

Proč zadržovat vodu a podporovat vegetaci

Doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc. a kol.

ENKI, o.p.s. Třeboň

Počítáme s vodou

14.10. 2019 Krajský úřad Č. Budějovice

Obsah

- Historické civilizace vyschly a nepálily uhlí
- Povrchové teploty krajiny závisí na výparu vody
- Sluneční energie, výparné teplo vody
- Jak stromy chladí, rozložení teplot v lese
- Dešťové srážky v lesnatých a nelesnatých oblastech – kontinentální měřítko
- Positivní příklady obnovy
- Skleníkový efekt, jdeme správným směrem?

Zaniklé civilizace

Jak dlouho existuje člověk a jak dlouho civilizace?

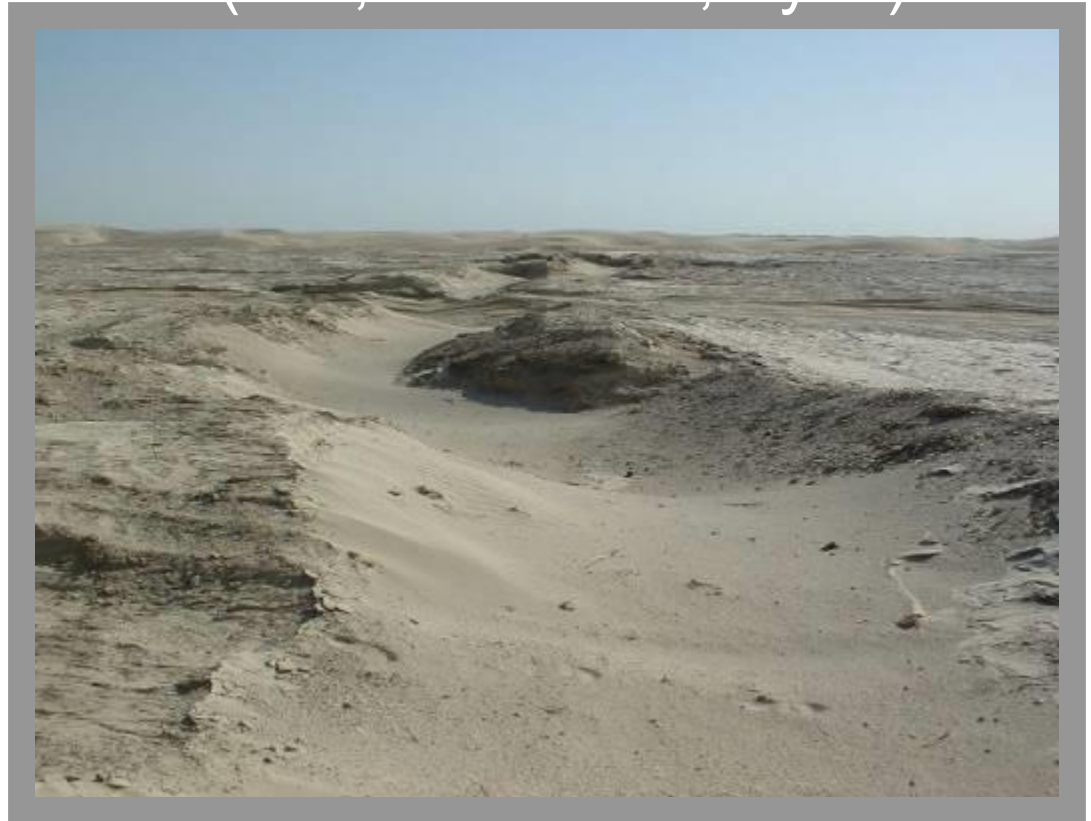




Sumer

Mesopotamie (Eufrat, Tigris, Sýrie, Irák)

**První velké civilizace
se rozvíjely před 8000
roky. Časem potýkaly
s nedostatkem vody a
zasolením půdy**



Hlavní plodiny



**Obilniny pocházejí ze
stepních trav
Jejich kořeny nesnáší
zatopení vodou**



**200 000km² zemědělské půdy se ročně znehodnotí
desertifikací. Je to následek špatného hospodaření s vodou.
Foto Hesslerová**

„Blata“ u Veselí nad Lužnicí



Benešovsko, 26.8. 2017, c.650Wm⁻²
ohřátý vzduch vysušuje krajinu. Teplota
sklizeného pole je jako teplota asfaltu 48 °C



Odvodněná krajina bez vody se přehřívá

Ašchabád Turkmenistán snaha o zalesnění



- Civilizace vyschly a nespalovaly uhlí ani jiná fosilní paliva
- Les uživí nejvýše několik osob na km² proto rostoucí populace odlesňuje
- Zemědělské plodiny nesnesou zatopení kořene vodou (kromě rýže)
- Města odvodňují
- Prevence malárie

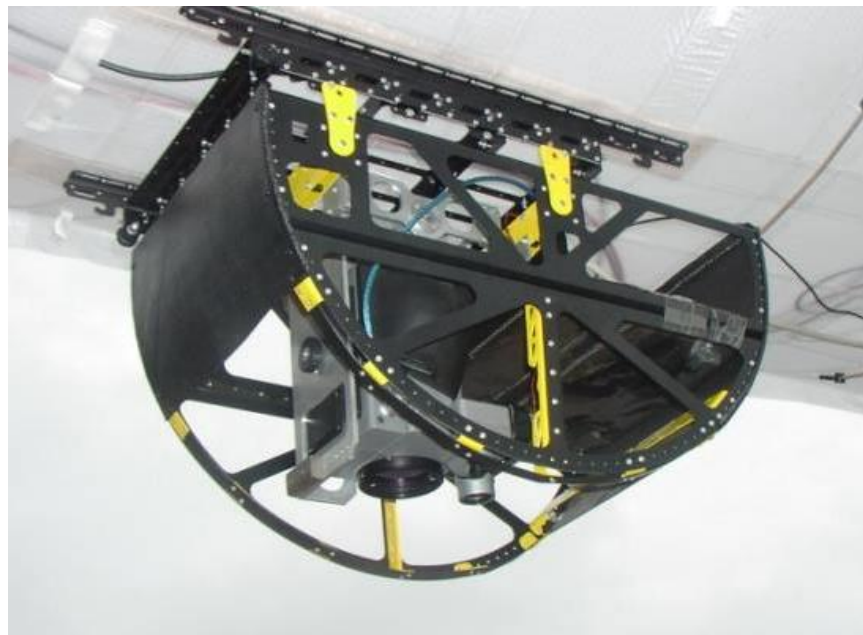
Rozklad organických látek v odvodněné půdě

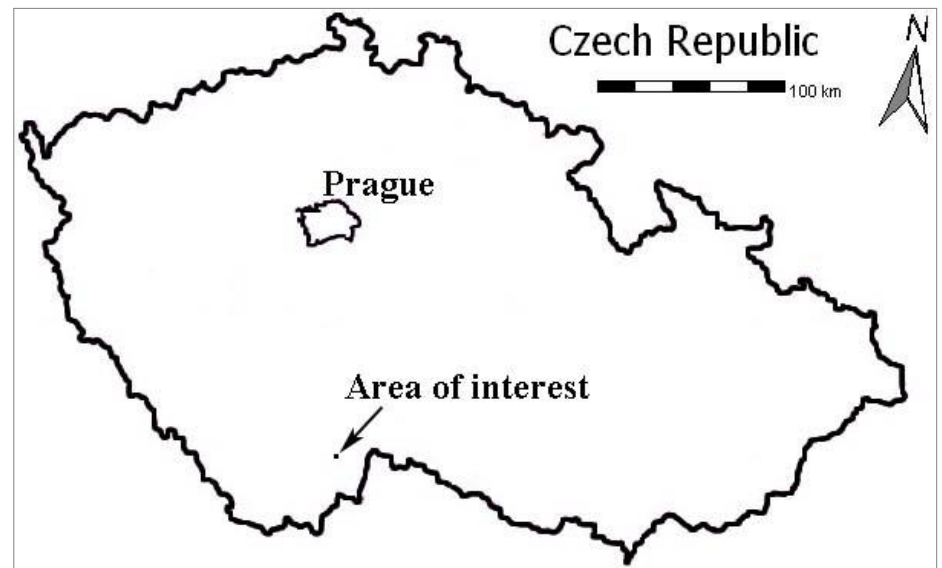
Od 1948 do konce 80.let: rozoráno 270 000ha luk, 145 000ha mezí (800 000km), 120 000 km polních cest, trubkovou drenáží odvodněno přes 1000 000ha pozemků.



Termovizní kamera nesená vzducholodí

Heliem plněná vzducholod', délka 8m. Vybavená řídicím a naváděcím systémem, výškoměrem a GPS naváděcím systémem. Elektromotor poháněný z akumulátoru. Pracovní rychlost 5 m/s; výška do 1000 m, maximální doba letu 30 minut. Závěs na gondole udržuje termovizi v pravém úhlu k povrchu zemskému. Frekvence snímání se řídí rychlostí letu. Užitný vzor Jirka a kol 2011 (NPV 2B06023)



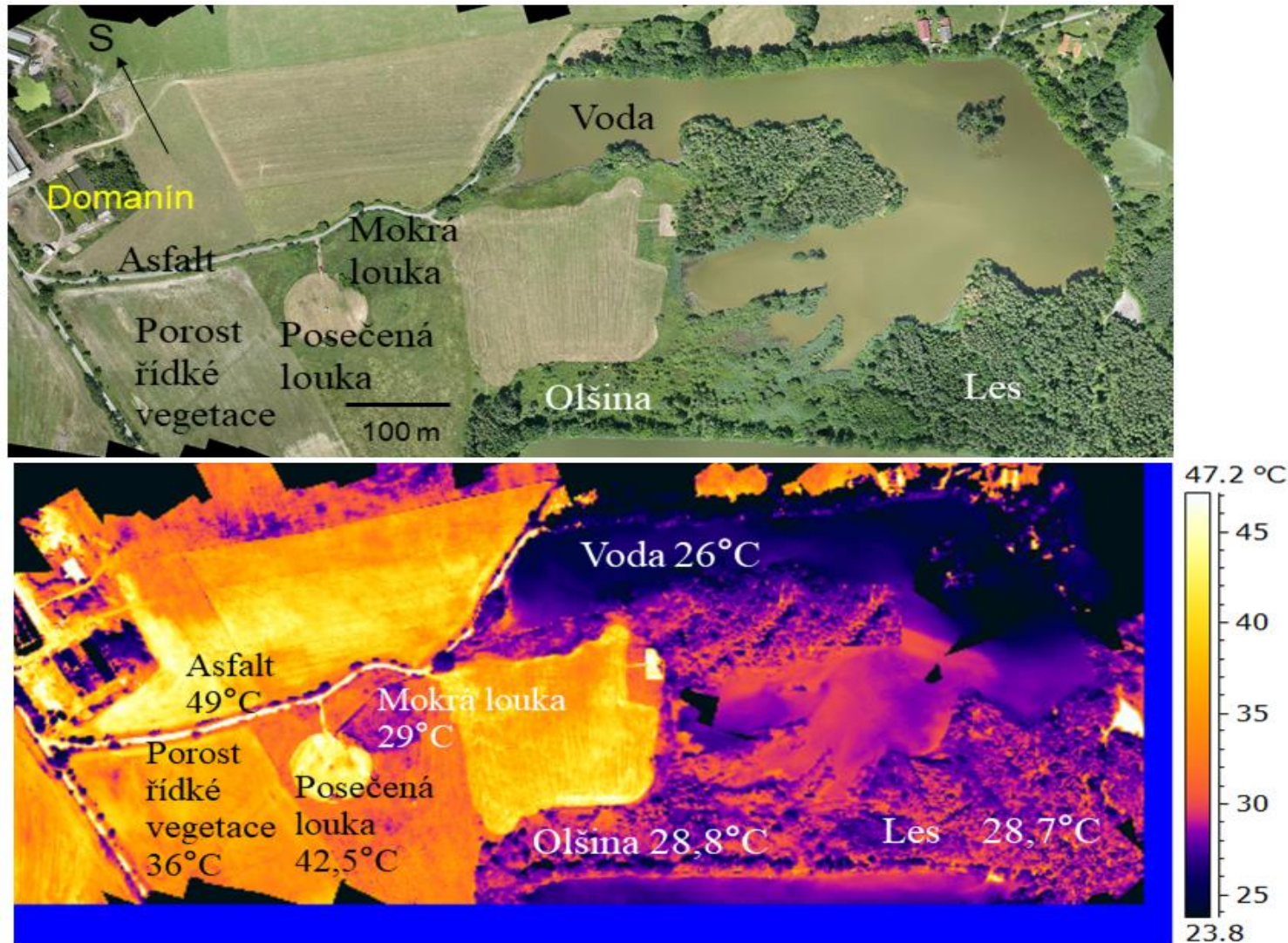


ChKO Třeboňsko, okolí obce Domanín
rovinatá kulturní krajina je ideální pro
 dálkový průzkum země

16x snímkování během
 9.7.2010
 od 4:50 do 20:10



Letní povrchové teploty kulturní krajiny jsou v rozsahu více než 20 °C (snímáno termovizní kamerou nesenou vzducholodí)



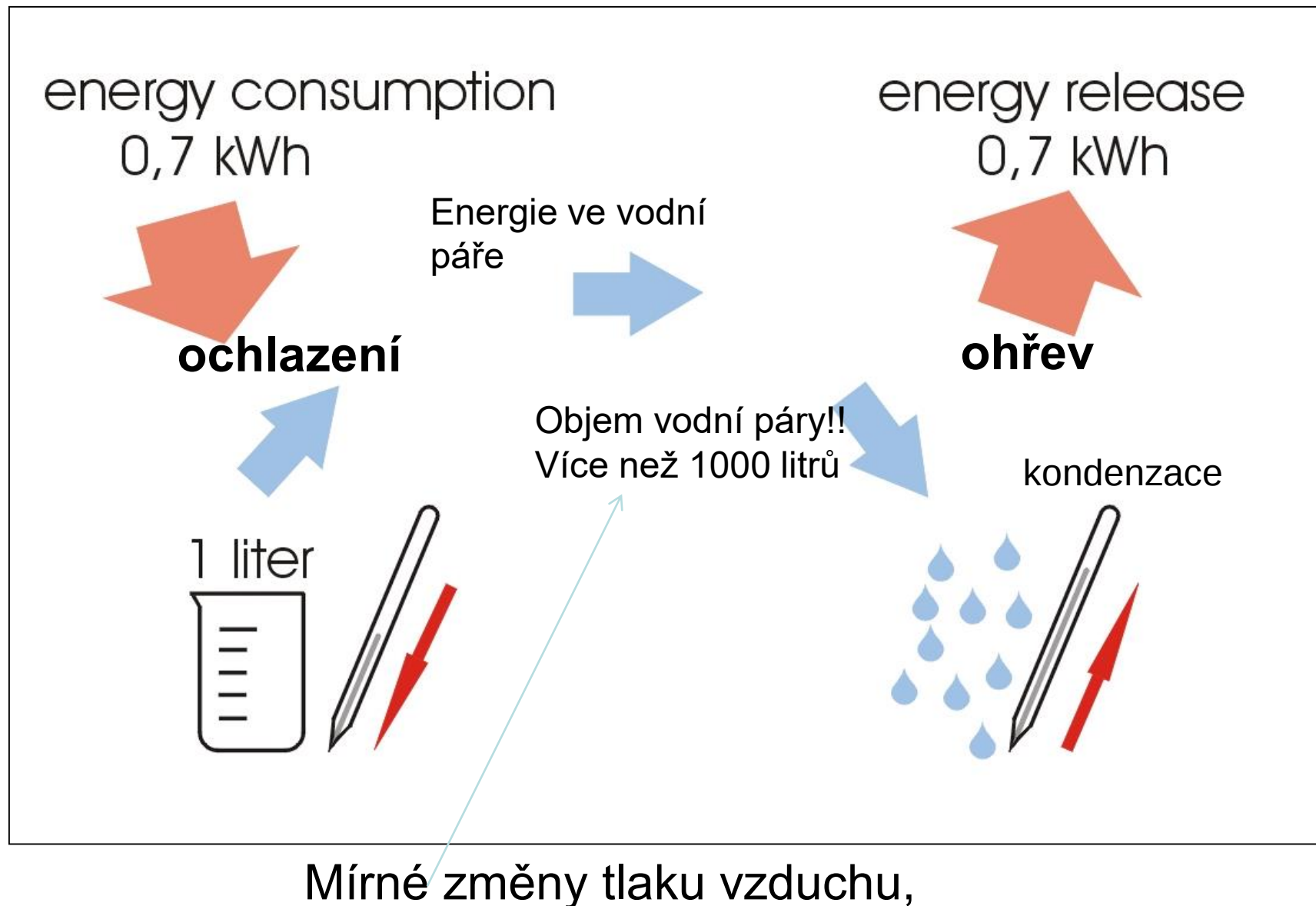
Zopakujme dva poznatky z fyziky pro základní školy

- Jednotkou výkonu je watt (W). Při výkonu 1 watt se vykoná práce 1 joulu za sekundu: $1\text{W} = 1\text{J}/1\text{s}$. Výkon vyžaduje energii. Spotřebu elektrické energie vyjadřujeme ve wattech za čas.
- Například vaříč má příkon 1000W, za hodinu spotřebuje $1000\text{Wh} = 1\text{kWh}$
- Sluneční energie ohřívá těleso o ploše 1m^2 například výkonem 1000W. Intenzita toku sluneční energie je 1000W m^{-2}
- **Tok sluneční energie měříme a vyjadřujeme ve W m^{-2}**
- **Za plného slunečního svitu přichází na m^2 až 1000W .** Při zatažené obloze je to 100W.m^{-2} i méně. V místnosti je intenzita světelného záření nejvýše několik W.m^{-2} .

Skupenské teplo výparné vody

- Na vypaření 1litru vody při 20 °C se spotřebuje 2439 kJ = 0,68 kWh
- Při kondenzaci/srážení vodní páry zpět na kapalnou vodu se skupenské teplo uvolňuje
- **Vodní pára z 1litru vody má objem přibližně 1200 litrů a je v ní „uschováno“ 0,7kWh energie** (= kapacita jedné autobaterie)
- Výpar vody a kondenzace vodní páry zpět na vodu kapalnou jsou procesy vyrovnávající teplotní rozdíly na Zemi.

LATENTNÍ TEPLLO se spotřebovává při výparu vody a uvolňuje při kondenzaci



Kolik litrů vody odpaří energie z jedné autobaterie?

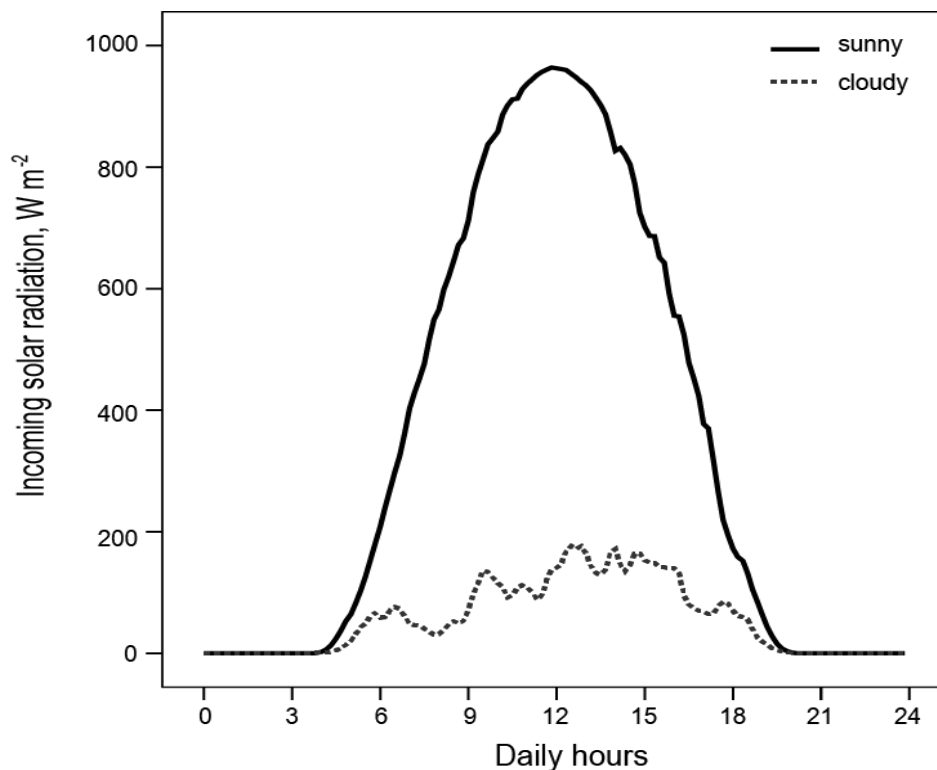
- Srovnání skupenského tepla 1 litru vody (0,7 kWh) s kapacitou průměrné autobaterie

Vodní pára = úložiště sluneční energie

- Autobaterie 12V, 60Ah má kapacitu 720Wh, 0,72kWh
- Skupenské výparné teplo 1 litru vody je 0,7kWh
- Z 1m² trávníku, lesa se vypaří několik litrů vody za den



Sluneční energie přicházející na povrch země za
slunného dne (**až 1000Wm^{-2}**)
a při zatažené obloze (max 200Wm^{-2})



Oblačnost redukuje příkon slunečního záření

R_s - Globální záření
 R_n - Čisté záření
 α - Odraz (albedo)
 H - Uvolněné pocitové teplo
 $L \times E$ - Skupenské teplo x Evapotranspirace
 G - Tok tepla do půdy
 P - Fotosyntéza
 J - Akumulované teplo v biomase

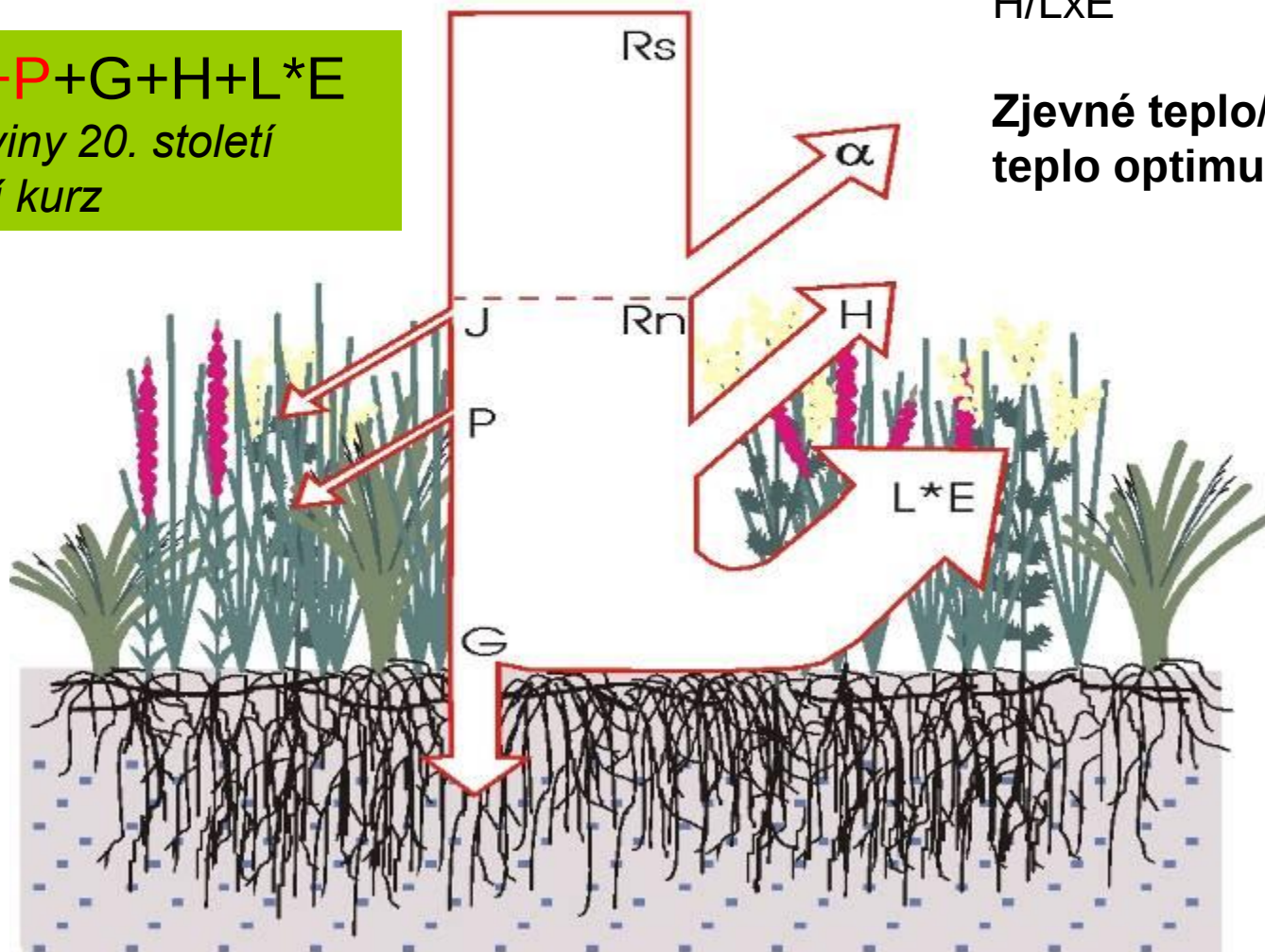
Bowenův poměr (1926)

$H/L \times E$

Zjevné teplo/výparné
teplo optimum 0,5

$$R_n = J + P + G + H + L \times E$$

od poloviny 20. století
základní kurz



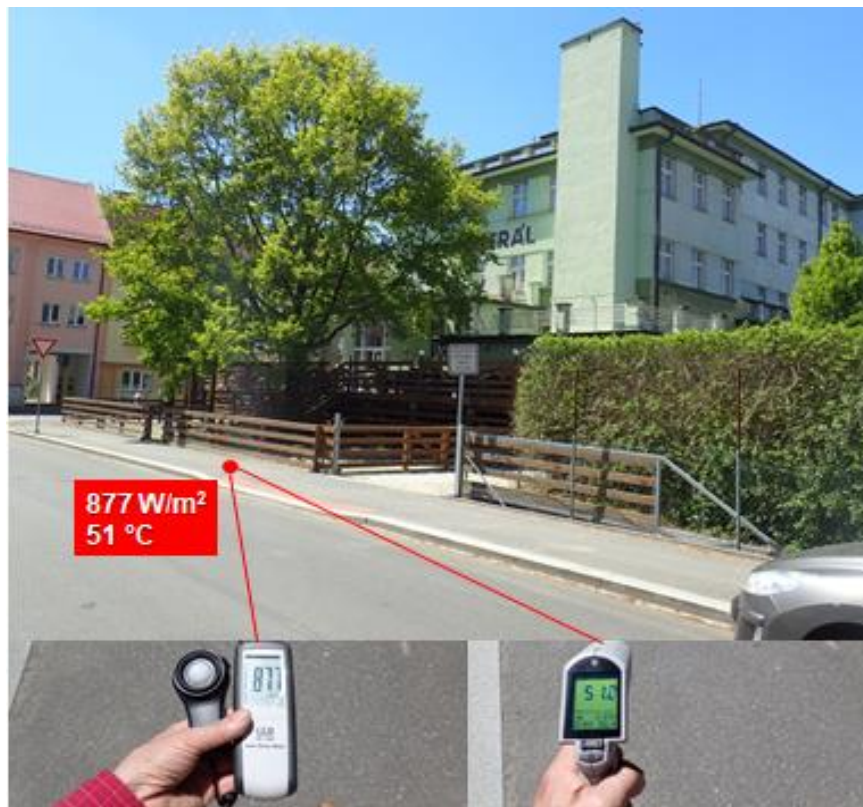
- Buďto latentní teplo výparu (chlazení, vyrovnávání teplot, růst rostliny)

nebo

- (zjevné teplo, turbulentní vzestupné proudění = termika)

Jak stromy chladí

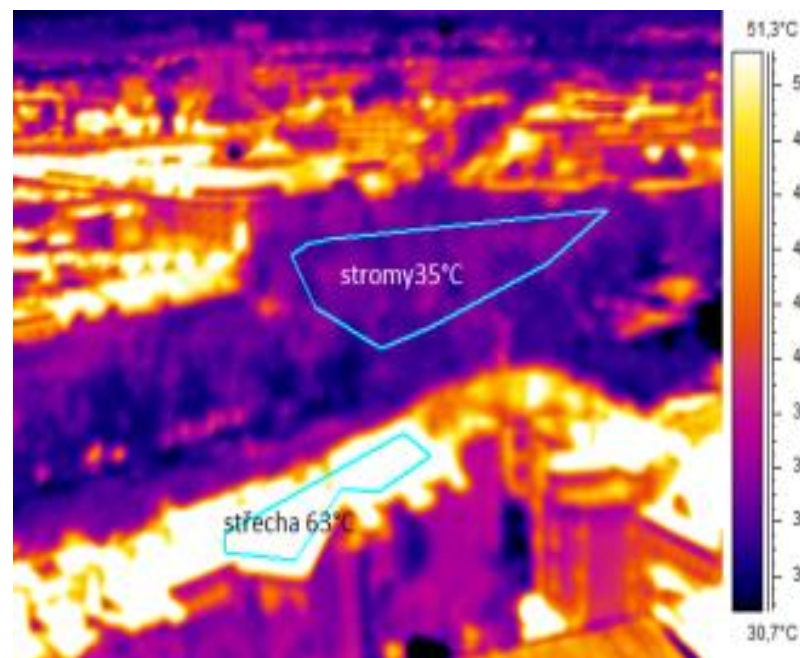
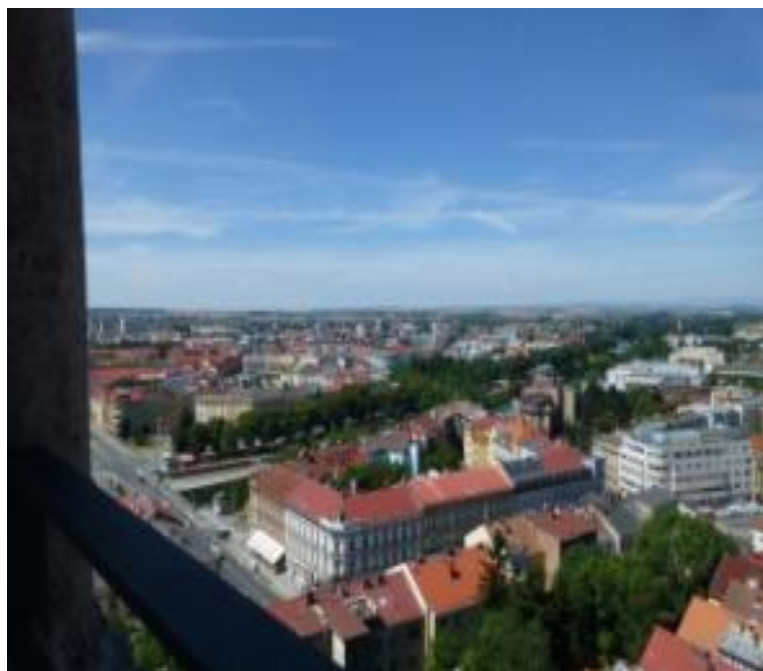
Na osluněném chodníku měříme intenzitu slunečního záření $877 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ a povrchovou teplotu 51°C . Ve stínu stromu je povrchová teplota $26,9^\circ \text{C}$ a intenzita slunečního záření $82 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Pod stromem je intenzita slunečního záření 10x nižší a teplota o 24°C nižší nežli na osluněném chodníku, jak to vysvětlíme?



Strom se chladí výparem vody (transpirací)

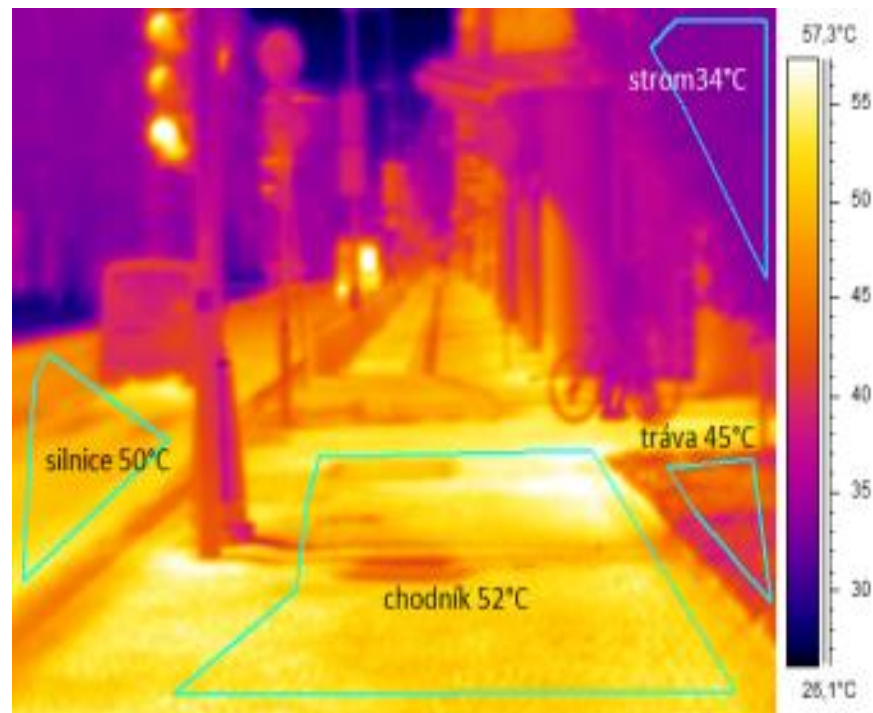
- Transpirační proud kmenem stromu lze měřit.
- Náš strom vydal (vytranspiroval) například 20 litrů vody za hodinu. Voda přijatá kořeny prošla kmenem, přes průduchy listů se odpařila a vodní pára v sobě nyní obsahuje sluneční energii. Tak strom zabránil svému přehřátí – ochladil se.
- Strom vypařil 20 litrů vody za hodinu a chladil tedy výkonem $20 \times 0,7 = 14\text{kW}$.
- Klimatizační jednotky v hotelových pokojích, kancelářích mívají výkon kolem 3kW. Klimatizační jednotka pouští chladný vzduch do místnosti a teplý vzduch ven. Klimatizační jednotka ohřívá město.
- Kam předává teplo strom, který ochladil sebe a své okolí výparem vody?
Vodní pára vydá teplo na chladných místech, kde se sráží. Strom tedy vyrovnává teploty 2x: a) chladí výparem vody místa s nadbytkem sluneční energie b) vodní pára předává tuto energii místům chladným, kde kondenzuje. V lednici, v klimatizačním zařízení cyklují nezdravé chemikálie, strom čistí vodu na úroveň vody destilované.

Hledíme z Bílé věže směrem ke třídě Karla IV, která je lemována alejí stromů. Zajímá nás teplota stromořadí ve městské zástavbě.



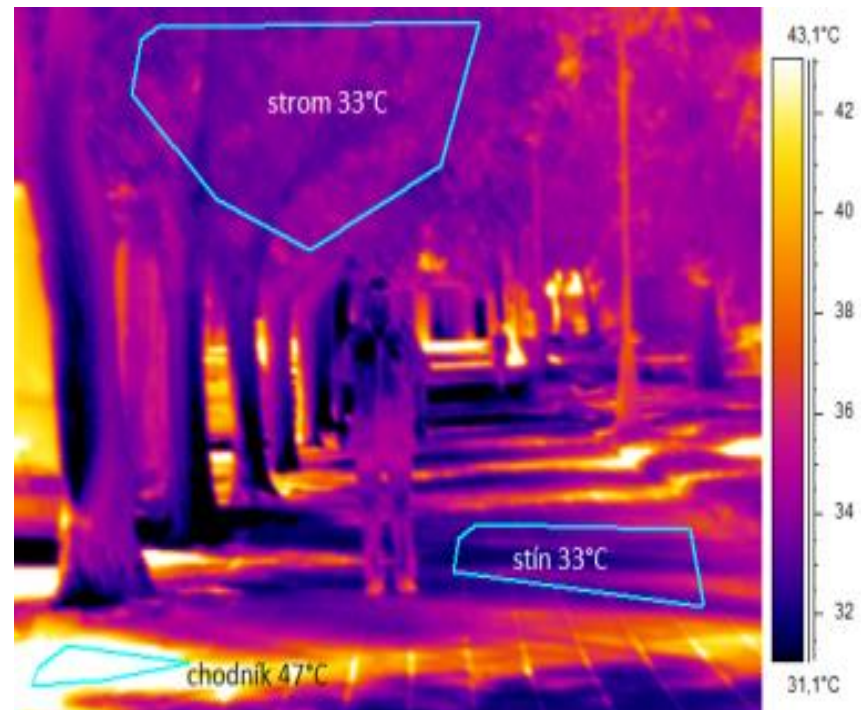
Střechy domů dosahují teploty 63 °C, povrch stromů v aleji 35 °C.

Gočárova třída téměř bez stromů



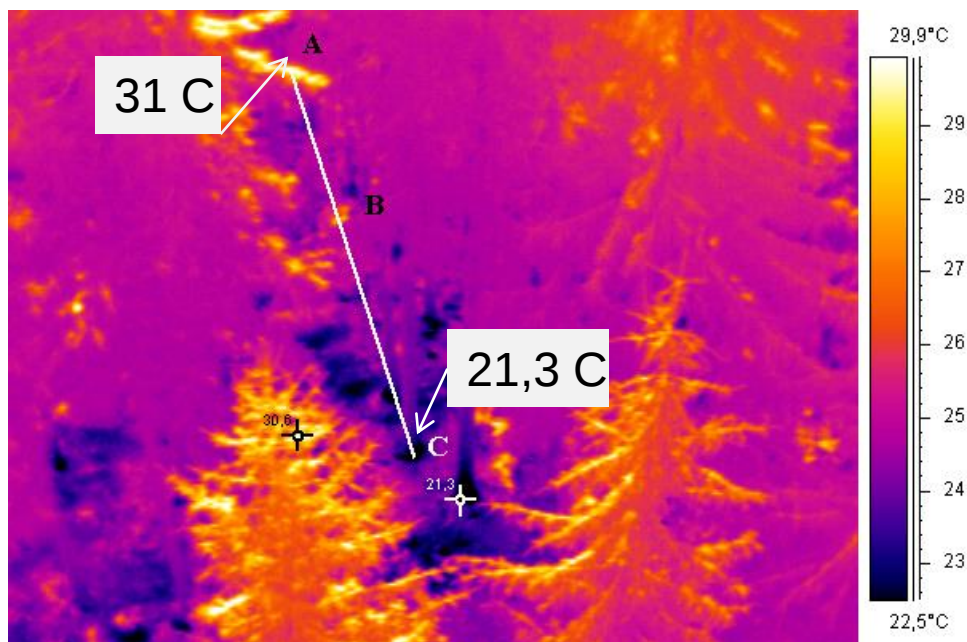
Teplota povrchu silnice 50 °C, teplota chodníku 52 °C, strom na okraji má 34 °C

Třída Karla IV. s alejí stromů.

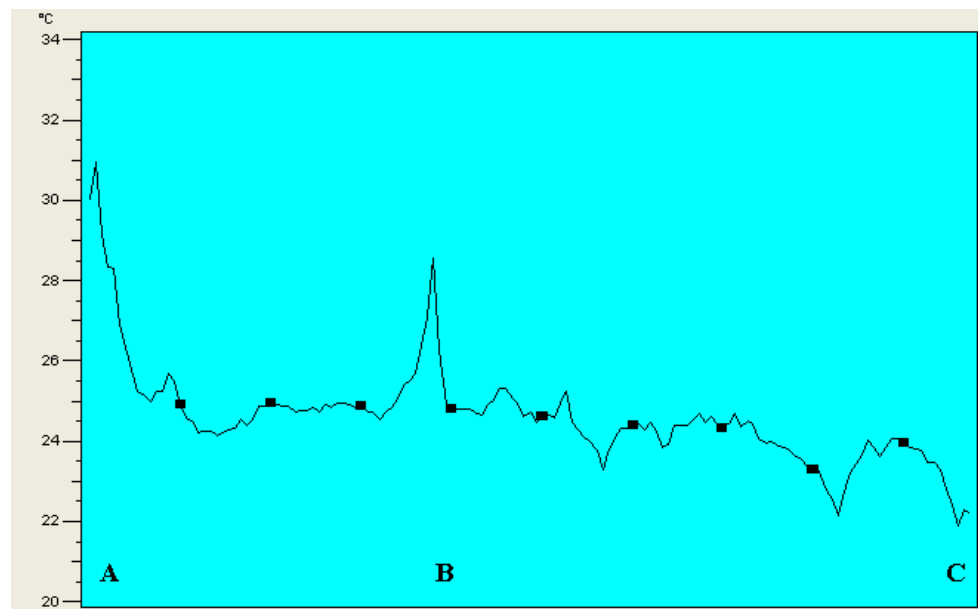


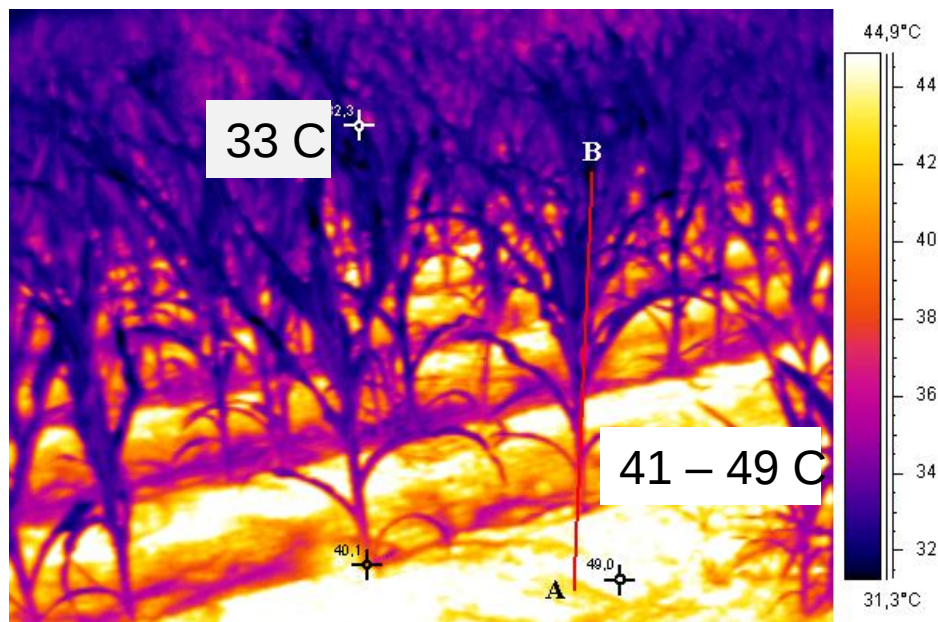
Teplota chodníku ve stínu stromů 33 °C, teplota osluněného povrchu chodníku 47 °C, teplota povrchu stromu 33 °C.

Klimatizační zařízení je ovšem ve srovnání se stromy nedokonalé, protože chladí a současně na druhé straně vzduch ohřívá. Vodní pára uvolněná při transpiraci stromů částečně unikla do atmosféry, částečně se srazí v noci na listech zpět a teplo se uvolní v noci. (*viz: Co dokáže strom, www.enki.cz*)

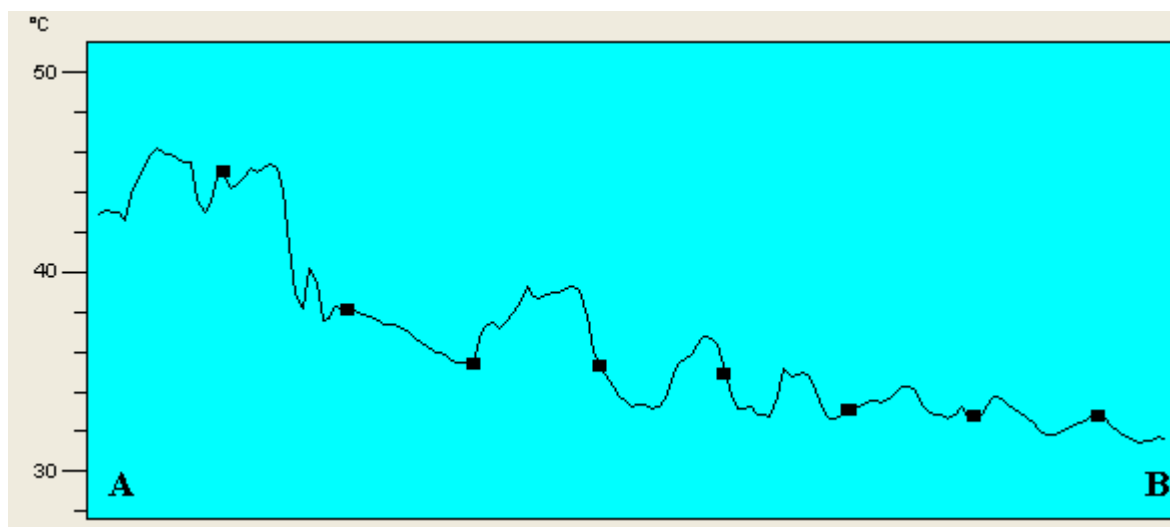


**Inverze teplot
ve dne v lese
udržuje vodu
v porostu
V korunách 31 C
při zemi 21 C**



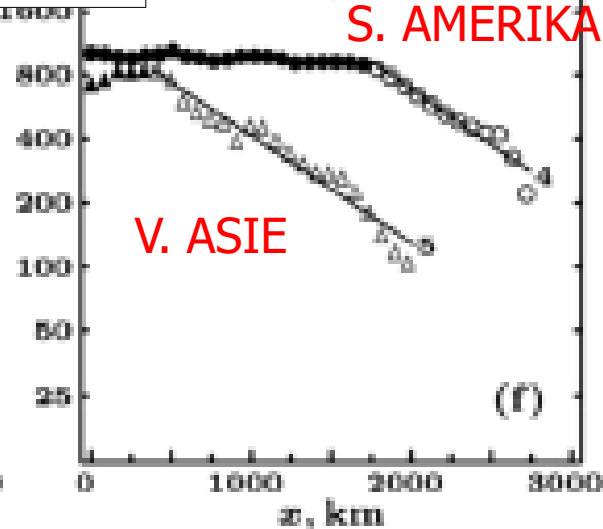
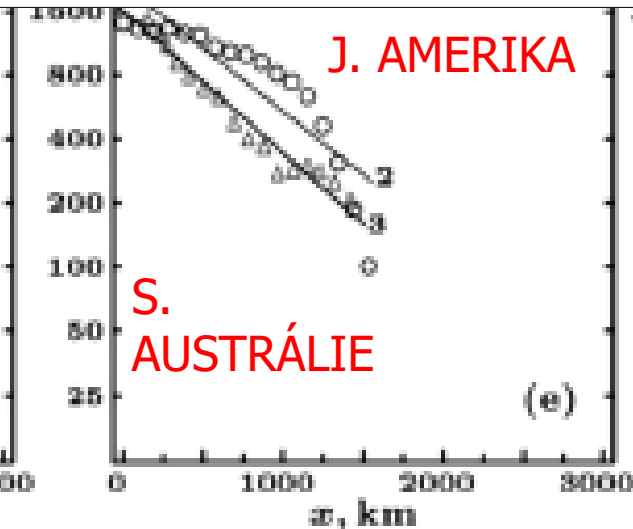
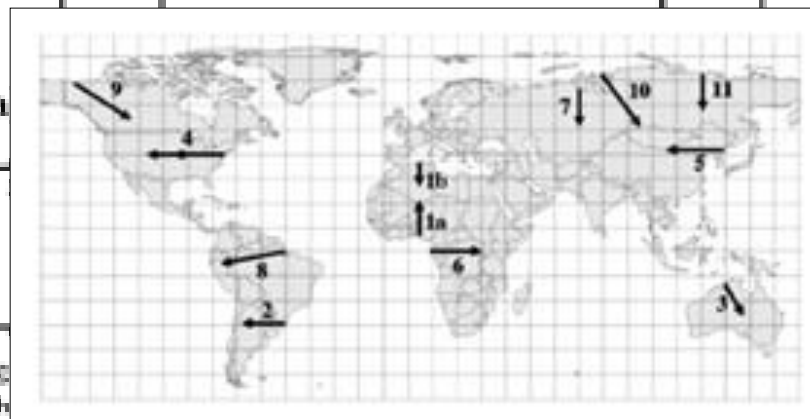
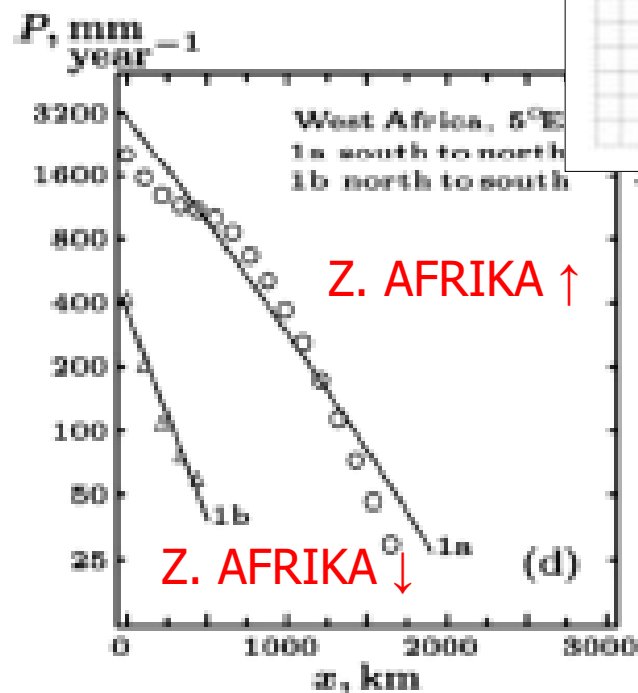
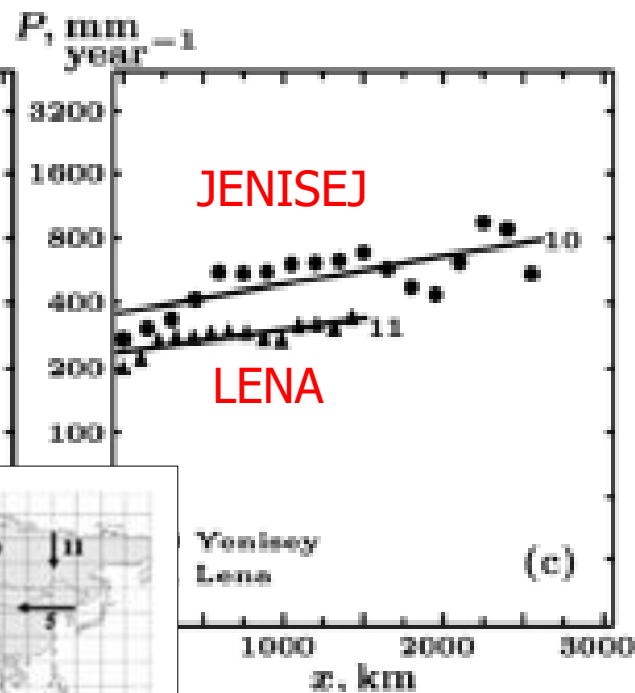
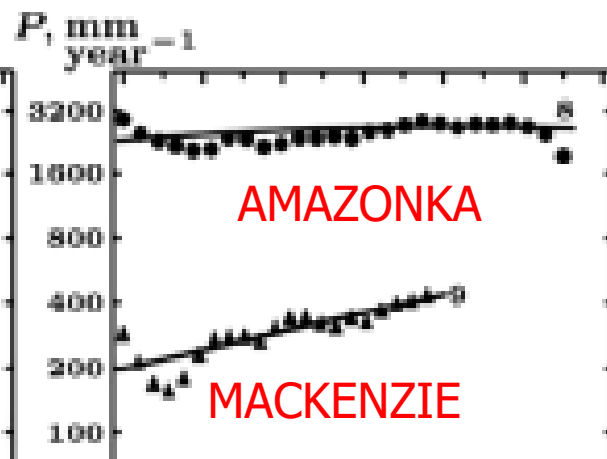
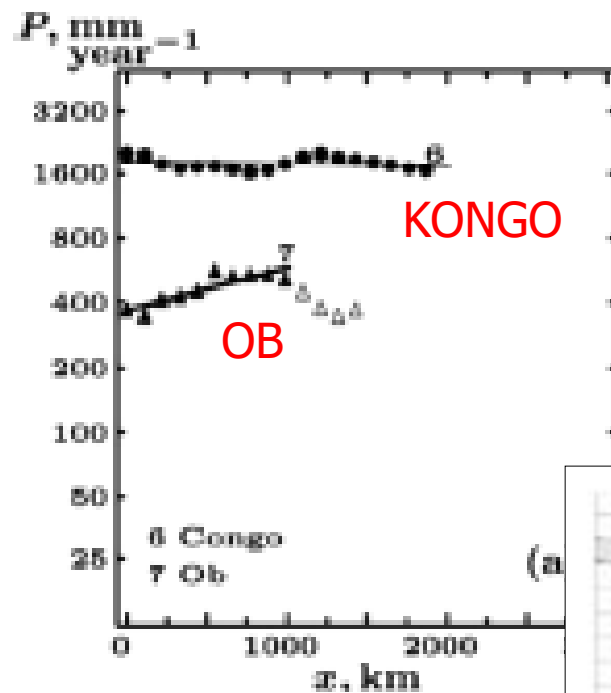


Teplý vzduch unáší vodní páru vzhůru – porost se vysušuje

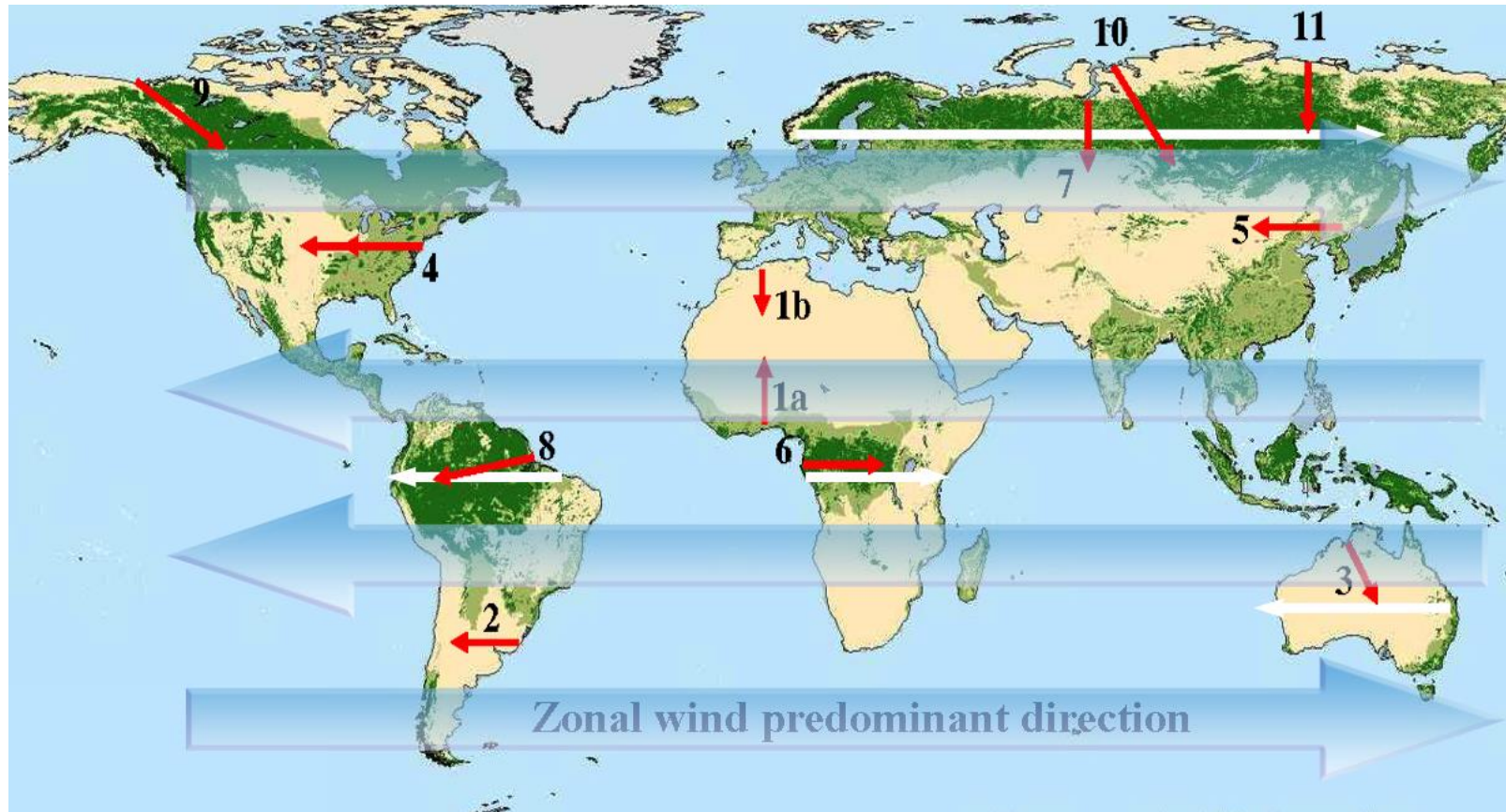


Teplota na povrchu porostu 33 C, teplota půdy až 49 C

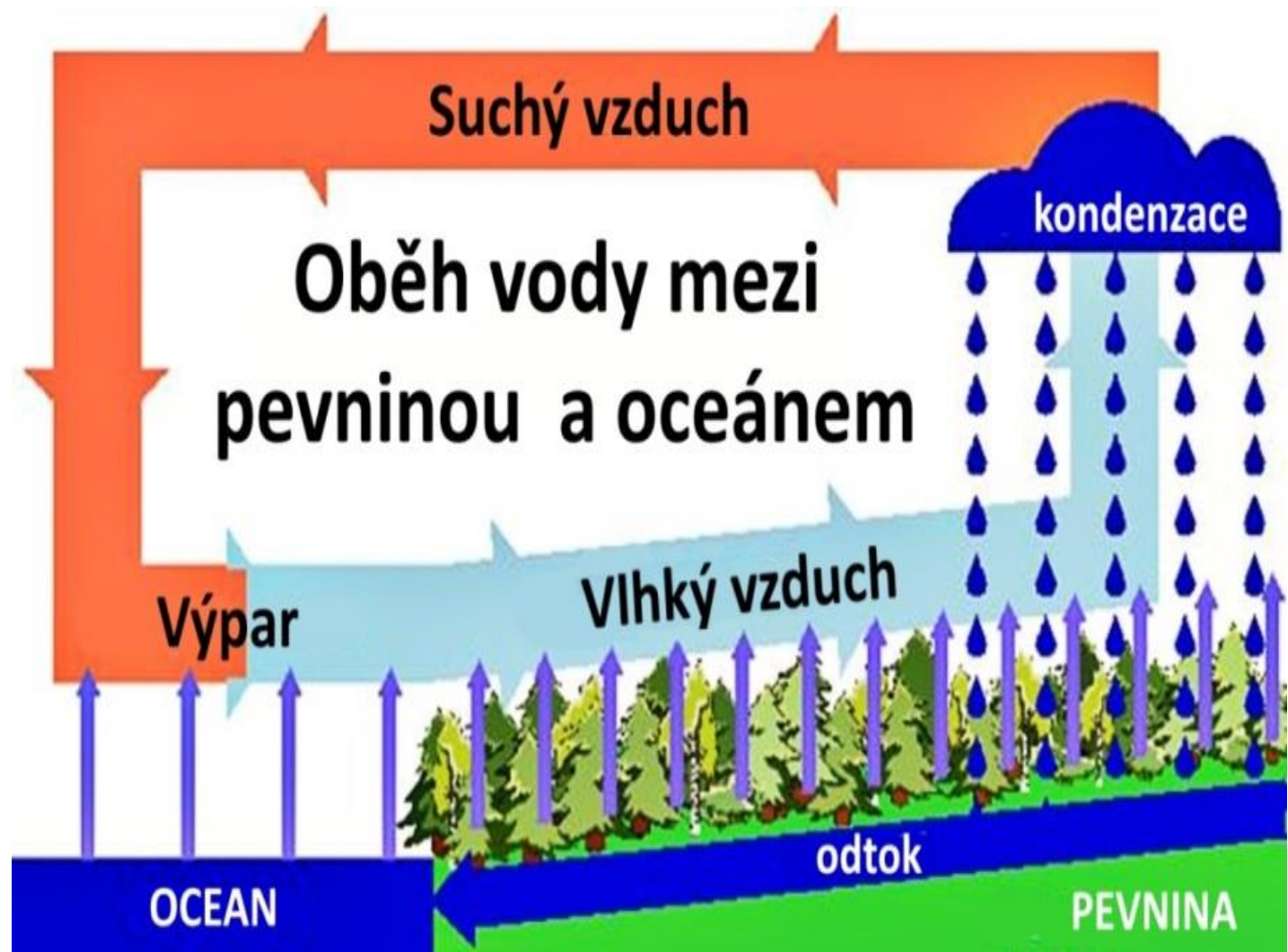
Dešťové srážky v lesnatých a
nelesnatých oblastech –
kontinentální měřítko



Rozložení srážek na zalesněných a nezalesněných plochách kontinentů

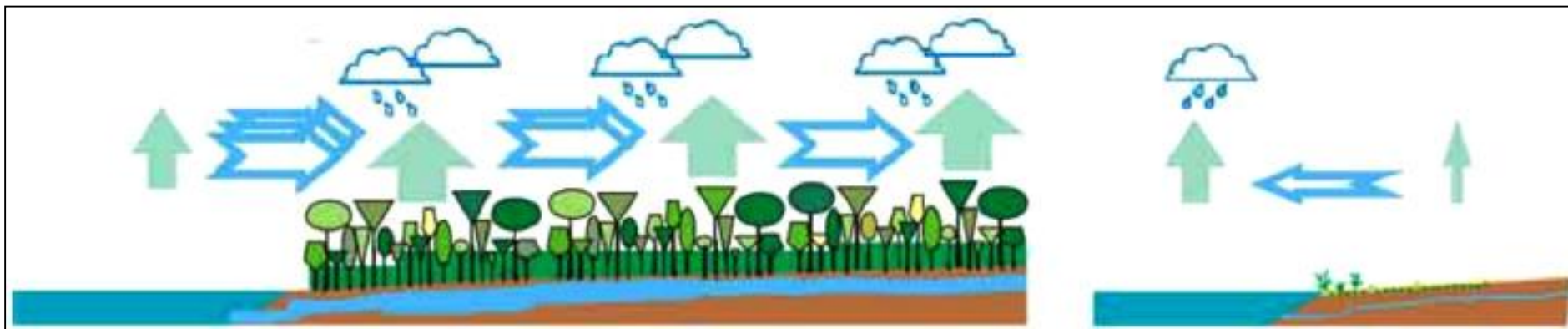


Red numbered arrows: transects from Fig. 2 of Makarieva, Gorshkov, Li (2009) Ecol. Complexity 6: 302
White arrows: transects from Fig. 6 of Makarieva, Gorshkov, Li (2013) Theor. Appl. Climatol. 111: 79

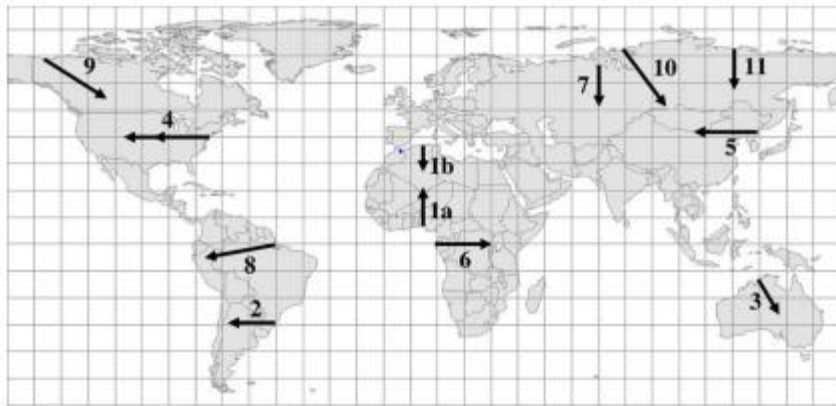


PRINCIP BIOTICKÉ PUMPY (Makarieva, Gorškov)

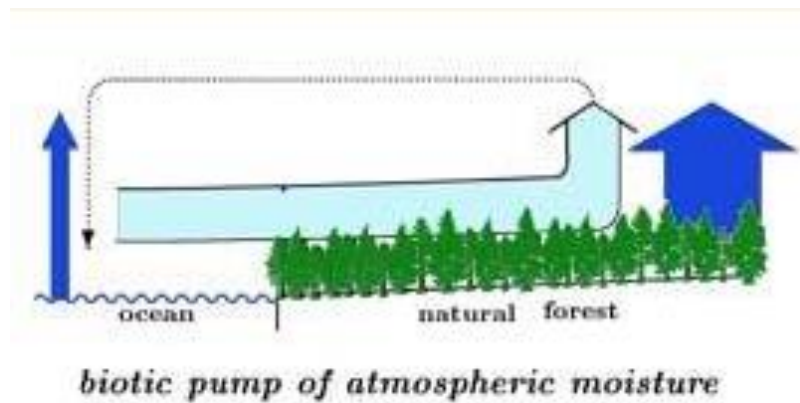
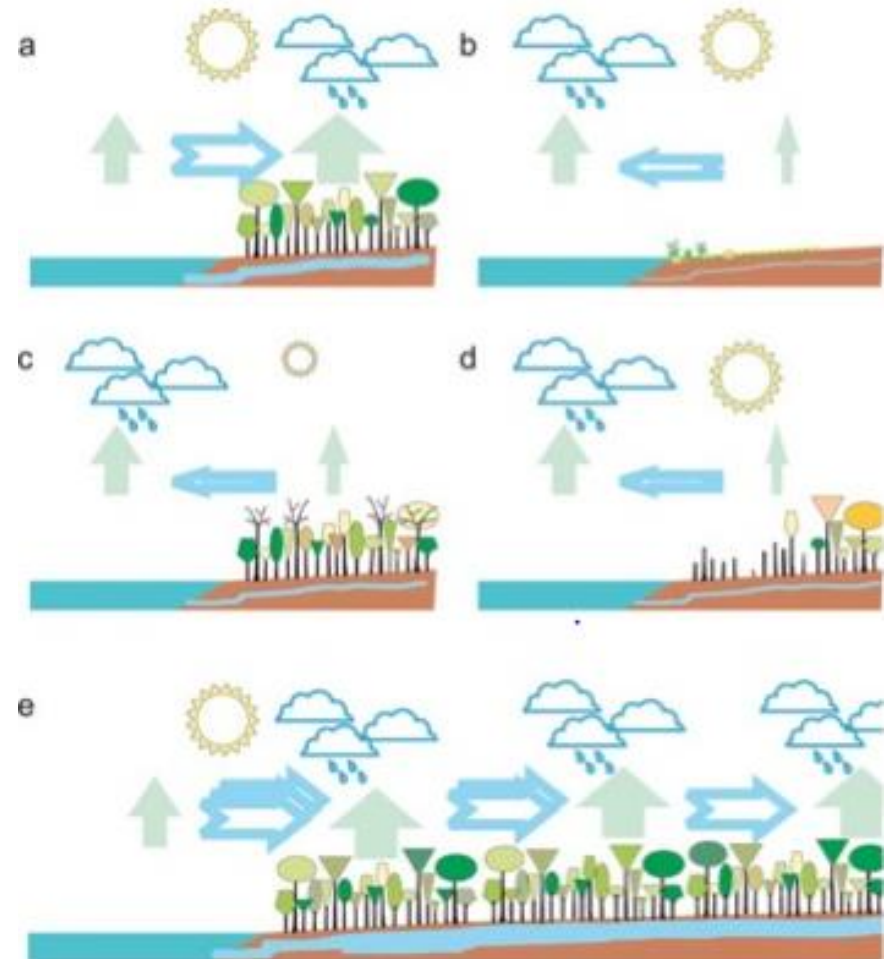
- Intenzivní výpar nad lesími porosty → zvýšená kondenzace → snížení tlaku → pokles vertikálního tlakového gradientu → pohyb vzduchu mimo lesy → nasátí vzduchu od oceánů
- Vzduch od oceánů je vlhký → podpora procesů biotické pumpy
- Po vypadnutí srážky → suchý vzduch zpět nad oceány



Biotická pumpa



Makarieva et Gorshkov 2007



DŮSLEDKY EXISTENCE BIOTICKÉ PUMPY

- Vznik **AKCEPTORSKÝCH** (nízký tlak vzduchu, převládá vzestupné adiabatické proudění) a **DONORSKÝCH** (vysoký tlak, převládá sestupné adiabatické proudění) oblastí
- Rozdíl teploty mezi oblastmi se vzestupným a sestupným prouděním (až 3°C)
- Rozdělení atmosféry do oblastí se srážkami a bez srážek
- **DONORSKÉ** a **AKCEPTORSKÉ** oblasti jsou spojeny horizontálním prouděním

- Na suché pole neprší
- Suchý vzduch stoupající z přehřátých ploch vysušuje okolí a brání přísunu vlhkého vzduchu
- Stromy a les se chladí výparem vody a udržují krátký oběh vody. Velké lesní celky přitahují vodu z oceánu

Neshody, kontraverze: (Poradní sbor „Koncepce sucho“, schváleno vládou 28.7. 2017)

- *Rybníky mají otevřenou hladinu vody, vypařují mnoho vody, nebudeme je stavět (K)*
- *Mokřady nemohou zadržovat vodu, jsou jí plné. Vypařují mnoho vody. Nepodporovat (P)*
- *Stromy vypařují mnoho vody, kazí hydrologickou bilanci. Uschlý les vypařuje méně než živý*
- *Uschlý les na Šumavě nemá vliv na hydrologii. Přízemní vegetace nahradí (JH, profesori UK), uschlý les šetří vodou*
- *Les je tmavý a přispívá k oteplování planety, odlesnění povede ke snížení globální teploty (výstupy modelů)*
- *Krajinný pokryv nemá vliv na obsah vodní páry (IPCC)*

Zásadní rozpor v chápání výparu vody z rostlinných porostů (evapotranspirace)

Evapotranspiraci je třeba omezit, je to „plýtvání vodou“ (cíl: nízký transpirační koeficient, co nejnížší spotřeba vody)

X

Evapotranspirace chladí, vyrovnává teploty v čase a prostoru a přitahuje vodu

Klesající proud vzduchu „reversní biotické pumpy“ směřující k oceánu/moři

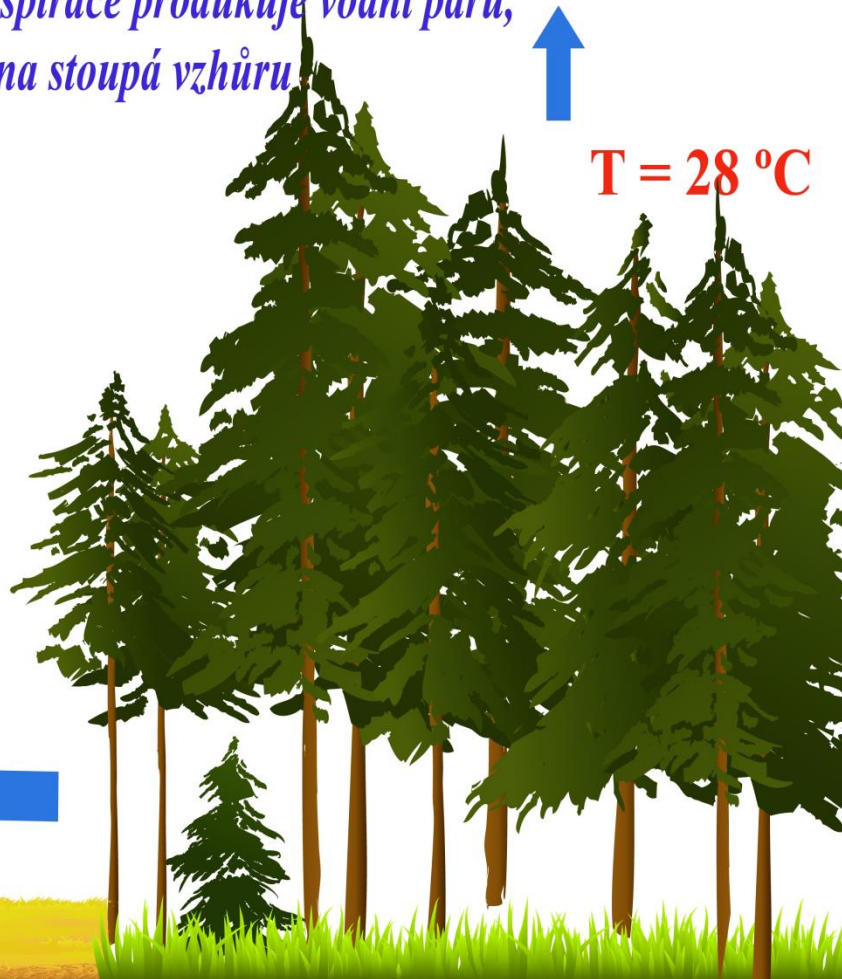
*evapotranspirace produkuje vodní páru,
která zvolna stoupá vzhůru*

T = 28 °C

*rychle stoupající vzduch
z ohřátého povrchu
(40 °C, 20 % vlhkost)*

proud vlhkého vzduchu

T = 45 - 60 °C



Klesající proud vzduchu „reversní biotické pumpy“ směřující k oceánu/moři

*evapotranspirace produkuje vodní páru,
která zvolna stoupá vzhůru*

*rychle stoupající vzduch
z ohřátého povrchu
(40 °C, 20 % vlhkost)*

proud vlhkého vzduchu

Zrychlený výpar vody

T = 45 - 60 °C



Ohřátý vzduch vysušuje

- Mokřady a lesy se chladí výparem vody, vodní pára pomalu stoupá vzhůru, relativní vlhkost vzduchu je vysoká (aktuální evapotranspirace (ET) je blízká potenciální ET). ET = několik mm za den
- Odvodněné plochy se ohřívají, ohřátý vzduch stoupá vzhůru a nedosahuje rosného bodu. Vzduch 40 °C obsahuje 50g vody v m³ (při 20% vlhkosti 10g). **Při rychlosti 1,0m/s se „z m²“ za 1hodinu transportuje vzhůru 36000g vody (36 litru) = mechanismus vysychání krajiny, tedy až stovky litrů za den**

1

Proudění větru ve výšce není zatím ovlivněno termikou, která se u země připravuje.



Teplo se šíří od země do vzduchu radiací a turbulentní výměnou.



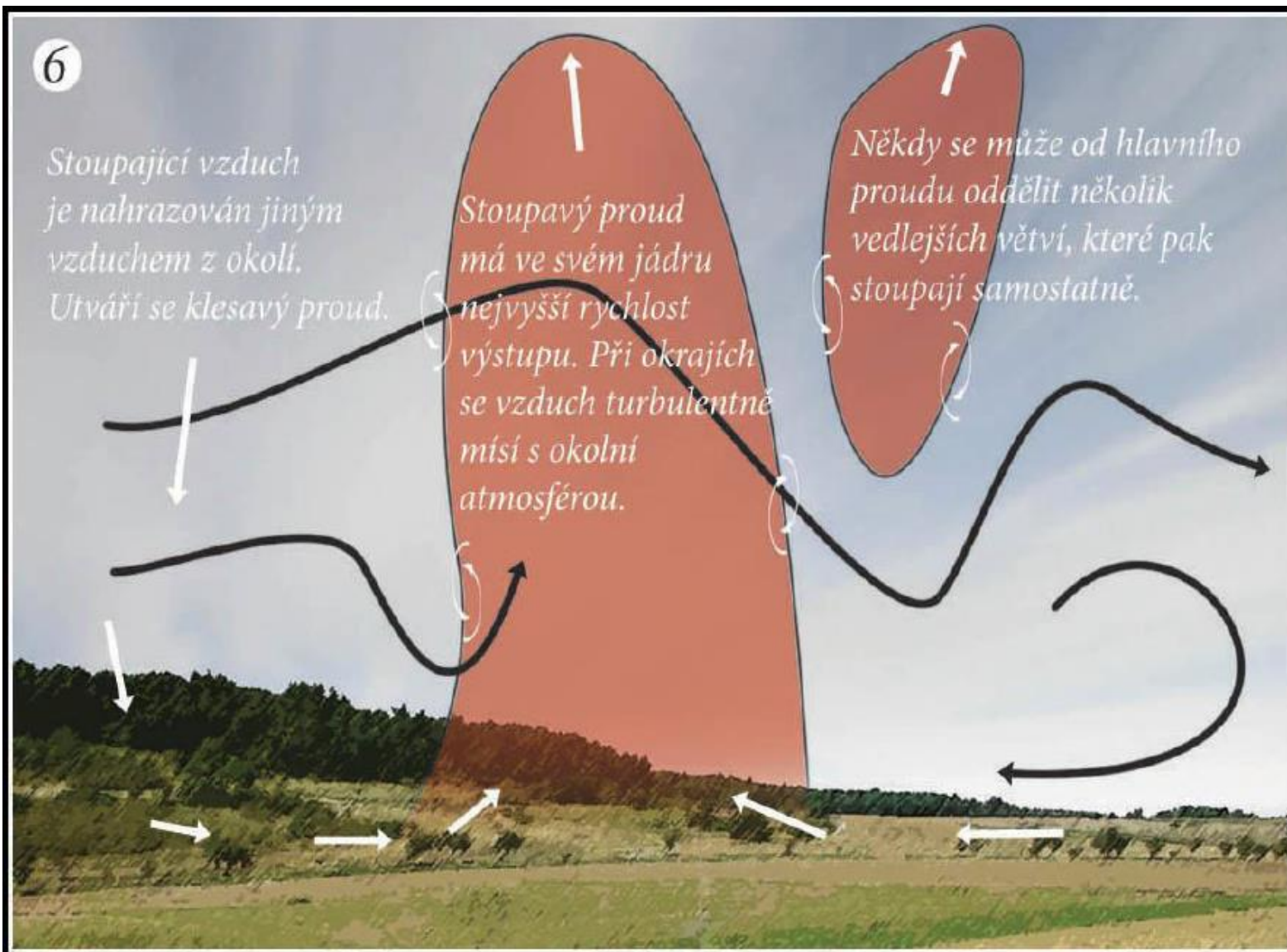
Přízemní turbulence se opticky projevuje jako „tetelení“ vzduchu.

6

Stoupající vzduch
je nahrazován jiným
vzduchem z okolí.
Utváří se klesavý proud.

Stoupavý proud
má ve svém jádru
nejvyšší rychlost
výstupu. Při okrajích
se vzduch turbulentně
mísí s okolní
atmosférou.

Někdy se může od hlavního
proudu oddělit několik
vedlejších větví, které pak
stoupají samostatně.



10

Termika stoupá tak dlouho, dokud má energii překonávat svoji vlastní tíhu. Tuto energii jí dodává teplotní deficit mezi okolní atmosférou a vzduchem v termice. Jakmile termika dosáhne hladiny, kde je deficit nulový, nastane také nulový vztlak a výstup termiky se začíná zpomalovat a nakonec se zastaví.

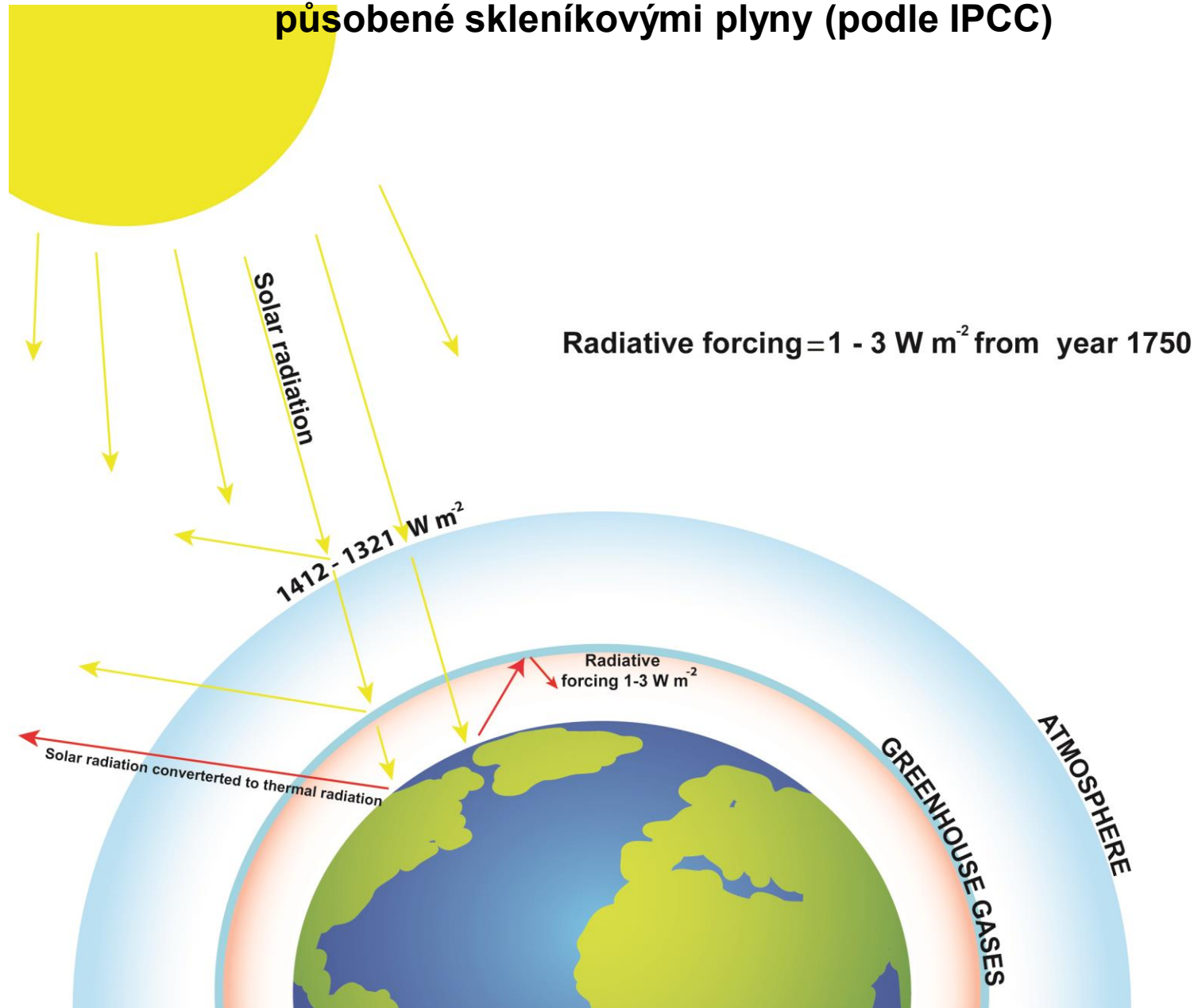
Ve výšce je termika již mohutný stoupavý proud, vzniklý slítním menších bublin a proudů níže u země.

Dostupná potenciální energie konvekce CAPE pomáhá určit, jak výrazná konvekce bude; zejména však napoví, zda jsou podmínky vhodné pro tvorbu bouřek.

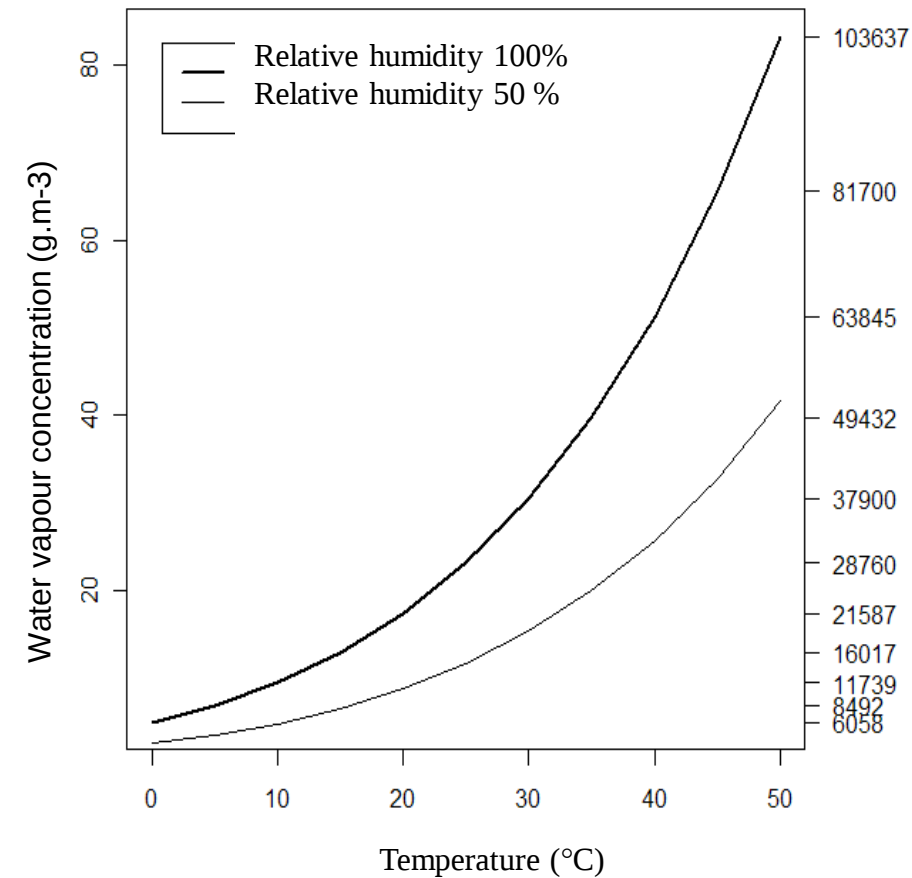
Vitř u země už nejeví známky předchozího odtrhu termiky.



Sluneční energie přicházející na hranici atmosféry a radiační zesílení působené skleníkovými plyny (podle IPCC)



Koncentrace vodní páry v atmosféře je mnohonásobně vyšší nežli koncentrace oxidu uhličitého a metanu. Změny skupenství vody (pevné, tekuté, plynné) jsou provázeny vázáním/uvolněním energie a změnou průchodu slunečního záření (oblačnost, mlha). Dynamika vodní páry je rychlá.



koncentrace CO₂ 380 ppm

koncentrace CH₄ 1.5 ppm

Vodní pára několik tisíc až desítky tisíc ppm

Obsah vodní páry závisí na krajiněm pokryvu

Dva rozdílné pohledy na příčinu klimatické změny:

- a) zvýšená koncentrace skleníkových plynů
CO₂)
způsobuje ohřívání planety a krajiny
- b) odvodnění, odlesnění vede k přehřívání
krajiny a následnému vysychání

Positivní příklady obnovy
krajiny

**Jak zastavit
vysychání**



- WOTR – založená 1992
- O. Hermann Bacher, SJ - otec revitalizácie povodí v Indii
- Wasundhra /Sanskrit/ = ‘Zem’ (v kontexte súcitu, starostlivosti, spoluzodpovednosti, harmónie...)
- WASUNDHRA je tiež akronym:
- ‘WOTR is Attentive to Social Unity, Nature, Development and Humanity in Rural Areas.’
- Úsilie o holistické riešenia, ktoré sú „v súlade s Božou prírodou,“ nie také, ktoré s ňou kolidujú

Zadržiavanie a vsakovanie vody v krajine – od rozvodnice do údolia

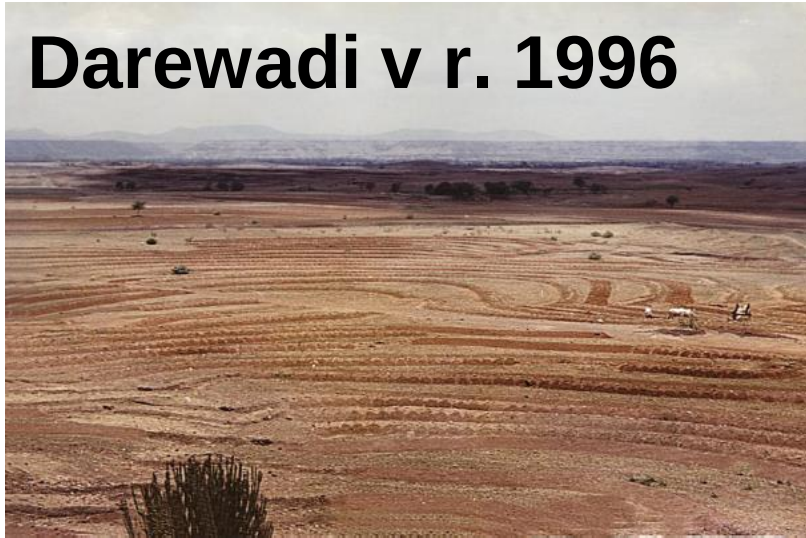


Spomaľovanie odtoku vody v korytách tokov...



O. Hermann Bacher : „Ak to pôjde v Darewadi, tak to pôjde kdekolo'vek...”

Darewadi v r. 1996

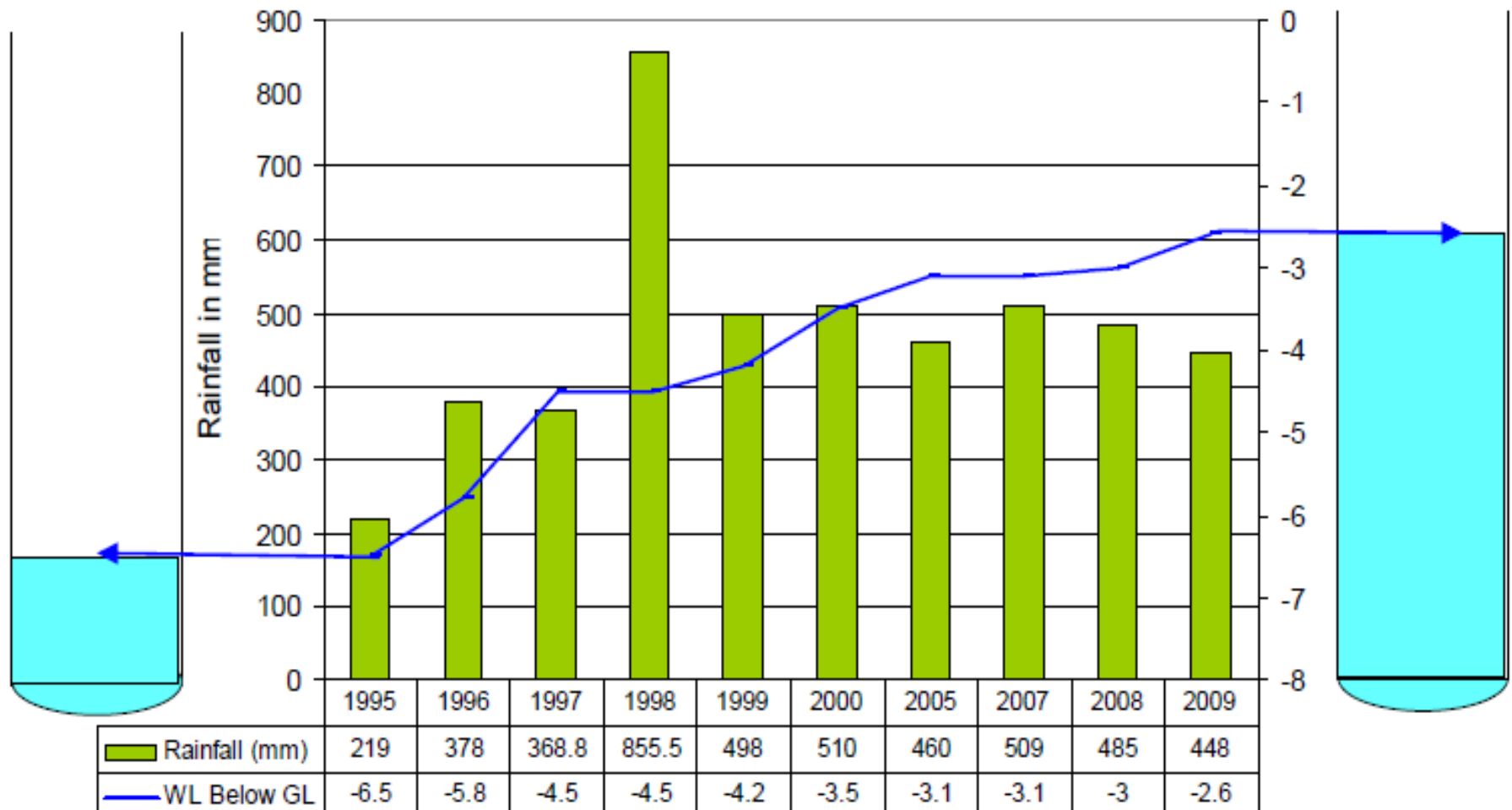


...a v r. 2009



- - náklady v Darewadi (1500 ha) boli len 12 miliónov rupií (cca 270.000 € v kurzoch v r. 1996)
- Výnosy z poľnohospodárstva stúpili približne 6x a dosiahli 56 miliónov rupií (cca 850.000 €)
- Počet studní stúpol 20x, plocha poľnohospodársky obrábanej pôdy 2x, vlastníci televízorov 40x, motorky z 0 na 83. Objavili sa i prvé štyri traktory.
- obyvateľstvo sa začalo vracat' späť z miest

Zvyšovanie hladiny podzemnej vody (Darewadi)





**Integration of extensive aquaculture
into dry agriculture landscape**















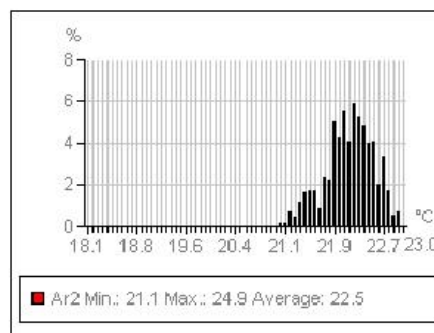
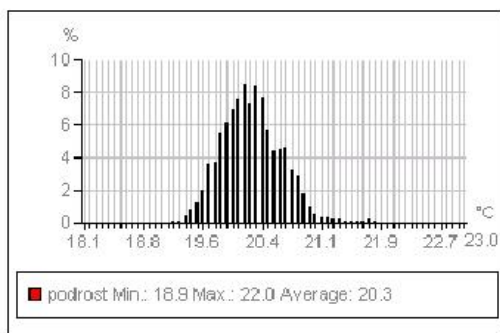
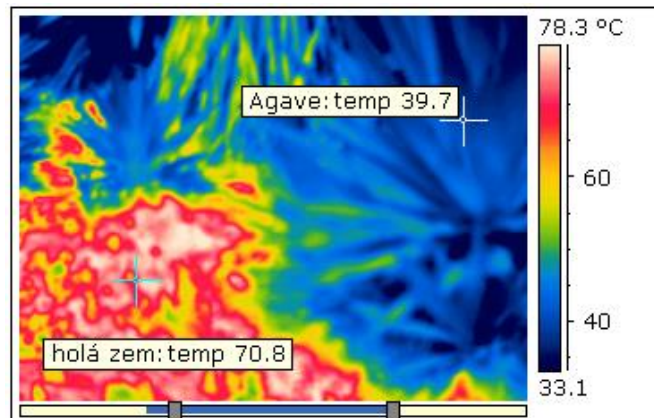
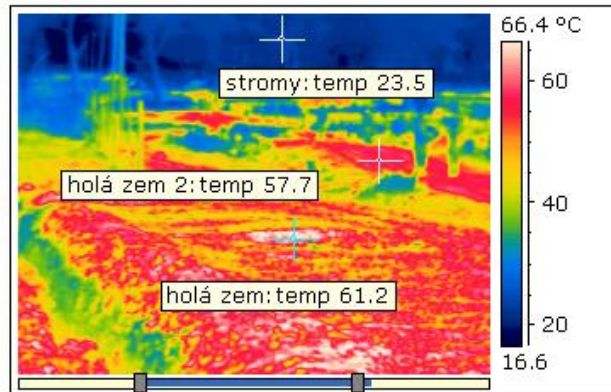
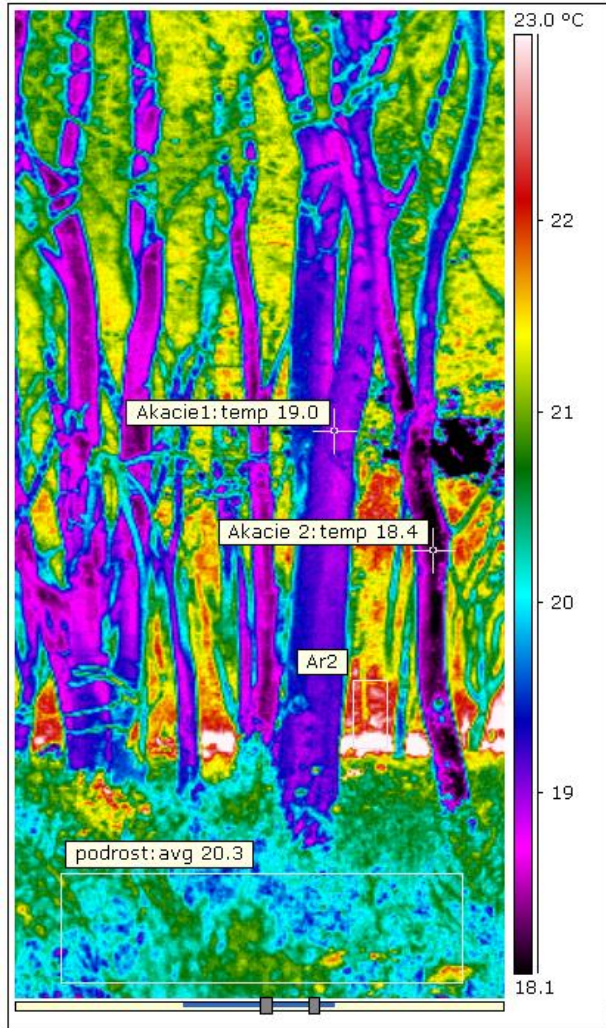


Zastavit desertifikaci a vrátit zpět funkční vegetaci:

- Zlepšení klimatu a dostatek vody
- Více biomasy, více potravy
- Zvýšení biodiverzity
- Sekvestrace uhlíku
- Recyklace a zadržení živin, úrodnost půdy
- zaměstnanost
- **Nějaký negativní efekt??**

Kravčík, M., Pokorný, J., Kohutiar, J. et al: 2009, Water for Recovery of Climate
www.waterparadigm.org

Eiseltová, M., Pokorný, J., Hesslerová, P., Ripl, W. 2011 Evapotranspiration – A Driving Force in Landscape Sustainability In: Ayse Irmak (ed.) Evapotranspiration – Remote Sensing and Modeling, InTechopen, pp 305 – 328, Rijeka, Croatia



Vegetace chladí:
Porost akacie: 20 C
holá půda, písek: až 70 C

Krajina s vodou vytvořená člověkem



Hospodařením s vodou a vegetací usměrňujeme toky sluneční energie, určujeme kvalitu vody a působíme na klima

T A
Č R

Program **Éta**

Projekt TL01000294:

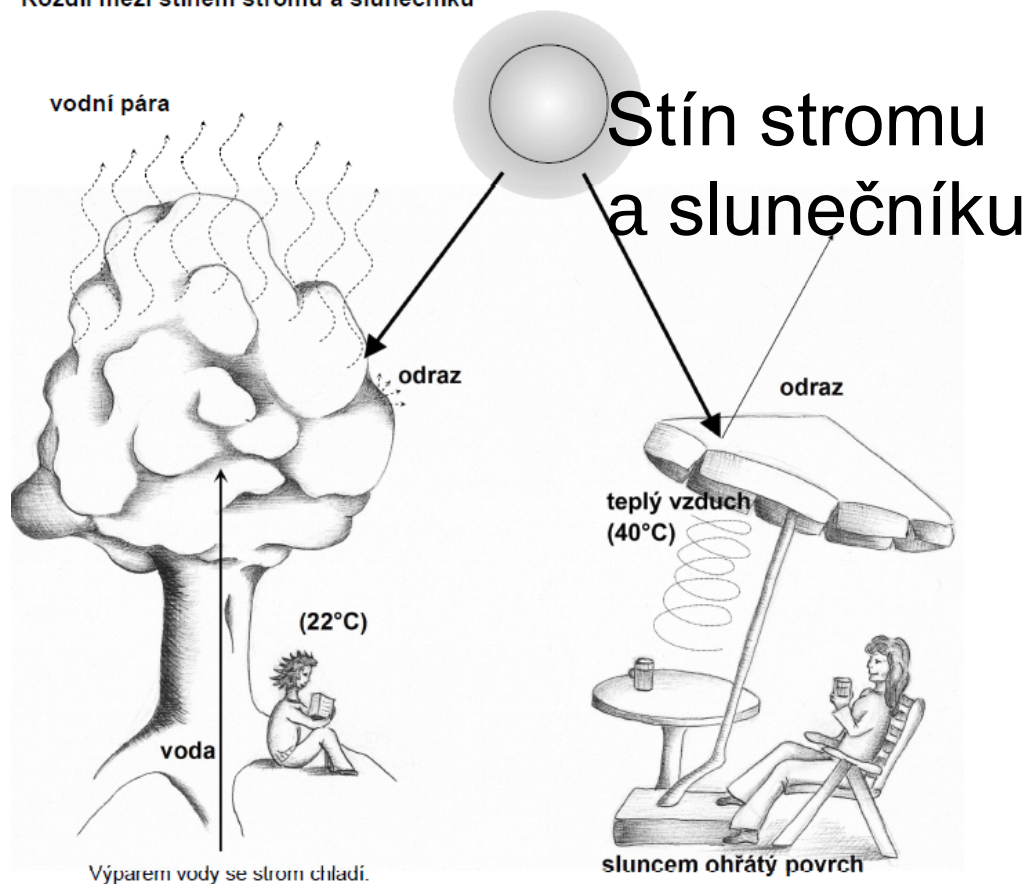
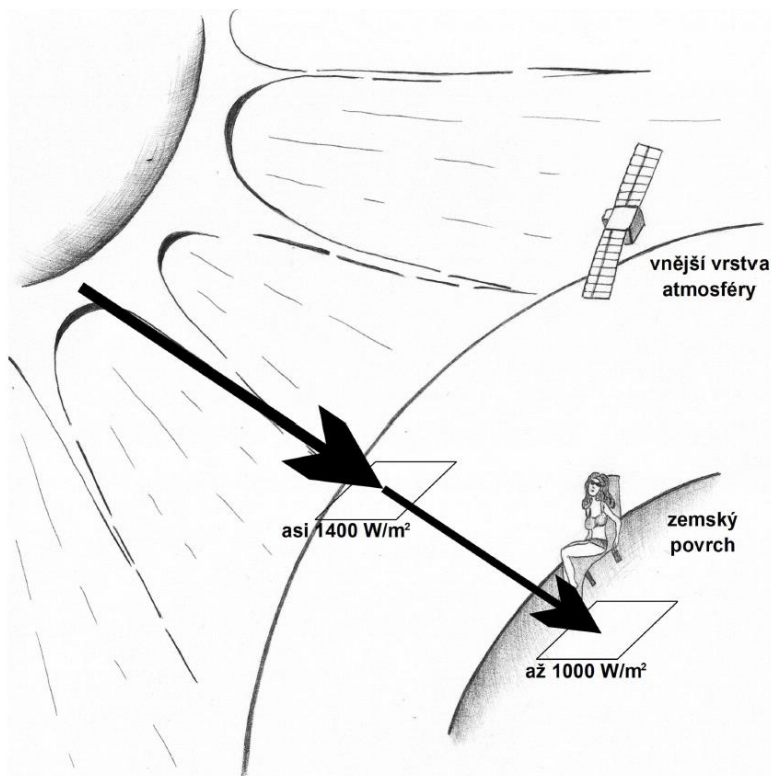
Sluneční energie, voda v krajině, vegetace: nová metodika vzdělávání pracovníků městských úřadů a inovace školní výuky k tématu efektu hospodářských zásahů na regionální klima

Projekt TL01000294 je řešen s finanční podporou TA ČR

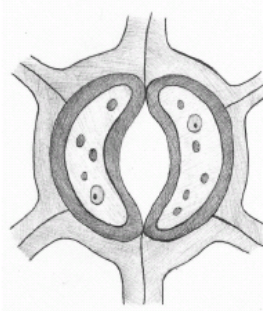
(Program na podporu aplikovaného společenského a humanitního výzkumu, experimentálního vývoje a inovací TAČR ETA)

Řešitelé: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích (RNDr. Renata Ryplová, Ph.D.)
ENKI, o.p.s. (doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.)
Město Dačice (ing. Jiří Müller)

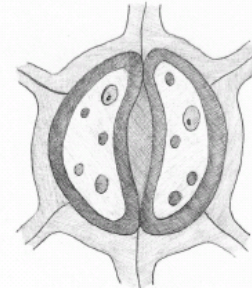
Množství sluneční energie na hranici atmosféry a na povrchu země za jasného dne



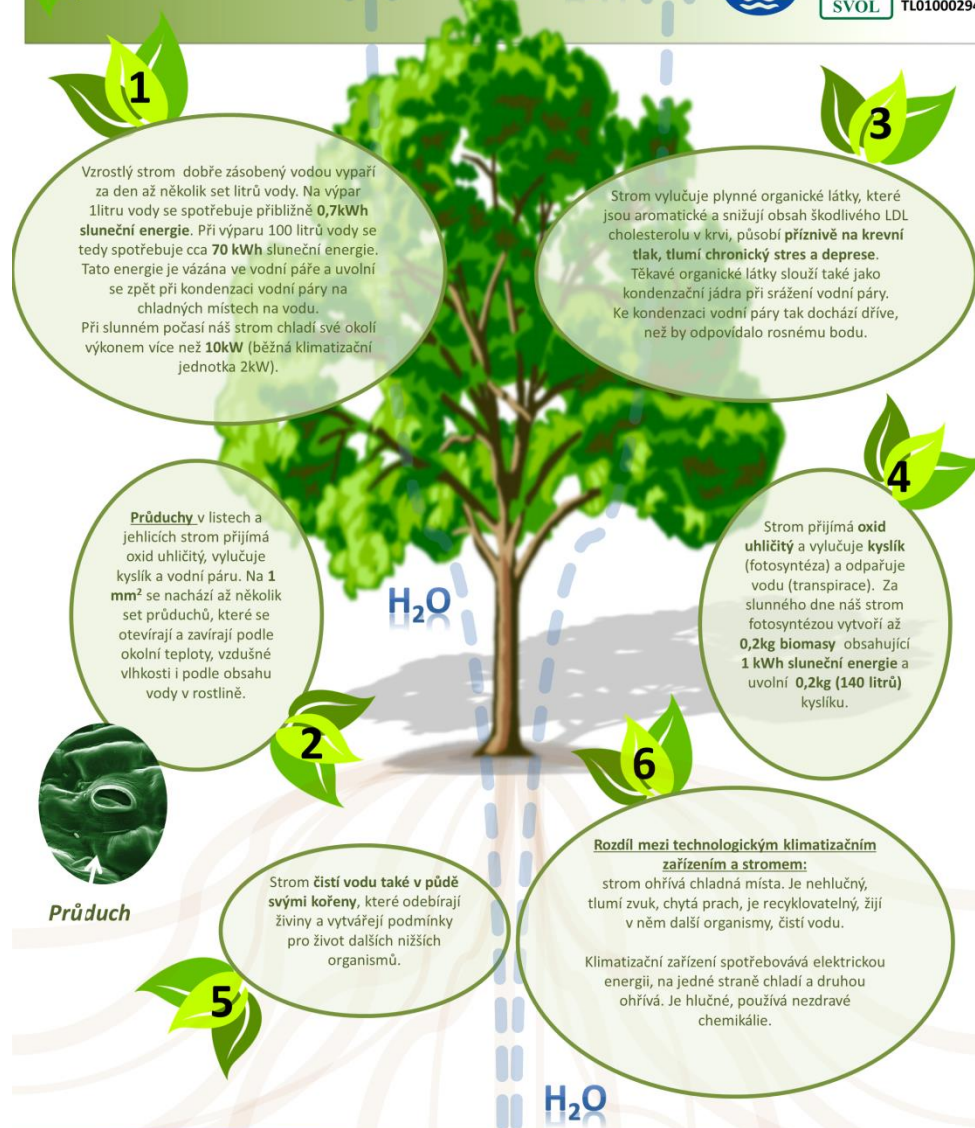
otevřený průduch



uzavřený průduch



Takových průduchů je přibližně 100 na mm² plochy listu. Každý průduch se skládá ze dvou buněk ve tvaru fazole, které uzavírají a otevírají průduch a tím regulují výdej vody rostlinou v závislosti na množství vody v listu a na okolní teplotě a vlhkosti vzduchu.



Jeden ha lesa za rok vyčistí transpirací na 5000 m³ vody a převede do vodní páry (klimatizace) 3500 MWh sluneční energie.
1 ha hektar lesa vytvoří až 10 tun kyslíku za rok.

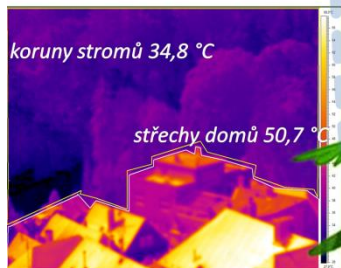


Strom utváří klima

H₂O



T A
C R
TL01000294

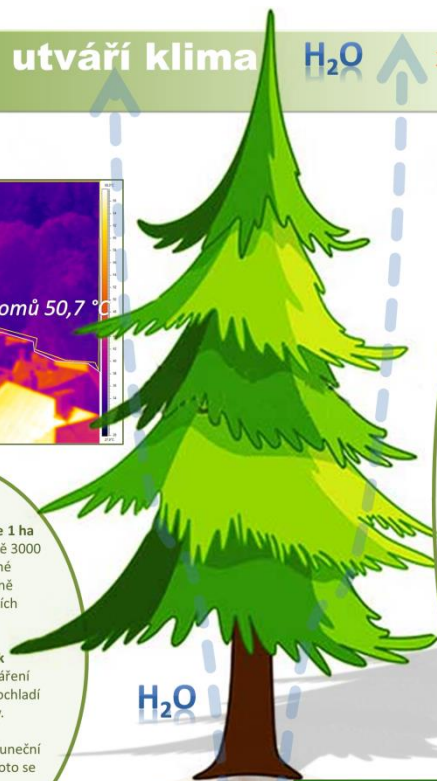
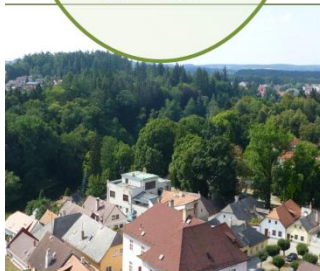


Stromy v parku na ploše 1 ha ochladí výkonem nejméně 3000 kW, což je srovnatelné s výkonem 1000 běžně užívaných klimatizačních jednotek.

Strom vs. Slunečnick

Strom odráží sluneční záření (okolo 20 %), ale hlavně ochladí okolí výparem vody.

Slunečnick pouze odráží sluneční záření (okolo 23 %), a proto se postupně přehřívá.



H₂O

Zdravý les o rozloze 100 ha chladí intenzitou několika stovek MW.

Lesy na horách působí jako chladič.

Ušchlý les má vyšší povrchovou teplotu a zrychluje vzestupné proudění vzduchu. Vysušuje se tak okolní krajina. Další bezzářahová území na Šumavě povedou k uschnutí lesního patra a nevratným ztrátám vody ze Šumavy i z nižších poloh.

Víme, co činíme se sluneční energií v krajině?

1 800 000 ha sklizených ploch řepky a obilí. Snížení výparu = zvýšení toku zjevného tepla, vysoký tlak vzduchu, zablokování postupu srážek.

Kořeny v části porostu smrkového lesa



H₂O

Literatura

Pokorný, J., 2011. Co dokáže strom, in: Kleczek, J. (ed.) Kniha o vodě, 429–431, Radioservis, Praha

Pokorný, J., Brom, J., Čermák J., Hesslerová, P., J., Huryňa, H., Nadeždina, N., Rejšková, A. 2010 Solar energy dissipation and temperature control by water and plants, Int. J. Water, Vol 5, No 4, 311–336

Vydalo:

Sdružení vlastníků obecních a soukromých lesů v ČR ve spolupráci s obecně prospěšnou společností ENKI, o. p. s., v r. 2018 za finanční podpory Ministerstva zemědělství v rámci realizace projektu „Multifunkční úloha lesů – propagace a osvěta“.

Náklad 1000 výtisků. Neprodejné.



Respektuje EIA změny toků sluneční energie působené odvodněním, odlesněním?

- V srpnu 2015 - 2018 byla v ČR sklizena řepka a obilí na 1 800 000ha polí
- do atmosféry z nich proudilo teplo cca 9000GW (12 GW je instalovaný výkon elektráren v ČR, z toho JE Temelín má 2GW).
- ohřátý vzduch stoupá vzhůru a vytváří bariéru pro přicházející vlhký vzduch od Atlantiku (fronty se rozpadají nad Německem, neprší)
- problém politiky a podpor na kontinentu, tedy EU

Jehličnany a smrk zejména

- Horský smrk tvoří porosty pod hranicí lesa. Jiný v nadmořské výšce nad 1100m nevydrží (omrzá, netvoří semena).
- Smrky reagují bezprostředně na jarní příkon slunečního záření. Opadavé stromy ještě nemají listy a tráva bývá pod sněhem.
- „Dark forest“ tmavý les udržuje vlhko a roste i při vysoké hladině podzemní vody (podmáčené smrčiny, smrky kolem rašelinišť/vrchovišť).