

5. АНАЛИЗА И СИНТЕЗА РЕЗУЛТАТА ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

5.1. СИНТЕЗНИ ПРИКАЗ ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА И РЕЗУЛТАТА У ПРАКСИ НА МЕЂУНАРОДНОМ НИВОУ

Европска унија (тада још Европска економска заједница) прихватила је све закључке Прве светске климатске конференције 1979. Европске метеоролошке службе биле су увек у првим редовима истраживања и увођења у примену обновљивих (климатских) извора енергије.

Најважнији резултати истраживања климатских енергетских потенцијала у Европи су (СЕС, 1984, 1989, 2000), (ЕС-JRC, :2004)

European Solar Radiation Atlas, 1984

European Wind Atlas, 1989

European Solar Radiation Atlas, 2000

GIS Assessment of Solar Energy in Europe, 2004

О овим кључним резултатима рада на процени ресурса сунца и ветра већ је било говора у поглављу 2.

Последњих година ЕУ је донела низ стратешких докумената везаних за одрживи развој. Кључни документ је »Директива европског Парламента и Савета о унапређењу производње електричне енергије из обновљивих ресурса«, којим се предвиђа да ЕУ 2010. производи 22% електричне енергије из обновљивих извора. Донета је стратегија, средњерочни програми и законодавна регулатива о обновљивим ресурсима и о пореским и кредитним олакшицама за примену ових ресурса. Донета је регулатива по којој пољопривреда, поред тога што је произвођач хране, постаје важан произвођач енергената (етанола и биодизела). Промовисан је појам »мултифункционална пољопривреда«, која растеређује Европу од енергетске зависности, данас највише изражене у транспорту (ЕУС, 1997, 2002, 2004), (ЕУР 2001, 2002, 2003, 2004).

У Европи је у току врло брза експанзија коришћења енергије Сунца и ветра. 1994. године, када је укупна инсталисана снага ветрогенератора у Европи била око 1500MW, прогнозирана је инсталисана снага од 4000MW за 2000. годину. У 2001. Европа је достигла снагу од 18000MW, а остатак света 8000MW. Када се узме у обзир да 1MW снабдева 1000 домаћинстава, то значи да је у 2001. години преко 25 милиона домаћинстава у свету добијало своју укупну електричну енергију од ветрогенератора. У 2002. години тај број домаћинстава премашио је 30 милиона.

Темпо пораста инсталисане снаге ветрогенератора је до сада био петоструко већи од прогнозираног. Актуелни план је да ће до 2010. инсталисана снага у свету, порастати на 120 000MW, при чему би европски удео био 75 000 MW (AGORES, 2002), (AWEA and EWEA, 2003).

Европска унија је постала покретачка снага тржишта ветрогенератора у свету. До скоро је коришћење обновљивих извора енергије зависило претежно од одговарајуће политичке воље, пореских олакшица и кредита. Данас се може рећи да је коришћење енергије ветра дошло до фазе у којој су ветрогенератори економски конкурентни и исплативи. Конкретно Данска производи ветрогенераторима већ више од 10%, а Немачка 3.5% своје укупне потрошње електроенергије.

Данас у ЕУ има око 20 милиона m² соларних колектора којима се добија топла вода и грејање. У овој области предњаче Аустрија и Грчка.

Полупроводници који претварају сунчеву енергију директно у електричну, називају се фотонапонске или соларне ћелије. Ове ћелије имају век трајања око 30 година и продају се са гарантним роком од 20 година.

На локалитетима без електричне мреже представљају већ сада јефтиније решење од дизел агрегата. Тржиште у свету расте брзином од 15% годишње (ЕЕА, 2002, 2004).

У свим секторима постоји сталан напредак, мада не тако буран као код ветрогенератора.

Колико је у овоме важна политика, и то како политика цена енергије, тако и локална политика стимулисања одређења за обновљиву енергију, види се на примерима немачких градова Фрајбурга и Фридрихсхафена (АГОРЕС, 2002).

Град Фрајбург је у заједници са комуналним електродистрибутивним предузећем организовао стимулацију инсталирања индивидуалних колектора. Средства за ту стимулацију добијена су таксом коју плаћају сви потрошачи електричне енергије. Град је тако добио велику количину чисте енергије, а да није морао да гради нове капацитете за постојеће електране на фосилно гориво или нуклеарку, који су поред тога и много скупљи.

У Фридрихсхафену је поред сличне стимулације остварена још једна корисна идеја која значајно побољшава економичност колектора. Наиме, када је у питању грејање (бојлера и станова), јавља се проблем облачних дана. Изградња индивидуалног резервоара топлоте је нерационалан и једва изводљив подухват. Зато се велике количине топлоте губе у топлим данима, а нема их на располагању у хладним. У Фридрихсхафену су изграђени заједнички резервоари топлоте за читаве станбене блокове, чиме је овај проблем решен. Велики резервоари топлоте су и јефтинији од низа малих, а и много боље чувају топлоту, па сачувају велики део топлоте од лета за зиму.

Занимљив је пример Минхена. У ранијем периоду стимулисани су термални соларни системи, а од 1995 и фотонапонски системи. Градска управа је набављала ПВ-системе по велетрговинским ценама и уступала их грађанима по истим ценама уз кредитне олакшице. Оваква политика је допринела и да цена система по инсталираном kW падне на половину.

Овакве иницијативе локалних власти допринеле су да се покрене експанзија обновљиве енергије, која је у једном периоду била у стагнацији.

У најновијем извештају Комисије Европске уније Савету и Парламенту Европе од 26.5.2004. (СЕС, 2004е), даје се детаљан преглед достигнућа, тешкоћа и перспективе, као и низ препорука о даљим активностима у подручју енергетске политике.

Као кључни приоритети у енергетској политици ЕУ истиче се потреба решавања два проблема: пораст зависности од увоза енергената и климатске промене. За решавање оба наведена проблема пресудан је значај четири Директиве о коришћењу обновљивих извора енергије и енергетској ефикасности (цитиране у Уводу ове Студије).

Развој на плану ОИЕ и ЕЕ не одвија се равномерно у свим државама чланицама. Са друге стране општи пораст потрошње енергије отежава достизање планираног удела од 22% у производњи електричне енергије од стране ОИЕ у 2010. По садашњим проценама тај удео ће достићи 18 до 19%. Главни проблеми су на терену регулативе и инфраструктуре.

Даљи проблеми везани су за брз пораст аутомобилског и авионског саобраћаја, уз заостајање шинског саобраћаја. Излаз се тражи у принципу "загађивач плаћа", који се већ дуже време примењује на индустрију, али не и на транспорт. Осим тога, све електропривредне организације дужне су да учествују у трошковима унапређења коришћења ОИЕ.

Циљ свих наведених мера је да се зауставе климатске промене, унапреди сигурност снабдевања енергијом и смањи сиромаштво у свету, закључак је Извештаја Комисије Европске Уније од 25.5.2004.

5.2. СИНТЕЗНИ ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА У СРБИЈИ

На почетку овог поглавља се мора истаћи да су у Србији у протеклих тридесет година изузетно ретко финансирана (од стране организација надлежних за ресор науке: интересне заједнице за науку, секретаријати, министарства,...) истраживања у области процене природних ресурса сунчевог зрачења и ветра. Аутори су успели да идентификују само два «трага» да су наведене организације нешто финансирале у овом домену:

- Једна студија о потенцијалу ветра (Густина аероенергетског потенцијала у Србији без покрајина), завршена 1984., у оквиру истраживачко-развојног пројекта «Нови извори енергије», координатор ИТН - САНУ
- Једно поглавље о параметрима сунчеве енергије (Меродавни хидрометеоролошки параметри сунчеве енергије као извора енергије), рађено 1983. у потпројекту «Топлотна примена сунчеве енергије», у оквиру истраживачко-развојног пројекта «Нови извори енергије», координатор ИТН - САНУ

Дакле, прошло је 20 година да би се на нивоу Србије поново појавио интерес за енергетски потенцијал сунчевог зрачења и ветра (ова Студија, по Јавном позиву Министарства за науку). Мора се признати да то охрабрује јер, значајан предуслов успешног коришћења сунчеве енергије и енергије ветра је познавање расположивих потенцијала.

Међутим, истраживања на овом пољу су ипак вршена у оквиру стручних институција и више на индивидуалном плану. У овом поглављу ће бити приказани само већи пројекти рађени на институционалном нивоу а одређен број индивидуалних публикација је цитиран и наведен у референцама ове студије (поглавље 11).

Приказ резултата ових истраживања неће бити хронолошки, већ према размерама подручја која су обрађивана, почевши од једног београдског «дивљега насеља» (микроразмере), преко мезоразмера (Београд), до макроразмера (Србија појединачно и/или Србија у оквиру пројекта бивше Југославије и Европе).

5.2.1 Синтезни приказ досадашњих истраживања енергије сунца у Србији

Микроразмере

Расположива сунчева енергија у Орловском насељу (Студија одрживе обнове Орловског насеља у београдској општини Миријево), (Маџура, В.,1994), (Гбурчик, В&П 1995б)

У анализи енергетског потенцијала Сунчевог зрачења у Орловском насељу (ОН), није се располагало подацима мерења директно на том подручју, па су за прорачуне и процену коришћени подаци вишегодишњих мерења на Метеоролошкој опсерваторији Београд-Зелено брдо и то: изворни подаци о свим компонентама зрачења, трајању сијања Сунца и облачности и изведени подаци (резултати ранијих истраживања у овом домену) о замућености и другим метеоролошким параметрима презентираним у поглављу о клими ОН. Израчунат је годишњи ход глобалног Сунчевог зрачења које пада на квадратни метар хоризонталне површине.

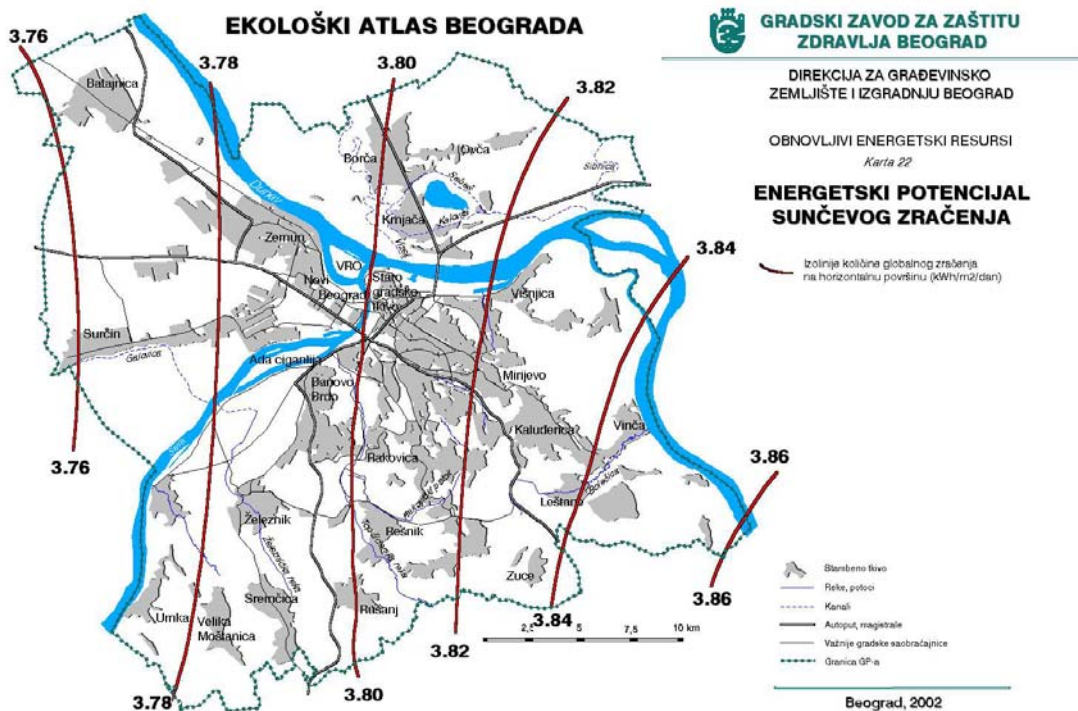
За основне процене енергетског потенцијала Сунца довољно је у прорачунима користити само глобално зрачење. Код детаљних прорачуна за избор локација и специфичних технологија користе се и подаци о другим компонентама зрачења, ради оптимизације читавог система.

Мезоразмере

Енергија сунца у оквиру Еколошког атласа Београда

(Еколошки атлас Београда, Градски завод за заштиту здравља, Београд, 2002) (GZZZ, 2002)
 Према приливу Сунчеве енергије територија Београда спада у релативно богатија подручја. Годишњи просек дневне количине енергије креће се од 3.76 до 3.86кWh/m², што је чак нешто боље од Северне Италије.

Просторна расподела енергије глобалног сунчевог зрачења на хоризонталну површину дата је у Еколошком атласу Београда Вол. Б Карта 22 (GZZZ, 2002). Карта енергетског потенцијала на територији Београда која је покривена генералним планом (Слика 5.2.1) има следеће карактеристике: Приказане су вредности средње дневне енергије глобалног сунчевог зрачења по квадратном метру хоризонталне површине (кWhm⁻²d⁻¹). Види се да линије једнаке сунчеве енергије (изопире) имају приближно меридионални правац пружања, што је последица топографских прилика Балкана и с тим у вези и услова облачности. Изопира 3.76 се пружа приближно западном границом територије ГП, док је на крајњем истоку те територије вредност 3.86кWhm⁻²d⁻¹. То су вредности које сасвим поуздано обезбеђују масовно и економично коришћење сунчеве енергије код нас.



Сл. 5.2.1.1 Енергетски потенцијал сунчеве енергије на територији Београда (кWh/m²/дан).

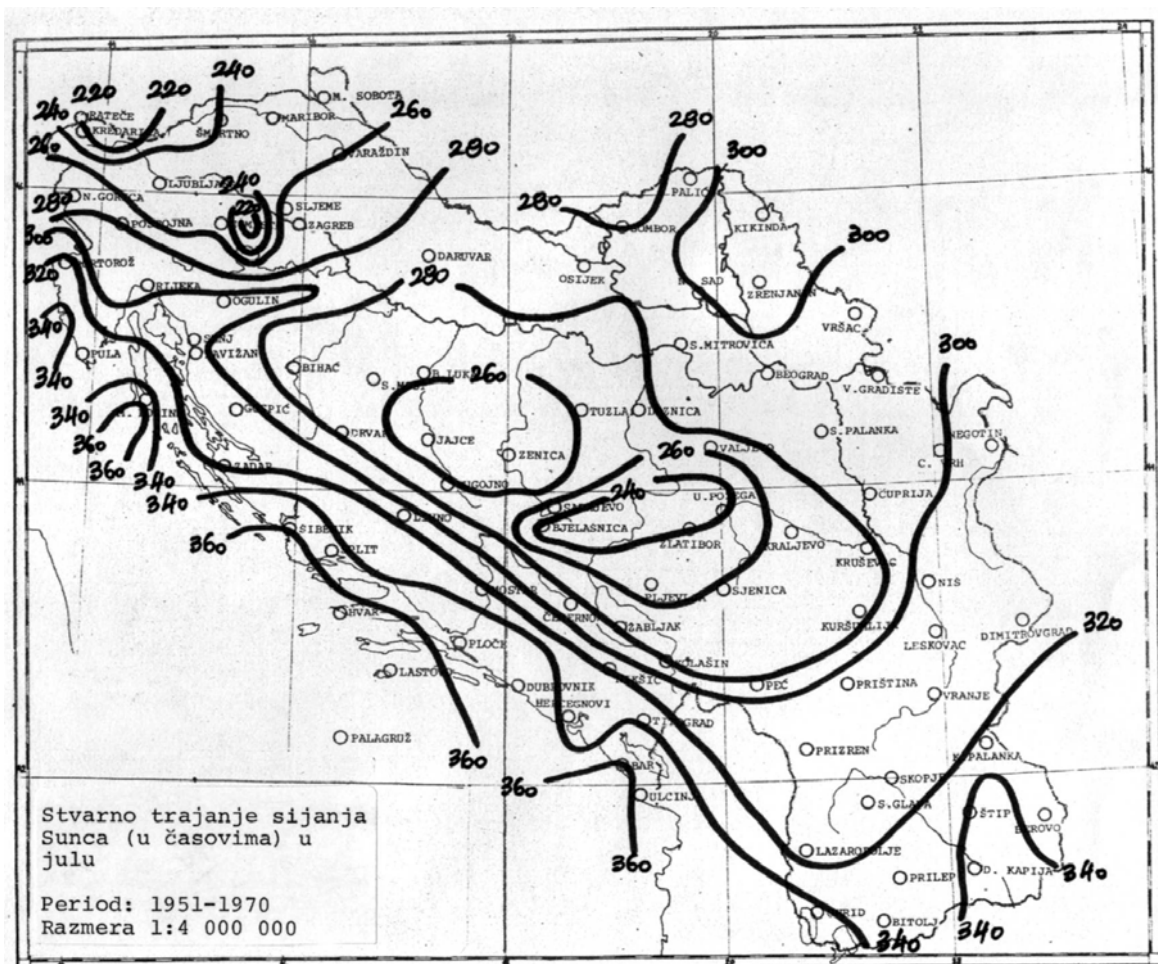
У јануару дневна количина глобалне Сунчеве радијације у Београду је од 1.1 до 1.4кWh/m², али у ведрим данима може да достигне преко 3кWh/m². Треба имати у виду да се у зимском периоду највеће количине Сунчеве радијације добијају управо у данима са најнижом температуром, односно баш када су и потребе за загревањем највеће. Овај привидни парадокс је условљен хлађењем у ведрим ноћима.

Треба такође имати у виду да се овде ради о приливу зрачења на хоризонталну површину јер се тако поставља сензор за мерење зрачења. Међутим соларни колектори се постављају у оптималан положај, тј. приближно управно на сунчеве зраке, па тако примају значајно више енергије. На пример: у јануару, површина оптималне оријентације (S) и нагиба (45°) прима за око 70% више енергије него хоризонтална површина.

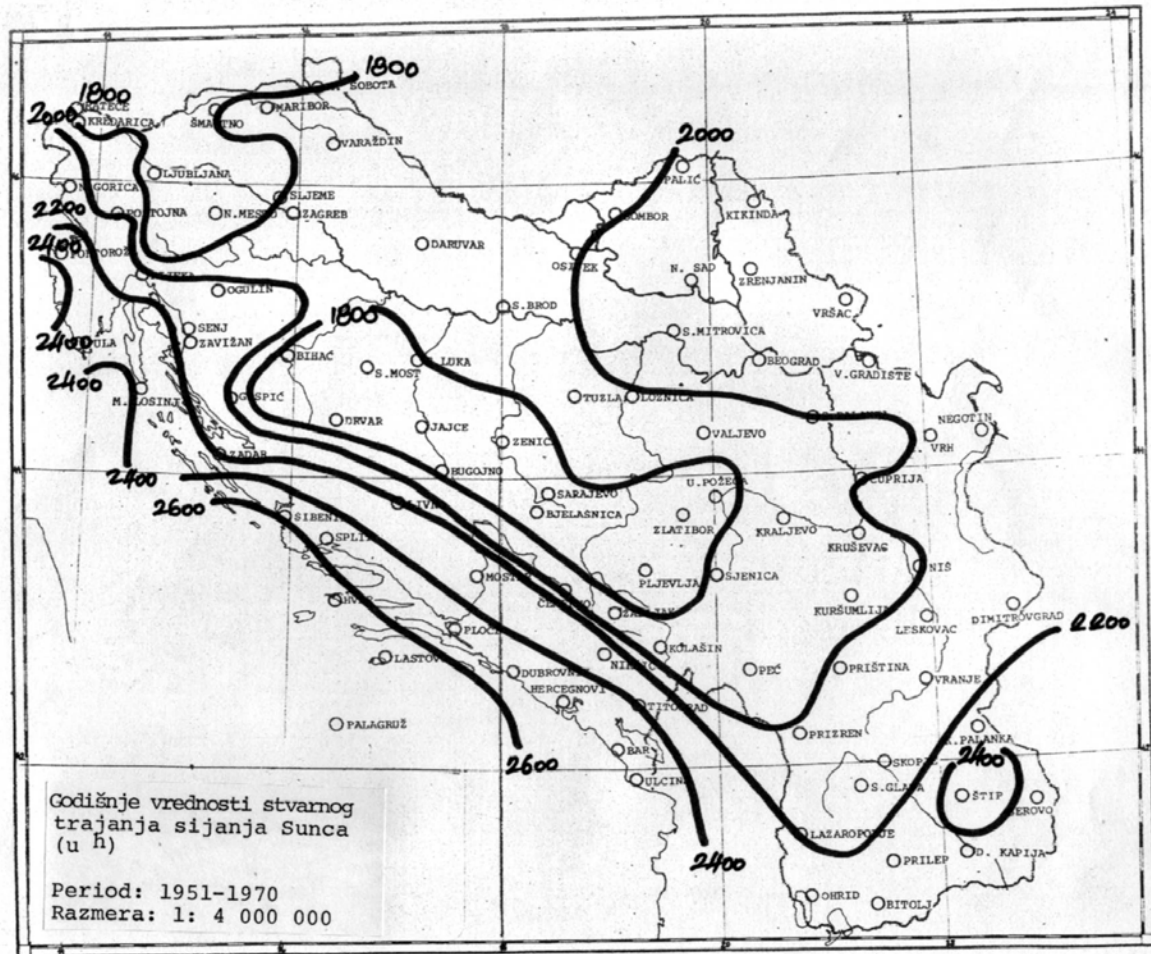
Макроразмере

Стварно трајање сијања сунца- Савезни хидрометеоролошки завод (СХМЗ)

У оквиру пројекта СХМЗ «Анализа стварног трајања сијања сунца у Југославији» рађеног 1979. године, обрађени су подаци са 128 мерних станица (од чега 36 станица Србије) за период 1951-1970. Резултат овог рада је 12 месечних карата и једна годишња које приказују изохеле средњих месечних одн. средње годишње вредности (Гбурчик, В, 1980б). На Сликама 5.2.1.2 и 5.2.1.3 су приказане карте за јул и годину.



Слика 5.2.1.2 Стварно трајање сијања сунца у Југославији у јулу месецу



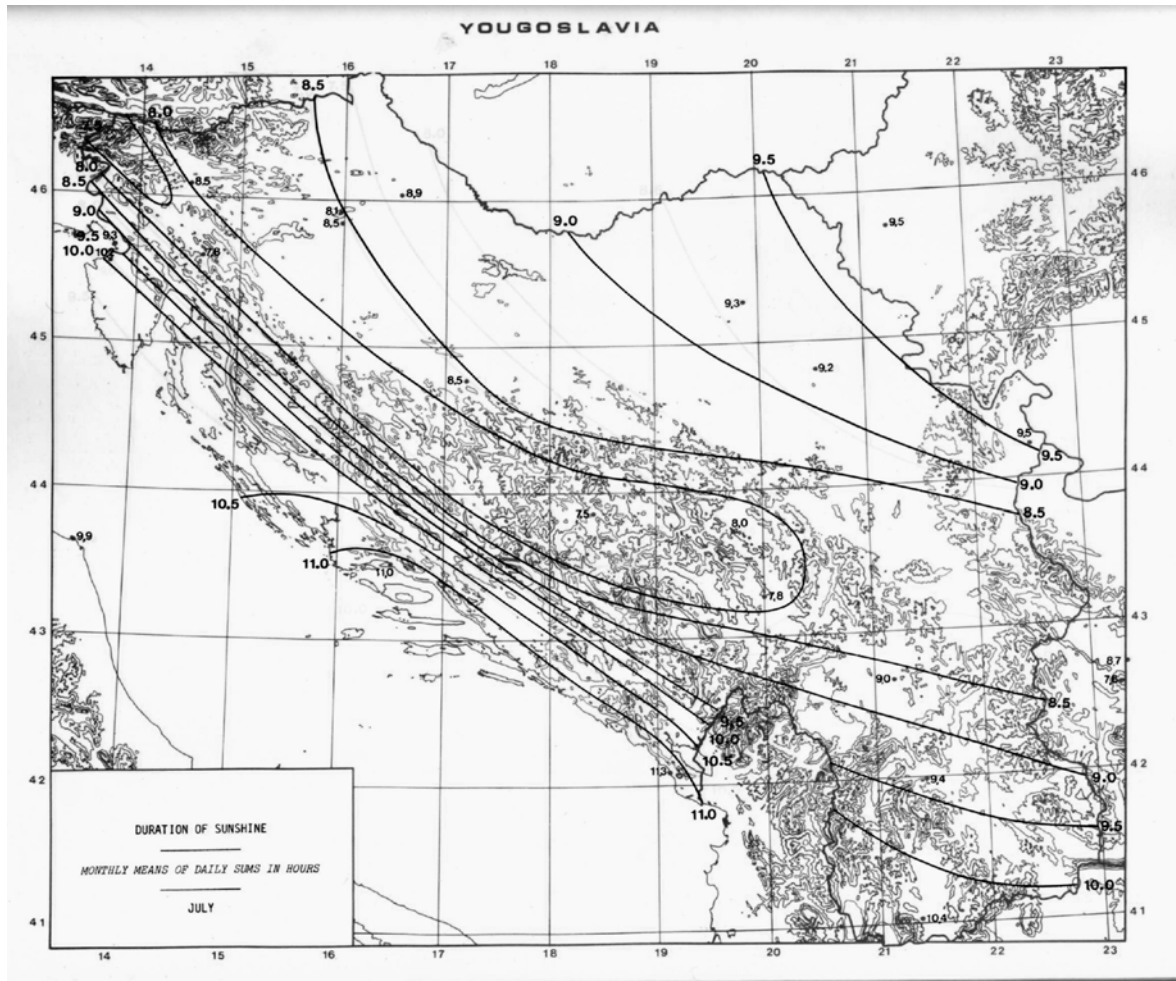
Слика 5.2.1.3 Стварно трајање сијања сунца у Југославији, за годину

Стварно трајање сијања сунца у пројекту за Медитеран Комисије Европске заједнице

(«Distribution du rayonnement solaire dans les regions limitrophes du bassin mediterraneen oriental et occidental»), (СЕС, 1982).

Савезни хидрометеоролошки завод је био укључен у пројекат Европске заједнице «Distribution du rayonnement solaire dans les regions limitrophes du bassin mediterraneen oriental et occidental» (Гбурчик В., руководилац за територију Југославије). Поред података и мапа за целу територију Медитерана обрађене су и мапе за појединачне државе (СЕС, 1982). На Слици 5.2.1.4 је приказана јулска мапа за Југославију.

Разлика у односу на мапе урађене у претходно приказаном пројекту СХМЗ, је у томе да су овде рађене мапе са просечним дневним вредностима трајања сијања сунца (у дестинама сата), док су у пројекту СХМЗ рађене мапе са просечним укупним месечним трајањем сијања сунца (у сатима).



Слика 5.2.1.4 Средње дневне вредности трајања сијања сунца у јулу

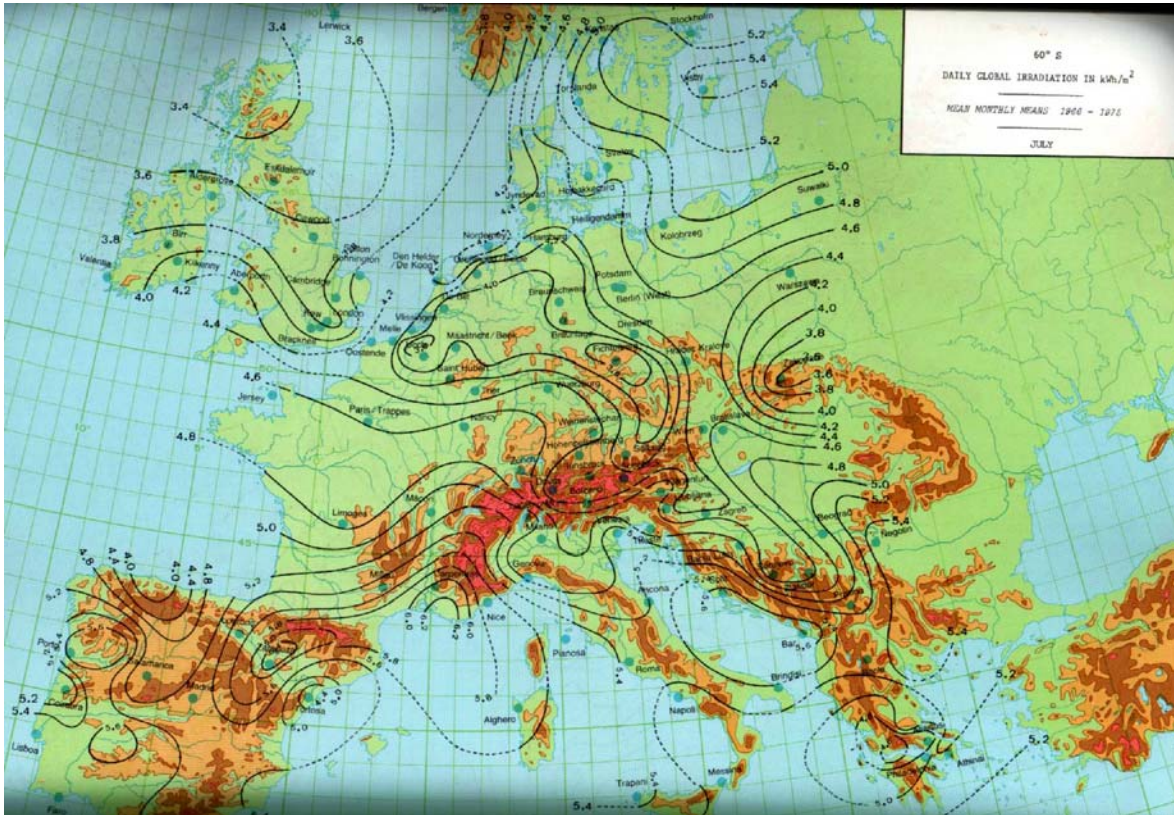
Енергија сунчевог зрачења у Европском атласу сунчевог зрачења
(European Solar Radiation Atlas, Vol. I Horizontal Surfaces, Vol. II Inclined Surfaces)

СХМЗ је био укључен и у овај пројекат (Гбурчик, В, руководилац за територију Југославије) Комисије Европске заједнице (СЕС, 1984а, 1984б). У Атлас је укључено 12 репрезентативних станица Југославије које су и пре тога биле у Светској мрежи станица за сунчево зрачење из које се подаци прикупљају и обрађују у Светском центру за податке зрачења у Лењинграду (сада Ст. Петербург).

Мрежа југословенских станица је тада била једна од најбољих у Европи, што је видљиво и из Атласа, односно квалитета података. Све станице су имале временску серију од 10 година са подацима континуираних регистрација (тада савремених солариграфа) глобалног и дифузног зрачења и трајања сијања са хелиографа.

Примера ради, из тадашње ДР Немачке је било укључено 4 станице које су имале само податке о глобалном зрачењу. Грчка је била укључена са 9 станица од којих је само једна имала глобално зрачење, остале само сијање сунца. Потпуно комплетирани низови и квалитетне сетове сатних вредности свих компонената имале су, поред Југославије (12 станица, од чега 4 из Србије), још и Аустрија (5 станица), Швајцарска (3 станице) Пољска (4 станице) и Холандија (5 станица). Данас се у Србији не мери зрачење ни на једној станици, и тоје тако од 1991.

О самом Европском атласу сунчевог зрачења већ је било доста речи у претходним поглављима, а као илустрација једне од мапа овог атласа је Слика 5.2.1.5.



Слика 5.2.1.5 Глобално сунчево зрачење на површину оријентисану ка југу под углом од 60°

5.2.2 Синтезни приказ резултата досадашњих истраживања енергије ветра у Србији

Истраживање енергије ветра код нас је започето крајем седамдесетих година двадесетог века. У то време су све напредније земље почеле систематски рад на том плану у оквирима својих метеоролошких служби. Код нас метеоролошка служба није до данас посвећивала пажњу овом проблему, па су се све активности на овом плану одвијале или уз помоћ спорадичних акција САНУ. Савезног министарства за енергетику, Комисије Европске заједнице и Електропривреде Србије. Због тога се рад одвијао са великим прекидима и без стратешке подршке.

Микроразмере

Расположива енергија ветра у Орловском насељу (Студија одрживе обнове Орловског насеља у београдској општини Миријево), (Мацура, В., 1994), (Гбурчик, В&П 1995б)

Режим ветра је у Београду мерен на више места у различитим периодима. Најважнија места и истовремено места са дугим низовима су две опсерваторије (Врачар и Зелено брдо). Пошто на локацији Орловског насеља нема мерења ветра, коришћене су израчунате вредности на основу података са две поменуте опсерваторије. Средње месечне вредности се крећу од 5.6m/s у марту (максимум) до 3.4m/s у јулу и августу минимум. Средња годишња вредност је 4.3m/s.

Енергија је рачуната за висине од 10 и 20m. Енергије се иначе рачунају и за висине преко 100m, али је то овде изгледало депласирано, с обзиром да се претпоставља коришћење за мале потрошаче. Максималне суме енергије ветра се добијају у марту и то на висини од 10m у марту количина од 171.4кWh/m², а на висини од 20m такође у марту количина од 301.4кWh/m². Види се да је на висини од 20m количина енергије скоро двострука у односу на висину 10m. Период значајних вредности сума енергије обухвата зимске месеце од новембра до априла. Количине енергије у периоду мај-октобар су осетно мање, па у месецима јулу и августу падају на свега 37кWh/m². Због овако неравномерне расподеле у току године, мање је значајно разматрање укупне годишње суме, која износи 1170.2кWh/m² на висини од 10m, а 2057кWh/m² на висини од 20m.

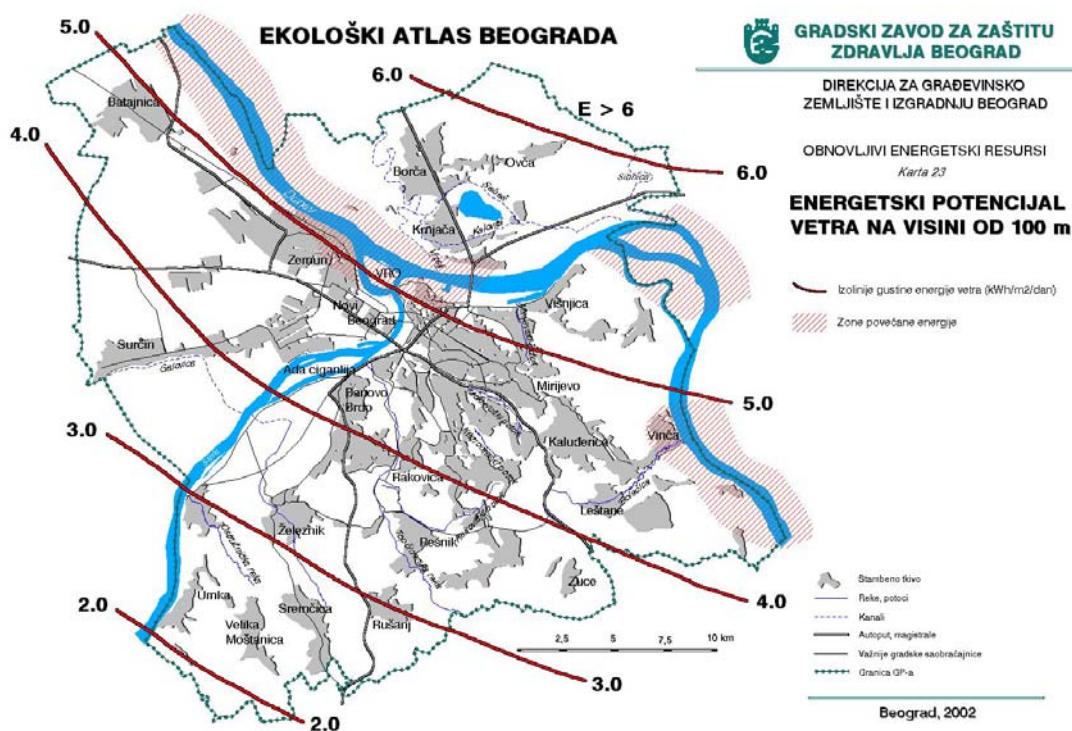
Мезоразмере

Енергија ветра у оквиру Еколошког атласа Београда (Еколошки атлас Београда, Градски завод за заштиту здравља, Београд, 2002) (GZZZ, 2002)

Београд се налази у зони умерено континенталне климе. Умерени појас се простире од 40⁰ до 60⁰ N, а у њему температуре постепено опадају од југа ка северу. Уколико се нека локација налази дубље у континенту разлике између лета и зиме се појачавају, то је климатолошка карактеристика континенталности. У нашем подручју интензитет континенталности расте у смеру према североистоку, тј. ка дубини континента Азије и Сибира. Унутар те, већ по себи сложене ситуације, имамо специфично "кошавско" подручје чије су карактеристике диктиране планинама Србије, Карпата и омеђеним делом Паноније. У таквом климатском региону налази се Београд са својим локалним специфичностима.

Локалне специфичности Београда се могу поделити на три групе утицаја:

- утицај топографије (вертикални градијенти),
- утицај подлоге (реке, копно, вегетација),
- утицај структуре града (топотно острво града).



Сл. 5.2.2.1 Просторна расподела енергије ветра на територији Београда

Енергија ветра. Карта густине енергетског потенцијала ветра на територији Београда (Вол. Б Карта 23. На њој су приказане вредности средње дневне енергије ветра по квадратном метру површине брисане елисом ($\text{kWhm}^{-2}\text{d}^{-1}$) на висини од 100m изнад тла. Линије једнаке енергије ветра пружају се у правцу SE-NW, што је на овој територији и општи правац тока Дунава, а карактеристично издужење руже ветра пружа се истим правцем.

Карта је конструисана на бази методологије European Wind Atlas, локалних мерења ветра на висини од 10m и анализе услова "рапавости" тла. На основу тих елемената израчуната је брзина ветра и енергија на висини од 100m. Најмањи коефицијенти рапавости су изнад воде, па се повећање расположиве енергије добија уколико на дужој траси ветар дува изнад воде. Тако се веће енергије од генерално израчунатих могу очекивати на деловима дунавских обала које се пружају правцем преовлађујућих ветрова. Ови делови су означени шрафуром.

Линије једнаке енергије ветра пружају се у правцу SE-NW, што је на овој територији и општи правац тока Дунава, а карактеристично издужење руже ветра пружа се истим правцем. Није, дакле, случајно да аласи са Дунава признају само два карактеристична ветра: кошаву из смера SE и горњак из смера NW. Максималне вредности енергије добијају се у североисточним деловима шире територије Београда. Видно је изразито слабљење енергије ветра у југозападним деловима територије.

Макроразмере

Енергија ветра у Студији у оквиру ИР Пројекта «Нови извори енергије», САНУ (Густина аероенергетског потенцијала у Србији, (Гбурчик, П, 1984б)

Основни задатак Студије је био добијање просторне расподеле енергије ветра, да би се омогућила оцена повољности појединих подручја за коришћење енергије ветра. Најпрецизнији начин израчунавања снаге и енергије ветра користи податке мерења из термина осматрања или са регистираних трака. Рачунски поступак захтева одређивање расподеле честина брзина ветра. Расподела честине брзине ветра је веома важан климатски показатељ уопште, а посебно је значајан са становишта енергије, јер померање максимума честина брзина ка већим вредностима доноси повећање енергије сразмерно трећем степену тих повећаних брзина.

Када се не располаже скупом мерених података, већ само публикованим средњим вредностима, може се користити теоријска расподела (Weibull), приказана у поглављу 3 ове Студије. Теоријска расподела честина у највећем броју случајева добро задовољава стварне расподеле честина. Још једноставнија процедура дата је у US - Standardu DWIA (2003а).

Увођење теоријске расподеле честина омогућава да се добије расподела честина и за податке којима се располаже само у облику средњих вредности, што је био случај и при изради Студије САНУ.

На тај начин се даље може приступити израчунавању густине аероенергетског потенцијала. Расположена енергија је израчуната у $\text{kWhm}^{-2}\text{a}^{-1}$ и приказана је у табели 3 Студије САНУ и на картама. Једна од тих карата је овде приказана на слици 5.2.2.2.

Рејонизација промене ветра са висином се спроводи уколико се не располаже мерењима са високих стубова, процена интензитета ветра и одговарајуће густине снаге може се добити на два начина. Један се састоји у томе да се користи теоријска зависност брзине ветра од висине. У условима адијабатске односно индиферентне стратификације та зависност је логаритамска, па је уобичајен назив логаритамски профил ветра. У стабилној атмосфери промена ветра са висином је бржа, па се користи експоненцијални профил. Други начин процењивања интензитета ветра на висини састоји се у коришћењу емпиријских података са места на основу мерења на торњевима.

Промена брзине ветра са висином не зависи само од карактера подлоге, већ и од стратификације атмосфере, која се мења у зависности од временских прилика, као и од доба дана и године.

У нашим крајевима је стабилна стратификација у најнижим слојевима атмосфере најчешћа у зимским месецима. Она је изузетно важна зато што маскира велике количине енергије на висинама преко 100m. Коефицијент α може да има вредности од 0,1 до 0,4 и најбоље се одређује мерењима помоћу торњева и везаних балона. У недостатку таквих мерења, може се процењивати и помоћу одређених критерија.

Подаци о ветру на стандардној висини за низ станица у Србији, подвргнути су обради по експоненцијалном профилу.

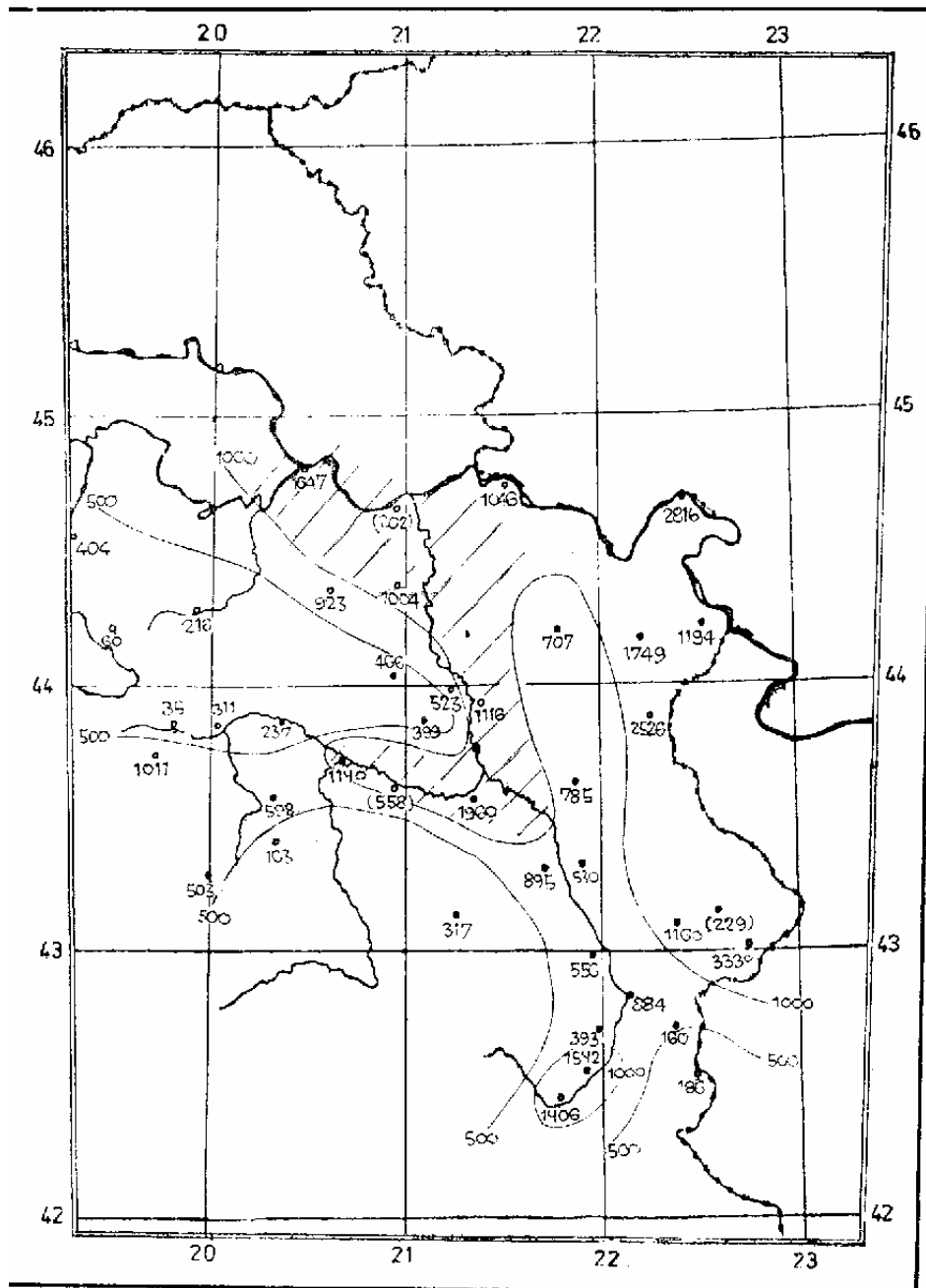
Услови рапавости тла у СР Србији су подељени на пет група и за те групе се коефицијент креће у границама од 0,18 до 0,28. У тим станицама је извршена процена брзине ветра на већим висинама на основу мерења на висини од 10m и по једначини (3.2) из поглавља 3 ове студије.

Прегледне карте енергије ветра у Србији. Аероенергетски потенцијал изражава се најчешће на два начина. Један начин представљања, какав је примењен нпр. при изради Светске карте оријентационе процене енергије ветра (WMO-1981), односи се на просечне годишње вредности. У том случају даје се густина снаге која се изражава Wm^{-2} , при чему се подразумева вертикална површина нормална на смер струјања.

Други начин представљања је помоћу укупне количине енергије за одређени период, нпр. за једну годину. У том случају јединице су $kWhm^{-2}a^{-1}$. У добром делу климатских атласа, чак и када су намењени коришћењу енергије ветра није дата директно енергија већ сами подаци о брзини и учесталости појединих класа брзине, а израчунавање енергије на бази тих података препуштено је потенцијалним корисницима.

Просторна расподела аероенергетског потенцијала на висини од 10 до 200m, дата је у $kWhm^{-2}$ годишње. Иако вредности, на први поглед, осцилирају у прилично широким границама, испоставило се да је могуће дати картографски приказ. Вредности на висини од 10m, крећу се у областима са значајним потенцијалом претежно у границама од 200 до $400kWhm^{-2}$ годишње.

То су вредности које се за ту висину у свету сматрају значајним. Картографски приказ показује које су области најповољније. То су подручја источне Србије, затим Подунавља и мали део Посавине на запад од Београда, Поморавље и то претежно источна обала Велике Мораве, као и део Западне Мораве до ушћа Ибра.



Слика 5.2.2.2 Процењене вредности енергије ветра на висини од 100m на основу климатолошких података о ветру у Србији (Гбурчик, П, 19846).

Закључци из Студије САНУ 1984.

Процена енергије ветра као енергије која се обнавља у Србији неопходна је због ограничености ресурса који се не обнављају. И поред слагања теоријских процена и оперативног рада, неопходан је одрерђени критички став према овим проценама.

Карта енергетских потенцијала ветра може се добити на основу стандардних метеоролошких мерења, али би било пожељно оформити полигоне са специјалним мерењима, која би била регистрована на магнетним тракама, ради аутоматизоване обраде.

Енергија ветра је погодна за производњу електричне енергије. Расположиве количине енергије ветра у нашој земљи су значајне. Могуће је коришћење ове енергије помоћу малих аутономних јединица, међутим далеко већи значај има изградња крупних система.

Извршене обраде података са територије СР Србије (БП) показују да у једном делу Србије вредности геопотенцијала износе од 200 до 400кWhm⁻² годишње, на висини од 10m. На висини од 100m ове вредности износе 1000 до 2000кWhm⁻². То подручје са већим аероенергетским потенцијалом покрива Источну Србију, Подунавље до ушћа Колубаре, долину Велике Мораве (и то претежно десну обалу) или део долине Западне Мораве до ушћа Ибра.

Количина енергије којима се располаже у најповољнијим областима у Србији су мања него у неким најповољнијим областима у Европи, али ипак на висини од 100m у Подунављу се ради о количинама од 1000 до 2000кWhm⁻²а⁻¹.

Просторна расподела брзина ветра у Студији Електропривреде Србије (ЕПС)

("Могућност коришћења енергије ветра за производњу електричне енергије". (ЕПС (2002b))

У овој Студији су коришћени подаци са регистираних инструмената брзине ветра, односно десетоминутне вредности ових брзина, док су у Студији САНУ коришћени термински подаци, тј. три до осам података дневно. Са друге стране, простор који је у студији САНУ 1984 био покривен са 48 станица (територија Србије без покрајина), у Студији ЕПС је исту територију покривало само 16 станица. То је значило троструко мању густину покривености обрађене територије.

У Студији ЕПС није дата ни једна карта енергије или снаге ветра, већ сам карте средње брзине ветра.

Нејасно је зашто нису коришћени подаци Сурчина, Београдске опсерваторије - Зелено брдо ни Вршца који сигурно представљају мерне пунктове са највећим потенцијалом. То је даље смањило потенцијал кошаве, а последица тога је да ни математички модел који је коришћен није идентификовао постојање Кошавског подручја (ово се види на карти на Слици 5.2.2.3).

Коришћени нумеричко - физички модел атмосфере реаговао је само на утицај надморске висине, па се карта Војводине добија као компактно поље, са два ветровитија подручја, Вршачким Брдом и Фрушком Гором. Не види се да је Подунавље ветровито подручје.

Општи утисак је да су аутори већ на старту, изостављањем важних станица, допринели да постојање кошаве не буде идентификовано.

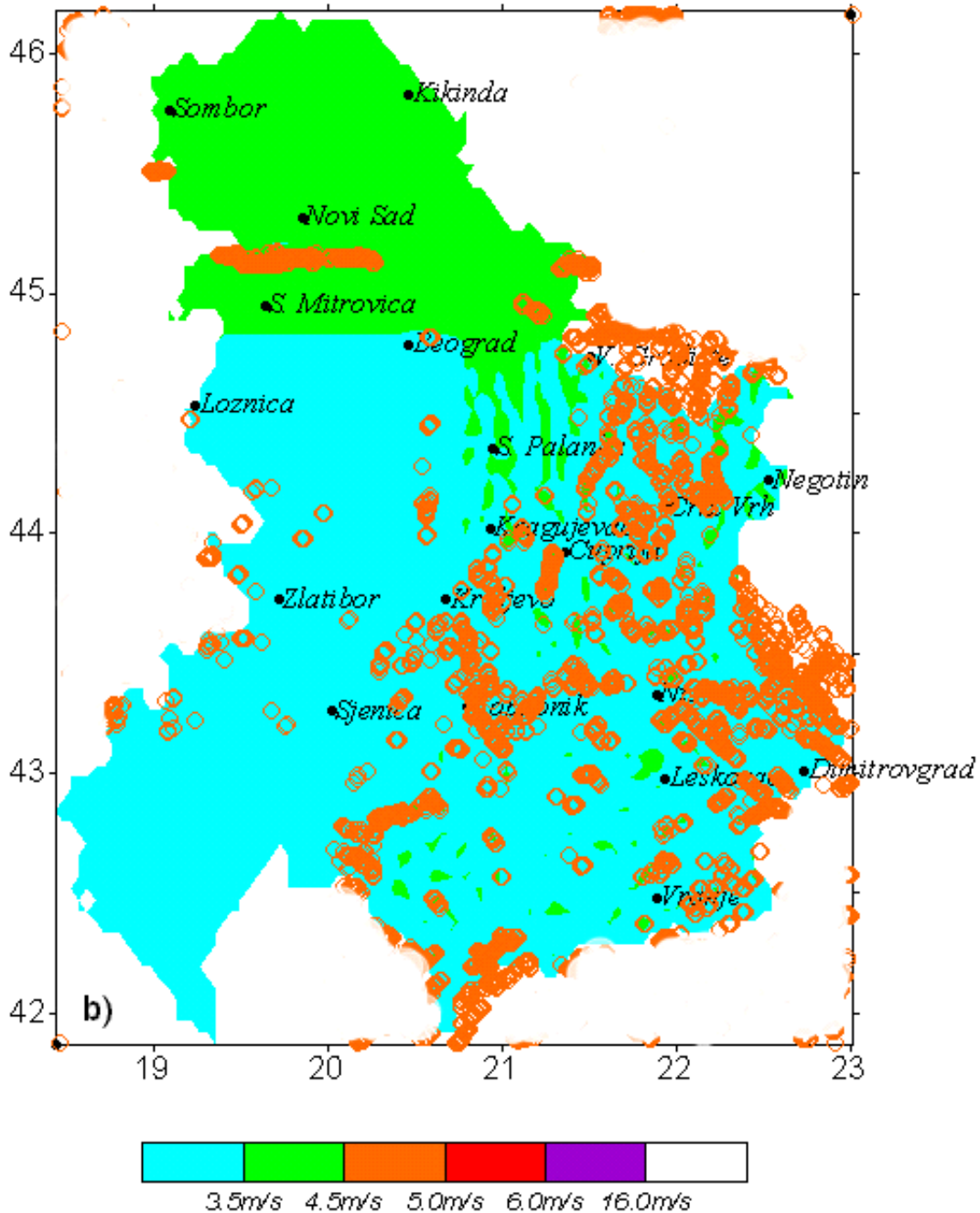
Упоређивањем карте ветра са Слике 5.2.2.3 са картама датим у поглављу 3, на сликама 3.4.2.1, 3.4.2.2, и поглављу 5 на слици 5.2.2.2 и мапама у поглављу 9 на сликама од 9.2.1 до 9.2.6, може се закључити следеће:

- На Слици 3.4.2.1 приказана је Карта ружа ветра за Кошавско подручје из Атласа климе Југославије (ХМСЈ, 1985). Главна карактеристика овог подручја је велика честина југоисточног ветра - кошаве. Осим тога већ се на овој карти види значајна честина већих брзина при југоисточном смеру ветра.

- На Слици 3.4.2.2 приказано је поље притиска на морском нивоу и резултујући ветар (Gburčik, P. 1984a). На овој слици се види затворена циркулација у доњем Подунављу, чиме је такође обележено кошавско подручје.

- На Слици 5.2.2.2 дате су процењене вредности енергије ветра на висини од 100m на основу климатолошких података о ветру у Србији (Гбурчик, П, 1984б). И на овој карти, на којој није обрађивана Војводина, добијене су веће количине енергије у Подунављу.

- На новим мапама (9.2.1 до 9.2.6) рађеним у оквиру ове Студије, кошовско подручје је изражено по значајно већим количинама енергије од околних, па и планинских области.



Слика 5.2.2.3 Карта локација у Србији са годишњим средњим брзинама ветра од 4,5 до 5m/s, одређених на бази десетоминутних средњих брзина ветра на висини од 50m

Ово упоређивање неколико мапа дато је јер је карта ветра из Студије ЕПС (Сл. 5.2.2.3), једина карта Србије у којој не постоји кошовско подручје. Уједно, ово потврђује потребу да се одређене постојеће методологије и модели морају кориговати према специфичностима топографских услова, чему је посвећено посебно поглавље 3.4 у овој студији.

5.3. РУДИМЕНТАРНА КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА РЕСУРСА У ЗЕМЉАМА ЕУ И СРБИЈИ НА ОСНОВУ ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

У циљу оцењивања нашег положаја у погледу расположивих климатских ресурса у односу на неке земље Европе које се налазе у првим редовима када је у питању коришћење ОИЕ, конструисане су прегледне табеле и графици, који показују релативне односе ових ресурса.

5.3.1 РЕСУРСИ СУНЦА

У Табели 5.3.1 станице су поређане по опадајућем низу средњих дневних вредности енергије глобалног зрачења на хоризонталну површину. Наше станице су високо рангиране по овом ресурсу.

Табела 5.3.1. Средња дневна (G) и максимална (Gmax) енергија глобалног зрачења на хоризонталну површину

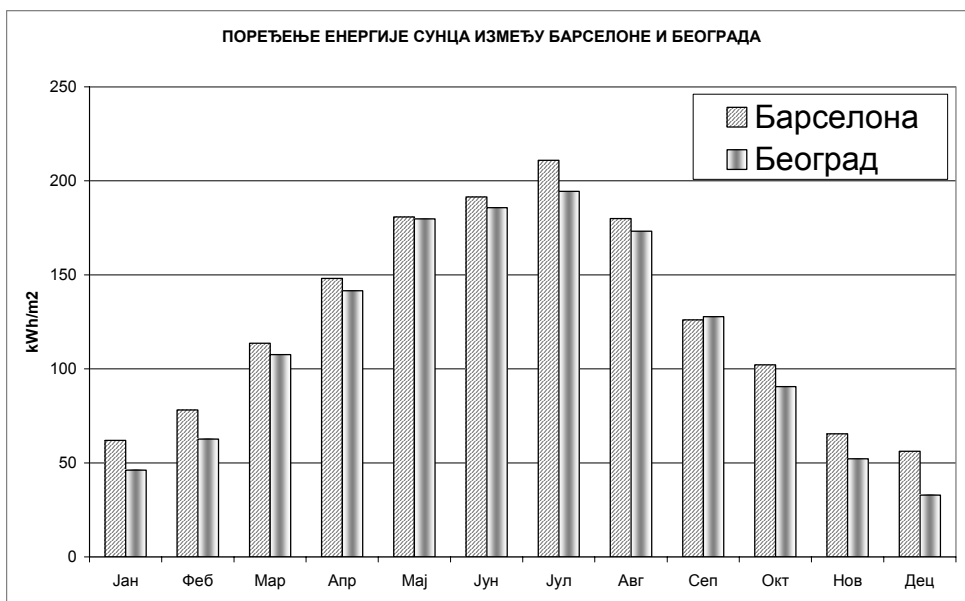
Држава	Град	Латитуда (N)	Лонгитуда (E)	Алтитуда (m)	G (kWh/m2)	Gmax (kWh/m2)
Израел	Бет Даган	32° 00'	34° 49'	30	5,44	6,46
Македонија	Битољ	41° 03'	21° 22'	586	4,39	6,27
Грчка	Атина	37° 58'	23° 43'	107	4,34	5,61
Француска	Ница	43° 39'	07° 12'	10	4,25	5,78
Италија	Рим	41° 48'	12° 35'	131	4,19	5,70
Шпанија	Барселона	41° 25'	02° 09'	177	4,15	6,00
СЦГ	Приштина	42° 39'	21° 09'	573	4,13	6,12
СЦГ	Неготин	44° 14'	20° 33'	42	4,13	6,25
Румунија	Букурешт	44° 30'	26° 13'	91	3,87	5,54
СЦГ	Београд	44° 47'	20° 32'	243	3,82	5,80
СЦГ	Златибор	43° 44'	19° 43'	1029	3,68	5,94
Италија	Венеција	45° 30'	12° 20'	6	3,53	5,19
БиХ	Сарајево	43° 50'	18° 20'	503	3,45	5,58
Мађарска	Будимпешта	47° 26'	19° 11'	130	3,42	5,20
Италија	Милано	45° 39'	13° 45'	20	3,40	5,15
Хрватска	Загреб	45° 49'	15° 59'	157	3,32	5,41
Аустрија	Клагенфурт	46° 39'	14° 20'	452	3,43	5,26
Швајцарска	Цирих	47° 27'	08° 33'	440	3,11	5,22
Француска	Париз	48° 46'	02° 01'	168	3,09	5,08
Аустрија	Беч	48° 15'	16° 22'	202	3,03	4,92
Словенија	Љубљана	46° 04'	14° 31'	299	2,99	5,00
Чешка	Праг	50° 04'	14° 26'	262	2,95	5,37
Аустрија	Салцбург	47° 48'	13° 00'	435	2,93	5,08
Шведска	Стокхолм	59° 21'	17° 57'	12	2,83	4,57
Немачка	Берлин	52° 28'	13° 18'	51	2,81	4,76
Данска	Каруп	56° 15'	09° 09'	58	2,74	4,67
Финска	Хелсинки	60° 19'	24° 58'	48	2,72	4,41
Холандија	Де Билт	52° 06'	05° 11'	40	2,71	4,61
Пољска	Варшава	52° 16'	20° 59'	130	2,67	4,58
Белгија	Укл	50° 48'	04° 21'	105	2,66	4,68
Британија	Брекнел	51° 23'	00° 47'	73	2,65	4,66
Норвешка	Берген	60° 24'	05° 19'	45	2,15	4,05

Извршена су и директна поређења неких важнијих станица. На Слици 5.3.1.1 извршено је поређење Београда и Бремена. У просеку је годишња сума енергије већа за око 45%, али је у току јуна, када је у Бремену максимум, већа само за 20%. Позно летња суша у Београду повећава разлику у енергији у корист Београда.



Слика 5.3.1.1 Упоредни график енергије сунца између Бремена и Београда

Београд у току читаве године има око 45% више сунчеве енергије од Бремена. Повољнија соларна клима у Београду није случајност. Бремен чак у Немачкој нема лошу позицију јер му близина северног мора даје бољу проветреност и мању замућеност ваздуха. Најнеповољније су у том погледу станице у централној Немачкој. Београд је у Србији локалитет са просечном енергијом сунчевог зрачења.



Сл. 5.3.1.2 Упоредни график енергије сунца између Барселоне и Београда

На Слици 5.3.1.2 извршено је поређење Београда и Барселоне. Барселона има око 10% више сунчеве енергије од Београда. Природно је да Београд има мање сунчеве енергије од једног медитеранског града. При томе је занимљиво да у септембру Београд чак има мало више сунца од Барселоне. С обзиром на постојећи тренд продужавања вегетационог периода ("Михољско лето") може се очекивати да се то преимућство продужи и на октобар.

5.3.2 Ресурси ветра

У упоредну табелу бољих локација за коришћење енергије ветра могу да уђу само станице из кошавског подручја. Избор је пао на Београд - Зелено брдо, јер Вршац због својих специфичности, има малу средњу годишњу брзину ветра.

Табела 5.3.2. Упоређење брзине и снаге ветра градовима Европе и Србије (избор станица које имају највеће брзине ветра мерене на 10m од гла)

Држава	Град	Латитуда (N)	Лонгитуда (E)	Алтитуда (m)	Брзина ветра m/s	Снага ветра W/m ²
Француска	Монт Егуал	44 ⁰ 07'	03 ⁰ 01'	1565	12,0	2281,0
Британија	Кернгорм	57 ⁰ 13'	03 ⁰ 39' W	1065	9,7	1204,7
Холандија	Тершелинг	53 ⁰ 21'	05 ⁰ 11'	1	7,4	534,9
Шпанија	Ел иеро	27 ⁰ 49'	17 ⁰ 53' W	31	7,3	513,5
Грчка	Наксос	37 ⁰ 00'	25 ⁰ 23'	9	6,8	415,1
Ирска	Белмулет	54 ⁰ 14'	10 ⁰ 00' W	9	6,8	415,1
Данска	Каструп	55 ⁰ 38'	12 ⁰ 40'	5	6,0	285,1
Португал	Санта Марија Азорска	36 ⁰ 58'	25 ⁰ 10'	100	5,8	257,5
Италија	Трапани	37 ⁰ 55'	12 ⁰ 30'	7	4,8	146,0
Србија	Зелено Брдо	44 ⁰ 47'	20 ⁰ 32'	243	4,6	129,9
Белгија	Мелсброк	50 ⁰ 54'	04 ⁰ 28'	36	4,4	112,4
Немачка	Бремен	53 ⁰ 03'	08 ⁰ 47'	3	4,3	104,9

Из упоређења појединих станица не треба извучити далекосежне закључке, јер су средње брзине само један од оријентационих показатеља повољности климатологије енергије ветра.

Табела 5.3.3. Упоредње брзине и снаге ветра у градовима Европе и Србије (избор станица које имају мале брзине ветра мерене на 10m од тла)

Држава	Град	Латитуда (N)	Лонгитуда (E)	Алтитуда (m)	Брзина ветра m/s	Снага ветра W/m ²
Холандија	Ајндховен	51° 27'	05° 25'	20	4,4	112,4
Данска	Тирstrup	56° 18'	10° 37'	25	4,1	91,0
Белгија	Спа	50° 29'	05° 55'	573	4,1	91,0
Британија	Бурнамонт	50° 47'	01° 50' W	10	4,1	91,0
Грчка	Солун	40° 31'	22° 58'	8	3,3	47,4
Ирска	Килкени	52° 40'	07° 16' W	63	3,0	35,6
Немачка	Штутгарт	48° 41'	09° 13'	373	2,5	20,6
Србија	Ниш	43° 20'	21° 54'	202	2,3	16,1
Португал	Виано до Кастело	41° 42'	08° 48'	16	2,3	16,1
Шпанија	Гранада	37° 11'	03° 47' W	569	2,3	16,1
Француска	Монт д Марсан	43° 55'	00° 30'	63	2,1	12,2
Италија	Милано	45° 26'	09° 17'	103	0,9	1,0

Из предходне табеле се види да чак тако ветровите земље као што је Ирска, имају локалитете и са slabим ветром.

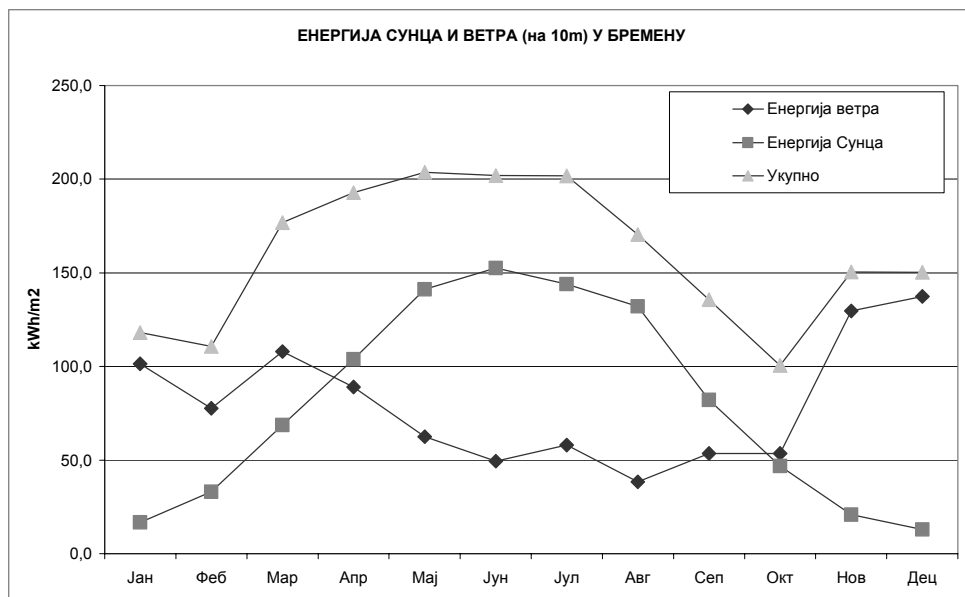
За упоређивање енергије ветра Бремена и Београда било је одлучујуће то што оба града припадају релативно ветровитим подручјима у својим земљама. С друге стране, Немачка је данас изузетно активна на плану увођења енергије ветра у електроенергетски систем земље, па се ту може доста научити.



Слика 5.3.2.1 Упоредње енергије ветра између Бремена и Београда - Зелено Брдо

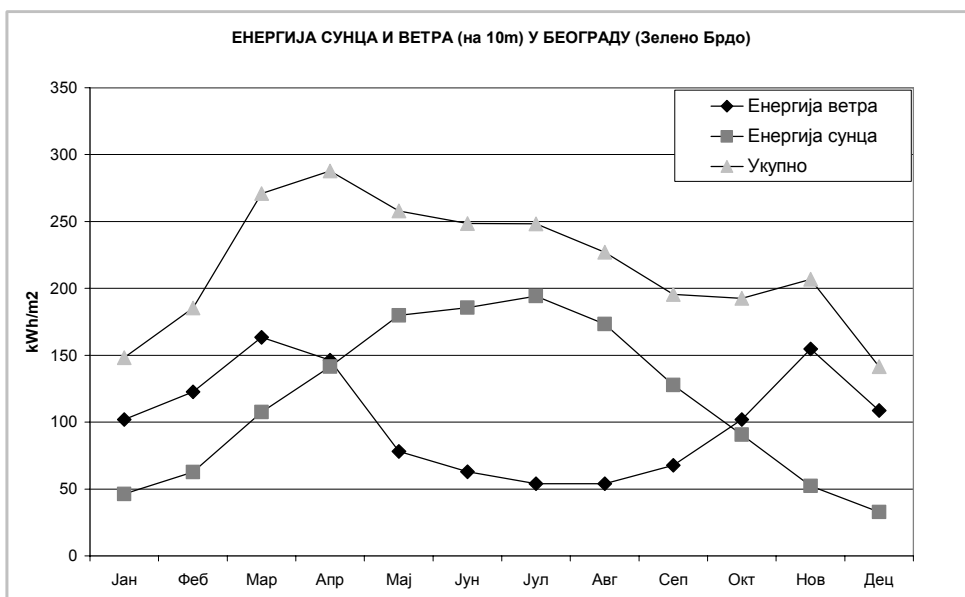
Наша станица има у пролећним месецима око 50% више енергије. Станица Бремен је лоцирана на аеродрому, без локалних препрека. Наша станица је лоцирана на гребену, али са густо изграђеном околином, која делује у супротном смислу од повољног ефекта гребена. Био би интересантан изазов једна детаљна анализа помоћу модела у GIS технологији.

Комплементарност енергије сунца и ветра испитана је и на примеру пара станица Бремен и Београд.



Слика 5.3.2.2 Упоредни графици годишњих ходова енергије Сунца и енергије ветра (на 10m), Бремен

У Бремену је добра комплементарност сунчеве и енергије ветра. Месечна сума енергије сунца креће се од 15кWh/m² у јануару и децембру до 150кWh/m² у јуну. Количник је 10. Енергија ветра се креће у распону од 40 до 140кWh/m² - количник је 3,5. Сумарна енергија је у распону од 100 до 200 кWh/m² -количник је 2. Комбинованим радом значајно се смањује амплитуда резултујућег ефекта система.



Слика 5.3.2.3 Упоредни графици годишњих ходова енергије Сунца и енергије ветра (на 10m), Београд - Зелено брдо.

У Београду, као и у читавом кошавском подручју, такође је јасно изражена комплементарност енергија сунчевог зрачења и ветра. Максимална месечна количина сунчеве енергије у Београду је у јулу 190kWh/m², а ветар има максимуме у априлу и новембру око 180kWh/m². Минимум за сунце је 40, а за ветар 60kWh/m². Однос максимума и минимума сунчеве енергије је 4,7:1, енергије ветра 3:1, док је тај однос код сумарне енергије 2:1.

Код разматрања комплементарности енергије сунца и ветра треба имати у виду да се код сунчеве енергије ради о флуксу енергије кроз хоризонталну површину, а код енергије ветра је вертикална површина брисана елисом. Зато се из ових разматрања не сме изводити закључак да над неком територијом има више енергије ветра него сунца или обрнуто.

У овом поглављу 5.3 је извршена рудиментарна компаративна анализа а у поглављима 9.1 и 9.2, након детаљне обраде и анализе података, извршене су компаративне анализе и картографски и може се закључити да Србија по потенцијалу сунчевог зрачења спада у горњу трећину земаља у Европи. Што се тиче ветра, енергетски потенцијал у Србији је упоредив са потенцијалом у Немачкој.