

Aalborg Universitet



Vejrdata til fremtidens byggeri

Wittchen, Kim B.; Jønsson, Kim Trangbæk

Publication date:
2021

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Wittchen, K. B., & Jønsson, K. T. (2021). *Vejrdata til fremtidens byggeri*. Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet.

General rights

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

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

Take down policy

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

Vejrdata til fremtidens byggeri

Kim B. Wittchen
Kim Trangbæk Jønsson

Titel	Vejrdata til fremtidens byggeri
Undertitel	
Serietitel	
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2021
Forfattere	Kim B. Wittchen, Kim Trangbæk Jønsson
Redaktion	
Sprog	Dansk
Sidetæl	12
Litteratur-henvisninger	12
English summary	
Emneord	

ISBN

Pris
Tegninger
Fotos
Omslag
Tryk

Udgiver	BUILD – Institut for Byggeri, anlæg og det byggede miljø, Aalborg Universitet, A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post build@build.aau.dk www.build.dk
---------	--

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

Indhold

Indhold	3
Indledning	4
Ekstrem-år	5
Fremskrivning af klimadata	8
2050'erne	9
2090'erne	10
Adgang til data.....	11
Referencer.....	12

Indledning

Sommervejret i 2018 har været meget varmt. Da de fleste bygninger i projekteringsforløbet er beregnet med DRY-året er det svært at forudse præcist hvordan bygningerne håndterer en periode med ekstremt vejr.

Projektet skal bidrage til at sikre, at projekterende har mulighed for at lave en worst-case-scenarie for vejret. Det er primært tænkt som en mulighed for at evaluere indeklimaet i ekstremt varme sommerperioder. Men det kan overvejes om vinteren ligeledes skal etableres som en ekstrem periode.

På baggrund af måledata indsamlet af DMI på målestationen i Sjælsmark i perioden 2001 til 2019 er der udvalgt 4 ekstrem-år: højeste og laveste gennemsnitlige temperatur samt største og mindst solindfald.

Hvert af de 4 ekstrem-år består af måledata fra 12 individuelle måneder som hver er ekstreme for én parameter.

Desuden er der udarbejdet to fremskrivninger af klimaet for 2050'erne og 2090'erne som typiske meteorologiske år (TMY). Fremskrivningen bygger på fremskrevne klimadata fra IEA EBC Annex 80 Resilient Cooling of Buildings CORDEX projekt, som er bias korrigeret (Cannon 2018) i forhold til historiske klimadata for den målestation som de fremtidige data skal repræsentere. Fremskrivningen af klimadata er sket, ligesom ekstrem-årene sket for Sjælsmark.

Sjælsmark er i begge tilfælde valgt som referencestationen idet denne station allerede benyttes som Dansk referencestation til hidtidige klimadataset der benyttes i forbindelse med byggesagsbehandling (Aggerholm 2018) og vurdering af det termiske indeklima i bygninger (Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen 2020).

Ekstrem-år

Tabel 1 og **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** viser hhv. månedsmiddeltemperaturen og det samlede solindfald på en vandret flade for hver måned i perioden. Farvemarkeringen viser den relative forskel inden for de enkelte måneder i perioden, dvs. relativ markering fx for alle januar måneder i perioden. Udvælgelsen af data til ekstrem-år er sket ud fra den højeste/laveste månedsmiddelværdi for temperaturen og den højeste/laveste sum af solindfald på vandret.

I overgangen fra en måned til en anden vil der naturligt opstå diskontinuitet omkring midnat. Dette er udjævnet i timerne på hver side omkring midnat. På denne måde søges det opretholdt en variation i data som ikke sker i spring.

Udvælgelse af klimadata på denne måde resulterer i klimadata som benævnes design reference år, eller internationalt design reference year (DRY) eller test reference year (TRY¹).

Temp	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
2001	1,7	0,3	1,0	5,9	12,0	13,3	18,1	17,2	12,4	11,8	4,7	0,3
2002	2,1	4,0	4,1	7,1	12,9	15,9	17,7	19,8	14,1	6,6	4,0	-0,4
2003	-0,2	-1,9	3,2	6,7	11,9	16,0	18,1	17,6	13,9	5,8	6,5	3,7
2004	-1,3	1,3	3,5	7,9	11,6	13,6	15,1	17,8	13,6	9,4	4,8	3,3
2005	3,0	-0,2	1,0	7,6	11,0	14,0	17,1	15,1	13,9	10,4	5,4	1,9
2006	-1,6	-0,2	-1,2	5,9	11,4	15,9	20,2	16,9	16,1	11,8	7,4	6,7
2007	4,4	1,5	6,2	9,0	12,3	16,4	15,8	17,1	12,8	8,1	4,8	3,4
2008	3,7	4,4	3,5	7,4	12,2	15,1	17,8	16,6	12,8	9,2	5,8	2,4
2009	0,4	0,0	3,4	9,6	11,6	14,1	17,8	17,5	14,3	7,3	7,1	0,7
2010	-3,6	-1,9	2,5	7,1	9,5	14,3	19,3	16,6	12,6	8,0	2,7	-4,3
2011	-0,3	-0,7	2,7	10,0	11,6	15,5	17,1	16,3	14,0	9,5	6,7	4,0
2012	1,9	-1,2	5,5	6,3	12,6	13,2	16,6	16,8	13,1	8,4	6,1	0,1
2013	-0,4	-0,8	-1,0	6,0	12,9	15,1	17,6	17,1	12,6	11,0	5,7	4,8
2014	1,3	3,8	5,9	9,2	12,3	15,3	20,0	16,2	14,4	11,7	7,7	2,7
2015	2,8	1,8	4,7	7,5	10,1	13,4	16,4	17,6	13,4	9,3	6,9	6,3
2016	-0,2	2,3	3,4	6,8	13,8	16,7	17,0	16,2	15,9	8,7	4,1	4,3
2017	0,8	1,8	4,7	6,5	12,4	15,6	15,7	16,1	13,1	10,7	5,1	3,3
2018	2,3	-1,4	-0,2	9,0	15,2	17,2	20,0	17,9	14,1	10,1	5,7	3,8
2019	1,4	4,2	5,1	8,3	10,4	17,6	17,2	17,5	13,3	9,2	6,0	4,4

Tabel 1 Månedsmiddeltemperatur (°C) registreret ved DMIs målestation i Sjælsmark i perioden 2001-2019.

¹ <https://www.buildup.eu/en/learn/ask-the-experts/what-are-test-reference-years-tries>

GlobStr	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
2001	11.2	36.7	72.9	96.6	174.8	172.6	186.3	123.0	67.2	37.1	24.2	8.2
2002	13.6	30.4	90.3	97.2	149.6	183.0	153.3	144.2	106.0	45.3	15.8	8.3
2003	14.1	35.9	88.6	131.3	150.2	168.7	167.2	139.6	90.2	50.1	11.6	7.5
2004	15.1	30.7	68.8	122.7	150.5	131.3	125.2	126.1	88.9	37.2	17.3	7.0
2005	17.1	29.5	82.4	124.2	144.8	158.5	146.1	117.7	84.4	54.0	17.8	9.6
2006	14.3	25.2	73.0	83.3	159.2	181.3	198.9	119.9	101.9	42.4	18.2	9.0
2007	13.3	22.2	84.6	142.3	154.1	153.0	134.5	130.3	83.7	54.2	20.3	7.1
2008	9.6	29.1	72.7	128.2	204.8	191.1	190.6	116.1	85.6	49.7	14.7	8.4
2009	13.2	30.8	65.3	158.4	170.3	196.3	164.9	143.8	93.6	49.6	11.6	10.3
2010	17.4	26.0	72.9	123.1	119.4	173.5	181.8	116.8	91.4	52.4	17.8	13.8
2011	18.2	30.4	76.1	136.5	172.6	184.2	137.1	121.0	86.0	54.4	17.1	10.2
2012	17.1	39.1	85.1	106.4	172.5	145.3	164.5	140.4	77.9	43.5	15.4	8.7
2013	17.6	29.2	97.3	132.5	161.3	177.6	186.3	143.8	95.4	47.2	18.0	9.6
2014	7.9	30.6	80.5	124.9	168.4	176.5	187.3	136.2	97.1	37.6	13.5	10.4
2015	11.9	26.5	69.5	136.8	154.7	167.6	168.0	155.5	93.8	42.4	16.9	9.5
2016	15.3	34.1	66.5	107.0	196.8	179.6	159.1	135.9	102.7	40.7	24.1	11.2
2017	16.2	28.2	70.5	115.3	168.0	163.4	146.3	133.9	81.1	37.4	18.8	10.0
2018	11.0	35.6	58.0	118.2	189.1	190.9	190.9	122.4	81.1	49.1	17.5	7.3
2019	14.4	31.3	62.1	144.0	146.3	180.7	162.8	130.1	70.5	41.8	12.4	9.6

Tabel 2 Samlet globalstråling (kWh/m²) på vandret registreret ved DMIs målestation i Sjælsmark i perioden 2001-2019.

Data til de 4 ekstrem-år er således udvalgt fra 19 års målinger som angivet i tabel 3.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Temp,max	2007	2008	2007	2011	2018	2019	2006	2002	2006	2001	2014	2006
Temp,min	2010	2010	2006	2006	2010	2012	2004	2005	2001	2003	2010	2010
Sol,max	2011	2012	2013	2009	2008	2009	2006	2015	2002	2011	2001	2010
Sol,min	2014	2007	2018	2006	2010	2004	2004	2008	2001	2001	2009	2004

Tabel 3 Udvalgelse af data til 4 ekstrem-år: højeste månedsmiddeltemperatur; laveste månedsmiddeltemperatur; største samlede solindfald på vandret; lavest samlede solindfald på vandret (12 individuelle måneder pr. ekstrem-år).

Tabel 4 viser temperaturinterval samt samlet solindfald på vandret for hver af de 4 ekstrem-år.

	DRY 2010	Varmt år	Koldt år	Solrigt år	Solfattigt år
Middeltemperatur [°C]	8,1	11,7	5,8	8,0	8,2
Højeste temperatur [°C]	27,7	31,2	26,3	30,1	28,2
Laveste temperatur [°C]	-15,0	-10,0	-17,3	-17,3	-8,7
Solindfald på vandret [kWh]	1030,1	1137,2	856,1	1265,5	786,2

Tabel 4 Temperatur og solindfald i det gamle reference år (2001-2010) de fire ekstreme klima år.

Der findes generelt kun måling af én solparameter i DMI målinger – globalstråling på vandret. For at kunne bruge data fra disse ekstrem-år er det nødvendigt at generere timeværdier for fx diffusstråling på vandret. Dette er gennemført ved hjælp af en empirisk model opstillet af Perez (Perez et al. 1986) med parametre svarende til DMI's målestation i Sjælsmark.

I de første år af perioden findes der ingen måledata for atmosfære trykket. I forbindelse med sammensætning af ekstrem-år, hvor måneder i disse år er udtrukket på grund af deres ekstreme værdier af temperatur eller solindfald, er atmosfære trykke erstattet med atmosfære trykket fra den måned som ligger tættest på ekstrem værdien for temperatur hhv. solindfald.

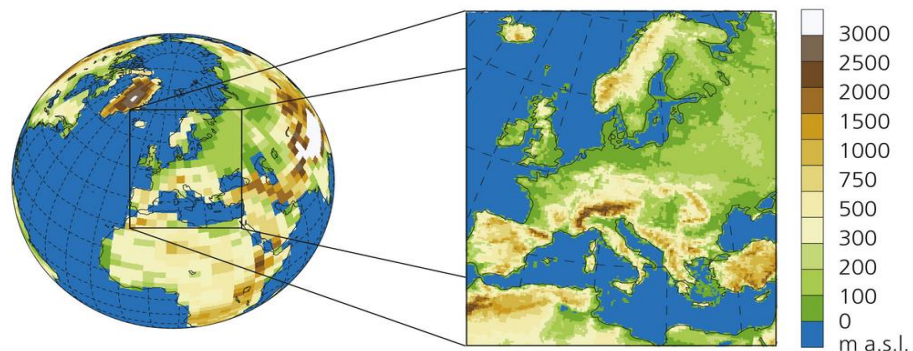
Fremskrivning af klimadata

Fremskrivningen af klimadata sker jf. IPCC's femte rapport om fremskrivning af globale klimadata (Kaito et al. 2000) og scenariet RCP8.5, som antager 'business-as-usual'. I 2100 vil atmosfærens indhold af CO₂ være 3-4 gange højere end det præ-industrielle niveau.

Som udgangspunkt til generering af lokale fremskrivninger af klimadata benyttes NETCDF4 CORDEX data (CORDEX 2021). Coordinated Regional Downscaling Experiment (CORDEX) er et program sponsoreret af World Climate Research Program (WCRP) med henblik på udvikling af en forbedret metode for generering af fremskrivninger af klimadata på regional basis til brug for analyser af betydningen af klimaforandringer jf. IPCC AR5 fremskrivning af klimadata. CORDEX støtter:

- Bedre forståelse af regionale/lokale klimafænomener, deres forskellighed og størrelsen af ændringerne.
- Evaluering og forbedring af klimamodeller og teknikker.
- Udarbejdelse af regionale nedskalerede klimafremskrivninger for hele verden.
- Understøttelse af videns udveksling mellem brugere af informationer om fremtidens regionale klima.

Med CORDEX eksperimentet er det muligt at nedskalere de globale klimamodeller, som typisk har en geografisk opløsning på 150-600 km² til regionale forudsigelser (figur 1).



Figur 1 Nedskalering af globale klimafremskrivninger med en opløsning på typisk 150-600 km² til regionale klimadata med en opløsning på maks. 100 km².

En regional klimamodel er en numerisk model for klimaforudsigelser som tager hensyn til lokale forhold som fx nærhed til hav fra den globale cirkulationsmodel (GCM). GCM simulerer atmosfæren og processer på jordoverfladen og samtidig tager hensyn til den højere opløsning. Det er yderligere muligt at repræsentere ekstreme hændelser med RCM modeller i modsætning til statistisk nedskalering, dvs. at hedeølger vil optræde i denne type klimadata og kunne bruges til vurdering af bygningers modstanddygtighed over for udfordringer i kommende klima.

Yderligere tilpasning til lokale klimadata er foretaget gennem en bias korrektion (Cannon 2018) af data på baggrund af historiske klimadata for den lokalitet som fremskrivningen skal være gældende for. De samme historiske data, 2001-2019, som er benyttet til udvælgelse af ekstreme klimadata, er benyttet til bias korrektionen. Fremskrivning af klimadata er sket for Sjølsmark.

Vindretning findes ikke i CORDEX data, hvorfor de fremskrevne data er suppleret med historiske målinger af vindretningen for udvalgte måneder. Ligeledes er skydækket beregnet automatisk ved konvertering til BSim's binære dataformat på baggrund af fremskrivning af atmosfærens relative fugtindhold.

Fremskrivning af klimadata kan betegnes som typiske metrologiske år, internationalt typisk benævnt TMY² (typical meteorological year).

Som det fremgår af de følgende tabeller, forventes temperaturen at stige, men samtidig kommer der flere skyer hvorfor solindfaldet reduceres. Tabel 5 viser til sammenligning nøgletal for det nuværende reference-år (2001-2010). Det samlede solindfald på vandret i reference-året er 1038,0 kWh/m².

	Temperatur [°C]	Vindhastighed [m/s]	Atm.tryk [hPa]	Fugt [%]	Globalstråling [W/m ²]	Diffus stråling [W/m ²]
Min	-15,0	0	972,8	24	0	0
Middel	8,1	4,4	1012,7	82,7	118,5	59,8
Maks	27,7	13,8	1038,4	100	863,0	398,2

Tabel 5 Minimum, middel og maksimum værdier for klimaparametre i det nuværende reference-år (2001-2010).

2050'erne

Tabel 6 viser minimum-, middel- og maksimum-værdier for klimaparametre i fremskrevne data for 2050'erne. Den samlede globalstråling på vandret i løbet af året er 998.2 kWh/m².

	Temperatur [°C]	Vindhastighed [m/s]	Atm.tryk [hPa]	Fugt [%]	Globalstråling [W/m ²]	Diffus stråling [W/m ²]
Min	-8.8	0.0	979.4	30.9	0.0	0.0
Middel	9.7	3.1	1013.2	82.7	113.6	62.6
Maks	30.0	12.3	1046.3	100.0	917.9	373.0

Tabel 6 Minimum, middel og maksimum værdier for klimaparametre i fremskrevne klimafil for 2050'erne.

Tabel 7 viser månedsmiddelværdierne for det typiske danske metrologiske i 2050'erne.

² https://en.wikipedia.org/wiki/Typical_meteorological_year

måned	Temperatur [°C]	Vindhastighed [m/s]	Atm tryk [hPa]	Fugt [%]	Globalstråling [W/m²]	Diffus stråling [W/m²]
Jan	1.8	3.7	1013.0	90.2	16.9	13.5
Feb	1.0	3.2	1006.5	90.6	36.2	27.1
Mar	3.9	3.3	1011.1	81.6	95.0	55.6
Apr	8.2	2.5	1019.8	71.8	182.8	90.8
Maj	11.9	3.0	1012.2	75.2	204.0	109.6
Jun	16.2	3.2	1014.9	77.9	226.0	113.7
Jul	19.3	2.9	1018.9	73.5	230.4	114.4
Aug	17.2	2.6	1006.0	82.1	166.0	94.8
Sep	15.1	3.1	1013.2	81.0	109.2	66.2
Okt	10.4	2.7	1017.0	88.5	60.3	37.7
Nov	7.0	3.4	1011.1	89.1	25.8	19.5
Dec	4.3	3.4	1014.5	90.8	10.2	8.7

Tabel 7 Månedsmiddelværdier for det typiske danske klima i 2050'erne-

2090'erne

Tabel 8 viser minimum-, middel- og maksimum-værdier for klimaparametre i fremskrevne data for 2090'erne. Den samlede globalstråling på vandret i løbet af året er 909,0 kWh/m².

	Temperatur [°C]	Vindhastighed [m/s]	Atm.tryk [hPa]	Fugt [%]	Globalstråling [W/m²]	Diffus stråling [W/m²]
Min	-8,5	0	957,5	30,0	0	0
Middel	11,3	3,3	1012,2	83,8	103,4	60,4
Maks	29,7	12,6	1040,5	100,0	895,4	372,6

Tabel 8 Minimum, middel og maksimum værdier for klimaparametre i fremskrevne klimafil for 2090'erne.

Tabel 9 viser månedsmiddelværdierne for det typiske danske metrologiske i 2090'erne.

	Temperatur [°C]	Vindhastighed [m/s]	Atm tryk [hPa]	Fugt [%]	Globalstråling [W/m²]	Diffus stråling [W/m²]
Jan	4,9	4,1	1017,6	86,7	16,9	13,6
Feb	6,0	3,8	1011,7	85,9	36,4	26,0
Mar	5,1	3,6	1013,0	81,4	94,1	54,8
Apr	9,7	3,5	1013,2	77,2	142,3	75,7
Maj	13,2	3,0	1009,7	78,4	199,0	109,0
Jun	16,4	3,2	1011,2	78,9	194,8	111,4
Jul	19,6	2,7	1013,6	77,9	206,6	119,9
Aug	19,5	3,0	1011,6	79,2	160,3	92,8
Sep	15,9	2,9	1012,9	86,2	101,2	61,3
Okt	11,0	3,0	1014,3	92,1	54,0	33,3
Nov	8,0	3,0	1011,7	91,8	22,3	16,6
Dec	6,0	4,1	1005,3	89,3	12,4	9,8

Tabel 9 Månedsmiddelværdier for det typiske danske klima i 2090'erne-

Adgang til data

Der er oprettet datafiler til brug i BSim (Wittchen, Johnsen, and Sørensen 2020) og Be18 (Aggerholm 2018) programmerne med henblik på at kunne analysere bygningers ydeevne (indeklima og energi) når de bliver udsat for fremtidens klima.

Klimadata til BSim består af timeværdier i BSim's binære format og kan hentes via hjemmesiden www.bsim.dk og linkene "For BSim brugerne" + "Klimadata".

Klimadata til Be18 programmet er dannet ud fra BSim klimadata og en simulering af solindfaldet i en specialdesignet model og består af månedsmiddelværdier. Klimafilene til Be18 kan hentes fra hjemmesiden be18.sbi.dk/be/ (kræver licens for adgang). Ud over klimadata med månedsmiddelværdier skal Be18 bruge en klimafil med timeværdier for at kunne beregne sommerkomfort i boliger. Disse filer kan ikke umiddelbart udskiftes i programmet og er derfor ikke dannet idet det vil kræve en ændring af programkoden. Der henvises derfor til simulering med BSim for at analysere sommerkomforten i boliger udsat for fremskrevne klimadata.

Klimadata findes som 6 filer til BSim hhv. Be18 programmerne:

Type	BSim filnavn	Be18 filnavn
Ekstrem, varm (DRY)	DK_HOT_2001-2019.DRY	DK_HOT_2001-2019.XML
Ekstrem, kold (DRY)	DK_COLD_2001-2019.DRY	DK_COLD_2001-2019.XML
Ekstrem, solrigt (DRY)	DK_SUNNY_2001-2019.DRY	DK_SUNNY_2001-2019.XML
Ekstrem, solfattigt (DRY)	DK_CLOUDY_2001-2019.DRY	DK_CLOUDY_2001-2019.XML
Fremskrivning 2050'erne (TMY)	DK_2050s.DRY	DK_2050s.XML
Fremskrivning 2090'erne (TMY)	DK_2090s.DRY	DK_2090s.XML

Tabel 10 Oversigt over klimafilene til BSim og Be18 programmerne som er tilgængelige via de respektive hjemmesider for programmerne.

Referencer

- Aggerholm, Søren. 2018. *SBI-213 Anvisning Bygningens Energibehov*.
- Cannon, Alex J. 2018. "Multivariate Quantile Mapping Bias Correction: An N-Dimensional Probability Density Function Transform for Climate Model Simulations of Multiple Variables." *Climate Dynamics* 50 (1–2): 31–49. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3580-6>.
- CORDEX. 2021. "WCRP CORDEX Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment." How to Get Access to the Data. 2021. <https://cordex.org/data-access/how-to-access-the-data/>.
- Kaito, C., A. Ito, S. Kimura, Y. Kimura, Y. Saito, and T. Nakada. 2000. *Topotactical Growth of Indium Sulfide by Evaporation of Metal onto Molybdenite*. *Journal of Crystal Growth*. Vol. 218. [https://doi.org/10.1016/S0022-0248\(00\)00575-3](https://doi.org/10.1016/S0022-0248(00)00575-3).
- Perez, R., R. Stewart, C. Arbogast, R. Seals, and J. Scott. 1986. "An Anisotropic Hourly Diffuse Radiation Model for Sloping Surfaces: Description, Performance Validation, Site Dependency Evaluation." *Solar Energy* 36 (6): 481–97. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(86\)90013-7](https://doi.org/10.1016/0038-092X(86)90013-7).
- Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen. 2020. "Bygningsreglement 2018." København: Trafik- og Bygge- og Boligstyrelsen. <https://bygningsreglementet.dk/>.
- Wittchen, KB, K Johnsen, and KG Sørensen. 2020. "BSim: Building Simulation - Brugervejledning." København: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. www.bsim.dk.