

Člověk a energie IV. (Energetický potenciál obnovitelných zdrojů a možnosti využití)

Jaroslav Svoboda Pardubice

Moto: „Nakládejte se Zemi dobře. Nebyla nám dána do vínku našimi rodiči. Byla nám zapůjčena k opatrování našimi dětmi.“

- keňské přísloví

BIOMASA 2. - Biopaliva z fytomasy

Oheň.

- Jakoby stovky slunečních dní přírody na nás pohlédly z plápolajících polen v jeden okamžik a uchvátily naši duši.

Umění zažehnout vlastní oheň bylo skutečným zlomem v životě pravěkého člověka.

Skoro milion let uměl používat oheň pro svou potřebu. Napovídají tomu nálezy střeptů z oblasti dnešní Keni. První ověřený důkaz toho, že lidé disponovali ohněm, je datován 200 - 700 tisíc let před n.l.

Biopaliva, hlavně dřevo (příp.tuk), byla stále využívána člověkem jako zdroj tepla, světla, pro úpravu jídel i výrobků.

Po tisíceletí bylo možné vystačit s obnovitelnými zdroji energie. Některé přírodní kmeny tak hospodaří dodnes. Například v Africe 65 % použité energie pochází ze spalování biomasy.

Pokud byla hustota obyvatel ještě dostatečně nízká, tyto zdroje byly více než 100% obnovitelné a tudíž nevyčerpatelné.

Pastevecké hospodářství se zakládáním požárů pro rozvoj travin i střídání pastvin a sídel byly důležitými činiteli při kultivování krajiny. Dlouho do středověku byl plat za žír a pastvy hlavním příjmem z lesa. Prosvětlené (hlavně listnaté) lesy byly stálým pasením udržované v rozpojeném stavu, klučením a žďářením měněny v pole.

Zemědělská půda se na úkor lesů stále rozšiřovala, takže dle Josefského katastru (1789) byl podíl lesů v Českých a Moravských zemích už jen 23 - 26 %.

V 18. stol. a hlavně na jeho konci se začal projevovat nedostatek dřeva; nové výrobní manufaktury, sklárny a železárny spotřebovávaly příliš mnoho paliva. Proto, od konce 18 stol., sílící energetická krize při zásobování obnovitelnými zdroji (dřevo, dřevěné uhlí,..) si vynutila, (i přes všeobecnou nechut') rostoucí a dnes drtivě převládající těžbu fosilních paliv pro rozvíjející se průmysl.

Dřevo stromů je nejstarším palivem a v mnoha rozvojových zemích zůstává životně důležitým energetickým zdrojem. Fytomasa (dřevo, traviny a zemědělský odpad) je stále čtvrtým největším zdrojem energie na světě a pokrývá okolo 14 % celkové poptávky.

V rozvojových zemích je fytomasa stále používána v 70% jako palivo. Spotřebuje se jí od 300 kg do 3 tun na osobu a rok.

FAO uvádí, že v r. 1980 žilo přes 1,5 miliardy lidí v oblastech s nedostatkem dřeva a dnes počet lidí, kteří je shánějí kdekoliv, stoupl na dvojnásobek. Přitom vaření na obvyklém otevřeném ohništi spotřebovává asi 8x více energie než vaření na uzavřeném topeništi.

Dřevo je i významným vývozním ekonomickým artiklem, takže hlavně v rozvojových zemích, bez ohledu na jeho nedostatek, těžba daleko převyšuje přirozený přírůstek dřeva (nemluvě o důsledcích nadměrné těžby pro přírodní společenstva na lese závislých), takže pusté oblasti se rozšiřují.

Na úbytku lesa se nepodílí jen vývoz dřeva a topení. Např. v 80-tých letech zemědělské odlesňování na Pobřeží Slonoviny zničilo 4x více lesa, než vykácely těžbařské exportní společnosti.

Každoročně se zničí 10 - 25 milionů ha tropických pralesů, každou minutu je ztraceno kolem 290 ha.

Zásadní výhodou biomasy je, že slouží jako akumulátor sluneční energie a lze ji jednoduše a dlouhodobě skladovat. Nevýhodou je nízká účinnost přeměny slunečního záření na energii, méně než 1% slunečního záření, které na tuto plochu za rok dopadne.

Přesto jsou rostliny přirozeným zdrojem energie, využívaný odedávna jak většinou živočichů, tak i člověkem.

Můžeme navázat na 18. století a nahradit energii fosilních paliv obnovitelnými zdroji biomasy?

Mediační Boom. V médiích se inzerují velké plány:

ZVÝŠENÍ PODÍLU OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ (OZE) NA SPOTŘEBĚ ENERGIE

Podíl OZE na celkové spotřebě energie všech států EU v roce 1995 činil 5,44 % (biomasa 3,3 %). Pro časový horizont 2010 byl přijat cíl zdvojnásobení podílu OZE na 12 %, celková hrubá spotřeba se má zvýšit o 16 %. Hlavní zvýšení nese biomasa, u níž má dojít k trojnásobnému zvýšení a dosáhnout 74% podílu na všech OZE.

(- LP 09/2002)

V Evropě i Česku se začínají pro spalování užívat zejména tyto formy biomasy:

- Zbytková biomasa z lesnictví: - dřevní odpad vznikající při těžbě dřeva či dřevovýrobě (větvě, pařezy, piliny, štěpky, hobliny, kůra).
- Zbytková biomasa ze zemědělství: - nedřevní fytohmota vznikající jako vedlejší produkt zemědělství (obilná a řepková sláma; organické či rostlinné zbytky ze zpracovatelského průmyslu)
- Energetické plodiny II. generace: - plantážní pěstování palivové fytohmoty (topoly, vrby, konopí, miscanthus, energetický šťovík,....).
- Energetické plodiny I. generace: - zemědělské plodiny (řepka, pšenice, kukuřice,...)

O energetických plodinách I. jsem hovořil v minulém referátu (- výroba bioethanolu a bionafty).

Dřevo a energetické plodiny II. generace:

Výnosy a energie některých surovin:

| Hmota | Vlhkost * | Energie | Výnos * | | Měr. hmotnosti | | Energie * |
|---------------------------------|-----------|---------|------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------|
| | [%] | [MJ/kg] | [t/ha/rok] | [kg/m ³ ₁] | [kg/prm] ²⁾ | [kg/prms] ³⁾ | [GJ/ha/rok] |
| listnaté dřevo (<i>kmeny</i>) | 15 | 14,61 | 4,4 | 678 | 475 | 278 | 64,36 |
| jehlič. dřevo (<i>kmeny</i>) | 15 | 15,58 | 3,4 | 486 | 340 | 199 | 53,02 |
| topol (<i>celá fytohmota</i>) | 20 | 12,90 | 10 | | | | 129,00 |
| sláma obilovin | 10 | 15,49 | 4 | | 120 | | 61,96 |
| Miscanthus-orná půda | 18 | 17,80 | 14 | | 120 | | 249,20 |
| rychlé dřeviny-zem.půda | 25-30 | 12 | 10 | | | | 120,00 |
| dřevní štěpka | 30 | 12,18 | | | | 210 | |
| | | | | | | | |
| Hnědé uhlí | | 12 | | | | | |
| LTO | | 42 | | | | | |

* -ideální hodnoty 1) -plnometr, 2) -prostorový metr, 3) -prostorový metr sypaný

Energetická výtěžnost některých rostlin (*Petríková*)

| Druh | Průměrný výnos (t.ha ⁻¹) | Energetický obsah (MJ.kg ⁻¹) | Energetická výtěžnost (GJ.ha ⁻¹) |
|---------------------|--------------------------------------|--|--|
| Konopí | 10,52 | 18,060 | 190,0 |
| Čirok zrnitý | 5,78 | 17,633 | 101,9 |
| Křídlatka | 20,43 | 19,444 | 397,2 |
| Len (sláma) | 4,78 | 18,580 | 88,7 |
| Řepka ozimá (sláma) | 4,74 | 17,484 | 82,8 |
| Miscanthus | 15,00 | 17,887 | 268,3 |
| Obilí (sláma) | 4,50 | 15,200 | 68,4 |
| Hnědé uhlí | | 8 - 12 | |

Tyto rostliny jistě půjdou využít pro výrobu biopaliv, ale pěstovat ve velkém např. křídlatku a podobné agresivní bioagens je podle mne větším ohrožením prostředí, než skladiště nukleárních odpadů!

Zpracování:

Nevýhodou biomasy jako paliva je zvýšený obsah vody, kterou je nutno vysušit jinou dodanou energií.

Biomasa je složitě palivo (dřevo, štěpky, sláma, odpady,...) a podíl částí zplynovaných při spalování je velmi vysoký (u dřeva je 70%, u slámy 80%). Vzniklé plyny mají různé spalovací teploty. Proto se stává, že shoří jen část paliva, zatímco zbytek zůstává v ohništi nebo uniká nespálen; což opět snižuje účinnost a klade vysoké nároky na technologii spalovacích kotlů.

Závažnou nevýhodou je velký poměr objemu a hmotnosti primární biomasy a její forma (stonky, větve, sláma, polena, piliny,...). Pro energetické využití je nutno ji ztuhnit a homogenizovat (pelety, brikety,...). Objemová hmotnost bývá cca 40 až 50 kg/m³ u řezané slámy, 150 kg/m³ u lisované slámy a pilin, 250 kg/m³ u dřevní štěpky a přes 1 000 kg/m³ u briketových paliv.

To přináší nutnost převážet značné objemy primární biomasy na velké vzdálenosti do zpracovatelského závodu (u briketovacích lisů je min. kapacita 2 000 tun paliva za rok), nebo výrobu zpracovatelských mobilních strojů a jejich dopravu, včetně pohonu, k místu pěstování, do polí a lesů. Obě možnosti jsou náročné na stroje, dopravu a spotřebu pohonných hmot.

Dodatková energie:

Dodatková energie potřebná k
produkcí kukuřice v USA
[MJ/rok/ha] (Nátr98): ⇒

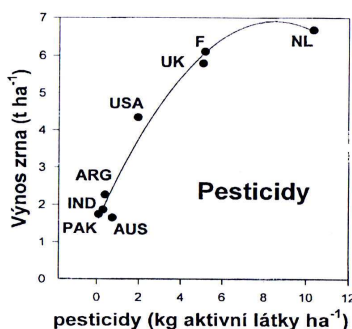
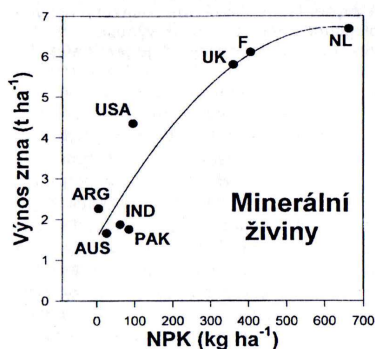
Většina studií, které optimisticky
hodnotí plantážní pěstování
palivové fytohmoty (II. generace),
uvádějí vysoké výnosy; ty jsou
ovšem nutně podmíněny
rozsáhlým obděláváním, hnojením
a údržbou podobně, jako v případě
polí, určených pro výživu lidí.

| Položka | 1945 | 1950 | 1954 | 1959 | 1964 | 1970 |
|-------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Lidská práce | 129 | 101 | 96 | 79 | 62 | 51 |
| Stroje | 1 860 | 2 583 | 3 100 | 3 616 | 4 339 | 4 339 |
| Pohonné hmoty | 5 614 | 6 362 | 7 111 | 7 485 | 7 859 | 8 234 |
| Dusík | 608 | 1 302 | 2 343 | 3 558 | 5 033 | 9 719 |
| Fosfor | 109 | 157 | 187 | 251 | 283 | 487 |
| Draslík | 54 | 108 | 521 | 624 | 703 | 703 |
| Osivo | 351 | 417 | 195 | 377 | 314 | 651 |
| Závlaha | 196 | 238 | 279 | 320 | 351 | 351 |
| Insekticidy | 0 | 11 | 34 | 80 | 114 | 114 |
| Herbicidy | 0 | 6 | 11 | 29 | 43 | 114 |
| Sušení zrna | 103 | 310 | 620 | 1 033 | 1 240 | 1 240 |
| Elektrina | 331 | 558 | 1 033 | 1 446 | 2 097 | 3 203 |
| Doprava | 207 | 310 | 465 | 620 | 723 | 723 |
| Celkem dodáno | 9 562 | 12 463 | 15 995 | 19 518 | 23 161 | 29 929 |
| Energie ve výnosu | 35 406 | 39 571 | 42 695 | 56 233 | 70 812 | 84 350 |
| Energie (výnos/dodáno) | 3,70 | 3,18 | 2,67 | 2,88 | 3,06 | 2,82 |

Příčinu vysokých zemědělských

výnosů dnešních vyšlechtěných odrůd lze vidět na následujících grafech.

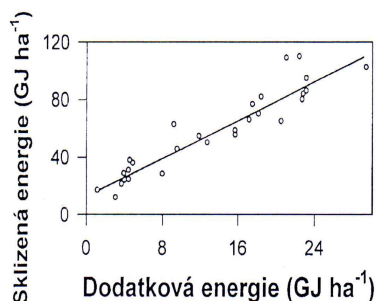
Závislost výnosu plodiny na dodatkové energii hnojiv a pesticidů (Nátr98):



| | % |
|---------------------------------------|-------|
| Přijato příslušnou plodinou | 40-60 |
| Zabudováno do půdní organické hmoty | 20-50 |
| Navázáno na jílovité částice | 5-20 |
| Ztraceno denitrifikací a volatilizací | 2-30 |
| Odvedeno do spodních vod | 2-10 |

↑ Ztráty chemikálií aplikovaných na pole: - rostlina využije ke svému růstu jen polovinu použitých hnojiv, ostatní jsou ztráty. I zbytek ponechaný v půdě se do příštího vegetačního období vyplaví a nitrifikuje vodní toky.

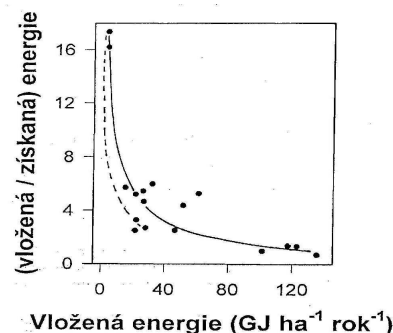
Slepé uličky vývoje dnešního zemědělství.



⇐ Závislost energie sklizených plodin na vložených dodatkových energiích (stroje, doprava, chemikálie,...) (Nátr98)

Závislost účinnosti pěstování na vložených dodatkových energiích (Nátr98) ⇒

Čím většího výnosu chceme dosáhnout, tím horší účinnost procesu dostaneme!



Výsledky:

Zvětšující se a zdražující se náklady dodatkové energie tak pohlcují skoro celý zisk zemědělské produkce. (Nad vodou se zemědělci drží dotacemi). Tím stále stoupající dodatková energie, jako strojní vybavení, dopravní infrastruktura, pohonné hmoty i chemikálie pro pěstování a úpravu, stále více pohlcuje energii fosilního původu! Fosilní energie je však před vyčerpáním. A bez této fosilní energie po jejím vyčerpání???

Tudy tedy cesta nevede! Jak vybrednout ze začarovaného kruhu?

LESY:

Podívejme se na fyto masu, která nevyžaduje příliš velkou dodatkovou energii v pěstování ani chemikáliích. Stromy - LESNÍ DŘEVO. Jaký způsobem by mohly lesy zajistit dostatečnou produkci biopaliv?

Vývoj půd v ČR:

| Půda v ČR [ha] x 10 ³ | 2000 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Zem.půda(orná, louky,..) | 4 280 | 4 269 | 4 265 | 4 259 | 4 254 | 4 249 | 4 244 |
| Lesní pozemky | 2 637 | 2 644 | 2 646 | 2 647 | 2 649 | 2 651 | 2 653 |

Roční přírůstek dřeva se udává 7 m³/ha. Podíváme-li se na podmínky pěstování, je vidět, že přírůstek je silně závislý na kvalitě půdy (a klimatických podmínkách).

Průměrný přírůstek dřevní hmoty v ČR

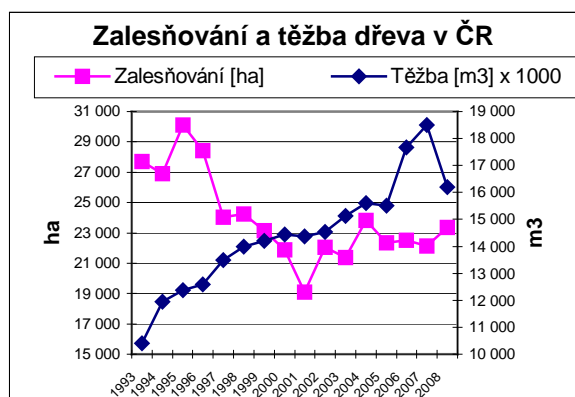
- (nejhorší a nejlepší rel. bonita) [m³/ha/rok]:

| bonita | Dub | Habr | Olše | Smrk | celkem |
|---------|------|------|------|------|--------|
| V. | 2,8 | 1,1 | 3,2 | 2,2 | 2,325 |
| I. | 11,7 | 4,7 | 14,4 | 7,5 | 9,575 |
| průměr: | 7,25 | 2,9 | 8,8 | 4,85 | 5,95 |

Energie z 1 ha celkem (průměr.norm. vlhkost) [GJ/ha]:

| bonita | Dub | Habr | Olše | Smrk | celkem |
|---------|-------|-------|-------|-------|--------|
| V. | 19,87 | 8,12 | 15,65 | 9,85 | 13,37 |
| I. | 8,30 | 34,69 | 70,41 | 33,59 | 36,75 |
| průměr: | 14,09 | 21,40 | 43,03 | 21,72 | 25,06 |

Pěstování lesů v ČR (1993-2008) (V r.2007 se na zvýšené těžbě podílely lesní kalamity):



Těžba dřeva v ČR (1998) na 1 obyvatele je celkem 1,35 m³. Průměrná zásoba dřev. hmoty na 1 ha lesních pozemků je asi 250 m³.

Zbytkový obsah vody v normálním suchém palivu je asi 20% hmotnosti. Protože se při spalovacím procesu část energie spotřebuje na vypaření této vody, je nutné počítat s energetickým obsahem 4,3 až 4,5 kWh na 1 kg dřeva. Se zvyšováním obsahu vody se prudce snižuje i účinnost spalování. Jestliže místo několik let skladovaného dřeva použijeme dřevo čerstvé (50 - 60 % vody), výhřevnost se sníží na polovinu.

| Druh dřeva | Vlhkost | Lesy pokrývají 33 % území České republiky, což je sice asi o 10% více než v r. 1789, ale větší část porostů je poškozena. V současné době přes 70 % jehličnanů a 34 % listnáčů starších šedesáti let vykazuje více než 25 procentní ztrátu listů či jehličí (MZe et VÚLHM 2004). | Stáří dřeva | Vlhkost | Výhřevnost |
|------------------------|---------|--|------------------------|-----------|------------|
| smrk, jedle, topol | až 60 % | | čerstvě kácené v lese | 50 - 60 % | 7,1 MJ/kg |
| modřín, borovice, vrba | až 50 % | | přes léto skladované | 25 - 35 % | 12,2 MJ/kg |
| dub, buk, líska | až 45 % | | několik let skladované | 15 - 25 % | 14,4 MJ/kg |

Problém se v příštích desetiletích pravděpodobně ještě zhorší postupným oteplováním.

Ovšem dle statistik plochy lesů v ČR stoupají. Bude jejich výměra dostatečná, aby jako obnovitelný zdroj energie pokryla naši spotřebu fosilních paliv?

Podívejme se na skladbu využití dřeva v roce 2008: =>

Z celkové hmoty 16,185 mil. m³ dřeva je pouze 12 % užito jako palivo.

| Užití dřeva v ČR (2008) | [m ³] x 10 ³ |
|-------------------------|-------------------------------------|
| Kulatina (konstr.) | 8926 |
| Průmysl.vláknina | 5379 |
| Palivové dřevo | 1734 |
| Lesní štěpka | 146 |

Spotřeba fosilní energie v ČR 2007 (Český statistický úřad):

| | | | |
|----------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| Spotřeba fosilní energie ČR 2007 | Elektrická energie | Tepelná energie | Tepel.+elektr. energie |
| Úhrnem [TJ] | 163 150 | 1 075 951 | 1 239 101 |

Výsledky:

Jako obnovitelný zdroj může být využit pouze přírůstek fytohmoty (dřevní hmoty) za vegetační období. Energie průměrného přírůstku dřevní hmoty v ČR je dle podmínek a vlhkosti suroviny 25 - 45 GJ/ha/rok. Pokud bychom i celou roční produkci lesního přírůstku spálili jako náhradu fosilních paliv, museli bychom v ideál. případě výměru lesů zvýšit 18x a těžit dřevo z území o rozloze celého Španělska. Při současné skladbě využití dřeva (palivo jen 12%) museli bychom výměru lesů zvýšit skoro 40x (a těžit dřevo z lesa o rozloze Francie a Švédska dohromady). Tudy také cesta nevede!

Můžeme si dovolit pěstovat biopaliva na zemědělské půdě? Můžeme doufat, že bez fosilní energie budeme schopni vypěstovat alespoň dost potravin pro naši výživu ?

| | 1848 | 1869 | 2008 | EU dnes | Afrika dnes |
|----------|------|-------|------|---------|-------------|
| Země | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] |
| Čechy | 54 | 28,84 | 3,3 | 4,5 | 40-80 |
| Morava | 55 | 33,52 | | | |
| Slezsko | 53 | 28,9 | | | |
| Celkem | 54 | 30 | | | |
| Rakouské | 75 | 49 | | | |

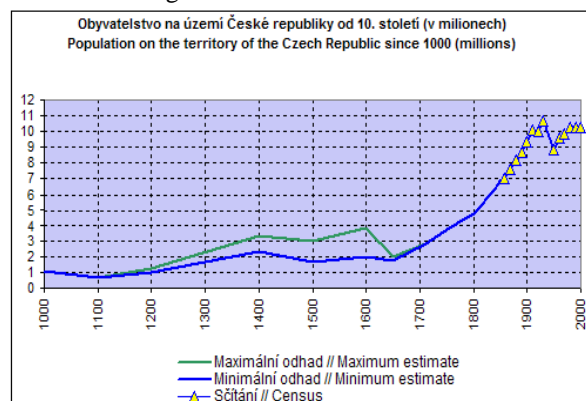
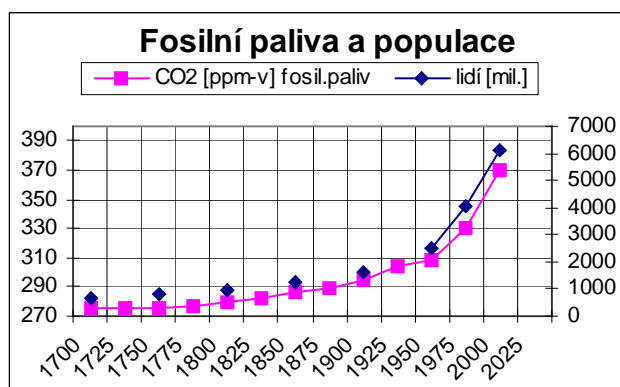
⇐ Lidé pracující v zemědělství

Pracovníky a zvířata nahradila fosilní energie ve strojích. Počet hodin lidské práce potřebné ku zoraní 1 ha pole: ⇒

| | [hod] |
|---------------------|--------|
| člověk sám | 400 |
| s párem volů | 65 |
| se slabým traktorem | 25 |
| se silným traktorem | 4 |

Bez fosilní nafty pro stroje, bez umělých hnojiv a herbicidů budou 4x-10x menší výnosy; t.j. bude nutná min. 4x větší rozloha polí k užití lidí i zvířat. Kde vzít potraviny, další území na pole a laciné pracovní síly?

Závislost populace na exploataci fosilní energie:



Závěr:

1. Spalování biomasy lze realizovat jen v malém měřítku a pro výhodné lokální zdroje, t.j. malá hustota obyvatel na velkou plochu pěstované palivové fytohmoty a zeměd. odpadů. Lokální zdroj, lokální spotřeba, žádné neb využitě "odpady". Jinak při pěstování, zpracování biomasy (sklizeň, sušení, přeprava, úprava, ...) a spalování získaného paliva vznikají jak neúnosné náklady, tak značné energetické ztráty.
2. Lokálnímu charakteru odpovídala i historická rolnická hospodářství našich předků (pole+les), která bývala energeticky soběstačná a ještě dodávala do okolí své produkty.
3. Protože hlavně díky těžbě a spotřebě "vypůjčené" fosilní energie došlo k rozvoji techniky a civilizace, vzrostla úživnost zemědělských ploch vkládáním dodatkové energie tak, že 3x - 10x vzrostla produkce potravin a umožnila exponenciální růst populace Země.
4. Pokud se v historii lidstva objevila možnost vyšší účinnosti energie, nebo vyšší výnosnost plodin, neprojevovalo se to úsporou, ale vyšší spotřebou, vyšším počtem a rozmařilým plýtváním konzumentů (Jevonsův paradox).
5. Protože bez fosilní energie se značně sníží dodatková energie, poklesnou výnosy min. 3x-10x. To zhruba odpovídá úživnosti území a počtu obyvatel na území Česka kolem roku 1700-1800.
6. Odhaduji, že počet lidí v zemědělství ČR z dnešních 3,3% se bude muset zvýšit na asi 60% (pracnost pěstění).

7. Jedinou cestu pro dobu bez fosilní energie vidím v dosažení rovnováhy mezi počtem obyvatel a úživností rozlohy dané oblasti; zrovna tak, jako je tomu u všech ostatních živých organismů na této planetě.
8. Domnívám se, že pouze s takovou hustotou obyvatel, minimálně dnešními vědeckými poznatky a současně ekologickým respektem k ostatním živým tvorům této planety by se mohla naplnit definice TRVALE UDRŽITELNÉHO ŽIVOTA.

Prameny:

Naše společná budoucnost. Academia 1991

Kubačák Antonín: Dějiny zemědělství v českých zemích. Díl 1. MZČR 1994

Nátr Lubomír: Fotosyntetická produkce a výživa lidstva. ISV 2002

Nátr Lubomír: Rostliny, lidé a trvale udržitelný život na zemi. Karolinum 1998

Český statistický úřad

Ústav lesnické a dřevařské ekonomiky a politiky LDF MZLU v Brně

Surovinová politika v oblasti obnovitelných zdrojů ... VÚLHM 2003

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství české republiky v roce 2008 MZ 2008

Internet:

<http://www.eia.doe.gov>; <http://www.energybulletin.cz>; <http://www.dieoff.org>; <http://www.grida.no>;

<http://www.bp.com>; <http://cdiac.ornl.gov>; <http://www.fao.org>; <http://biom.cz>; <http://www.mpo.cz>;

<http://www.czso.cz>; <http://www.rioni.cz>; ... a další.