

Univerzita Karlova v Praze  
Přírodovědecká fakulta  
katedra sociální geografie a regionálního rozvoje

Jan Šatra

## **Energie ze zemědělské půdy**

(Energy from Agricultural Land)

*Diplomová práce*

Praha 2010

Vedoucí bakalářské práce: Doc. RNDr. Ivan Bičík, CSc.

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem prameny a literaturu, které jsou uvedeny v příloženém seznamu.

V Praze 25. 8. 2010

\_\_\_\_\_

Opět bych se rád omluvil svému školiteli Doc. RNDr. Ivanu Bičíkovi CSc. Za to, že až do samého odevzdání mu byl obsah této práce neznámý. Tím spíše bych mu však chtěl poděkovat za to, že mi to doposud alespoň na oko tiše toleroval.

Dále bych rád poděkoval rodině za výdrž a zvláště sestře za její nadhled (promiň mami). Za radu a pomoc v momentech stagnace na mrtvém bodě pak děkuji RNDr. Lud'ku Šefrnovi CSc. a Barboře Tesařové. Za psychickou podporu zaslouží dík Poys, Rost'a, Romana a řada dalších, které už nebudu, Romane, Ivo, Křémo, Moniko, ... jmenovat.

## **Obsah**

Seznam tabulek, grafů a vyobrazení .....	5
Abstrakt .....	6
<u>1. Úvod</u> .....	7
Vztah energie, plochy a geografie .....	7
Představení předkládané práce .....	9
<u>2. Hodnocení udržitelných a obnovitelných zdrojů energie</u> .....	10
Hodnocení dopadů na životní prostředí .....	11
Energetické aspekty hodnocení udržitelnosti .....	13
Souvislost s energetickým metabolismem společnosti, jejího rozvoje a ERoEI .....	16
<u>3. Vývoj disponibilních zemědělské půdy</u> .....	20
Definice potenciálů obnovitelných zdrojů .....	23
<u>4. Způsoby získávání energie z plochy</u> .....	24
Fotovoltaika .....	24
Kapalní biopaliva .....	28
Pevná biomasa rychle rostoucích bylin a dřevin .....	32
<u>5. Zásobování obyvatelstva teplem</u> .....	36
Centrální/lokální vytápění, (de)centralizované zásobování teplem .....	36
Pelety a brikety z biomasy .....	38
„Peletizace“ obcí .....	39
Soustavy centrálního zásobování teplem .....	40
<u>ž. Srovnání disponibilní energie z plochy se spotřebou tepla</u> .....	44
Metodika stanovení potenciálu energie z rychle rostoucích dřevin .....	45
Metodika stanovení spotřeby tepla .....	46
<u>7. Výsledky</u> .....	52
<u>8. Závěr</u> .....	55
Literatura a prameny .....	59
Přílohy .....	

## Seznam tabulek, grafů a vyobrazení v textu

Tabulka č. 1: Vývoj stavů hospodářských zvířat v letech 1990-2010 .....	20
Tabulka č. 2: Vývoj ploch osevů k 31. květnu daného roku (ha) .....	21
Tabulka č. 3: Přehled účinnosti tržně dostupných fotovoltaických technologií .....	26
Tabulka č. 4: Potenciál vybraných energetických plodin v ČR (mil. t. sušiny/rok) .....	32
Tabulka č. 5: Význam technologie pro využití paliv .....	37
Tabulka č. 6: Struktura spotřeby paliv pro vytápění domácností v r. 2007 .....	38
Tabulka č. 7: Podíl dálkově vytápěných bytů v krajích v r. 2003 .....	41
Tabulka č. 8: Vztah měrné spotřeby tepla a velikost i sídel .....	47
Tabulka č. 9: Požadovaná tepelná charakteristika budovy .....	47
Tabulka č. 10: Uvažovaný průměrný počet bytů v domech výpočtové skupiny .....	48
Tabulka č. 11: Uvažovaný průměrný počet podlaží v domech výpočtové skupiny .....	49
Tabulka č. 12: Výškový teplotní gradient průměrných měsíčních teplot vzduchu .....	50
Graf č. 1 : Teplo z CZT a z toho z biomasy ve vybraných zemích v r. 2003 .....	41
Graf č. 2: Cenové relace dodávek tepla z CZT pro konečné spotřebitele v r. 2007 .....	42
Obrázek č. 1: Čistý energetický zisk a ERoEI .....	14
Obrázek č. 2: Energetický útes .....	17
Obrázek č. 3: Ukázka interpolace klimatických dat .....	50

## Abstrakt

Práce se zabývá vztahem člověka využitelné energie a plochy jako jejího široce rozšířeného zdroje. Za tímto účelem nejprve představuje nejen některé ukazatele, které jsou k nazírání na nakládání s energiemi vhodné, ale seznamuje také alespoň v základech s hodnocením vlivů na životní prostředí, které pomáhá mezi mnoha způsoby využívání energií z plochy identifikovat ty skutečně udržitelné. Dále je vysvětleno, odkud se v současnosti berou plochy nově využitelné právě pro získávání energie. Jako možné způsoby extrakce energie z plochy jsou představeny fotovoltaika, kapalná biopaliva a rychle rostoucí energetické rostliny. Po krátkém nahlédnutí do problematiky zásobování teplem je již pozornost věnována modelovému případu: hodnocení potenciálního vztahu mezi lokální produkcí pevné biomasy z rychle rostoucích plodin a lokální spotřebou tepla. Tento modelový případ je prováděn pro jednotlivé obce Středočeského a Jihočeského kraje, použity jsou půdní charakteristiky a výstupy sčítání lidí, domů a bytů 2001, obsahující informace o domovním a bytovém fondu.

**Klíčová slova:** energie, plocha, zemědělská půda, rychle rostoucí dřeviny, vytápění

Thesis is concerned with relation of usable energy and space as it's widely spread source. For this purpose are introduced not only a few indicators suitable to energy management description, but also principles of environmental assessment thinking are explained, as these help to distinguish the really sustainable ways of deriving energy from space. As examples of energy-from-space extraction are introduced photovoltaics, liquid biofuels and fast growing energy plants. After a brief entry to heat supply problematics, focus is remains on a simple case study: quantifying relationship between local heat demand and local potential production of solid biomass from short rotation coppice. This so far rather hypothetical relation is examined at the municipal level, while Central and South Bohemia regions are the target area. Soil characteristics and population census data (2001) about residential habitats are used.

**Key words:** energy, space, agricultural land, short rotation coppice, heat supply

## 1. Úvod

### **Vztah energie, plochy a geografie**

Při pohledu na českou krajinu je možné ilustrovat objekt zájmu geografie, jímž je zemský povrch. Zvykli jsme si sice říkat, že geografie je o prostoru, času a někdy také dodáváme, že je o souvislostech. Ve skutečnosti se ale nejčastěji zabýváme plochou a spíše plošnými, nežli prostorovými souvislostmi jednotlivých jevů. Řada jevů sice probíhá skutečně v prostoru, ale ruku na srdce, i vskutku prostorové meteorologické jevy je možno s dostatečnou dávkou odvahy zjednodušovat pouze na dvoudimenzionální synoptické mapy. Důrazem na prostor se geografie odlišuje například od historie a jeho zjednodušováním do plochy bez velké ztráty informací zase například od geologie.

Při pohledu na českou krajinu je také možné sledovat, jaké je nejčastější využití této zájmové plochy, tohoto území. Ve velké většině jde o zemědělskou a lesnickou činnost, na kterých již po tisíciletí závisí lidská civilizace. Tato závislost a schopnost efektivně využívat prostor, plochu, půdu byla hybatelem ekonomických a společenských změn po celou dobu vývoje lidstva. Připomeňme například význam neolitické revoluce, hladomorů ve středověku, trojpolního systému hospodaření, význam umělých hnojiv, osvíceneckých daňových reforem, ale například také stoletou válku a masivní příklon anglického vojska k nasazení lučištníků (z nutnosti změnit taktiku vůči Francii jako agrárně a tedy i ekonomicky silnějšímu celku, jenž si mohl dovolit vydržovat těžkou jízdu). Plocha a půda byly po staletí jedním z rozhodujících a omezujících faktorů rozvoje lidské společnosti a proto nikdy nemohly zcela ustoupit z popředí jejího zájmu.

S rozvojem průmyslové revoluce se však oslaboval význam půdy a plochy jako zdroje energie. S rozvojem parního stroje a později spalovacích motorů však také jako zdroje energie tažných zvířat a mobility vůbec. Hospodářská pozornost se od půdy postupně přesunuje k nyní snáze dostupným nerostným surovinám, kapitálu a v případě potřeby ke světovým trhům. To co bylo dříve nutno zaopatřit vlastními silami je nově možno poměrně snadno a rychle dovézt. Od průmyslové revoluce a snad ještě více od meziválečného období se tedy z hlediska uspokojování potřeb jednotlivých vyspělých hospodářství pozornost postupně odvrací od zemědělství směrem k jiným odvětvím, která však již nejsou vázána na krajinnou plochu, nebo na zdroje, které jsou v anonymitě zvětšujících se trhů zdánlivě vykořeněny (odkud jsou ovoce a zelenina v našich obchodech, máme ještě někdo přehled?).

V průběhu věků tak dochází k marginalizaci zemědělství nejen v ekonomice (podíl na výrobě, tvorbě přidané hodnoty, zaměstnanosti), ale také v politice, protože zemědělství již není (až na některé výjimky) nahlíženo jako ekonomické odvětví skýtající komparativní výhody. (Ochrana zemědělského trhu EU pomocí vysokých dovozních cel dokonce zavdává příčiny k úvahám o komparativní nevýhodě.)

Zajímavé je v tomto směru nahlédnout do historie a srovnat současné poměry v ekonomice s ekonomickým uvažováním tzv. fyziokratů. Ti utvořili ve Francii třetí čtvrtinu 18. století zřejmě první ekonomickou školu, která se odpoutala od učení merkantilismu. Akcentování významu zemědělství se odráží například do jejich teorie společenských tříd rozpracované Francoissem Quesnayem. Ta v podmínkách předrevoluční (a předprůmyslové) osvícenecké Francie dělí společnost na produktivní třídu (zemědělce), třídu vlastníků půdy a na sterilní třídu (obchodníky a řemeslníky). Mezi jednotlivými třídami přitom podle tzv. ekonomické tabulky dochází ke směnám a platbám zajišťujícím, že čistý produkt vytvořený v zemědělství (nově vzniklé statky) je distribuován mezi všechny třídy (a částečně je sterilní třídou přeměňován na další nové statky) a přitom hodnota (kapitál) se nekumuluje u žádné z tříd. Tvorba čistého produktu v zemědělství tak v tomto pojetí "roztáčí" fungování celého hospodářství. Takovéto pojetí agrární ekonomiky na dlouhou dobu bylo a možná stále ještě je poslední doktrínou, která tak výrazně akcentovala význam zemědělské produkce. Od doby fyziokratismu se ale mnohé změnilo. Ekonomika se rozrostla o nová odvětví a, jak již bylo zmíněno, relativní hospodářský význam zemědělství poklesl. Radikálně se proměnil i pohled na to, jakým způsobem fungují vyspělé ekonomiky a co je pro jejich hladký chod důležité. Především je sledován průmysl a výdaje domácností.

Přesto se dnes zájem o půdu a zemědělství (resp. využití ploch) vrací. Souvisí se snahami o ekologizaci moderních ekonomik, a to nejen co do příklonu k přírodním materiálům, ale zejména k obnovitelným zdrojům energií. Pozornost věnovaná "obnovitelnosti" nebo spíše ekologické šetrnosti produktů a energií je významným myšlenkovým proudem, který se zejména v synergii s otázkami klimatických změn a energetické závislosti postupně promítá také do hospodářských politik vyspělých zemí. Plného docenění plochy a půd pro ekologizaci energetického metabolismu společnosti přitom zřejmě budeme svědky teprve tehdy, až bude poptávka nejen po obnovitelných produktech z půdy, ale také po ochraně půdy samotné jako téměř neobnovitelného zdroje či chcete-li neobnovitelného výrobního prostředku obnovitelných produktů.

Každopádně již dnes jsme svědky rostoucích požadavků na zajištění našich



"civilizačních" potřeb zemědělstvím a spolu s tím i s růstem jeho významu. A nebo naopak můžeme sledovat veřejné mínění zastávající se zemědělství před snahou ukojit naše "civilizační" potřeby výstavbou fotovoltaických elektráren na zemědělské půdě. Jak vidno, alternativní (tedy především tzv. nefosilní) odvětví energetického hospodářství mají vztah k ploše a tedy i k využití půd, ploch, území. A nejde jen o fotovoltaiku, ale také o biopaliva, biomasu a bioplyn (souhrně se hovoří o bio- či úžeji fytoenergetice). V jistém smyslu jde ale také o větrnou energetiku, i když spíše potřebou minimálního vzájemného odstupu jednotlivých větrných elektráren od sebe.

Vztah mezi alternativní energetikou a plochou tedy existuje, stejně tak jako vztah řady obnovitelných zdrojů ke geografii, respektive geografie k alternativní energetice jako k vhodnému objektu svého bádání.

### **Představení předkládané práce**

Práce se svou převážnou částí kloní k rešeršnímu charakteru. Nejprve referuje o některých obecnějších rysech, které lze sledovat na hospodaření s energií nebo s ním spojenými technologiemi. Ty jsou pak vhodným vodítkem pro určité zamyšlení nad významem energie a její dostupnosti pro rozvoj současných vyspělých zemí, mezi něž je možno počítat i Českou republiku, k čemuž bohužel patří i (možná) neoptimistický výhled na budoucí vývoj. Následuje přehled v současnosti použitelných metod získávání energie ze zemědělských ploch jakožto nejdisponiblnějšího zdroje energie z plochy, přičemž byla snaha soustředit se na činnosti s primárním účelem zisku energie. Nebyla tak věnována pozornost například zbytkům ze zemědělské a potravinářské produkce nebo bioplynovým stanicím, které je do značné míry využívají. V další části pak byla věnována pozornost spíše infrastruktuře a případně technologiím, kterými je možno využívat biomasu pro výrobu tepla v běžném, obecním měřítku. Až sem jsou hlavním zdrojem informací články a veřejně dostupné publikace, věnující se jednotlivým zmiňovaným aspektům probíraných temat.

V druhém okruhu je již práce zaměřena na teoretické výpočty: cílem je zmapovat vztah mezi potenciální produkcí pevné biomasy a její potenciální spotřebou. S výjimkou dat s charakteristikou půd Středočeského a Jihočeského kraje, pro něž je toto mapování prováděno, jsou téměř všechna použitá data volně dostupná z veřejné internetové databáze Českého statistického úřadu (ČSÚa). Přesná metodika, včetně odvození postupů práce od odborné literatury je blíže probráno v úvodu daného okruhu práce.

## **2. Hodnocení udržitelných a obnovitelných zdrojů energie**

Pokud nemáme definovat obnovitelné zdroje výčtem, ale daleko korektněji spíše jejich podstatou, pak jde o takové zdroje energie, které se obnovují zhruba stejnou rychlostí, jakou jsou spotřebovávány. Například lesní biomasu tak lze bez jejího nadměrného využívání považovat za obnovitelný zdroj energie, není-li zásahem do lesních porostů výrazně omezena schopnost jejich sebeobnovy. Ačkoli za významný obnovitelný zdroj považujeme biomasu, zdroj biomasy, kterým je půda, již obnovitelný není. Tvorba půd je totiž příliš komplexním a dlouhodobým procesem, navíc půdy se zřídka kdy dokáží po narušení navracet do původního stavu.

Druhou charakteristikou obnovitelných zdrojů je, že obnovitelné zdroje jsou vlastně opakujícími se energetickými toky, z nichž pro sebe člověk pomocí technologií získává jen jejich část. Tyto toky se v čase vyskytují s různou intenzitou a zpravidla také různou periodicitou, případně svou (ne)pravidelností. V daném místě se může jednat například o střídání osvitů při střídání dne a noci nebo o proměnlivou intenzitu těchto toků v průběhu (dne, týdne, měsíce, ale nejčastěji) roku. Jako příklad může posloužit ukládání energie do biomasy v průběhu vegetační sezóny nebo sezónnost větrů či průtoků na vodních tocích. To, co odlišuje v tomto ohledu obnovitelné zdroje od neobnovitelných je fakt, že periodicitu opakování těchto toků je zpravidla nejvýše roční. To ostře kontrastuje s fosilními palivy vnímanými jako neobnovitelná, u nichž by při jejich spotřebě bylo možné hovořit o periodicitě snad jen v horizontech geologických dob.

Téměř jako synonymum k pojmu "obnovitelný zdroj energie" bývá někdy používáno také ustálené spojení "udržitelný zdroj energie". Nejde však o totéž. Pojem "udržitelnost" je totiž mnohem širší než pojem "obnovitelnost" a to jak co do významu tak co do rozsahu. Ačkoli pojem udržitelnosti se za poslední dvě desetiletí značně rozšířil, bývá často vnímán spíše intuitivně a to tím spíše, že definic se naskýtá mnoho a přeci neexistuje žádná univerzální.

Udržitelnost energetiky lze spatřovat například v životnosti zdroje, ekonomické návratnosti, vlivu na klima, spolehlivosti dodávek energie, stabilitě a zranitelnosti celého energetického systému výroby a dodávek nebo například v alokaci zisků, vlastnické struktuře a kontrole/moci. Většinu těchto hledisek lze rozdělit do tří větších okruhů, na jejichž základě lze poté hovořit o ekonomické, environmentální nebo sociální udržitelnosti. Tato hlediska lze ale samozřejmě sledovat nejen u OZE, ale i klasických odvětví energetiky a je to dokonce záhodno, protože pouze uplatňováním stejných kritérií lze objektivně srovnávat obě tyto skupiny.

Zúžení na otázku obnovitelnosti také zpravidla zanedbává hlediska jako jsou

spotřebitelské chování a životní styl, politické preference či legislativní rámec jako důležité aspekty v pozadí rozhodovacích procesů, vedoucích k rozvoji udržitelných řešení, resp. udržitelného využívání energií a energetických zdrojů.

Udržitelnost lze dnes hledat za spoustou temat, která již nemusí pocházet jen z okruhu environmentální tematiky. Schopnost přetrvat, jak bývá udržitelnost také někdy vykládána, bývá přenášena například i do takových oblastí jako politika či ekonomie (viz např. hodnocení důchodového systému). Přesto docházelo od 70. let právě v environmentalistice, tedy na rozhraní ekologie a dalších oborů (technika, ekonomie, politické vědy) k nebývalému rozvoji metod hodnocení udržitelnosti. Aplikace těchto metod se stala poměrně sofistikovanou záležitostí, opírající se často i o využití rozsáhlých dat a softwaru, nicméně v principu jde nejčastěji o postihnutí stále týčž hledisek jako dříve a dochází spíše k sofistikaci metodologie.

V oblasti energetických zdrojů, technologií a jejich managementu lze vnímat zhruba dvě velké skupiny, které se vzájemně liší nejčastěji buď důrazem látkové toky a jejich dopady na životní prostředí (zejména hodnocení životního cyklu, Life Cycle Assessment - LCA) nebo na energetický zisk (Net Energy Analysis). Ekonomickými aspekty se pak může zabývat klasické posuzování investice. Shodně lze ale říci, že se stále rostoucí komplexitou hodnocení energetických projektů k sobě mají tato hodnocení blíže a že při posuzování je u stále významnější zohlednění životního cyklu zdroje/technologie/projektu. Tato hlediska jsou ve výsledku důležitým podkladem v rozhodovacím procesu nejen investorů, ale možná spíše veřejných institucí jakožto na jedné straně dohlížitelů v odvětví a na druhé straně tvůrců podpůrných a rozvojových politik.

### **Hodnocení dopadů na životní prostředí**

Současné metody hodnocení vlivu na životní prostředí jsou reakcí na dlouhodobý vývoj jeho znečišťování. Znečištění bylo dlouho vnímáno jako daň z blahobytu a řešením bylo zředování podle dnes již známého motto "The solution to pollution is dilution". Vertikály průmyslových komínů tak měly paradoxně na jednu rozptylovat emise z výrobních provozů, na druhou pak symbolizovaly industriální vyspělost. Naneštěstí s rostoucím počtem zdrojů znečištění, stejně tak jako s růstem jejich kapacit, se tento způsob řešení začal jevit jako neúčinný, způsobující značné škody ať už přímými imisemi a spadem, deponováním škodlivin v půdách, nebo vypouštěním škodlivin do povrchových vod.

První generací opatření bylo zavádění imisních a emisních limitů, druhou bylo stanovení určitých minimálních technických a technologických standardů legislativou a ve třetí fázi jsou opatření na úrovni designu produktů a managementu. Pro pohled na design pokud možno šetrného produktu, stejně tak jako pro porovnání dvou produktových alternativ (například skleněná x plastová lahev, jednorázové x látkové dětské pleny) je přitom možno využít řady sofistikovaných nástrojů, ať už spíše dílčích nebo komplexnějších (zpravidla nástroje LCA – analýzy životního cyklu, např. software SimaPro, GEMIS a mnohé další).

Metodám analýz životního cyklu se dostalo značné popularity zejména díky pozornosti, jež je v poslední dekádě věnována otázce globálního oteplování a skleníkovému efektu, jsou ale především prostředkem hodnocení a snižování materiálové a energetické náročnosti produktů. Mohou souhrnně za jeden produkt vyjádřit to, co nemusí být zjevné například díky decentralizaci a subkontraktování výroby. Jednotlivé subjekty podílející se na výrobě nemusí znát výrobní procesy a charakteristiky jiných částí výrobního řetězce. Proto takovéto analýzy využívají složitě nashromážděná data z konkrétních procesů ale také z databází (například o již vyčíslených dopadech určitých vstupů) popisující extrakci materiálů a energií, pokračují přes data o jejich zpracování, k informacím o využití produktu a následně k jeho odstranění. Kromě bilance vstupy-výstupy jsou informace z jednotlivých procesních kroků agregovány a kvantifikovány do tematických bloků, a to zpravidla přepočtem na standardně užívané ekvivalenty. LCA tak může na základě různých výstupů stanovit jejich souhrnný potenciál pro globální oteplování (součet CO<sub>2</sub> ekvivalentů jednotlivých emisí) nebo poškozování ozonové vrstvy (přepočet na gramy CFC).

Takovýchto tematických kategorií lze vysledovat více. Například metodika ReCiPe (VROM 2008) definuje 18 "midpoint" indikátorů a 3 "endpoint" indikátory. Osmnáct tematických indikátorů nese označení jako klimatická změna, ochuzení ozonu, acidifikace, eutrofizace, toxicita, vliv na využití území, poškození zdraví prachem a ozonem, ochuzení surovinových zásob a pod. Tyto jsou pak agregovány do 3 souhrnných ukazatelů: poškození lidského zdraví, poškození diversity ekosystémů a zásah do dostupnosti zdrojů.

Využití analýz životního cyklu je stále častější. Zejména při posuzování velkých, environmentálně potenciálně škodlivých či naopak potenciálně přínosných projektů. Uplatnění však nalézají také v menším měřítku, kdy na základě pilotních analýz mohou definovat (ne)vhodné produkty či skupiny produktů a ovlivňovat tak environmentální politiku (ve smyslu policy, nikoli politics) a zaměření environmentálních programů. V neposlední řadě zvyšují tyto analýzy uvědomění spotřebitelů o dopadech jejich každodenních činností, návyků a rozhodování.

## Energetické aspekty hodnocení udržitelnosti

V současnosti lze ve veřejné debatě vysledovat různé postoje k dalšímu směřování energetiky. Využití uhlí, jádra a obnovitelných zdrojů (k čemuž někdy přistupuje potenciál úspor napříč odvětvími) bývá často stavěno proti sobě a poměřovány bývají argumenty, které nelze srovnávat zpravidla z toho důvodu, že nejsou snadno kvantifikovatelné. Pro hodnocení, srovnávání a interpretaci energetických zdrojů, technologií a výrobních zařízení přesto existují některé ukazatele, které sice řadu potenciálních argumentů nezohledňují, ale navzdory tomu mohou poskytovat velmi ceněnou základní orientaci, základní přehled. Vedle běžně srozumitelné účinnosti jsou to například právě tři následující:

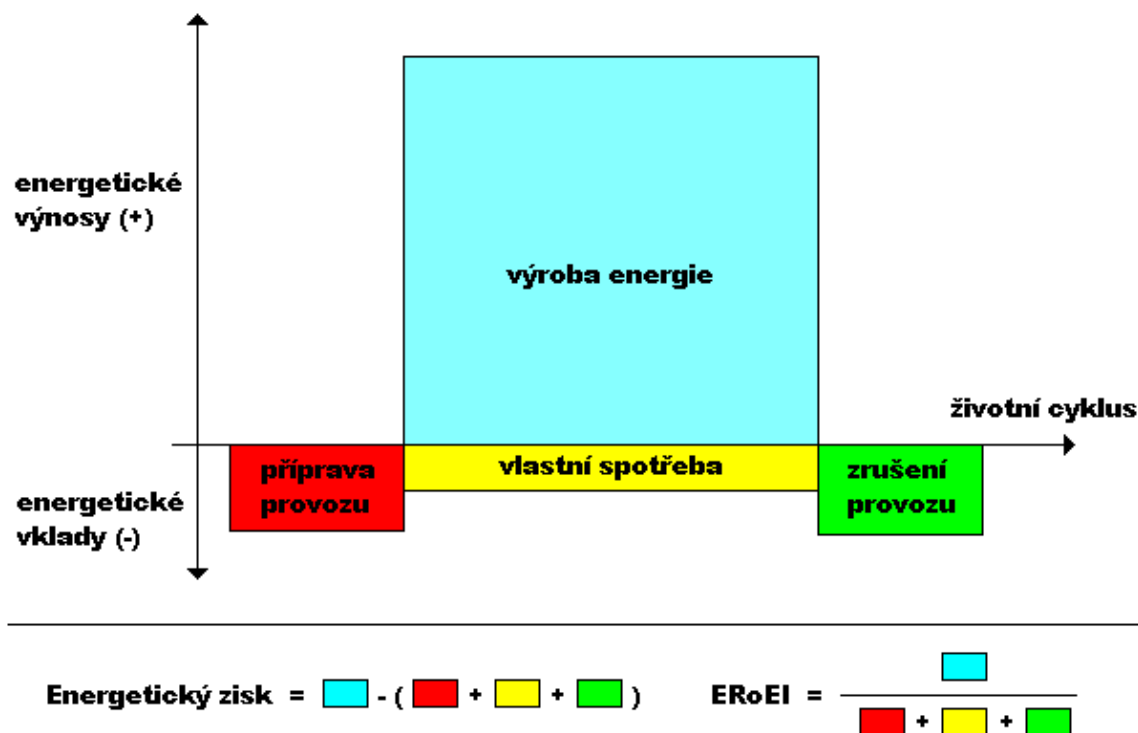
Zřejmě principiálně nejjednodušším ukazatelem přínosu energetického zdroje je vyjádření jeho čistého energetického zisku (Energy Surplus, Net Energy Gain). Odečtením provozní spotřeby od hrubé (brutto) produkce energie se běžně vyčísluje tzv. čistá (netto) produkce energie. Analýzy čistého zisku se však snaží kalkulovat také s dalšími vklady energie. V provozní fázi jde zejména o údržbu, v mimoprovozních fázích životního cyklu pak jde především o energetické vklady související se stavbou nebo odstraněním, případně recyklací produkčního zařízení (viz obr. č. 1). O udržitelnosti z energetického hlediska pochopitelně nelze hovořit, pokud by měl být energetický zisk záporný.

Další a mnohem častěji diskutovanou charakteristikou zdrojů je energetická návratnost vložené energie. Tento ukazatel je jednou ze dvou mutací odvozených od ekonomické návratnosti investice (Return on Investment, ROI). Ta častější se v angličtině nazývá Energy Return on Energy Invested (ERoEI, dříve Energy Return on Investment - EROI) a jde o poměr mezi získanou a vloženou energií (viz obr. č. 1). Protože vyjadřuje efektivnost využití investované energie, je významným kritériem při rozhodování o podpoře inovací a nových technologií v oblasti energetiky. Za udržitelné lze přitom považovat pouze projekty s ERoEI > 1. Pro bližší seznámení s historií tohoto ukazatele je možno doporučit například článek M. Kasíka v časopisu Vesmír (2008).

Druhým ukazatelem odvozeným od ekonomické návratnosti je Energy Payback Period, tedy doba energetické návratnosti. Ta udává, za jak dlouho se v provozu vrátí energie investovaná do zdroje. Lze tedy rovněž hovořit o energetické návratnosti, nicméně vyjádřené nikoli poměrem energetických vkladů a výnosů, ale dobou, za kterou je mezi nimi dosaženo rovnováhy. Tento ukazatel můžeme vysledovat v debatách o tom, za jak dlouho dokáží větrné či fotovoltaické elektrárny vyprodukovat energii potřebnou ke své výrobě. Doposud tedy

nezohledňuje energii nutnou k ukončení využívání zdroje (například k recyklaci fotovoltaických panelů) a za udržitelné lze považovat pouze projekty, u nichž je takto pojímaná energetická návratnost kratší nežli jejich životnost.

Obrázek č. 1: Čistý energetický zisk a EROEI



Zdroj: (převzato a *upraveno* z) Encyclopedia of Earth (2010)

Obtíže přináší zejména stanovování energetických vkladů. Například při stavbě vrtné soupravy je jistě zapotřebí zohlednit energii, již bylo zapotřebí pro výrobu, zpracování a aplikaci oceli, betonu a dalších materiálů. Otázkou však zůstává, jak daleko zajít. Zda započítávat také energii potřebnou pro stavbu továren, z nichž tyto materiály pocházejí, nebo dokonce energii potřebnou pro obsluhu personálu, jako například pro jejich stravování. Rozvaha, kde udělat hranici posuzovaného systému je zde tedy velice na místě, ačkoli v řadě případů jde případná kritika z této příčiny na vrub kritiků určitého výsledku (zastánců či odpůrců určitých alternativ) spíše nežli samotné metody.

Zatímco energetické náklady spojené s výrobou produkčních zařízení (kotle, elektrárny, ...) jsou nejčastěji dobře zjištěitelné díky přezkoumání výrobního procesu, u některých technologií, jako jsou fotovoltaické elektrárny, není doposud dostatek zkušeností ani s jejich reálnou životností. Ta by měla reálně přesahovat 20 let, často bývá garantována na 25 let,

nicméně o kolik let bude tato doba (a s ní také energetické výnosy) nakonec vyšší lze těžko odhadnout.

Technologický vývoj jde kupředu nezanedbatelným tempem a technologie například právě ve fotovoltaice se rychle mění. Odhady energetických vkladů potřebných pro odstranění takovýchto instalací jsou proto spíše odhadem, protože doposud není například s recyklací fotovoltaických článků mnoho rozsáhlých zkušeností.

Další proměnnou, která znesnadňuje stanovení EROEI hlavně u obnovitelných zdrojů, je měnící se příkon a to jak v čase, tak zejména v místě a s tím se měnící stupeň využití, tedy i výstupní množství energie. Faktory, rozhodující o produkci se přitom liší různě u jednotlivých alternativních energetických odvětví. Například příkon pro již zmiňovanou energetiku je ovlivňován stavem atmosféry a roční úhrn disponibilní energie (celková dopadající na  $m^2$ ) se mezi nejvhodnějšími a nejméně výhodnými oblastmi liší (díky výrazné zonalitě) řádově o 15%. Tyto oblasti jsou přitom na opačných koncích Česka. Naproti tomu příkon energie z větru je závislý na faktorech jako je nadmořská výška, konfigurace reliéfu, krajinný pokryv, tedy na faktorech v horizontální dimenzi Česka výrazně azonálních. Tyto faktory se přitom vzhledem ke struktuře krajiny mění poměrně radikálně již v malém měřítku. Vhodná a nevhodná lokalita tak mohou být od sebe vzdáleny pouze kilometry a rozdíl v příkonu větrné energie se může v českých podmínkách činit i o více než 85%.

Zatímco množství energie nutné pro výrobu 1 kW instalovaného výkonu produkčního zařízení je nezávislé na jeho umístění, množství potenciálně vyprodukované energie z této 1 kW instalovaného výkonu již ano. Jak proto srovnávat EROEI například větrné elektrárny v českém a dánském prostředí, když v obou může tatáž instalace se stejnými energetickými vklady dosahovat jiných energetických výnosů a tedy i jiného EROEI? Už z tohoto důvodu je těžké stanovit pro určitou technologii nebo skupinu technologií dostatečně reprezentativní, univerzálně platnou hodnotu. Tu je lze proto vnímat často spíše jako určité rozpětí a nikoli jako parametr vhodný pro posuzování a přípravu konkrétních projektů.

Namísto EROEI proto bývá využíváno zcelajiných charakteristik. Zpravidla jedny popisují výkonové charakteristiky (účinnost, případně instalovaný výkon) a jiné naopak popisují vlastnosti pro projekt zvažované lokality (počet slunečných dní, průměrná rychlost větru v určité výšce nad zemí, případně při zkušenosti s instalací v téže lokalitě nebo v podobných podmínkách zatěžovatel).

Doposud nebyl činěn rozdíl, mezi EROEI energetického nosiče a EROEI energetického produkčního zařízení (energetická zařízení, elektrárny, teplárny). Životní cyklus energetického zařízení je poměrně neměnnou záležitostí, je-li využíváno na plný výkon a proto i EROEI takového zdroje je poměrně snadno vyjadřitelné. Naproti tomu EROEI získaného energetického nosiče (paliva) je značně závislé na bodu v jeho životním cyklu, ke kterému budeme vyčíslování EROEI stanovovat. Tento ukazatel by totiž od extrakce energetického nosiče měl nejčastěji klesat v důsledku ztrát a transformací. Například u uhlí, teženého například s EROEI 15, připadá jeden díl jeho energetického obsahu na těžbu samotnou a čtrnáct dílů tvoří čistý energetický zisk. Těchto čtrnáct dílů lze dále využít k výrobě elektřiny (35% účinnost) a získat z nich 4,9 dílů v této formě. A nebo je možné těchto čtrnáct dílů energie ve formě uhlí spálit v litinových kamnech (65% účinnost) a získat tak 9,1 dílů energie ve formě tepla. Jak vidno s dalšími využitím a až do konečné spotřeby čistý energetický zisk klesá a sním i EROEI. Pro případy takového řetězení se proto EROEI již zpravidla nevyčísľuje a s jeho vyčíslováním se končí okamžikem extrakce a koncentrace do podoby standardně použitelného paliva.

### **Souvislost energetického metabolismu společnosti, jejího rozvoje a EROEI**

Net Energy Analysis má základy v teoriích Alfreda J. Lotky (1880-1949), amerického biofyzika, jenž zavedl energetický pohled na evoluci. V jeho pojetí byl přirozený výběr soubojem organismů o dostupnou energii. Sám přičítal přechodu od přírodních (obnovitelných) zdrojů energie k fosilní energii fundamentální změny ve společnosti, protože společnosti bylo náhle dostupné zdánlivě neomezené množství disponibilní energie.

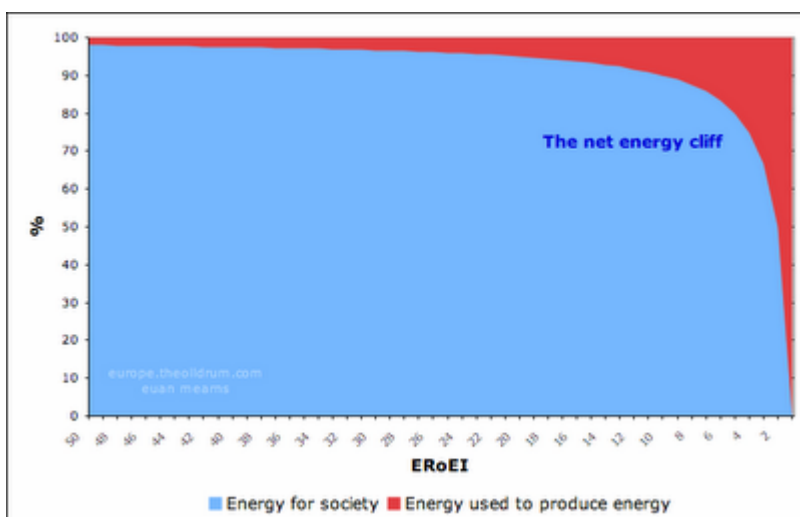
Howard T. Odum (1924-2002) formuloval na základě Lotkových postřehů 20 tezí (Odum 1974, překlad části Kvapil 2010), z nichž některé se týkají popisují právě fázi růstu spojeného s fosilními energiemi a také s výhledem, co se stane s omezením přísunu energie. Neodkazuje se přitom ještě na tzv. ropný zlom, jde o analogie z ekologické sukcese. Jak zmiňuje, "v obdobích s možností rozšíření zdrojů energie je pro přežití zapotřebí rychlý růst i za cenu plýtvání, kdy okamžitá výhoda je na straně expanze. (...) V obdobích, kdy jsou již energetické toky obsazeny a neexistují žádné nové zdroje, vyhrávají na základě Lotkova principu ty systémy, které neusilují o zbytečný růst a místo toho využijí veškeré dostupné energie k dlouhodobě trvanlivé, vysoce rozmanité a stacionární činnosti. Kdykoli dosáhne ekosystém po období sukcese ustáleného stavu, rychlí pro-růstoví specialisté jsou nahrazeni novým týmem, který se vyznačuje vyšší diverzitou, vyšší kvalitou, delší životností, lepším řízením a ustálenými prvky. Kolektivně – díky



dělbě práce a specializaci – získá klimaxový tým z ustáleného toku dostupného energetického zdroje více energie, než by získali specialisté na rychlý růst."

Jak Odum také zmiňuje (tamtéž), ekologové jsou obeznámeni jak s fází růstu tak i s ustáleným stavem (...), ale ekonomové byli ve svém oboru vyškoleni během prudkého růstu a ani nevědí, že existuje něco jako ustálený stav. (...) Pouze dvě poslední staletí byla svědkem vzednutí růstu a to díky výjimečným přísunům energie shromažďovaným po dlouhá období geologického času." K tomu lze dodat, že zakladatel moderní ekonomie, za nějž je považován Adam Smith (1723-1790) je současníkem vzniku a popularizace parních strojů. Při hledání inspirace pro ekonomii ustáleného stavu by tedy bylo nutné se daleko více inspirovat jeho předchůdci.

Obrázek č. 2: Energetický útes



Zdroj: Cobb (2008)

Nevyřešenou otázkou však zůstává, jak by takový ustálený stav vypadal. Na jaké úrovni energetické spotřeby by se lidská civilizace, případně jednotlivé země či kulturní okruhy ustálily? To již Odum neřeší, nicméně podle teorie ropného zlomu (na základě práce Marrion King Hubberta 1903-1989 z r. 1956), která předpokládá nedostatek energie v souvislosti s vytěžením ekonomicky i technicky dostupných fosilních zdrojů a rostoucí cenou fosilních paliv lze předpokládat, že pokles spotřeby je nevyhnutelný. Čím spíše budou vyčerpána velká naleziště energetických zdrojů s nízkými náklady na těžbu v porovnání se získaným objemem energie (tedy s vysokým EROEI), tím více se bude společnost blížit tzv. energetickému útesu (obr. č. 2) a do obstarávání energie bude muset investovat nejen stále více finančních prostředků,

ale také lidského kapitálu a samotné energie. Pro další růst tak bude disponibilních stále méně vstupů až by teoreticky mohla společnost dosáhnout ustáleného stavu, zmiňovaného H. T. Odumem.

Aby bylo možno sledovat, že posun směrem k energetickému útesu není pouhým teoretickým konceptem, ale logickým vývojem, stačí se podívat na vývoj těžby ropy v USA. C. J. Cleveland (2005) ve svém článku o vývoji energetické návratnosti těžby ropy a plynu v USA druhé poloviny 20. století píše, že EROEI pro ropu spadlo od roku 1930 (doba objevů velkých ropných polí) z hodnoty 100 a možná i vyšší na pouhých 20 v roce 2000. Dále píše, že zpracováním na benzín se tato hodnota snižuje až na rozmezí mezi 6 a 10. U uhlí uvádí hodnoty 100 pro rok 1950 a 80 pro rok 2000. Je tedy zjevné, že trend objektivně existuje, a to nejen v USA, nicméně že ještě není konec všem levným fosilním palivům. Na druhou stranu však ropa není uhlím zcela zastupitelná a při syntéze pohonných hmot například právě z uhlí by byla opět trácena část energie a tedy i hodnoty energetické návratnosti.

Avizovaný ustálený stav by se měl vyznačovat využíváním zdrojů o nižším EROEI, nepůjde však jen nefosilní alternativní zdroje, ale i o uhlovodíky z menších, méně výnosných zdrojů. Je-li však pro přírodní systémy přirozené rozložení podle logistické křivky, pak celkový úhrn energie nízkoponciálních zdrojů přesahuje nabídku zdrojů vysoce koncentrovaných. S přechodem od vysoce koncentrovaných zdrojů energie ke zdrojům s nižší energetickou návratností však již lidstvo zkušenost má. A sice evoluční:

Energetická návratnost lovu je počítána ve stovkách (například energetická návratnost primitivního příbřežního lovu velryb je odhadována na  $EROEI = 2000$  (Encyclopedia of the Earth 2008)) a zůstává vysoká i pokud vezmeme v úvahu, že zisk z lovu se rozděluje ve společnosti lovců a sběračů mezi daleko větší skupinu než tu, kterou tvoří samotní lovci. Podle Halla, Balogha a Murphyho (2009) ale stojí za neolitickou revolucí fakt, že i při relativně nízkém EROEI kolem 10 bylo člověku v úhrnu dostupno daleko více energie než při samotném lovu. Ačkoli hodnota energetické návratnosti není zcela malá, podle autorů článku zůstávaly agrární populace početně poměrně stabilní. Samozřejmě to bylo dáno zejména omezenými zdroji (dostupnost půdy, vody), ale také občasnými neúrodami, nemocemi, případně válkami. Toto již zjevně v éře fosilních zdrojů neplatí.

Jak již bylo zmíněno výše, otázka, na kterou zřejmě nelze v současnosti odpovědět zní "Jak by vypadal ustálený stav?" Již bylo zmíněno, že energie bude získávána s vyššími nároky na vstupní energetické, lidské i kapitálové zdroje. Půjde přitom nejen o obnovitelné zdroje s EROEI

kolem 6-20 (fotovoltaika, větrná energetika), případně nižšími (bioenergetika), ale také o zbývající fosilní zdroje. Při opětovném pohledu na slova H. T. Oduma lze ale vyčíst více: "V obdobích, kdy jsou již energetické toky obsazeny a neexistují žádné nové zdroje, vyhrávají ty systémy, které neusilují o zbytečný růst a místo toho využijí veškeré dostupné energie k dlouhodobě trvanlivé, vysoce rozmanité a stacionární činnosti". Přeloženo: dlouhodobá trvanlivost reprezentuje udržitelnost, vysoká rozmanitost energetický mix mnoha zdrojů a technologií a stacionární činnost odkazuje na lokální řešení a využívání místních zdrojů.

Jedním z běžně místně disponibilních zdrojů energie je přitom biomasa, která, jak už bylo zmíněno, jednou již stála za energetickým přechodem lidstva. H. T. Odum před svou smrtí vyjádřil názor, že za dalším energetickým přechodem lidstva bude uhlíková náročnost doposud převládajícího způsobu obstarávání energie. Mnozí věří, že jediným dlouhodobě schůdným východiskem je efektivněji využívat sluneční energii jakožto primární, transformacemi neoslabený zdroj. Přesto všechno se ale ve výsledku jeví využití biomasy oproti fotovoltaike a tepelným kolektorům jako daleko větší zdroj čisté energie, protože dokáže sluneční záření i s nízkou účinností kumulovat z rozsáhlé plochy. Plocha a půda, jakožto výrobní faktor, má proto pro budoucnost zřejmě velký, výhledově stále rostoucí význam.

### 3. Vývoj disponibilní zemědělské půdy

Potenciál a rozvoj odvětví alternativní energetiky využívajících energie z plochy je vázán na dostupnost vhodných ploch jakožto zásadního výrobního faktoru. Nejméně technických omezení a nejvíce ploch v krajině nabízí zemědělská půda, která však primárně uspokojuje poptávku po potravinářských komoditách a přírodních materiálech. Přesto však v posledních dvou dekádách postupně rostl rozsah půdy, která ležela ladem nebo byla z nedostatku alternativ oseta řepkou. Na zemědělské půdě, zejména na orné, se tak otevřela nika pro její nové využití.

Před rokem 1990 byla politickým cílem potravinová soběstačnost, v důsledku čehož se zemědělství etablovalo na velmi intenzivní úrovni a to i v oblastech ne zcela vhodných. K tomu sloužila dotační politika transferující část zisků z produkčně silnějších oblastí do těch slabších. Hned v úvodu 90. let však byl systému pozemkové daně a diferenciálních příspěvků učiněn konec a české zemědělství bylo vystaveno vnější konkurenci, které mohla v řadě oblastech s doposud intenzivní, a tedy i ekonomicky náročnou výrobou jen stěží odolat.

Snižující se intenzita zemědělské činnosti, omezení podpor, investiční nejistota, cenová konkurence importů, to vše snížilo produkci mejen, ale zejména živočišné výroby (od roku 1990 stouply stavy jen u drůbeže) a zprostředkovaně také poptávku po krmivech. Propad v produkci píce je přitom hlavním faktorem za vývojem disponibilních ploch na českém zemědělském fondu (podrobněji viz Bičík a Jančák 2005).

Tabulka č. 1: Vývoj stavů hospodářských zvířat v letech 1990-2010

Ukazatel	1990	1995	2000	2005	2010	2010/1990	2010-1990
Skot celkem	3,506,222	2,029,827	1,573,530	1,397,308	1,349,286	0.38	-2,156,936
z toho krávy	1,236,218	768,236	614,787	573,724	551,245	0.45	-684,973
Prasata celkem	4,789,898	3,866,568	3,687,967	2,876,834	1,909,232	0.40	-2,880,666
z toho prasnice	310,869	295,328	296,811	232,499	132,799	0.43	-178,070
Ovce celkem	429,714	165,345	84,108	140,197	196,913	0.46	-232,801
Drůbež celkem	31,981,100	26,688,376	30,784,432	25,372,333	24,838,435	0.78	-7,142,665
z toho slepice	15,437,483	12,028,561	11,739,179	5,940,971	6,215,840	0.40	-9,221,643

Zdroj: ČSÚ (2010b)

Postupným útlumem prošla také produkce technické cukrovky a brambor, naopak výrazný nárůst zaznamenala řepka, jakožto "nejlepší dostupná alternativa" dosavadní potravinářské produkce, která měla při státní podpoře tzv. zelené nafty stabilizovat zaměstnanost

a výrobu v českém zemědělství. Ačkoli řepka proto bývá nazývána transformační plodinou, jako alternativa klasické potravinářské a materiálové produkce se doposud drží a její význam i osevň plochy dokonce vzrůstají.

Tabulka č. 2: Vývoj ploch osevů k 31. květnu daného roku (ha)

Plodina	1990	1995	2000	2005	2010	2010/1990	2010-1990
Osevň plocha celkem	3,270,963	3,104,249	3,020,564	2,657,881	2,495,859	0.76	-775,104
Zrny celkem	1,708,792	1,642,012	1,688,095	1,632,747	1,490,823	0.87	-217,969
Obiloviny celkem	1,652,169	1,581,341	1,647,508	1,593,487	1,459,505	0.88	-192,664
Pšenice celkem	823,063	831,992	972,711	820,440	833,577	1.01	10,514
Kukuřice na zrno	44,941	27,315	39,317	79,981	99,945	2.22	55,004
Luskoviny na zrno celkem	56,623	60,671	40,587	39,260	31,318	0.55	-25,305
Brambory celkem	109,664	78,045	69,236	36,072	27,079	0.25	-82,586
Cukrovka technická	118,813	93,654	61,574	65,570	56,388	0.47	-62,425
Technické plodiny celkem	161,316	352,972	426,675	415,490	499,792	3.10	338,476
Olejníny celkem	129,996	326,406	408,663	399,531	490,420	3.77	360,424
Řepka	105,102	252,285	325,338	267,160	368,824	3.51	263,722
Přicniny na orné půdě celkem	1,099,907	872,494	725,252	491,881	406,450	0.37	-693,457
Zelenina konzumní celkem	33,697	34,963	32,316	8,917	8,583	0.25	-25,114
Orná půda neoseť a úhor	2,931	56,089	71,150	45,286	45,047	15.37	42,116

Zdroj: ČSÚ (2010c)

Otázkou samozřejmě může být, co se stalo s potravinovou soběstačností? Neotočí se vývoj opět tak, že bude potravinová soběstačnost opět hospodářským cílem? Pro odpověď na tuto problematiku je dobré nahlédnout do knihy Výživa jako surovinový problém (Kraus, Tuček a Vološin 1984), kde je v jedné z kapitol po teoretické stránce rozebrána problematika potravinové soběstačnosti a samozásobení. V ní pak lze v obecné rovině vysledovat kontext (v té době ještě nepředvídané) změny postoje k diskurzu soběstačnosti. "Snaha o autarkii zesiluje směrem od států s vyšší ekonomickou úrovní, se snahou o maximální zapojení do dělby práce, k zemím s nižší ekonomickou úrovní, které se takovému vlivu brání v důsledku méně efektivního využití produkčních faktorů s cílem do jisté míry se uzavřít proti těmto vlivům" (str. 77/78). Jak autoři pokračují dále (str. 78) "Úsilí o soběstačnost slábne směrem k zemím s dobrou vybaveností přírodními zdroji a vysokým stupněm jejich efektivního využití, protože se zde dosahuje vysoké adaptability k vnějším i vnitřním podmínkám. Míra soběstačnosti je obecně dána stupněm efektivního využití výrobních sil. V tomto širokém pojetí může pojem soběstačnosti přesáhnout rámec jedné země a tato může získat prostor pro řešení problémů v rámci regionálního seskupení zemí a využití mezinárodní dělby práce." Z toho lze odvozovat, že snaha o soběstačnost socialistického Československa byla do značné míry důsledkem nejen

omezených přírodních podmínek, ale též nekonkurenceschopnosti zemědělského sektoru Československa na mezinárodním volném trhu.

Jak autoři nepřímo dokládají dále (str. 82), nebylo možné upustit od snah o potravinovou soběstačnost již z toho důvodu, že vzhledem k nekonkurenceschopnosti i zbytku národního hospodářství by nebylo z čeho dovozy potravin dotovat: "Koncepti rozpracování dílčích cílů, směřujících k naplňování hlavního cíle..." (zvyšování soběstačnosti ve výrobě potravin) "... nutno pojímat jako funkci snižování pasivního salda zahraničního obchodu zemědělsko-potravinářskými výrobky (...)."

Po roce 1990 dochází k přechodu od soběstačnosti k "mezinárodní dělbě práce", v důsledku čehož české zemědělství nejprve upadá díky nižší efektivitě využití výrobních sil (neefektivitě). Vzpomeňme například obchodní války poloviny 90. let: vepřovou s Evropskou unií a jablečnou s Polskem, kdy byla na ochranu domácího trhu zaváděna dokonce celní opatření. Takováto pokřivení trhu však vyvolávala odezvu, kterou nešlo vůči EU ustát a tak neměla tato ochranná opatření stejně dlouhého trvání. Se zeštíhlením zemědělství o jeho slabé články (co do přírodních podmínek i efektivitě) došlo k postupné stabilizaci na nové úrovni. Dnes lze již díky celkové konsolidaci české ekonomiky i evropským dotacím, vyrovnávajícím dřívější komparativní nevýhodu, vnímat EU právě jako výše zmiňované regionální seskupení zemí, na jehož úroveň je problematika potravinové soběstačnosti přenesena.

Jelikož alespoň ve střednědobém horizontu nejsou v českém a evropském zemědělství očekávány změny srovnatelné s obdobím let 1990-2005, nelze ani předpokládat výskyt nových hybných sil, které by se mohly zásadněji projevit ve způsobu využití zemědělského půdního fondu a minimalizovat rozsah ploch pro energetické využití. Rozsah ploch využívaných pro potravinářskou produkci bude samozřejmě dynamicky reagovat na vývoj trhů i v evropské a české zemědělské politice, stejně tak jako doposud, takže přesné vyčíslení zmíněných rozloh není možné. Odhady půdy pro potravinářské nebo naopak energetické užití se proto různí již nyní.

Například tzv. Pačesova komise (NOK 2008) počítá s 2 070 tis. ha orné půdy (z 3 050 ha) pro potravinovou bezpečnost. Akční plán pro biomasu 2009-2011 (Trnka 2009) pak uvažuje dva scénáře. V prvním je plocha potřebná z zajištění potravinové bezpečnosti státu (ve smyslu minimálních požadavků na soběstačnost, nikoli zdravotní nezávadnosti) odhadnuta po konzultaci s odbornou veřejností na 2 319 tis. ha, což by pro ostatní, například energetické využití ponechávalo na 1 932 tis. ha. Ve druhém scénáři klade Ministerstvo zemědělství ČR důraz na potravinovou soběstačnost a rozlohu osevních ploch pro potravinovou produkci

vyčísluje na 2 955 tis. ha, což by pro energetické účely ponechávalo 1 296 tis. ha.

Přitom v tomto ohledu se jedná spíše o stropy maximálního možného rozsahu disponibilních ploch. V roce 2003 jej na základě reálného vývoje odhadovali například L. Miltr na min. 500 tis. ha orné půdy a nebo také J. Váňa na 465 tis. ha orné půdy a 523 tis. ha luk a pastvin. Od té doby lze toto číslo považovat za téměř nezměněné za předpokladu, že ke každoročně neosetým plochám bude připočítána také podstatná část osevů řepky, kterou lze již nyní vidět jako energetické využití zemědělské půdy.

### **Definice potenciálů obnovitelných zdrojů**

Potenciál zdrojů, kam patří také ty obnovitelné využívající energii z plochy, lze vnímat v různých omezeních, Na základě těchto pak lze rozlišovat různé potenciály. Jejich přehledný přehled přinesli například Havlíčková a kol. (2005):

*Technický potenciál* – je vyjádřen rozsahem zdroje a maximálními teoretickými možnostmi jeho využití, plynoucími z fyzikálních zákonů přeměny energií (například rozsahem půdy a energetickým obsahem na ní vypěstovatelné biomasy)

*Využitelný potenciál* – je část potenciálu technického, využitelná již běžně dostupnými technologiemi ale přitom s dalšími omezeními, například legislativními a environmentálními (například zákazem pěstování cizokrajných rostlin v chráněných krajinných oblastech nebo některých vůbec)

*Dostupný potenciál* – respektuje omezení plynoucí z alternativních způsobů využití zdroje (například zemědělské půdy pro pěstování potravinářských nebo technických plodin)

*Ekonomický potenciál* – jde o potenciál, jehož využití je rentabilní za daných ekonomických podmínek (vliv mají faktory jako cenové hladiny energie z daného zdroje i z alternativ na trhu, úročení úvěrů, systémy dotací a podpor, záruky a pod.)

#### **4. Způsoby získávání energie z plochy**

Energie z plochy je vlastně energií ze slunce. Plocha plní funkci přijímače, ale sama o sobě tuto zachytává jen částečně a krátkodobě. Část se odráží zpět do kosmu, část přeměněna na teplo a jen zlomek může být využit fotosyntézou rostlin<sup>1</sup> (energetická účinnost fotosyntézy jako procesu je zhruba 3 %, Kutík 1996). Vizionáři nového energetického paradigmatu jako například Hermann Scheer (1996) proto o své vizi hovoří jako o slunečním hospodářství, kde se budoucí energetická základna vyspělých zemí posune od fosilních zdrojů ke sluneční energii a jejím derivátům (biomasa, větrná energie, viz Brücher 2008). Není divu, že za nejefektivnější považují využívání přímo samotné sluneční energie, ačkoli využívání například biomasy nijak nezpochybňují. Cílí na fakt, že přímým využitím je možno se vyhnout různými procesním mezistupňům (například právě fotosyntéze), které snižují využitelnost technického potenciálu slunečního záření a tedy i výsledný energetický zisk.

Pro tepelné využití slunečního záření ve velkých instalacích nejsou v Česku příhodné podmínky. Za výjimku lze ovšem považovat menší individuální instalace střešních tepelných kolektorů na ohřev teplé vody a přehřívání v systému vytápění, kde je takto získaná tepelná energie na místě využita. Pro instalace většího rozsahu, jako jsou například koncentrační elektrárny má Česko nejen malý solární příkon, ale také mnoho oblačnosti a vysoký podíl rozptýleného záření. Tyto instalace, využívající koncentrovaných paprsků k pohonu parní turbíny, tak zůstanou zřejmě i nadále záležitostí spíše středomořských zemí jako je Španělsko, případně severoafrických zemí bude-li pro dálkové zásobování Evropy elektřinou realizován projekt DESERTEC. Pro přímé využití na volné ploše tedy zbývá v současnosti jediná alternativa, kterou je fotovoltaika.

#### **Fotovoltaika**

Fotovoltaika je v současnosti hned po tepelném využití slunečního záření nejefektivnějším způsobem získávání energie ze Slunce. Na plochu 1m<sup>2</sup> jí v českých podmínkách dopadne zhruba 1 000 kWh. Množství elektrické energie, které lze z toho získat pak výrazně závisí na řadě dalších faktorů, jako například na účinnosti fotovoltaických panelů. Ta se přitom liší v závislosti na použité technologii.

<sup>1</sup> Reijnders, Huijbregts (2009) dochází k hodnotám využití slunečního záření 0,9 % pro cukrovou třtinu, 0,87 pro palmu olejnou, 0,27-0,3 pro pšenici, 0,62 pro cukrovku, 0,46-0,46 pro kukuřičné zrno, 0,15 pro řepkové semeno, 0,34 pro Miscanthus (ozdobnice čínská), 0,36 pro topol a 0,05 pro dřevo z lesů západního Ruska



Nejdéle známý a používaný je krystalický křemík, ať už v podobě monokrystalického nebo polykrystalického. Monokrystalický křemík dosahuje účinnosti až 20 %, na trhu jsou však běžně dostupné výrobky o účinnosti kolem 15 %, účinnost polykrystalických je pak zhruba o 14 % (mají však nejlepší pověr účinnost/cena). Na základě dosavadních zkušeností se však udává, že ročně klesá účinnost krystalického křemíku o 1 %, takže po předpokládané době životnosti 25ti let může tato být zhruba 12%. Jde však zřejmě o nejnížší míru degradace mezi fotovoltaickými technologiemi.

Tenkovrstvé křemíkové technologie (mikrokrystalické nebo amorfní) na rozdíl od krystalických projevují mnohem větší degradaci výkonu během prvního roku provozu, po čemž se již rychlost degradace stabilizuje na úrovni srovnatelné s krystalickými křemíkovými technologiemi. Nejsou sice tolik účinné (cca 6 %) ale za to dosahují nejlepšího poměru cena/výkon jsou z křemíkových technologií nejlevnější a v případě amorfního křemíku se užívají zejména tam, kde nelze dosáhnout optimálního sklonu ke slunci. Jejich výkon totiž s odchylkou od přímého osvětlení klesá nejméně a tak jsou schopné lépe využít také rozptýlené světlo. To je výhodné zejména v zimě, kdy je v českých podmínkách obloha zcela běžně pokryta souvislou oblačností.

Amorfní tenkovrstvé panely, poznatelné zpravidla podle temně hnědé barvy, jsou běžně používané pro velkoplošné instalace a to zejména tam, kde se jedná o instalace stacionární, tedy nesledující dráhu slunce na obloze. Dá se tedy říci, že téměř u všech. Doba energetické návratnosti panelů samotných je zhruba 2 roky, takže energetická návratnost dosahuje při odhadované životnosti 25 let hodnoty cca 12, pro celý systém včetně nosných konstrukcí, konvertorů napětí a dalších komponent pak 8 (Bechlík 2010).

Na trh však začínají pronikat také další technologie, které zatím usilují spíše o snižování investičních nákladů nežli o zvyšování účinnosti. Jde zejména o tenké vrstvy na bázi fotocitlivých materiálů a jejich sloučenin. V popisu těchto technologií se tak lze setkat s prvky jako jsou selen, indium, cadmium, měď, telur, titanium a další. Některé fotovoltaické články, jako například Gresselův, se dokonce snaží rozvíjet využití organických barviv.

Již byla zmínka o velkoplošných instalacích fotovoltaických panelů. Díky legislativní podpoře opírající se o zákon 180/2005 došlo v uplynulých 2 letech k jejich výraznému rozšíření, v důsledku vytrvalého propadu výrobních cen a tedy i pořizovacích nákladů až v desítkách procent ročně. Zákon bohužel v době svého vzniku s tak dramatickým propadem cen nepočítal, pozměňovacím návrhem do něj bylo vloženo omezení maximálního snižování výkupních cen

elektřiny z obnovitelných zdrojů o 5 % ročně. Řešení tedy přišlo až s novelizací zákona v roce 2010. Přesto se stihl sektor fotovoltaiky stát výhodným cílem investic, proti němuž bylo později směřováno i veřejné mínění. Náklady spojené s dotacemi fotovoltaiky budou totiž stejně tak jako u ostatních forem obnovitelných zdrojů rozpočítány mezi koncové zákazníky.

Tabulka č. 3: Přehled účinnosti tržně dostupných fotovoltaických technologií

materiál článku	maximální provozní účinnost sériového článku	typická modulární účinnost článku	plocha potřebná na 1 kW	instalovaný výkon na 1 ha pozemku*	produkce z 1 ha pozemku/rok*
monokrystalický křemík	22%	15%	6.7 m <sup>2</sup>	498 kW	498 MWh
polykrystalický křemík	15%	14%	7.2 m <sup>2</sup>	463 kW	463 MWh
amorfní křemík	8%	6%	16.7 m <sup>2</sup>	200 kW	200 MWh
CIS /n CIGS	11%	10%	10 m <sup>2</sup>	333 kW	333 MWh
CdTe	10%	7%	14.3 m <sup>2</sup>	233 kW	233 MWh
koncentrátorové články	35%	28%	3.6 m <sup>2</sup>	926 kW	926 MWh

Zdroj: Quaschnig (2010)

\* dopočet autora při poměru ploch fotovoltaických panelů a pozemku 1:3 a běžném ročním zisku 1000 kWh/W<sub>p</sub>

Provozovatel přenosové soustavy, státní společnost ČEPS a.s., v této souvislosti varovala před nároky na regulaci elektrické sítě a vyzvala v únoru 2010 distributory elektřiny k pozastavení připojování obnovitelných zdrojů. Bývá obviňována, že zaspala, když se nedokázala na tento vývoj dostatečně připravit. Mnoho hlasů odmítá problematiku regulace jako neodůvodněnou a poukazují na možnost předvídat výkon větrných a fotovoltaických elektráren na základě meteorologických předpovědí. Samotnou síť pak oponenti nejčastěji nevnímají jako tak slabou, jak tvrdí ČEPS a.s..

Hned dalším kritizovaným krokem úřadů se stala vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu ČR 81/2010 o podmínkách připojení k elektrizační soustavě, která nadále vyžaduje pro připojované instalace minimální účinnost 22 %. Té ovšem na trhu žádné běžně dostupné technologie doposud nedosahují a tak lze v tomto spatřovat snahu o co nejrychlejší zastavení rozvoje fotovoltaiky. Není divu, že dodavatelé fotovoltaických technologií se se s vými stížnostmi a žádostmi o posouzení obracejí k Evropské unii.

Definitivním řešením bude možná konec podpory obnovitelných zdrojů v současné podobě, nezůstane zřejmě jen u možnosti snížení výkupních cen o více než 5 %, pokud by tak byla návratnost investice kratší než 11 let (novela zákona 180/2005). Média v srpnu 2008

přinesla první náznaky možnosti přechodu od systému garantovaných výkupních cen k systému zelených certifikátů. V tomto systému je zavedena povinnost výkupu určitého množství energie z obnovitelných zdrojů, kromě tržní ceny elektřiny tak producent může získat peníze za prodej nejspíše dražbu tzv. zelených certifikátů. Nákupčí však má povinnost nakoupit jen určité množství těchto certifikátů a tak vzniká prostor pro cenovou konkurenci mezi jednotlivými obnovitelnými zdroji právě v ceně za tyto certifikáty. Zda to přinese přesun investic ze sféry fotovoltaiky do oblasti energetického využívání biomasy, kde lze 1 kWh pořídit laciněji, je doposud nejisté. Stejně tak jako jsou nejen parametry nového systému nebo zda vůbec bude zaveden.

Otázka zní, změníme radši systém, než aby jsme se dokázali poučit v Německu? Tam sice letos také dochází k velkým omezením výkupních cen z fotovoltaiky (nejprve k 1. lednu o 11 % a nyní k 1. červenci o 11-16%, přitom na orné půdě o celých 100 %), nicméně trendy se do tamních výkupních cen promítají mnohem snáze a rychleji. Například zde již dávno platí, že čím větší instalace, tím nižší výkupní ceny. To vede k preferenci menších střešních systémů an úkor instalací na zemědělské půdě, které nyní ztratily alespoň na té orné podporu úplně. Poměr mezi instalacemi na stavebních a tzv. na zelené louce tak bývá odhadován na 80:20, zatímco v Česku bývá tento poměr viděn zcela opačně. Preference zastavěných území s sebou přináší také úlevu od problematiky zatížení sítí, protože elektřina je produkována v místech odběru a nikoli v periferních oblastech sítě.

Zajímavá inspirace, kterou lze vnímat zejména jako aplikaci geoinformatiky, může také přijít z Německa. Projekt SUN-AREA vedený Prof. Martinou Klärle z Fachhochschule Osnabrück mapuje vhodné střechy pro instalaci fotovoltaických panelů pomocí leteckého 3D scanování zastavěného území lidarem, čímž vzniká "katastr střech" (Ludwig, Lanig, Klärle 2009). Kombinací 3D modelu střešní krajiny se simulací chodu meteorologické situace v průběhu roku jsou pak získána data o výtěžku energie a vhodnosti jednotlivých střech pro osazení fotovoltaickými panely. V úvahu jsou přitom brány i různé překážky jako jsou stromy nebo komíny, jako vhodné se jeví cca 20 % střech. Zajímavý podklad pro plánování tak získávají nejen veřejní činitelé, ale především samotní majitelé nemovitostí. Například obyvatelé Gelsenkirchenu, Osnabrücku, Bielefeldu, Braunschweigu nebo Wiesbadenu je již mají k dispozici, většinou dokonce online (možno snadno dohledat díky referencím z [www.sun-area.net](http://www.sun-area.net)). Cena takového mapování se pohybuje řádově mezi 10 a 250 tis. euro podle velikosti mapované lokality.

## Kapalná biopaliva

Kapalná motorová biopaliva jsou jedním z fenoménů současnosti, ovšem nikoli novým. Spolu s elektřinou byla již u zrodu automobilismu, postupně však byla pozapomenuta s přechodem na mnohem snáze dostupné minerální oleje. I tak ale nikdy nevymizela. V době první republiky se běžně pod obchodním názvem Dynalkol prodávala směs 40 % etylalkoholu a 60 % benzénu. V průběhu 30. let šlo ovšem najít také jiné směsi, například Etol (směs 50 % lihu, 25 % petroleje a 25 % etyléter) natalit (směs 55 % lihu, 44,9 % etyléteru a 0,1 % amoniaku), francouzský carburant national (50 % lihu, 49,9 % benzénu či benzinu a 0,1 % amoniaku) či německý Reichskraftstoff (50 % lihu, 30 % benzénu či benzinu a 20 % acetonu, nebo po 50 % lihu a acetonu) (Kára 2001).

Zájem o motorová paliva rostlinného původu byl oživen první ropnou krizí. Podpora výrobě bioetanolu z kukuřice tak byla prvně podpořena kongresem USA v roce 1974 a o rok později spustila svůj etanolový program (Proálcool-Program) Brazílie (Gerling, Ganz 2008). V českých podmínkách byla podporována zejména v 90. letech tzv. zelená nafta jako nástroj stabilizace zemědělství, nicméně tato podpora postupně slábla a byla posílena až díky celoevropskému úsilí o podporu biopaliv. Evropská směrnice 2003/30/EC o využití biopaliv v dopravě nastavila podíly biosložek v běžně prodávaných pohonných hmotách na 2 % v roce 2003, 5,75 % v roce 2010 a 10 % v roce 2020. V České republice činí podíl biosložky na základě poslední novely zákona o ochraně ovzduší od června 2010 4,1 % u benzinu a 6 % u nafty.

Postupně však proti tak masivnímu využití biopaliv začala vznikat názorová opozice. Již v roce 2004 upozorňuje Evropská agentura pro životní prostředí na zábor 4 až 13 % zemědělské půdy pro produkci kapalných biopaliv a konstatuje, že v silách evropského zemědělství je možno s dostupnými zdroji uspokojit cíl 5,75 %. Pro splnění také dalších cílů v oblasti podílu obnovitelných zdrojů by podle jejího odhadu bylo zapotřebí řádově 11-28% zemědělské plochy EU-25, případné pěstování biopaliv na úkor ostatních energetických plodin by však vedlo k menším úsporám CO<sub>2</sub>. Využití půdy uvedené do klidu by mohlo vést k emisím CO<sub>2</sub> do atmosféry mineralizací humusu a také ke snížení biodiverzity v krajině (EEA 2004).

Skutečná vlna kritiky biopaliv ale přišla až s rokem 2007 a světovou potravinovou krizí. Příčin je spatřováno více, nejčastěji bývá diskutován etanolový program USA, znovuoživený za vlády G. W. Bushe. Díky němu mohou došlo k oslabení USA jako producenta obilovin, což na jednu stranu zvyšuje jejich ceny a na druhou omezuje množství dostupné komodity na trhu. Přímý vliv pocítilo Mexiko, odkud byla vykupována kukuřice do USA, což vedlo k zásadnímu

nedostatku na vlastním trhu. Druhou příčinou byl nedostatek obilí na světovém trhu, za nímž lze spatřovat vedle změny skladby osevních ploch v USA také například neúrodu Austrálie, jako významného vývozce především zemí do Jižní Ameriky. K tomu přistupuje rostoucí spotřeba na asijských trzích a také faktor spekulace na komoditních trzích. Vlivem světových cen tak například v Egyptě docházelo z nepokojů při rozdělování státem dotovaného chleba a dokonce i četným sociopatologickým jevům. V této situaci byla biopaliva kriticky vykreslována jako důvod nedostatku potravin a vrtoch vyspělých zemí.

Například Havel (2008a) vnímá politickou podporu jako ospravedlnitelnou pouze z hlediska eliminace potravinové nadprodukce. Tu bylo sice bylo dlouho možné vyvážet jako potravinovou pomoc (čímž dotovanými cenami likvidovala zemědělců v rozvojových zemích), ale časem v tomto systému koupěschopnost příjemců přestala stačit k odběru vší nadprodukce vyspělého světa. Z hlediska bilance energií považuje za smysluplnou jen produkci třtinového etanolu, která však nepřipadá v českých podmínkách v úvahu. Vysokoprocentní směsi jako E85 jsou u nás dle jeho názoru nekonkurenceschopné jednak kvůli prodražujícím mechanismům proti zneužití biolíhu, druhá kvůli výpadku státních příjmů díky nulové spotřební dani. Dosavadní vývoj mu dává za pravdu: auta s pohony kompatibilními s E85 jsou v Česku téměř neprodejná, stejně tak jako samo toto palivo. Jak Havel uvádí v podobném článku (2008b), "Podpora biopaliv má alibistické podhoubí. Ve své podstatě jde o totiž o vývoz problémů vyspělého světa do rozvojových teritorií v zájmu byznysu vyspělých." Podle jeho názoru je špatné prezentovat vývoz biopaliv do vyspělých zemí jako příjem, díky němuž mohou rozvojové země řešit svůj potravinový problém (například Keňa). Raději by se měly soustředit na rozvoj vlastního agrárního sektoru a podporovat svůj zpracovatelský průmysl, aby nemusely platit za přidanou hodnotu potravinářských polotovarů ze Severu.

Právě rozsáhlá produkce biopaliv orientovaná na vývoz do Evropy, zejména v zemích jihovýchodní Asie, vedla k odezvě u veřejného mínění finálních spotřebitelů. Vznik rozsáhlých plantáží na úkor pralesů také v jiných zemích dal vzniknout definicím nových pojmů jako uhlíkový dluh nebo přímý a nepřímý vliv na změnu land-use.

Pojem "skleníkový dluh" se vztahuje k emisím v půdě vázaného uhlíku při konverzi přírodních ekosystémů na zemědělskou půdu pro výrobu biopaliv (např. Fargione a kol. 2008). Část uhlíku se sice uvolňuje i z vegetace, která je ze zabrané plochy odstraněna, ukazuje se však, že mnohem větší deponií je sama půda. Jejím odkrytím je nastartován proces její degradace, přičemž dochází zejména k procesu mineralizace humusu. Z něj se pak uvolňuje CO<sub>2</sub> a to

v takovém množství, že například palmová plantáž by toto množství mohla úsporami CO<sub>2</sub> z fosilních zdrojů kompenzovat teprve v horizontu několika stovek let.

Bádání nad podobnými efekty využívání nových produkčních ploch vedlo k rozlišování mezi přímým a nepřímým vlivem na změnu využití území. Efekt spojený s přechodem od produkce například sóji v USA na produkci "energetické" kukuřice je přímou změnou land-usu. Bude-li však výpadek produkce kompenzován ze světového trhu, někde jinde musí být pro potřeby produkce stejného množství sóji využita nová půda. Tento efekt, který lze vysledovat například za rostoucími plochami sóji v Jižní Americe je pak označován jako nepřímá změna land-usu (ILUC) a je spojen s efektem uhlíkového dluhu (Searchinger 2008). Protože však lze jen stěží určit, odkud bude pocházet náhražka původní zemědělské produkce, lze jen stěží tento efekt v rámci LCA biopaliv kvantifikovat. Z tohoto důvodu tento efekt ve svém hodnocení nezahrnuje například Společné výzkumné centrum EU v LCA analýze biopaliv pro vozidla a rychlovlaky (JRC 2008).

Další kritice byla podrobena biopaliva při přehodnocení úspor skleníkových plynů komplexnějším pohledem na jejich životní cyklus. Například Crutzen a kol. (2008) poukázal na význam emisí z dusíkatých hnojiv (hodnota CO<sub>2</sub>-ekvivalentu N<sub>2</sub>O je 310 podle IPCC nebo 296 podle Prathel a kol. 2001), která byla podle něj a dalších badatelů podhodnocená. Na základě růstu množství dusíku v atmosféře a množstvím dusíku uvolněného z minerálních zdrojů právě díky produkci umělých hnojiv došel k závěru, že do atmosféry je při zemědělské činnosti uvolňováno větší množství oxidů dusíku, než se doposud předpokládalo. Jak sám píše, skleníkový efekt biopaliv (implicitně zmiňuje i bionaftu z řepky) tak přinejmenším kompenzuje "ochlazovací" efekt daný úsporou fosilních paliv.

Ve světle vědeckého přehodnocování environmentálního přínosu biopaliv nakonec zřejmě na základě zprávy Královské společnosti (2008) a zprávy vytvořené pro poslaneckou sněmovnu Spojeného království (HoC 2008) vyjádřila britská vláda jako první v Evropě znepokojení nad stanovenými cíli přimíchávání biopaliv do pohonných hmot. V červenci 2008 přibyla k již zmíněným zprávám také tzv. Gallagherova zpráva (Gallagher a kol. 2008). Do té doby se však pro přehodnocení cílů směrnice stihl vyslovit také 2003/30/EC evroslý komisař pro životní prostředí Stavros Dimas. Revizní proces prozatím dosáhl nahrazení původní směrnice směrnicí 2009/28/EC, kde již byl 10% cíl podílu biopaliv pro rok 2020 nahrazen 10% cílem podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě energie v dopravě. Započítávaná tak budou i jiná řešení jako například elektromobilita, jejíž příspěvek však byl zřejmě optimisticky nadhodnocen. Kromě toho předjímá směrnice zavedení certifikace biopaliv. Úspory skleníkových plynů musí dosahovat

minimálně 35 %, v roce 2017 pak minimálně 50 %. Do výpočtu mají být kromě CO<sub>2</sub> započteny také metan (CH<sub>4</sub>) a oxid dusný (N<sub>2</sub>O). Certifikace také vylučuje biopaliva ze surovin získaných z půdy vysokou biologickou rozmanitostí, zásobou půdního uhlíku a pod.

Jaká plocha bude nakonec využita pro produkci biopaliv v Česku lze výhledově těžko odhadnout. Zatím plochy zejména řepky rostou, stejně tak jako donedávna zpracovatelské kapacity. Konkurovat dovozům biolihu z Brazílie nebo Pákistánu je doposud těžší. Zejména provozy na výrobu biolihu z obilí se ukázaly jako téměř utopené investice (jsou závislé na objemu přebytků na trhu, ale také méně efektivní), lépe je na tom výroba biolihu z řepy cukrovky. Do tržní zralosti se blíží výroba biobutanolu, který by mohl časem nahradit bioetanol jako příměs do benzínu. Na výrobu jedné tuny metylesteru řepkového oleje (MEŘO) je zapotřebí zhruba 2,51 t řepkových semen, pro výrobu tuny bioetanolu zhruba 3,5 t pšenice nebo 13,45 t cukrové řepy (Šebor, Pospíšil, Žákovec 2006).

V roce 2009 bylo v Česku podle Ministerstva průmyslu a obchodu ČR (2010) vyrobeno 155,9 t MEŘO (spotřebováno 135,6 t) a 74,9 tun bioetanolu (spotřebováno 89,6 t). Co do osevních ploch by to odpovídalo cca 150 tis. ha zemědělské půdy při uvažovaném výnosu 2,6 t řepkového semene z 1 ha. V daném roce však bylo dosaženo vyššího průměrného výnosu (3,2 t/ha), a tak k pokrytí domácí produkce metylesteru stačilo řádově 120 tis. ha (třetina osevních ploch v daném roce). Obdobně kdyby byla uvažována produkce biolihu pouze z cukrové řepy, pak by při běžném výnosu 50, resp. 57,9 t/ha v roce 2009, byla pokryla produkce z plochy 20 tis., resp. 17,5 tis. ha (rovněž třetina osevních ploch dané plodiny v daném roce). Podle tz. Pačesovy komise by přitom pro pokrytí 10% cíle přimíchávání biopaliv z řepky, obilí a cukrovky zapotřebí na 600 tis. ha orné půdy (NOK 2008).

Zprávu o hodnocení vlivu na životní prostředí a přehled energetické bilance biopaliv v evropském prostředí (hlavně Německo) přináší Jevič, Malat'ák, Šedivá (2009). Ačkoli nepřináší finální výsledky a informují spíše o vstupních předpokladech a metodice připravovaného hodnocení, z uvedeného přehledu studií energetické bilance různých biopaliv přidávaných do nafty (nerozlišených, nejen MEŘO) je zřejmé, že ERoEI bylo v druhé polovině 90. let vyčíslováno v zhruba rozmezí 1:2 až 1:3. Na základě tohoto údaje, i když značně zastaralého, je možné považovat v Evropě produkovanou bionaftu z energetického hlediska za udržitelnou.

Otázkou do budoucnosti zůstává, nakolik a jak rychle se prosadí tzv. syntetická

biopaliva. Záměrem je využívat celé rostliny, v nejlepším případě například také slámu nebo dřevní hmotu. Technologicky již jsou první technologie zkapalňování biomasy (biomass to liquid, BtL) zralé pro provozní nasazení. Například v saském Freibergu byla spuštěna první výrobní biopaliva s obchodním označením SunDiesel. Vzhledem z nadkapacitě stávajících českých výroben MEŘO však nelze uvažovat o tom, že by bylo možné očekávat příchod těchto technologií do našeho prostředí. Pokud by tyto nové technologie mohly být dostatečně konkurenceschopné, muselo by jít zřejmě o zahraničního investora, protože potenciální domácí investoři z oblasti agrokomplesu již své výrobní kapacity zpravidla vlastní.

### **Pevná biomasa rychle rostoucí bylin a dřevin**

Rychle rostoucí byliny a dřeviny je možné v pravém slova smyslu považovat za energetické rostliny. Na rozdíl od předcházející generace plodin nejde o klasické potravinářské plodiny, pouze s novým využitím, jako v případě běžných plodin pro produkci biopaliv. Weger (2008) pro srovnání uvádí EROEI pro první generaci energetických plodin v rozsahu 1: 1,3 až 1:8, pro druhou generaci pak 1:2 až 1:36. Jak je zřejmé, v sortimentu druhé generace plodin pro energetické využití se nacházejí rostliny buď s výrazně větším ziskem a nebo naopak s výrazně nižšími nároky na energetické vstupy. Zpravidla jde o kombinaci obého, tyto porosty jsou totiž zpravidla víceleté, čímž se snižuje frekvence nasazení mechanizace, a výnosy z nich dosahují (ve vhodných podmínkách) přes 10 t/ha/rok.

Tabulka č. 4: Potenciál vybraných energetických plodin v ČR (mil. t. sušiny/rok)

	topoly	vrby	sléz	šťovík	křídlatka
technický	51.4	52.3	67.6	102.8	301.8
dostupný	51.1	52.3	64.4	97.8	286.9
uskutečnitelný	5.3	6.0	7.4	10.6	32.0

Zdroj: CSM (1997)

Váňa (2003) odhadoval že v roce 2010 bude ze 405 tis. ha (45 % z jím odhadovaných 900 ha disponibilní půdy) dostupných 4 mil. tun biomasy z energetických plodin v energetické hodnotě 63 PJ. Zpráva tzv. Pačesovy komise udává 132 PJ z celého uvažovaného 1 mil. ha disponibilních ploch, nerozlišuje však mezi energetickými a ostatními plodinami, zahrnuje tedy zřejmě i energetický obsah plodin pro výrobu kapalných biopaliv (NOK 2008). Velice zajímavá je doposud studie firmy CSM (1997), která mapovala na základě krajinných charakteristik



potenciál následujících energetických rostlin: vrby, topoly, sléz, hybridy šťovíku a křídlatka (kromě nich také lesního odpadu a slámy). Jejich tehnický, dostupný a realizovatelný potenciál pak uváděla jako nikoli vzájemně komplementární, ale vzájemně se alternující (viz tab. č. 4).

Na obě skupiny, tj. na byliny, dřeviny, ale také další plodiny, například řepku nebo cukrovku se až do roku 2008 vztahovala podpora tzv. „uhlíkovým kreditem“ (carbon credit, C-kredit), což byla evropská zemědělská podpora ve výši 45 EUR vyplácená na nejméně 1 ha porostu jakékoli energetické plodiny. Hlavní podmínkou byla vedle složení vratné zálohy 60 € také uzavřená smlouva na odkup sklizně. Smyslem této podpory bylo nastartovat trh s energetickými plodinami až do rozsahu 2 mil. ha v rámci EU. Již v r. 2007 však musela být pro velký zájem podpora krácena na 31,65 €/ha. V důsledku toho však poklesl zájem o tuto podporu v roce 2008 na rozsah pouhých 1,56 mil. ha a tak tato podpora pokračuje ještě v r. 2009 (Bednár 2009). Od roku 2010 je již tento program zrušen a to i přesto, že zejména východoevropské země s jeho pomocí nedosáhly zamýšleného oživení produkce v zemědělství pro energetické účely. Pro představu zhruba polovina veškeré dotace směřovala do Francie a Německa. V ČR bylo v roce 2007 podáno 883 žádostí o tuto podporu vztahujících se k celkové ploše 56,8 tis. ha. Z toho na řepku připadlo 21 tis. a na pšenici 15,8 tis. ha. V roce 2008 už to bylo jen 675 žádostí na plochu 41,3 tis. ha (Bednár 2009).

Rychle rostoucí byliny (RRB) již byly v nedávné historii podporovány z národních dotací příspěvkem až 3000 Kč/ha z programu Ministerstva zemědělství ČR s názvem „Podpora pěstování bylin pro energetické využití.“ Od roku 2008 je však tato podpora zrušena pro nesoulad s legislativou EU (konec přechodného období). Tento program byl významný zejména tím, že jako zatím poslední obsahoval seznam podporovaných plodin jedno- až dvouletých bylin (laskavec, konopí seté a 5 dalších), víceletých a vytrvalých bylin (topinambur, šťovík krmný, sléz vytrvalý a 5 dalších) a také energetických trav (ozdobnice čínská – *Miscanthus*, sveřep bezbranný a 5 dalších). Nejznámější je zřejmě *Miscanthus*, který může být pěstován v sedmiletých cyklech a od druhého roku sklízen s výtěžností až 250 GJ/ha (69 MWh/ha). Jeho spalování se předpokládá ve formě pelet, řezanky nebo slaměných balíků. V roce 2007 bylo na území ČR zatím spíše skromných 1800 ha RRB (Petříková, 2008). Popularizací, rozvojem, výzkumem RRB a jeho koordinací se v českých podmínkách zabývá především Výzkumný ústav rostlinné výroby v Praze Ruzyni ve spolupráci s řadou dalších českých i zahraničních pracovišť.

V případě rychle rostoucích dřevin (RRD, v angličtině SRC - Short Rotation Coppice) plní podobnou úlohu Výzkumný ústav Silva Taroucy z Průhonic, zejména pak oddělení fytoenergetiky. Na jeho webových stránkách lze dohledat seznamy i dalších energetických plodin

(VÚKOZ a), zejména pak RRD, mezi kterými jsou v evropském měřítku nejvýznamnější topoly (*Populus*), vrby (*Salix*) a jejich klony. Ty se sklízí zpravidla ve 3- nebo 6-tiletých cyklech a v našich podmínkách dosahují ročního přírůstku kolem 5-10 tun sušiny na hektar. Při výhřevnosti štěrky z těchto rostlin 15,4 MJ/Kg (Jevič a kol. 2004) to představuje zhruba 115,5 GJ/ha ročně (32 MWh/ha). V roce 2007 dosahovala rozloha plantáží RRD v ČR zhruba 100 ha (Petříková 2008). Jejimi pěstiteli jsou často samy obce, které tak zajišťují štěrku pro své obecní kotelny. Odpadá tak alespoň částečně problém s koupí/prodejem štěrky.

Vzhledem k potenciálu připisovanému RRD pro zásobení venkovských sídel pevnou biomasou pro topné účely lze mezi opatřeními osy I Programu pro rozvoj venkova nalézt podporu „Založení porostů rychle rostoucích dřevin pro energetické využití“, která se měla pohybovat od 40 do 60 % nákladů v závislosti na bonitě půdy (u bonitnějších měla být nižší) (2008a, str. 60). Výhledově se uvažovalo také o využití této programové osy pro podporu rozvoje RRB. Podle ústního sdělení Wegera (2010) však pro toto opatření doposud nevznikla vyhláška, podle níž by bylo možné tuto dotaci čerpat. Náklady na zakládání plantáže přitom představují zhruba čtvrtinu všech nákladů v průběhu životnosti porostu, údržba zhruba další čtvrtinu a náklady na sklizeň a štěpkování pak představují zhruba 30 %. Podle Wegera (2010) jsou přitom RRD i bez dotace rentabilní při výnosech 10 t/ha/rok a víc. Minimální cena by tak měla být zhruba 126 Kč/GJ bez dotací, v případě výnosu 7 t/ha/rok pak 150 Kč/GJ (Weger 2008).

Vzhledem k vysoké tvorbě biomasy jsou všechny nejnadějnější plodiny a dřeviny poměrně náročné na dostupnost půdní vláhy a některé další stanovištní podmínky. Počítá se s nimi spíše jako s významným doplňkem i nadále preferované zemědělské potravinářské produkce (hledisko potravinové bezpečnosti státu). Očekává se postupné zrušení udržování krajiny v klidu, resp. její podpory (jakkoli zaznívají oprávněné názory, že je významná zejména pro udržení biodiverzity v kulturní krajině, např. Havlíčková a Rudišová 2008). Jako oblasti, kam by se měla soustředit největší pozornost při podpoře těchto alternativ v zemědělství, se proto nejvíce hovoří o marginálních zemědělských oblastech (LFA). Pro představu, mimo horské oblasti (477 tis. ha LFA) je v ČR vymezeno na 12 020 tis. ha LFA (s bonitou půdy do 38 bodů včetně). Jde převážně o téměř celé plochy Vysočiny, Plzeňského a Jihočeského kraje bez Šumavy (Mze, nevročeno). V současnosti však probíhají přípravy na nové, zřejmě užší vymezení těchto oblastí.

Určitá omezení ve využití energetických plodin nicméně trvají, zejména z hlediska ochrany přírody, kdy nepůvodní druhy a jejich klony by neměli být pěstovány ve zvláště chráněných územích. Jde především o prevenci zavlečení nepůvodních druhů a invazivních

rostlin do chráněných ekosystémů. V přírodních chráněných územích je tak možno pěstovat například topol černý, ale nikoli vrby nebo ozdobnici čínskou. Existuje proto seznam rostlin vhodných k pěstování za účelem využití biomasy pro energetické účely z pohledu minimalizace rizik pro ochranu přírody a krajiny, který stanovuje, pro které rostliny je a nebo není zapotřebí souhlas orgánů ochrany přírody (VÚKOZ b).

## **5. Zásobování obyvatelstva teplem**

### **Centrální/lokální vytápění, (de)centralizované zásobování teplem**

Jedna ze základních environmentalistických pouček určená spotřební společnosti zní „Reduce, reuse, recycle“. Tedy „Sniž/zmenš, znovupoužij, zrecykuj“. Ačkoli v této kapitole nebudou rozkrývány možnosti energetických úspor, snahy o využití odpadního tepla ani energetické využití odpadů, bylo by hříchem tyto imperativy nezmínit. Otázka paliva je tedy jen jednou v diskusi o obnovitelném nebo spíše udržitelném teple, ve srovnání s ostatními však vyznívá téměř vždy nejaktuálněji. To proto, že hledání úspor i nových možností jsou běhy na střední až dlouhou trať a často v nich hrají důležitou roli i orgány veřejné správy (například kraje zodpovědné za odpadové hospodářství), zatímco výměna dožitého kotle je pro řadu domácností otázkou jediného léta.

Vytápění biomasou se předpovídá největší budoucnost v malých (až středně velkých) sídlech a obcích zdrojových oblastí biomasy, tedy zejména v obcích řádově do 5 tis. obyv. (případně jako částečný zdroj tepla až do 25 tis. obyv.) ve venkovských a podhorských oblastech. Zde tvoří podstatnou část poptávek po teple domácnosti, z nichž většina si doposud zajišťuje dodávky tepla sama. V jejich případě se tedy jedná o decentralizované zdroje tepla (DZT). Je-li ovšem domácnostem dodáváno teplo rozvodem například z blokové kotelny, či obecní výtopyny jde již o centralizované zásobování teplem (CZT).

Z hlediska statistiky je však důležité pochopit také podrobnější dělení. Rozvádí-li teplo v celém objektu tzv. otopná soustava, pak se hovoří o ústředním vytápění (jinak také centrálním, neplést s centralizovaným zásobením teplem!). Zde je pak možné buďto odebírat teplo ze zdroje mimo objekt (v tom případě jde o CZT) nebo ze zdroje umístěného ve vytápěném objektu (což je již definice DZT). Dalšími formami DZT jsou etážové vytápění (samostatný zdroj tepla pro jeden byt a nikoli objekt, teplo je rozváděno po bytu otopnou soustavou) a lokální vytápění (bez rozvodu tepla otopnou soustavou, jde zpravidla o horkovzdušná kamna).

Podle výsledků Sčítání lidí, domů a bytů 2001 (ČSÚ 2003) disponovalo ústředním vytápěním 73,8 % domácností, z toho s kotelnou mimo dům 35,8 % a s kotelnou v domě 38,0 %. Etážovým vytápěním disponovalo 8,1 % a lokálními zdroji (kamny) 14,8 % domácností. Po přepočtu tedy na CZT vychází 35,8% podíl a na DZT 60,9% podíl. U zbytku domácností jsou evidovány „ostatní“ nebo „nezjištěné“ způsoby vytápění.

Lokální zdroje tepla, tedy horkovzdušná kamna a krby bez napojení na rozvody teplé

vody do otopné soustavy dosahují mezi ostatními způsoby vytápění nejnižší účinnosti ale také nejnižšího komfortu. Jsou ale také nejvýznamnějším zdrojem znečištění prachem vedle dopravy a průmyslu. A to zejména v rezidenčních, zpravidla venkovských oblastech. Dlouhodobé překračování imisních limitů PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> přitom vede k „respiračním symptomům u dospělých a dětí, snížení plicních funkcí, zvýšené respirační morbiditě, zvýšené úmrtnosti“ (Bartoňová 2004). Na druhou stranu lokální zdroje tepla bývají zpravidla využívána jen po krátkou část dne a také zpravidla nevytápějí veškeré obytné prostory v bytě nebo objektu. S přechodem z lokálního na ústřední vytápění s automatickými kotli proto často vedle zvýšení spotřeby tepla dochází (i při pořízení zdroje o vyšší účinnosti spalování) k částečnému zvýšení spotřeby tepla a paliv.

Tabulka č. 5: Význam technologie pro využití paliv

PALIVO technologie spalování	Běžná provozní účinnost		Náročnost na energii z paliva	
	Energie paliva	Zisk tepla	Energie paliva	Zisk tepla
<b>UHLÍ</b>				
litinový kotel	100	60-65	160	100
ručně plněný ocelový kotel	100	65	153	100
automatický ocelový kotel	100	75	133	100
automatický ocelový kotel	100	80-85	121	100
<b>PLYN</b>				
běžný kotel	100	60-70	153	100
kondenzační kotel	100	95	105	100
<b>DŘEVNÍ HMOTA</b>				
litinový kotel	100	60-65	160	100
ručně plněný ocelový kotel	100	65	153	100
zplynovací ocelový kotel	100	75	133	100
automatický kotel (pelety)	100	80-85	121	100

Zdroj: autor (na základě informací z [www.TZB-info.cz](http://www.TZB-info.cz))

Strukturu spotřeby různých druhů paliv v decentralizovaného a centralizovaného zásobení domácností teplem lze orientačně zjistit například ze závěrů statistického zjišťování spotřeby energií v domácnostech za rok 2003 - ENERGO 2004 (ČSÚ 2004) nebo z energetické statistiky MPO (2009). Z hlediska sběru dat ovšem nejsou zcela srovnatelné. Zatímco ČSÚ se dotazovala na 100 tis. domácností, MPO staví své údaje zejména na informacích omezeného počtu výkazců výroby tepla doplněných právě o informace o domácnostech z ČSÚ.

Závěry MPO pak jednoznačně dokazují význam plynofikace pro polovinu domácností, které si zásobení teplem a teplou užitkovou vodou (TUV) zajišťují samy. Co do významu následuje biomasa s elektřinou a na uhlí již připadá „jen“ 13 % spotřeby paliv. Naproti tomu domácnosti zásobované systémy CZT jsou z poloviny závislé na uhlí a z celé třetiny na plynu.

V letech 2007 až 2009 byla znát zlepšující se pověst vytápění palivovým dřevem. Jeho nízká cena pramenila z přebytku dřeva na trhu v souvislosti se zpracováním kalamitního dřeva po orkánu Kyril v roce 2007. V tomto období zároveň rostla výrazně cena ropy, jejíž vývoj sleduje se zhruba půlročním zpožděním také cena zemního plynu. V roce 2008 byla také zavedena tzv. ekologická daň z uhlí. Je téměř neodhadnutelné, jak se bude vyvíjet doposud rostoucí poptávka domácností po pevné biomase. Zatímco poptávka po dřevu IV. kategorie (palivo) bude zřejmě krátkodobě stagnovat, alespoň mírný růst lze očekávat u odbytu dřevěných peletek a briket. Je však jisté, že měla-li by poptávka po pevné biomase růst, ztv. bílá štěpka ze zpracování dřeva již nebude stačit. Otevřel by se tak prostor pro štěpku z lesních těžebních zbytků a pro energetické rostliny na zemědělské půdě.

Tabulka č. 6: Struktura spotřeby paliv pro vytápění domácností v r. 2007

Palivo	množství	DZT	CZT	Celkem	DZT	CZT
		TJ	TJ	TJ	%	%
Hnědé uhlí	1 376 tis.t	19 537	20 056	39 593	11,7	42,4
Černé uhlí	137 tis.t	3 038	5 068	8 106	1,8	10,7
Plyn	26 327 GWh	88 522	17 279	105 801	52,9	36,5
Topné oleje			1 536	1 536	0,0	3,2
Elektřina	7 141 GWh	25 192	4	25 196	15,0	0,0
Pevná biomasa	3 585 tis.t	29 481	720	30 201	17,6	1,5
Ostatní		1 655	2 660	4 315	1,0	5,6
Celkem		167 425	47 323	214 748	100,0	100,0

Zdroj: MPO (2009)

### Pelety a brikety z biomasy

Výhoda dřevěných pelet a briket spočívá ve využití odpadů z průmyslového zpracování dřeva, jejich zdroje jsou tedy vázány do značné míry na zpracovatele dřeva. Rostlinné peletky (tzv. alternativní) mohou naopak snadno vyrábět sami zemědělci. Domácnostem poskytují tato komprimovaná paliva značný komfort zejména proto, že automatické kotle lze relativně snadno doplnit o sypný nebo šnekový podavač paliva a odpadá tak častá manipulace s palivem. Frekvence dodávek paliva je závislá především na prostorových možnostech skladování peletek a briket, oproti štěpce však mají tyto lisovaná paliva vyšší hustotu a nižší obsah vody, tedy i vyšší výhřevnost. Tvorba popela je rovněž znatelně (až 3x) nižší. Cena se přitom v současnosti pohybuje kolem 4300 Kč/t (275 Kč/GJ).

V souvislosti s těmito konglomerovanými palivy se často hovoří především o jejich vývozu do zahraničí. Hlavní předpoklady pro tento stav již pominuly, ačkoli stav částečně

přetrvává. V roce 2007 bylo vyvezeno na 95 tis. tun pelet a briket, zejména dřevěných (rostlinné jsou nejčastěji spoluspalovány v ČR pro výrobu elektřiny), zatímco dovoz činil přibližně 7,5 tis. tun. Cílovými zeměmi exportu byly zejména Rakousko (45 tis. t) a Německo (42 tis. t) (MPO 2008).

Tato čísla odrážejí do značné míry situaci ještě před srpnem 2007. V květnu 2004 byla tato komprimovaná paliva převedena ze snížené daňové sazby do základní (z 5 na 19 %) na rozdíl od uhelných pelet a briket. Tato situace byla narovnána až v roce 2007 opětovným převedením do snížené sazby (z 19 na 9 %).

Tradice a dominance vývozu nad domácí spotřebou spočívala zejména v nutnosti výrobců přizpůsobit se cenovému šoku z r. 2004. V Rakousku přetrvávala minimální daň a topení uhlím bylo již zakázáno. Zároveň Zdeněk Černý z fy Biomac přiznává, že pro dominantního českého výrobce dřevěných pelet a briket, kterým tato firma tou dobou byla, v podstatě neexistovala alternativa. Zároveň se této firmě podařilo díky vlastní výrobě peletovacích strojů dodávat do rakouských velkoobchodů kompletní sortiment, čímž získali jak český dodavatel tak rakouský odběratel značnou logistickou výhodu (Pavlíček 2007).

### **„Peletizace“ obcí**

Zajímavou alternativou centralizovaných řešení dodávek tepla z biomasy na úrovni sídla či obce je bezesporu peletizace. Cenová dostupnost automatizovaných kotlů na pelety a brikety přímo nabízí možnost odpoutání se obcí od spotřeby fosilních nebo dovážených paliv přechodem na pelety nebo brikety z místních zdrojů, pakliže si obec pořídí nebo je v blízkosti dostupná lisovna paliv z biomasy.

Pro obec Struhařov (650 obyv., ORP Říčany) například zpracovali Petříková a Sladký (2003) alternativní scénáře k nerealizované plynofikaci obce. Z nich první počítal se zavedením CZT a druhý převážně se zavedením ústředního vytápění na peletky v jednotlivých objektech plus s pořízením peletovací linky. Náklady na vybudování CZT byly odhadnuty na 30,4 mil. Kč, zatímco na peletizaci jen na 13 mil. Kč. Z tohoto příkladu je zřejmé, že někdy se vyplatí využívat biomasu decentrálně, ovšem je třeba dodat, že od doby vzniku této srovnávací studie došlo k navýšení cen pelet na dvojnásobek. Bez vlastních zdrojů biomasy a vlastní zpracovatelské linky by se tedy dnes nejevila ekonomičnost peletizace obce tak výhodně. Rozhodným kritériem v tomto případě byla ekonomika teplofikace obce.

Na tomto příkladu lze také zřetelně vidět nakolik je finančně náročný přechod od DZT

k CZT. Vždy je proto při úvahách o případném vybudování systému CZT zapotřebí brát v úvahu také dotace. V úvahu přicházejí zejména osa III Programu rozvoje venkova (III.1.1. Diverzifikace činností nezemědělské povahy, od 40 do 60 % uznatelných nákladů projektu) (MZe 2008) a prioritní osy II a III Operačního programu Životní prostředí (Zlepšování kvality ovzduší a snižování emisí a Udržitelné využívání zdrojů energie, v obou jde až o 90% dotaci uznatelných nákladů projektu) (MŽP 2009).

Vzhledem k tomu, že při spalování komprimovaných paliv na bázi biomasy v automatizovaných kotlích vzniká méně popela a prachu nežli spalováním štěpky nebo kusového dřeva v běžných kotlích, lze i peletizaci považovat za ekologický způsob teplofikace obce. Praktickým případem může být rozhodnutí ke koupi na 50 kotlů na kusové i peletované dřevo v obcích mikroregionu Telčsko, které bylo rovněž podpořeno veřejnou dotací (Srdečný 2008).

### **Soustavy centralizovaného zásobování teplem**

Centralizované zásobování teplem (CZT) je výroba, rozvod a a dodávka tepla do místa jeho spotřeby. Ve městech docházelo k napojování na blokové výtopny (uhlí, koks) již během 50. a 60. let, od 70. let pak začaly postupně vznikat systémy CZT s většími centrálními zdroji – teplárnami (především uhlí, ale od 80. let také částečně na zemní plyn). Venkov současně s tím přecházel nejčastěji z lokálního vytápění na ústřední (uhlí, později elektřina a plyn), systémy CZT se zde tedy moc nerozšířily.

Jednou z příčin je jistě horší poměr odběru tepla a délky rozvodů v tepelné síti. To také proto, že v menších sídlech je málo zařízení občanské vybavenosti jako jsou školy či úřady, které by přispívaly ke zlepšení ekonomiky dodávek tepla. Daleko důležitější však je, že v zemích střední Evropy byly systémy CZT spojeny s plánovanou výstavbou nových rozsáhlých residenčních lokalit, zejména sídlišť. Naproti tomu koordinovaná rozsáhlá výstavba se díky poměrně restriktivnímu uplatňování tzv. střediskové soustavy v regionálním rozvoji venkova téměř vyhla. Co do podílu tepla dodávaného pomocí CZT jsou tedy středoevropské země v rámci EU zeměmi na čele kolektivního zásobování teplem hned za zeměmi skandinávskými, kterým ovšem nelze konkurovat co do využití CZT ve venkovských oblastech.

Jak již bylo patrné z tabulky č. 6, současné systémy CZT jsou doposud výrazně závislé na dodávkách uhlí (asi z poloviny), v případě menších výtopen a blokových kotelen pak na plynu (celkem asi z jedné třetiny) a pouze necelá 2 % paliv CZT tvořila v roce 2007 pevná biomasa.

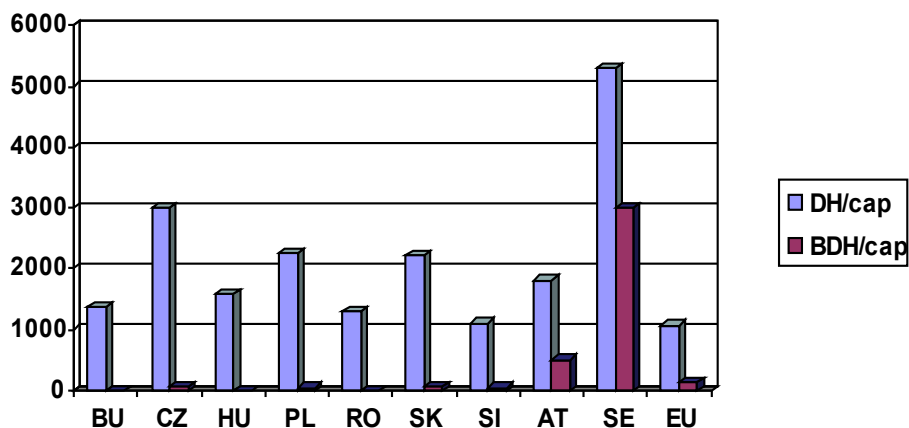


Tabulka č. 7: Podíl dálkově vytápěných bytů v krajích v r. 2003

Kraj	%			
	městská lokalita		venkovská lokalita	
	městská teplárna	bloková kotelna	městská teplárna	bloková kotelna
Hl. město Praha	34,02	10,49	x	x
Středočeský	45,22	10,09	1,85	3,86
Jihočeský	45,61	7,70	5,10	2,39
Plzeňský	43,37	11,13	2,68	9,12
Karlovarský	46,00	5,52	6,16	6,16
Ústecký	46,57	6,94	2,57	5,53
Liberecký	43,20	6,16	1,49	6,32
Královehradecký	42,53	10,22	0,85	2,97
Pardubický	47,34	8,36	1,53	2,38
Vysočina	35,11	22,30	0,54	1,98
Jihomoravský	30,30	29,30	0,22	2,74
Olomoucký	34,77	25,73	0,36	7,66
Zlínský	47,84	10,62	0,50	4,67
Moravskoslezský	49,31	6,40	1,48	5,98
<b>ČR celkem</b>	<b>41,24</b>	<b>12,36</b>	<b>1,64</b>	<b>4,62</b>

Zdroj: ČSÚ (2004)

Graf č. 1 : Teplo z CZT a z toho z biomasy ve vybraných zemích v r. 2003\*



Zdroj: Kopetz (2007)

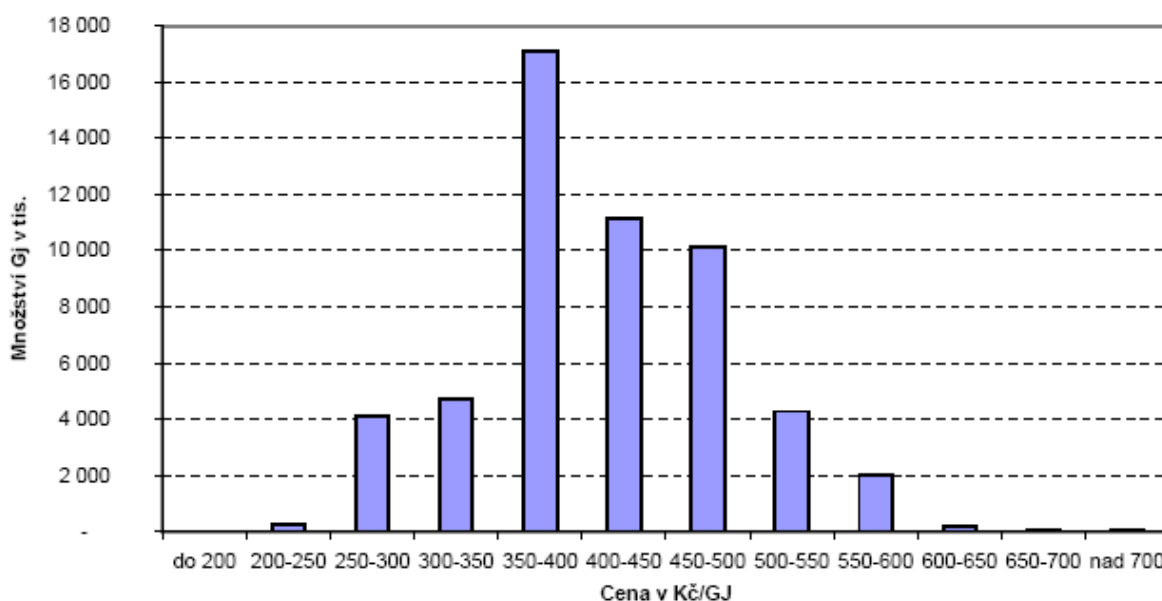
\* kWh/obyv. ... DH = teplo z CZT, BDG = teplo z biomasy z CZT

Toto lokální a ekologické palivo využívají především menší obecní systémy, jejichž jádrem bývá dodávka tepla do škol, obecních úřadů a několika málo dalších větších objektů. Obcí, které takto využívají biomasu bylo podle serveru TZB-info.cz zhruba 20 k roku 2007. Jde například o Dešnou (dominuje využití slámy), Jindřichovice p. Smrkem, Hostětín, Žlutice, Zlaté Hory, ale stále více i řadu dalších.

Výjimečně dokonce obce pěstují vlastní cíleně pěstovanou biomasu, především RRD (např. Neznašov-Nemyslice). K potřebě ploch pro zásobení obecních výtopen biomasou uvádí Srdečný (2008), že pro dodávku 30 tis. GJ (cca 1000 bytů) je zapotřebí zhruba 3124 tun štěpky z RRD (12 GJ/t) z plochy cca 313 ha nebo 2500 tun obilné slámy (15 GJ/t) z 625 ha orné půdy.

Co do instalovaného topného výkonu jde u obecních výtopen na biomasu nejčastěji řádově o několik stovek kW až MW. Zapojením automatizovaných kotlů a tepelných zásobníků na horkou vodu lze navíc nepřetržitým provozem snížit potřebný instalovaný výkon nejméně o třetinu. Přestože tepelné ztráty v rozvodech s předizolovaným potrubím mohou v delších rozvodných sítích přesahovat 10 %, lze to ve větších instalacích částečně kompenzovat zapojením kondenzačních kotlů, které dosahují u vlhké štěpky účinnosti minimálně 95% (u suchého paliva nemá kondenzace mnoho smyslu). Zároveň již tyto tepelné zdroje disponují alespoň jednoduchým odlučovačem sazí a prachu, takže spolu s rozptylem spalin z vyššího komína přispívají k čistšímu imisnímu prostředí v obci (podrobněji např. Sladký 1994)

Graf č. 2: Cenové relace dodávek tepla z CZT pro konečné spotřebitele v r. 2007



Zdroj: MPO (2004)

Cena tepla z takovýchto menších centralizovaných tepelných zdrojů na biomasu se v průměru pohybuje kolem 300-400 Kč/GJ, což je v ČR spíše nižší cena. Ve srovnání s cenou tepla z uhlí, jehož průměrná cena se pohybuje zhruba kolem 350-450 Kč/GJ (MPO 2009), je to tedy stále spíše nižší cena. Nejvyšších cen za teplo dosahují CZT spalující topné oleje, zejména pak mazut. Vysoké částky před několika lety rozpoutaly v Libereckém kraji (konkrétně např.

v Liberci s cenou 532 Kč/GJ v sezóně 2006/07, dále v Jablonci n/N a v Semilech) odpor obyvatel, z nichž někteří se v reakci na zvyšování cen odpojili od CZT a přešli na etážové vytápění plynem (Ryšavý 2007). Podobné tendence byly pozorovány ale i jinde, např. v Plzni (ViP s.r.o. 2009).

Podle zákona O ochraně ovzduší 86/2002 je podmínkou pro nepřipojení nebo odpojení od CZT „ekonomická a technická nepřijatelnost, přičemž je třeba brát zřetel na kvalitu ovzduší ve vztahu k plnění imisních limitů“. Tento krok je však kritizován z hlediska přenosu zátěže, spojené se splátkami investic a provozními náklady, na zmenšený počet koncových zákazníků, kterým tak opět stoupá cena odebíraného tepla.

## **6. Srovnání disponibilní energie z plochy se spotřebou tepla**

V této části práce je již proveden náhled do území, kde je snahou alespoň částečně zmapovat možnost lokálního samozásobení energií z plochy. Co do územní podrobnosti a adresnosti bylo snahou dostat se až na úroveň jednotlivých obcí. Pro velkou komplexitu problematiky byla tato zúžena na srovnání potenciální produkce rychle rostoucích dřevin a odhadované spotřeby tepla v domácnostech. Pro velký rozsah potřebných dat a jejich omezenou dostupnost byla zájmová oblast zúžena na Středočeský a Jihočeský kraj.

Rychle rostoucí dřeviny byly vybrány hned z několika příčin. Při hodnocení energetického zisku z biomasy je sice nutno přiznat, že co do účinnosti dosahuje v současnosti řádově 40x až 50x větších zisků na plochu přijímající sluneční záření (omezení jednak účinností fotosyntézy a fotovoltaického jevu, ale také délkou vegetační sezóny oproti celému roku), ale pevnou biomasu lze narozdíl od elektřiny skladovat a její využití řídit podle průběžné potřeby. Vzhledem k technicky omezeným možnostem skladování elektřiny (např. Haagenson a kol. 2008) tedy představuje pevná biomasa pro saturaci poptávky po teple lepší variantu. Z okruhu pevné biomasy pak byly zvoleny RRD nejen pro své předpoklady k extenzivnímu a k přírodě vcelku šetrnému pěstování, ale také s přihlédnutím k rajonizaci jejich pěstování, kterou již léta vypracovává VÚKOZ Průhonice na základě ověřovacích pěstebních ploch a poloprovůzů. Na základě výstupů dosavadního bádání tak lze nejen nalézt dostatek podkladů pro mapování potenciální produkce na lokální úrovni, ale případně také dostatek informací pro realizace konkrétních projektů.

Jako druhá strana srovnání byla zvolena spotřeba tepla ze dvou poměrně jednoduchých příčin. Jednak je to dostupnost územně adresných informací o domovním a bytovém fondu ze Sčítání lidu, domů a bytů 2001, druhak poměrně vysoký podíl domácností na spotřebě energií (kolem 40 %) a vysoký podíl tepla na celkové spotřebě energií v domácnostech.

Lokální spotřeba pevné biomasy má také jistý environmentálně-rationální rozměr, který je možno vysledovat při pohledu na toky uhlí a pevné biomasy v území. Zatímco u části produkce uhlí lze sledovat dekoncentraci z bodových zdrojů (lomů) do celého území státu, aby zde mohlo být často právě v jednotlivých domácnostech stopeno, u biomasy lze díky současnému systému podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů vysledovat pohyb zcela opačný. Část produkce je stahována, koncentrována z celého českého území do několika málo lokalit (elektráren). Již samotná existence těchto protisměrných toků přitom vyžaduje přísun

energií a snižuje tak celospolečenský energetický zisk z těchto paliv.

Jako pracovní hypotéza byla stanovena domněnka, že cíleně pěstovaná biomasa by se mohla hojně uplatnit v tzv. vnitřní periférii na hranici Středočeského kraje, s tímto případě na hranici s krajem Jihočeským. Tato hypotéza pramení z obecné představy, že vnitřní periferie jsou relativně řídko osídleny a přitom mají pro nízký stupeň rozvoje infrastruktury, sekundéru i terciéru spíše zemědělský charakter. Poměr rozsahu přírodních podmínek, tedy půdy, a předpokládatelného odběru tepla by zde tedy měl být z hlediska uspokojení místních potřeb obzvláště příznivý.

### **Metodika stanovení potenciálu energie z rychle rostoucích dřevin**

Metoda stanovení potenciálu energie zisku z RRD vychází z metodiky analýzy potenciálu biomasy VÚKOZ (Havlíčková a kol 2006). Ta jako jeden z výstupů podává tabulku zachycující vztah výnosu vhodných RRD a charakteristiky stanoviště vyjádřeného hlavních půdně klimatických jednotek (HPKJ) (Havlíčková a kol (2006), str. 87, podle Wegera (2010) by měla být na podzim 2010 publikována v aktualizované podobě). HPKJ lze odvodit jako první tři číslice z kódu bonitačních půdně ekologických jednotek, kde první číslice vyjadřuje klimatický region (vymezených na základě agronomických hledisek) a další dvě hlavní půdní jednotku (seskupení půdních forem s podobnými vlastnostmi). Tyto HPKJ byly zatříděny do 6 skupin podle výnosu z doporučeného sortimentu RRD, z čehož lze rozeznávat stanoviště nevhodná pro doporučený sortiment RRD (výnos do 3 t/ha/rok) až stanoviště optimální (výnos od 11 t/ha/rok).

Ze souboru dat, obsahujících kódy BPEJ a rozlohy příslušných jednotek zemědělské půdy (tedy nejen orné) v katastrálních územích obou krajů, byl v programu SPSS ořezán kód BPEJ na HPKJ a následně byl každé této jednotce přiřazen průměrný výnos sušiny (t/ha/rok) z výše zmíněné tabulky skupin HPKJ podle výnosu RRD. V úvahu přitom byly brány pouze skupiny definující stanoviště průměrně vhodná (průměrný výnos ve skupině 5,5 t/ha/rok), nadprůměrně vhodná (7,5 t/ha/rok), velmi příznivá (10,0 t/ha/rok) a optimální (12,0 t/ha/rok). Zbylým dvěma skupinám stanovišť s výnosem do 4 t/ha/rok byla přiřazena hodnota výnosu 0 t/ha/rok, čímž byla jako neperspektivní nadále pomínuta.

Na základě průměrného výnosu a rozlohy půdy dané HPKJ pak byla vypočítána potenciální sklizeň na dané HPKJ (t/rok) a tyto hodnoty byly za jednotlivá katastrální území sečtena. V dalším kroku již byla agregována za obce a násobena hodnotou 15 GJ/t (Jevič a kol.

2004). Výsledky poté byly zaneseny do map v prostředí programu ArcGIS.

### Metodika stanovení spotřeby tepla

Spotřeba tepla v obcích lze bohužel těžko určit s výraznou přesností. Nejčastěji se určuje spotřeba pro jednotlivé budovy, kde je však možno zohlednit konkrétní stavebně-technické parametry staveb. Takto podrobná data však nejsou dostupná, dalo by se téměř říci, že neexistují, ale především jejich zpracování by bylo ve zvoleném územním rozsahu velice náročné.

$$Q_{vr} = q \cdot V \cdot (t_v - t_z) \cdot 24d \quad \dots \text{ (kWh)} \quad \text{(zdroj: Kadrnožka, Ochrana 2001)}$$

$Q_{vr}$  (W) ... roční spotřeba tepla pro nepřetržité vytápění

$V$  ( $m^3$ ) ... objem obestavěného prostoru

$q$  ( $W/m^3 \cdot ^\circ C$ ) ... měrná spotřeba tepla (tepelná charakteristika objektu)

$t_v - t_z$  ... rozdíl střední roční vnitřní teploty (pro obytné objekty obvykle  $18 \text{ }^\circ C$ ) a střední venkovní teploty v topném období

$d$  ... počet dní v otopném období

Otopné období podle vyhlášky Ministerstva průmyslu a obchodu ČR č. 194/2007 začíná 1. září a končí 31. května následujícího roku. Povinnost dodávek tepla například v systémech CZT vzniká, jestliže průměrná denní teplota v dané lokalitě poklesne pod  $13 \text{ }^\circ C$  ve dvou po sobě následujících dnech a podle vývoje počasí nelze očekávat zvýšení této teploty nad  $13 \text{ }^\circ C$  pro následující den. Stejně tak dvěma po sobě jdoucími dny s průměrnou denní teplotou nad  $13 \text{ }^\circ C$  je vymezen konec povinnosti dodávat teplo na konci topného období.

Určitou možností, jak obejít problém potřeby tepelné charakteristiky jednotlivých objektů by bylo použít měrnou spotřebu tepla na obyvatele ( $W/os$ ) udávané v několika hodnotách ve vztahu k velikosti sídla. Tento ukazatel sice ve své mírné variabilitě logicky reflektuje vztah mezi velikostí sídla a s jeho velikostí také rostoucí spotřebou tepla, ale zcela opomíjí klimatické faktory<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup>Metodika technických výpočtů spotřeby tepla sice pamatuje na určité korekce v závislosti na klimatických faktorech, ale rozdělení republiky do 3 oblastí s průměrnou venkovní teplotou v otopném období  $-12$ ,  $-15$  a  $-18 \text{ }^\circ C$  je i s uvažováním oblastí intenzivních větrů poněkud hrubé a v mapovaném území by dělalo ostré přechody výsledných hodnot.

Tabulka č. 8: Vztah měrné spotřeby tepla a velikost i sídel

Počet obyvatel sídla	10 tis.	20 tis.	50 tis.	100 tis.	500 tis.	1 mil.
Měrná spotřeba tepla (W.os <sup>-1</sup> )	2900	2850	2850	2850	3000	3150

Zdroj: Medek (2002)

Nejvhodnější alternativou je použití zjednodušeného způsobu výpočtu tepelného příkonu, založeného na geometrické charakteristice budovy, konkrétně na poměru jejího povrchu ( $A_n$ ) k jejímu objemu ( $V_n$ ). Od tohoto se pak odvozuje hodnota tepelné charakteristiky budovy  $q_{c,N}$ .

$$Q_B = V_n \cdot q_{c,N} \cdot (t_i - t_e) \quad \dots (W)$$

$$A_n = A_c + A_{pz}/2$$

$A_c$  ... plocha na rozhraní obestavěného prostoru a vzduchu

$A_{pz}$  ... plocha na rozhraní obestavěného prostoru a přilehlé zeminy

$t_i, t_e$  ... vnitřní a vnější výpočtová teplota

Tabulka č. 9: Požadovaná tepelná charakteristika budovy

Geometrická charakteristika budovy $A_n/V_n$ (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	$q_{c,N}$ (W.m <sup>-3</sup> .K <sup>-1</sup> )		
	Požadovaná hodnota	Doporučená hodnota	Přípustná hodnota
0.2	0.35	0.28	0.48
0.3	0.43	0.34	0.60
0.4	0.50	0.40	0.70
0.5	0.56	0.45	0.79
0.6	0.62	0.49	0.86
0.7	0.67	0.53	0.93
0.8	0.71	0.57	0.99
0.9	0.75	0.60	1.05
1.0	0.79	0.63	1.10

Zdroj: Bystřický, Pokorný (1999)

Pro potřeby této práce byl daný vzorec použit v následující formě:

$$Q_r = V_n \cdot q_{c,N} \cdot 24h \cdot D_r \cdot 10^{-3} \quad \dots (kWh)$$

$$D_r = \sum ((18^\circ C - t_m) \cdot d_m) \quad \dots (^\circ D)$$

$D_r$  ... počet denostupňů v roce (°D), počítán pokud  $t_m < 18^\circ C$

$t_m$  ... průměrná měsíční teplota vzduchu v dané lokalitě

$d_m$  ... počet dní v daném měsíci

K provedení výpočtu je tedy nutné znát objemy a povrchy budov, stejně tak jako měsíční průměry teplot získané z dlouholetých časových řad (jak píše Kadrnožka a Ochrana

2001, alespoň z třicetiletého průměru).

Objemy a povrchy budov byly počítány dvěma různými způsoby z dat Veřejné databáze ČSÚ (dostupná online) a to za určitou skupinu domů v obci. Skupiny byly vymezeny jako množiny domů rodinných nebo bytových podle počtu bytů nebo pater. U každé této metody byl teprve na základě vypočítaného objemu průměrné budovy dané skupiny v obci odvozen povrch budovy. Plocha na rozhraní obestavěného prostoru a zeminy ( $A_{pz}$ ) však při tom byla zcela zanedbána.

### ***Metoda A: výpočet na základě počtu bytů v domech***

Objem průměrného domu v každé skupině byl vypočítán násobkem průměrné velikosti bytu v obci, počtem bytů v dané skupině domů v obci (použit počet bytů na 1 dům uvedený v tab.č. 10) a vynásoben uvažovanou konstrukční výškou 3 m.

Tabulka č. 10: Uvažovaný průměrný počet bytů v domech výpočtové skupiny

Rodinné domy		Bytové domy		
1 byt	2-3 byty	2-3 byty	4-11 bytů	12 a více
1	2.5	2.5	8	16

Zdroj: autor

Povrch byl počítán pro každou skupinu domů stejným způsobem: domy byly uvažovány jako modelové kvádry o proporcích 3:2:2, přiléhající delším rozměrem k zemi. Oproti skutečnosti tak dochází ke zkreslení například odlišností tvaru budovy nebo uvažováním každé budovy jako solitéru. Potom povrch:  $A_n = A_c = 26 \cdot (V_n/12)^{2/3}$

Dopočítanému poměru povrchu a objemu průměrného domu v každé skupině byla v programu SPSS na základě tabulky č. 10 přidělena hodnota celkové tepelné charakteristiky budovy  $q_{c,N}$ . Na základě počtu domů ve skupině, objemu průměrného objemu skupiny a hodnoty  $q_{c,N}$  pro danou skupinu domů pak byla vypočtena hodnota jakési obecní charakteristiky spotřeby tepla (označme ji například  $O_q$ ), která charakterizuje tepelné požadavky obce v závislosti na domovním fondu, nikoli však ještě na klimatických podmínkách:

$$O_{qA} = \Sigma (\text{počet domů skupiny} \cdot V_n \cdot q_{c,N}) \cdot 10^{-3} \quad \dots \text{ (kW.K}^{-1}\text{)}$$



### **Metoda B: výpočet na základě počtu podlaží v domech**

Z počtu bytů v rodinných (RD) a bytových domech (BD) a průměrných ploch bytu v RD a BD v dané obci byla vypočítána souhrnná podlahová plocha RD a BD v obci. Tato plocha byla vydělena počtem podlaží všech RD nebo BD (odvozen podle počtu podlaží na 1 dům uvedeného v tab. č. 11 a počtu domů ve skupině), čímž byla vypočítána teoretická průměrná zastavěná plocha 1 RD nebo BD ( $A_{pz}$ ). Její proporce byly opět uvažovány v poměru 3:2.

Tabulka č. 11: Uvažovaný průměrný počet podlaží v domech výpočtové skupiny

Rodinné domy		Bytové domy		
1-2 podlaží	3-4 podlaží	1-2 podlaží	3-4 podlaží	5 a více
1.5	3.2	2	3.5	6.5

Zdroj: autor

Objem průměrného domu skupiny byl vypočítán jako násobek uvažovaného průměrného počtu podlaží ve skupině domů, konstrukční výšky 3m a teoretické hodnoty zastavěné plochy  $A_{pz}$ . Domy byly opět uvažované jako solitérní kvádry.

Povrch pro danou skupinu domů:  $A_n = A_c = A_{pz} + 10 \cdot (A_{pz}/6)^{1/2} \cdot \text{počet podlaží} \cdot 3m$

Dopočítanému poměru povrchu a objemu průměrného domu v každé skupině byla v programu SPSS na základě tabulky č. 11 opět přidělena hodnota celkové tepelné charakteristiky budovy  $q_{c,N}$ . Na základě počtu domů ve skupině, objemu průměrného objemu skupiny a hodnoty  $q_{c,N}$  pro danou skupinu domů pak byla opět vypočtena hodnota obecní charakteristiky spotřeby tepla  $O_{qB}$ , přesně tak jako u metody A.

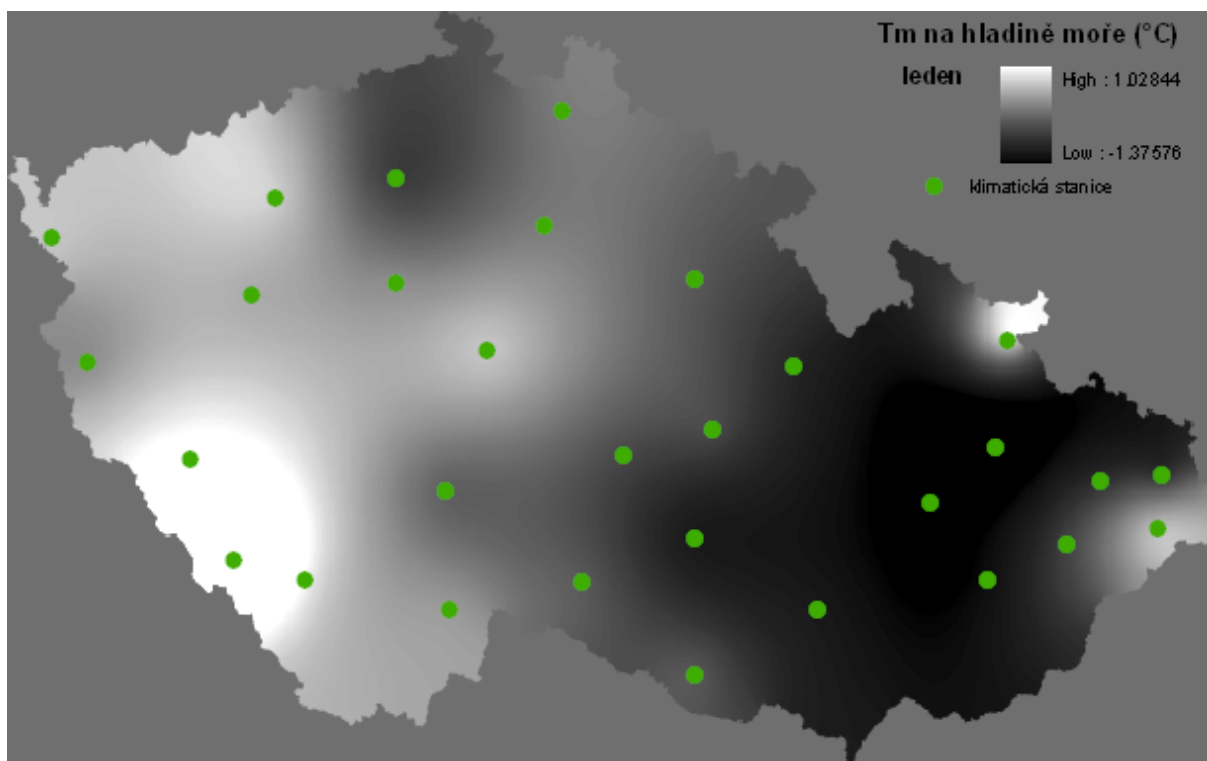
### **Stanovení počtu denostupňů**

Při stanovení počtu denostupňů bylo vycházeno z normál teplot vzduchu 30 českých klimatických stanic za období 1961 až 2000 (Květoň 2001). Interpolací normál průměrných měsíčních teplot již zmíněných klimatických stanic v programu ArcGIS vznikl rastr o rozlišení 200m, z něhož byly pomocí doinstalovaných nástrojů HAWTHS Tools za pomoci bodové vrstvy obcí odečteny hodnoty normál průměrných měsíčních teplot pro jednotlivé obce. Tyto operace však probíhaly s hodnotami vztaženými ke hladině moře, což umožnilo alespoň částečně zohlednit vliv makroreliefu.

Skutečné hodnoty normál z klimatických stanic byly sníženy měsíčním výškovým teplotním gradientem (viz tab. 12) a po provedení interpolace a odečtení hodnot pro obce byly tyto odečtené hodnoty na základě nadmořské výšky obcí přepočteny zpět na reálnou nadmořskou výšku. Počet denostupňů byl pak dopočítán za měsíce září až květen podle následujícího vzorce:

$$D_r = \sum ((18^{\circ}\text{C} - t_m) \cdot d_m) \quad \dots (\text{ }^{\circ}\text{D} \sim \text{K}, \text{ }^{\circ}\text{C})$$

Obrázek č. 3: Ukázka interpolace klimatických dat



Zdroj: Autor (na základě dat: Květoň 2001)

Výsledný počet denostupňů se od hodnot uváděných v literatuře (např. Kadrnožka a Ochrana 2001) liší spíše mírně. Při referenční teplotě 18 °C bývá pro Prahu uváděna hodnota  $D_r = 3020 \text{ }^{\circ}\text{D}$  a pro Brno 3200 °D. Vypočítané hodnoty činí 3237 °D a 3322 °D a odchyľují se o 7 až 4 %, patrně i díky neuplatnění kritéria dvou dnů s průměrnou denní teplotou pod 13 °C.

Tabulka č. 12: Výškový teplotní gradient průměrných měsíčních teplot vzduchu

měsíc	I	II	III	IV	V	VI
gradient (°C.100m)	-0.43	-0.53	-0.65	-0.72	-0.69	-0.69
měsíc	VII	VIII	IX	X	XI	XII
gradient (°C.100m)	-0.68	-0.64	-0.58	-0.49	-0.52	-0.49

Zdroj: Květoň (2001)

Výsledné vyčíslení průměrné roční spotřeby tepla v jednotlivých obcích proběhlo využitím obecních charakteristik spotřeby tepla a a denostupňů pro každou obec podle vzorce:

$$Q = (Oq_A + Oq_B) / 2 \cdot 24h \cdot D_r \quad \dots \text{ (kWh)}$$

## 7. Výsledky

Konstrukce mapy intenzity topné sezóny, jak by bylo možné nazvat mapové znázornění vypočtených denostupňů pro jednotlivé obce, se zdá být v hrubých rysech věrohodné. Případných částečných rozdílů oproti objektivní realitě mohlo dojít snad jen několika málo způsoby. Například využitím průměrných měsíčních teplot mohlo dojít ke zkreslení v krajních měsících otopného období, kdy část měsíce může vykazovat teploty nižších než referenčních 18 °C, díky průměrné teplotě nad touto mezí však nemusí být denostupně této příslušné části měsíce zohledněny. Vymezení striktně od září do května je tak nevyhovuje všem obcím, pro některé je takto definované období teřba i kratší než skutečná topná sezóna, měli-li bychom se držet referenční teploty 18 °C.

Další možné omezení plyne z použití interpolace a nadmořské výšky jako metody a ukazatele, jež byly použity pro zjišťování průměrných měsíčních teplot v obci. Nepostížena zůstává řada faktorů, jako například expozice vůči osvitě, vliv větrného proudění, zastínění a podobně. Zvela je tak zanedbána úloha mikroklimatu, ale i na mezo-úrovni může být provedená interpolace poměrně hrubým nástrojem, už jen díky plošně nediferencovaným výškovým teplotním gradientům. Zvláštních odchylek je také možno dosáhnout v hraničních oblastech, kde již interpolované hodnoty mohou nabývat téměř libovolných hodnot a jsou méně ovlivněny vstupními daty. Interpolace byla naštěstí prováděna z hodnot, jež se navzájem lišily jen minimálně, a tak nemělo dojít ke vzniku extrémů tímto efektem. Dosažené hodnoty denostupňů se pohybovaly v zájmovém území Středočeského a Jihočeského kraje od 3190 do 4370 °D, průměr činil 3532 °D.

Daleko obtížněji lze hodnotit výpočet roční spotřeby tepla pro vytápění v obydlených bytech Středočeského a Jihočeského kraje. Zvojená metodika byla značně zjednodušující, aby mohla být použita s dostupnými daty. Například pokud jde o poměrně kompaktní tvar budov, zanedbání poloviny plochy pod stavbou, uvažování jednotlivých domů jako solitérů, definice a uvažování průměrného domu v dané skupině podle podlaží nebo počtu bytů. Obě použité metody se ve vyčíslené spotřebě lišily zhruba v poměru 4:5, tedy ne řádově. Pro výpočet spotřeby tepla byl proto použit jejich průměr.

Výsledná hodnota vyčíslené spotřeby činí 29 350 TJ (8 150 GWh). Pokud provedeme kontrolní výpočet podle měrné spotřeby tepla na osobu (Medek 2002) s hodnotou 3 000 W/os a pokud při tom budeme uvažovat počet obyvatel obou krajů (1 785 tis.) a topnou sezónu v délce

$\frac{3}{4}$  roku, pak bohužel nalezneme zásadní rozdíl. Takto vypočtená orientační hodnota spotřeby tepla činí 35 200 GWh. Obě čísla se tak liší zhruba 4,3x..

Naopak výpočet energie, které by bylo v průběhu roku k vytápění 1 m<sup>2</sup>, dochází při 645 tis. obydlených bytech a průměrné ploše bytu 80 m<sup>2</sup> ke spotřebě 158 kWh/m<sup>2</sup>. Při uvažování jen obytné plochy bytů (průměr obou krajů cca 52,5 m<sup>2</sup>) by to bylo 241 kWh/m<sup>2</sup>. Tato čísla jsou již poměrně reálná. Například pro novostavby se udávají hodnoty řádově v rozsahu 80-140 kWh/m<sup>2</sup> a pro panelové stavby 70. a 80. let většinou přes 200 kWh/m<sup>2</sup> ročně.

Posledním kvasikontrolním výpočtem je odhad spotřeby tepla ze spotřeby v CZT. Podle MPO (2009) lze odhadnout odběr tepla domácností prostřednictvím CT na řádově 50 000 TJ kolem roku 2001. Jestliže systémy CZT využívá cca 35 % domácností a vezmeme v úvahu podíl obou krajů na české populaci, pak odhadovaná roční spotřeba tepla představuje cca 25 500 TJ. Srovnání s vypočtenou hodnotou 29 300 TJ je tedy alespoň v hrubých rysech uspokojivé.

Ačkoli kolem použité metodiky výpočtu spotřeby tepla a přesnosti jejího výsledku mohou existovat mnohé námitky, na základě orientačních ověřovacích výpočtů lze doufat, že se od skutečnosti neodchylují maximálně o více než jen několik desítek procent. Protože srovnávací výpočty byly činěny na úrovni krajů, nic to nevypovídá o tom, jak je chyba rozložena v souboru všech obcí. Lze totiž předpokládat, že bude významně souviset se zastoupením bytových domů, u kterých byl při tvorbě výchozích předpokladů největší prostor pro samostatnou autorskou úvahu, a tím také pro zjednodušení odklánějící se v různých směrech od reality.

Pro rovněž velice hrubé ověření technického potenciálu rychle rostoucích dřevin, tedy opět spíše v řádech, lze využít srovnání se studií CSM (1997). Tam je technický potenciál topolů a vrb vyčíslen na mírně přes 50 mil. tun sušiny (viz tab. č. 4). Při nahlédnutí do map v této studii je přitom patrné, že tento potenciál je z nadpoloviční většiny alokován v kraji Vysočina, ze kterého však mírně "přetéká" do okolí, a také v podhůří Šumavy. Výpočtem odhadnutý technický potenciál RRD (ačkoli to není nejpřesnější označení, uvažováno bylo využití jen vhodných a "spíše vhodných" půd, nikoli všech) ve Středočeském a Jihočeském kraji činí 6,36 mil. tun sušiny. Tomu odpovídá energetický obsah asi 95 tis. TJ (26 500 GWh). Vzhledem k tomu, že podle CSM by mělo být těžiště technického potenciálu RRD z větší části na území kraje Vysočina, lze dosažený výsledek považovat za přiměřený a řádově srovnatelný se závěry CSM.

Množství sklizené suché hmoty v jednotlivých obcích je nejvýraznější činitel ovlivňující potenciální význam místně pěstovaných RRD v jednotlivých obcích. Z tohoto

hlediska jeví dobré podmínky pro jejich pěstování Jihočeský kraj s výjimkou okresů Prachatice a Český Krumlov, a to zejména omezenému rozsahu zemědělského půdního fondu. Co do stanovištních podmínek jsou tyto lokality zřejmě také spíše na okraji vhodného spektra. Ve středních Čechách se jeví jako perspektivní oblast jihovýchod a severovýchod kraje, tedy okresy Benešov, Kutná Hora a také severovýchod okresu Kolín a severní části okresů Mělník a Mladá Boleslav. Tato oblast je přitom díky hojnému množství dosažitelné vláhy z celého sledovaného území relativně nejúrodnější. Jako poměrně nevhodné pro pěstování RRD se v těchto tradičních oblastech intenzivního zemědělství to dokazuje, že RRD nejsou přímou konkurencí klasické produkci potravin, je zde již poměrně teplo a sezónně málo půdní vláhy.

Vypočtená roční spotřeba tepla v trvale obydlených domech vykazuje pochopitelně těsnou návaznost na hustotu zalidnění a v tomto ohledu není překvapením. Regionální rozdíly v intenzitě topné sezóny nejsou dostatečně markantní, aby se mohly oproti významu systému osídlení projevit. Rozdíly v domovním fondu pak nejsou takové, aby daly vzniknout výraznějším vzájemným rozdílům mezi jednotlivými venkovskými mikroregiony. Při pohledu na úrovni obcí však přirozeně vynikají zejména jednotlivá okresní města.

Při srovnání potenciální produkce energie skrze RRD a jejího potenciálního uplatnění skrze vytápění obytných budov, začíná se výsledný obraz mírně tříštit do poměrně spletité mozaiky. Oproti očekávání ale nelze tvrdit, že by v ní nějak vynikalo pomezí Středočeského a Jihočeského kraje. Tato hypotéza se tedy nepotvrdila. Hodnota poměru potenciální produkce ku potenciální spotřebě dokonce Středočeský kraj výrazně polarizuje ve smyslu severozápad-jihovýchod, čímž staví do protikladu různé zemědělské periferie. Již zmiňovaný severozápad, tedy například okres Kladno, není schopen svou potenciální produkcí pokrýt ani poptávku po teple v obydlených domech. Zcela nepochybně však v tomto pohledu, byť poněkud mimo tuto krajskou polarizaci, vyvstává oblast Mšena na rozhraní okresů Mělník a Mladá Boleslav, která co do rozlohy možná není velká, ale je ve vysokých dosažených hodnotách kolem 8 a více velice kompaktní.

Při opětovném pohledu, tentokrát na úrovni obvodů působnosti pověřených obcí, je tato oblast Mšena co do rozsahu dalo by se říci již marginalizována, protože polovina této perspektivní oblasti se ztrácí v sousedních jednotkách mladoboleslavského okresu. Naproti tomu na Benešovsku, Kutnohorsku a v podstatné, spíše severo-východní části Jihočeského kraje vytváří obvody působnosti pověřených obcí spojitou plochu, kde převyšuje potenciál produkce nad možnou spotřebou nejméně 2x, ve většině území okresů České Budějovice, Jindřichův Hradec a Tábor dokonce minimálně 5x.

## **8. Závěr**

Současnost je počátkem dlouhých, nesnadných a nutných změn. Technicky vyspělá společnost se opírá o energetický systém, který byl postaven na velkých, koncentrovaných zdrojích energie. A to koncentrovaných co do rozložení v prostoru i co do hustoty energie. Na takovýto energetický systém je společnost navyklá, ba dokonce je na něm závislá doposud, ale veřejné mínění již akceptuje a dokonce v řadě případů a ohledů, byť ne ve všech, preferuje obnovitelné zdroje a alternativní způsoby hospodaření s energiemi. Zejména v případě elektrárnsví se tak může dostávat veřejné mínění do sporu s techniky jakožto se "strážci" systému.

Tato názorová podpora a preference malých, zpravidla obnovitelných, lokálních (tedy decentralizovaných) zdrojů, je ale možná v teplárenství. To zůstává lokální záležitostí a jako takové jeví velkou výhodu: municipality a jejich obyvatelé mají větší vliv na to, odkud se bere nebo bude brát jejich teplo. Obcím to dává možnost přiklonit se k místním zdrojům, což znamená zejména i k teplu z biomasy. Vybudovat pro tyto účely v obci centrální zdroj tepla a rozvodnou síť je možné, ale nikoli vždy výhodné, protože to představuje nemalou investici. Důležitý je však původ a dostupnost paliva. V současnosti lze biomasu získávat ponejvíce jako odpad dřezpracujících podniků, někdy se musí dovážet i desítky kilometrů. Poptávka však i nadále postupně vzrůstá a tak kdo chce mít jistotu, může si své palivo pěstovat sám.

Pro řadu obcí s méně příznivými podmínkami pro klasickou zemědělskou produkci je tak cíleně pěstovaná biomasa alternativou, jak využít místní zemědělskou půdu. Vystává tedy otázka, pro které obce je tato cesta perspektivní? Které obce mají potenciální možnost nasycit svou potřebu po energii z vlastních zdrojů? K zodpovězení této otázky se pokusila přispět i tato práce.

V úvodní rešeršní části byl podán přehled o některých možnostech hodnocení energetických zdrojů, procesů, technologií, zejména byla představena tzv. energetická návratnost a její souvislosti.

Dále byl čtenář seznámen s okolnostmi, které vedly k tomu, že zemědělská půda je dnes nejperspektivnějším zdrojem obnovitelné energie. Nezmění-li se vnější podmínky, tedy zejména zemědělský trh Evropské unie, rozsah disponibilních ploch přetrvá na dlouho poměrně velký. Ačkoli bývá vyčíslován na 500 až 1 000 ha (tedy až na ¼ zemědělské půdy), není nic zvláštního na tom, že v české krajině jsou neobdělaná pole vidět jen zřídka.

V současnosti je tento potenciál částečně využíván pro produkci příměsí do motorových paliv, což lze ale s mírnou kontroverzí označit spíše za sociální nežli za hospodářský program. Existují i energeticky efektivnější způsoby využívání zemědělské půdy, nicméně legislativně daný podíl biosložek v motorových palivech rozvíjí nepřímou, energeticky málo přínosnou, a časem prověřenou podporu zaměstnanosti na českém venkově i navazujících odvětvích. Jak se mohl čtenář dočíst, kontroverze se v posledních letech biopalivům doslova "lepí na paty". Ačkoli produkce bionafty z řepky nebyla doposud podrobena takové kritice jako například produkce biolihu z kukuřice či obilí, při současném tempu poznávání vedlejších efektů produkce kapalných biopaliv může brzy dojít ke zpochybnění legitimacy politické podpory těchto produktů. To by mohlo znamenat také stop pro řepku.

Jako energeticky daleko účinnější způsob využití zemědělských ploch (dokonce řádově) byla představena fotovoltaika, nicméně navzdory nedávnému technologickému i cenovému vývoji nelze tento zdroj stále označit za jednoznačně přijatelný. Nejen že je cenově stále závislý na veřejné podpoře, ale naráží zejména na odpor "strážců systému". Na jejichž obranu je nutno říci, že technická infrastruktura skutečně není doposud kompatibilní s nasazením této technologie v rozsahu blízcím se disponibilní zemědělské půdě. Ani veřejné mínění nesouhlasí se zastavováním zemědělské půdy fotovoltaikou, což vypovídá o tom, že veřejnost vnímá v zemědělské půdě určitou nenahraditelnou, "přírodní" produkční hodnotu.

Kdesi mezi kapalnými biopalivy a fotovoltaikou pak jsou energetické plodiny. Dávají více energie než klasické zemědělské plodiny a přitom ji produkují z půdy v souladu s "přirozeným přírodním řádem". Dá se tedy říci, že energetické plodiny jsou pro veřejnost přijatelnější a z rozumového hlediska snad také obhajitelnější než jiné soudobé možnosti využití zemědělské půdy pro energetickou produkci. Českému venkovu se tak otevírá nová možnost k samozásobení teplem.

Druhá část práce se již zaměřila na otázku samozásobení energií v jednotlivých obcích, konkrétně na samozásobení teplem. I tak ale musel být cíl vymezen ještě úžeji. A to nejen územně, v tomto případě v rozsahu Středočeského a Jihočeského kraje. To dalo příležitost vznést domněnku, že jako u populačně slabých a přitom hospodářsky málo rozvinutých regionů by se mohly jako velmi perspektivní jevit vnitřní periferie, v tomto případě na rozhraní obou již zmíněných krajů.

Jako mapovaný potenciální zdroj tepelné energie byly uvažovány rychle rostoucí dřeviny na zemědělské půdě, a to zejména díky možnosti využít dosavadní výsledky výzkumu v otázce



jejich pěstební rajonizace. Z dat o výskytu a rozloze jednotlivých bonitačně půdně-ekologických jednotek tak bylo možno za obce vyčíslit úhrnnou roční sklizeň ze všech půd s alespoň průměrnou hodnotou hektarového výnosu (tedy od 4 tun sušiny na hektar).

Pro nesnadné určení spotřeby tepla byla tato vztažena pouze na spotřebu v trvale obydlených domech a bytech, čímž byla zanedbána spotřeba zejména v průmyslu a v občanské vybavenosti. V potřebném rozsahu nejsou bohužel dostupné informace o stavebně-technických vlastnostech budov, pročež bylo nutno se obrátit k informacím o domovním a bytovém fondu ze Sčítání lidí, domů a bytů 2001. Od nich byly odvozeny základní geometrické charakteristiky (objem a povrch) několika jednoduše definovaných skupin budov v obci (podle počtu bytů nebo počtu podlaží) a také jejich tepelné charakteristiky. S využitím interpolace normál průměrných měsíčních teplot (1961-2000) ze 30 klimatických stanic a výpočtem intenzity topné sezóny denostupňovou metodou pak bylo možno vyjádřit množství tepla potřebné pro vytápění v trvale obydlených domech.

Výsledky tohoto výpočtu je však nutno vnímat jako hrubé, zcela závislé na zjednodušujících předpokladech při odvozování geometrických charakteristik budov. V součtu se však výsledná čísla zdají blízká realitě. Nezodpovězenou otázkou zůstává, nakolik těsná nebo naopak volná je tato blízkost a jak je odchylka od reality rozložena napříč souborem všech obcí. Jelikož nejširší prostor pro chybné stanovení předpokladů je u velkých bytových domů, lze očekávat nejvyšší zatížení chybou hlavně ve větších městech. U menších venkovských obcí tak lze považovat vypočtené hodnoty za poměrně důvěryhodné.

Závěrečné srovnání potenciální produkce a potenciální spotřeby v jednotlivých obcích ukázalo poměrně široké možnosti uplatnění cíleně pěstované biomasy při vytápění venkova Středo- a Jihočeského kraje (viz přílohy). Rozsáhlé oblasti s předpoklady pro samozásobení teplem z rychlerostoucích dřevin byly shledány ve Středočeském kraji v okresech Benešov a Kutná Hora, částečně také v okresech Nymburk, Kolín a na pomezí okresů Mělník a Mladá Boleslav. V Jihočeském kraji pak u všech s výjimkou okresů Prachatice a Český Krumlov. Schopnost samozásobení přetrvává ve výrazné části zkoumaného území i na úrovni obvodů působnosti pověřených obcí, tedy nejen na obecní, ale i na mikroregionální úrovni.

Je však třeba varovat: danou cestou se nemohou vydat všechny obce, u nichž byl vymapován příznivý potenciál. Jednak by to zasáhlo do celkové potravinářské produkce státu, druhak hodnota 4 t sušiny/ha/rok není mnoho a ne ve všech podmínkách by to představovalo větší ekonomický zisk z hektaru než právě potravinářská produkce. Také bylo počítáno

s využitím vsí půdy s alespoň průměrným výnosem, což opět není zcela reálné. V opačné poloze se naopak podařilo najít regiony, u nichž lze prohlásit, že produkce rychlerostoucích dřevin není řešením k vytápění celé obce.

Co do pomezí Středočeského a Jihočeského kraje, domněnka o znatelně lepší perspektivě samozásobení v této oblasti se nepotvrdila. Zatímco vnitřní periferie jsou částečně vymezeny na základě demografických parametrů, výnosy rychle rostoucích dřevin jeví souvislost spíše s vyšší dostupností půdní vláhy nebo se znevýhodněnými zemědělskými oblastmi. To lze ilustrovat na zcela opačných vyzněních situace při severozápadní a jihovýchodní hranici Středočeského kraje.

Další rozvoj této problematiky se musí vypořádat s nepřesností stanovení spotřeby tepla na základě dat ze Sčítání lidí, domů a bytů a také zahrnout faktory limitující využití energetických rostlin. Také zahrnutí spotřeby objektů občanské vybavenosti by bylo přínosem, protože v menších obcích jsou objekty jako obecní úřad a škola často těmi z velkých spotřebitelů tepla. Mohou tak mít významný vliv na ekonomiku projektů v oblasti zásobování obce teplem. Na druhou stranu pro individuální obecní projekty lze expertním odhadem posuzovat již konkrétní situace na místě a pracovat třeba i se záznamy o spotřebě paliv domácností. Současnou metodikou například nelze zhodnotit možnost a rentabilitu zbudování systému centralizovaného zásobení teplem v obci.

Mapování a kalkulace "od stolu" za širší území tak může nalézt uplatnění alespoň jako prvotní impulz k přezkoumání možnosti samozásobení pro jednotlivé obce a nebo také pro lepší zacílení informačních kampaní, dotačních podpor a nebo pro snazší poskytování úvěrů na projekty řešící tepelné hospodářství obcí a mikroregionů. V souhrnu pak mohou přispět k zodpovězení otázek o potenciálu obnovitelných zdrojů, šetření uhlím a nebo také o tom, kolik zemědělské krajiny a kde pak zůstane pro klasické, tedy potravinářsky zaměřené zemědělství.

## **Literatura a prameny**

- BARTOŇOVÁ A. (2004), Účinky znečištění ovzduší; In: Ústav pro životní prostředí: Aktuální otázky znečištění ovzduší, Praha, 2004, s. 153-163
- BEDNÁR J. (2009): Podpora obnovitelných zdrojů energie v agrárním sektoru, [www.biom.cz](http://biom.cz) (<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/podpora-obnovitelnych-zdroju-energie-v-agrarnim-sektoru>, staženo 15. 8. 2009)
- BECHLÍK B. (2010): Fotovoltaika – nejlepší dostupná technologie, [www.czrea.org](http://www.czrea.org) (staženo 4. 8. 2010 z <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika/fv-tech>)
- BIČÍK I., JANČÁK V. (2005): Transformační procesy v českém zemědělství po roce 1990, katedra sociální geografie a regionálního rozvoje PřF UK v Praze, Praha, 88 s.
- BRÜCHER W. (2008): Erneuerbare Energie in der globalen Versorgung aus historisch-geographischer Perspektive, *Geographische Rundschau*, 4/2008, s. 4-12
- BYSTRICKÝ V., POKORNÝ A. (1999): Technická zařízení budov – B, Vydavatelství ČVUT, Praha, 203 s.
- CLEVELAND C. J. (2005): Net energy from the extraction of oil and gas in the United States, *Energy* 30/2005, s. 769-782
- CRUTZEN P. J., MOSIER A. R., SMITH K.A., WINIWARTER W. (2008): N<sub>2</sub>O Release from Agro-biofuel Production Negates Global Warming Reduction by Replacing Fossil Fuels, *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. 8, s. 389-395
- COBB K. (2008): The net energy cliff, [www.energybulletin.net](http://www.energybulletin.net) (staženo 14. 8. 2010 z <http://www.energybulletin.net/node/46579>)
- CSM (1997): Czech Republic Renewable Energy Study: Resource Assessment Report, The Know How Fund a Ministerstvio životního prostředí ČR, 272 s.
- EEA (2004): Biopaliva v dopravě: zkoumání vazeb na sektory energetiky a zemědělství, European Environment Agency, 4 s ([http://www.eea.europa.eu/cs/publications/briefing\\_2004\\_4](http://www.eea.europa.eu/cs/publications/briefing_2004_4), staženo 6.12. 2009)
- ENCYCLOPEDIA of the EARTH (2008): Ten fundamental principles of net energy, [www.eoearth.org](http://www.eoearth.org) (staženo 24. 7. 2010 z [http://www.eoearth.org/article/Ten\\_fundamental\\_principles\\_of\\_net\\_energy](http://www.eoearth.org/article/Ten_fundamental_principles_of_net_energy))
- ENCYCLOPEDIA of the EARTH (2010): Net Energy Analysis, [www.eoearth.org](http://www.eoearth.org) (staženo 5. 8. 2010 z [http://www.eoearth.org/article/Net\\_energy\\_analysis](http://www.eoearth.org/article/Net_energy_analysis))
- FARGIONE J., HILL J., TILMAN D., POLASKY S., HAWTHORNE P. (2008): Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt, *Science*, Vol. 319, s. 1235 – 1238
- GALLAGHER (2008): The Gallagher Review of the Indirect Effects of Biofuels Production, Renewable Fuels Agency, 90 s. (staženo 5. 12. 2009 z (<http://www.renewablefuelsagency.gov.uk/reportsandpublications/reviewoftheindirecteffectsofbiofuels>))
- GERLING K., GANS P. (2008): Biokraftstoffboom: Segen oder Fluch für die Agrarländer Südens?, *Geographische Rundschau*, 4/2008, s. 58-65

- HAAGENSON T. A., KRIVICKAITE J., ŠATRA J., WISNIEWSKI J.(2008): Wind Energy Storage in Frederikshavn, skupinový studentský projekt (školitel Ass. Prof., M.Sc.Eng. Poul Alberg Østergaard Ph.D.), Department of Development and Planning, Aalborg University, Aalborg, 2008, 82 s.
- HALL C. A. S., BALOGH S., MURPHY D. J. R. (2009): What is the Minimum EROI that a Sustainable Society Must Have?, *Energies*, Vol. 2/2009, s. 25-47
- HAVEL P. (2008a): Biopaliva jsou osudný omyl, *MF DNES*, 31. 5. 2008, s. A11
- HAVEL P. (2008b): Biopaliva byla a budou cestou do slepé uličky, *Mezinárodní politika*, 9/2008, s. 12-14
- HAVLÍČKOVÁ K., KNÁPEK J., VAŠÍČEK J., WEGER J. (2005): Biomasa jako obnovitelný zdroj energie – Ekonomické a energetické aspekty, *Acta Pruhoniana* 79/2005, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice, 67 s.
- HAVLÍČKOVÁ K., WEGER J. (eds.) (2006): Metodika analýzy potenciálu biomasy jako obnovitelného zdroje energie, *Acta Pruhoniana* 83/2006, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice, 96 s.
- HAVLÍČKOVÁ K., RUDIŠOVÁ (2008): Porosty rychle rostoucích dřevin v zemědělské krajině a biodiverzita, *Acta Pruhoniana* 89/2008, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice, s. 23-28
- HoC (2008): Are biofuels sustainable?, House of Commons & Environmental Audit Committee, 41 s. (<http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200708/cmselect/cmenvaud/76/76ii.pdf>, staženo 27. 8. 2009)
- JEVIČ P., KÁRA J., PASTOREK Z. (2004): Biomasa, obnovitelný zdroj energie, FCC Public, Praha, 288 s.
- JEVIČ P., MALAŤÁK J., ŠEDIVÁ Z. (2009): Energetická bilance a životní cykly biogenních pohonných hmot – 2, *Energie* 21, 4/2009, s. 28-30
- JRC (2008): průběžné výstupy a informace o projektu Well-toWheels, European Commission Joint Research Center (staženo 27. 9. 2019 z <http://ies.jrc.ec.europa.eu/WTW>)
- KADRNOŽKA J., OCHRANA L. (2001): Teplárenství, Akademické nakladatelství CERM, Brno, 178 s.
- KÁRA J. (2001): Využití bioalkoholu, *Biom.cz* (zveřejněno 18. 12. 2001), <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-bioalkoholu> (staženo 5. 3. 2010)
- KAŠÍK M. (2008): Energie a energetická návratnost, *Časopis Vesmír*, ročník 87, s. 113-116
- KLÄRLE M., LANIG S., LUDWIG D., MEIK K. (2009): SUN-AREA – Ein Beitrag der Fernerkundung gegen den Klimawandel, *ZfV*, 2/2009, s. 71-78 (staženo 24. 8. 2010 z [http://www.fh-frankfurt.de/de/.media/fb1/Aktuelles\\_Termine/Presseartikel/sunarea/klaerle\\_etal\\_zfv\\_220091.pdf](http://www.fh-frankfurt.de/de/.media/fb1/Aktuelles_Termine/Presseartikel/sunarea/klaerle_etal_zfv_220091.pdf))
- KUTÍK J. (1996): Tylakoidní membrána, sídlo fotosyntézy, *Časopis Vesmír*, roč. 75, 1/1996, s. 33-35
- KVĚTOŇ V. (2001): Normály teploty vzduchu na území České republiky v období 1961-1990 a

vybrané teplotní charakteristiky období 1961-2000, Národní klimatický program, č. 30, Praha, 197 s.

KOPETZ H. (2007): Biomass and CHP: Opportunities not only for central and eastern Europe, prezentace z 5. 10. 2007 v Berlíně ([www.eufors.org/uploads/media/Heinz\\_Kopetz\\_01.ppt](http://www.eufors.org/uploads/media/Heinz_Kopetz_01.ppt), staženo 14. 1. 2009)

KRAUS J., TUČEK P., VOLOŠIN J. (1984): Výživa jako surovinový problém, nakl. Svoboda, Praha, 273 s.

KVAPIL M. (2010): Energie, ekologie a ekonomika (dílčí překlad H. T. Oduma 1973), [www.energybulletin.cz](http://www.energybulletin.cz) (<http://www.energybulletin.cz/?q=clanek/energie-ekologie-ekonomika>, staženo 2. 8. 2010)

MEDEK F. (2002): Technická infrastruktura měst a sídel, Vydavatelství ČVUT, Praha, 158 s.

MILTR L. (2003): Energetické využití biomasy z pohledu zemědělství, Planeta, roč. 10, 3/2003, s. 20-21

NOK (2008): Zpráva nezávislé odborné komise pro posouzení energetických potřeb ČR v dlouhodobém časovém horizontu (verze k oponentuře), Nezávislá odborná komise pro posouzení energetických potřeb ČR v dlouhodobém časovém horizontu, 276 s., ([www.vlada.cz](http://www.vlada.cz), staženo 3. 11. 2008).

ODUM H. T. (1974): Energy, Ecology & Economics, MotherEarth News, 27/1974 (staženo 3. 8. 2010 z [http://www.mnforsustain.org/energy\\_ecology\\_economics\\_odum\\_ht\\_1973.htm](http://www.mnforsustain.org/energy_ecology_economics_odum_ht_1973.htm))

PAVLÍČEK T. (2007): V cizině ano, doma ne; Respekt, 45/2007, s. 31

PETŘÍKOVÁ V. (2008): Biomasa pro pohonné hmoty, nebo k vytápění?, Alternativní energie, 1/2008

PETŘÍKOVÁ V., SLADKÝ V. (2003): Bioteplotifikace venkovských obcí na bázi topných biopellet, [www.biom.cz](http://www.biom.cz) (<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1364>, staženo 24. 8. 2009)

PRATHER M. a kol. (2001): Atmospheric chemistry and greenhouse gases, s. 239–287, in: Houghton, J. T. a kol. (Ed.) (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis, Cambridge University Press, Cambridge, 881 s.

QUASCHNING V. (2010): Obnovitelné zdroje energií, Grada Publishing, Praha, 296 s.

REIJNDERS L., HUIBREGTS M. A. J. (2009): Energy Balance: Cumulative Fossil Fuel Demand and Solar Energy Conversion Efficiency of Transport Biofuels, in: Biofuels for Road Transport (kap. 2), [www.springer.com](http://www.springer.com) (staženo 23. 1. 2010), s. 49-74

The ROYAL SOCIETY (2008): Sustainable biofuels: prospects and challenges, Policy document 01/08, The Royal Society, 82 s. (<http://royalsociety.org/Sustainable-biofuels-prospects-and-challenges/>, staženo 5.12. 2009)

RYŠAVÝ I. (2007): Centrální zásobování teplem: Zůstat, či odejít? Jak rozhodne čas?, Moderní obec, duben 2007, s. 6-7

SEARCHINGER T. a kol. (2008): Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change, Science, Vol. 319, s. 1238-1240

SCHEER H. (1999): Slunění strategie: politika bez alternativy, Praha, nak. Nová Země, 284 s.

- SLADKÝ V. (1994): Dálkové vytápění biomasou na venkově, Zemědělská technika, 4/1994, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 66 s.
- SRDEČNÝ K. (2008): Technologie vhodné pro decentralizovanou výrobu energie; In: Drhová Z. (Ed.): Energie na dosah, Praha, 2008, 33 s. (staženo 21. 4. 2009 z <http://www.zelenykruh.cz/dokumenty/apel-decentralizace-energetiky.pdf>)
- ŠEBOR G., POSPÍŠIL M., ŽÁKOVEC J. (2006): Technicko-ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě – 1. část, Ústav technologie ropy a petrochemie FTOP VŠCHT, 200 s. (<http://www.kraj-lbc.cz/public/doprava/prezentace07/pdfs/12a.pdf>, staž. 15. 11. 2008)
- TRNKA J. (2009): Akční plán pro biomasu pro ČR na období 2009-2011, prezentace z konference Biologicky rozložitelné odpady, Náměšť nad Oslavou 9.-11. 9. 2009 (staženo 14. 4. 2010 z [http://www.zeraagency.eu/dokumenty/008003/14.\\_akcni\\_plan\\_pro\\_biomasu.pdf](http://www.zeraagency.eu/dokumenty/008003/14._akcni_plan_pro_biomasu.pdf))
- VÁŇA J. (2003): Ekologická hlediska spalování biomasy, Planeta, 10, 3/2003, s. 26-28
- VROM (2008): Recipe 2008 – repotr I: Characterisation, Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (The Netherlands), 126 s. (staženo 17. 8. 2010 z [http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/publications/recipe\\_characterisation.pdf](http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/publications/recipe_characterisation.pdf))
- WEGER J. (2008): Cílená produkce biomasy k energetickému využití, prezentace z konference Teplárenské dny 2008, Hradec Králové 22. 4. 2008 -24. 4. 2008, [www.teplarenske-dny.cz](http://www.teplarenske-dny.cz) (staženo 27. 4. 2009)
- ViP s.r.o. (2009): Teplárenství a problémy jeho dalšího rozvoje (I), Energetika, 4/2009, s. 123-128
- WEGER J. (2010): ústní sdělení, Průhonice, 4. 8. 2010
- Směrnice 2003/30/EC
- Směrnice 2009/28/EC
- MPO (2008): Brikety a pelety z biomasy v roce 2007, Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 8 s. (staženo 25. 8. 2009 z <http://www.mpo.cz/dokument53064.html>)
- MPO (2009): Výroba a užití tepelné energie v roce 2007, Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 32 s. (staženo 25. 8. 2009 z <http://www.mpo.cz/dokument58208.html>)
- MPO (2010): Souhrnná zpráva o kapalných biopalivech za rok 2009, Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 4 s (staženo 20. 6. 2010 z <http://www.mpo.cz/dokument76448.html>)
- MZe (nevročno): Výměra půdních bloků/dílů podle typů LFA v jednotlivých krajích, Ministerstvo zemědělství ČR ([http://www.mze.cz/UserFiles/File/Registry/LPIS/Vymera%20pudnich%20bloku\\_dilu%20podle%20typu%20LFA%20v%20jednotlivych%20krajich.pdf](http://www.mze.cz/UserFiles/File/Registry/LPIS/Vymera%20pudnich%20bloku_dilu%20podle%20typu%20LFA%20v%20jednotlivych%20krajich.pdf), staženo 21. 8. 2009)

MZE (2008): Program rozvoje venkova České republiky na období 2007-2013, Ministerstvo zemědělství ČR, 322 s. (staženo 16. 8. 2009 z <http://www.mze.cz/UserFiles/File/EAFRD/PRV%20zmny%20listopad2008.pdf>)

MŽP (2009): Operační program Životní prostředí, Ministerstvo životního prostředí ČR (staženo 23. 8. 2009 z <http://www.opzp.cz/sekce/16/strucne-o-op-zivotni-prostredi/>)

ČSÚ (2003): Sčítání lidí, domů a bytů 2001 – byty, Český statistický úřad, Praha, 191 s.

ČSÚ (2004): Statistické zjišťování ENERGO 2004: spotřeba energie v domácnostech ČR za rok 2003, Český statistický úřad (<http://www.czso.cz/csu/2005edicniplan.nsf/p/8109-05>, staženo 25. 8. 2009)

ČSÚ (2010): Veřejná databáze Českého statistického úřadu ([vdb.czso.cz](http://vdb.czso.cz), staženo VII-VIII 2010):

(OB056) Obydlené domy podle počtu bytů a druhu domu

(OB061) Obydlené domy podle počtu nadzemních podlaží a druhu domu

(OB079) Obydlené byty podle způsobu vytápění a druhu domu v obcích okresu

(OB083) Charakteristiky bydlení v bytech v rodinných a bytových domech v obcích okresu

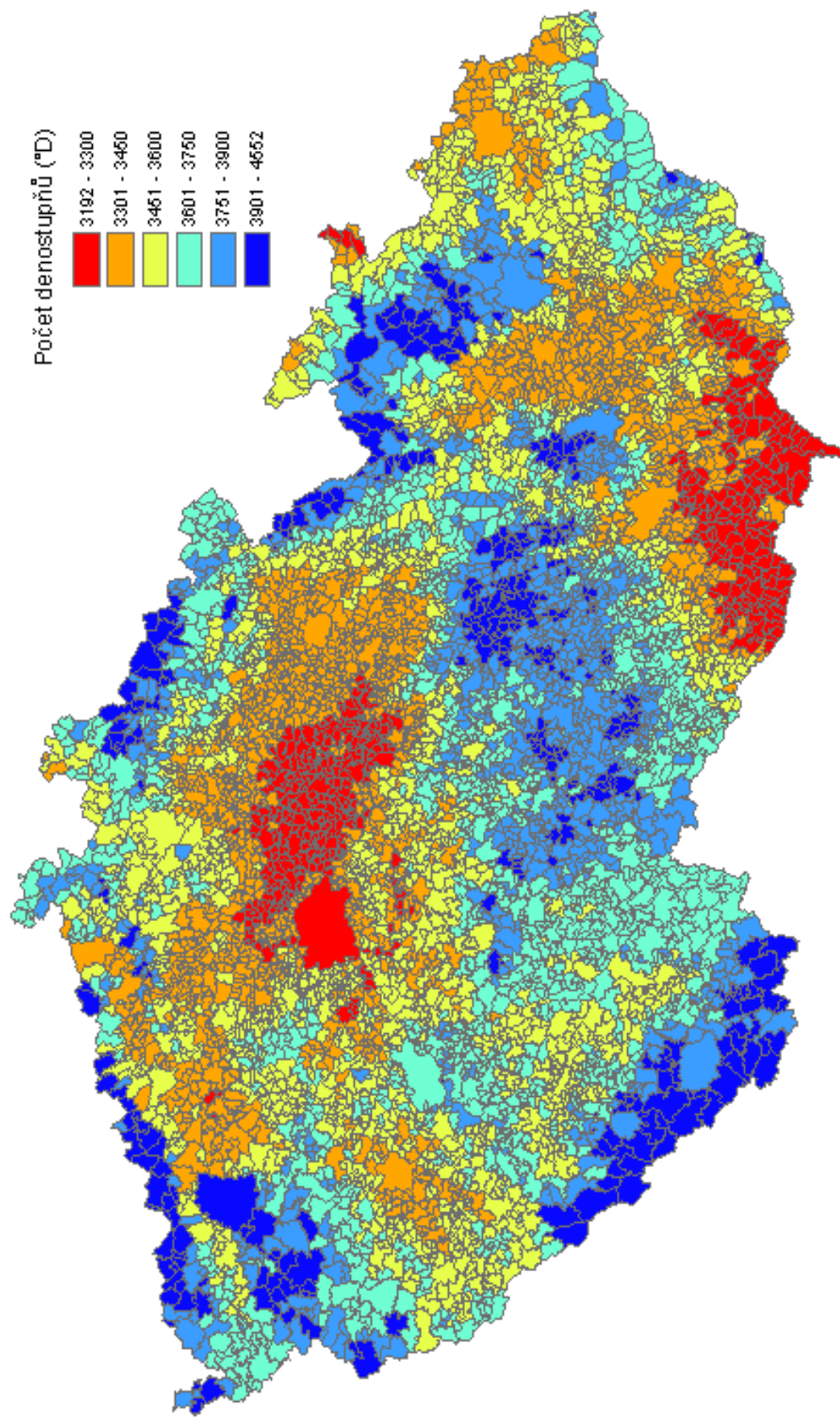
ČSÚ (2010b): Soupis ploch osevů k 31. 5. 2010 (staženo 23. 8. 2010 z <http://www.czso.cz/csu/2010edicniplan.nsf/p/2104-10>)

ČSÚ (2010c): Soupis hospodářských zvířat k 1. 4. 2010 (staženo 23. 8. 2010 z <http://www.czso.cz/csu/2010edicniplan.nsf/p/2103-10>)

VÚKOZ (nevročeno, a): Pracovní seznam používaných a potenciálních energetických plodin, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví ([http://www.vukoz.cz/\\_C1256D3B006880D8.nsf/\\$pid/VUKJWF1CD335](http://www.vukoz.cz/_C1256D3B006880D8.nsf/$pid/VUKJWF1CD335), staženo 22. 8. 2009)

VÚKOZ (nevročeno, b): Seznam rostlin vhodných k pěstování za účelem využití biomasy pro energetické účely z pohledu minimalizace rizik pro ochranu přírody a krajiny, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví (<http://www.vukoz.cz/vukoz.nsf/seznam.htm>, staženo 22. 8. 2009)

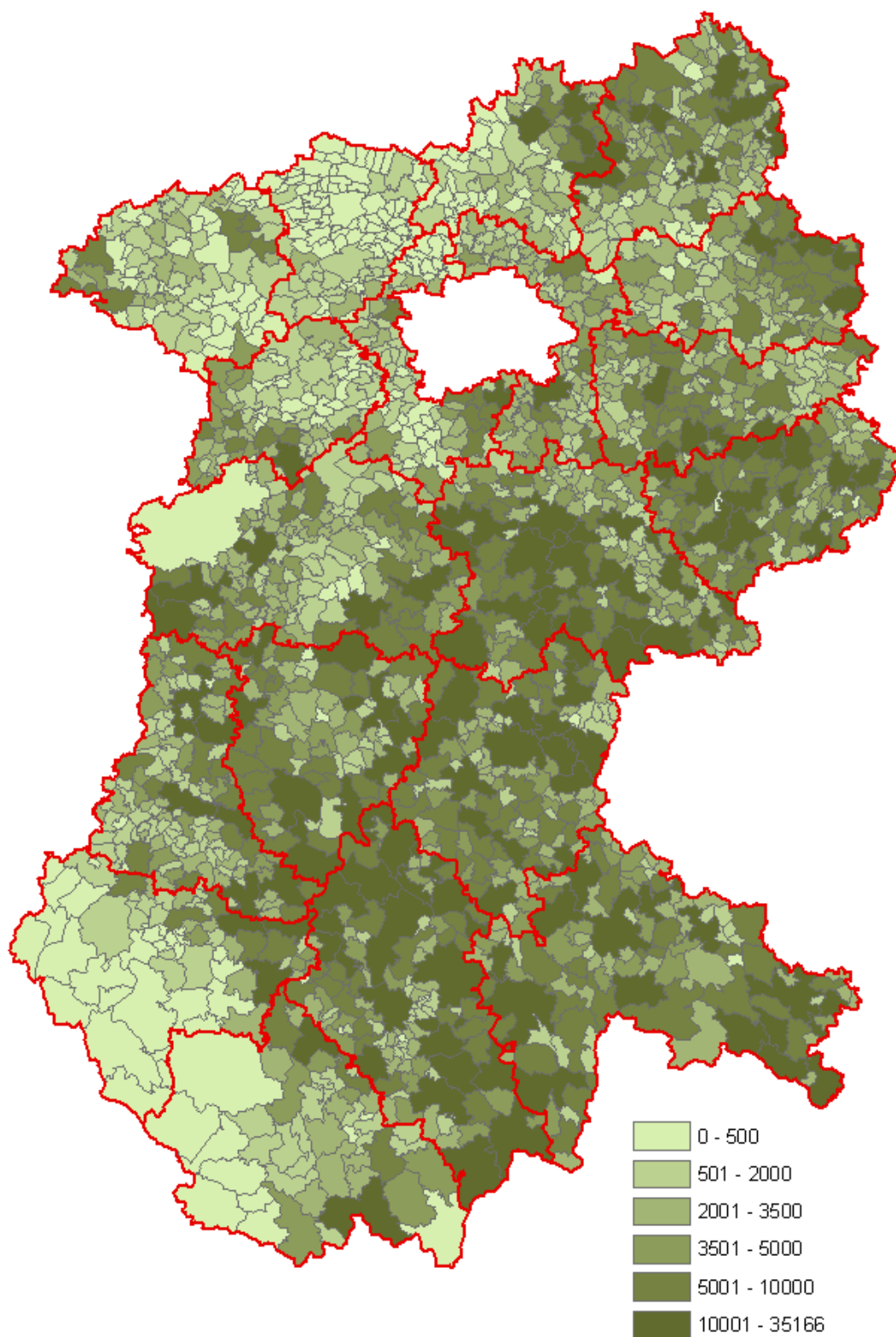
Příloha A: Intenzita topné sezóny v obcích ČR



Zdroj: autor

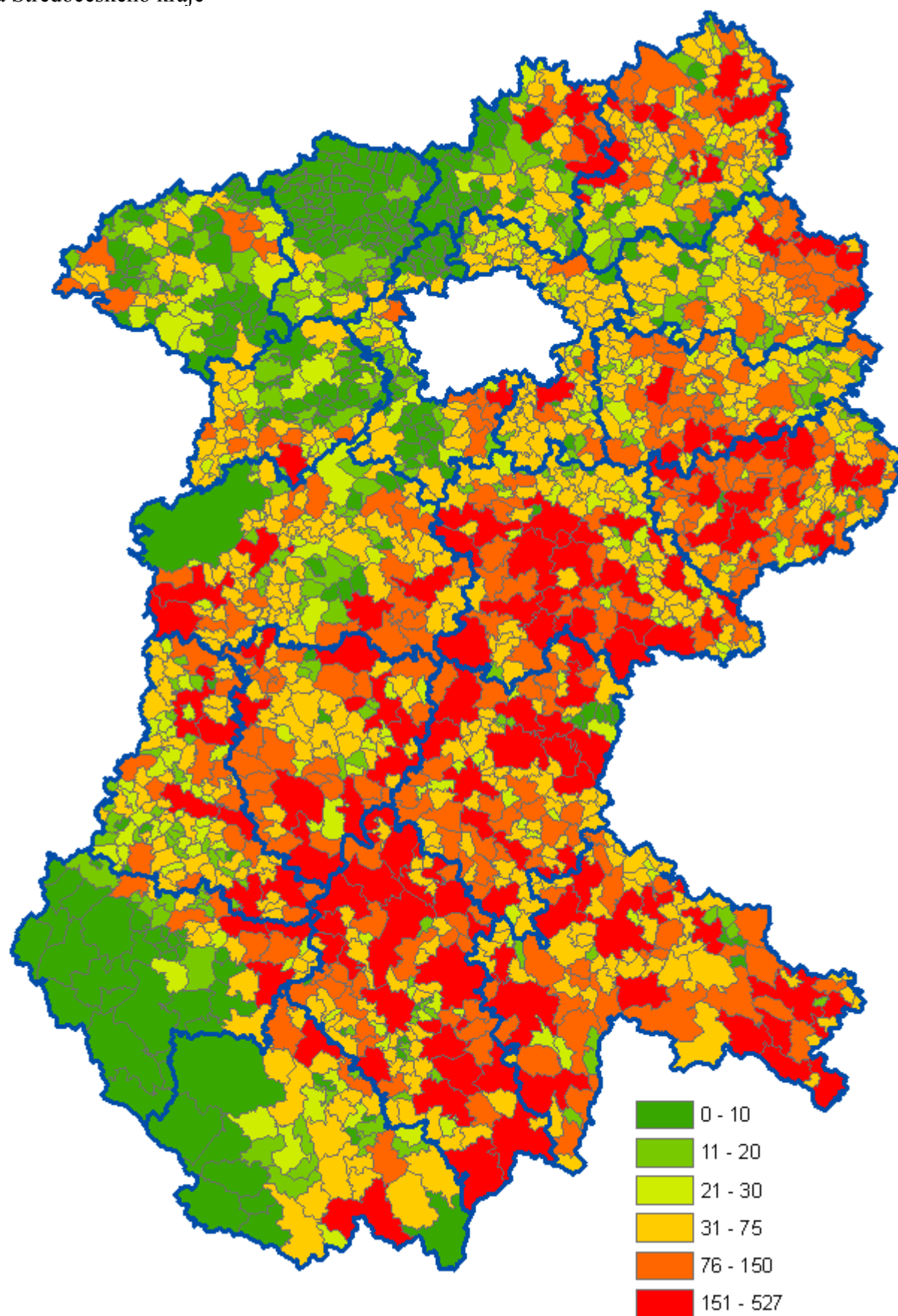


Příloha B:  
Potenciální výnos sušiny rychle rostoucích dřevin (t/rok) v obcích Jihočeského a Středočeského kraje



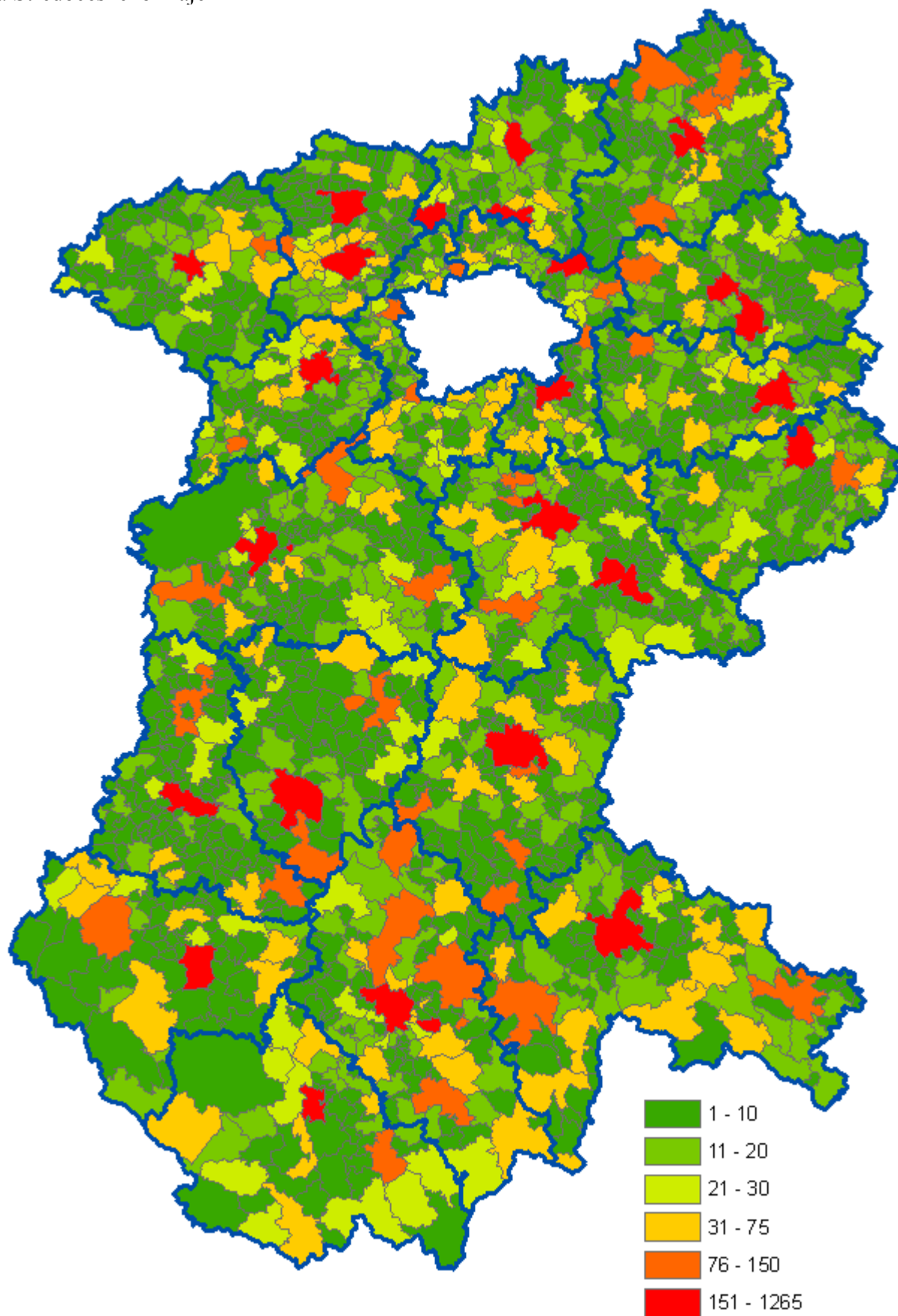
Zdroj: autor

Příloha C:  
Potenciální výnos energie (TJ/rok) z rychle rostoucích dřevin v obcích Jihočeského  
a Středočeského kraje



Zdroj: autor

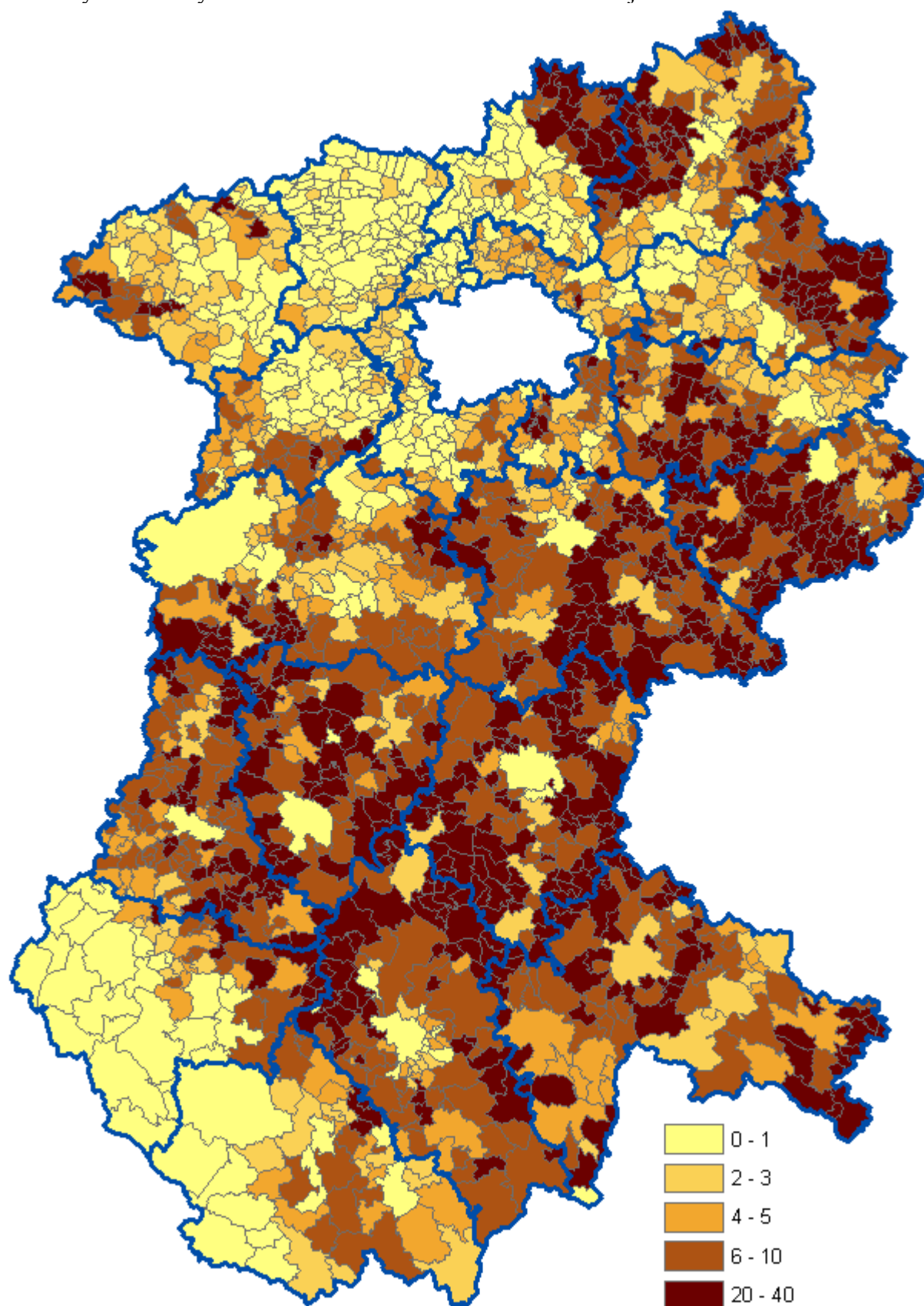
Příloha D:  
Vypočtená spotřeba tepla (TJ/rok) pro trvale obydlené domy domů v obcích Jihočeského  
a Středočeského kraje



Zdroj: autor

Příloha E:

Poměr potenciálního výnosu energie z rychle rostoucích dřevin a vypočtené spotřeby tepla pro trvale obydlené domy v obcích Jihočeského a Středočeského kraje

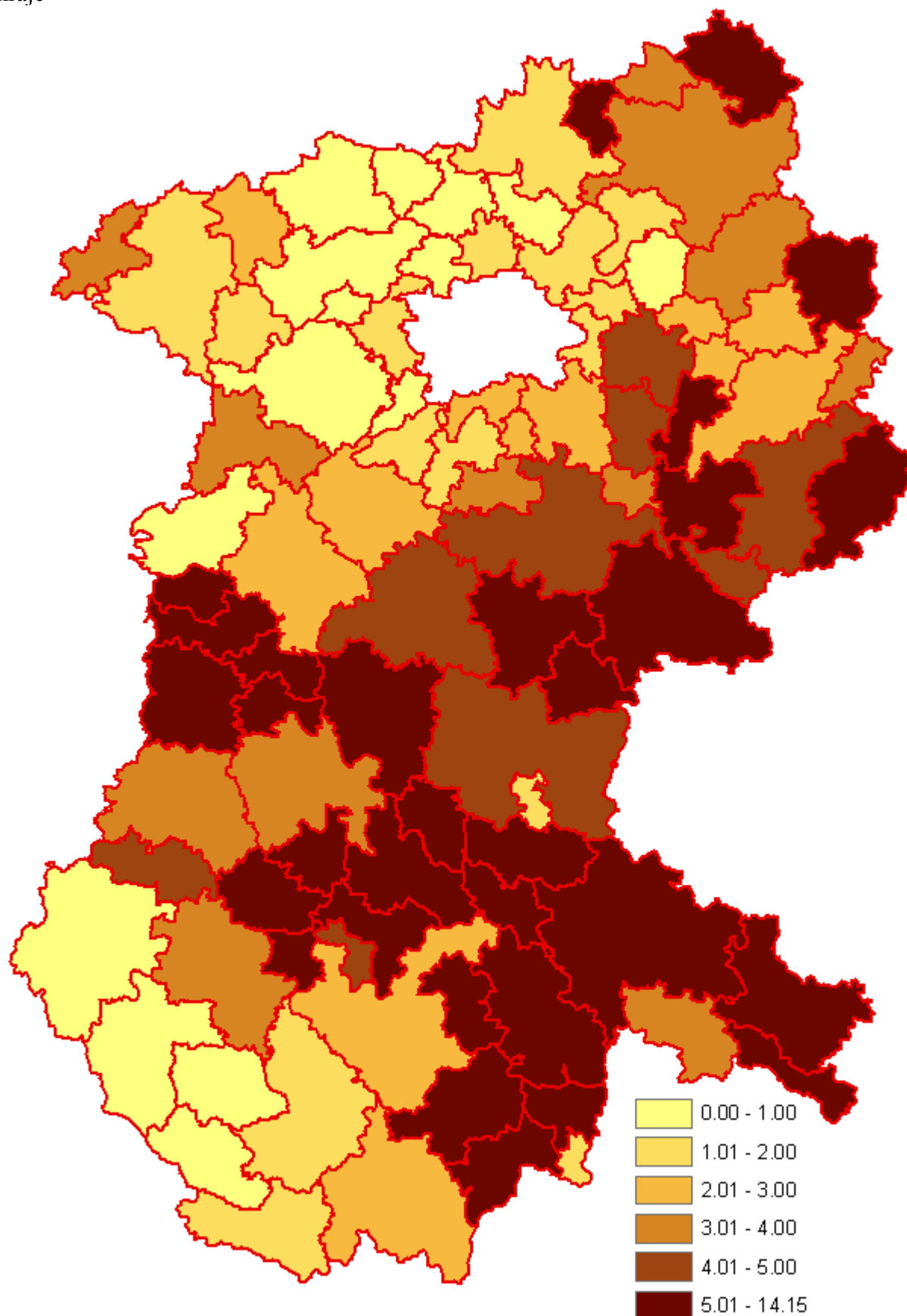


Zdroj: autor



Příloha F:

Poměr potenciálního výnosu energie z rychle rostoucích dřevin a vypočtené spotřeby tepla pro trvale obydlené domy v obvodech působnosti pověřených úřadů Jihočeského a Středočeského kraje



Zdroj: autor