



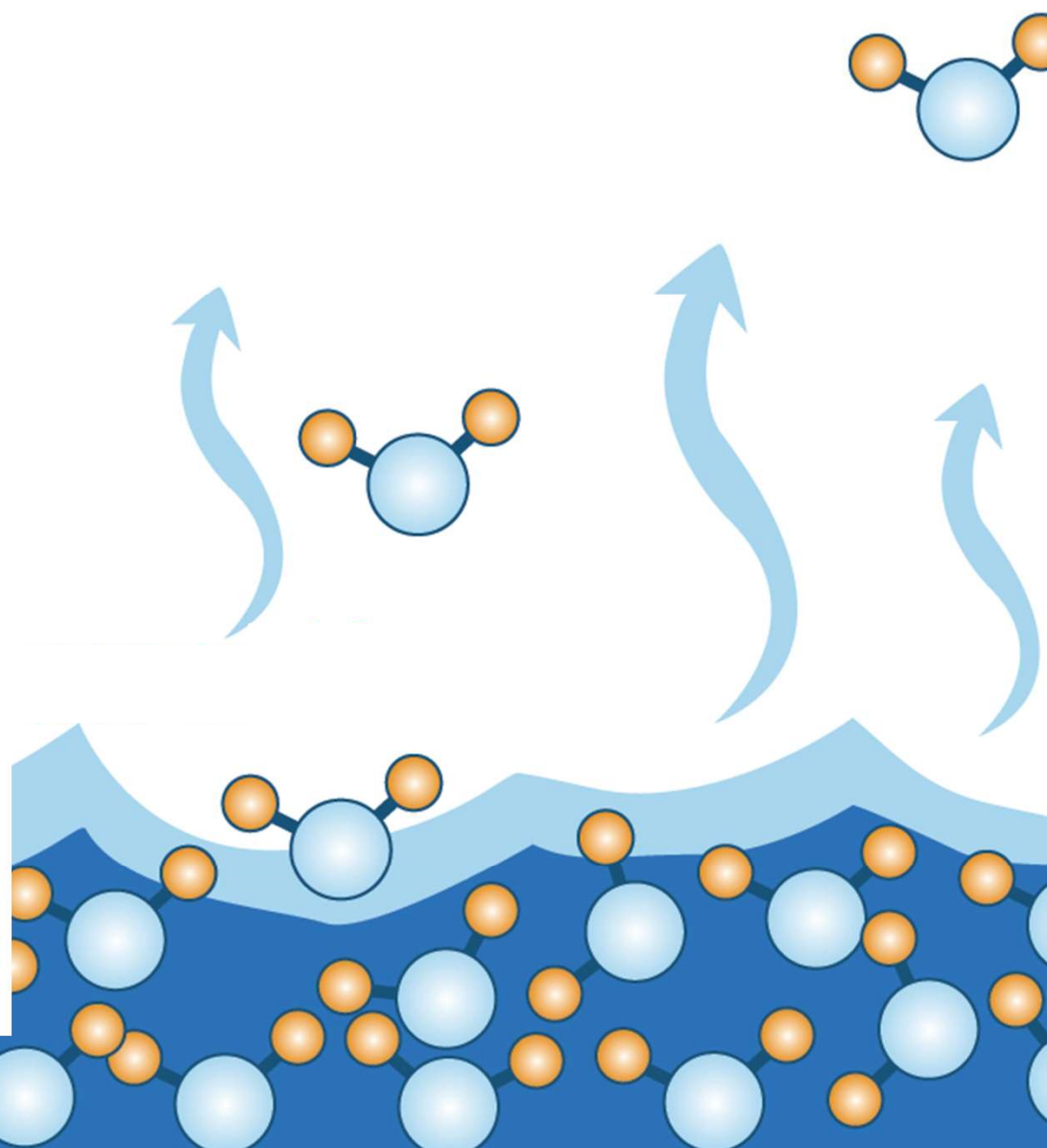
H₂O(g) – Fordampningens begrænsninger og muligheder i byens vandhåndtering

Som Dug for Solen

DNNK-seminar 25.6.2020

Marina B. Jensen, IGN, mbj@ign.ku.dk

KØBENHAVNS UNIVERSITET

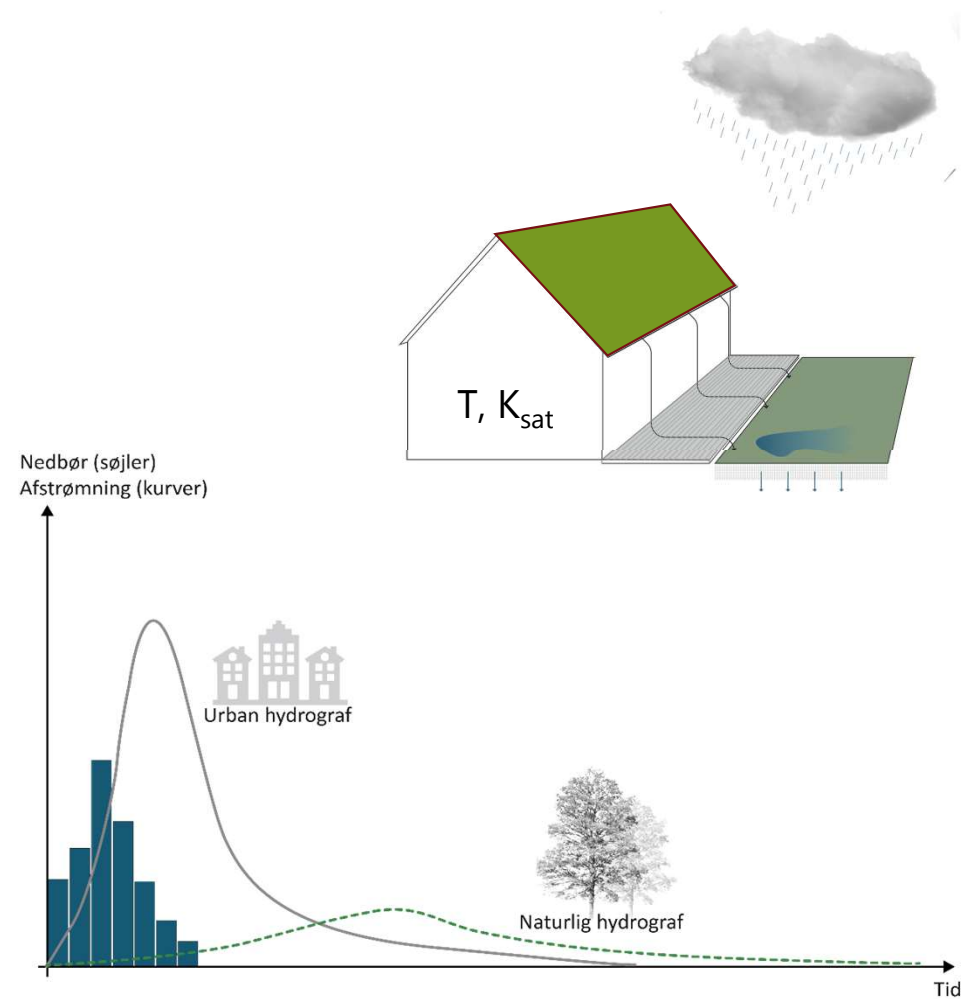
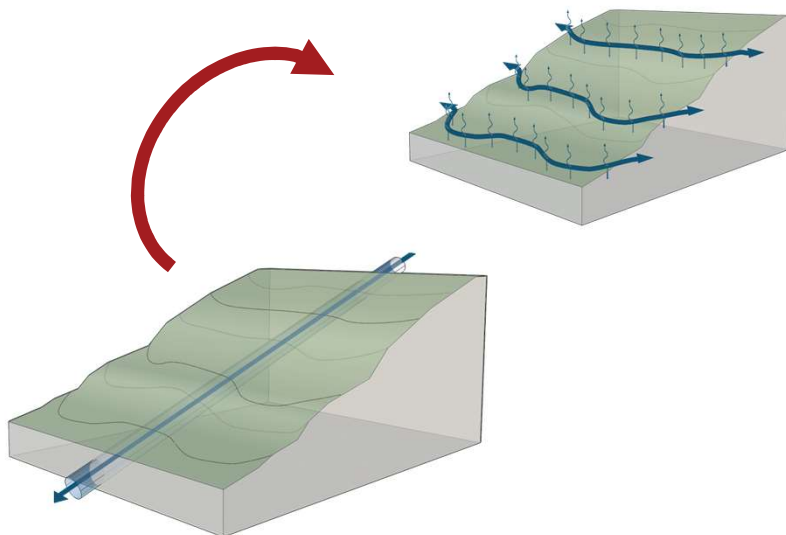


Fordampning og LAR

I LAR arbejdes på tværs af terrænet

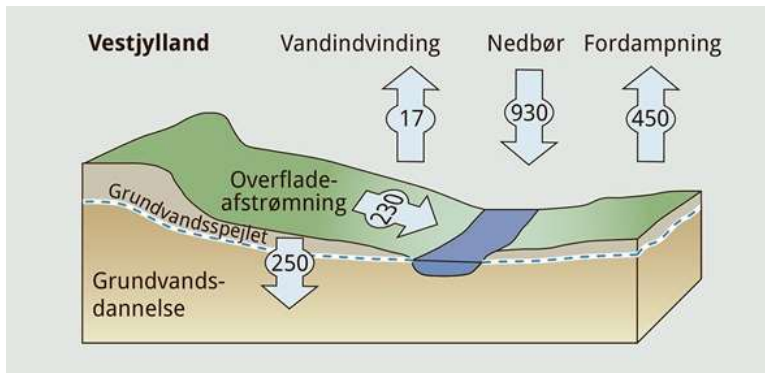
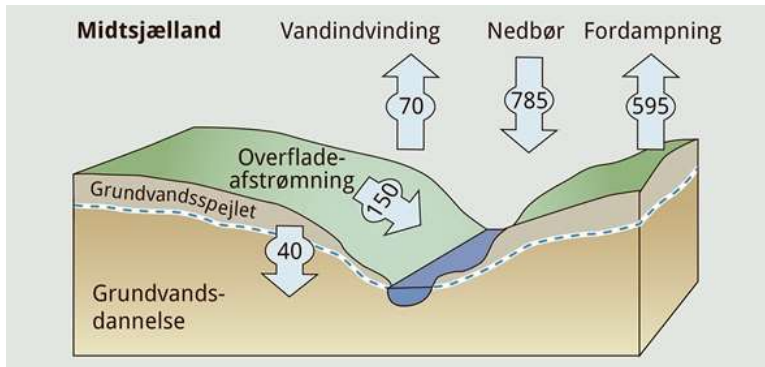
Med LAR kommer byens afstrømningshydrograf tættere på den naturlige.

Det er lettere at efterligne nedsivningen end fordampningen



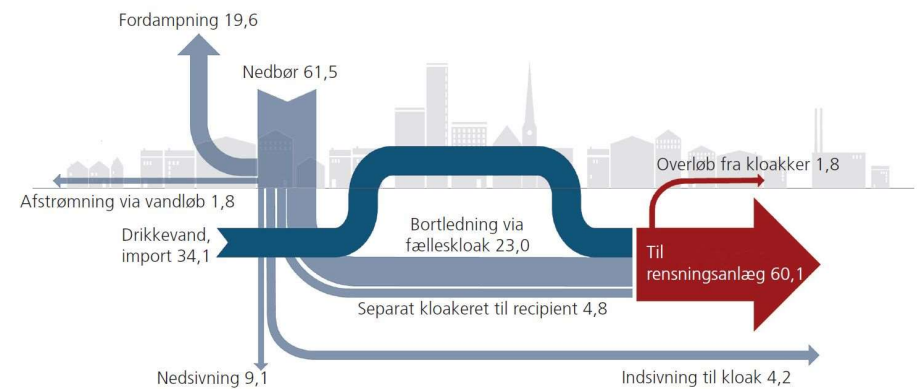
Alle illustrationer er fra bogen 'Regn med mere', 2020, af Jensen, Backhaus og Fryd

Vandbalancer i Danmark



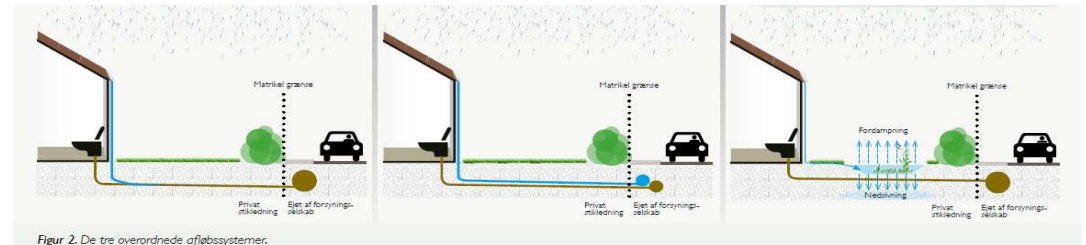
Geus

Københavns Vandbalance, 2005

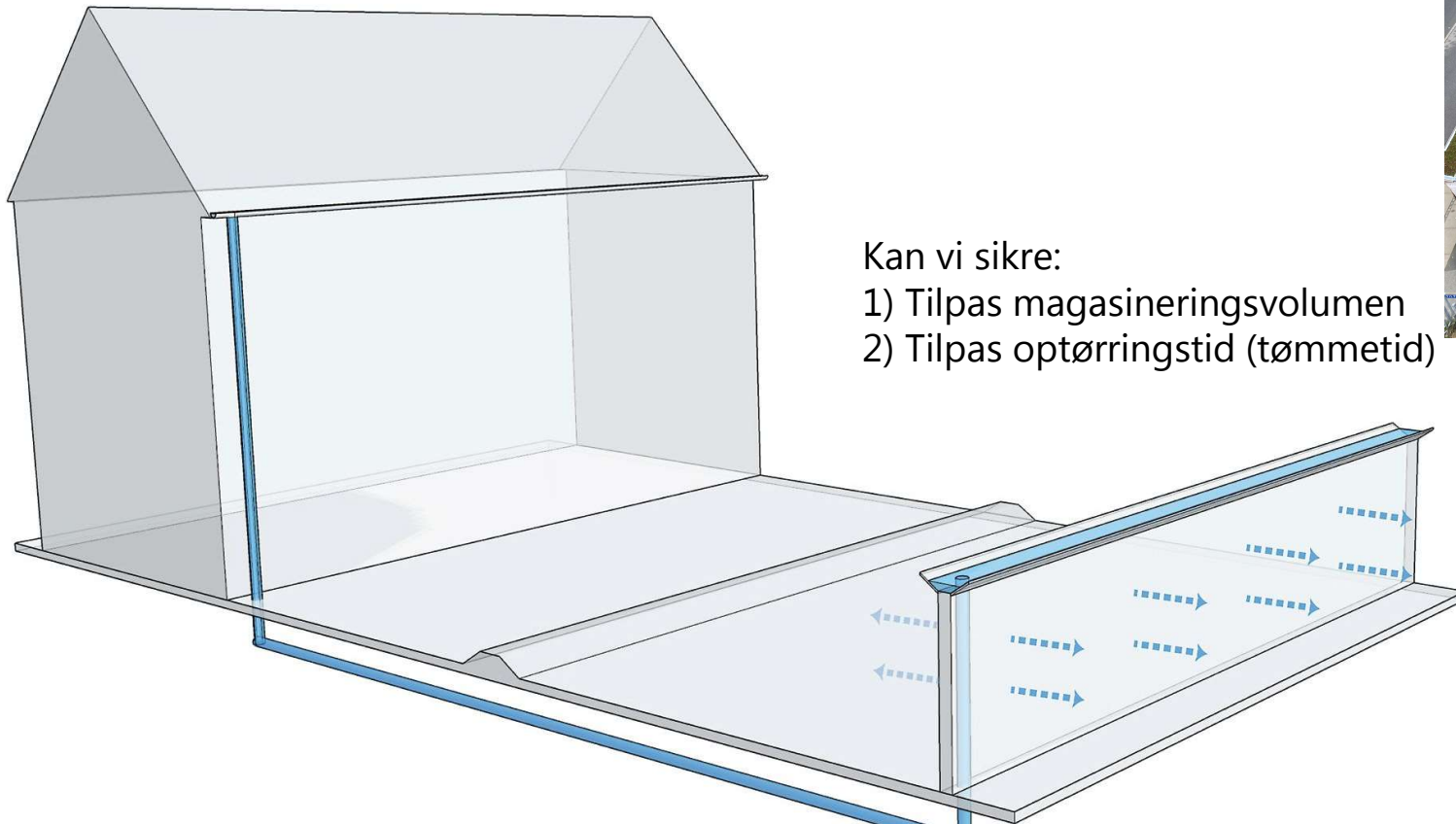


Binning et al., 2006

Århus' Spildevandsplan

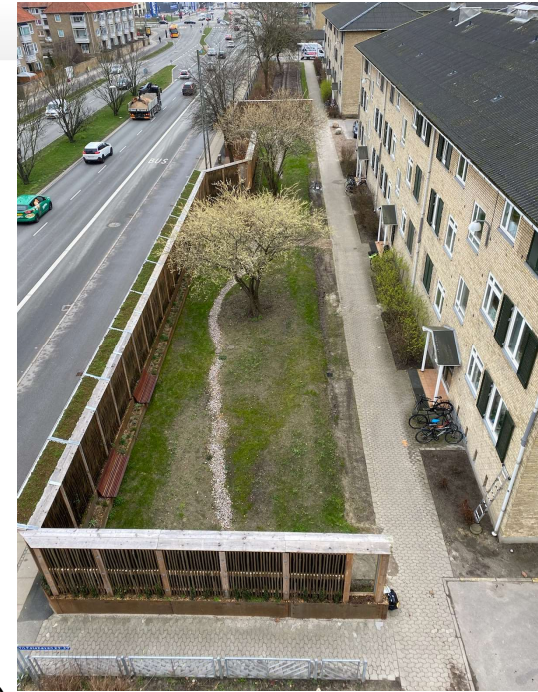


Vertikale fordampningselementer



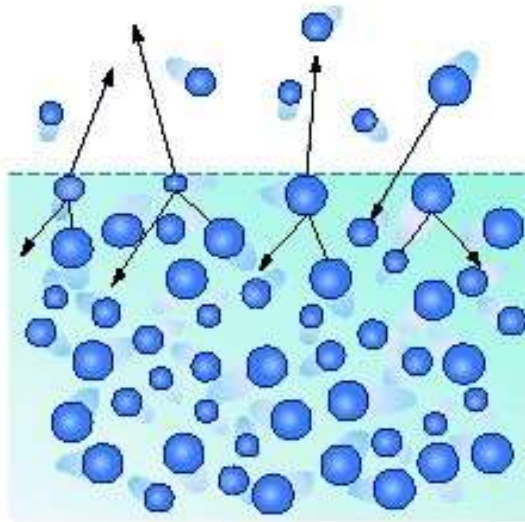
Kan vi sikre:

- 1) Tilpas magasineringsvolumen
- 2) Tilpas optørringstid (tømmetid)

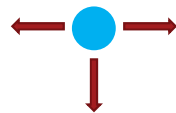


Hvad er fordampning?

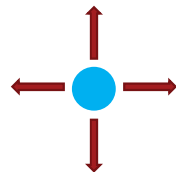
Når vand fordamper går vandmolekylerne fra flydende form til gasform: $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g})$



De mest energirige molekyler river sig løs



Svage intermolekulære kræfter



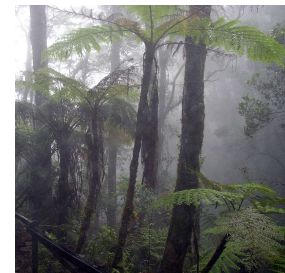
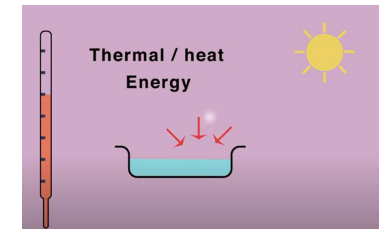
Stærke intermolekulære kræfter



Fordampning foregår ved alle temperaturer mellem 0 og 100 °C

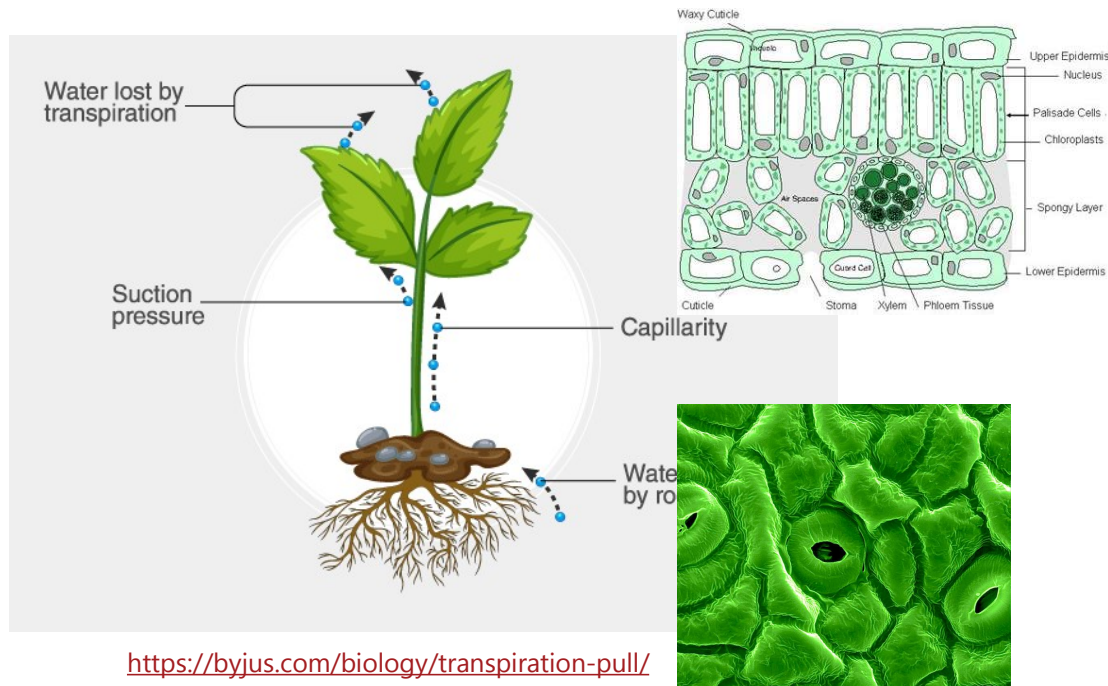
Hvilke faktorer påvirker fordampning?

1. Temperatur. Jo højere temperatur desto mere fordampning, fordi molekylerne kinetiske energi vokser, og flere kan rive sig løs
2. Overfladeareal. Fordampning er et overfladefænomen, så jo større overflade desto større fordampning
3. Vind. Vind øger fordampningen, fordi vinden fjerner vanddampen fra overfladen og skaber plads til at nye molekyler kan fordampe
4. Luftfugtighed. Med højere luftfugtighed falder fordampningen, fordi der er mindre plads i luften

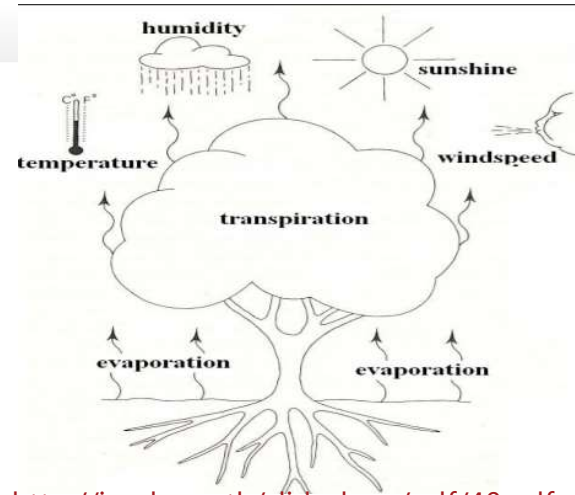


Planters transpiration

Transpiration er den process, hvor vand bevæger sig gennem planten og fordamper fra dens overflade



<https://byjus.com/biology/transpiration-pull/>



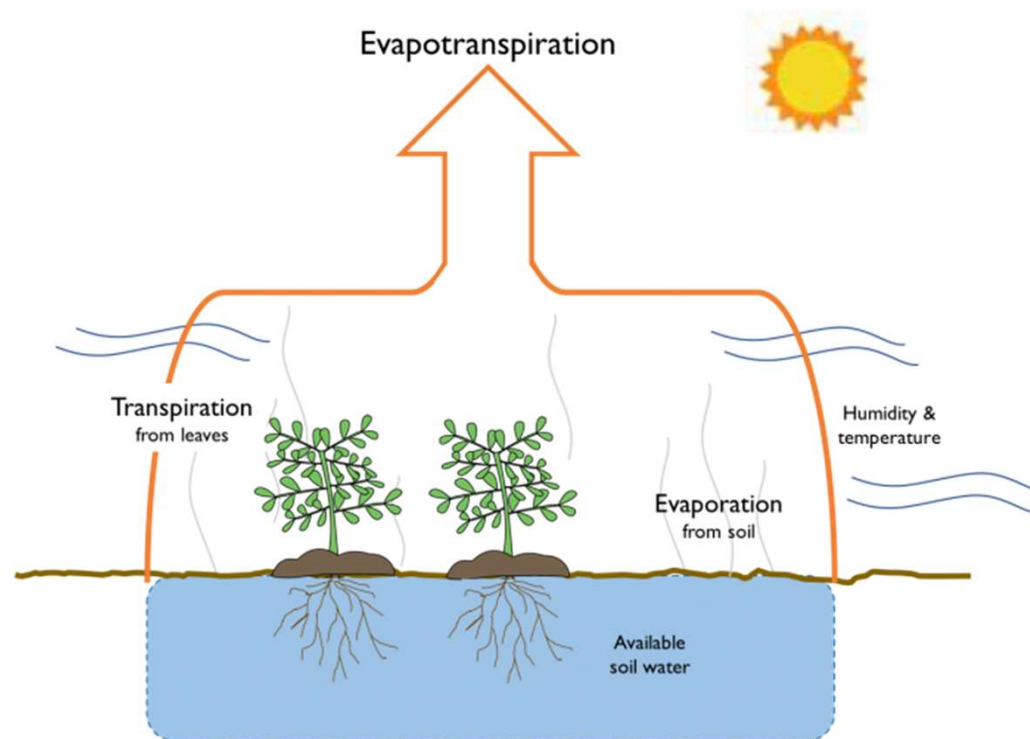
<http://irre.ku.ac.th/slideshow/pdf/40.pdf>

Interception



<http://formind.org/model/what-are-the-main-processes-of-formind/environment/>

Evapotranspiration = fordampning + transpiration



Fordampningen i et område afhænger af områdets vandbalance og energibalance

Vandbalancen:

$$P = E_{akt.} + Q + \Delta S = E_{jord} + E_{transp.} + E_{interc.} + Q + \Delta S,$$

hvor P er nedbøren, E er den aktuelle fordampning, Q er afstrømningen og ΔS er ændringen i jordens vandindhold

Enhed: mm/dag

Energibalancen:

$$R = H + \lambda E_{akt.} + G,$$

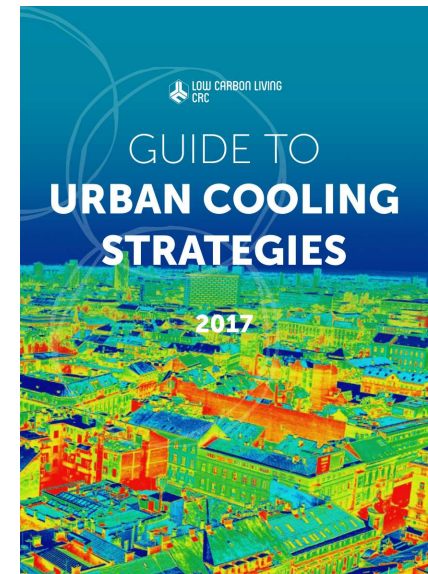
hvor R er nettoindstrålingen ved jord-plante systemet, H er den sensible varme-fluks, λE_{Akt} er udgående latent energi via fordampning, G er varmenergi, der oplagres i jorden.

Enhed: MJ/m² per dag

λ er vands fordampningsvarme (= 2256 MJ/m³)



Ved at indbygge varmen i vanddamp omdannes sensibel varme til latent varme. Det betyder afkøling



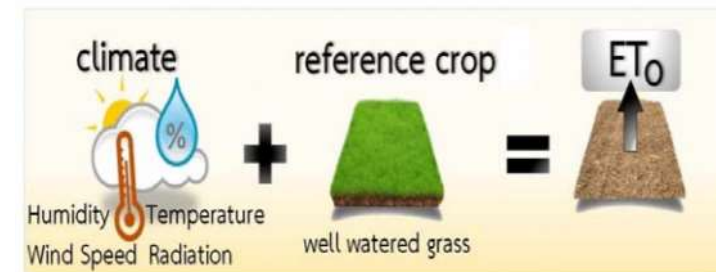
Aktuel fordampning og potential fordampning

$E_{akt.}$ = den fordampning der foregår

$E_{pot.}$ = den fordampning, der kunne foregå hvis vand ikke var en begrænsning (den maksimalt mulige fordampning)

“Den aktuelle fordampning er lig den potentielle fordampning hvis der er vand nok til rådighed”

Reference-afgrøden har $K_c = 1$



Eksempler på afgrøders vandbehov (Thailand)

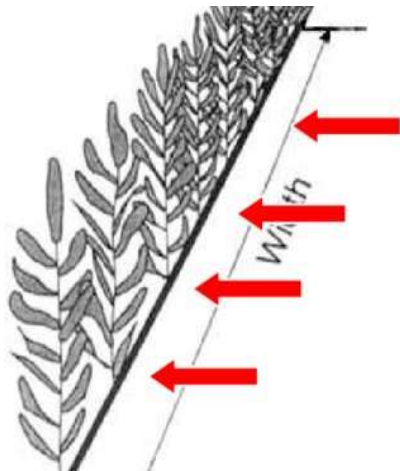
Crop water requirements for Prachuap Khiri Khan province, Central and Western Thailand
Downloaded from URL: water.rid.go.th/hwm/cropwater/CRWdata/ET

Crop No.	Crop name	Growth period	Crop water requirements	
		days	mm./season	m ³ /rai
1	Rice-Rice Department High Yield Variety	100	699	1,119
2	Rice-Khao Dok Mali 105	100	629	1,006
3	Rice-Basmati	100	695	1,112
4	Wheat	100	311	498
5	Maize	100	351	561
6	Sweet corn	75	274	438
7	Sorghum	110	387	619
8	Soy bean	100	373	596
9	Peanut	105	371	594
10	Mung bean	70	215	344
11	Sesame	90	295	471
12	Tobacco	90	398	637
13	Sun flower	110	392	627
14	Water melon	85	418	668
15	Cotton	160	471	753
16	Sugarcane	300	978	1,564
17	Castor bean	200	745	1,191
18	Taro	170	1,177	1,884
19	Asparagus	365	1,526	2,442
20	Tomato	110	494	791
21	Onion	100	395	632
22	Shallots	85	304	487
23	Garlic	110	269	431
24	Potato	95	368	588
25	Bird's eye chilli	150	483	774
26	Bitter gourd	75	326	522
27	Cauliflowers	45	197	316
28	Chinese kale	55	165	265
29	Yard long bean	80	287	459
30	Graden pea	85	302	484
31	Winged bean	135	396	634
32	Chinese cabbage	60	196	313
33	Chinese radish	45	186	297
34	Baby corn	65	287	459
35	Sweet potato	125	465	744

Fordampningen over vækstsæsonen ses at svinge fra 165 mm (kinakål) til 1526 mm (asparges), svarende til en faktor 9,2

Tøjsnoreffekten og oaseeffekten

Tøjsnor-effekt: Hvis en del af vegetationen rager op, øges fordampningen herfra, sammenlignet med omkringliggende.



Fordampningen fra pilebevoksningen er måske 1,2-1,4 gange større end fra omkringliggende vegetation.
Konfiguration vigtig.



Oasis-effekt: Hvis en del af vegetationen er bedre forsynet med vand end nabovegetation, øges fordampning herfra.

Magasinering og tilgængelighed vigtig

