regard to holiday cottages.

*Unit Consumptions*



Unit consumptions are presented graphically to show the relation between annual consumption and the number of consumer units. Moreover, simple mean values are calculated and presented.

Unit consumption of shopping centres appears in Figure 0.4.

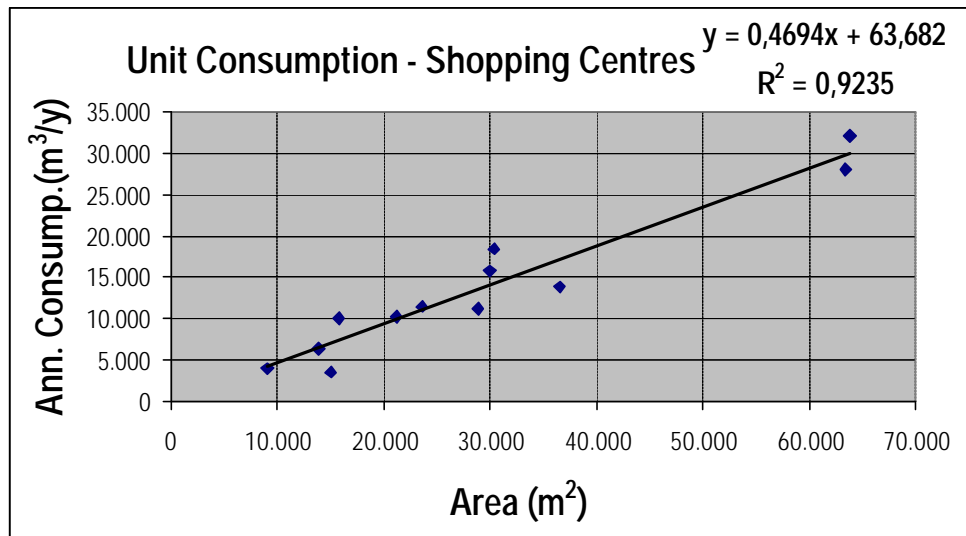


Figure 0.4 Shopping centres. Relation between annual consumption and area, based on data from 12 centres

Simple mean values of analysed consumer categories appear in Table 0.3, and compared with the existing Standard.

Consumer Category	Unit Consumption (m3 / year)		Category Unit
	Present Project	Existing Standard	
Blocks of flats	<sup>n</sup> 59	57 - 95	Person
Detached & town h.	45		Person
Pensionist houses	<sup>n</sup> =blocks of flats or detached & town houses	No unit consumption	Person
Holiday cottages	38 (/cottage)	5-40 (/person)	Cottage/person
Day nurseries	10	16	Child
Kindergartens	8		Child
Old-age homes	64	110 - 146	Person
Schools	2.7	10 - 20	Pupil
Shopping centres	0.5	0.3 - 1.2	m <sup>2</sup> (area)
Farms	2.2	Refers to a different Standard, including unit consumptions of many specific animals	Animals (primarily pigs)

Table 0.3 Comparison of simple means of unit consumptions from the present project and the existing Standard

1) Not simple mean values, however 50 %-fractile for 3 persons per flat

2) Depends on physical forms of actual houses. However, unit consumption of detached and town houses is recommended when the average number of persons per house in actual compound is less than 2

Most unit consumptions from present project appear to be significant lower than specified by the existing Standard.

#### Consumption Fluctuations

Graphic presentations have been worked out for:

- Monthly fluctuations

- 24 hour fluctuations, and comprising two day and night types, i.e. week days and holidays/weekends. The 24 hour fluctuations are based on consumption series of 7 days/one week
- Hourly fluctuations, also covering two day and night types

Furthermore, mean values for daily peak factors are calculated on the basis of consumption series of 30 days.

Figures 0.5-0.9 show results for flats, a typical example of the present project's presentations.

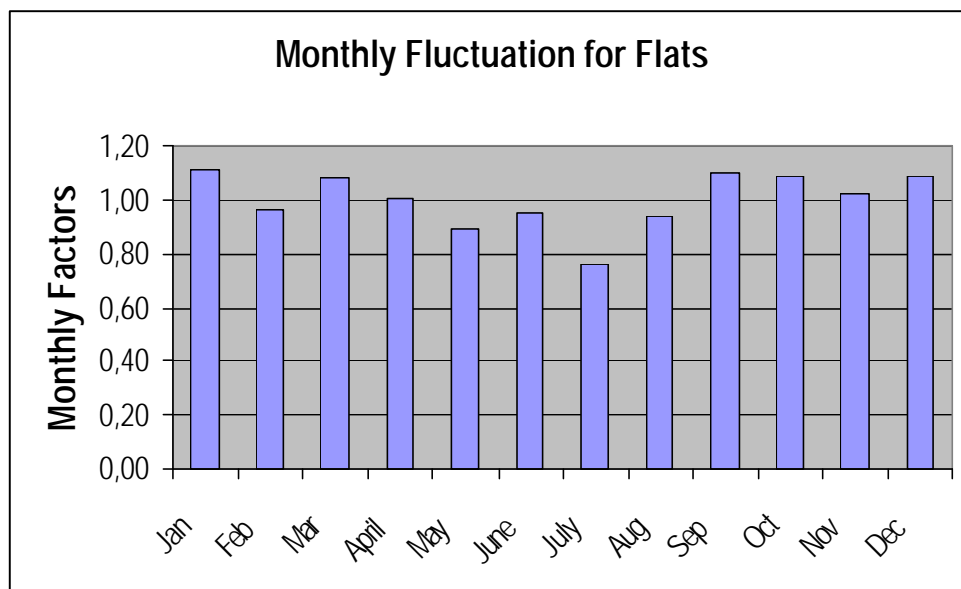


Figure 0.5 Monthly fluctuations for flats

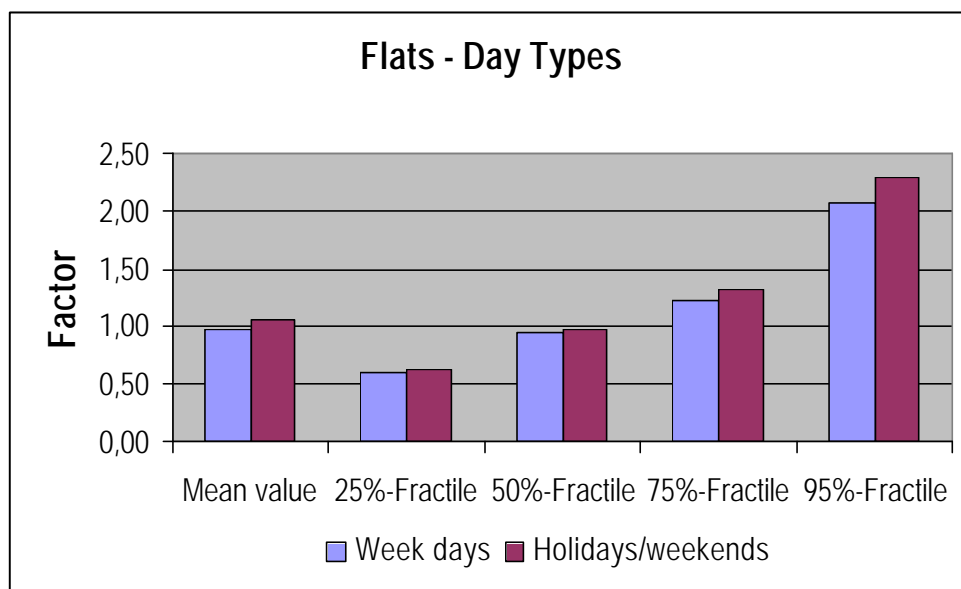


Figure 0.6 Daily fluctuations of consumption in flats, on week days and holidays/weekends, including fractiles

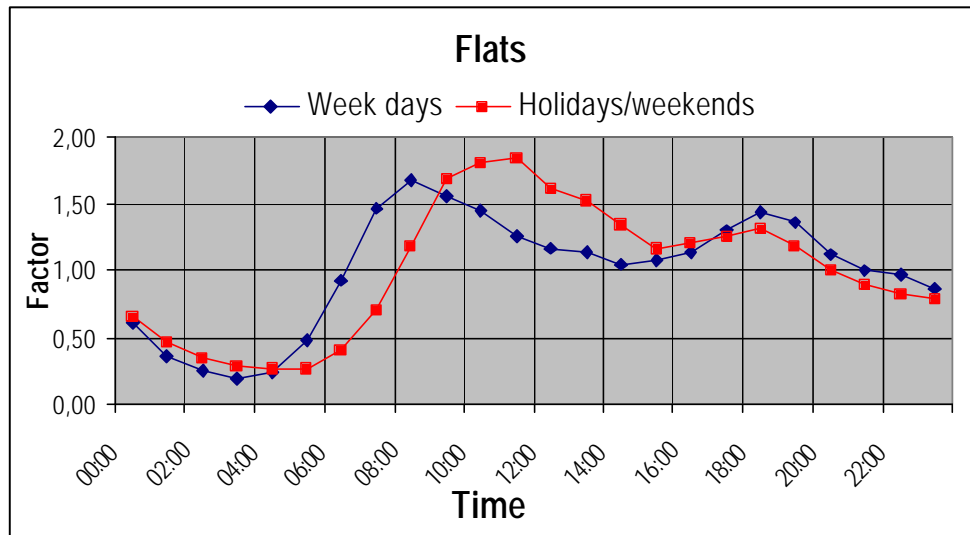


Figure 0.7 Hourly fluctuations of consumption in flats. Mean values for week days and holidays/weekends

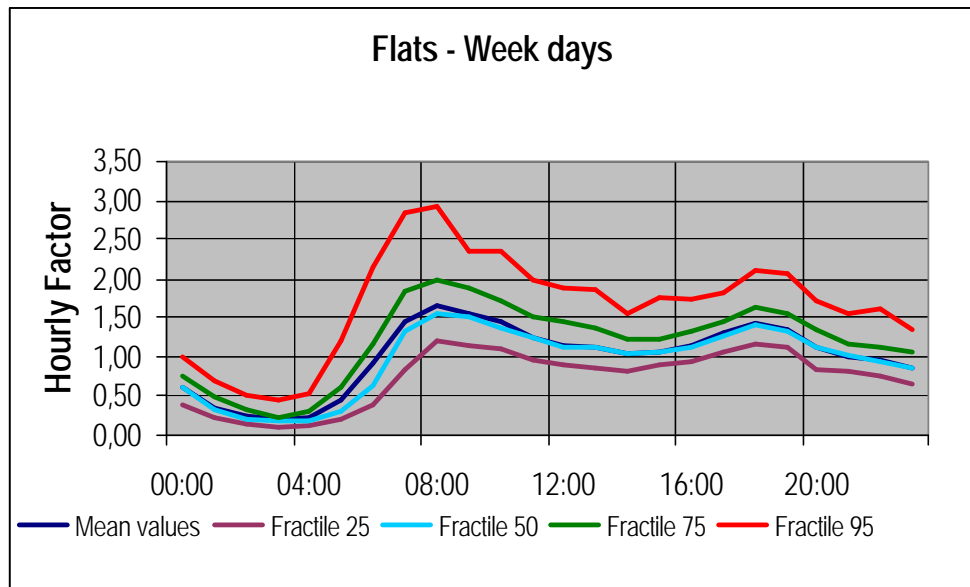


Figure 0.8 Hourly fluctuations of consumption in flats for week days. Mean values and fractiles

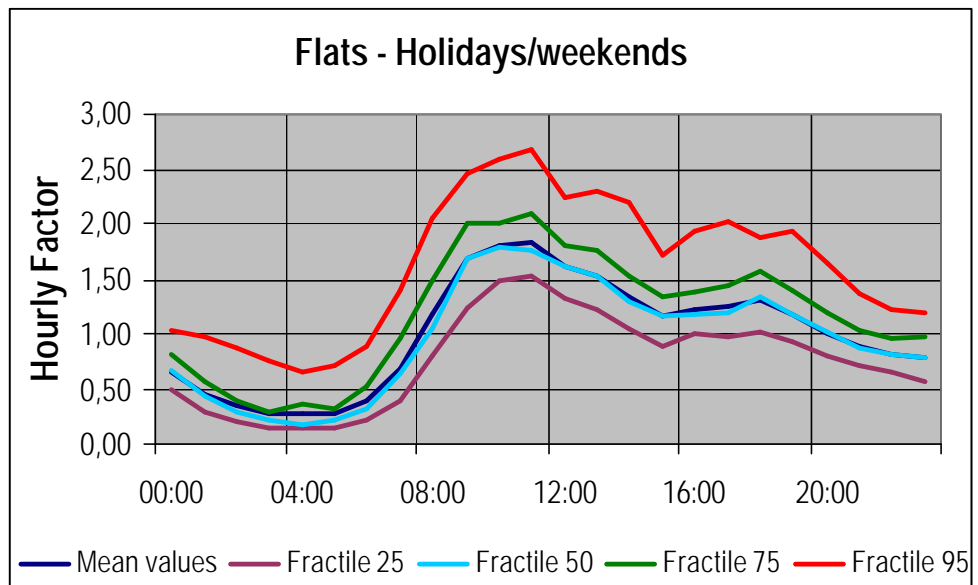


Figure 0.9 Hourly fluctuations of consumption in flats for holidays/weekends. Mean values and fractiles

Based on present project results, future design of pipelines can take into account the fact that peak consumption of different consumer categories takes place at different times.

Calculated mean values of daily peak factors appear in Table 0.4, based on consumption time series of 30 days. Comparison with the existing Standard is questionable, however, due to the fact that the Standard refers to different categories of supply areas.

Consumer Category	Daily Peakfactors	
	Present Project (mean values of consumption time series of 30 days)	Existing Standard
Block of flats	2.6	1.3 – 3.0 <sup>1)</sup>
Detached & town h.	1.3	
Holiday cottages	1.4	2 – 4 <sup>2)</sup>
Day nurseries	1.8	Non-specified. Use of: <sup>1)</sup>
Kindergartens	1.7	
Old-age homes	1.1	Non-specified. Use of: <sup>1)</sup>
Schools	1.7	Non-specified. Use of: <sup>1)</sup>

Table 0.4 Calculated mean values of daily peakfactors from present project compared with specifications of the existing Standard

<sup>1)</sup> Comprising 3 categories of built-up areas: a) Areas primarily with farms (2-3) - b) Smaller towns with trades (1.5-2) - c) Larger towns with trades and industries (1.3-1.5)

<sup>2)</sup> Areas with holiday cottages, including camping places, etc.

#### Assessment of Design Consumption – an Example

Use of the present project's results is compared with use of the existing Standard. The chosen example comprises a planned, smaller, built-up area, including detached and town houses, a day nursery, a kindergarten and an area with holiday cottages.

Design consumption for the area can be calculated at 9 m<sup>3</sup>/hour, by use of the present project's results. Use of the existing Standard results in a design consumption of 14.5 – 64 m<sup>3</sup>/hour.

Use of the existing Standard and an annual consumption as fixed by present project, results in a design consumption of 11 - 24 m<sup>3</sup>/hour. Hereby, the last 15-20 years' reduction in consumption is considered. Results appear in Table 0.5.

Type of Consumption	Consumption (m <sup>3</sup> ) by use of :	
	Present Project	Existing Standard
Annual (m <sup>3</sup> /year)	27.300	37.100 – 53.000 / (27.300) <sup>1)</sup>
Design (m <sup>3</sup> /hour)	9	14,5 – 64 / (11 - 24)

Table 0.5 Design consumption by use of results from present project and the existing Standard, and assessed for a smaller built-up area.

<sup>1)</sup> In brackets are specified results which consider observed reduction of consumption during last 15-20 years

Use of the present project's results compared with the existing Standard's specifications results in significant lower design consumptions. Main reasons are that the present project considers:

- reduction of unit consumptions during last 15-20 years
- the fact that peak consumption of different consumer categories takes place at different times

*Existing Standard's reference to another standard, DS 439*

As part of present project, the validity of the existing Standard's reference to use the standard for water installations, DS 439, when number of the downstream households are less than 200, is analysed.

Results indicate that the existing Standard's reference could be altered from 200 to 100 downstream households.

### 0.3 Retention time of Potable Water in Blocks of Flats

A model has been worked out with a view to assess critical retention times of cold potable water in water installations of blocks of flats. The model is empirically based on 6 main types of blocks of flats.

#### 0.3.1 Approach

*Main Types of Blocks of Flats*

All 6 main types consist of 5 stories, in addition to ground floor. The 6 main types are divided into two groups, one including typical blocks of flats built prior to 1990, and the other including typical blocks of flats built after 1990. In 1990, an updated Standard for water installations was launched. Subsequently, it had significant influence on design of water installations.

For each of the 6 main types of blocks of flats, critical retention times have been calculated for built-up areas with one or several blocks.

*Consumption Input to Model*

Consumption fluctuation graphs covering hourly mean consumption during two week days and two holidays/weekend are used as input to the model. The graphs are based on results from the present project, including:

- Unit consumption for flats corresponding to 128 m<sup>3</sup>/year, reduced by 1/3 to meet colds water's part of total water consumption
- Hourly consumption fluctuation graphs covering a weekday and a holiday/weekend

*Data Processing and Limitations of used Method*

All data are implemented in an AQUIS computer model for water installations. Four different AQUIS computer models are used, comprising geometrical dimensions of the 6 main types of blocks of flats.

Mean retention times from the main meter to the most distant tap in each flat are calculated.

The used method implies clear limitations in use of results:

- The basis of the method is 6 typical blocks of flats. However, it is not known how Denmark's housing stock corresponds to these standardized types.
- The use of mean consumption fluctuation graphs results in water consumption during night hours, although solely a small consumption. In reality, several flats will experience zero consumption during night hours, and therefore longer retention times than calculated by use of the model.

However, it is assessed that calculated critical retention times illustrate potential existence of problems regarding retention time in the studied blocks of flats.

### 0.3.2 Main Conclusions and Project Results

#### Critical Retention Times

Calculated retention times are presented graphically. In Figure 0.10 are shown graphs for "Type B1", i.e. blocks of flats built prior to 1990, and for an area with several blocks of flats.

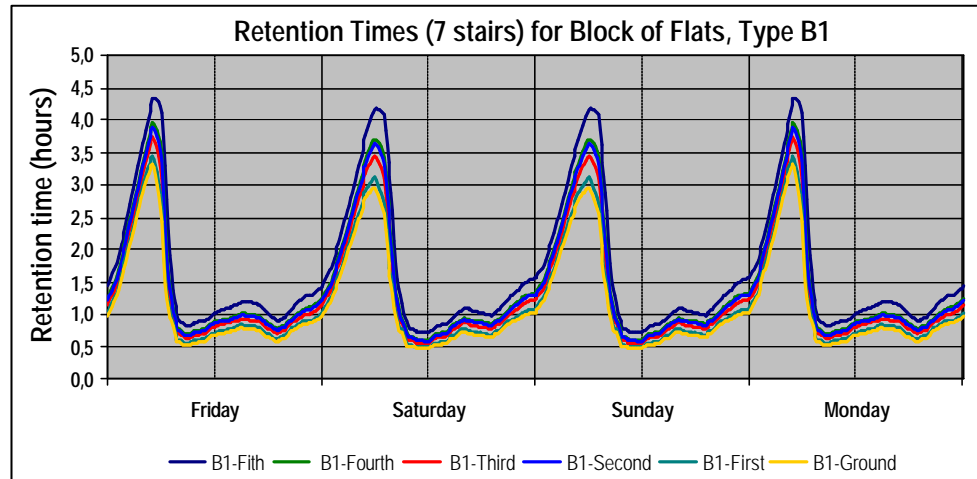


Figure 0.10 Retention time's fluctuations in blocks of flats "Type B1", and for an area with several blocks

An overview of maximum and minimum retention times appears in Figure 0.11.

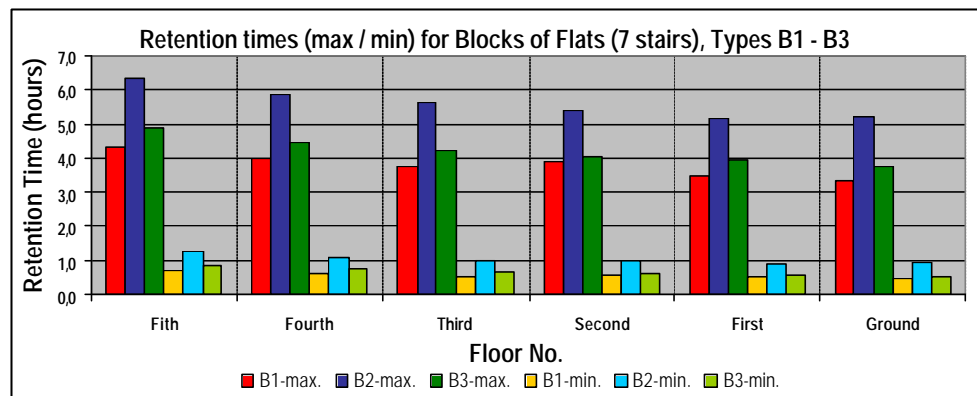


Figure 0.11 Max. and min. retention times for blocks of flats "Types B1-B3", and for an area with several blocks

#### Conclusion

Main results comprise:

- As anticipated, most critical retention times, up to 6½ hours, are found for built-up areas with several blocks of flats
- Minor differences in critical retention times between blocks of flats built prior to or after 1990
- Length of feeder pipe installed at cellar floor, is a key factor for critical retention times

# 1 Indledning

## 1.1 Baggrund

IDAs (Ingeniørforeningen i Danmark) norm for "Almene vandforsyningsanlæg", DS 442, angiver et grundlag for dimensionering af forsyningsledninger til drikkevand. DS 442's aktuelle udgave er fra 1988. Dimensioneringsgrundlaget er derfor baseret på de vandforbrug, tekniske muligheder for forbrugsregistrering og databehandlingsværktøjer, der var gældende før 1988.

Der er siden 1988 sket en markant reduktion af vandforbruget inden for alle kategorier af forbrugere, dog særligt inden for husholdningerne.

Reduktionen skyldes en række faktorer, der har været i spil samtidig. Følgende skal nævnes:

- Forøgede forbrugsafgifter
- Pligt til at installere vandmålere på ejendomsniveau
- Udvikling og markedsføring af vandbesparende udstyr
- Ændret adfærd hos forbrugerne i forbindelse med vandforbrug

Samtidig tager normen ikke tilstrækkeligt hensyn til, at størrelsen af forskellige forbrugertypers vandforbrug ofte fordeler sig på forskellige tidspunkter af året, ugen og døgnet.

Brug af normen i dag til dimensionering af vandledninger vil derfor medføre risiko for at overdimensionere ledningerne. Dette kan samtidig skabe grundlag for en ringere vandkvalitet ved at forlænge drikkevandets opholdstid i ledningsnettet.

De aktuelle faciliteter til registrering af vandforbrug har samtidig gjort det lettere:

- at fjernoverføre store mængder detaljerede forbrugsdata
- at lagre data, så der er mulighed for avanceret databehandling, herunder brug af statistiske værktøjer.

Miljøstyrelsen har derfor fundet tiden moden til at revidere det nævnte dimensioneringsgrundlag fra 1988, og med det aktuelle projekt at tilvejebringe nogle af forudsætningerne herfor.

Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg – nr. 871 af 21. september 2001 – angiver flere steder under kvalitetskrav til uorganiske sporstoffer i prøver, der er udtaget ved forbrugers taphane, at "Gennemsnitsværdien bestemmes efter en af Miljøstyrelsen anvist metode". Det gælder for flere metaller, bl.a. nikkel.

Metaller kan indgå i visse rørinstallationer og armaturer. Hvis drikkevandet har en lang opholdstid i installationerne, er det påvist, at nogle metaller, herunder kobber og nikkel, kan afgives til vandet i koncentrationer over ønskede grænseværdier. Dette fremgår af Miljøprojektet: "Metalafgivelse til drikkevand", nr. 603, fra 2001.

Som grundlag for at fastlægge ”... en af Miljøstyrelsen anvist metode” har Miljøstyrelsen derfor ønsket at tilvejebringe oplysninger om kritiske opholdstider i etageejendommers vandinstallationer til koldt brugsvand, hvilket det aktuelle projekt omhandler.

## 1.2 Formål

Det overordnede formål med det aktuelle projekt kan opdeles i to formål svarende til projektets to delprojekter:

1. Tilvejebringelse af forudsætningerne for en revision af dimensioneringsgrundlaget for vandledninger i vandforsyingsnormen DS 442
2. Opstilling af metode til beregning af vandkvaliteten ved forbrugers taphane til brug for den generelle kontrol af drikkevandets metalindhold.

De tilsvarende direkte formål med projektet er:

1. At tilvejebringe forudsætningerne for en revision af de vandforbrug og forbrugsvariationer, der skal udgøre grundlaget for beregning af dimensionsgivende vandstrømme, som kan bruges til dimensionering af vandforsyningsledninger. Der skal også foretages en vurdering af en fortsat berettigelse af den nuværende norms henvisning til at bruge anvisningerne om dimensionering i normen for vandinstallationer, DS 439, når antallet af boligenheder er mindre end 200.
2. At opstille en model til vurdering af det kolde brugsvands kritiske opholdstider i typiske etageejendommers vandinstallationer, herunder at beregne gennemsnitlige kritiske opholdstider ved brug af modellen.



## 2 Vandforbrug og forbrugsvariationer

Dette afsnit beskriver arbejdet med og resultaterne fra indsamling og bearbejdning af målte forbrugsdata. Der er arbejdet dels med forbrugsdata fra forløberen til dette projekt /1/ og dels data indsamlet i løbet af det aktuelle projekt.

Der er i projektet brugt væsentlig mere tid på indsamling af forbrugsdata, end det var forventet. På trods af en meget imødekommende holdning fra potentielle dataleverandører, så har de leverede forbrugsdata desværre ikke i alle tilfælde stået mål med denne positive holdning og med kravene til datakvalitet.

Set i lyset af den korte tid, der har været til rådighed for projektet – marts til december 2004 – vil der følgelig være en del ”mangler” i datamaterialet. Dette specificeres i rapporten, så der gives mulighed for konkret opfølgning.

En specifik referenceliste for dette afsnit er placeret umiddelbart efter afsnittet.

### 2.1 Projektafgrænsning

Projektafgrænsningen og dermed rammerne for projektet blev drøftet og fastlagt på to indledende følgegruppemøder:

- Resultaterne skal kunne indgå i et opslagsværk svarende til DS 442, /2/, og skal derfor ikke omfatte udarbejdelse af et digitalt værktøj
- Målgruppen er først og fremmest de vandforsyninger og fagfolk, som ikke har foreliggende viden om vandforbrug i forbindelse med dimensionering af vandforsyningsledninger
- Det skal sikres, at forbrugsdata indsamles med en rimelig geografisk spredning
- Det skal tilstræbes at beskrive den tidlige variation af de enkelte forbrugskategoriens vandforbrug, så dette aspekt kan inddrages i det fremtidige dimensioneringsarbejde. I den nuværende norm inddrages forskelle i tidlig variation mellem forskellige forbrugstypers forbrug alene ved angivelse af årlige forbrugsperioder, dvs. antal forbrugsdøgn pr. år. Dette er ikke fyldestgørende.

Ved det sidste følgegruppemøde blev det besluttet:

- At resultaterne primært præsenteres som grafer, f.eks. forbrug som funktion af antal forbrugsenheder. For at indikere usikkerheden eller variansen i resultaterne vises nogle af resultaterne med forskellige fraktiler. Dette gøres for at tilvejebringe så godt og bredt et beslutningsgrundlag som muligt
- At skelne mellem to døgn typer, nemlig hverdage og ferie/fridage (inkl. weekends) ved behandling af døgnforbrugets variation over ugen samt ved behandling af timeforbrugets variation over døgnnet.

Afgrænsninger eller rammer for projektet i forhold til prioritering af forbrugskategorier og valg af forbrugsvariationer er beskrevet i efterfølgende afsnit.

### 2.1.1 Prioritering af forbrugskategorier

Med udgangspunkt i de kategorier og underkategorier af forbrugere, der vurderes at blive brugt i dag, er der sket en prioritering, som vist i efterfølgende Tabel 2.1.

Kategori/underkategori		
Husholdning	Institution	Erhverv
- Parcel- og rækkehuse	- Daginstitutioner	- Campingpladser
- Etageejendomme	- Undervisningsinstitutioner	- Hoteller
- Landhuse	- Plejehjem	- Supermarkeder
- Fritidshuse		- Kontor
		- Landbrug
		- Mejeri

Tabel 2.1 Forbrugskategorier der er tilstræbt behandlet i projektet. Kategorier markeret med "fed" er prioriterede

Prioriteringen peger på de forbrugskategorier, det er fundet vigtigst at fokusere på i dataindsamlingen og -behandlingen. Prioriteringen er sket på baggrund af følgegruppens anbefalinger.

### 2.1.2 Forbrugsvariation

I det tidligere projekt, /1/, blev der taget udgangspunkt i tidsperioder og målinger som vist i Tabel 2.2.

Tidlig variation	Måling	Datakrav
Årsvariation	Årsforbrug	Ikke belyst
Månedsvariation	Månedforbrug	12 måneders målinger (>12 måleværdier)
Døgnvariation	Døgnforbrug	30 døgn målinger (>30 måleværdier)
Timevariation	Timeforbrug	Mindst 7 døgn målinger (>168 måleværdier)
Minutvariation	Minutmålinger	Minutforbrugsmålinger - mindst 1 døgn målinger (>1440 måleværdier)

Tabel 2.2 Variationsperiode, måling og datakrav i tidligere projekt, /1/

#### 2.1.2.1 Årsvariation

Årsvariationen er ikke interessant i dette projekt, da tidsperioden bliver for lang. Årsforbrugene er derimod interessante for den enkelte forbrugskategori, da de skal bruges til at estimere enhedsforbruget inden for den enkelte kategori/underkategori.

#### 2.1.2.2 Månedsvariation

Månedsvariationen giver information om evt. variation igennem året, hvilket er særlig interessant for forbrugskategorier, som f.eks. fritidshuse, der er udpræget sæsonbaserede.

#### 2.1.2.3 Døgnvariation

Døgnvariationen er interessant på baggrund af 30 dages målinger for at beregne maksdøgnfaktoren som den forbrugsmæssigt største i en måned.

I projektet er der desuden arbejdet med to ugedagstyper for at tage højde for, at der er forskel på forbruget på hverdage og ferie/fridage. Til den analyse er en tidsserie på 7 dage tilstrækkelig. Dette resulterer i, at samtidigheden i forbrugsmønstrene mellem de enkelte forbrugskategorier bliver synliggjort, f.eks. når forbrug i parcel- og rækkehuse sammenholdes med forbrug i fritidshuse.

#### 2.1.2.4 Timevariation

Timevariationen giver information om forbruget igennem døgnet. Timevariationen bruges primært til at lave forbrugsprofiler for de to dagstyper, hverdage

og ferie-fridage. Dette resulterer igen i, at samtidigheden i forbrugsmønstrene mellem de enkelte forbrugskategorier bliver synliggjort.

#### 2.1.2.5 Minutvariation

Følgegruppen besluttede, at data for minutvariationer ikke skal indgå i projektet. Grundlaget for beslutningen var en opfattelse af, at der er en generel accept af de kortvarige trykfald, som høje minutforbrug kan resultere i. Skulle der tages hensyn til minutforbrug, kunne det resultere i:

- At ledningsdimensioner ville blive forøget i forhold til at bruge den nuværende norms dimensioneringsgrundlag, hvor det maksimale tilmeforbrug udgør grundlaget for dimensionering. Resultatet af en revision ville derfor kunne blive det modsatte af det forventede, nemlig større ledningsdimensioner
- En øget risiko for ringere vandkvalitet ved at forlænge opholdstiden af drikkevandet, hvilket vil være en følge af større ledninger

#### 2.1.2.6 Brandhaner og sprinkleranlæg

Minutvariation kan være en væsentlig parameter for dimensionering af ledningsnettet i forbindelse med vandforbrug til brandhaner og sprinkleranlæg. Den nuværende norms anvisninger i forbindelse med disse to typer af forbrug forudsættes fortsat at skulle gælde, dvs.:

- Mindstetrykket bør ikke blive mindre end 100 kPa, når brandhaner er i brug
- Ledningsdimensionerne i områder med sprinkleranlæg bør ikke være under 200 mm.

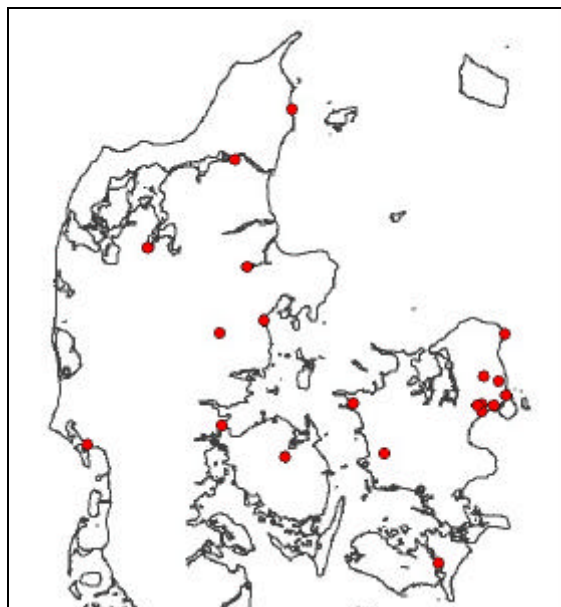
Der er imidlertid gennem de senere års praksis sket en "opblødning" af de praktiske krav i forbindelse med disse to typer af forbrug. Dels kobler brandvæsnet sig i dag sjældnere til brandhaner i tilfælde af brand, da kapaciteten af tankbilernes vandvolumen og sprøjteudstyrets effektivitet gør dette unødvendigt. Dels stilles der ofte krav om lokale beholderanlæg i forbindelse med sprinkleranlæg.

Afslutningsvis kan det opsummeres, at der i projektet behandles følgende forbrugsvariationer:

- Månedsvariationer
- Døgnvariation, for to døgn typer, nemlig hverdage og ferie-fridage (inkl. lørdage-søndage), baseret på tidsserier af 7 døgn. Tillige er beregnet middelværdier for maksdøgnfaktorer fra måleserier af 30 døgn.
- Timevariation, igen for de to døgn typer, hverdage og ferie-fridage.

## 2.2 Forbrugsdata

Der er indhentet forbrugsmålinger fra hele landet, jf. Figur 2.1. Private og kommunale vandforsyninger har været behjælpelige med måledata inden for forskellige forbrugskategorier. Derudover har flere boligforeninger og fjernaflæsningsfirmaer været behjælpelige med data.



Figur 2.1 Geografisk spredning af måledata i projektet

Dataindsamlingen har været omfattende. Dette ses i efterfølgende Tabel 2.3, der viser dels antal data og dels antal tidsserier for forbrugsmålinger fordelt på:

- Forbrugskategorier
- Forbrugstype, dvs. om det er time-, døgn-, måneds- eller årsforbrug

Fordelingen af de samme data på dataleverandører fremgår af:

- Bilag A, antal forbrugsdata
- Bilag B, antal tidsserier

Forbrugskategori		Data				Tidsserier			
Overordnet	Underordnet	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned
Erhverv	Butikcentre	1.419	154	168	14	58	20	3	14
Husholdning	Etagebyggeri	11.632	10.669	567	9.831	469	1.436	260	45
Husholdning	Rækkehus/Villa	27.994	4.018	51	36.889	1.158	560	124	4
Husholdning	Ældrebolig	705	1.496	52	4	27	212	48	4
Husholdning	Fritidshuse	8.560	723	25	361	349	49	11	1
Institution	Daginstitutioner <sup>1)</sup>	953.146	40.096	1.576	0	39.714	5.727	52	105
Institution	Døgninstitutioner <sup>1)</sup>	189.062	7.884	190	11	7.866	1.121	259	11
Institution	Børnehave	84.205	3.509	0	57	3.508	495	111	0
Institution	Fritidshjem	57.336	2.753	144	9	2.104	392	87	1
Institution	Integreret institution	135.336	6.818	0	31	5.639	964	216	0
Institution	Plejehjem	71.962	3.371	91	20	66	61	12	7
Institution	Skole	676	1.006	0	77	28	140	32	0
Institution	Vuggestue	54.072	3.383	13	158	2.253	483	25	1
Landbrug	Landbrug	672	32	0	6	28	4	0	0

Tabel 2.3 Antal forbrugsdata og – serier fordelt på forbrugskategorier og på typen af forbrugsmåling

<sup>1)</sup> Uden specifikation af type.

For nogle tidsserier af 30 døgns forbrug ses der at være registreret flere tidsserier end enkelte målinger af månedsforbrug. Dette skyldes i de fleste tilfælde, at tidsserier af 30 døgn ligger forskudt i forhold til en kalendermåned. En yderligere databearbejdning af tidsserierne ville dog kunne tilvejebringe flere data for enkeltmålinger end angivet i Tabel 2.3. Dette arbejde er dog ikke prioriteret i forhold til den udførte databehandling på grund af den ret korte projekt-tid.

På det sidste følgegruppemøde blev det aftalt, at de store mængder måledata skal opbevares på Watertechs servere, og skal være tilgængelige for Miljøstyrelsen, hvis og når der er behov for det.

## 2.3 Databehandling

### 2.3.1 Beskrivelse af brugte metoder

#### 2.3.1.1 Statistiske metoder og termer

Bestemmelse af optimale normeringsenheder for den enkelte forbrugskategori sker ved en korrelationsanalyse. Resultatet af korrelationsanalysen er korrelationskoefficienten  $R^2$ , der her angiver den forklaringsgrad, hvormed variationer i årsforbruget er relateret til antallet af normeringsenheder.

Resultaterne angives i form af grafer for følgende - hvis datamaterialet tillader det:

- Middelværdi
- 25 %-fraktil
- 50 %-fraktil
- 75 %-fraktil
- 95 %-fraktil

Med valgt normeringsenhed for en forbrugskategori repræsenterer graferne også selve enhedsforbruget, som dermed angives i form af en funktion af antallet af normeringsenheder, frem for én talværdi.

Fraktilværdierne kan med tilnærmelse antages at udtrykke sikkerheden for, at den fundne værdi er korrekt.

Der er brugt fraktilværdier, da de er mindre følsomme end middelværdien overfor ekstremværdier. Dette forhold er betydende, da der i en del af datasættene arbejdes med meget store datamængder, som det ikke har været muligt at kvalitetssikre enkeltvis. Datasættene kan derfor indeholde ekstreme fejlværdier og er ofte ikke normalfordelt, men indeholder en skævhed med store ekstremværdier.

Det gælder generelt for de anvendte metoder, at de fundne resultater i princippet ikke kan ekstrapoleres. De er kun eftervist og dermed gyldige inden for datasættets udstrækning.

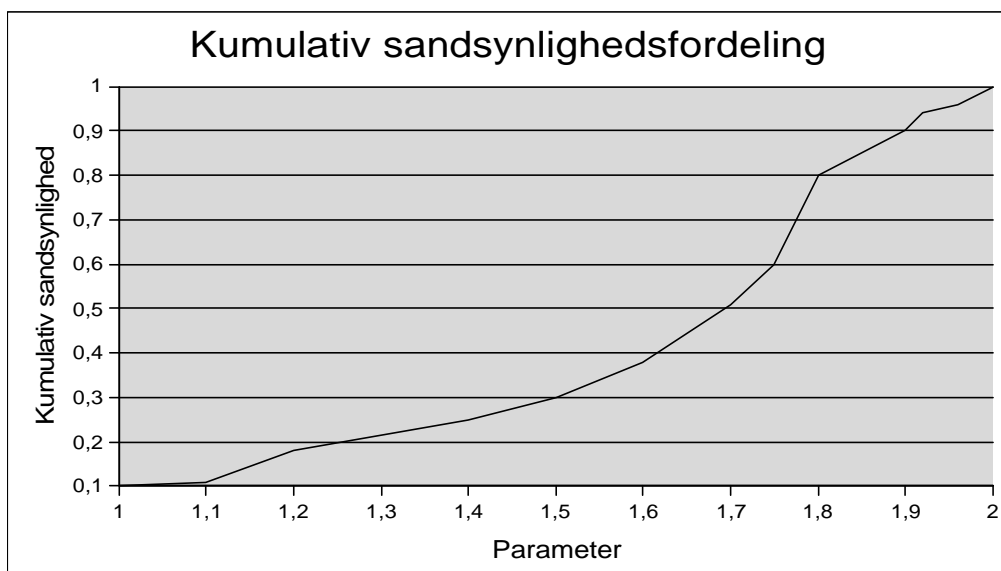
#### 2.3.1.2 Bootstrap-teknik

Bootstrapping er en teknik, hvor det tillades at tilbagelægge en udtrukket værdi til prøvesættet - i modsætning til såkaldte permutations tekniker, hvor en given prøvewærdi kun anvendes én gang pr. udtræk fra et prøvesæt, jf. /3/. Bootstrap-teknikken bruges i projektet til en statistisk beskrivelse af, hvordan makstimefaktoren varierer som funktion af antallet af nedstrøms forbrugere.

Fremgangsmåden i bootstrap-teknikken er følgende:

1. Fra en pulje af døgnmålinger (24 timemålinger) på K udtrækkes med tilbagelægning N døgnmålinger. Målingerne er normeret i forhold til middelforbruget af puljens døgnmålinger, så døgnfaktoren kan beregnes
2. Fra en pulje af årsforbrug på L udtrækkes med tilbagelægning N årsforbrug
3. De N døgnfaktorer og årsforbrug kombineres og multipliceres tilfældigt, således at der fremkommer N døgnforbrugstidserier

4. Døgntidsserierne summeres på timebasis, og den summerede tidsserie normeres i forhold til middelværdien, således der fremkommer timefaktorer
5. Den maksimale timefaktor registreres
6. 1 og 5 gentages et stort antal gange, i. Da K er stor udtrækkes  $i = 500$  datasæt
7. Den ønskede percentil aflæses i den sandsynlighedsfordeling, som de  $i$  værdier danner. De  $i$  værdier sorteres, fra mindst til størst. Før hver værdi tildelt lige stor sandsynlighed, vil en afbildning af den kumulerede sandsynlighed med parameterværdi se ud som på Figur 2.2. De ønskede percentilgrænser findes ved at gå "baglæns" ind i den sorterede liste. Samtidig beregnes den gennemsnitlige makstimefaktor.



Figur 2.2 Sandsynlighedsfordeling

### 2.3.2 Forbrugskategorier - beskrivelse og karakterisering

Forbrugskategorierne er inddelt i 2 niveauer:

- Overordnede forbrugskategorier er kendetegnet ved grundlæggende at adskille sig fra hinanden funktionsmæssigt. Dvs. at husholdning f.eks. grundlæggende adskiller sig fra institutioner funktionsmæssigt og dermed formentlig også forbrugsmæssigt
- Underordnede forbrugskategorier er en underopdeling af de overordnede forbrugskategorier, der tager hensyn til de forskellige typer af forbrugere, som den overordnede kategori indeholder. Dette kan f.eks. være parcel-/rækkehuse i forhold til etagebyggeri, hvor der kan være tekniske og sociale forskelle.

For nogle af de prioriterede underkategorier - jf. Tabel 2.1 - er det undersøgt, om de forbrugsmæssigt adskiller sig markant fra hinanden. Sammenligningen bruges til at afklare, om de bør bibeholdes som separate underkategorier eller bør slås sammen til en fælleskategori, f.eks. parcel-/rækkehuse sammenlignet med etageboliger, i forhold til fælleskategorien husholdning. Undersøgelsen udføres ved at sammenligne de udarbejdede grafer for kategoriernes enhedsforbrug.

Det er tilstræbt kun at arbejde med forbrugskategorier, der er stationære, hvilket betyder, at kategorien på den enkelte lokalitet ikke skifter inden for korte tidsintervaller. Det giver ingen mening at skelne mellem lejelejligheder og

ejerlejligheder, da der inden for en kort årrække kan ske en ændring fra den ene type til den anden.

I dette projekt arbejdes der med fokus på de prioriterede forbrugskategorier vist i Tabel 2.1 og mere detaljeret i Tabel 2.3. Andre kategorier er blevet undersøgt, men efterfølgende udeladt fra yderligere databehandling, bl.a. på grund af mangelfulde data eller ringe datakvalitet. Datagrundlaget for f.eks. forbrug i rådhus er dog vist i detailskemaerne, Bilag A1-A3 og B1-B3.

### 2.3.3 Normeringsenheder og enhedsforbrug

For forbrugskategorierne er det dels:

- Vurderet hvilken normeringsenhed, der giver den bedste korrelation med årsforbruget, hvis datagrundlaget tillader vurdering mellem flere, f.eks.  $\text{m}^3/\text{barn}$  eller  $\text{m}^3/\text{m}^2$  (areal) for børneinstitutioner, og dels
- præsenteret enhedsforbrug som grafer, hvor årsforbruget angives som funktion af antallet af forbrugsenheder - hvis datagrundlaget tillader det. Desuden angives enhedsforbrug ved simple middelværdier (i  $\text{m}^3/\text{år}$  per enhed).

For lejligheder samt parcel-/rækkehuse er der præsenteret 25 %- , 50 %- og 75 %-fraktilkurver for sammenhængen mellem årsforbrug og antallet af forbrugsenheder.

### 2.3.4 Forbrugsvariation

#### 2.3.4.1 Månedsvariation

Månedsvariationen er fundet på baggrund af 12 på hinanden følgende månedsforbrug. Alle forbrug er normeret i forhold til middelforbruget for de 12 måneder og efterfølgende korrigeret i forhold til antallet af dage i den enkelte måned.

#### 2.3.4.2 Døgnvariation

Der arbejdes i projektet med 2 perioder, der relaterer til en døgnvariation:

- I beregningen af middelværdien af maksdøgnfaktoren for en 30-dages periode er datagrundlaget serier af 30 på hinanden følgende døgnmålinger. Alle serier af døgnforbrug på 30 døgn er normeret i forhold til middeldøgnforbruget i perioden, og hver døgnmåling repræsenteres dermed med en døgnfaktor. Maksdøgnfaktoren er den største værdi inden for 30-døgn perioden, og middelværdien af seriernes maksdøgnfaktorer findes.
- I beregningerne for hverdage og weekend/ferie-fridage er alle døgnmålingerne i tidsserier af 7 døgn (1 uge) inddelt i de 2 kategorier, hvor der pga. datamængderne er brugt en automatiseret rutine til kategorisering af det enkelte døgn. Ved brug af funktionen "weekday()" i Microsoft Access skelnes der i realiteten udelukkende mellem hverdage og ferie-fridage (weekends). For hver tidsserie på 7 døgn er dagsfaktoren beregnet for hverdagsdøgn og ferie-fridage ved at normere døgnforbrugene med ugens gennemsnitlige døgnforbrug. Fraktilværdier og gennemsnit for dagsfaktorerne er for den enkelte dagstype fundet ved at pulje døgnmålingerne for dagstypen.

#### 2.3.4.3 Timevariationer

Timevariationerne fremkommer ved at timeforbruget inden for hvert døgn er normeret i forhold til gennemsnitsforbruget. På denne måde er hver time re-

præsenteret ved en timefaktor. Døgn, hvor der ikke har været noget forbrug, er udeladt, da der heller ikke har været nogen variation.

Timefaktorerne er for den enkelte dagstype præsenteret ved at pulje målingerne inden for den enkelte dagstype og beregne middelværdien hhv. fraktilværdier for timefaktorerne for hver time i døgnet.

### 2.3.5 Gyldighedsområder

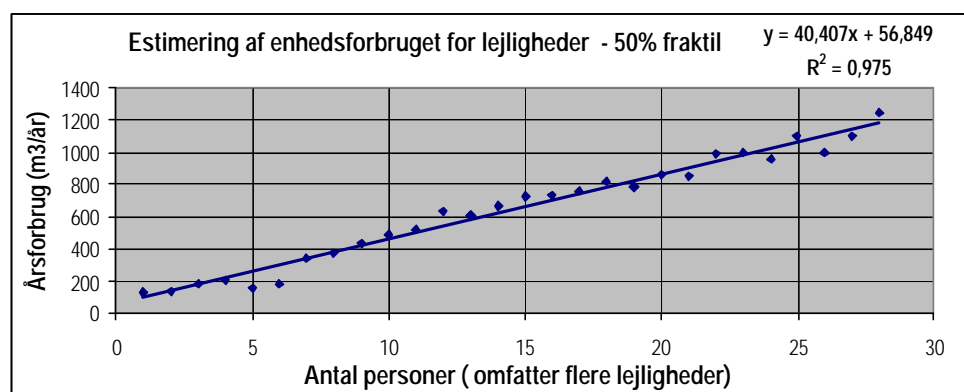
Der er ikke noget fagligt belæg for at ekstrapolere resultaterne ud over de intervaller, som måledata dækker. Dette kan være en begrænsning i forhold til et senere normarbejde.

## 2.4 Resultater

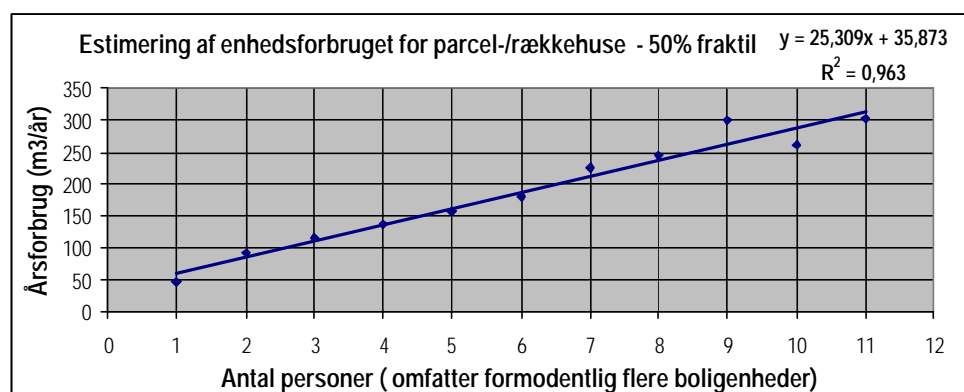
### 2.4.1 Anbefalede forbrugskategorier

#### 2.4.1.1 Husholdning - lejligheder og parcel-/rækkehuse

Efterfølgende er vist 50 %-fraktilerne for de to underkategorier til hovedkategorien husholdning.



Figur 2.3 Årsforbruget for lejligheder som funktion af antal personer – 50 % fraktil



Figur 2.4 Årsforbruget for parcel-/rækkehuse som funktion af antal personer – 50 % fraktil

Det ses, at begge kurver er optegnet med en god korrelation mellem de afbildede data. Det vurderes, at de 2 kurver er så forskellige, at det bør anbefales at skelne mellem de to underkategorier i en dimensioneringsammenhæng.

I /1/ blev der ikke fundet markant forskel mellem enhedsforbruget i lejligheder og parcel-/rækkehuse. Men det bemærkes dog i /1/, at datagrundlaget for etageejendomme tydeligvis er atypisk pga. væsentlig højere beboertal per lejlighed i datamaterialet i forhold til landsgennemsnittet.



#### 2.4.1.2 Husholdning – ældreboliger

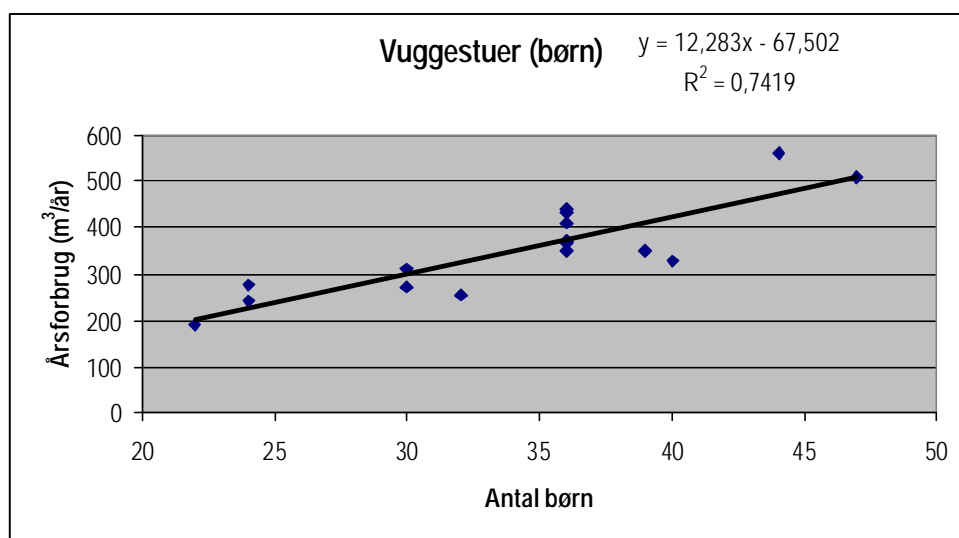
Ældreboliger omfatter boliger, der minder dels om etageejendomme og dels om parcel-/rækkehuse. Der foreligger alene forbrugsdata om ældreboliger fra det tidligere projekt, /1/. I /1/ vurderes det, at årsforbruget for ældreboliger stemmer godt overens med forbruget for fælleskategorien husholdninger.

Det anbefales derfor ud fra det aktuelle projekt at bruge enhedsforbrugene for lejligheder hhv. parcel-/og rækkehuse i dimensioneringsmæssig sammenhæng.

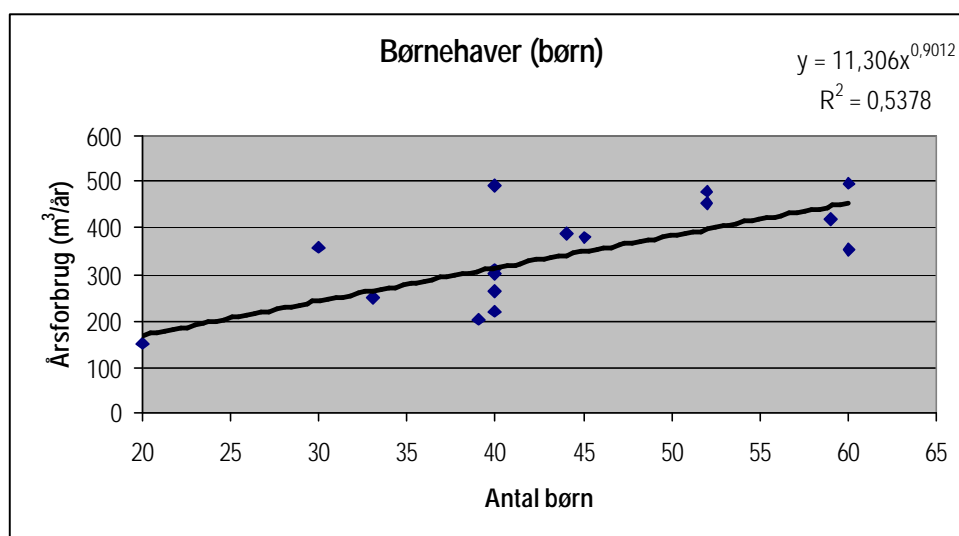
#### 2.4.1.3 Husholdning - fritidshuse

Med henvisning til almindelig viden vurderes det, at forbruget for fritidshuse adskiller sig væsentligt fra andre forbrugskategorier inden for husholdning, både med hensyn til størrelse og forbrugsvariation. Dette kan dog tænkes at ændre sig fremover, efterhånden som flere og flere fritidshuse inddrages til helårsbeboelse.

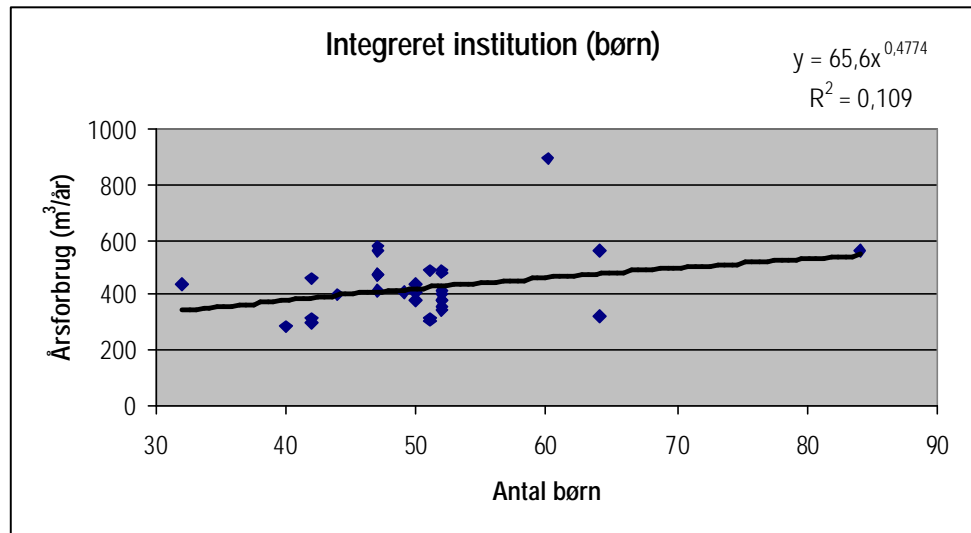
#### 2.4.1.4 Institutioner – vuggestuer, børnehaver, integrerede institutioner, fritidshjem



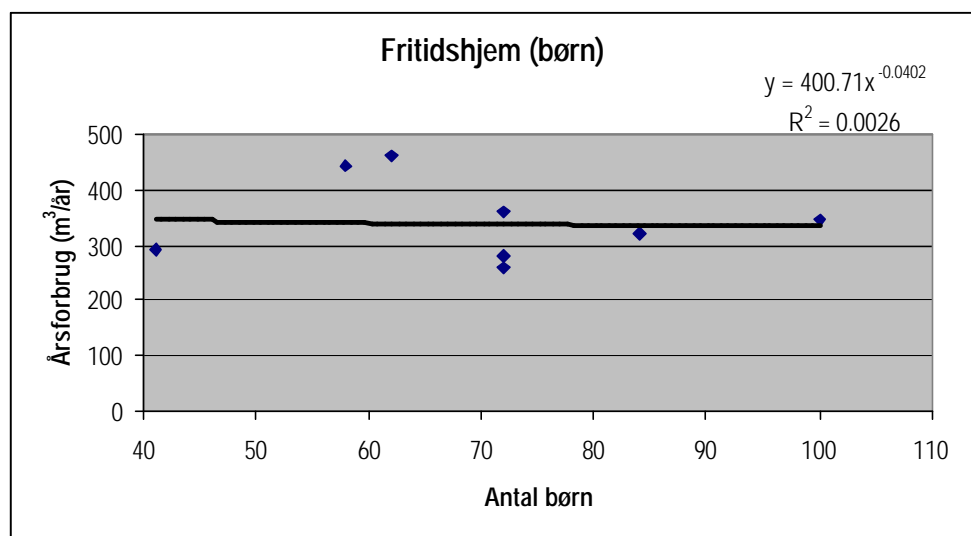
Figur 2.5 Årsforbruget for vuggestuer som funktion af antal børn



Figur 2.6 Årsforbruget for børnehaver som funktion af antal børn



Figur 2.7 Årsforbruget for integrerede institutioner som funktion af antal børn



Figur 2.8 Årsforbruget for fritidshjem som funktion af antal børn

Det ses, at korrelationen mellem årsforbrug og antal børn er så ringe for integrerede institutioner og fritidshjem, at der i realiteten ikke er en acceptabel sammenhæng. En forklaring kan være, at en stor funktions- og strukturmæssig forskel mellem institutionerne også medfører en stor forskel i børnenes vandforbrug. Der kan være andre faktorer, som har større betydning for vandforbruget end antallet af børn for disse to institutionstyper. I dette projekt foreligger der ikke datamateriale om andre normeringsenheder end børn. Det kan derfor ikke i dette projekt afgøres, om der i dimensioneringsmæssig sammenhæng bør være to separate forbrugskategorier.

Korrelationen ses at være væsentlig bedre for børnehaver, og særlig for vuggestuer. Det ses også ud fra en sammenligning af kurverne, at der bør skelnes mellem to underkategorier i en dimensioneringssammenhæng. Som forventet er forbruget som funktion af børnetallet størst i vuggestuerne.

#### 2.4.1.5 Institutioner - plejehjem

Plejehjem vurderes at være så speciel en institutionstype, at den bør opretholdes som selvstændig forbrugskategori. Den vurderes også at adskille sig markant fra lejligheder og parcel-/rækkehuse. Enhedsforbruget er større for plejehjem. Dette er også fundet i /1/, dog kun baseret på data fra 4 plejehjem.

#### *2.4.1.6 Undervisningsinstitutioner – skoler*

I forhold til /1/ er der kun indsamlet yderligere målinger af døgn- og årsforbrug. For tidsserier er der alene indsamlet nye data for døgnforbrug, mens de relative få serier med timeforbrug (28) alle er fra /1/. Der mangler derfor stadig tidsserier for månedsforbrug til afklaring af årstidsvariationen.

Pga. af det begrænsede datamateriale, skelnes i dette projekt ikke mellem forskellige typer af skoler. Indsamlede forbrugsdata fra folkeskoler, gymnasier, handelsskoler og VUC-er behandles under ét, nemlig forbrugskategorien skoler – i øvrigt svarende til den gældende norm.

#### *2.4.1.7 Erhverv – butikcentre*

Erhverv er givet lav prioritet i projektet. For butikcentre, inkl. supermarkeder og storcentre, foreligger der dels fra /1/ og dels fra dataindsamlingen i det aktuelle projekt et begrænset antal data- og tidsserier. Der foreligger færrest tidsserier for månedsforbrug.

I forhold til den gældende norm er butikcentre en ny kategori. I normen, /2/, optræder supermarkeder med hhv. uden cafeteria. Udviklingen siden 1980-erne begrundes inddragelse af den nye kategori.

#### *2.4.1.8 Landbrug*

Data i /1/ for time- og døgnforbrug, herunder tidsserier, er suppleret med nogle få nye data i det aktuelle projekt. Data fra /1/ er fra i alt 4 landbrug med varieret dyrehold, dog primært svin. Datagrundlaget i projektet gør det ikke muligt at vurdere, om der bør skelnes mellem forskellige forbrugskategorier. Dette vurderes dog at være meget relevant, da der skønnes at kunne være stor forskel i vandforbruget for landbrug med f.eks. udpræget svinehold i forhold til landbrug med udpræget kvægbesætning eller landbrug uden dyrehold.

#### *2.4.1.9 Sammenligning med eksisterende normangivelser*

I forhold til den gældende norm, /2/, er der anbefalet følgende forskelle med hensyn til forbrugskategorier:

- For husholdning skelnes mellem lejligheder og parcel-/rækkehuse
- For institutioner skelnes mellem vuggestuer og børnehaver
- Der er anbefalet ny forbrugskategori under erhverv: Butikcentre, der udover den gældende norms supermarkeder omfatter storcentre og butikcentre

Ellers svarer de kategorier, der indgår i projektet, til den gældende norms angivelser.

### 2.4.2 Anbefalede normeringsenheder

For nogle af forbrugskategorierne foreligger der sammen med forbrugsdata oplysninger om to normeringsenheder. Der er således mulighed for at pege på, hvilken normeringsenhed, der giver den bedste korrelation med årsforbruget.

#### *2.4.2.1 Lejligheder*

For lejligheder foreligger alene data for normeringsenheden person, da:

- Der ikke foreligger forbrugsdata, baseret på f.eks. areal
- Datagrundlaget for at bruge boligenhed som normeringsenhed ikke vurderes at være tilstrækkeligt entydigt.

Person bruges derfor som normeringsenhed, svarende til den gældende norms angivelse for fælleskategorien husholdninger.

#### 2.4.2.2 Parcel- og rækkehuse

Ligesom for lejligheder vurderes datagrundlaget for at bruge boligenhed som normeringsenhed ikke at være tilstrækkelig entydig til at afklare, om denne enhed er bedre at bruge end andre. Person bruges derfor som normeringsenhed, svarende til den gældende norms angivelse for fælleskategorien husholdninger.

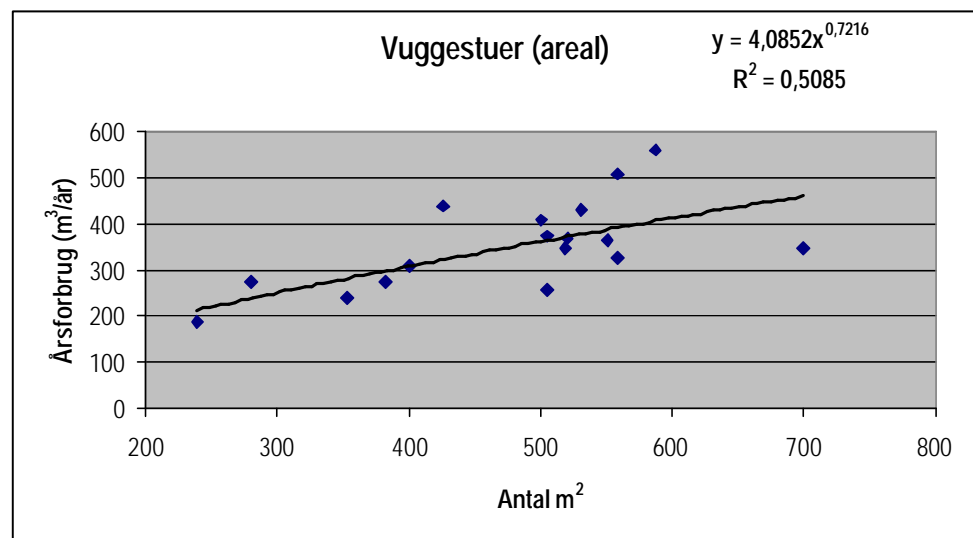
#### 2.4.2.3 Ældreboliger

Der henvises til bemærkningerne om forbrugskategori under afsnit 2.4.1.2. Normeringsenheden anbefales derfor ud fra dette projekt at svare til enheden person.

#### 2.4.2.4 Fritidshuse

Antallet af fritidshuse anbefales som normeringsenhed for kategorien fritidshuse, da det vurderes, at antal personer eller arealet giver mindre mening at bruge som enhed for denne kategori, i modsætning til den gældende norm. Antal personer i et fritidshus vurderes dels antalsmæssigt, men også tidsmæssigt, at variere væsentlig mere end for et helårshus – og være mere uafhængig af husets størrelse.

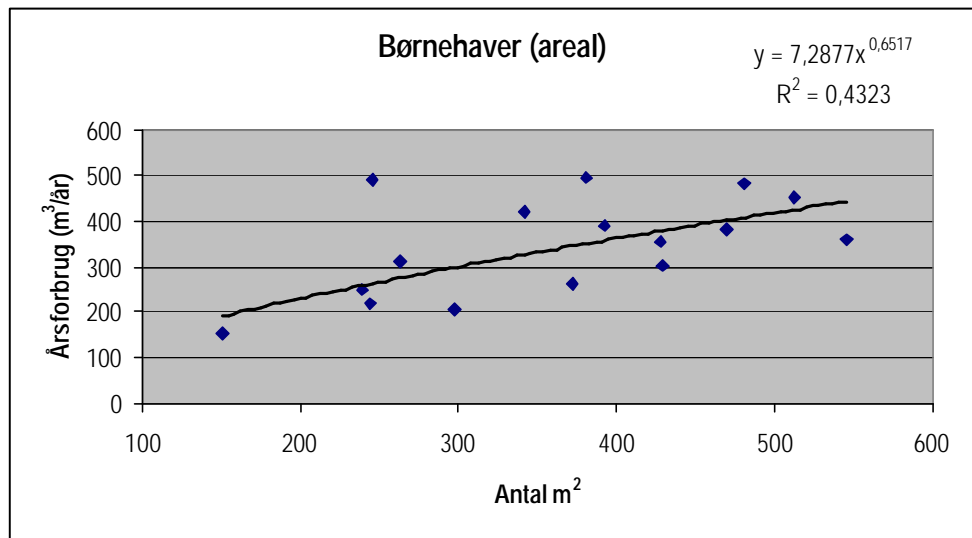
#### 2.4.2.5 Institutioner – vuggestuer, børnehaver, integrerede institutioner, fritidshjem



Figur 2.9 Årsforbruget for vuggestuer som funktion af arealet

Ved at sammenligne Figur 2.9 med Figur 2.5 ses det, at der for vuggestuer er en bedre korrelation mellem årsforbrug og antal børn end mellem årsforbruget og arealet. Ud fra resultatet anbefales derfor at bruge børn som normeringsenhed.

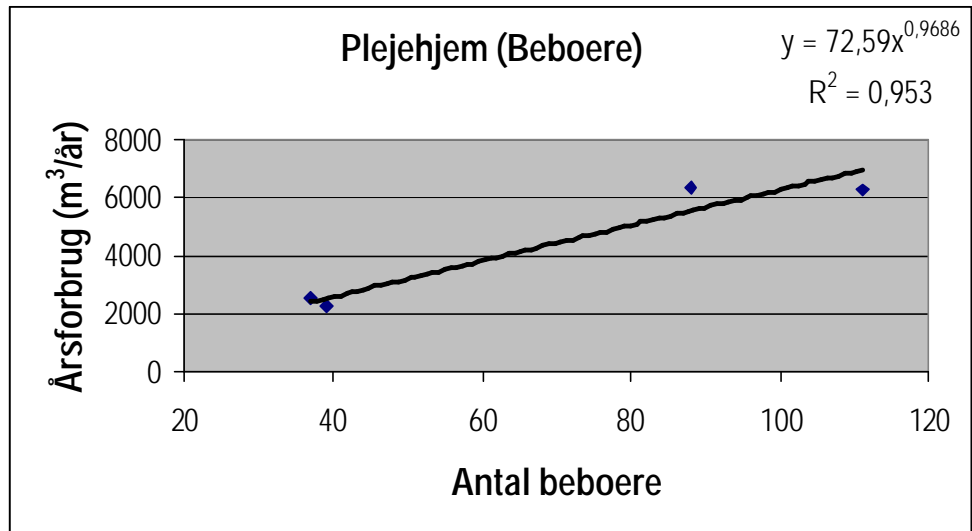
En tilsvarende bedre korrelation kan vises for børnehaver, se efterfølgende Figur 2.10 sammenlignet med Figur 2.6.



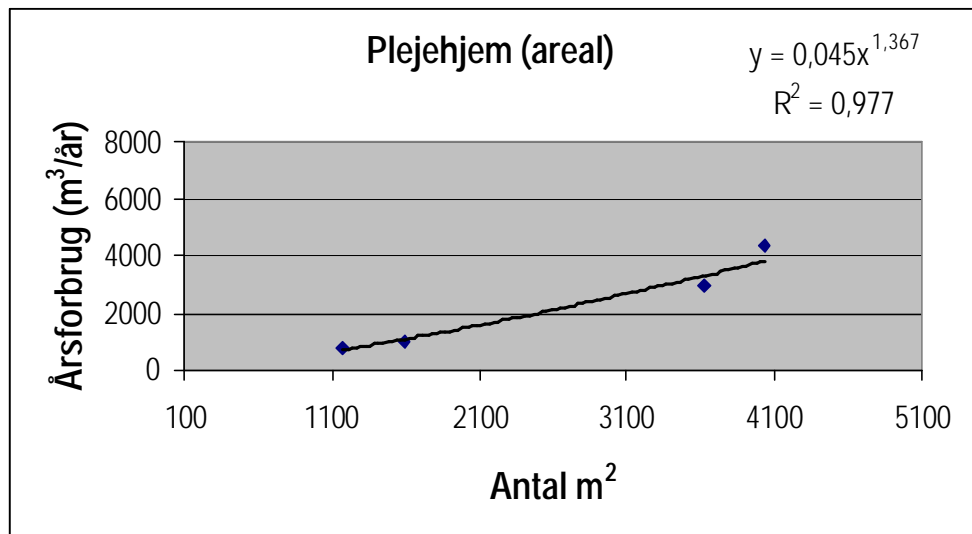
Figur 2.10 Årsforbruget for børnehaver som funktion af arealet

#### 2.4.2.6 Plejehjem

Der er i projektet data for nogle få plejehjem, hvor der både er oplyst antal beboere og areal. Sammenligningen ses af efterfølgende Figur 2.11 og 2.12.



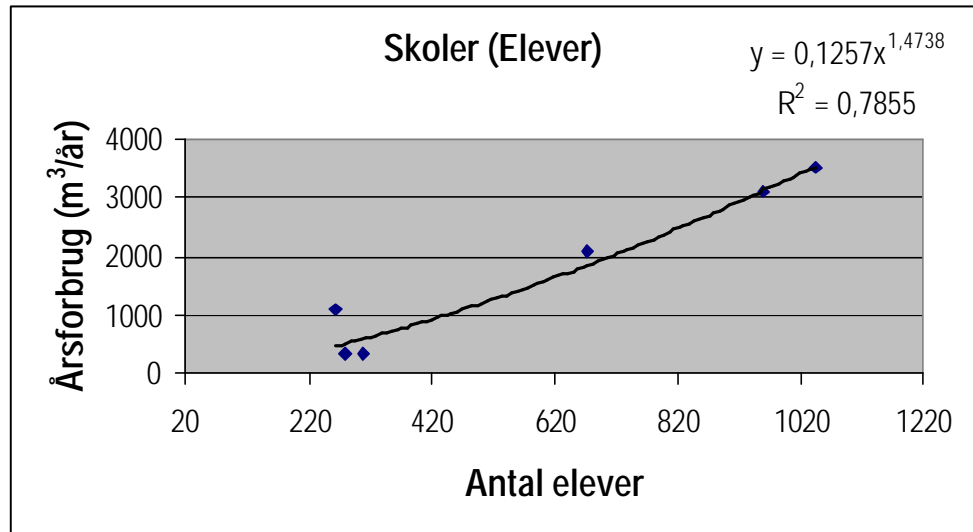
Figur 2.11 Årsforbruget for plejehjem som funktion af antal beboere



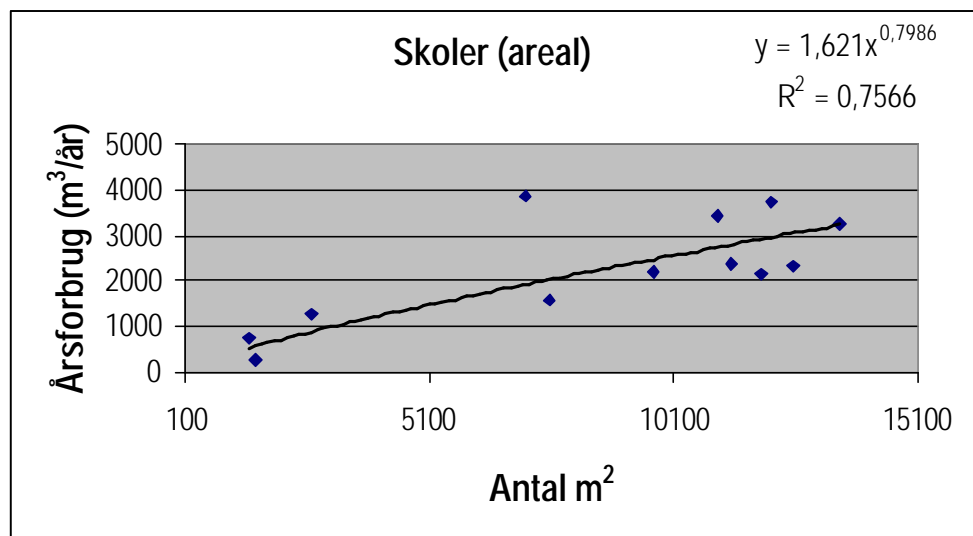
Figur 2.12 Årsforbruget for plejehjem som funktion af arealet

Det ses af de to figurer, at sammenhængen mellem forbrug og normeringsenhed stort set er ens ved brug af areal i forhold til antal beboere. Datagrundlaget er dog meget lille. Derfor anbefales det ud fra disse resultater at bibeholde antal beboere som normeringsenhed, svarende til den nuværende norm.

#### 2.4.2.7 Skoler



Figur 2.13 Årsforbruget for skoler som funktion af antal elever

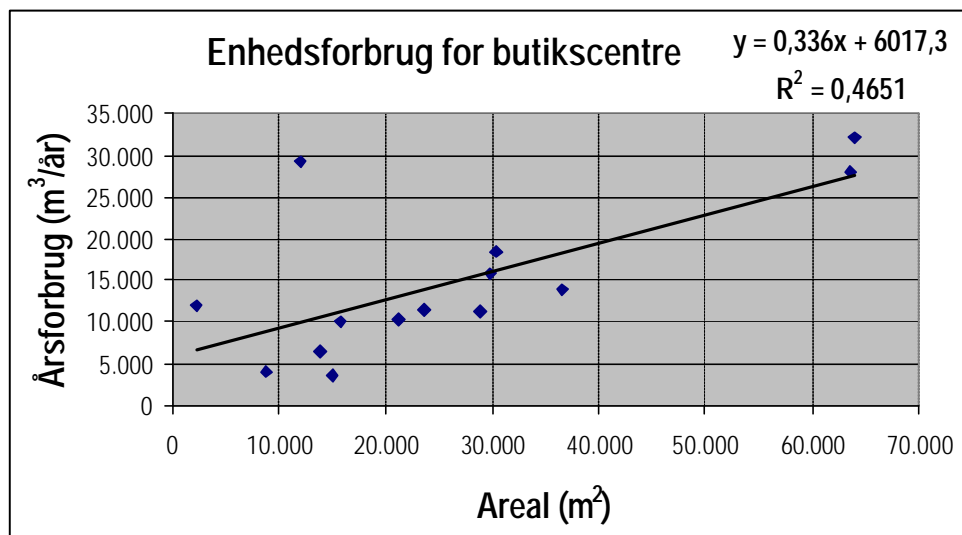


Figur 2.14 Årsforbruget for skoler som funktion af areal

Det ses af de to figurer, at sammenhængen mellem forbrug og normeringsenhed stort set er ens ved brug af elev i forhold til brug af areal. Ligesom for plejehjem er datagrundlaget meget lille. Årsagen til manglende entydighed kan meget vel være, at der på de fleste skoler i dag foregår mangeartede aktiviteter uden for normal skoletid. Disse aktiviteter kan efterhånden have så stor indflydelse på vandforbruget, at skolernes areal i dag er et betydende alternativ som normeringsenhed. Det anbefales dog ud fra resultater i projektet at bibeholde antal elever som normeringsenhed, svarende til den nuværende norm.

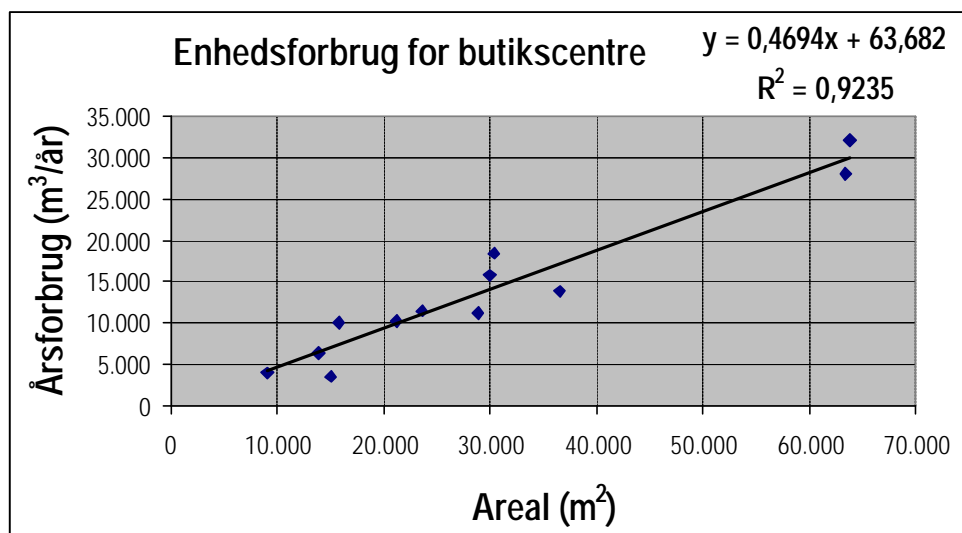
#### 2.4.2.8 Butikcentre

Det har ikke været muligt at indhente data om antal ansatte, som kunne være et muligt alternativ til areal som normeringsenhed. Derfor er brugt areal i m<sup>2</sup>, svarende til den gældende norms normeringsenhed for supermarkeder.



Figur 2.15 Årsforbruget for butikcentre som funktion af arealet, baseret på 14 butikcentre

Datagrundlaget er ikke stort, nemlig 14 butikcentre. Det ses af figuren, at korrelationen mellem årsforbrug og arealet er ret ringe. Tages de to mest afvigende butikcentre ud af puljen af butikcentre, ses af efterfølgende Figur 2.16, at korrelationen bliver markant bedre – og acceptabel.



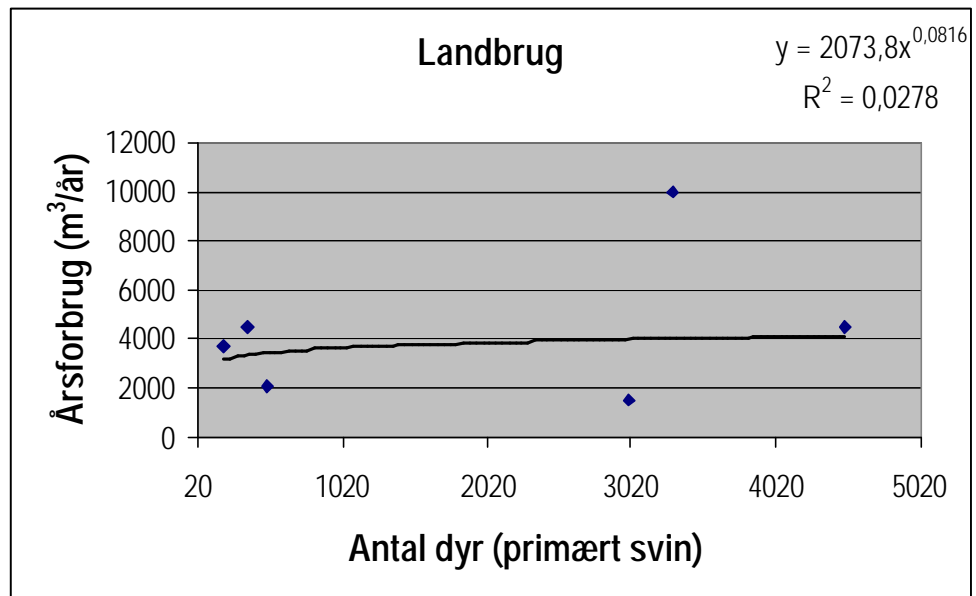
Figur 2.16 Årsforbruget for butikcentre som funktion af arealet, baseret på 12 butikcentre. Figuren svarer til Figur 2.15, men de to mest afvigende butikcentre er fjernet

#### 2.4.2.9 Landbrug

I normen henvises der til ”Norm for mindre ikke-almene vandforsyningsanlæg”, /4/, ved vurdering af dimensionsgivende vandforbrug for landbrug. I denne er der en meget differentieret angivelse af årsforbrug fordelt dels på vanding af forskellige husdyr, dels på rengøring.

Forbruget i landbrugenes husholdninger er dog i normen angivet med et forbrug per person under kategorien ”spredte samlede bebyggelser med overvejende landbrugserhverv”. Med dagens fremherskende struktur med færre og meget store og specialiserede landbrugsvirksomheder, vurderes det dog, at vandforbruget i de tilknyttede husholdninger er af mindre betydning.

Det meget sparsomme datagrundlag muliggør kun brug af antal dyr (primært svin) som normeringsenhed.



Figur 2.17 Årsforbruget for landbrug som funktion af antal dyr (primært svin), baseret på 6 landbrug

Det ses, at korrelationen mellem årsforbrug og antal dyr er så ringe, at der i realiteten ikke er en sammenhæng. Det skyldes formodentlig, at der er så stor forskel på aktiviteter og sammensætning af dyrehold, at brug af denne normeringsenhed er for unuanceret.

#### 2.4.2.10 Sammenligning med eksisterende normangivelser

I forhold til den gældende norm, /2/, er der kun forskel på anbefalet normangivelse for fritidshuse. Det anbefales at bruge antal fritidshuse frem for antal personer pr. fritidshus.

For landbrug henvises der vedrørende vandforbrug i normen til normen for ikke-almene vandforsyningsanlæg, /4/. Her angives årsforbrug dels for vanding af forskellige husdyr, dels for rengøring. I det aktuelle projekt er det muligt at bruge normeringsenheden antal dyr, hvilket dog ikke giver en acceptabel relation til forbruget.

Ellers svarer de normeringsenheder, der peges på i projektet, til den gældende norms angivelser.

#### 2.4.3 Fastsættelse af enhedsforbrug

Generelt anbefales det i projektet at bruge enhedsforbrug per år. F.eks. anbefales det for vandforbrug inden for husholdninger at bruge antal m³/år per person i stedet for normens antal liter/døgn per person. Dette anbefales for at synliggøre og kunne inddrage betydningen af tidlige forbrugsvariationer i vurderingen af de dimensionsgivende vandforbrug.

Enhedsforbrug præsenteres i projektet i form af, at årsforbruget angives som funktion af antallet af forbrugsenheder - hvor datagrundlaget tillader det. Desuden angives enhedsforbrug ved simple middelværdier.

##### 2.4.3.1 Lejligheder

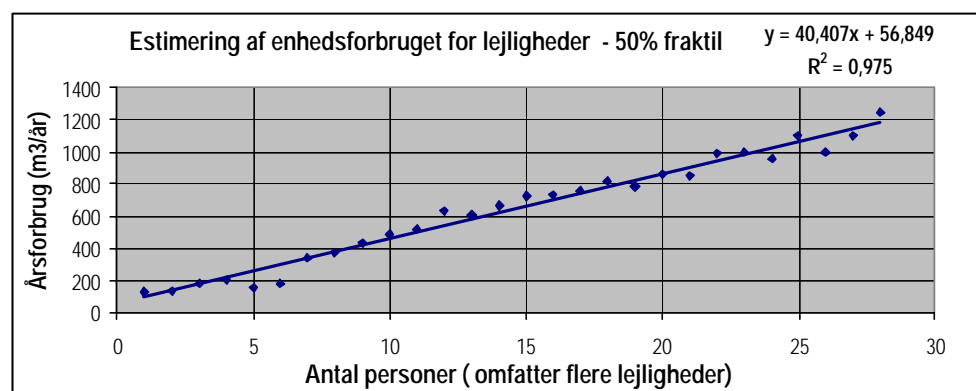
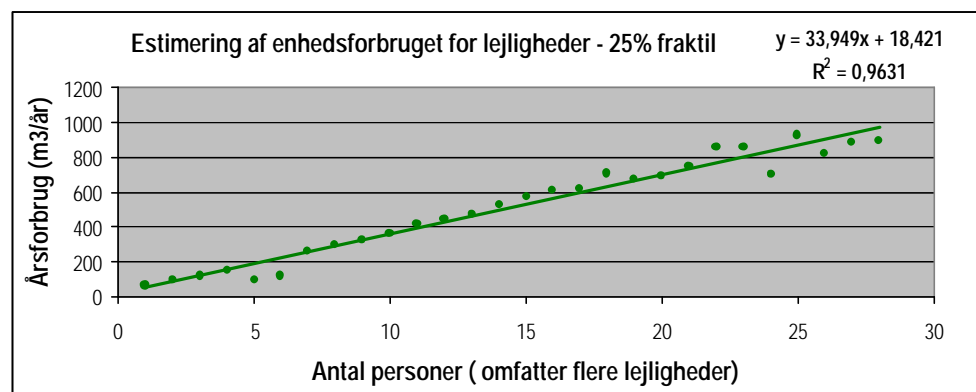
Enhedsforbruget er præsenteret grafisk ved 3 forskellige fraktiler, jf. Figur 2.18. Følgende bemærkninger knyttes til graferne:

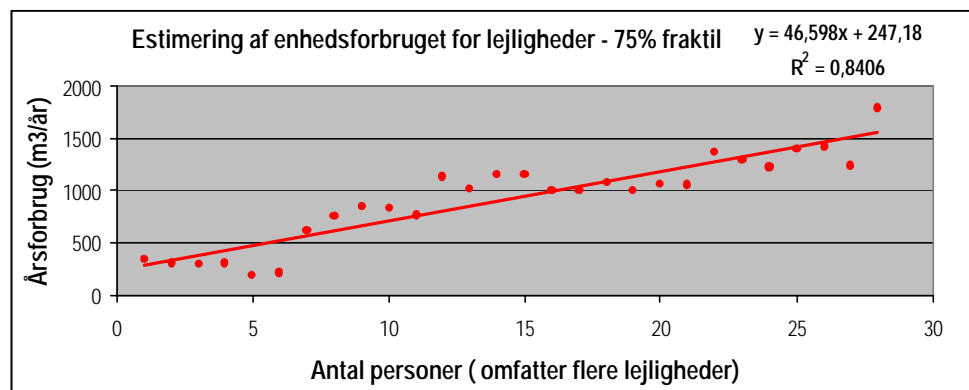
- Det synes umiddelbart, som om der i datamaterialet findes lejligheder med op til over 25 personer pr. lejlighed. Dette er selvfølgelig ikke



tilfældet i virkelighedens verden. Det skyldes, at der i det brugte datamateriale over lejligheder med individuelle målere (dvs. med forbrugsmåling pr. lejlighed) indgår et stort antal målere, der i virkeligheden måler på flere lejligheder. Ifølge datamaterialet har således omkring 80 % af de databehandlede lejligheder mere end 5 beboere, hvilket selvfølgelig ikke er korrekt. Det er umiddelbart ikke muligt at korrigere for dette i datamaterialet - heller ikke for målere, der ud fra antallet af personer godt kunne svare til én lejlighed, men i virkeligheden omfatter 2 eller flere lejligheder. Det vurderes, at det er acceptabelt at se bort fra dette aspekt i data. I en dimensioneringsmæssig sammenhæng forventes det, at input for en etageejendom er et gennemsnitligt antal personer per lejlighed, der ikke ofte kan forventes at komme over 5-6 personer. Derfor er den grafiske præsentation brugbar i praksis.

- Som det ses af Figur 2.18, optræder der i princippet også en startværdi for enhedsforbruget, altså et forbrug ved 0 personer pr. lejlighed. Dette har selvfølgelig heller ikke noget med virkeligheden at gøre. Det skyldes den valgte databehandling. For én person per lejlighed ses det også, at enhedsforbruget bliver urealistisk højt, f.eks. 129 m<sup>3</sup>/år pr. person, ved brug af kurven for 50 %-fraktilen. Det skyldes startværdien, altså igen måden at behandle data på. Brug af 50 %-fraktil kurven i dimensioneringsmæssig sammenhæng for et gennemsnitligt antal personer pr. lejlighed mindre end 2 personer skal derfor ske på et meget kritisk grundlag. 75 %-fraktil kurven ses slet ikke at være brugbar i dimensioneringsmæssig sammenhæng, men er vist for at få det fulde billede af databehandlingen.





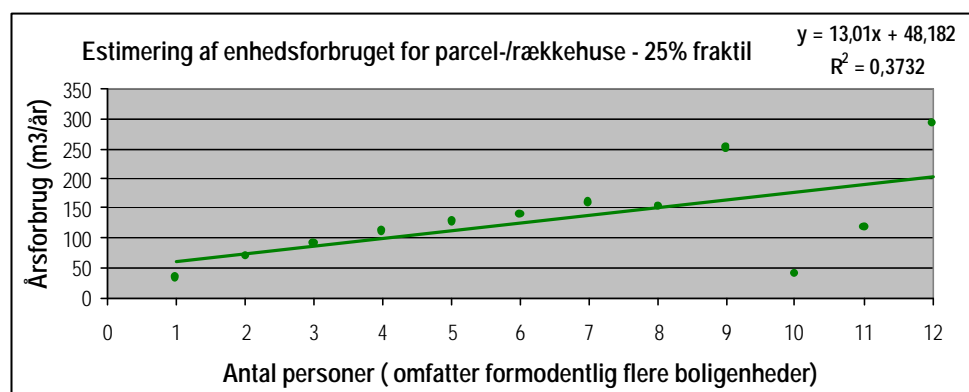
Figur 2.18 Enhedsforbruget for lejligheder som funktion af antal personer, angivet ved 25 %-, 50 %- og 75 %-fraktiler

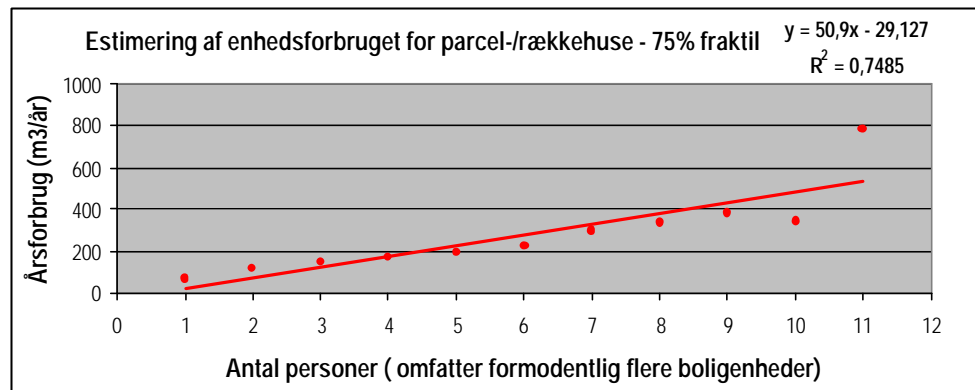
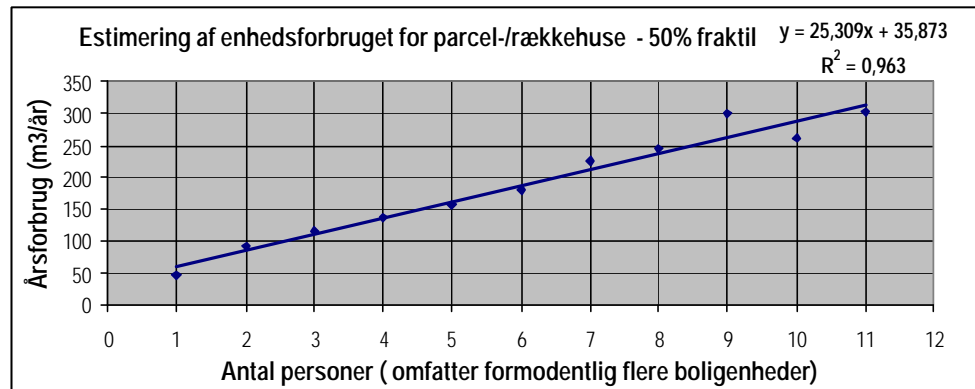
Datagrundlaget gør en beregning af simpel middelværdi for enhedsforbruget uhensigtsmæssig, begrundet i nogle af ovennævnte årsager. I Tabel 2.4 er derfor angivet enhedsforbruget fundet ud fra Figur 2.18, 50 %-fraktilen, med 3 personer per lejlighed – 59 m<sup>3</sup>/år pr. person.

#### 2.4.3.2 Parcel- og rækkehuse

Ligesom for lejligheder er enhedsforbruget præsenteret grafisk ved 3 forskellige fraktiler. Følgende bemærkninger knyttes til graferne:

- Også for parcel- og rækkehuse fremgår det af datamaterialet, at der findes en del huse med over 10 personer per hus. Dette må antages at forekomme sjældent i virkelighedens verden, selv om det vel forekommer. Ligesom for lejligheder skyldes det formodentlig, at der i det meget store datamateriale forekommer målere, der i virkeligheden måler på flere huse. Problemet er dog ikke så udpræget som for lejligheder. Det er således "kun" ca. 2 % af de databehandlede parcel- og rækkehuse, der har mere end 5 beboere. Brug af graferne i dimensioneringsmæssig sammenhæng helt ned til 1 person per hus vurderes at være acceptabel.
- Det ses, at der også i princippet optræder en startværdi for parcel- og rækkehuses enhedsforbrug, altså et forbrug ved 0 personer pr. hus, hvilket selvfølgelig ikke har noget med virkeligheden at gøre. Igen skyldes dette den valgte databehandling.





Figur 2.19 Enhedsforbruget for parcel- og rækkehuse som funktion af antal personer, angivet ved 25 %- , 50 %- og 75 %-fraktiller

Sammenholdes med resultaterne for lejligheder ses det, at brug af graferne vil resultere i højere enhedsforbrug for lejligheder. Der kan være mange årsager hertil, f.eks.:

- At der stadig ikke forbrugsafregnes efter mange af de installerede målere, hvilket der jo heller ikke er pligt til for lejligheder
- At datagrundlaget ikke er bredt nok, men har en overvægt af forbrug fra lejligheder, hvor særlige forhold gør sig gældende, f.eks. sammensætningen af beboere, mv.
- At der i gennemsnit er forskel i forbrugsadfærden for personer, der bor i lejlighed i forhold til personer, der bor i parcel- og rækkehuse. Dette understøttes for de undersøgte lejligheder og parcel- og rækkehuse, når forbrugets variation over døgnet sammenlignes for de to forbrugskategorier, se Figur 2.24 og Figur 2.29.

Der henvises til Tabel 2.4 vedrørende simpel middelværdi – beregnet til 45 m<sup>3</sup>/år pr. person.

#### 2.4.3.3 Ældreboliger

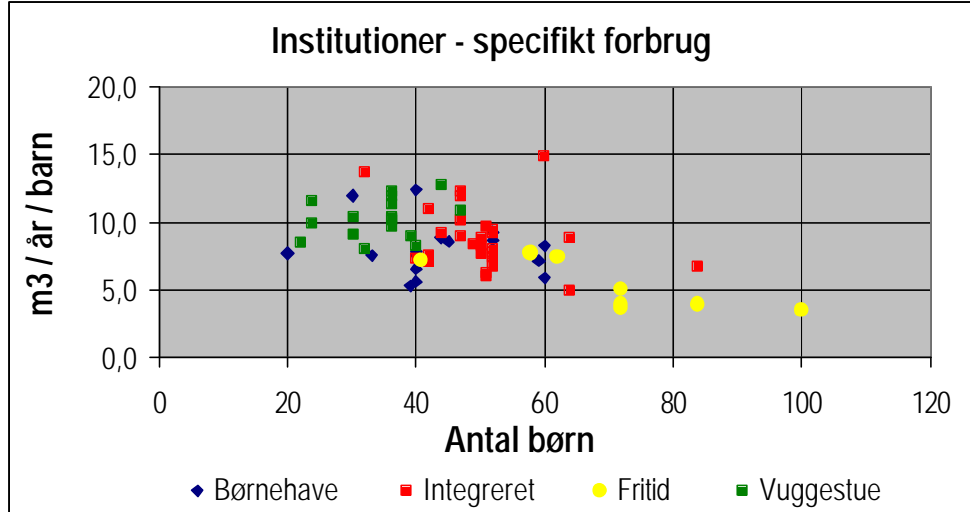
Med henvisning til tidligere bemærkninger (afsnit 2.4.1.2 og 2.4.2.3) anbefales det ud fra dette projekt at bruge enhedsforbrugene for lejligheder hhv. parcel- og rækkehuse i dimensioneringsmæssig sammenhæng.

Valget burde afhænge af om ældreboligerne fysisk minder mest om lejligheder eller parcel- og rækkehuse. Ved brug af fraktil-kurverne for lejligheder hhv. parcel- og rækkehuse, Figur 2.18 og Figur 2.19, bør dog i alle tilfælde bruges graferne for parcel- og rækkehuse for et gennemsnitligt persontal per ældrebolig under 2, jf. bemærkningerne i afsnit 2.4.3.1. Da der sjældent vil bo mere end 2 personer i en ældrebolig, vil gennemsnittet af personer for en bebyggelse med ældreboliger oftest være under 2 personer per bolig.

#### 2.4.3.4 Fritidshuse

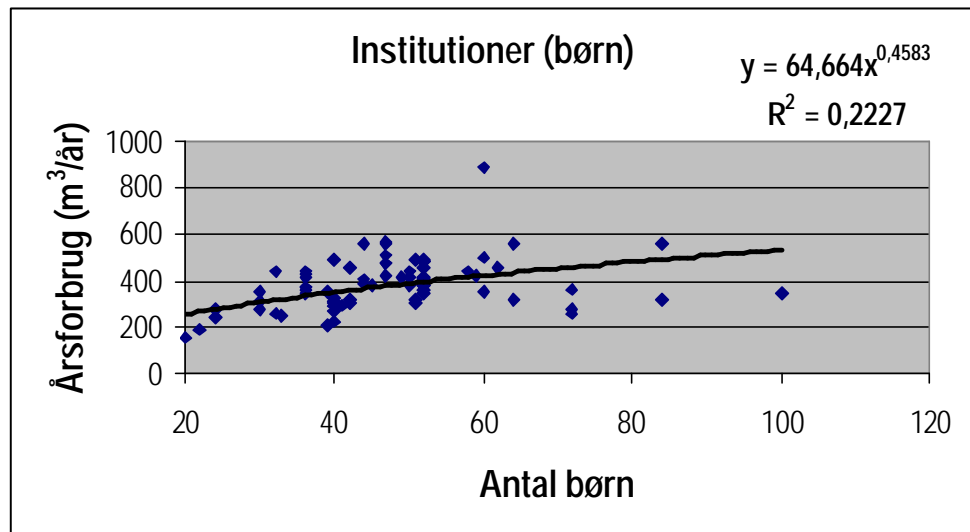
Der foreligger ikke i projektet data til at kunne etablere en grafisk sammenhæng mellem enhedsforbruget og antal enheder (fritidshuse). Der henvises derfor til Tabel 2.4 vedrørende simpel middelværdi (38 m<sup>3</sup>/år pr. fritidshus).

#### 2.4.3.5 Institutioner – vuggestuer, børnehaver, integrerede institutioner, fritidshjem



Figur 2.20 Enhedsforbruget for de 4 institutionstyper som funktion af antal personer

Det ses af figur 2.20, at der ikke er den bedste sammenhæng mellem enhedsforbruget pr. barn og antal børn, når alle 4 institutionstyper betragtes. Dette underbygges af efterfølgende Figur 2.21, der viser en ringe korrelation i sammenhængen mellem årsforbrug og antal børn.



Figur 2.21 Enhedsforbruget for alle 4 institutionstyper som funktion af antal personer

Som omtalt i afsnit 2.4.1.4, så giver brug af børn som normeringsenhed for fritidshjem og integrerede institutioner ikke acceptabel sammenhæng. Da der i dette projekt alene foreligger datamateriale med børn som normeringsenhed, vil der ikke blive anført enhedsforbrug for disse to typer institutioner. Og som nævnt kan det i dette projekt heller ikke afgøres, om der i dimensioneringsmæssig sammenhæng bør være to separate forbrugskategorier for fritidshjem hhv. integrerede institutioner.

Kurver for enhedsforbrugene for vuggestuer og børnehaver fremgår af Figur 2.5 hhv. Figur 2.6, afsnit 2.4.1.4. Med henvisning til bemærkningerne om gyldighedsområde i afsnit 2.3.5, så er kurverne kun gældende for intervallerne:

- Vuggestuer, fra 22 – 47 børn (datagrundlag: 17 vuggestuer)
- Børnehaver, fra 20 – 60 børn (datagrundlag: 16 børnehaver)

I Tabel 2.4 er angivet de simple middelværdier for vuggestuer hhv. børnehaver (10 hhv. 8 m<sup>3</sup>/år pr. barn).

#### 2.4.3.6 Plejehjem

Der henvises til Figur 2.11. Gyldighedsintervallet er plejehjem med fra ca. 35 til 110 beboere. Det skal bemærkes, at datagrundlaget kun udgøres af 4 plejehjem.

I Tabel 2.4 er angivet den simple middelværdi (64 m<sup>3</sup>/år pr. beboer).

#### 2.4.3.7 Skoler

Der henvises til Figur 2.13. Gyldighedsområdet er skoler med et elevtal fra ca. 200 til ca. 1000. Datagrundlaget udgøres kun af 6 skoler.

I Tabel 2.4 er angivet den simple middelværdi (2,7 m<sup>3</sup>/år pr. elev).

#### 2.4.3.8 Butikcentre

Der henvises til Figur 2.16. Gyldighedsområdet ses at være for butikcentre med arealer fra ca. 10.000 m<sup>2</sup> – ca. 65.000 m<sup>2</sup>.

I Tabel 2.4 er angivet den simple middelværdi (ca. 0,5 m<sup>3</sup>/år pr. m<sup>2</sup>).

#### 2.4.3.9 Landbrug

Som nævnt i afsnit 2.4.2.9 er korrelationen mellem årsforbrug og antal dyr så ringe, at der i realiteten ikke er en acceptabel sammenhæng.

I Tabel 2.4 er angivet den simple middelværdi (ca. 2,2 m<sup>3</sup>/år pr. dyr).

#### 2.4.3.10 Simple enhedsforbrug for de databehandlede forbrugskategorier

Forbrugskategori		Enhedsforbrug (m <sup>3</sup> pr. år)	Normeringsenh.
Overordnet	Underordnet		
Husholdning	Lejligheder	<sup>1)</sup> 59	Person
Husholdning	Parcel- og rækkehuse	45	Person
Husholdning	Ældreboliger	<sup>2)</sup> =lejlighed ell. parcel-rk.hus	Person
Husholdning	Fritidshuse	38	Fritidshus
Institution	Vuggestuer	10	Barn
Institution	Børnehaver	8	Barn
Institution	Plejehjem	64	Beboer
Institution	Skoler	2,7	Elev
Erhverv	Butikcentre	0,5	m <sup>2</sup> (areal)
Erhverv	Landbrug	2,2	Dyr (primært svin)

Tabel 2.4 Simple middelværdier for enhedsforbrugene - for de databehandlede forbrugskategorier

1) Ikke det midlede enhedsforbrug, men fra Figur 2.16, 50 %-fraktile, med 3 personer per lejlighed

2) Bruge enhedsforbruget for lejlighed eller parcel-/rækkehus, afhængig af de aktuelle boliger. Dog bør enhedsforbruget for parcel- og rækkehuse bruges, når det gennemsnitlige antal personer per bolig i den aktuelle bebyggelse med ældreboliger er under 2 personer

#### 2.4.3.11 Sammenligning med eksisterende normangivelser

Den gældende norm /2/, angiver alene enhedsforbrug, der formodentlig er baseret på simpel midling af et antal målte enhedsforbrug. I dette projekt be-

handles de målte forbrugsdata for de undersøgte forbrugskategorier, så enhedsforbrugene præsenteres som grafer. Graferne viser enhedsforbrugene som funktion af antallet af forbrugsenheder.

For de to forbrugskategorier lejligheder samt parcel- og rækkehuse, præsenteres tillige grafer for forskellige fraktiler.

For forbrugskategorien fritidshuse har der ikke været et datagrundlag, så en grafisk sammenhæng mellem enhedsforbruget og antal enheder (fritidshuse) har kunnet fremstilles. For fritidshuse foreligger derfor "kun" beregning af en simpel middelværdi.

For landbrug er sammenhængen mellem årsforbrug og antal dyr så ringe, at der i realiteten ikke er en sammenhæng. Det skyldes formodentlig, at brug af normeringsenheden dyr er for unuanceret.

De simple middelværdier for de undersøgte forbrugskategorier er i efterfølgende Tabel 2.5 sammenlignet med det tilsvarende enhedsforbrug fra den gældende norm.

Forbrugskategori	Enhedsforbrug (m <sup>3</sup> pr. år)		Normeringsenhed
	Det aktuelle projekt	Gældende norm, /2/	
Lejligheder	1) 59	57 - 95	Person
Parcel- og rækkehus	45		Person
Ældreboliger	<sup>2)</sup> =lejlighed eller parcel- og rækkehus	Intet enhedsforbrug	Person
Fritidshuse	38(pr. hus)	5-40 (pr. person)	Fritidshus/person
Vuggestuer	10	16	Barn
Børnehaver	8		Barn
Plejehjem	64	110 - 146	Beboer
Skoler	2,7	10 - 20	Elev
Butikcentre	0,5	0,3 - 1,2	m <sup>2</sup> (areal)
Landbrug	2,2	Henviser til /4/, med enhedsforbrug for mange specifikke dyr	Dyr (primært svin)

Tabel 2.5 Sammenligning af simple middelværdier for enhedsforbrugene mellem det aktuelle projekt og den gældende norm, /2/

- 1) Ikke det midlede enhedsforbrug, men fra Figur 2.18, 50 %-fraktil, med 3 personer per lejlighed
- 2) Bruge enhedsforbruget for lejlighed eller parcel-/rækkehus, afhængig af de aktuelle boliger. Dog bør enhedsforbruget for parcel- og rækkehuse bruges, når det gennemsnitlige antal personer per bolig i den aktuelle bebyggelse med ældreboliger er under 2 personer

Det ses i Tabel 2.5, at der for de fleste enhedsforbrug er en markant forskel mellem det aktuelle projekts resultater og den gældende norms værdier. Værdierne for enhedsforbrugene i den gældende norm er – som ventelig – markant højere. Dette blev også konkluderet i det tidligere projekt /1/.

Den markante forskel i simple middelværdier indikerer derfor også, at brug af graferne i en dimensioneringsmæssig sammenhæng vil resultere i væsentligt lavere enhedsforbrug.

#### 2.4.4 Forbrugsvariationer

I dette afsnit angives og kommenteres resultaterne af den del af databehandlingen, der har fokuseret på grafisk fremstilling af forbrugsvariationer inden for de undersøgte forbrugskategorier.

Med henvisning til afsnit 2.1.2 under projektafgrænsningen er der for de undersøgte forbrugskategorier – og hvis datagrundlaget har været til stede - udarbejdet grafisk præsentation af forbrugets:

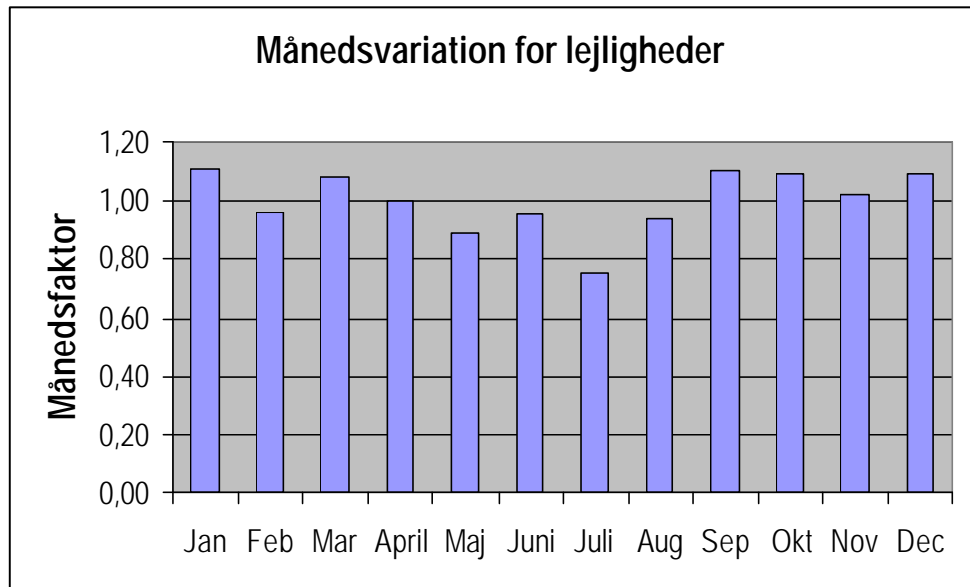
- Månedsvariation
- Døgnvariation, for to døgn typer, nemlig hverdage og ferie-fridage (inkl. lørdage-søndage), og baseret på tidsserier af 7 døgn
- Timevariation, igen for de to døgn typer, hverdage og ferie-fridage

Desuden er der ud fra tidsserier af 30 døgn beregnet middelværdier for maks-døgnfaktorer.

Den grafiske præsentation af resultater er i de fleste tilfælde selvforklarende. Der er derfor kun tilknyttet ganske få kommentarer, når det er fundet relevant.

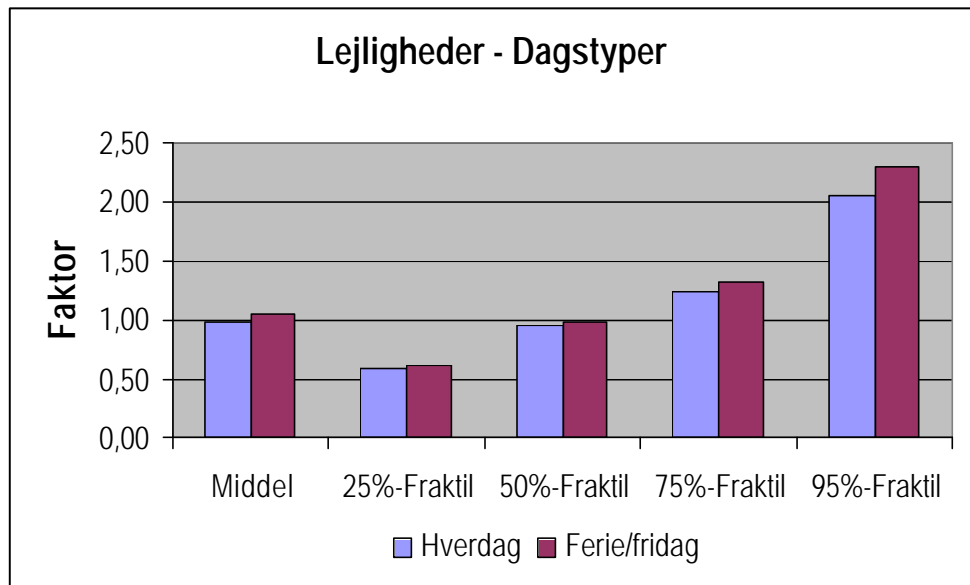
##### 2.4.4.1 Lejligheder

###### 2.4.4.1.1 Månedsvariation



Figur 2.22 Månedsvariation for forbruget i lejligheder

#### 2.4.4.1.2 Døgnvariation

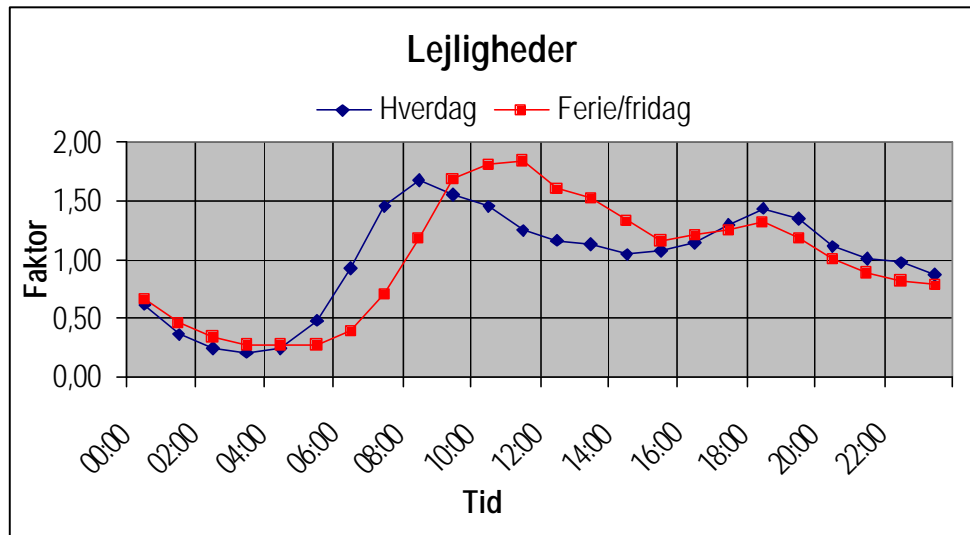


Figur 2.23 Døgnvariation for forbruget i lejligheder på hverdage og ferie-fridage, herunder middelværdi og fraktilvisninger

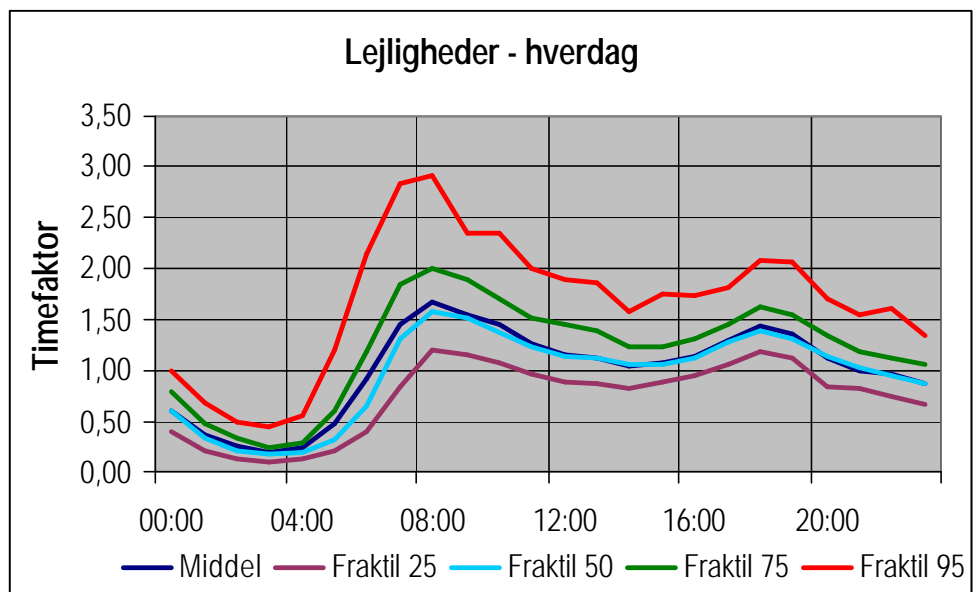
Den midlede maksdøgnfaktor for 30-døgns serier af målinger er fundet til ca. 2,6.

#### 2.4.4.1.3 Timevariation

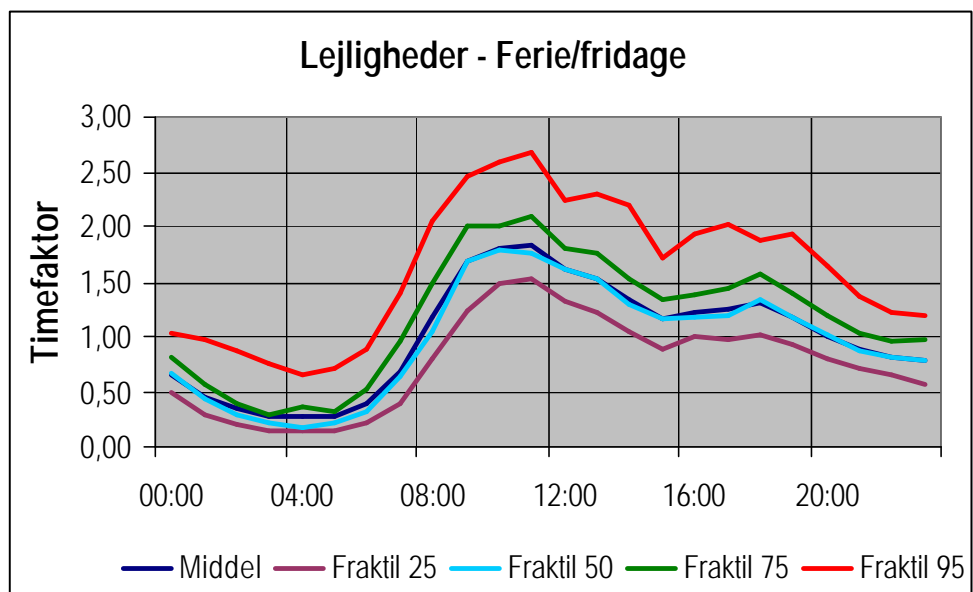




Figur 2.24 Timevariation for forbruget i lejligheder. Middelværdier for hverdage og ferie-fridage.



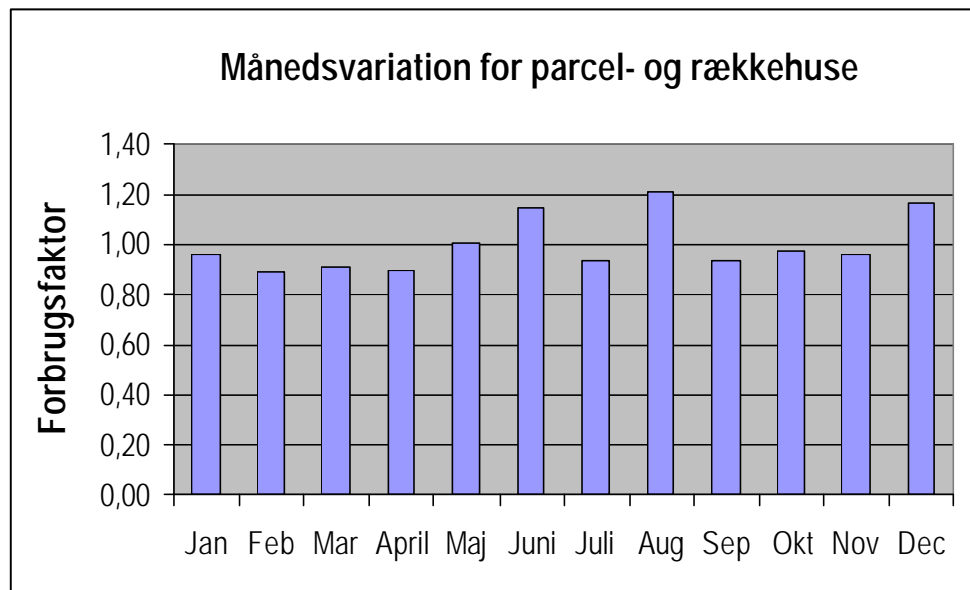
Figur 2.25 Timevariation for forbruget i lejligheder på hverdage. Middel- og fraktilværdier.



Figur 2.26 Timevariation for forbruget i lejligheder på ferie-fridage. Middel- og fraktilværdier.

#### 2.4.4.2 Parcel- og rækkehuse

##### 2.4.4.2.1 Månedsvariation

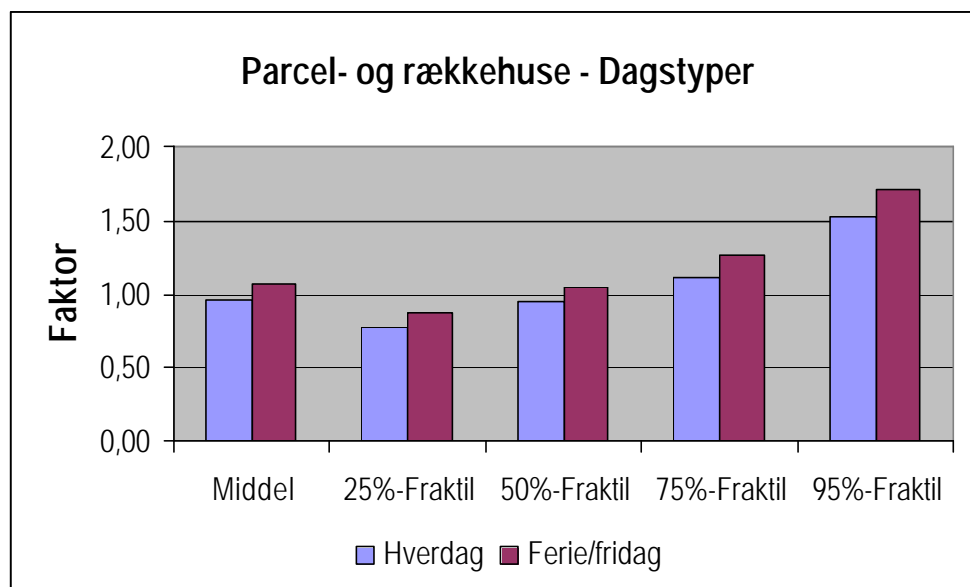


Figur 2.27 Månedsvariation for forbruget i parcel- og rækkehuse

Sammenlignet med månedsvariationer for lejligheder, jf. Figur 2.22, ses følgende forskelle:

- For lejligheder har perioden fra maj til august de laveste månedsfaktorer
- For parcel- og rækkehuse udgør maj, juni og august de 3 ud af 4 måneder, som har de højeste månedsfaktorer (forbrug i forbindelse med haver?).

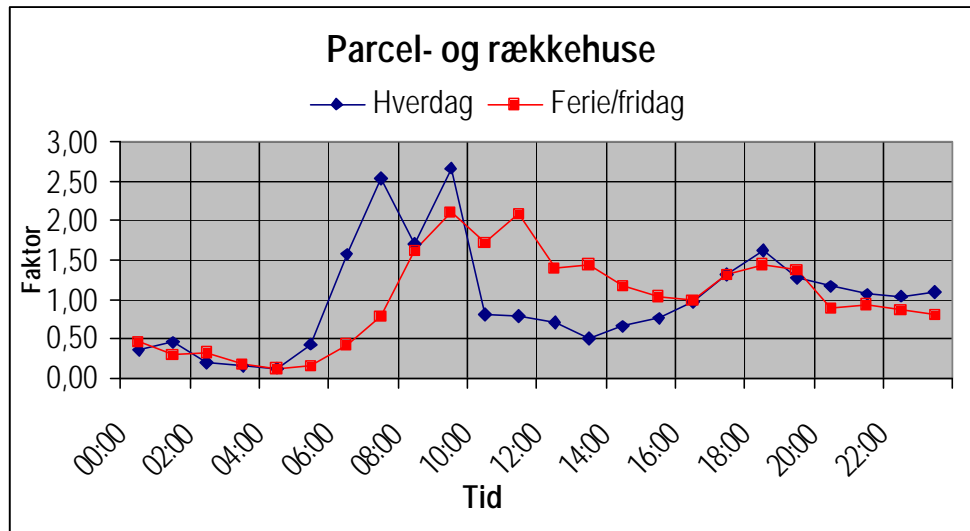
##### 2.4.4.2.2 Døgnvariation



Figur 2.28 Døgnvariation for forbruget i parcel- og rækkehuse på hverdage og ferie-fridage, herunder middelværdi og fraktilvisninger

Den midlede maksdøgnfaktor for 30-døgns serier af målinger er fundet til ca. 1,3.

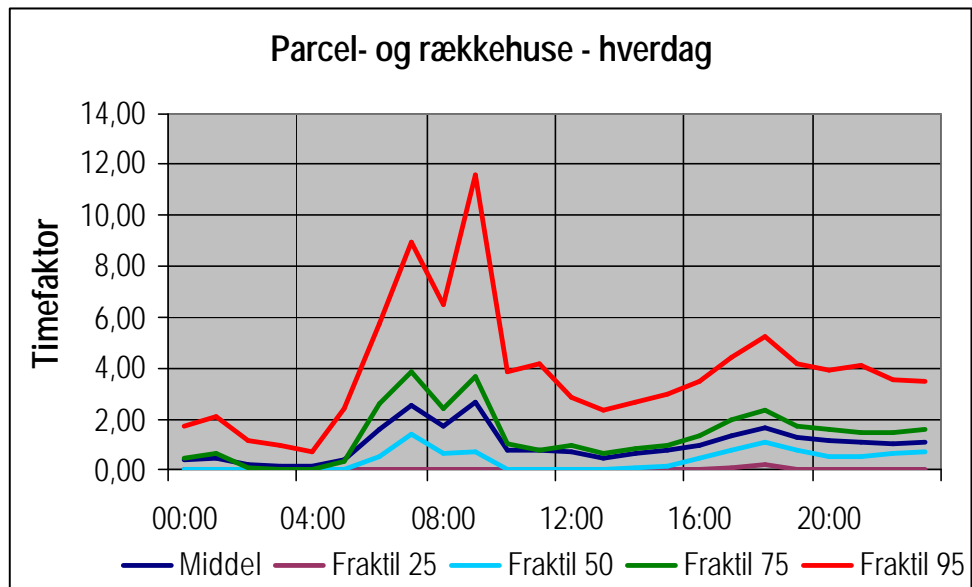
### 2.4.4.2.3 Timevariation



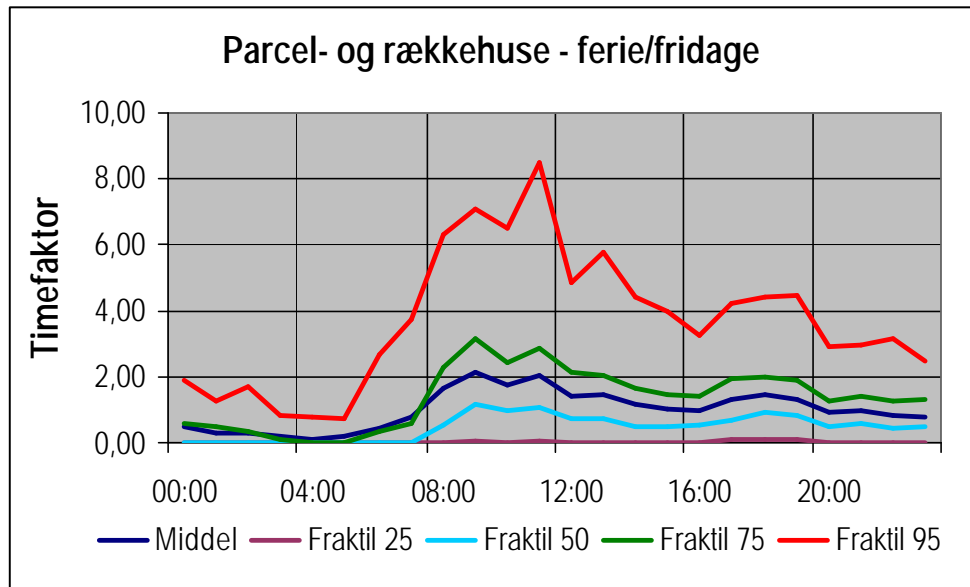
Figur 2.29 Timevariation for forbruget i parcel- og rækkehuse. Middelværdier for hverdage og ferie-fridage.

Sammenlignes med de tilsvarende kurver for lejligheder springer følgende i øjnene:

- Der er to spidsforbrug om morgenen/formiddagen for parcel- og rækkehuse, men "kun" én for lejligheder
- Timefaktorerne er højere for parcel- og rækkehusenes morgen-/formiddagsforbrug
- Det første spidsforbrug for parcel- og rækkehusene forekommer 1-2 timer tidligere end spidsforbruget for lejligheder.



Figur 2.30 Timevariation for forbruget i parcel- og rækkehuse på hverdage. Middel- og fraktilværdier.



Figur 2.31 Timevariation for forbruget i parcel- og rækkehuse på ferie/fridage. Middel- og fraktilværdier

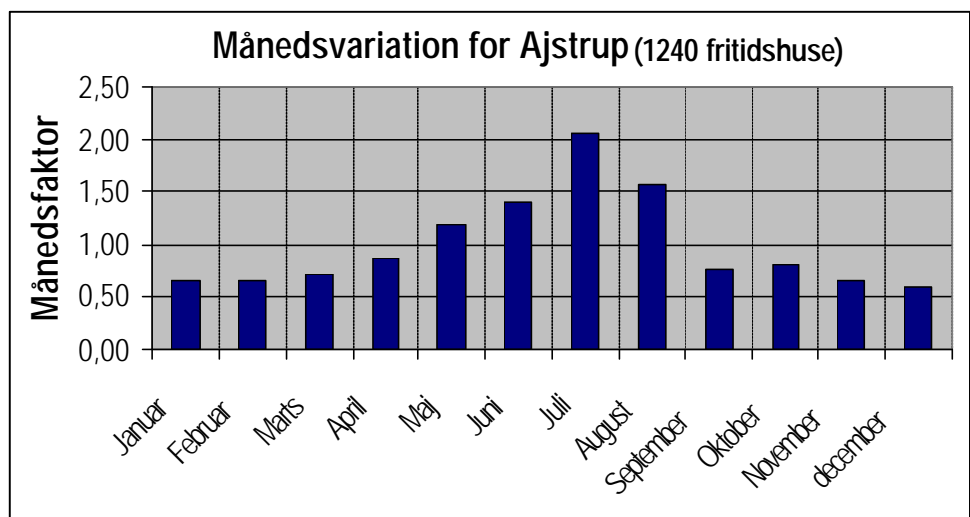
#### 2.4.4.3 Ældreboliger

Der henvises til bemærkningerne i afsnit 2.4.1.2, 2.4.2.3 og 2.4.3.3. Det anbefales ud fra dette projekt at bruge forbrugsvariationerne for lejligheder hhv. parcel- og rækkehuse i dimensioneringsmæssig sammenhæng afhængig af:

- Hvilken af de to kategorier de aktuelle ældreboliger minder mest om
- Om der i den aktuelle bebyggelse med ældreboliger er færre eller flere end 2 personer per ældrebolig i gennemsnit for bebyggelsen. Hvis der er færre end 2, anbefales det at bruge variationen for parcel- og rækkehuse

#### 2.4.4.4 Fritidshuse

##### 2.4.4.4.1 Månedsvariation

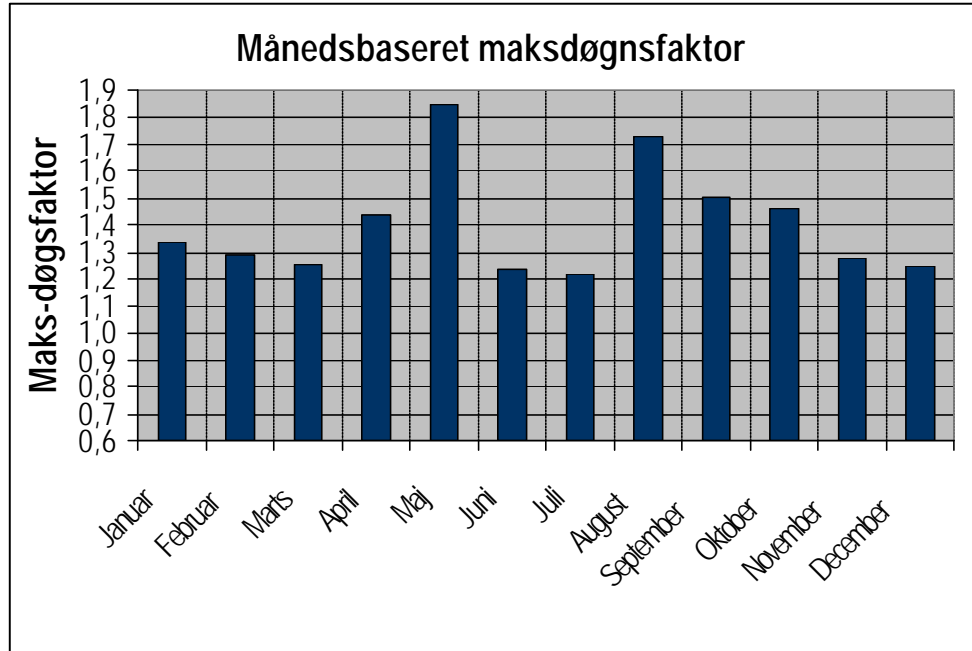


Figur 2.32 Månedsvariation for forbruget i ét undersøgt område med fritidshuse, Ajstrup ved Århus

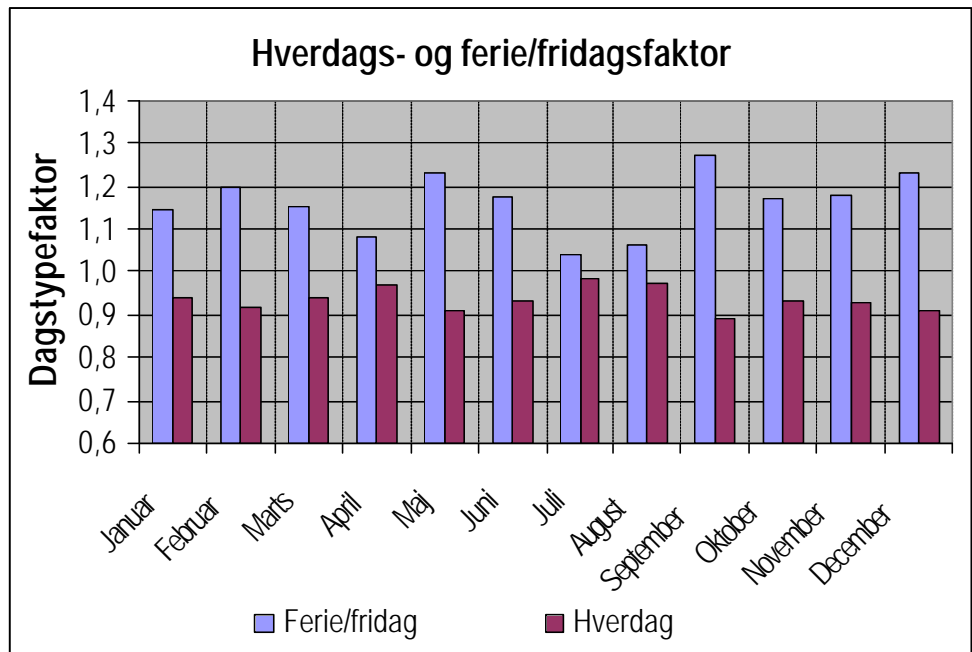
Det fremgår klart af Figur 2.32, at de største forbrug – som forventet – ligger i de tre sommermåneder.

##### 2.4.4.4.2 Døgnvariation

I efterfølgende Figur 2.33 er vist de gennemsnitlige maksimale døgnfaktorer for hver af de 12 måneder. De største faktorer findes i maj og august måneder. Det skyldes formodentligt stort ryk-ind i fritidshusene i godt vejr inden højsæsonen, hhv. i solskinsdage sidst på sommerperioden. Tilsvarende findes de laveste maksfaktorer som venteligt i sommermånederne juni og juli, hvor der er mange mennesker i områderne, og derfor et stort, men mere konstant vandforbrug.



Figur 2.33 Maksdøgnfaktorer i fritidshuse fundet for de enkelte måneder

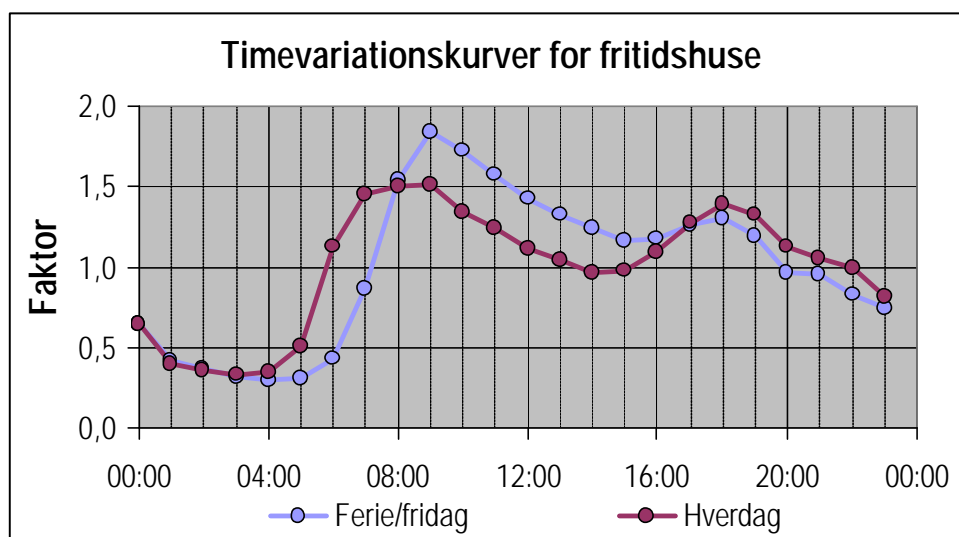


Figur 2.34 Døgnvariation for forbruget i fritidshuse, fordelt på hverdage og ferie-fridage samt for de enkelte måneder

Af figur 2.34 ses, at de største udsving – som forventet – findes på ferie-fridagene, hvor der forventes de største ryk-ind i fritidsområderne.

Den midlede maksdøgnfaktor for 30-døgns serier af målinger er fundet til ca. 1,4.

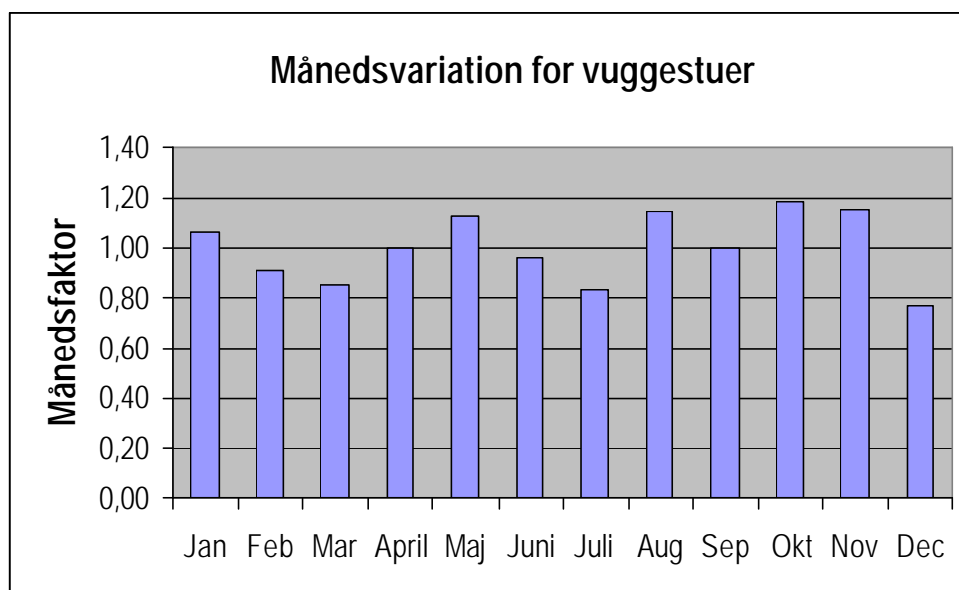
#### 2.4.4.4.3 Timevariation



Figur 2.35 Timevariation for forbruget i fritidshuse. Middelværdier for hverdage og ferie-fridage

#### 2.4.4.5 Institutioner – vuggestuer, børnehaver, integrerede institutioner, fritidshjem

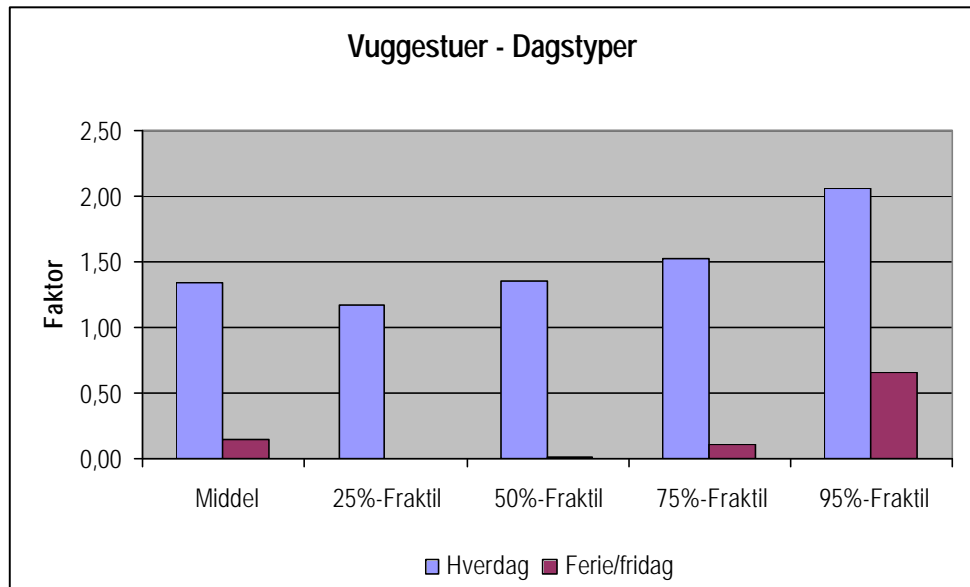
##### 2.4.4.5.1 Månedsvariation



Figur 2.36 Månedsvariation for forbruget i vuggestuer

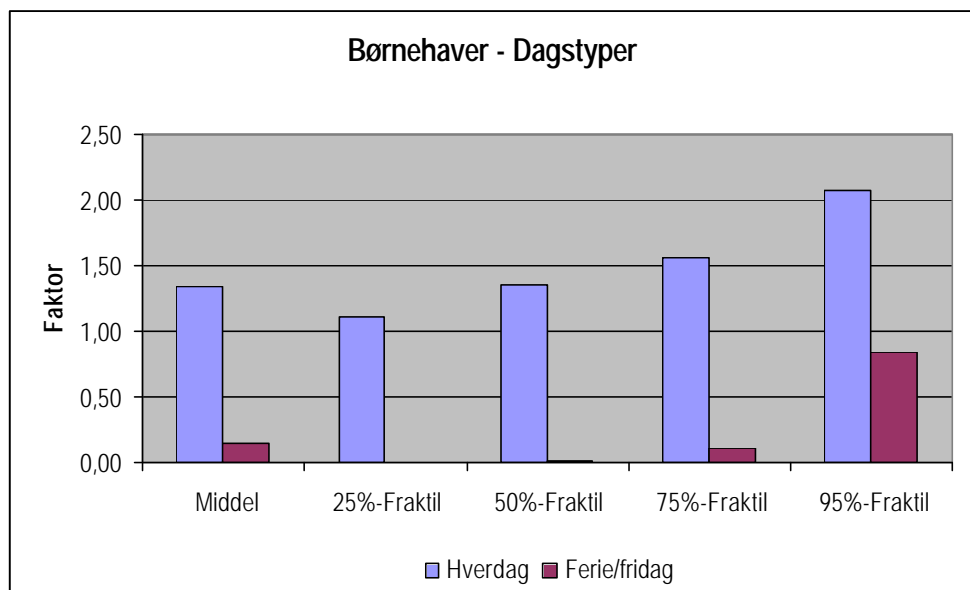
Der foreligger ikke i dette projekt et datagrundlag, så der kan fremstilles månedsvariationer for børnehaver.

##### 2.4.4.5.2 Døgnvariation



Figur 2.37 Døgnvariation for forbruget i vuggestuer på hverdage og ferie-fridage, herunder middelværdi og fraktilvisninger

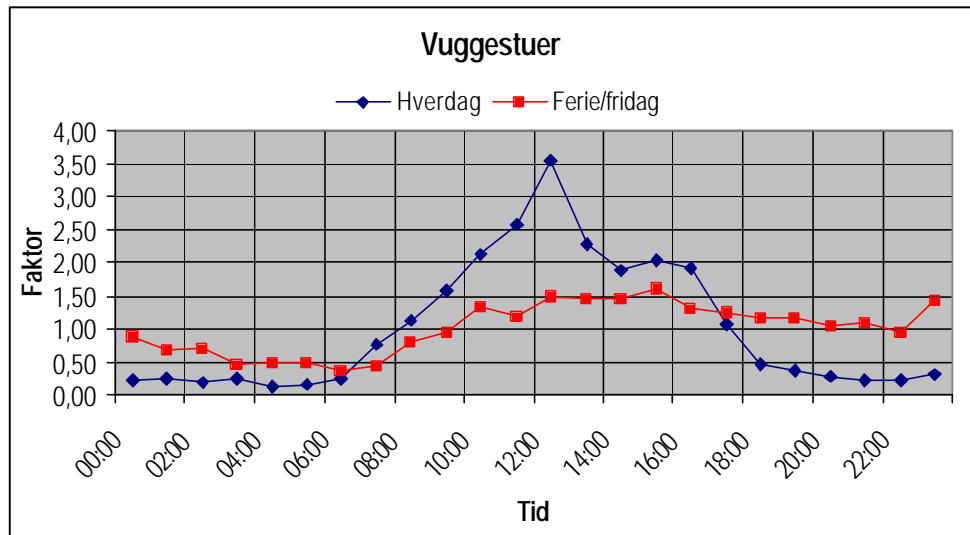
Den midlede maksdøgnfaktor for 30-døgns serier af målinger i vuggestuer er fundet til ca. 1,8.



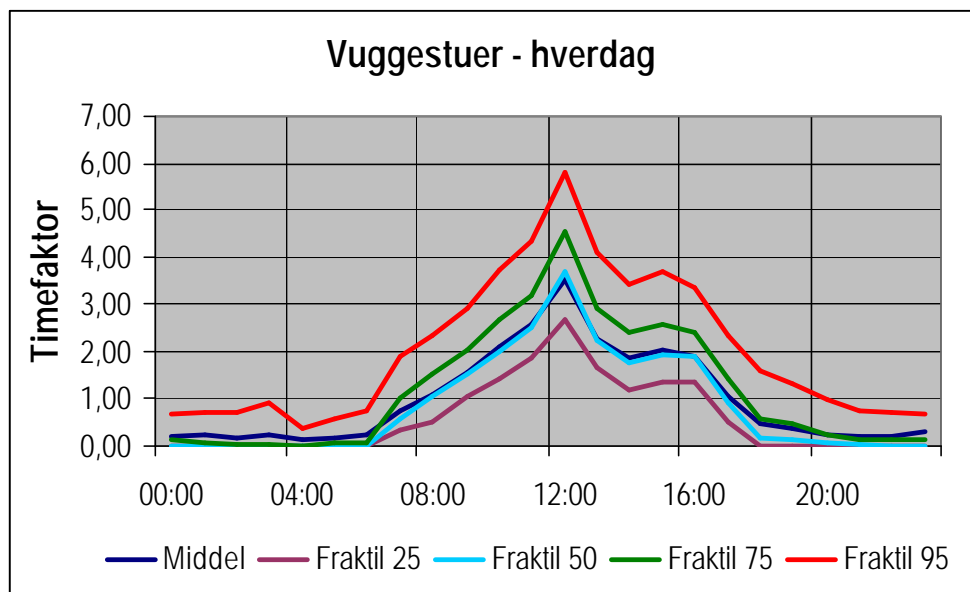
Figur 2.38 Døgnvariation for forbruget i børnehaver på hverdage og ferie-fridage, herunder middelværdi og fraktilvisninger

Den midlede maksdøgnfaktor for 30-døgns serier af målinger i børnehaver er fundet til ca. 1,7.

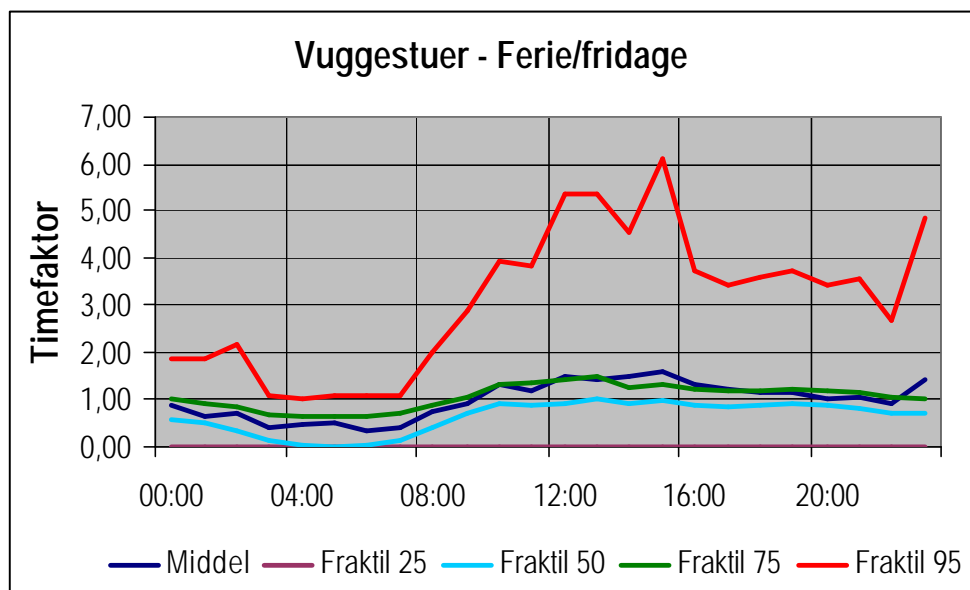
#### 2.4.4.5.3 Timevariation



Figur 2.39 Timevariation for forbruget i vuggestuer. Middelværdier for hverdage og ferie-fridage

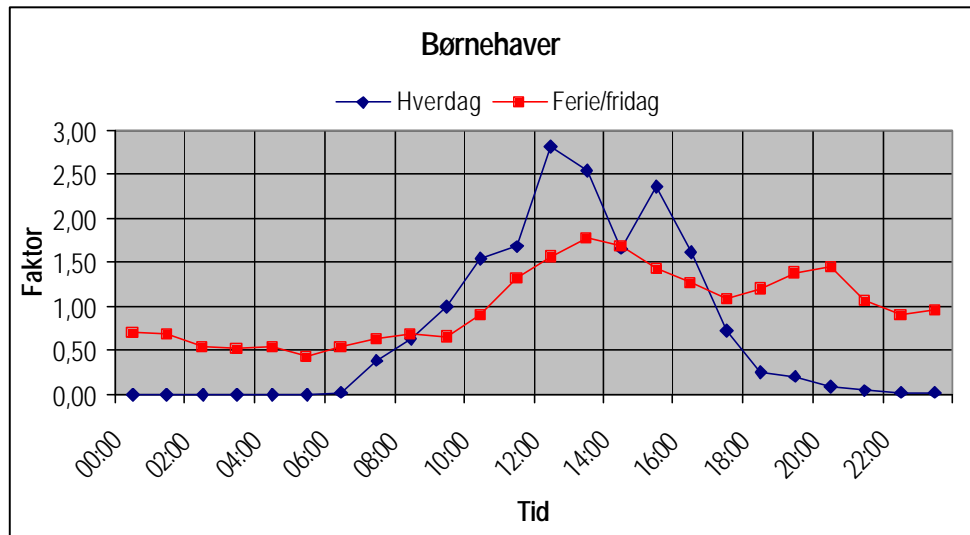


Figur 2.40 Timevariation for forbruget i vuggestuer på hverdage. Middelt- og fraktilværdier



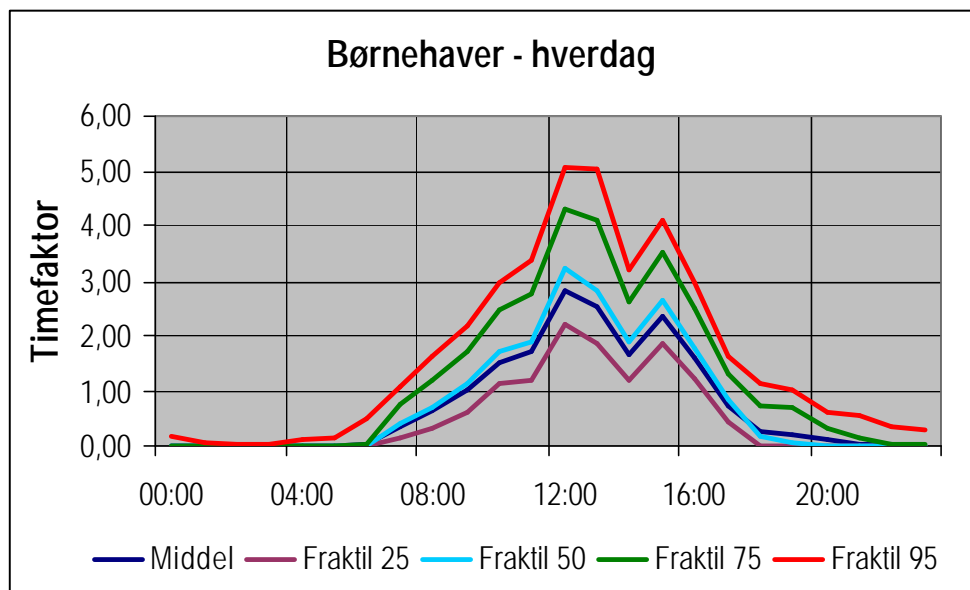
Figur 2.41 Timevariation for forbruget i vuggestuer på ferie-fridage. Middelt- og fraktilværdier



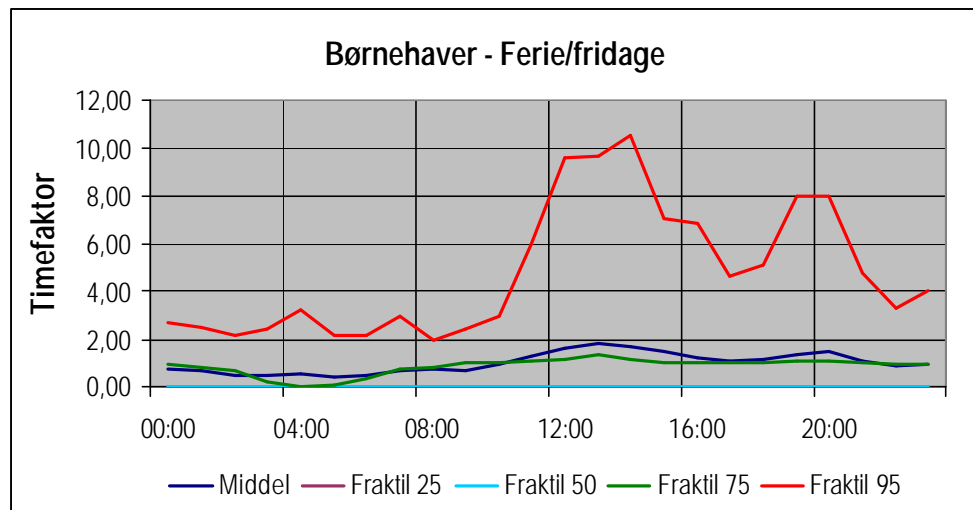


Figur 2.42 Timevariation for forbruget i børnehaver. Middelværdier for hverdage og ferie-fridage

Sammenlignes Figur 2.42 med den tilsvarende for vuggestuer, Figur 2.39, ses, at der for hverdage er to signifikante spidsforbrug i børnehaver, den ene ved 12-tiden og den anden lidt før 16-tiden. For vuggestuer er der kun en antydning til det sidste spidsforbrug. Til gengæld er timefaktoren for vuggestuer højere end for børnehaver, ca. 3,5 i forhold til ca. 2,8.



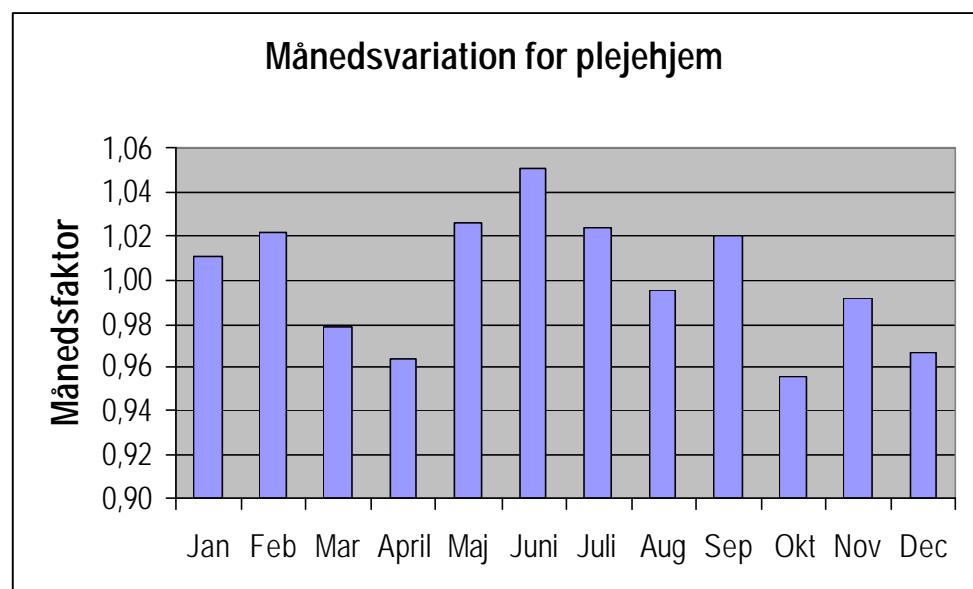
Figur 2.43 Timevariation for forbruget i børnehaver på hverdage. Middel- og fraktilværdier



Figur 2.44 Timevariation for forbruget i børnehaver på ferie-fridage. Middel- og fraktilværdier.

#### 2.4.4.6 Plejehjem

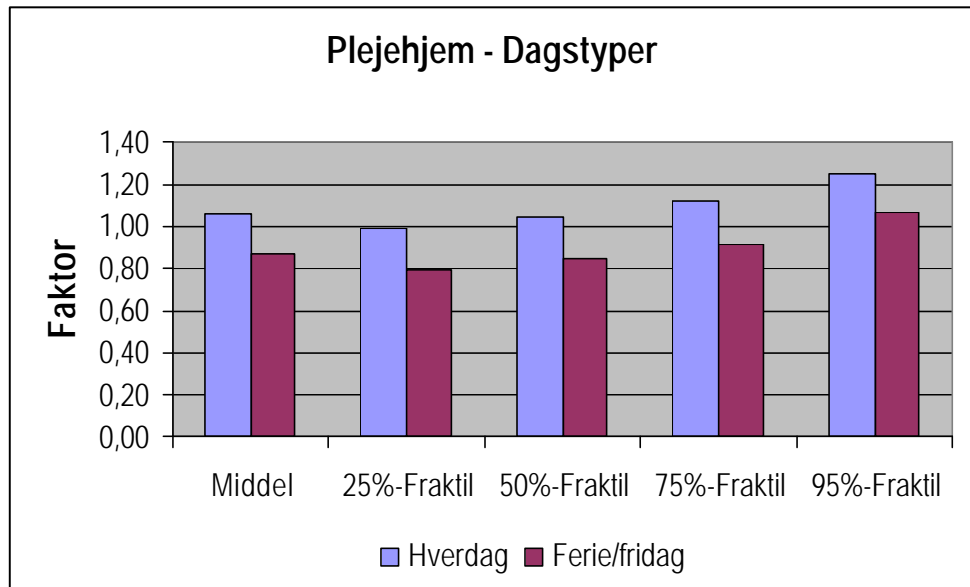
##### 2.4.4.6.1 Månedsvariation



Figur 2.45 Månedsvariation for forbruget i plejehjem

Det ses, at det gennemsnitlige vandforbrug i perioden maj-juli er størst.

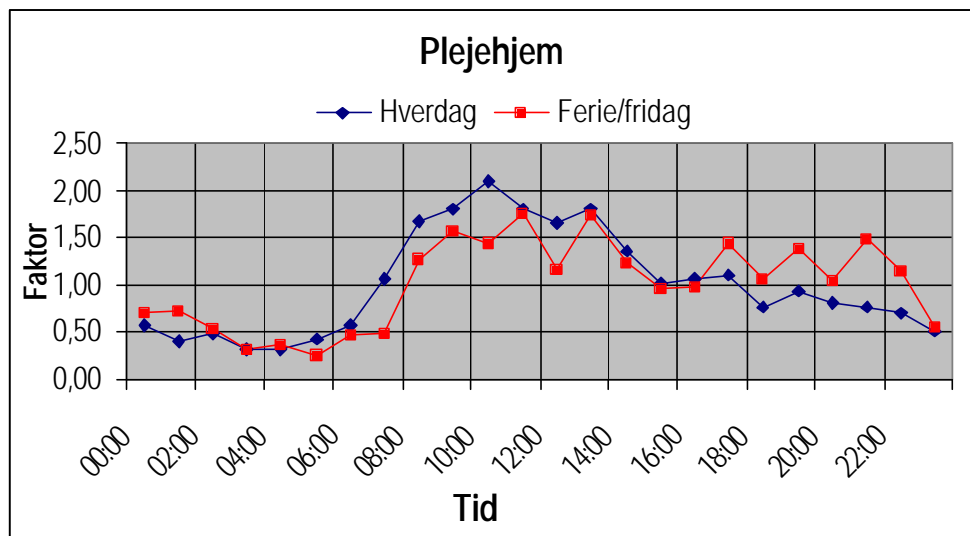
##### 2.4.4.6.2 Døgnvariation



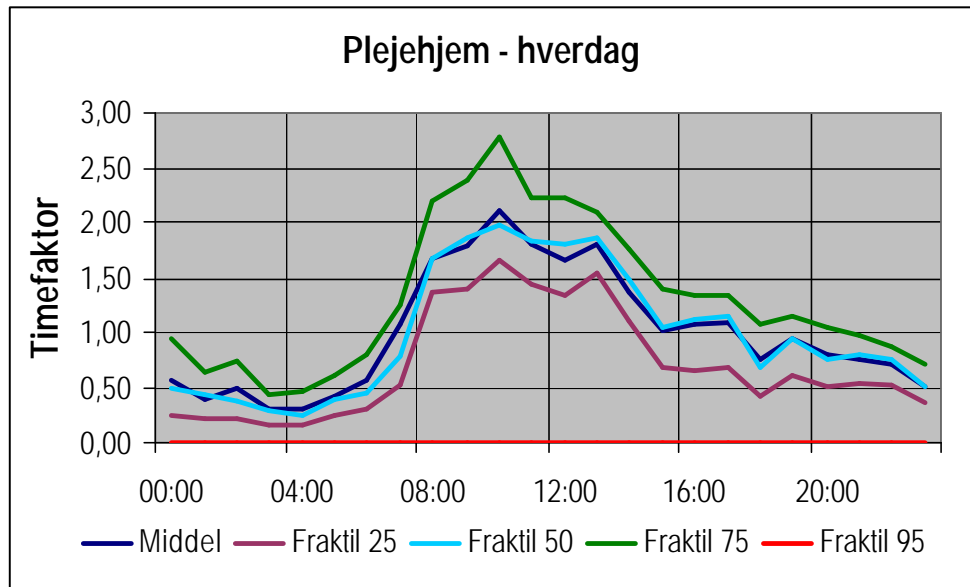
Figur 2.46 Døgnvariation for forbruget i plejehjem på hverdage og ferie-fridage, herunder middelværdi og fraktilvisninger

Den midlede maksdøgnfaktor for 30-døgns serier af målinger er fundet til ca. 1,1.

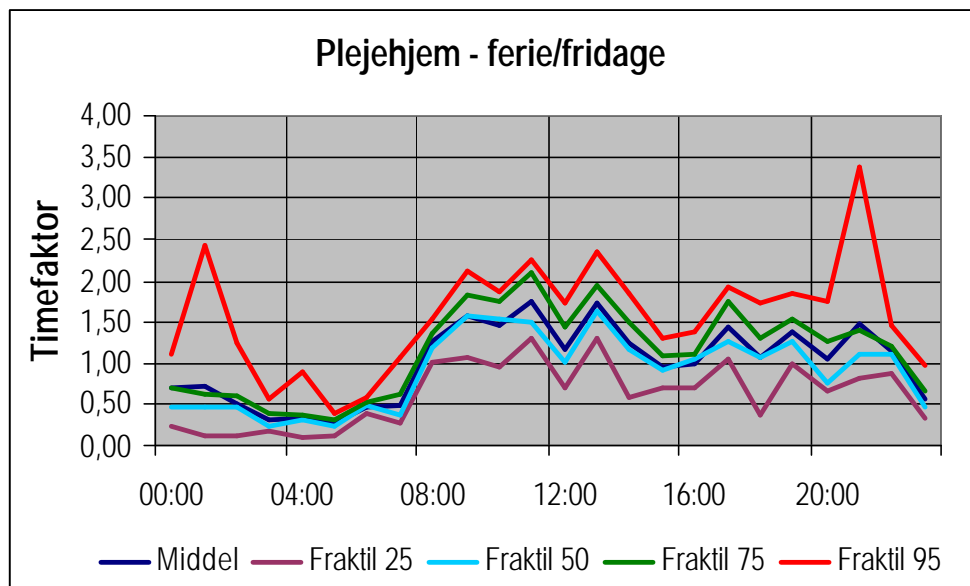
#### 2.4.4.6.3 Timevariation



Figur 2.47 Timevariation for forbruget i plejehjem. Middelværdier for hverdage og ferie-fridage.



Figur 2.48 Timevariation for forbruget i plejehjem på hverdage. Middel- og fraktilværdier



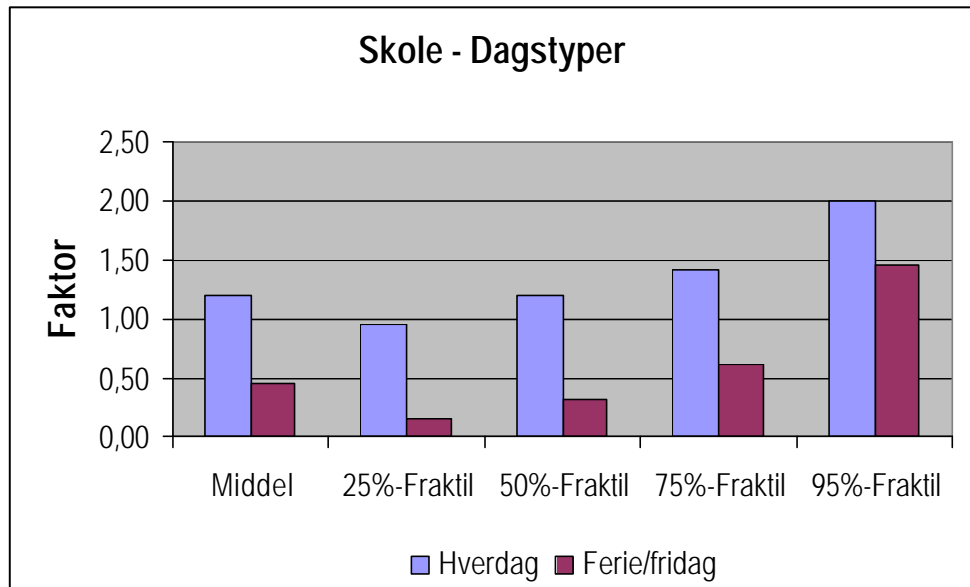
Figur 2.49 Timevariation for forbruget i plejehjem på ferie-fridage. Middel- og fraktilværdier

#### 2.4.4.7 Skoler

##### 2.4.4.7.1 Månedsvariation

Der foreligger ikke i dette projekt et datagrundlag til at kunne fremstille månedsvariationer for skoler.

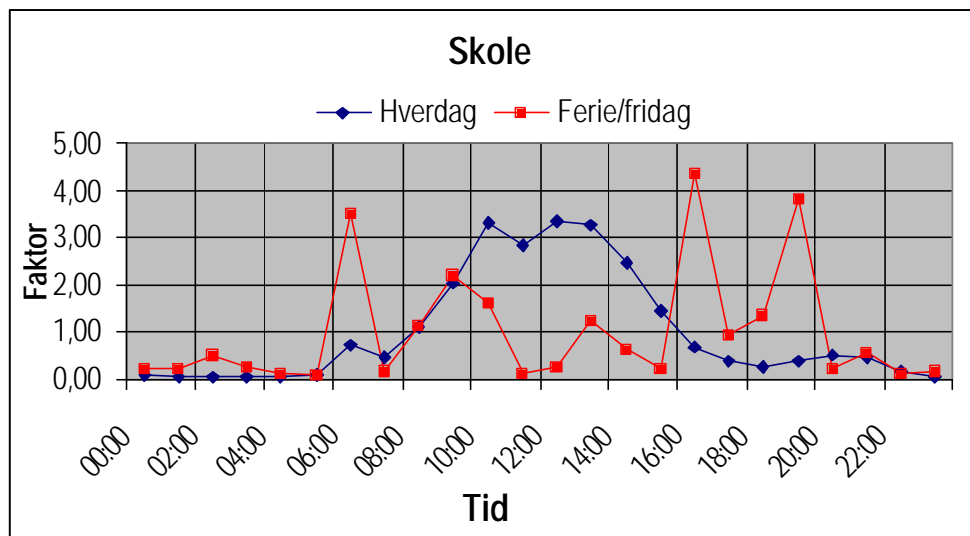
##### 2.4.4.7.2 Døgnvariation



Figur 2.50 Døgnvariation for forbruget i skoler på hverdage og ferie-fridage, herunder middelværdi og fraktilvisninger

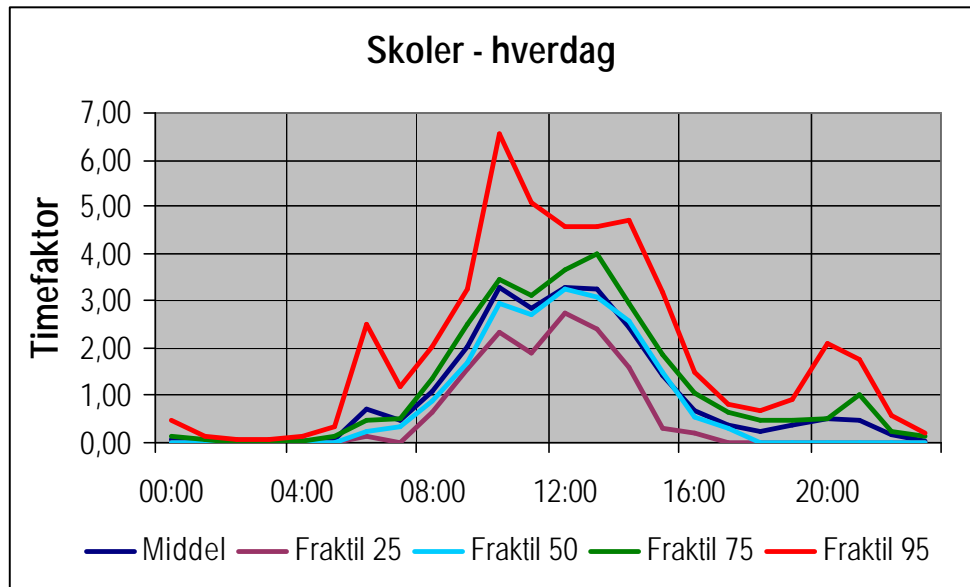
Den midlede maksdøgnfaktor for 30-døgns serier af målinger er fundet til ca. 1,7.

#### 2.4.4.7.3 Timevariation

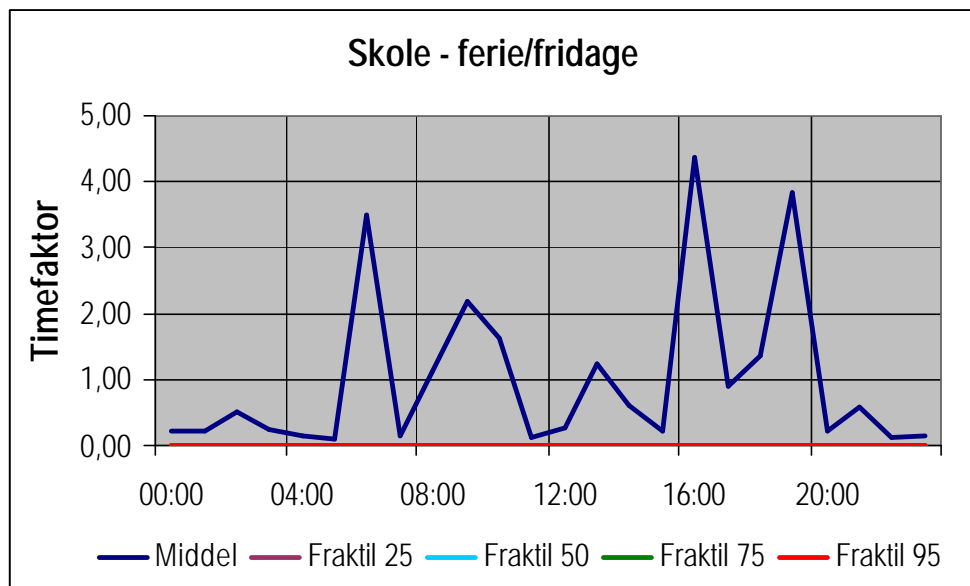


Figur 2.51 Timevariation for forbruget i skoler. Middelværdier for hverdage og ferie-fridage

De markante variationer på ferie-fridage – ikke mindst spidsforbruget kl. 6.30 om morgenen - kan ikke umiddelbart forklares.



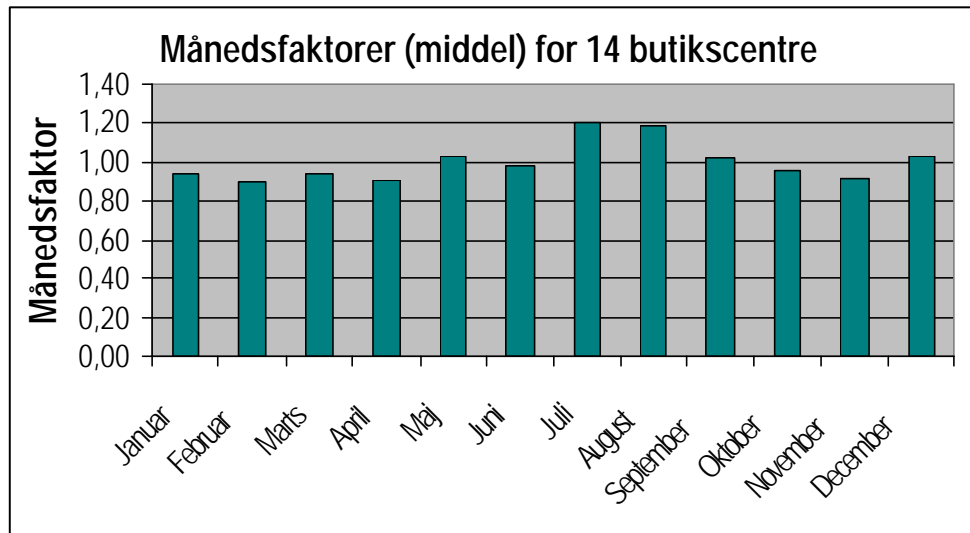
Figur 2.52 Timevariation for forbruget i skoler på hverdage. Middel- og fraktilværdier



Figur 2.53 Timevariation for forbruget i skoler på ferie-fridage. Middel- og fraktilværdier

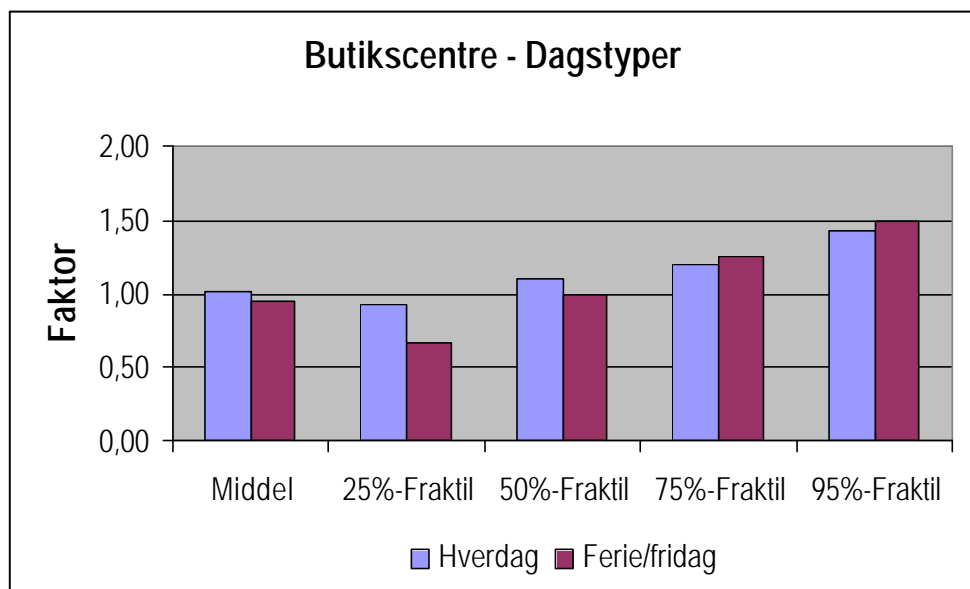
#### 2.4.4.8 Butikscentre

##### 2.4.4.8.1 Månedsvariation



Figur 2.54 Månedsvariation for forbruget i butikscentre

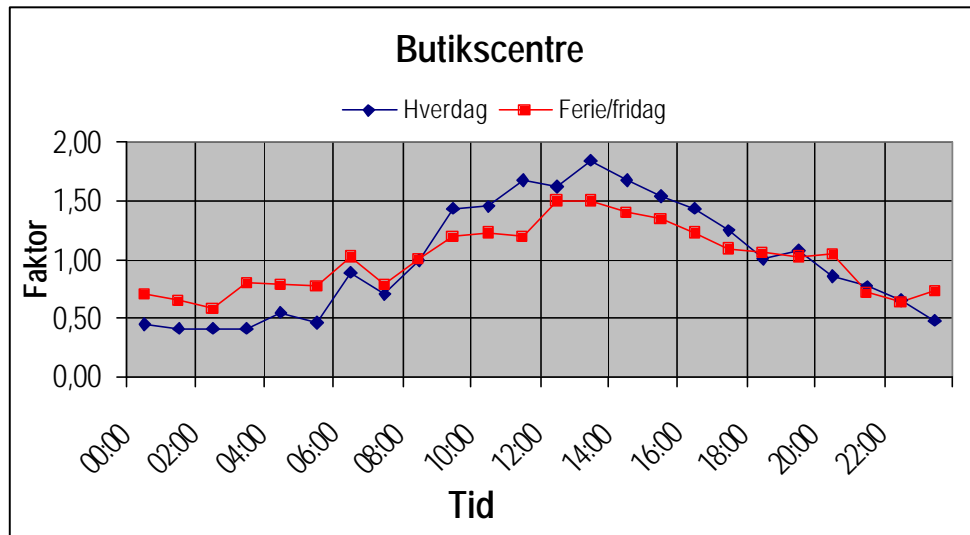
#### 2.4.4.8.2 Døgnvariation



Figur 2.55 Døgnvariation for forbruget i butikscentre på hverdage og ferie-fridage, herunder mid-delværdi og fraktilvisninger

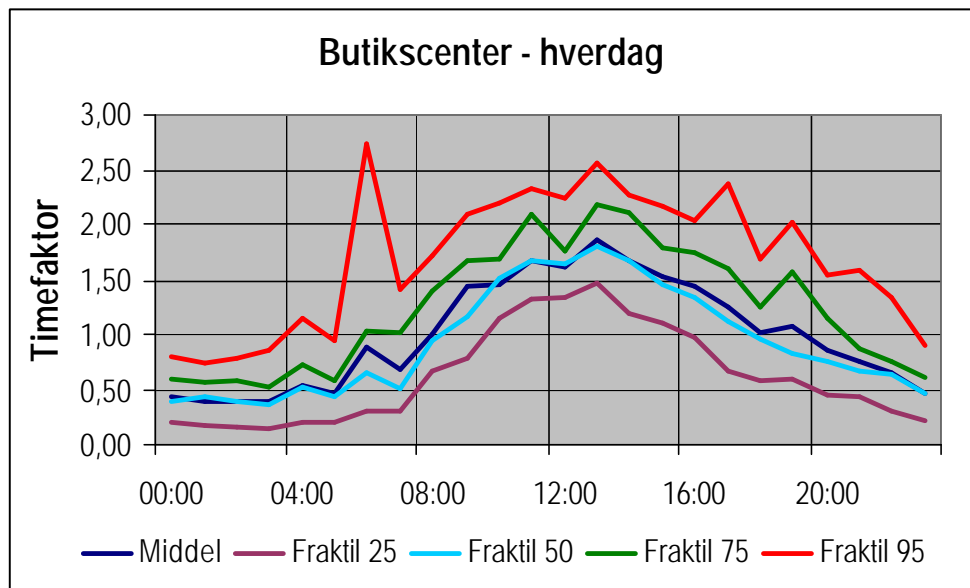
Datagrundlaget er for lille til, at en beregning af den midlede maksdøgnfaktor for 30-døgns serier af målinger vurderes at resultere i en brugbar værdi.

#### 2.4.4.8.3 Timevariation



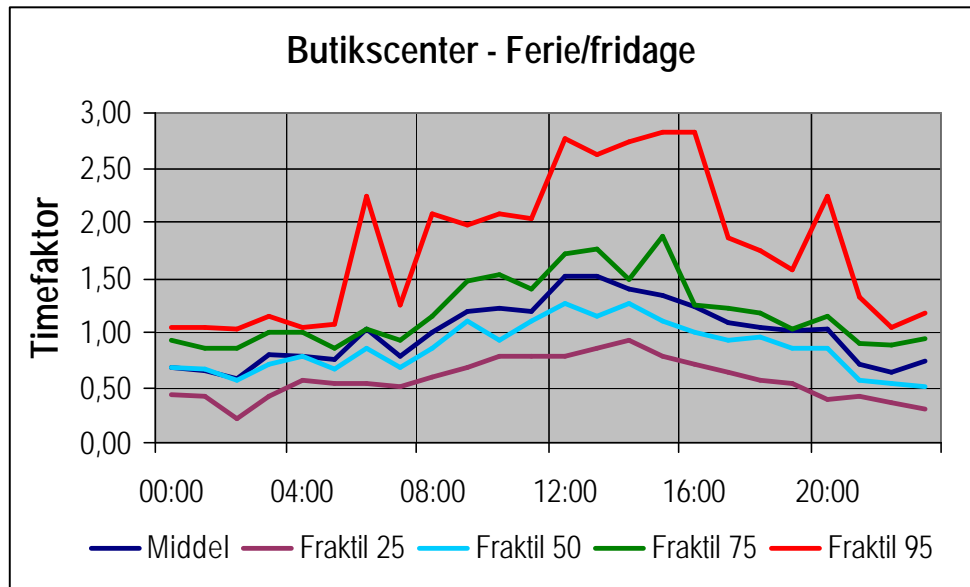
Figur 2.56 Timevariation for forbruget i butikcentre. Middelværdier for hverdage og ferie-fridage

Det ses af Figur 2.56, at der ikke er stor forskel i forbrugsvariationen på hverdage og ferie-fridage, hvilket måske kan tolkes som et udtryk for en udvikling mod ensartede forhold alle ugens dage, i alle tilfælde hverdage i forhold til lørdage.



Figur 2.57 Timevariation for forbruget i butikcentre på hverdage. Middel- og fraktilværdier





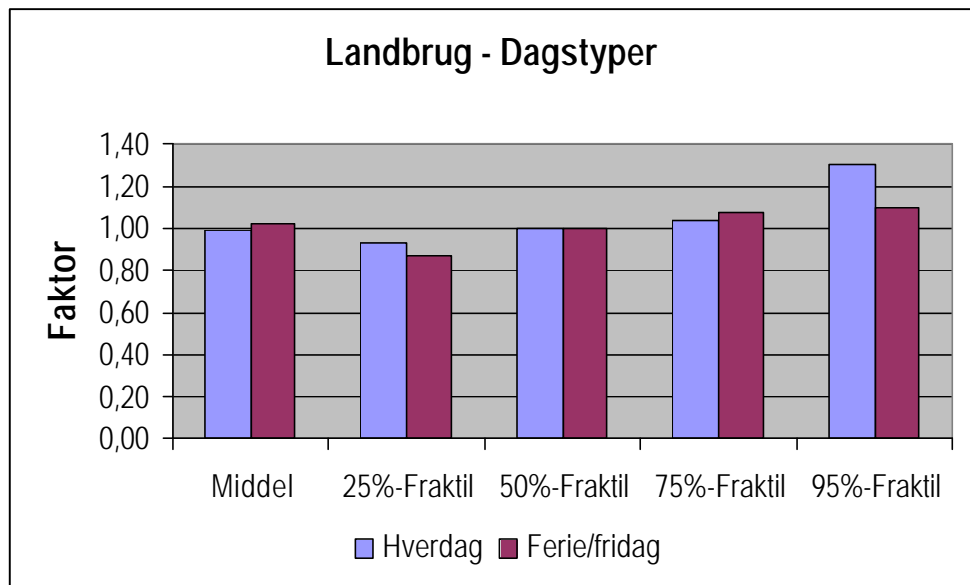
Figur 2.58 Timevariation for forbruget i butikscentre på ferie-fridage. Middel- og fraktilværdier

#### 2.4.4.9 Landbrug

##### 2.4.4.9.1 Månedsvariation

Der er hverken i dette eller det tidligere projekt /1/ data, der muliggør præsentation af månedsvariationen.

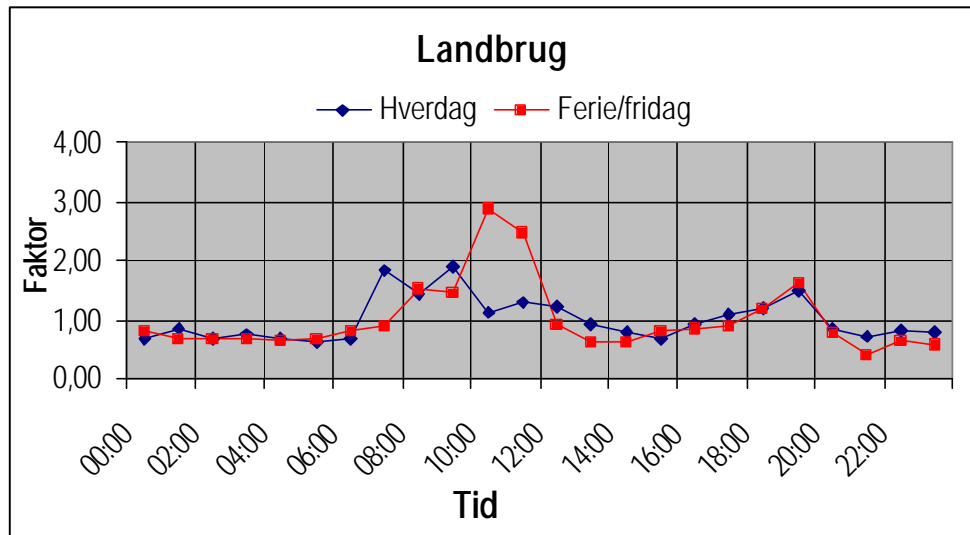
##### 2.4.4.9.2 Døgnvariation



Figur 2.59 Døgnvariation for forbruget i landbrug på hverdage og ferie-fridage, herunder middelværdi og fraktilvisninger

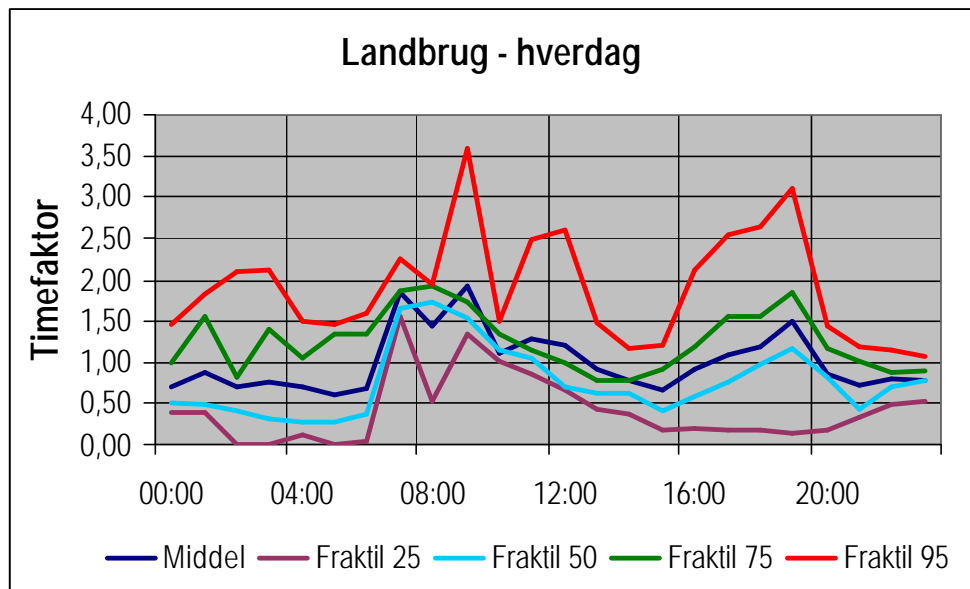
Datagrundlaget har ikke muliggjort beregning af den midlede maksdøgnfaktor for 30-døgns serier af målinger.

##### 2.4.4.9.3 Timevariation

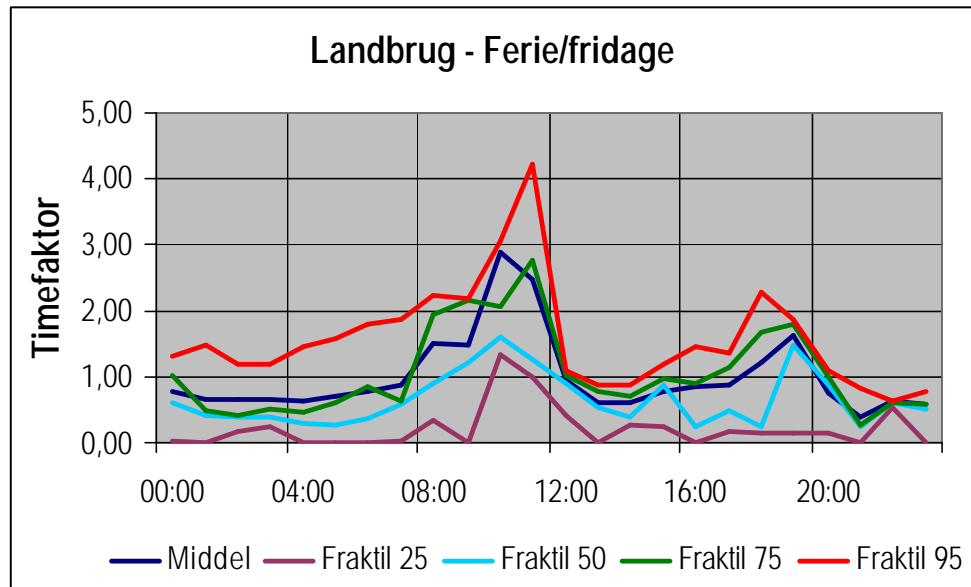


Figur 2.60 Timevariation for forbruget i landbrug. Middelværdier for hverdage og ferie-fridage

Det ses af Figur 2.60, at morgenens spidsforbrug ligesom for lejligheder og parcel- og rækkehuse forekommer senere på ferie-fridage.



Figur 2.61 Timevariation for forbruget i landbrug på hverdage. Middel- og fraktilværdier



Figur 2.62 Timevariation for forbruget i landbrug på ferie-fridage. Middel- og fraktilværdier

#### 2.4.4.10 Sammenligning med eksisterende normangivelser

De grafiske præsentationer af tidlige variationer for de undersøgte forbrugskategorier kan ikke sammenlignes med den gældende norm. I denne inddrages forskellen i, hvornår forskellige forbrugstypers forbrug finder sted, alene ved angivelser af årlige forbrugsperioder, dvs. antal forbrugsdøgn pr. år. Dette er ikke fyldestgørende.

Med de præsenterede tidlige variationer er der for de undersøgte forbrugskategorier tilvejebragt et grundlag, så der i det fremtidige dimensioneringsarbejde kan tages højde for samtidigheden i forbruget mellem forskellige forbrugskategorier.

I Tabel 2.6 er for de forbrugskategorier, hvor det har været muligt, vist de beregnede middelværdier af maksdøgnfaktorer, beregnet for måleserier af 30 døgn. Værdierne er sammenlignet med normens angivelser af maksdøgnfaktorer. Det vurderes dog at være tvivlsomt at sammenligne med de få værdier fra normen, bl.a. da disse refererer til forskellige kategorier af forsyningsområder.

Forbrugskategori	Maksdøgnfaktorer	
	Det aktuelle projekt (middelværdi for serier af 30-døgn målinger)	Gældende norm, /2/
Lejligheder	2,6	1,3 - 3,0 <sup>1)</sup>
Parcel- og rækkehus	1,3	
Fritidshuse	1,4	2 - 4 <sup>2)</sup>
Vuggestuer	1,8	Ikke angivet
Børnehaver	1,7	
Plejehjem	1,1	Ikke angivet
Skoler	1,7	Ikke angivet

Tabel 2.6 Sammenligning af projektets beregnede middelværdier for maksdøgnfaktorer fra måleserier af 30 døgn og den gældende norms angivelser, /2/

<sup>1)</sup> Gældende for 3 kategorier af bebyggelser, fra a) "spredte eller samlede bebyggelser med overvejende landbrugserhverv" (2-3), over b) "mindre samlede bebyggelser med overvejende byerhverv" (1,5-2), til c) "større samlede bebyggelser med differentieret byerhverv" (1,3-1,5)

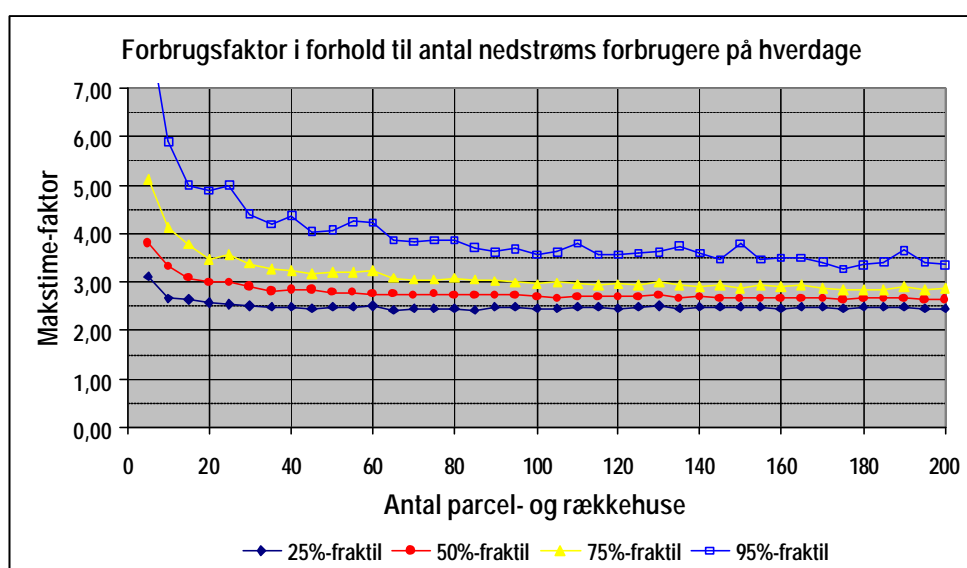
<sup>2)</sup> Gældende for kategorien "fritidsområder (campingpladser, sommerhuse og lignende)"

#### 2.4.5 Normens gyldighed i forhold til antallet af parcel- og rækkehuse

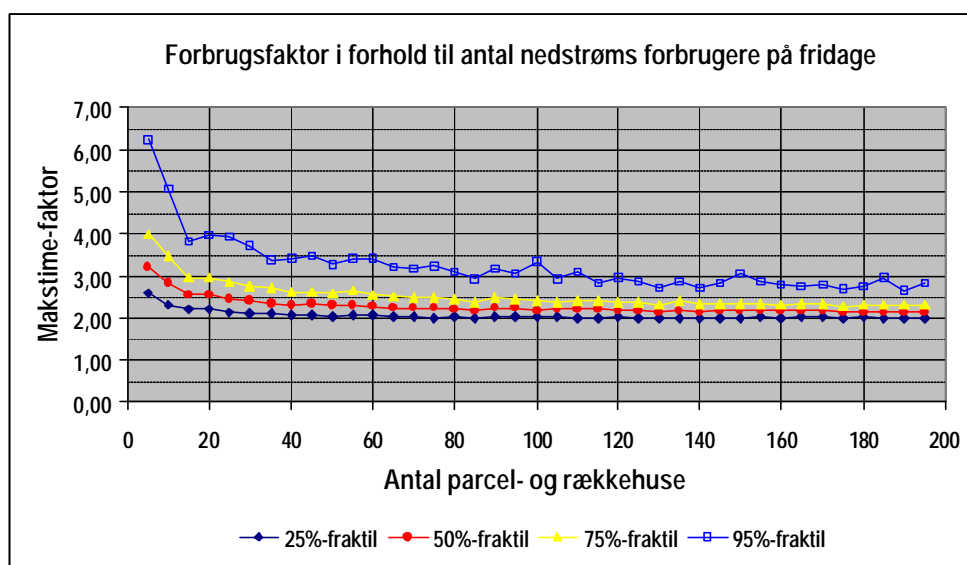
I dette afsnit vurderes det, om det fortsat er berettiget, at den nuværende norm henviser til at bruge anvisningerne om dimensionering i normen for vandinstallationer, DS 439, når antallet af boligenheder er mindre end 200. Datagrundlaget i det aktuelle projekt har alene gjort det muligt at vurdere berettigelsen for parcel- og rækkehuse.

Med henvisning til afsnit 2.3.1.2 under databehandling vurderes det, hvornår makstimefaktoren som funktion af antallet af nedstrøms parcel- og rækkehuse bliver tilnærmelsesvist konstant.

Resultatet af den statistiske databehandling fremgår af Figur 2.63 og Figur 2.64, der viser resultaterne beregnet for hverdage hhv. for ferie-fridage, og for fraktilerne 25%, 50 %, 75 %, og 95 %. Hermed er udarbejdet et resultatgrundlag, hvorved sikkerhedsfaktoren i en eventuel beslutning om at ændre normens anvisning kan inddrages.



Figur 2.63 Makstimefaktorens afhængighed af antallet af nedstrøms parcel- og rækkehuse, vist for hverdage og ved 4 forskellige fraktiler



Figur 2.64 Makstimefaktorens afhængighed af antallet af nedstrøms parcel- og rækkehuse, vist for ferie-fridage og ved 4 forskellige fraktiler

Det ses af de to figurer, at indsvingningen for 50 %-fraktilen synes at ske allerede omkring 50-75 boligenheder. Tilsvarende for 75 %- og 95 %-fraktilerne omkring 100 boligenheder, selv om indsvingningskurven for 95 %-fraktilen ses at være svagt flukturerende. For 25 %-fraktilen ses en indsvingning til konstant timefaktor at ske allerede omkring 30-40 boligenheder.

Resultatet indikerer, at normens henvisning til brug af DS 439, kan ændres fra at gælde for et antal boligenheder mindre end 200 til - i alle tilfælde - et antal boligenheder mindre end 100. Resultatet gælder af ovennævnte grunde kun for parcel- og rækkehuse.

#### 2.4.6 Brug af projektets resultater

Med resultaterne fra det aktuelle projekt foreligger et grundlag for at fastlægge dimensionsgivende vandforbrug til brug for dimensionering af vandforsyningsledninger. Der er i flere tilfælde tale om et nyt koncept for dimensionering i forhold til den gældende norm, /2/.

Den største principielle forskel ligger i, at der i højere grad end i den gældende norm tages højde for den tidsmæssige variation af vandforbruget, herunder samtidigheden af forskellige forbrugerkategoriernes vandforbrug. Dette hensyn til samtidighed har i øvrigt i flere år været inddraget i forbindelse med opstilling af og beregning med computermodeller for vandforsyningsnet.

I den gældende norm er metoden principielt, at de maksimale vandforbrug, der fastlægges for de enkelte forbrugskategorier, summeres til et dimensionsgivende vandforbrug i et aktuelt forsyningsområde. Det svarer til, at de forskellige kategoriernes maksimale forbrug foregår samtidigt. Men i praksis vil de normalt ligge på forskellige tider af året, ugen og døgnet. Derfor vil brug af normen - alt andet lige - resultere i en overdimensionering af vandledningerne med uønskede konsekvenser for anlægsudgifter og vandets opholdstid i ledningsnettet.

##### 2.4.6.1 Dimensionsgivende vandforbrug – et eksempel

I dette afsnit gives der et eksempel på mulig brug af projektets resultater til at fastlægge et dimensionsgivende vandforbrug. Der sammenlignes med brug af den gældende norm, /2/.

Som eksempel betragtes et planlagt nyt bygeområde, der er beliggende ved en fjord i en mindre by, med:

- 200 parcel- og rækkehuse med et forventet gennemsnitligt antal personer på 3 per hus - i alt 600 personer
- En vuggestue til 40 børn
- En børnehave til 60 børn
- Et fritidsområde med 100 huse – og for at kunne bruge den gældende norm, med 3 personer per hus

Med brug af 50%-fraktilkurven for parcel- og rækkehuses enhedsforbrug, Figur 2.19, fås et enhedsforbrug på 37,3 m<sup>3</sup>/år per person, svarende til i alt ca. 22.400 m<sup>3</sup>/år.

For de andre forbrugskategorier fås tilsvarende årsforbrug på:

- Vuggestue: ca. 425 m<sup>3</sup>
- Børnehave: ca. 680 m<sup>3</sup>
- Fritidshuse: ca. 3800 m<sup>3</sup>

Fra Figur 2.27 ses, at parcel- og rækkehuse som den dominerende forbrugskategori i gennemsnit har sit største forbrug i august måned, med en faktor på 1,2 i forhold til månedsgennemsnittet. Dette resulterer i et forventet middelforbrug i august for parcel- og rækkehuse på ca. 2.250 m<sup>3</sup>.

For de andre forbrugskategorier fås tilsvarende middelforbrug i august måned på:

- Vuggestue: ca. 41 m<sup>3</sup>
- Børnehave: ca. 65 m<sup>3</sup> (brug af månedsfaktor for vuggestuer)
- Fritidshuse: ca. 505 m<sup>3</sup>

Ifølge Figur 2.28 er forbruget for parcel- og rækkehuse større på en feriefri dag i forhold til en hverdag, men dog kun på ca. 1,1 i forhold til 0,98 på en hverdag. I sammenhæng med de største gennemsnitlige timefaktorer for de 2 døgn typer, ca. 2,1 og 2,7 (kl. ca. 9.30, jf. Figur 2.29), vil hverdagsdøgnet samlet set resultere i det største timeforbrug. Det største timeforbrug på en hverdag, kl. 9.30 (i august) findes derved til ca. 8 m<sup>3</sup>/time. For de andre forbrugskategorier findes tilsvarende for en hverdag, kl. 9.30 (i august):

- Vuggestue: ca. 0,1 m<sup>3</sup>
- Børnehave: ca. 0,1 m<sup>3</sup>
- Fritidshuse: ca. 0,8 m<sup>3</sup>

Det dimensionsgivende vandforbrug til dimensionering af en eventuel fødeledning til det samlede forsyningsområde kan ved det beskrevne dimensioneringsvalg findes til ca. 9 m<sup>3</sup>/time. Og forbruget forventes at finde sted på en hverdag, kl. 9.30 i august måned.

Ved brug af den gældende norm kan beregnes årsforbrug for området i intervallet 37.100 – 53.000 m<sup>3</sup>. Det tilsvarende maksimale (dimensionsgivende) timeforbrug vil ligge i intervallet 14,5 – 64 m<sup>3</sup>/time. Det store spænd i det dimensionsgivende forbrug skyldes først og fremmest normens angivelser for fritidsforbruget.

Ved brug af den gældende norm og et årsforbrug for de enkelte forbrugskategorier svarende til projektets resultater (altså i alt svarende til 27.300 m<sup>3</sup>) ville det dimensionsgivende vandforbrug ligge i intervallet 11 - 24 m<sup>3</sup>/time (ved valg af en forbrugsperiode på 125 dage for fritidshuse, svarende til gennemsnittet af normens angivelser). Det vil svare til, at den gældende norm blev brugt på et vandforbrug, hvor der var taget højde for de sidste 15-20 års reduktion i vandforbruget. Alligevel vil det dimensionsgivende vandforbrug fundet ved brug af det aktuelle projekts resultater ligge under den nedre intervalværdi for forbruget fundet ved den gældende norm. Både forskel i enhedsforbrugets størrelse samt større inddragelse af den tidlige forbrugsvariation vil resultere i et lavere dimensionsgivende vandforbrug – for det vurderede eksempel og det beskrevne dimensioneringsvalg.

Ovennævnte resultaterne er samlet i efterfølgende Tabel 2.7.

Forbrugstype	Vurderet vandforbrug (m <sup>3</sup> ) ved brug af:	
	Det aktuelle projekt	Gældende norm, /2/
Årsforbrug	27.300	37.100 – 53.000 / (27.300) <sub>1)</sub>
Maksimalt timeforbrug = dimensionsgivende forbrug for ledningsnettet	9	14,5 – 64 / (11 - 24)

Tabel 2.7 Eksempel på vurdering af dimensionsgivende vandforbrug ved brug af det aktuelle projekts resultater og den gældende norm

<sup>1)</sup> I parentes er angivet værdier svarende til, at der ved brug af gældende norm er taget højde for de sidste 15-20 års reduktion i vandforbruget (svarende til årsforbruget vurderet ved brug af det aktuelle projekts resultater)

## 2.5 Konklusion

Afsnittet er delt op svarende til resultatafsnittene.

### 2.5.1 Anbefalede forbrugskategorier

I forhold til den gældende norm, /2/, er der anbefalet følgende forskelle med hensyn til forbrugskategorier:

- For husholdning skelnes mellem lejligheder og parcel-/rækkehuse
- For institutioner skelnes mellem vuggestuer og børnehaver
- Der er anbefalet ny forbrugskategori under erhverv: Butikcentre, der udover den gældende norms supermarkeder, omfatter storcentre og butikcentre

Ellers svarer de kategorier, der indgår i projektet, til den tidligere norms angivelser.

### 2.5.2 Anbefalede normeringsenheder

I forhold til den gældende norm, /2/, er der kun forskel på anbefalet normangivelse for fritidshuse. Det anbefales at bruge antal fritidshuse frem for antal personer pr. fritidshus.

Ellers svarer de normeringsenheder, der indgår i projektet, til den gældende norms angivelser.

### 2.5.3 Fastsættelse af enhedsforbrug

Generelt tages udgangspunkt i at bruge enhedsforbrug per år. F.eks. anbefales for vandforbrug inden for husholdninger at bruge antal m<sup>3</sup>/år per person, i stedet for normens antal liter/døgn per person. Dette anbefales for at kunne synliggøre og inddrage betydningen af tidlige forbrugsvariationer i vurdering af de dimensionsgivende vandforbrug.

Den gældende norm, /2/, angiver alene enhedsforbrug, der formodentlig er baseret på simpel midling af et antal målte enhedsforbrug. I det aktuelle projekt præsenteres enhedsforbrugene som grafer. Graferne viser enhedsforbrugene som funktion af antallet af forbrugsenheder.

For lejligheder samt parcel-/rækkehuse er der præsenteret 25%-, 50%- og 75%-fraktilkurver for sammenhængen mellem årsforbrug og antallet af forbrugsenheder.

Desuden angives enhedsforbrug ved simple middelværdier.

For forbrugskategorien fritidshuse har datagrundlaget ikke muliggjort en grafisk præsentation af sammenhængen mellem enhedsforbruget og antal enheder (fritidshuse). For fritidshuse foreligger derfor alene en simpel middelværdi.

Projektets angivelse af simple middelværdier for enhedsforbrugene er sammenlignet med den gældende norm, jf. Tabel 2.5.

Heraf fremgår, at der for de fleste enhedsforbrug er en markant forskel mellem det aktuelle projekts resultater og den gældende norms værdier. Værdierne for enhedsforbrugene i den gældende norm er – som venteligt – markant højere. Dette blev også konkluderet i det tidligere projekt /1/.

Den markante forskel i simple middelværdier indikerer derfor også, at brug af graferne i en dimensioneringsmæssig sammenhæng vil resultere i væsentligt lavere enhedsforbrug.

#### 2.5.4 Forbrugsvariationer

Der er for de undersøgte forbrugskategorier – og hvis datagrundlaget har været til stede - udarbejdet grafisk præsentation af forbrugets:

- Månedsvariation
- Døgnvariation, for to døgn typer, nemlig hverdage og ferie-fridage (inkl. lørdage-søndage) – baseret på tidsserier af 7 døgn
- Timevariation, igen for de to døgn typer, hverdage og ferie-fridage.

Den grafiske præsentation af resultater er i de fleste tilfælde selvforklarende. Der knyttes derfor kun nogle enkelte kommentarer til resultaterne:

- Når månedsvariationen for parcel- og rækkehuse sammenlignes med lejligheder fremgår følgende:
  - For lejligheder har perioden fra maj til august de laveste månedsfaktorer
  - For parcel- og rækkehuse udgør maj, juni og august de 3 ud af 4 måneder, som har de højeste månedsfaktorer
- Når timevariationen for parcel- og rækkehuse sammenlignes med lejligheder fremgår følgende:
  - Der er to spidsforbrug om morgenen/formiddagen for parcel- og rækkehuse, men ”kun” én for lejligheder
  - Timefaktorerne er højere for parcel- og rækkehusenes morgen-/formiddagsforbrug
  - Det første spidsforbrug for parcel- og rækkehusene forekommer 1-2 timer tidligere end spidsforbruget for lejligheder
- For plejehjem er de gennemsnitlige vandforbrug i perioden maj-juli størst
- For fritidshuse viser månedsvariationen for et enkelt, men stort, område ved Århus, at det største forbrug som forventet ligger i sommermånederne juni-august
- For butikcentre ses følgende:
  - Det højeste månedsforbrug ligger i juli-august
  - Timevariationen på hverdage og ferie-fridage er stort set ensartet.

Tillige er beregnet middelværdier for maksdøgnfaktorer fra måleserier af 30 døgn. En sammenligning af værdierne med de få værdier fra den gældende norm vurderes dog at være tvivlsom, bl.a. da normen refererer til forskellige kategorier af forsyningsområder.

#### 2.5.5 Normens gyldighed i forhold til antallet af parcel- og rækkehuse

Projektets resultat indikerer, at normens henvisning til brug af DS 439, kan ændres fra at gælde for et antal boligenheder mindre end 200 til - i alle tilfælde - et antal boligenheder mindre end 100. Resultatet gælder dog kun for parcel- og rækkehuse.



### 2.5.6 Brug af projektets resultater

Ved brug af projektets resultater til vurdering af dimensionsgivende vandforbrug i forhold til brug af den gældende norm tages højde for den tidsmæssige variation af vandforbruget, herunder samtidigheden i forskellige forbrugerkategoriernes vandforbrug.

Dette resulterer – alt andet lige - i mindre dimensioner for vandledningerne, med de heraf afledte positive følger for anlægsudgifter og vandets opholdstid i ledningsnettet.

Ud fra et eksempel på et forsyningsområde sammenlignes et valgt brug af projektets resultater (der er flere muligheder) med brug af den gældende norm. Sammenligningen indikerer som ventet, at brug af det aktuelle projekt resulterer i et lavere dimensionsgivende vandforbrug på grund af:

- Mindre enhedsforbrug
- Inddragelse af den tidlige forbrugsvariation

Ved manuel brug af projektets resultater kan det dimensionsgivende vandforbrug, når der er tale om flere forbrugskategorier i et forsyningsområde, findes ved en vurderings- og udvælgelsesproces. Fastlæggelse af tidspunktet for det dimensionsgivende vandforbrug vil afhænge af det største forbrug for den forbrugskategori, der forbrugsmæssigt er dominerende i området.

Et simpelt computerprogram kunne automatisere denne optimeringsproces.

### 2.6 Behov for supplerende undersøgelser og data

Behovet angives detaljeret for forbrugskategorierne med høj prioritet, jf. Tabel 2.1 og Tabel 2.3.

For de lavere prioriterede forbrugskategorier, herunder erhverv og særlig for landbrug, bør der følges op med indsamling af områdemålinger. Det er muligt at indsamle forbrugsdata for områder med nogenlunde ensartet sammensætning af forbrugere. Der kan som minimum vurderes enhedsforbrug med areal som normeringsenhed. Med henvisning til afsnit 2.4.1.8 om landbrug vurderes det for denne forbrugskategori at være relevant at skelne mellem forskellige underkategorier. På grund af den store specialisering inden for branchen, vurderes der at være markante forskelle i landbrugenes vandforbrug, afhængig af det enkelte landbrugs fokusområder.

#### 2.6.1 Lejligheder

For lejligheder anbefales det at udføre en screening af data, herunder en dataopfølgning i relation til leverandørerne af data. Der skal sikres en større entydighed i sammenhængen mellem antal personer per lejlighed og de målte forbrug. Dette forventes at resultere i:

- Mere sikre resultater i den grafiske præsentation af enhedsforbruget
- Muligheden for en entydig beregning af simpel middelværdi for lejlighedens enhedsforbrug, ud fra det foreliggende datamateriale
- Muligheden for en analyse af normens gyldighedsområde for antallet af nedstrøms lejligheder, dvs. makstimefaktorens afhængighed af antallet af nedstrøms lejligheder – svarende til den tilsvarende analyse for parcel- og rækkehuse, jf. afsnit 2.4.5.

### 2.6.2 Ældreboliger

- Tilvejebringe flere data om antallet af beboere (i sammenhæng med målte forbrug)
- Via ovennævnte forbedring af datagrundlaget for lejligheder, jf. afsnit 2.6.1, at kunne give mere entydige retningslinier for anbefalinger om forbrug i ældreboliger

### 2.6.3 Vuggestuer og børnehaver

Det anbefales at indsamle og behandle tidsserier for månedsforbrug. For vuggestuer indgår kun én i projektets datagrundlag, og for børnehaver ingen.

### 2.6.4 Fritidshjem og integrerede institutioner

Det anbefales at undersøge, om der er andre faktorer, som har større betydning for vandforbruget end antallet af børn. Formålet er at vurdere:

- Om disse to typer institutioner kan anbefales som separate forbrugskategorier i en dimensionsmæssig sammenhæng
- Om der kan findes en bedre normeringsenhed end antallet af børn, og dermed udarbejdes enhedsforbrug for de to institutionstyper.

### 2.6.5 Undervisningsinstitutioner

Det anbefales at indsamle og behandle følgende forbrugsdata:

- Tidsserier for månedsforbrug – som der helt mangler data for
- Flere tidsserier for døgnforbrug med 30 døgn
- Flere tidsserier for timeforbrug
- Flere simple årsforbrug

### 2.6.6 Øvrige anbefalinger om opfølgende arbejde

Det anbefales at udarbejde en simpel computermodel til beregning af dimensionsgivende vandforbrug ud fra det aktuelle projekts resultater.

## 2.7 Litteratur og referencer *(kun for afsnit 2)*

- /1/ DANVA samt Miljø & Ressourcer, DTU. Vandforbrug og forbrugsvariationer. Indledende undersøgelser. 2002-03.
- /2/ IDA, Ingeniørforeningen i Danmark (tidl. Dansk Ingeniørforening). Norm for almene vandforsyningsanlæg, 2. udgave, december 1988. DS 442.
- /3/ Manly, Bryan F.J.: Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology. Chapman & Hall. 1998.
- /4/ IDA, Ingeniørforeningen i Danmark (tidl. Dansk Ingeniørforening). Norm for mindre ikke-almene vandforsyningsanlæg, 2. udgave, december 1988. DS 441.

## 3 Drikkevands opholdstid i etageejendomme

Dette afsnit beskriver arbejdet med og resultaterne fra opstilling af en model til vurdering af det kolde brugsvands kritiske opholdstider i typiske etageejendommers vandinstallationer.

Resultaterne skal bruges som grundlag for at kunne vurdere risici for høje koncentrationer af sundhedsskadelige metaller i drikkevandet, afgivet til drikkevandet fra installationsledninger og armaturer af metal.

Miljøprojektet "Metalafgivelse til drikkevand", nr. 603, fra 2001, /1/, påviser således, at metaller kan afgives til vandet i koncentrationer over ønskede grænseværdier, hvis drikkevandet har en lang kontakttid (opholdstid) med visse installationer og armaturer, der indeholder metaller.

En specifik referenceliste for dette afsnit er placeret umiddelbart efter afsnittet.

### 3.1 Projektafgrænsning

Projektafgrænsningen og dermed rammerne for projektet blev drøftet og fastlagt på to indledende følgegruppemøder:

- Der fokuseres alene på kritisk opholdstid i installationer i forbindelse med lejligheder og ikke énfamiliehuse. Afgrænsningen er primært begrundet med, at det er vanskeligere for en beboer i en boligblok end i et énfamiliehus at styre vandkvaliteten ved gennemskylning af installationen, f.eks. ved at åbne for haner i kortere tid efter en periode uden aftapning
- Der fokuseres alene på kritisk opholdstid for koldt brugsvand, da metalindhold i varmt brugsvand under normale forhold ikke drikkes
- Der skal ikke vurderes opholdstid for det kolde brugsvand i den enkelte lejlighed, kun for blokke eller opgange med flere lejligheder. Opholdstiderne beregnes således som gennemsnit
- Opholdstiderne beregnes fra indgang til vandinstallationen, dvs. nedstrøms vandmåleren inde i ejendommen. Opholdstid i jordledninger indgår derfor ikke i projektet. Der er dermed tale om at regne på énstrengede vandinstallationer.

Efterfølgende projektafgrænsninger blev besluttet på det sidste følgegruppemøde.

#### 3.1.1 Etageejendomme, hovedtyper

Udvalg af nogle eksisterende ejendommers vandinstallationer som grundlag for at beregne opholdstider blev vurderet at give for specifikke resultater. Den generelle værdi af sådanne beregninger blev vurderet at være for ringe. Som alternativ blev det derfor besluttet:

- At beregninger af opholdstid skal ske for 6 hovedtyper af ejendomme med lejligheder, alle op til 5 etager. Beboelsesejendomme er typisk ikke højere end 5 etager. De 6 hovedtyper udgør typiske ejendomme med lejligheder ud fra det erfaringsgrundlag, der er til rådighed

- At dimensioner for installationsledninger i de 6 hovedtyper af ejendomme baseres på en erfaringsmæssig vurdering af "worst case", i tråd med at der fokuseres på opholdstider, der er kritiske
- At beregninger af kritiske opholdstider som minimum skal ske for den fjernest liggende installation i lejlighederne på øverste, dvs. 5. etage, for hver af de 6 ejendomstyper
- At resultaterne for hver af de 6 typer af ejendomme vises i form af kurver for akkumulerede opholdstider over en periode på flere dage, inkl. en weekend (ferie/fridage)
- At der som en del af resultaterne skal angives ledningsvolumer for delsektioner af installationerne i de 6 typer ejendomme, dvs. for føde-/kælderledning, stigstreng, afgrening og for den interne ledning i lejlighederne.

De 6 hovedtyper af etageejendomme er følgende (A1-A3 og B1-B3), /5/:

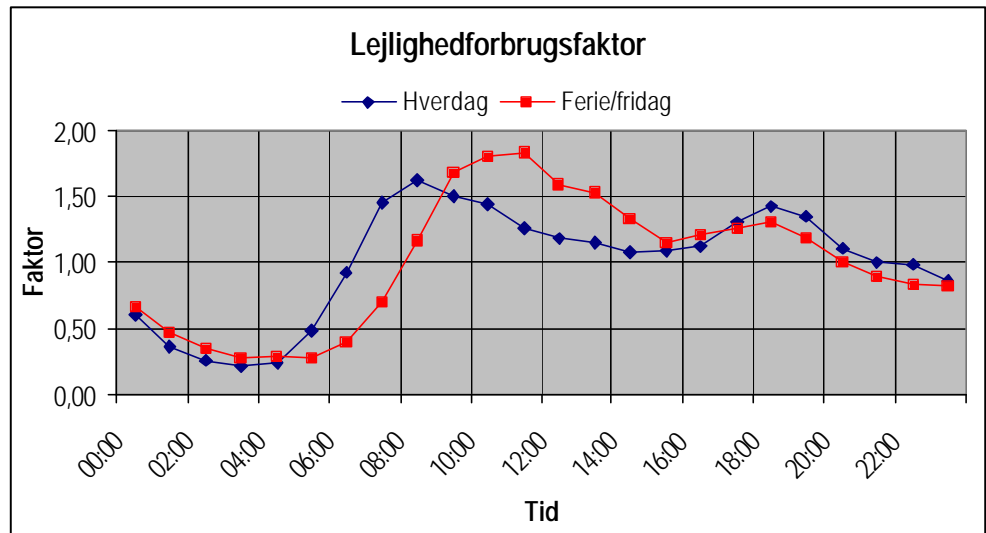
- A1 Nye lejligheder med penthouse; følger den trend, der i dag bygges efter. Ofte med lejligheder, der indeholder 2 badeværelser og moderne køkken med opvaskemaskine. Varmtvandsbeholder placeret i kælder.
- A2 Nye lejligheder fra ca. 1990-1997; moderne lejligheder, men ofte kun med et badeværelse. Der er opvaskemaskine og vaskemaskine i lejlighederne. Varmt vandsbeholder placeret i kælder.
- A3 Renoverede lejligheder fra 1990 og frem; ældre ejendomme, hvor ejendommens lejligheder (badeværelser og køkken) er renoveret. Der er nu brusebad i alle lejligheder, men ikke installation til vaskemaskine og opvaskemaskine. Varmtvandsbeholder placeret i kælder.
- B1 Nye ejendomme fra før 1990; lejlighedsbyggerier opført i 1970'erne og 1980'erne, ofte med et badeværelse, hvor vaskemaskine kan være placeret. Varmtvandsbeholder placeret i kælder.
- B2 Renoverede lejligheder fra før 1990; som model A3, men udført før 1990
- B3 Ikke renoverede lejligheder fra før 1990; ældre etageejendomme, hvor vandinstallationen er ført op i ejendommen som synlig installation i forbindelse med etablering af toiletter i ejendommen. Der kan være varmtvandsbeholder i lejlighederne, eller centralt i kælder.

Begrundelsen for at skelne mellem lejligheder efter/før ca. 1990 (A og B) er, at dette svarer til skæringspunktet for brug af IDAs (på daværende tidspunkt Dansk Ingeniørforenings) norm for vandinstallationer, DS 439 /3/, der i sin 2. version trådte i kraft i 1989. Normen fik væsentlig indflydelse på efterfølgende dimensionering af vandinstallationer.

### 3.1.2 Vandbrug, brugt til vurderinger af opholdstid

Som forbrugsinput til beregningerne af de kritiske opholdstider bruges en forbrugsvariationskurve, som beskriver den gennemsnitlige forbrugsvariation for en periode med hverdage og 2 ferie/fridage (svarende til en weekend). Kurven baseres på resultaterne fra delprojektet "Vandforbrug og forbrugsvariationer", herunder:

- Et enhedsforbrug i lejligheder på 128 m<sup>3</sup>/år, som er fundet i forbrugsvariationen henover en middel-uge, fra /6/
- Timeforbrugsfaktor-kurver for hverdag hhv. ferie-fridage, se efterfølgende Figur 3.1.



Figur 3.1 Variationen i timeforbrugsfaktoren for hverdage hhv. ferie-fridage

Den tidlige variation igennem døgnet er vigtig at få korrekt modelleret, da det er afgørende for den maksimale opholdstid i installationerne.

### 3.2 Model- og forbrugsdata

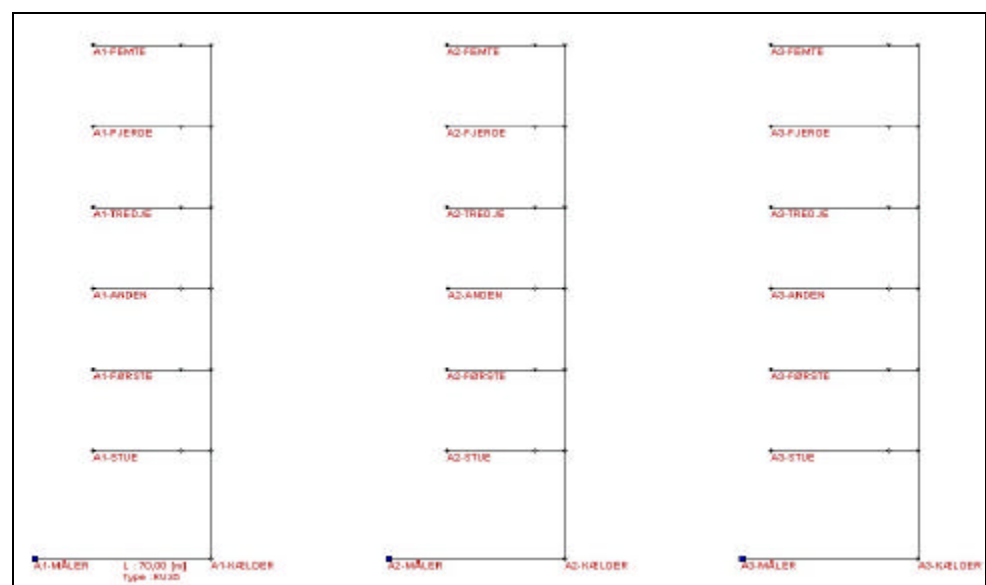
De model- og forbrugsdata der ligger til grund for beregningen af opholdstiden i etageejendommens koldtvandsinstallationer kan inddeles i 2 kategorier:

- Geometriske data
- Forbrugsdata

Alle model- og forbrugsdata er implementeret i AQUIS-ledningsmodeller, jf. efterfølgende afsnit 3.3.1.

#### 3.2.1 Geometriske data

Geometriske data er dimensioner og længder af ledningsføring i den enkelte type af lejligheder. De brugte data fremgår af Bilag C, /5/. Den principielle opbygning ses af efterfølgende Figur 3.2.



Figur 3.2 Principiel opbygning af installationer, her for type A, /5/

Der er dels beregnet opholdstid for en punktbebyggelse (med kun én opgang) og dels for områdebebyggelser (flere opgange/boligblokke).

### 3.2.2 Forbrugsdata

Som grundlag for beregninger af opholdstiden bruges et gennemsnitligt forbrug per lejlighed på  $128 \text{ m}^3/\text{år}$ , /6/. Det brugte lejlighedsforbrug på  $128 \text{ m}^3/\text{år}$  reduceres til  $2/3$  af enhedsforbruget svarende til den normale og gennemsnitlige andel af det samlede forbrug, som koldtvandsforbruget udgør, jf. bl.a. /4/.

## 3.3 Databehandling

### 3.3.1 Beskrivelse af brugte metoder

Der er opbygget 4 AQUIS-ledningsmodeller (hydraulik- og vandkvalitetssoftware), der indeholder den geometriske udformning af koldtvandsinstallationen i de 6 lejlighedstyper A1, A2 og A3 samt B1, B2 og B3.

AQUIS-modellerne er i stand til at beregne de hydrauliske og vandkvalitetsmæssige forhold igennem ugen, hvor de vandkvalitetsmæssige forhold er repræsenteret som middellopholdstiden for vandet ved tapstedet. Middellopholdstiden er opholdstiden af vandet, fra det har passeret hovedmåleren til det aftappes ved det fjerneste tapsted i den enkelte lejlighed.

### 3.3.2 Begrænsninger ved metodevalget

I metodevalget ligger nogle klare begrænsninger for, hvordan resultaterne kan fortolkes og bruges til vurdering af afsmitning fra metalholdige installationer og armaturer.

Der er taget udgangspunkt i de 6 standardiserede lejlighedstyper, uden at det i dette projekt er undersøgt, hvordan boligmassen er fordelt på de enkelte typer.

Det er tillige en gennemsnitlig forbrugsvariationskurve, der udgør grundlaget for beregningen af opholdstiderne, hvilket bevirker, at der selv i nattetimerne er et lille forbrug. I realiteten vil forbruget i mange lejligheder i nattetimerne være et nul-forbrug og dermed give en højere opholdstid end beregnet med den valgte metode.

Det vurderes dog, at de fundne opholdstider giver et billede af, om der er et generelt opholdstidsproblem i de undersøgte lejlighedstypers installationer.

## 3.4 Resultater

### 3.4.1 Opholdstider

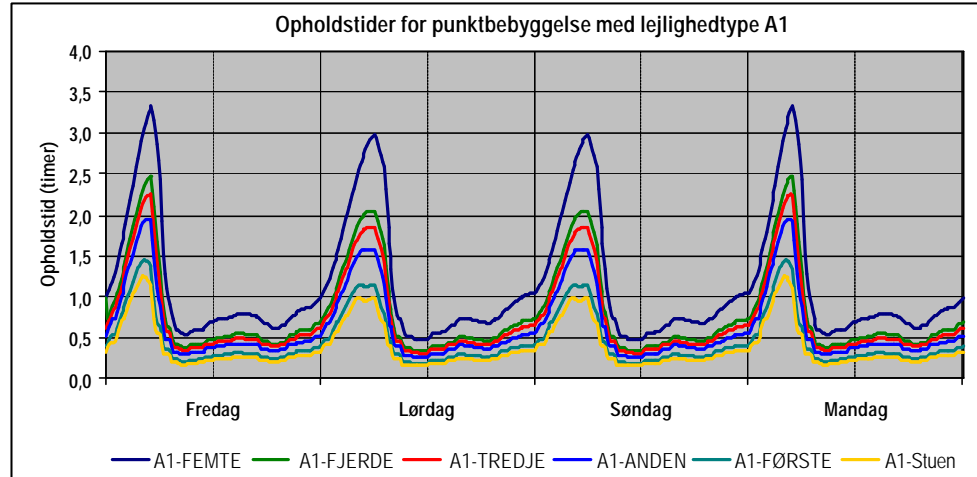
De beregnede opholdstider ses af efterfølgende kurver. For hver af de 6 lejlighedstyper er opholdstidens variation vist for:

- En punktbebyggelse, dvs. med kun én opgang, og med en kælderledning fra hovedmåler til stigstrengen på 10 meters længde, samt
- en områdebebyggelse, dvs. med flere opgange eller boligblokke, og med en kælderledning fra hovedmåler til sidste stigstreng på 70 meters længde.

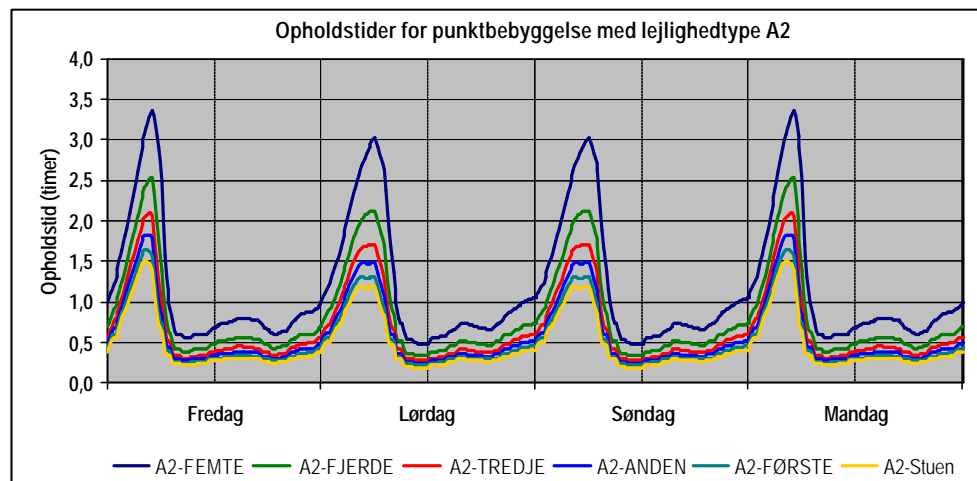
Desuden er der for hver af de 6 lejlighedstyper vist kurver for de beregnede opholdstider frem til de fjerneste tapsteder for lejlighederne i stueetagen og samtlige 5 etager.

Til sidst vises stavdiagrammer for bebyggelsens maksimale og minimale opholdstider.

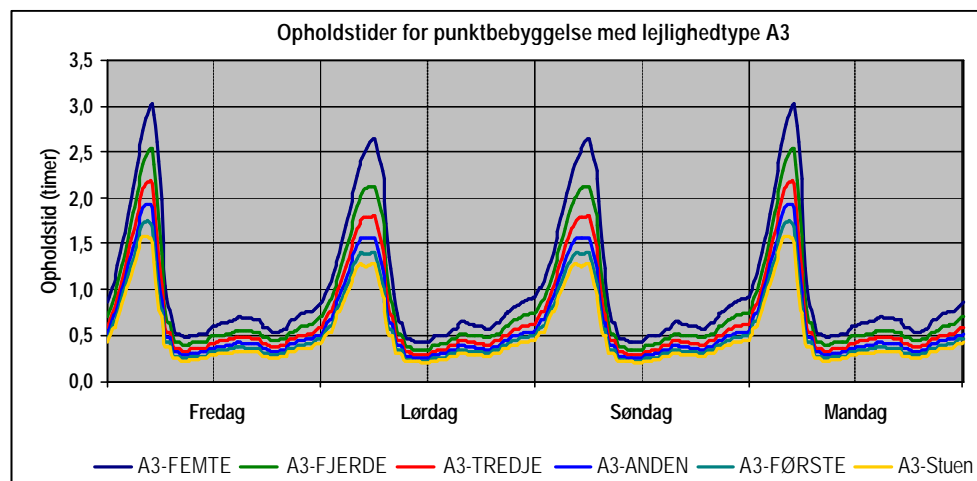
### 3.4.1.1 Punktbebyggelser, lejlighedstyper A1-A3 (bygget efter 1990)



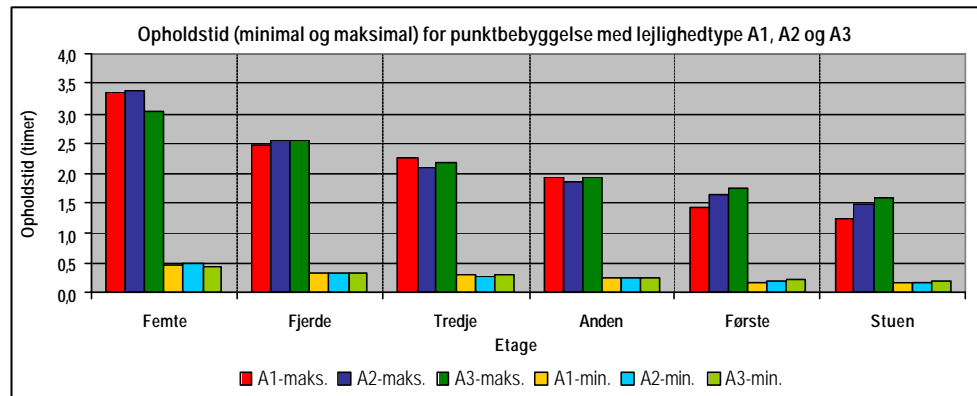
Figur 3.3 Opholdstidens variation for punktbebyggelse, lejlighedstype A1



Figur 3.4 Opholdstidens variation for punktbebyggelse, lejlighedstype A2

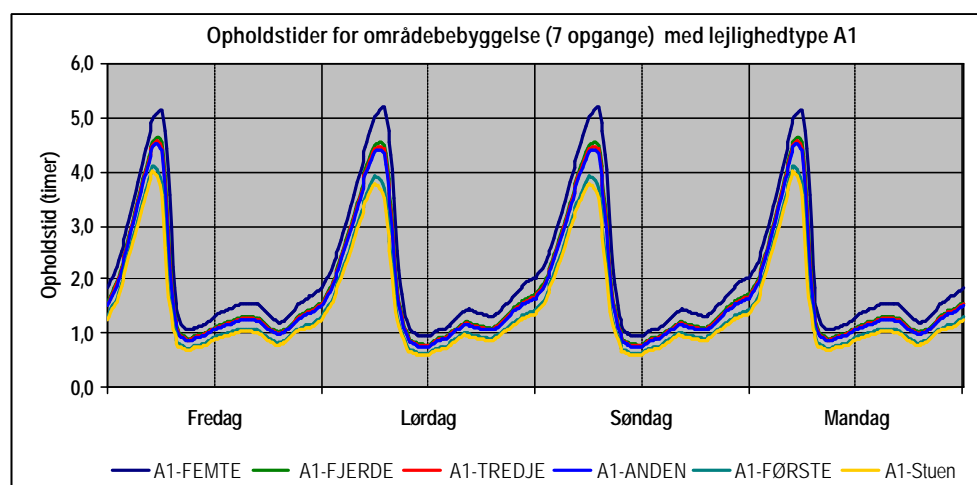


Figur 3.5 Opholdstidens variation for punktbebyggelse, lejlighedstype A3

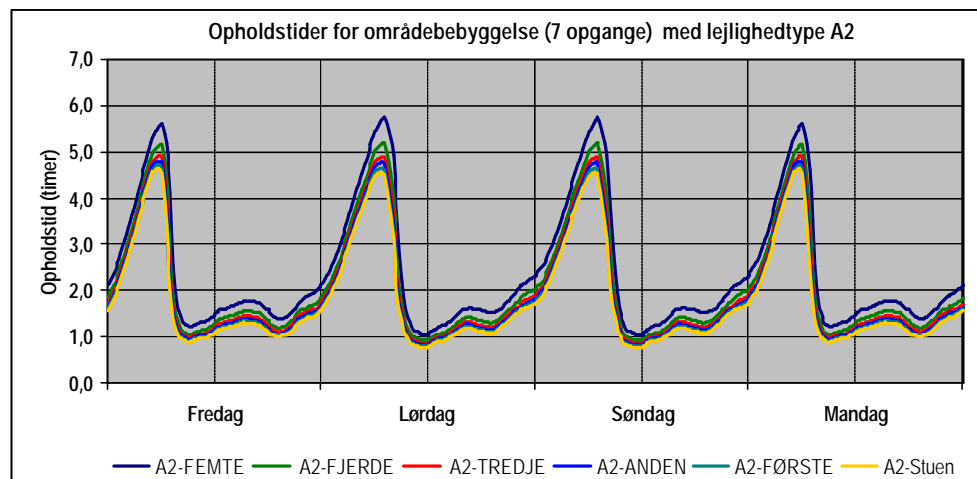


Figur 3.6 Maksimale og minimale opholdstider for punktbebyggelse, lejlighedstyperne A1-A3

### 3.4.1.2 Områdebebyggelser, lejlighedstyper A1-A3 (bygget efter 1990)

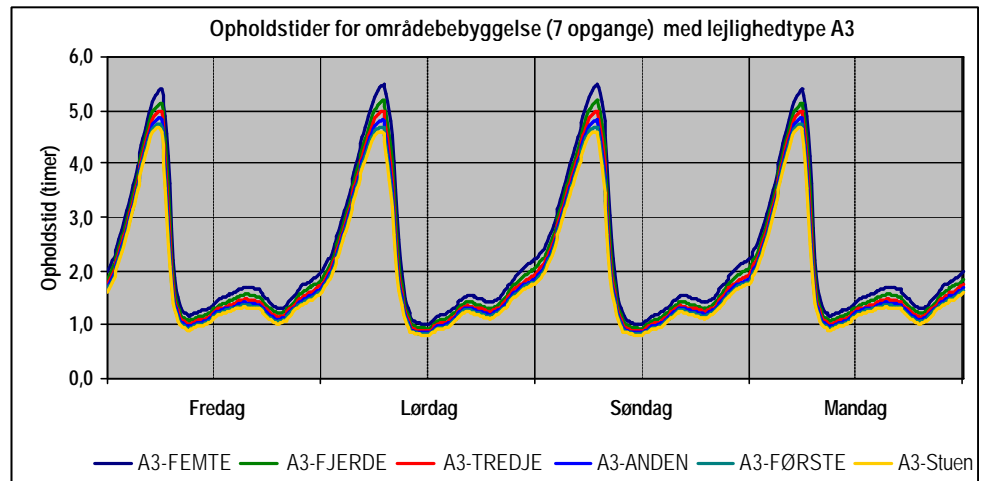


Figur 3.7 Opholdstidens variation for områdebebyggelser, lejlighedstype A1

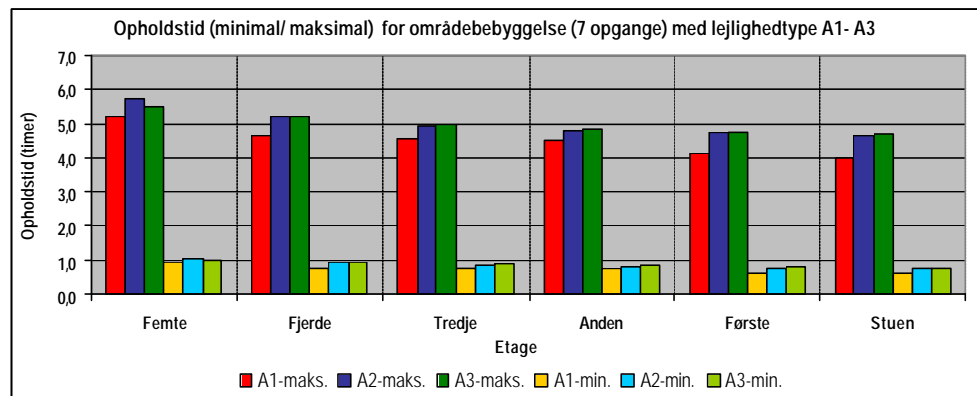


Figur 3.8 Opholdstidens variation for områdebebyggelser, lejlighedstype A2



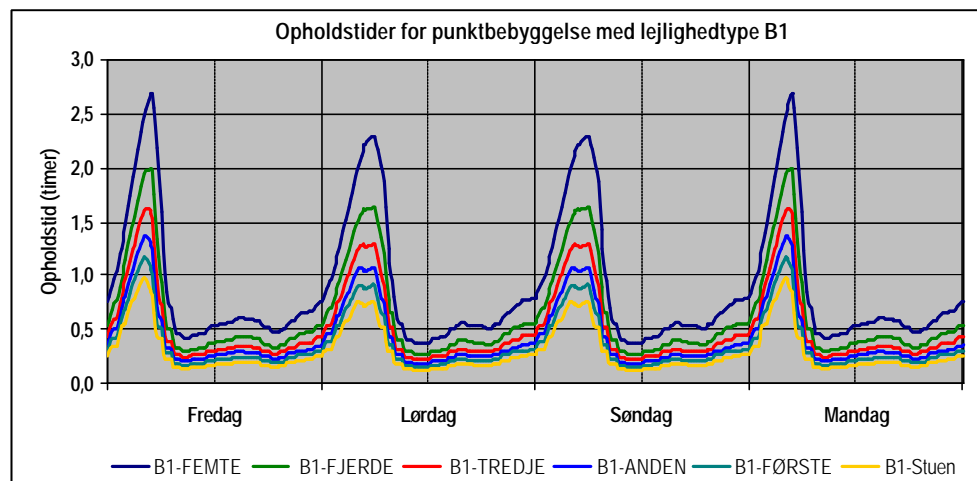


Figur 3.9 Opholdstidens variation for områdebebyggelser, lejlighedstype A3

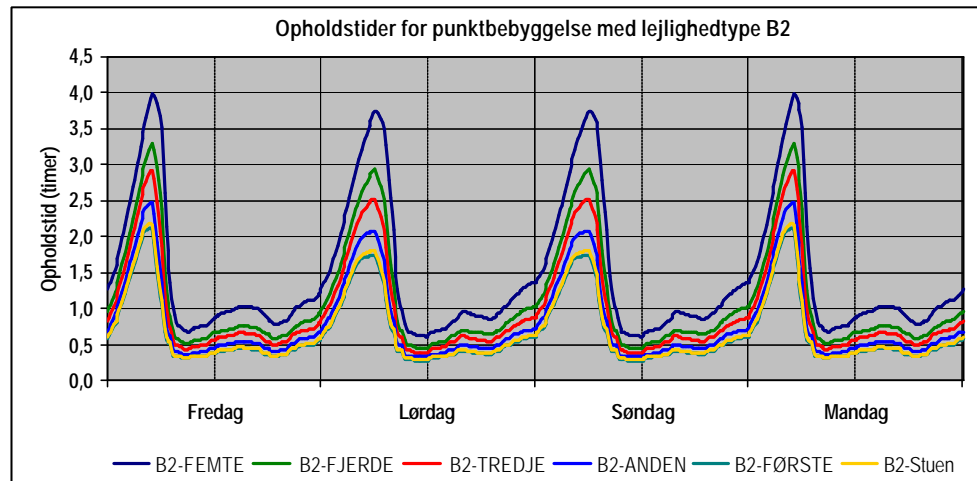


Figur 3.10 Maksimale og minimale opholdstider for områdebebyggelser, lejlighedstyperne A1-A3

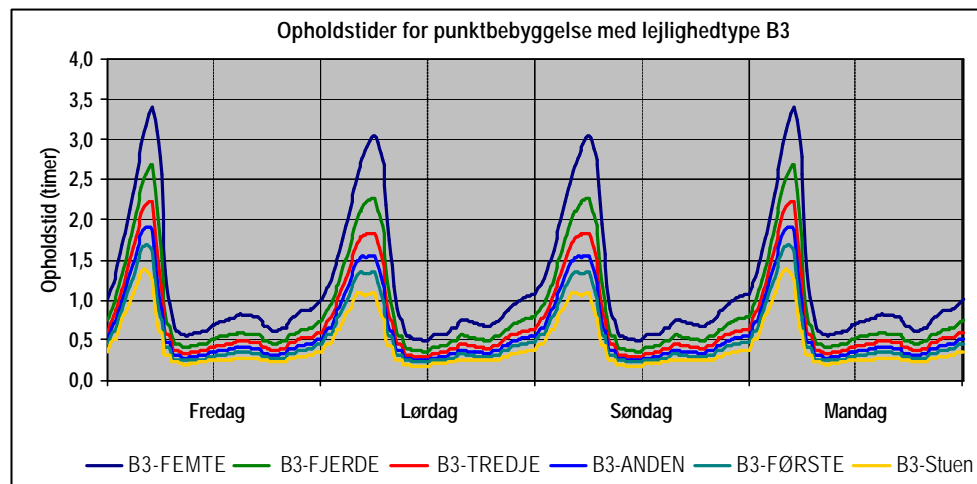
### 3.4.1.3 Punktbebyggelser, lejlighedstyper B1-B3 (bygget før 1990)



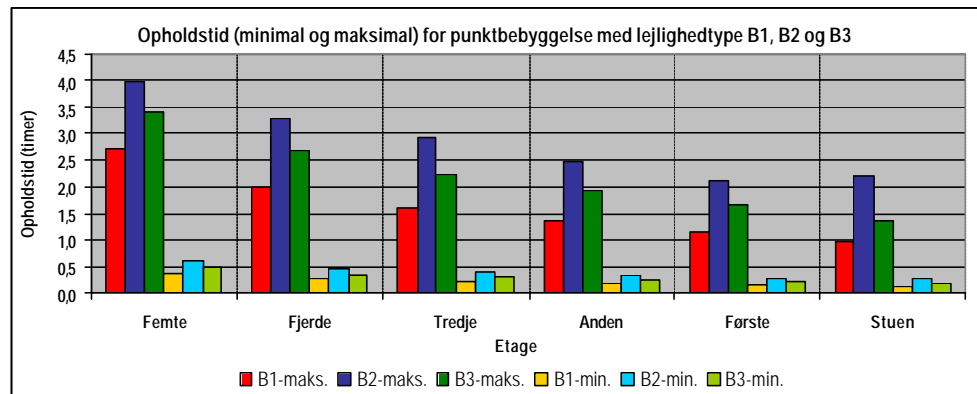
Figur 3.11 Opholdstidens variation for punktbebyggelse, lejlighedstype B1



Figur 3.12 Opholdstidens variation for punktbebyggelse, lejlighedstype B2

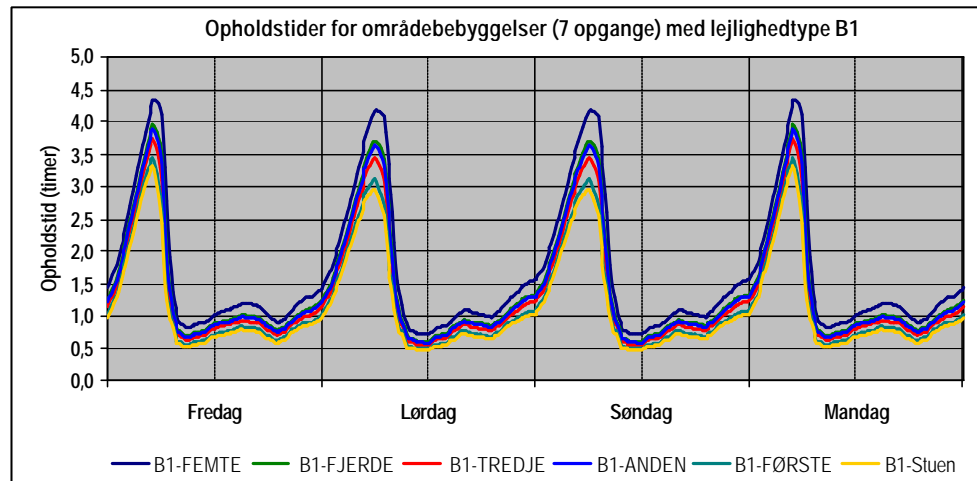


Figur 3.13 Opholdstidens variation for punktbebyggelse, lejlighedstype B3

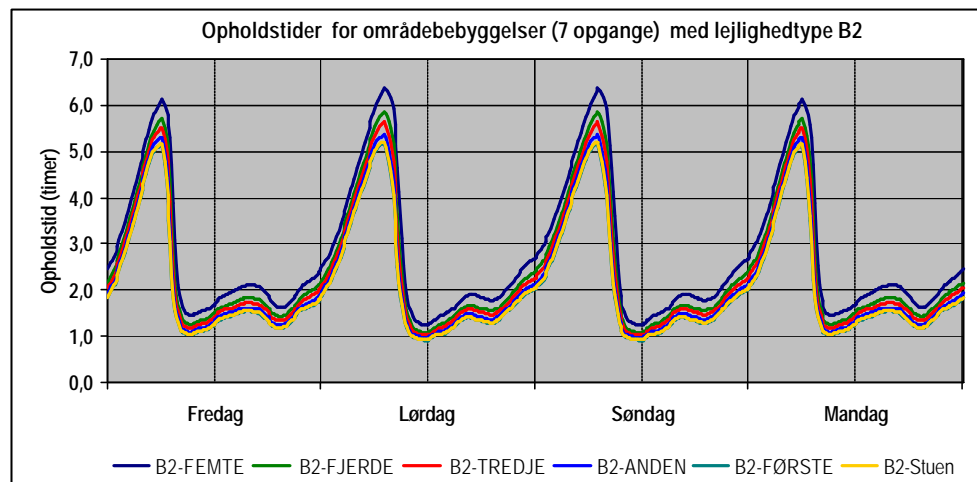


Figur 3.14 Maksimale og minimale opholdstider for punktbebyggelse, lejlighedstyperne B1-B3

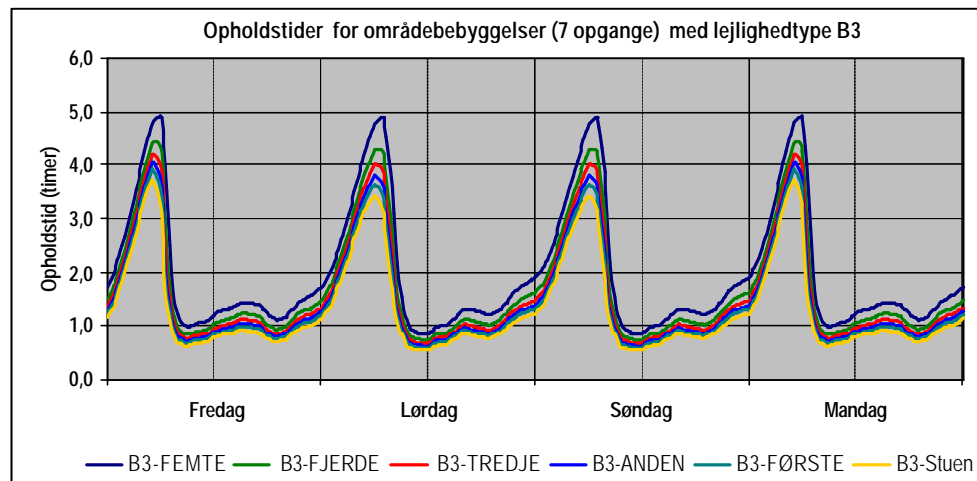
### 3.4.1.4 Områdebebyggelser, lejlighedstyper B1-B3 (bygget før 1990)



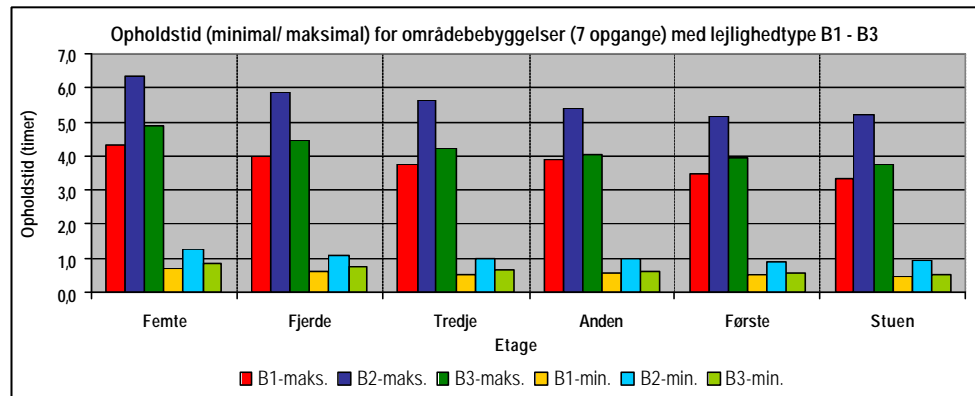
Figur 3.15 Opholdstidens variation for områdebebyggelser, lejlighedstype B1



Figur 3.16 Opholdstidens variation for områdebebyggelser, lejlighedstype B2



Figur 3.17 Opholdstidens variation for områdebebyggelser, lejlighedstype B3



Figur 3.18 Maksimal og minimale opholdstider for områdebebyggelser, lejlighedstyperne B1-B3

### 3.4.2 Beregninger af volumener i undersøgte etageejendommers installationer

Efterfølgende Tabel 3.1 viser de akkumulerede volumener (liter) i de undersøgte etageejendommers installationer. Volumenerne er beregnet fra hovedmåler til fjerneste tapsted for hver etage i de 6 typer af etageejendomme, herunder for punktbebyggelser såvel som for områdebebyggelser.

Etage	Pkt.bebyg A1	Pkt.bebyg A2	Pkt.bebyg A3	Pkt.bebyg B1	Pkt.bebyg B2	Pkt.bebyg B3	Omr.bebyg A1	Omr.bebyg A2	Omr.bebyg A3	Omr.bebyg B1	Omr.bebyg B2	Omr.bebyg B3
Stuen	11,3	14,5	77,1	8,3	14,5	8,6	59,6	76,9	77,1	44,6	76,9	44,8
Første	13,7	16,3	78,9	10,2	15,9	10,4	62,0	78,7	78,9	46,6	78,3	46,6
Anden	16,0	18,1	80,7	12,0	17,7	11,6	64,3	80,5	80,7	48,4	80,1	47,7
Tredje	17,8	19,9	82,6	13,8	19,5	12,7	66,1	82,3	82,6	50,2	81,9	48,9
Fjerde	19,4	21,9	84,4	15,6	20,6	13,8	67,6	84,3	84,4	52,0	83,1	50,0
Femte	21,9	24,4	85,7	17,4	21,8	15,0	70,2	86,9	85,7	53,8	84,2	51,1

Tabel 3.1 Akkumulerede volumener i installationerne fra måler til fjerneste tapsted for de undersøgte etageejendomme, i liter

Den mere detaljerede opdeling af de beregnede volumener i sektioner fremgår af Bilag D1-D6. Med sektioner menes følgende strækninger:

- Kælderledning fra måler til stigstreng
- Stigstreng fra etage til etage
- Afgrening på hver etage
- Ledning fra afgrening til fjerneste tapsted i lejligheden

## 3.5 Konklusion

### 3.5.1 Lejlighedstyper bygget efter 1990 (type A)

Det ses af de præsenterede kurver, at de maksimale og dermed kritiske opholdstider:

- For punktbebyggelser (én opgang) beregnes til at være fra 2 timer i stueetagen til ca. 3½ time på 5. etage
- For områdebebyggelser beregnes til at være fra 5 timer i stueetagen til ca. 6 time på 5. etage

### 3.5.2 Lejlighedstyper bygget før 1990 (type B)

For disse lejlighedstyper ses det, at de maksimale og dermed kritiske opholdstider:

- For punktbebyggelser (én opgang) beregnes til at være fra 2 timer i stueetagen til ca. 4 time på 5. etage

- For områdebebyggelser beregnes til at være fra 5 timer i stueetagen til ca. 6½ time på 5. etage

### 3.5.3 Begge lejlighedstyper

Områdebebyggelser medfører som forventet væsentlig længere kritisk opholdstid, mens der ikke er den store forskel i opholdstider for de to hovedtyper af undersøgte typiske etageejendomme, dvs. bygget efter hhv. før 1990.

Sammenholdt med de beregnede volumener af installations-sektioner indikerer resultaterne, at den kritiske opholdstid primært afhænger af længden af kælderledningen fra hovedmåler frem til sidste stigstreng.

Det er desuden vigtigt at bemærke de kommentarer, der i afsnit 3.3.2 knyttes til begrænsningerne i metodevalget.

### 3.6 Litteratur og referencer *(kun for afsnit 3)*

- /1/ Miljøstyrelsen, 2001 (Vandrådet/Vandfonden). Metalafgivelse til drikkevand. Miljøprojekt nr. 603. Udarbejdet med Kate Nielsen som projektleder i samarbejde med flere DTU-institutter.
- /2/ Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg, BEK nr. 871 af 21/09/2001.
- /3/ IDA (Ingeniørforeningen i Danmark). Norm for vandinstallationer, 3. udgave, juli 2000. DS 439.
- /4/ Svend Sidenius. Vandmålere i lejligheder. Artikel i VANDteknik nr. 8, okt. 1999.
- /5/ Birch & Krogboe. Typiske dimensioner for installationer til koldt brugsvand i forskellige lejlighedstyper, udarbejdet på empirisk grundlag. 2004.
- /6/ DANVA samt Miljø & Ressourcer, DTU. Vandforbrug og forbrugsvariationer. Indledende undersøgelser. 2002-03.



## 4 Ordliste

Akkumuleret	Løbende opsamlet eller opsummeret
AQUIS	Navn på model-software til ledningsnet
Armaturer	Fællesbetegnelse for alle former for ventiler og haner
Bootstrap-teknik	En metode til udtagning af værdier fra et prøvesæt som basis for en statistisk beskrivelse af prøvesættet
Døgnfaktor	Forhold mellem et specifikt døgnforbrug i en periode og det gennemsnitlige døgnforbrug i perioden (uden enhed)
DS	Dansk Standard
Enhedsforbrug	Forbrug beregnet per forbrugsenhed, f.eks. for lejligheder: Antal m <sup>3</sup> per person
Forbrugskategori	Gruppe af forbrugere, der adskiller sig fra andre i relation til funktion og dermed også mht. forbruget af (her) vand
Fraktilkurve	Grafisk visning af en parameter (f.eks. lejligheds årsforbrug) som funktion af en anden parameter (f.eks. antal personer), hvor værdier for parameteren er udtaget som en delmængde (fraktil) af et sæt af parameterværdier
Fraktilværdi	% - del af det samlede antal parameterværdier fra en pulje af parameterværdier, som alle antager værdier under en bestemt grænseværdi (F.eks. betyder en 50 % - fraktil på 50 m <sup>3</sup> /person for et antal målinger af forbruget i lejligheder, at 50 % af alle forbrugsmålingerne ligger under 50 m <sup>3</sup> /person)
Korrelation	Sammenhæng/sammenhør mellem forskellige størrelser/parametre
Korrelationskoefficient	Beregnet værdi fra 0-1, der angiver graden af statistisk sammenhæng mellem to størrelser (1: 100 % sammenhæng)
kPa	Kilo Pascal. Enhed for måling af tryk svarende til trykket af en vandsøjle på 10 cm
Kumulativ	Ophobende
Kælderledning	(her:)Fælles vandledning, der i en etageejendom (normalt i kælderen) går fra hovedmåler til stigstreng(-e)
Maksfaktor	Forhold mellem det maksimale forbrug i en deltid af en periode og det gennemsnitlige forbrug for alle de deltidforbrug som perioden består af (uden enhed)
Månedsfaktor	Forhold mellem forbruget i en måned og det gennemsnitlige månedsforbrug i et aktuelt år (uden enhed)
Normeringsenhed	Enhed der bruges til at beskrive en forbrugerkategori vandforbrug per enhed. F.eks. bruges person (her) til normering af forbruget i kategorien lejligheder (m <sup>3</sup> vand per person)

Områdebebyggelse	(her:) Etagebebyggelse med flere opgange og/eller flere blokbebyggelser
Percentil	Procentmæssig delmængde
Punktbebyggelse	(her:) Etageejendom med kun én opgang
Stigstreng	Fælles vandledning (normalt lodret), der føder en etageejendoms lejligheder med vand
Timefaktor	Forhold mellem forbruget i en specifik time og det gennemsnitlige timeforbrug i et aktuelt døgn (uden enhed)
Worst Case	Værste/mest kritiske hændelse



## Antal forbrugsdata fordelt på dataleverandører, forbrugskategorier og forbrugstyper, dvs. time-, døgn-, måneds- og årsforbrug

Forbrugskategori		FSB				Århus Kommunale Værker				Keep focus				Boligforening i Århus			
Overordnet	Underordnet	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn	Måned	År
Erhverv	Butikscentre																
Husholdning	Etagebyggeri	0	9.580	193	18				9.796								
Husholdning	Rækkehus/Villa								36.755								
Husholdning	Ældrebolig																
Husholdning	Fritidshuse					8.376	349	12	361								
Institution	Børnehave																
Institution	Daginstitutioner									953.146	40.096	1.576					
Institution	Døgninstitutioner									189.062	7.884	190	11				
Institution	Fritidshjem																
Institution	Integreret institution																
Institution	Plejehjem	0	0	24	1												
Institution	Skole																
Institution	Vuggestue																
Kontor	Rådhus																
Landbrug	Landbrug																

Forbrugskategori		Århus Kommune - Børn og ungeafdeling				Farum Vandværk				1. DANVA-projekt				Blågården			
Overordnet	Underordnet	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn	Måned	År
Erhverv	Butikscentre					240	10	0	0	1.179	144						
Husholdning	Etagebyggeri									6.395	830	13				241	
Husholdning	Rækkehus/Villa									27.463	3.626	39					
Husholdning	Ældrebolig									705	1.496	52	4				
Husholdning	Fritidshuse									184	374	13					
Institution	Børnehave	84.205	3.509		16												
Institution	Daginstitutioner																
Institution	Døgninstitutioner																
Institution	Fritidshjem	57.168	2.382		8					168	371	144	1				
Institution	Integreret institution	135.336	6.818		31												
Institution	Plejehjem	70.333	2.931			0	0	54	3	1.629	440	13					
Institution	Skole					0	944	0	0	676	62						
Institution	Vuggestue	54.072	3.017		17					0	366	13	0				
Kontor	Rådhus					0	488	0	0								
Landbrug	Landbrug									168	8	0	3				

## Antal forbrugsdata fordelt på dataleverandører, forbrugskategorier og forbrugstyper, dvs. time-, døgn-, måneds- og årsforbrug

Forbrugskategori		Nykøbing F. Boligselskab				Hvidovre				Albertslund				KE				
Overordnet	Underordnet	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn	Måned	År	
Erhverv	Butikscentre																	
Husholdning	Etagebyggeri	0	0	120	0									4.899	243	0	0	
Husholdning	Rækkehus/Villa					0	0	0	132									
Husholdning	Ældrebolig																	
Husholdning	Fritidshuse																	
Institution	Børnehave																	
Institution	Daginstitutioner																	
Institution	Døgninstitutioner																	
Institution	Fritidshjem																	
Institution	Integreret institution																	
Institution	Plejehjem																	
Institution	Skole																	
Institution	Vuggestue																	
Kontor	Rådhus										627							
Landbrug	Landbrug																	

Forbrugskategori		Odense Vandselskab				Slagelse Kommune				Steen og Strøm				Storstrøms Amt			
Overordnet	Underordnet	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn	Måned	År
Erhverv	Butikscentre									0	0	168	14				
Husholdning	Etagebyggeri	338	16	0	0												
Husholdning	Rækkehus/Villa	0	365	12	0												
Husholdning	Ældrebolig																
Husholdning	Fritidshuse																
Institution	Børnehave																
Institution	Daginstitutioner																
Institution	Døgninstitutioner																
Institution	Fritidshjem																
Institution	Integreret institution																
Institution	Plejehjem																
Institution	Skole													0	0	0	7
Institution	Vuggestue																
Kontor	Rådhus																
Landbrug	Landbrug																

Antal forbrugsdata fordelt på dataleverandører, forbrugskategorier og forbrugstyper, dvs. time-, døgn-, måneds- og årsforbrug

Forbrugskategori		Tåstrup				AAB				Sæby				SK Vand			
Overordnet	Underordnet	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn	Måned	År	Time	Døgn	Måned	År
Erhverv	Butikscentre																
Husholdning	Etagebyggeri								17								
Husholdning	Rækkehus/Villa									531	27	0	2				
Husholdning	Ældrebolig																
Husholdning	Fritidshuse																
Institution	Daginstitutioner																
Institution	Døgninstitutioner																
Institution	Børnehave	0	0	0	41												
Institution	Fritidshjem																
Institution	Integreret institution																
Institution	Plejehjem	0	0	0	16												
Institution	Skole	0	0	0	70												
Institution	Vuggestue	0	0	0	141												
Kontor	Rådhus																
Landbrug	Landbrug									504	24	0	3				



Antal tidsserier af forbrugsdata fordelt på dataleverandører, forbrugskategorier og forbrugstyper, dvs. time-, døgn-, måneds- og årsforbrug

Forbrugskategori		FSB				Århus Kommunale Værker				Keep focus				Bolitforening i Århus			
Overordnet	Underordnet	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned
Erhverv	Butikcentre																
Husholdning	Etagebyggeri	0	1.292	244	16												
Husholdning	Rækkehus/Villa																
Husholdning	Ældrebolig																
Husholdning	Fritidshuse					349	49	11	1								
Institution	Børnehave																
Institution	Daginstitutioner									39.680	5.708	1.313	105				
Institution	Døgninstitutioner									7.866	1.121	259	11				
Institution	Fritidshjem																
Institution	Integreret institution																
Institution	Pleiehjem	0	0	0	2												
Institution	Skole																
Institution	Vuggestue																
Kontor	Rådhus																
Landbrug	Landbrug																

Forbrugskategori		Århus Kommune - Børn og ungeafdeling				Farum Vandværk				1. DANVA-projekt				Blågården			
Overordnet	Underordnet	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned
Erhverv	Butikcentre					10	1	0	0	48	19	3	0				
Husholdning	Etagebyggeri									265	113	16	1	0	0	0	20
Husholdning	Rækkehus/Villa									1.136	505	112	3				
Husholdning	Ældrebolig									27	212	48	4				
Husholdning	Fritidshuse																
Institution	Børnehave	3.508	495	111	0												
Institution	Daginstitutioner																
Institution	Døgninstitutioner																
Institution	Fritidshjem	2.097	339	75	0					7	53	12	1				
Institution	Integreret institution	6.816	964	216	0												
Institution	Pleiehjem					0	0	0	4	66	61	12	1				
Institution	Skole					0	132	31	0	28	8	1	0				
Institution	Vuggestue	2.253	431	13	1					0	52	12					
Kontor	Rådhus					0	68	16	0								
Landbrug	Landbrug									7	1	0	0				

Antal tidsserier af forbrugsdata fordelt på dataleverandører, forbrugskategorier og forbrugstyper, dvs. time-, døgn-, måneds- og årsforbrug

Forbrugskategori		Nykøbing F. Boligselskab				Hvidovre				Albertslund				KE			
Overordnet	Underordnet	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned
Erhverv	Butikcentre																
Husholdning	Etagebyggeri	0	0	0	8									190	29	0	0
Husholdning	Rækkehus/Villa					0	0	0	0								
Husholdning	Ældrebolig																
Husholdning	Fritidshuse																
Institution	Børnehave																
Institution	Daginstitutioner																
Institution	Døgninstitutioner																
Institution	Fritidshjem																
Institution	Integreret institution																
Institution	Pleiehjem																
Institution	Skole																
Institution	Vuggestue																
Kontor	Rådhus									0	87	18	0				
Landbrug	Landbrug																

Forbrugskategori		Odense Vandselskab				Slagelse Kommune				Steen og Strøm				Storstrøms Amt			
Overordnet	Underordnet	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned
Erhverv	Butikcentre									0	0	0	14				
Husholdning	Etagebyggeri	14	2	0	0												
Husholdning	Rækkehus/Villa	0	52	12	1												
Husholdning	Ældrebolig																
Husholdning	Fritidshuse																
Institution	Børnehave																
Institution	Daginstitutioner																
Institution	Døgninstitutioner																
Institution	Fritidshjem																
Institution	Integreret institution																
Institution	Pleiehjem																
Institution	Skole																
Institution	Vuggestue																
Kontor	Rådhus																
Landbrug	Landbrug																

Antal tidsserier af forbrugsdata fordelt på dataleverandører, forbrugskategorier og forbrugstyper, dvs. time-, døgn-, måneds- og årsforbrug

Forbrugskategori		Tåstrup				AAB				Sæby								
Overordnet	Underordnet	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned	Time	Døgn (7)	Døgn(30)	Måned	
Erhverv	Butikcentre																	
Husholdning	Etagebyggeri																	
Husholdning	Rækkehus/Villa									22	3	0	0					
Husholdning	Ældrebolig																	
Husholdning	Fritidshuse																	
Institution	Børnehave																	
Institution	Døgningstioner																	
Institution	Døgningstioner																	
Institution	Fritidshjem																	
Institution	Integreret institution																	
Institution	Pleiehjem																	
Institution	Skole																	
Institution	Vuggestue																	
Kontor	Rådhus																	
Landbrug	Landbrug									21	3	0	0					





## Koldtandsinstallationer i typiske etageejendomme, efter hhv. før 1990, /5/

A1 Nye lejligheder med penthouse											A2 Nye lejligheder fra ca. 1990-1997											A3 Renoverede lejligheder fra 1990 og frem										
Etage	Dim	Afgrening	KV	HV	WC	BR	VM	OPV	Badekar	L	Etage	Dim	Afgrening	KV	HV	WC	BR	VM	OPV	Badekar	L	Etage	Dim	Afgrening	KV	HV	WC	BR	VM	OPV	Badekar	L
5	RU 28	RU 28	1	2	2	2	1	1	1	30	5	GAL 25	RU 28	1	2	2	2	1	1		17	5	GAL 20	GAL 20	1	1	1	1				10
4	RU 28	RU 22	1	2	2	2	1	1		17	4	GAL 25	GAL 25	1	1	1	1	1	1		7	4	GAL 25	GAL 20	1	1	1	1				10
3	RU 28	RU 22	1	2	2	2	1	1		17	3	GAL 25	GAL 20	1	1	1	1	1	1		7	3	GAL 25	GAL 20	1	1	1	1				10
2	RU 28	RU 22	1	2	2	2	1	1		17	2	GAL 25	GAL 20	1	1	1	1	1	1		7	2	GAL 25	GAL 20	1	1	1	1				10
1	RU 35	RU 22	1	1	1	1	1	1		7	1	GAL 25	GAL 20	1	1	1	1	1	1		7	1	GAL 25	GAL 20	1	1	1	1				10
S	RU 35	RU 22	1	1	1	1	1	1		7	S	GAL 32	GAL 20	1	1	1	1	1	1		7	S	GAL 32	GAL 20	1	1	1	1				10
Kælder											Kælder											Kælder										
B1 Nye ejendomme fra før 1990											B2 Renoverede lejligheder fra før 1990											B3 Ikke renoverede lejligheder fra før 1990										
Etage	Dim	Skakt	KV	HV	WC	BR	VM	OPV	Badekar	L	Etage	Dim	Skakt	KV	HV	WC	BR	VM	OPV	Badekar	L	Etage	Dim	Skakt	KV	HV	WC	BR	VM	OPV	Badekar	L
5	GAL 25	GAL 20	1	1	1	1		1		2	5	GAL 20	GAL 20	1	1	1	1				2	5	GAL 20	GAL 10	1	1	1	(1)			(1)	6
4	GAL 25	GAL 20	1	1	1	1		1		2	4	GAL 20	GAL 20	1	1	1	1				2	4	GAL 20	GAL 10	1	1	1	(1)			(1)	6
3	GAL 25	GAL 20	1	1	1	1		1		2	3	GAL 25	GAL 20	1	1	1	1				2	3	GAL 20	GAL 10	1	1	1	(1)			(1)	6
2	GAL 25	GAL 20	1	1	1	1		1		2	2	GAL 25	GAL 20	1	1	1	1				2	2	GAL 20	GAL 10	1	1	1	(1)			(1)	6
1	GAL 25	GAL 20	1	1	1	1		1		2	1	GAL 25	GAL 20	1	1	1	1				2	1	GAL 25	GAL 10	1	1	1	(1)			(1)	6
S	GAL 25	GAL 20	1	1	1	1		1		1	S	GAL 32	GAL 20	1	1	1	1				2	S	GAL 25	GAL 10	1	1	1	(1)			(1)	6
Kælder											Kælder											Kælder										

**Note:**

KV Køkkenvask  
 HV Håndvask  
 WC Toilet  
 BR Brusekabine (1) brusekabine etableret senere f.eks. af lejer  
 VM Vaskemaskine  
 OPV Opvaskemaskine  
 Badekar Badekar (1) evt. badekar i nogle ejendomme  
 L Længde på normale træk af rør i lejligheden  
 RU Rør i rustfri stål  
 GAL Rør i galvaniseret stål



## Beregnete volumener af installations-sektioner, etageejendom type A1

A1 (Områdebebyggelse)	Fælles			Lejlighed			I alt Volumen sum (l)
	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Type	Længde (m)	Volumen (l)	
Måler - kælder	RU35	70	56,3				
Kælder-Stue	RU35	3	2,4				
Stue-Afgrening				RU22	1	0,3	
Stue-Intern				PEX15	7	0,5	59,6
Stue-Første	RU35	3	2,4				
Første-Afgrening				RU22	1	0,3	
Første-Intern				PEX15	7	0,5	62,0
Første-Anden	RU28	3	1,5				
Anden-Afgrening				RU22	1	0,3	
Anden-Intern				PEX15	17	1,3	64,3
Anden-Tredje	RU28	3	1,5				
Tredje-Afgrening				RU28	1	0,5	
Tredje-Intern				PEX15	17	1,3	66,1
Tredje-Fjerde	RU28	3	1,5				
Fjerde-Afgrening				RU28	1	0,5	
Fjerde-Intern				PEX15	17	1,3	67,6
Fjerde-Femte	RU28	3	1,5				
Femte-Afgrening				RU28	1	0,5	
Femte-Intern				PEX15	30	2,4	70,2

A1 (punktbebyggelse)	Fælles			Lejlighed			I alt Volumen sum (l)
	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Type	Længde (m)	Volumen (l)	
Måler - kælder	RU35	10	8,0				
Kælder-Stue	RU35	3	2,4				
Stue-Afgrening				RU22	1	0,3	
Stue-Intern				PEX15	7	0,5	11,3
Stue-Første	RU35	3	2,4				
Første-Afgrening				RU22	1	0,3	
Første-Intern				PEX15	7	0,5	13,7
Første-Anden	RU28	3	1,5				
Anden-Afgrening				RU22	1	0,3	
Anden-Intern				PEX15	17	1,3	16,0
Anden-Tredje	RU28	3	1,5				
Tredje-Afgrening				RU28	1	0,5	
Tredje-Intern				PEX15	17	1,3	17,8
Tredje-Fjerde	RU28	3	1,5				
Fjerde-Afgrening				RU28	1	0,5	
Fjerde-Intern				PEX15	17	1,3	19,4
Fjerde-Femte	RU28	3	1,5				
Femte-Afgrening				RU28	1	0,5	
Femte-Intern				PEX15	30	2,4	21,9

## Beregnete volumener af installations-sektioner, etageejendom type A2

A2 (Områdebebyggelse)	Fælles			Lejlighed			I alt Volumen sum (l)
	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Type	Længde (m)	Volumen (l)	
Måler - kælder	GAL32	70	72,8				
Kælder-Stue	GAL32	3	3,1				
Stue-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Stue-Intern				PEX15	7	0,5	76,9
Stue-Første	GAL25	3	1,8				
Første-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Første-Intern				PEX15	7	0,5	78,7
Første-Anden	GAL25	3	1,8				
Anden-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Anden-Intern				PEX15	7	0,5	80,5
Anden-Tredje	GAL25	3	1,8				
Tredje-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Tredje-Intern				PEX15	7	0,5	82,3
Tredje-Fjerde	GAL25	3	1,8				
Fjerde-Afgrening				GAL25	1	0,6	
Fjerde-Intern				PEX15	7	0,5	84,3
Fjerde-Femte	GAL25	3	1,8				
Femte-Afgrening				RU28	1	0,5	
Femte-Intern				PEX15	17	1,3	86,9

A2 (punktbebyggelse)	Fælles			Lejlighed			I alt Volumen sum (l)
	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Type	Længde (m)	Volumen (l)	
Måler - kælder	GAL32	10	10,4				
Kælder-Stue	GAL32	3	3,1				
Stue-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Stue-Intern				PEX15	7	0,5	14,5
Stue-Første	GAL25	3	1,8				
Første-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Første-Intern				PEX15	7	0,5	16,3
Første-Anden	GAL25	3	1,8				
Anden-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Anden-Intern				PEX15	7	0,5	18,1
Anden-Tredje	GAL25	3	1,8				
Tredje-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Tredje-Intern				PEX15	7	0,5	19,9
Tredje-Fjerde	GAL25	3	1,8				
Fjerde-Afgrening				GAL25	1	0,6	
Fjerde-Intern				PEX15	7	0,5	21,9
Fjerde-Femte	GAL25	3	1,8				
Femte-Afgrening				RU28	1	0,5	
Femte-Intern				PEX15	17	1,3	24,4

## Beregnete volumener af installations-sektioner, etageejendom type A3

A3 (Områdebebyggelse)	Fælles			Lejlighed			I alt
	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Volumen sum (l)
Måler - kælder	GAL32	70	72,8				
Kælder-Stue	GAL32	3	3,1				
Stue-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Stue-Intern				PEX15	10	0,8	77,1
Stue-Første	GAL25	3	1,8				
Første-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Første-Intern				PEX15	10	0,8	78,9
Første-Anden	GAL25	3	1,8				
Anden-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Anden-Intern				PEX15	10	0,8	80,7
Anden-Tredje	GAL25	3	1,8				
Tredje-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Tredje-Intern				PEX15	10	0,8	82,6
Tredje-Fjerde	GAL25	3	1,8				
Fjerde-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Fjerde-Intern				PEX15	10	0,8	84,4
Fjerde-Femte	GAL20	3	1,1				
Femte-Afgrening				GAL25	1	0,6	
Femte-Intern				PEX15	10	0,8	85,7

A3 (punktbebyggelse)	Fælles			Lejlighed			I alt
	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Volumen sum (l)
Måler - kælder	GAL32	70	72,8				
Kælder-Stue	GAL32	3	3,1				
Stue-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Stue-Intern				PEX15	10	0,8	77,1
Stue-Første	GAL25	3	1,8				
Første-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Første-Intern				PEX15	10	0,8	78,9
Første-Anden	GAL25	3	1,8				
Anden-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Anden-Intern				PEX15	10	0,8	80,7
Anden-Tredje	GAL25	3	1,8				
Tredje-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Tredje-Intern				PEX15	10	0,8	82,6
Tredje-Fjerde	GAL25	3	1,8				
Fjerde-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Fjerde-Intern				PEX15	10	0,8	84,4
Fjerde-Femte	GAL20	3	1,1				
Femte-Afgrening				GAL25	1	0,6	
Femte-Intern				PEX15	10	0,8	85,7

## Beregnete volumener af installations-sektioner, etageejendom type B1

B1 (Områdebebyggelse)	Fælles			Lejlighed			I alt
	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Volumen sum (l)
Måler - kælder	GAL25	70	42,2				
Kælder-Stue	GAL25	3	1,8				
Stue-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Stue-Intern				GAL15	1	0,2	44,6
Stue-Første	GAL25	3	1,8				
Første-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Første-Intern				GAL15	2	0,4	46,6
Første-Anden	GAL25	3	1,8				
Anden-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Anden-Intern				GAL15	2	0,4	48,4
Anden-Tredje	GAL25	3	1,8				
Tredje-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Tredje-Intern				GAL15	2	0,4	50,2
Tredje-Fjerde	GAL25	3	1,8				
Fjerde-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Fjerde-Intern				GAL15	2	0,4	52,0
Fjerde-Femte	GAL25	3	1,8				
Femte-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Femte-Intern				GAL15	2	0,4	53,8

B1 (punktbebyggelse)	Fælles			Lejlighed			I alt
	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Volumen sum (l)
Måler - kælder	GAL25	10	6,0				
Kælder-Stue	GAL25	3	1,8				
Stue-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Stue-Intern				GAL15	1	0,1	8,3
Stue-Første	GAL25	3	1,8				
Første-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Første-Intern				GAL15	2	0,2	10,2
Første-Anden	GAL25	3	1,8				
Anden-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Anden-Intern				GAL15	2	0,2	12,0
Anden-Tredje	GAL25	3	1,8				
Tredje-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Tredje-Intern				GAL15	2	0,2	13,8
Tredje-Fjerde	GAL25	3	1,8				
Fjerde-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Fjerde-Intern				GAL15	2	0,2	15,6
Fjerde-Femte	GAL25	3	1,8				
Femte-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Femte-Intern				GAL15	2	0,2	17,4

## Beregnete volumener af installations-sektioner, etageejendom type B2

B2 (områdebebyggelse)	Fælles			Lejlighed			I alt
	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Volumen sum (l)
Måler - kælder	GAL32	70	72,8				
Kælder-Stue	GAL32	3	3,1				
Stue-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Stue-Intern				RU22	2	0,6	76,9
Stue-Første	GAL25	3	1,8				
Første-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Første-Intern				PEX15	2	0,2	78,3
Første-Anden	GAL25	3	1,8				
Anden-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Anden-Intern				PEX15	2	0,2	80,1
Anden-Tredje	GAL25	3	1,8				
Tredje-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Tredje-Intern				PEX15	2	0,2	81,9
Tredje-Fjerde	GAL20	3	1,1				
Fjerde-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Fjerde-Intern				PEX15	2	0,2	83,1
Fjerde-Femte	GAL20	3	1,1				
Femte-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Femte-Intern				PEX15	2	0,2	84,2

B2 (punktbebyggelse)	Fælles			Lejlighed			I alt
	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Volumen sum (l)
Måler - kælder	GAL32	10	10,4				
Kælder-Stue	GAL32	3	3,1				
Stue-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Stue-Intern				RU22	2	0,6	14,5
Stue-Første	GAL25	3	1,8				
Første-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Første-Intern				PEX15	2	0,2	15,9
Første-Anden	GAL25	3	1,8				
Anden-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Anden-Intern				PEX15	2	0,2	17,7
Anden-Tredje	GAL25	3	1,8				
Tredje-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Tredje-Intern				PEX15	2	0,2	19,5
Tredje-Fjerde	GAL20	3	1,1				
Fjerde-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Fjerde-Intern				PEX15	2	0,2	20,6
Fjerde-Femte	GAL20	3	1,1				
Femte-Afgrening				GAL20	1	0,4	
Femte-Intern				PEX15	2	0,2	21,8

## Beregnete volumener af installations-sektioner, etageejendom type B3

B3 (områdebebyggelse)	Fælles			Lejlighed			I alt
	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Volumen sum (l)
Måler - kælder	GAL25	70	42,2				
Kælder-Stue	GAL25	3	1,8				
Stue-Afgrening				GAL10	0	0,0	
Stue-Intern				GAL10	6	0,8	44,8
Stue-Første	GAL25	3	1,8				
Første-Afgrening				GAL10	0	0,0	
Første-Intern				GAL10	6	0,8	46,6
Første-Anden	GAL20	3	1,1				
Anden-Afgrening				GAL10	0	0,0	
Anden-Intern				GAL10	6	0,8	47,7
Anden-Tredje	GAL20	3	1,1				
Tredje-Afgrening				GAL10	0	0,0	
Tredje-Intern				GAL10	6	0,8	48,9
Tredje-Fjerde	GAL20	3	1,1				
Fjerde-Afgrening				GAL10	0	0,0	
Fjerde-Intern				GAL10	6	0,8	50,0
Fjerde-Femte	GAL20	3	1,1				
Femte-Afgrening				GAL10	0	0,0	
Femte-Intern				GAL10	6	0,8	51,1

B3 (punktbebyggelse)	Fælles			Lejlighed			I alt
	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Type	Længde (m)	Volumen (l)	Volumen sum (l)
Måler - kælder	GAL25	10	6,0				
Kælder-Stue	GAL25	3	1,8				
Stue-Afgrening				GAL10	0	0,0	
Stue-Intern				GAL10	6	0,8	8,6
Stue-Første	GAL25	3	1,8				
Første-Afgrening				GAL10	0	0,0	
Første-Intern				GAL10	6	0,8	10,4
Første-Anden	GAL20	3	1,1				
Anden-Afgrening				GAL10	0	0,0	
Anden-Intern				GAL10	6	0,8	11,6
Anden-Tredje	GAL20	3	1,1				
Tredje-Afgrening				GAL10	0	0,0	
Tredje-Intern				GAL10	6	0,8	12,7
Tredje-Fjerde	GAL20	3	1,1				
Fjerde-Afgrening				GAL10	0	0,0	
Fjerde-Intern				GAL10	6	0,8	13,8
Fjerde-Femte	GAL20	3	1,1				
Femte-Afgrening				GAL10	0	0,0	
Femte-Intern				GAL10	6	0,8	15,0