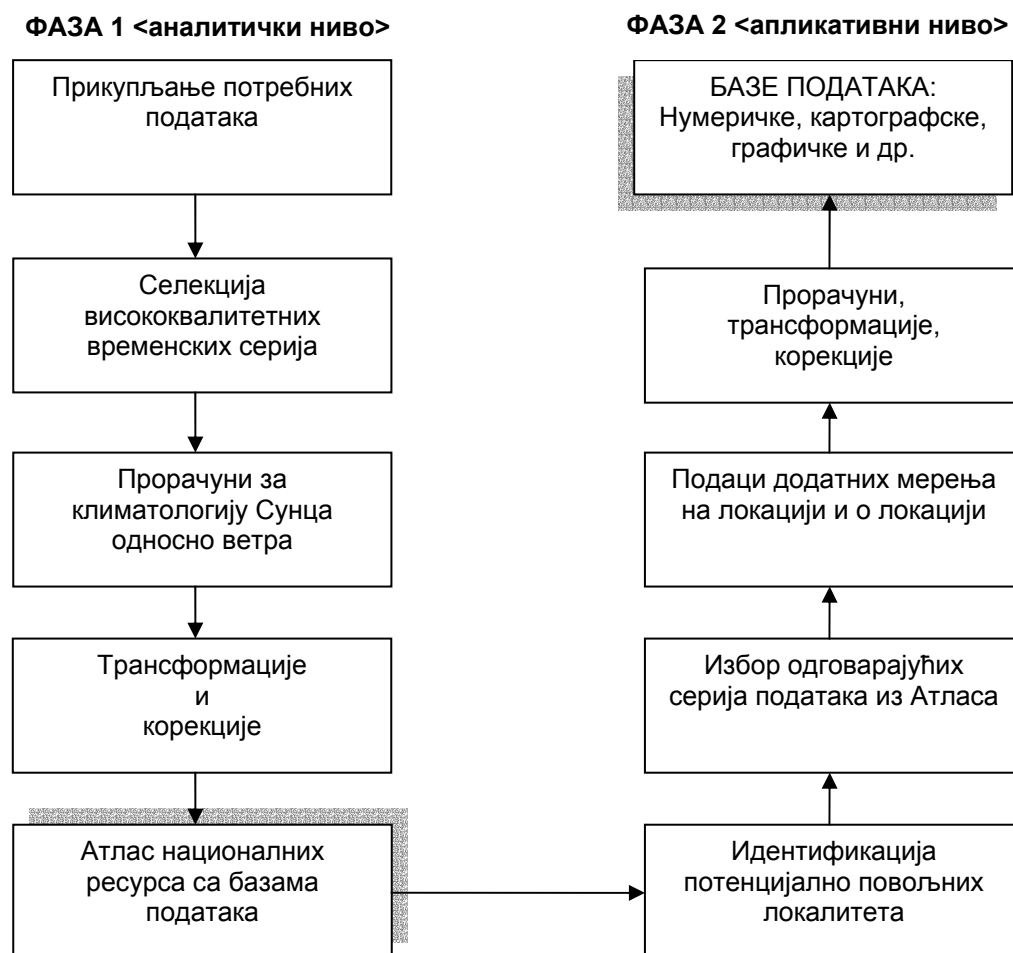


3. РЕФЕРЕНТНЕ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА АНАЛИЗУ ЕНЕРГЕТСКОГ ПОТЕНЦИЈАЛА СУНЧЕВОГ ЗРАЧЕЊА И ВЕТРА

Међународне референтне методологије за анализу енергетског потенцијала сунчевог зрачења и ветра, односно, за процену ресурса сунчевог зрачења и ветра, развијане су за примену на различитим нивоима у зависности од размера процеса који се истражују и размера подручја за које се анализа и прорачуни врше. Тако, на нивоу светских организација се врше анализе и процене за размере читавог света, на нивоу регионалних организација се врше анализе за размере континента или ширег региона (нпр. Европа, Медитеранско подручје, Балкан, и сл.), а на нивоу држава се раде процене глобалних националних ресурса и процене локалних ресурса (ужа подручја, конкретне локације, конкретни објекти).

Када је у питању процена националних ресурса сунчевог зрачења и ветра, општи методолошки приступ се одвија кроз две фазе, што је шематски приказано на Слици 3.1. Прва фаза обухвата анализе на макро нивоу (нпр. размера државе) и основни резултат су мапе просторне расподеле релевантних величина на површини, дакле дводимензионалне (атлас). Друга фаза обухвата анализе на микро нивоу (ужа област или конкретна локација објекта) коришћењем микроклиматских карактеристика и локалне топографије ради добијања хоризонталних и вертикалних градијената, дакле добијања тродимензионалне просторне расподеле.



Слика 3.1 Општи методолошки приступ у анализи енергетског потенцијала сунчевог зрачења и ветра као националних ресурса

Како се ради о општој шеми, треба имати у виду да у Фази 1. (Аналитички ниво), избор података као и даљих процедура обраде и презентације зависи од тога који је ресурс у питању. Такође, у Фази 2. (Апликативни ниво), избор локације, података и процедура зависи од типа ресурса, технологије за конверзију енергије као и врсте корисника (истраживач или пројектант). У наредним поглављима су приказани методолошки приступи за сваки од предметних ресурса.

У савременим методологијама, обе фазе рада имају заједничку карактеристику. Ради се о дефинисању физичко-математичких основа и процедура за формулисање одговарајућих алгоритама. Крајњи циљ је изградња експертних система и система подршке одлучивању, за процесе различитих размера, уз примену савремених технологија у физичко-метеоролошком и статистичком моделирању и интеграцији ових модела са Географским информационом системима (ГИС) за дводимензионална - 2D (у Фази 1, делимично у Фази 2.) и тродимензионална скаларна поља - 3D (у Фази 2.), што ће детаљније бити приказано у поглављу 4. ове Студије.

3.1 АНАЛИЗА И ДЕФИНИСАЊЕ КЛИМАТОЛОГИЈЕ СУНЦА И ВЕТРА НА ОДРЕЂЕНОМ ПОДРУЧЈУ

Мапе енергије сунчевог зрачења и енергије ветра које се добијају у процени ових енергија на националном или вишем (континенталном, регионалном, итд.) нивоу дају слику расподеле просечних месечних и годишњих вредности у простору на површини посматраног подручја - ове мапе се обично називају мапе регионалне климатологије сунца, односно, ветра. Приказане средње вредности добијају се обрадом података изабраних референтних година у континуираном низу (временска серија).

Процес осредњавања који се овде примењује не даје фину структуру зрачења и ветра у свакој тачки мапе. Из резултата добијених на овом нивоу, непосредно и поуздано се могу користити (за прорачуне у конкретној примени ова два облика енергије) само подаци у референтним тачкама (мерна места). У одређеним случајевима могу се за изабрану тачку на мапи користити подаци приземних мерења најближе станице, али се при томе мора имати у виду значајна чињеница: подаци одређене мерне станице репрезентују њену специфичну микроклиму.

Дакле, станица која је географски најближа месту које је изабрао корисник не мора бити репрезентативна за изабрано место. Зато се спроводи процедура друге фазе, оријентисане на апликативни ниво, у којој се анализира локална климатологија сунца, односно ветра и карактеризују конкретне локације.

3.1.1 Климатологија сунчевог зрачења

Анализа и дефинисање климатологије сунчевог зрачења је комплексан процес у коме се полази од анализе подручја ширих размера, што се у општем смислу назива "регионална радијациона климатологија" (у фокусу ове студије у питању је територија Србије, дакле "национална радијациона климатологија").

Финални продукт овакве анализе је атлас сунчевог зрачења који даје глобалну процену просторне и временске расподеле енергије коју прима дато подручје и која може бити трансформисана у корисну енергију. Резултати на овом нивоу анализе независни су од тога да ли ће излазна корисна енергија бити у форми електричне, топлотне или хемијски везане енергије (нпр. у форми биомасе).

Ови резултати представљају основу за следећу фазу (како је то приказано у уводу овог, 3. поглавља) идентификације потенцијално најповољнијих локација и прорачуна количине енергије коју прима одређено место или ужа област са оценом ефикасности различитих технологија за конверзију примљене енергије зрачења.

Задачи климатологије сунчевог зрачења су врло широки. Поред тога што сунчева енергија треба у што ранијој перспективи да замени значајан удео необновљивих енергетских извора, ту су и други задаци. Производња биомасе, тј. пољопривреда и шумарство, зависе у пресудној мери од расположиве сунчеве енергије.

Сунчева енергија, као основни покретач процеса у атмосфери, улази у циклус формирања климе преко површине тла. Отуда непосредна веза са топографијом, која је изражена најпре преко зависности инсолације од висине, нагиба терена и смера у коме је терен нагнут, што се дефинише као оријентација нагиба, а затим и зависности зрачења тла од морфологије терена.

Топографски ефекти се одражавају на локалне климатске услове најпре утицајем на количину примљеног сунчевог зрачења, а затим и на количину зрачења које тло емитује, односно на укупан биланс зрачења. Преко овог биланса формира се и термички режим локалитета. Други важан процес преко кога се изражава утицај топографије и урбаних средина на микроклиму је струјање ваздуха.

С обзиром на зависност општих микроклиматских карактеристика од топографије, просторна расподела тих карактеристика може се добити са тачношћу којом је дата топографија. Колико ће детаља бити унето зависи од потреба примене. За мезоклиматске анализе користе се карте 1:25000, док се за микроклиматске анализе користе карте 1:5000. У савременом приступу неопходно је коришћење технологије ГИС.

За одређивање вредности метеоролошких елемената у тачкама без метеоролошких мерења користи се, поред података осматрања на метеоролошким станицама, зависност локалних климатских карактеристика од топографије и вертикални градијенти појединих елемената. За поједине метеоролошке елементе, као што су температура, влажност и падавине, добијају се задовољавајући резултати већ применом вертикалних градијената, док су за сунчево зрачење, ветар и испаравање потребни сложени топографско-климатски модели.

Да би се реализовали комплексни задаци климатологије сунчевог зрачења, енергија сунчевог зрачења (ирадијација) мора бити процењена у основној спектралној форми (глобално и дифузно зрачење или дифузно и директно) са просторном (географском) и временском расподелом.

сунчево зрачење на горњој граници атмосфере може да се процени са високом прецизношћу јер суштински зависи од астрономско геометријских параметара. Процене зрачења на површини Земље су много теже због интеракција сунчевог зрачења са атмосфером (која садржи, поред природног састава, и гасове антропогеног порекла, течне и чврсте аеросоле, такође великим делом антропогеног порекла), са променљивим облачним покривачем и са различитим формама површине тла на Земљи (разлике у албеду тј. рефлектанси тла).

Дакле, сунчево зрачење је предмет многих утицаја, па процене енергије зрачења само на основу теоријско-емпиријских једначина, у којима се највећи тежински фактор даје геометрији Сунце-Земља, не могу имати довољну математичку прецизност. Ови утицаји морају да се детерминишу интегралном анализом дугопериодских приземних мерења и астрономске геометрије Сунце-Земља.

Референтне методологије и алгоритми за прорачуне (WMO, 1977, 1981; СЕС, 1984, 2000; 2003) базирају се на оваквој интегралној анализи која омогућује процену просторне и временске расподеле сунчеве енергије при тлу у границама познатих статистичких девијација.

Најважнији параметри у анализи и дефинисању климатологије сунчевог зрачења су:

- подаци приземних мерења компонената сунчевог зрачења
- подаци мерења меродавних метеоролошких елемената
- параметри геометрије Сунце-Земља
- временски (календарски) системи
- интеракције сунчеве енергије и атмосфере
- интеракције сунчеве енергије и површине тла

Подаци о сунчевој енергији могу се презентовати на нивоу било ког изабраног интервала времена. Тренутни флукс краткоталасне енергије зрачења назива се ирадијанса и изражава се у W/m^2 . У свакодневној употреби је термин интензитет зрачења. Интеграл ирадијансе у одређеном интервалу времена назива се ирадијација, (у свакодневној употреби је термин енергија зрачења или количина зрачења) и изражава се у Wh/m^2 или одговарајућим мањим или већим јединицама.

Подаци мерења сунчеве енергије (ирадијације) из званичних националних мрежа метеоролошких осматрања (земље чланице Светске метеоролошке организације), презентују се на два основна нивоа временске интеграције: за сваки сат од изласка до заласка сунца и за сваки дан у години. Подаци са дају по правом сунчевом времену (True Solar Time - TST).

Основна референтна методолошка процедура анализе климатологије сунчевог зрачења обухвата следеће етапе рада:

А. Селекција квалитетних сетова података мерења глобалног зрачења и трајања сијања сунца - пожељно је, уколико постоје мерења, користити и податке дифузног и/или директног зрачења. Уколико се располаже подацима о глобалном и једној од наведених компонената зрачења, друга компонента се може израчунати на основу релације:

$$G = D + I \sin \gamma$$

где је: G - глобално зрачење на хоризонталну површину, D - дифузно зрачење на хоризонталну површину, I - директно зрачење на нормалну површину и γ - висина сунца (угао елевације).

Б. Формирање временских серија података од најмање 10 година - оптимално је да то буде 30 година, и то период климатске нормале који утврђује Светска метеоролошка организација (за сада је климатска нормала период 1961-1990).

В. Одређивање максималних (потпуно ведри дани) и минималних (потпуно облачни дани) вредности сунчевог зрачења за свако мерно место - ведри и облачни дани се одређују на основу података о трајању сијања сунца и/или о облачности.

Г. Сви подаци у временским серијама (као и у даљим прорачунима и презентацији резултата) треба да буду приказани у систему правог сунчевог времена (а не, нпр. у систему грађанског или средњег локалног времена).

Д. Формирање сетова података о параметрима Сунце-Земља као и географским параметрима за свако мерно место

Ђ. Израчунавање екстратерестријског глобалног зрачења (које је једнако екстратерестријском директном зрачењу на хоризонталну површину, јер се односи на границу изван атмосфере) и астрономског трајања сијања сунца, за свако мерно место, и формирање сетова података у временским интервалима који одговарају временској интеграцији непрекидних регистрација мерења

Е. Израчунавање релативних вредности глобалног зрачења (однос приземних измерених вредности и екстратерестријских вредности) и релативних вредности трајања сијања сунца (однос измерених и астрономских вредности), за свако мерно место, и формирање сетова података у временским интервалима који одговарају временској интеграцији непрекидних регистрација мерења

Ж. Одређивање Angström-ових регресионих коефицијената за свако мерно место

З. Израчунавање глобалног зрачења у тачкама где нема мерења ове компоненте а има мерења трајања сијања сунца - применом Angström-ове формуле, може се израчунати глобално зрачење и тако се добити гушћа мрежа тачака за даљу анализу:

$$G/G_0 = a + b (S/S_0)$$

где је:

G	глобално зрачење на хоризонталну површину
G ₀	екстратерестријско глобално зрачење на хоризонталну површину
a, b	Angström-ови регресиони коефицијенти
S	стварно трајање сијања сунца
S ₀	астрономско трајање сијања сунца

За израчунавање зрачења у тачкама где нема мерења могу се користити и подаци вишегодишњих мерења са најближих метеоролошких станица, али се мора узимати у обзир редуковање корелација са повећањем растојања међу станицама, тачност мерења на станицама које се користе, грешке интерполације и екстраполације, градијенти сунчевог зрачења у различитим топоклиматским условима као што су нпр. планинске (раст зрачења са надморском висином, али изражен утицај летње облачности) или урбане области (загађен ваздух, замућеност атмосфере).

У овом случају, неопходно је формирати и сетове меродавних метеоролошких података за тачку у којој се врши израчунавање као и за околне станице на основу којих се врши интерполација.

И. Израчунавање сунчевог зрачења на нагнутим и различито оријентисаним површинама на основу података мерења на хоризонталну површину (за глобално и дифузно зрачење), односно података мерења на површину нормалну на зрак (за директно зрачење) за свако мерно место и формирање временских серија; Тиме се добија прецизнија процена расположиве сунчеве енергије. Наиме, пошто прилив енергије одређеној површини зависи од њеног нагиба и оријентације у односу на сунчеве зраке, то је за примену важно како је осунчана површина постављена, односно каква је њена експозиција (нпр. падина брда, кров или зид зграде, итд.), као и како треба поставити пријемник система за конверзију енергије (нпр. колектор).

Израчунавање за нагнуте и различито оријентисане површине се врши полазећи од основних формула које следе.

Ирадијанса директног зрачења

$$B'(\beta, \alpha) = I'_m \cos \Theta_i$$

где је: I'_m измерена ирадијанса директног зрачења на нормалну површину, β нагиб површине пријемника у односу на хоризонталу, α азимутна оријентација површине пријемника, Θ_i угао под којим сунчеви зраци падају на дату површину.

Ирадијанса дифузног зрачења

Флуксеви зрачења који су овде у питању су неизотропни - њихове вредности зависе од смера зрачења. Зато се у практичним прорачунима најчешће користи изотропска апроксимација, па се расуто дифузно зрачење из атмосфере и зрачење рефлектовано од тла, која падају на различито нагнуте и оријентисане површине, израчунава помоћу следећих једначина:

$$D'_a(\beta, \alpha) = D'_a \frac{1 + \cos \beta}{2}$$

$$D'_g(\beta, \alpha) = D'_g \frac{1 - \cos \beta}{2}$$

где је: D'_a дифузно зрачење које пада на хоризонталну површину, D'_g рефлектовано зрачење од хоризонталне површине израчунато једначином $D'_g = a G'$, где је a алbedo површине а G' глобално зрачење које пада на хоризонталну површину.

Ирадијанса глобалног зрачења

У овом случају се могу посматрати две величине: ирадијанса глобалног зрачења у зависности од нагиба површине и азимутне оријентације $G'(\beta, \alpha)$ и радијациона експозиција $G(\beta, \alpha)$. Применом изотропске апроксимације ове величине се израчунавају помоћу следећих једначина:

$$G'(\beta, \alpha) = K_B \times B' + \frac{1 + \cos \beta}{2} \times D'_a + \frac{1 - \cos \beta}{2} \times D'_g$$

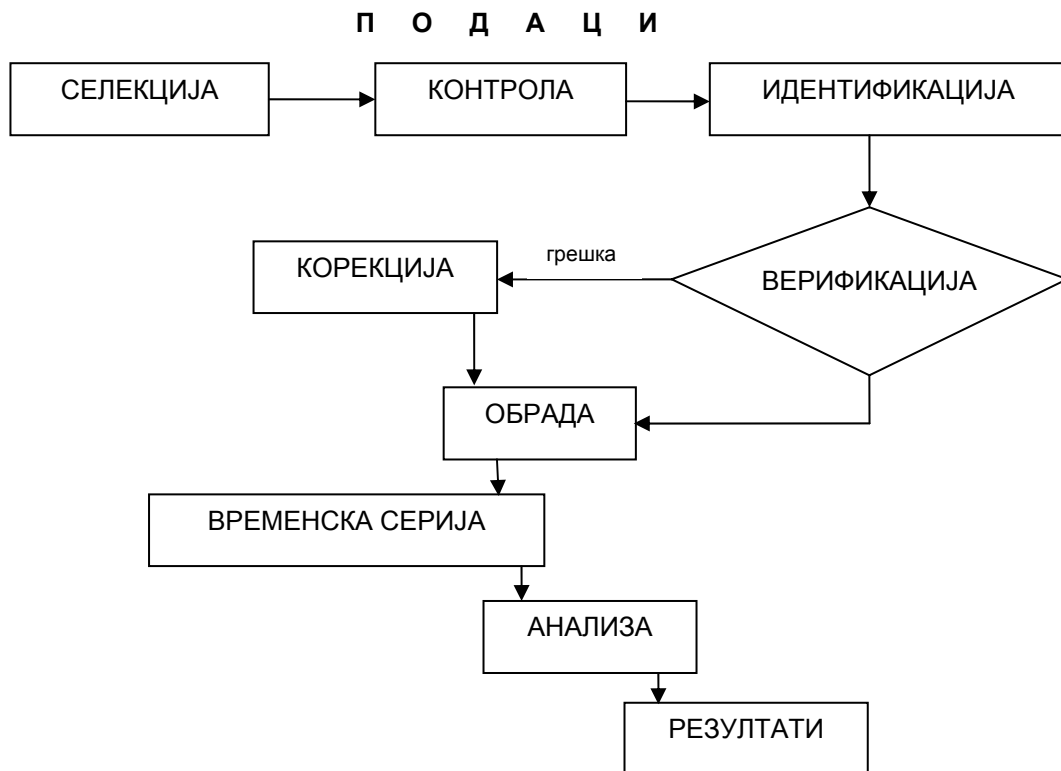
$$G(\beta, \alpha) = K_B \times B + \frac{1 + \cos \beta}{2} \times D_a + \frac{1 - \cos \beta}{2} \times D_g$$

где је: $K_B = B'(\beta, \alpha) / B'$ и консеквентно $K_B = B(\beta, \alpha) / B$

Овде се мора узети у обзир да изотропска апроксимација има одређена ограничења у неким специфичним случајевима. Највеће грешке се јављају код вертикалних површина у зависности од висине сунца. Зато се процењене грешке морају узети у обзир у коначним прорачунима (Kondratyev, K, et al, 1978).

Ј. Анализа просторне и временске расподеле енергије глобалног сунчевог зрачења на хоризонталну површину и на нагнуте и различито оријентисане површине (по могућству исто и за директно и дифузно зрачење) - картографски презентирана скаларна поља средњих вредности по месецима (или за месеце који репрезентују одређене сезоне) и за годину, статистички графички прикази дневних и годишњих ходова (профили) компонената сунчеве радијације и одређених израчунатих параметара за места која су укључена у базу података атласа.

Синтезни дијаграм тока операција у основној методологији дат је на Слици 3.2



Слика 3.2 Синтезни дијаграм тока операција у примени методологије за анализу климатологије сунчевог зрачења

Приказани основни методолошки приступ примењен је у Европским атласима сунчевог зрачења (СЕС, 1984, 2000) као и у овој Студији у поглављу 9.1 - Глобална процена енергетског потенцијала сунчевог зрачења у Србији.

3.1.2 Климатологија енергије ветра

Циљ рада на климатологији ветра је стварање базе података којом се омогућује процена расположивих енергетских капацитета. Велики значај при томе има тачност података, јер треба имати у виду да снага ветра расте са трећим степеном брзине.

Питања која у вези са коришћењем енергије ветра треба решити су:

1. Где су најповољнија подручја за искоришћење ове енергије;
2. Колики је природни потенцијал енергије ветра који се технички може експлоатисати.
3. Како савладати техничке проблеме које доносе неповољни метеоролошки фактори, као што су турбуленција и залеђивање;
4. Како решити проблем неуједначености ветра, односно проблеме акумулације;
5. Да ли је ветар као извор енергије економски оправдан, а ако још није, каква је перспектива у том погледу. Када се говори о "економској оправданости" треба узети у обзир и штетно дејство фосилних горива на околину. До сада принцип "загађивач плаћа" није примењиван на производњу угљендиоксида, већ само на директно отровне материје (СЕС, 2004d).
6. Да би могућности крупних аероенергетских система дошле до изражаја потребна је значајна законодавна активност.

Досадашња искуства су показала да је најпогоднији начин коришћења енергије ветра, производња електричне енергије на националном нивоу. Постоји низ других примена. Најчешћа је погон пумпи. Интересантне примене су уношење ваздуха у рибњаке, десалинизација морске воде итд. Ограничења која се постављају коришћењу енергије ветра се морају проучити да би се располагало прецизном сликом у тренутку када експлоатација постане актуелна.

Проблеми акумулације, уклапања у постојећи систем, а и економичности, када је у питању ветар, данас су сведени на питања законске регулативе, организације електродистрибутивне мреже, утврђивање реалних трошкова рада постојећих система и коначно финансирања изградње ветроенергетског система. У земљама које су решиле ове проблеме изградња ветроенергетских система је кренула импресивном брзином, чак и тамо где природни потенцијали нису нарочито велики.

Значај истраживања структуре ветра

Истраживања структуре ветра у нижим слојевима атмосфере која су вршена у новије време, омогућила су да се боље процени енергија ветра на различитим висинама које конструктивно долазе у обзир. Нарочито је, са енергетског становишта важна турбулентност ветра, *јер просечно турбулентан ветар даје двоструко више енергије него одговарајући ветар константне брзине (US standard). Нампросечно турбулентан ветар, као што је на пример кошава, сигурно даје више него двоструко енергије константног ветра.*

На метеоролошким станицама одређује се средња брзина ветра у терминима осматрања, а не тренутна. За потребе синоптике одређује се средња брзина ветра за период од 10 минута, а за потребе климатологије средња брзина ветра за време од 100 секунди у термину осматрања.

Дакле, било да се ради о терминским осматрањима, која се изводе субјективно, или да се ради о континуираним мерењима са регистровањем на електронским медијима у сваком случају израчунавање енергије врши се на основу средњих вредности.

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 снаге сразмерно трећем степену тих повећаних брзина.

Теоријска расподела честина која у највећем броју случајева добро задовољава стварне расподеле честина, је тзв. **Вејбулова (Weibull) расподела.**

Ова расподела је дата изразом:

$$(3.1) f(u) = A^{1/c} c u^{c-1} \exp(-A^{1/c} u^c)$$

где је u – брзина ветра, c – параметар облика криве, а A – параметар размере.

Утицај параметра облика (c) је такав да за $c < 1$ крива расподеле монотono опада, тј. вредности око нуле су најчешће, а веће вредности су све ређе. За вредности $c > 1$ крива полази из координатног почетка, затим расте, има максимум и даље се опет асимптотски приближава апсциси.

Највећи број случајева у пракси има вредности коефицијента c између 1 и 2.

Кумулативна Вејбулова расподела, која даје вероватноћу брзине ветра једнаку или мању од u , дата је изразом:

$$(3.2) F(u) = 1 - \exp(-A^{1/c} u^c)$$

Увођење теоријске расподеле честина омогућава да се добије расподела честина и за податке којима се располаже само у облику средњих вредности., што је најчешћи случај са публикованим подацима.

На тај начин се даље може приступити израчунавању густине аероенергетског потенцијала.

За израчунавање енергије могу се користити и часовне и десетоминутне вредности. С обзиром на то да је енергија средње брзине мања од суме енергија «тренутних» брзина за исти интервал, биће и енергија рачуната помоћу часовних вредности систематски мања од енергије рачунате по десетоминутним вредностима.

Израчунавању енергије може се прићи на два основна начина. Могу се узети средње брзине за одређени период и израчунати енергије на основу таквих података. Пошто је енергија средње брзине мања од суме енергија стварних брзина, потребна је одређена корекција. Та корекција се постиже било емпиријски, било уз претпоставку да постоји одређена расподела честина. Ти начини су коришћени при процени енергије на основу средњака терминских осматрања.

Флукс енергије, или како се може исто тако коректно звати, густина снаге у ваздушној струји која протиче кроз вертикалну површину нормалну на ту струју, дат је следећим изразом:

$$(3.3) E(u) = \frac{1}{2} \rho u^3 [Wm^{-2}]$$

где је $E(u)$ – густина снаге при брзини ветра u ; ρ – густина ваздуха ($= 1,23kgm^{-3}$); u – хоризонтална брзина ветра (ms^{-1}).

Ако се усвоји симболика за осредњивање, која је дефинисана следећим изразом:

$$(3.4) \langle u \rangle_T = \frac{1}{T} \int_0^T u dt$$

за енергију се може писати:

$$(3.5) \langle E \rangle_T = \langle \frac{1}{2} \rho u^3 \rangle_T$$

С озиром да се густина ваздуха мења много спорије него брзина ветра, може се претпоставити да је у периоду осредњивања густина ваздуха константна, па се добија оперативни израз за густину снаге:

Емпиријски је добијено (US Standard Wind Class Definitions) (DWIA, 2003a) да при раду са средњим брзинама ветра треба радити са једначином:

$$(3.6) \langle E \rangle_T = 2 \cdot 0,66 \langle u \rangle_T^3$$

Исти извор даје и табелу приказану на Слици 3.3.

Standard Wind Class Definitions (Used in the U.S.)

Class	30 m height		50 m height	
	Wind speed m/s	Wind power W/m ²	Wind speed m/s	Wind power W/m ²
1	0-5.1	0-160	0-5.6	0-200
2	5.1-5.9	160-240	5.6-6.4	200-300
3	5.9-6.5	240-320	6.4-7.0	300-400
4	6.5-7.0	320-400	7.0-7.5	400-500
5	7.0-7.4	400-480	7.5-8.0	500-600
6	7.4-8.2	480-640	8.0-8.8	600-800
7	8.2-11.0	640-1600	8.8-11.9	800-2000

Слика 3.3 Табела америчког стандарда за одређивање снаге ветра на основу средњих брзина ветра

Доказ Бецовог закона (који даје проценат искористљивости природног потенцијала ветра) добија се под претпоставком да је просечна брзина ветра кроз ротор једнака аритметичкој средини између непо ремећене брзине испред ротора v_1 и брзине иза ротора v_2 . Дакле, $v = (v_1 + v_2)/2$.

Маса ваздуха која пролази кроз ротор је:

$$m = \rho F(v_1 + v_2)/2$$

где је: ρ густина ваздуха, F - површина коју брише ротор.

Снага коју ветар предаје ротору је једнака промени кинетичке енергије:

$$P = (1/2)m(v_1^2 - v_2^2)$$

Ако се m замени вредношћу из прве једначине, добиће се:

$$P = (\rho/4)(v_1^2 - v_2^2)(v_1 + v_2)F$$

Снага ветра у непо ремећеној струји је:

$$P_0 = (\rho/2)v_1^3 F$$

Однос снага у непо ремећеној струји и снаге предате ротору је:

$$P/P_0 = \frac{1}{2} \left(1 - \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2\right) \left(1 + \frac{v_2}{v_1}\right)$$

Ова функција има максимум за $v_2/v_1=1/3$. тј. у случају када брзина ветра при пролазу кроз ротор опадне на једну трећину непо ремећене брзине. Однос снаге предате ротору и снаге непо ремећене струје тада је 0,59. Функција P/P_0 у том случају има максималну вредност од

0,59. То другим речима значи да ротор може у оптималном случају да искористи 59% енергије непоремећене струје ваздуха. Даље смањивање ефикасности турбине може да буде последица конструктивних детаља, трења или губитака у мрежи. С друге стране, не треба губити из вида да овде није узета у обзир турбулентност ветра, унета у US Standard, која увећава природни потенцијал, па тиме и приход од саме ветротурбине.

3.2. ИДЕНТИФИКАЦИЈА И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ПОВОЉНИХ ЛОКАЦИЈА ЗА КОРИШЋЕЊЕ РЕСУРСА СУНЦА И ВЕТРА

Процес идентификације и карактеризације повољних локација за коришћење ресурса сунца и ветра, као полазну основу користи базу података добијену у процесу анализе климатологије сунца и ветра на ширем подручју, у нашем случају на подручју Србије, који је приказан у поглављу 3.1. Процеси идентификације и карактеризације одређених локација заправо представљају процену локалних ресурса. Основне методологије за ову врсту процене ће бити приказане у овом поглављу.

3.2.1 Процена локалних ресурса сунчеве енергије

Како процес осредњавања који се примењује у анализи климатологије сунчевог зрачења не даје фину структуру зрачења у свакој тачки поља (мапе) то се из резултата добијених на овом нивоу, непосредно и поуздано могу користити (за прорачуне у практичној примени сунчеве енергије) само подаци у референтним тачкама (мерна места).

У одређеним случајевима могу се за изабрану тачку на мапи користити подаци приземних мерења најближе станице, али се при томе мора имати у виду да подаци одређене мерне станице репрезентују њену специфичну микроклиму. Дакле, станица која је географски најближа месту које је изабрао корисник не мора бити репрезентативна за изабрано место. Зато се спроводи процедура друге фазе, оријентисане на апликативни ниво, у којој се анализира локална климатологија сунца и карактеризују конкретне локације.

Дефинисање зона са сличном ирадијационом климом

Једна од често коришћених метода за идентификацију и карактеризацију одређене локације за коришћење сунчеве енергије је *дефинисање зона са сличном ирадијационом климом* (климатологијом сунчевог зрачења). Као основни критеријум зонирања користи се тзв. *индекс ведрине* (clearness index). Услов је да, унутар сваке зоне, буде мала варијација годишњег средњака индекса ведрине. Свака зона има репрезентативну мерну станицу чије се карактеристике најбоље поклапају са просечном вредношћу за зону. Овакво зонирање омогућује и процену енергије зрачења у тачкама зоне у којима нема мерења.

У процесу зонирања битна су три параметра:

- *дневни индекс ведрине*, KT_d , који представља однос средњег дневног глобалног зрачења на хоризонталну површину при тлу Земље (приземна вредност глобалног зрачења) и одговарајуће вредности зрачења изван атмосфере одн. на горњој граници атмосфере (екстратерестријско зрачење)

- *дневно релативно трајање сијања сунца* S_R , параметар који представља однос стварног и астрономског трајања сијања сунца

- *дифузна компонента глобалног зрачења* која се може израчунати коришћењем теоријско-емпиријских једначина.

Када се располаже дневним подацима о претходна три параметра, приступа се, уз коришћење соларне геометрије, израчунавању свих компонената зрачења у сатним интервалима, затим израчунавању ових компонената на нагнуте оријентисане површине,

одређивању вредности и расподеле у специфичним условима (ведро, облачно), одређивању профила, итд. у свему према методологији из поглавља 3.1.

На европском нивоу (СЕС, 2000) дефинисано је 20 зона са сличним индексом ведрине. Међутим, за територију Србије, је у овом Европском атласу извршена доста груба апроксимација података. У самом атласу се и истиче да је таква апроксимација била једина могућа у областима са оскудним подацима.

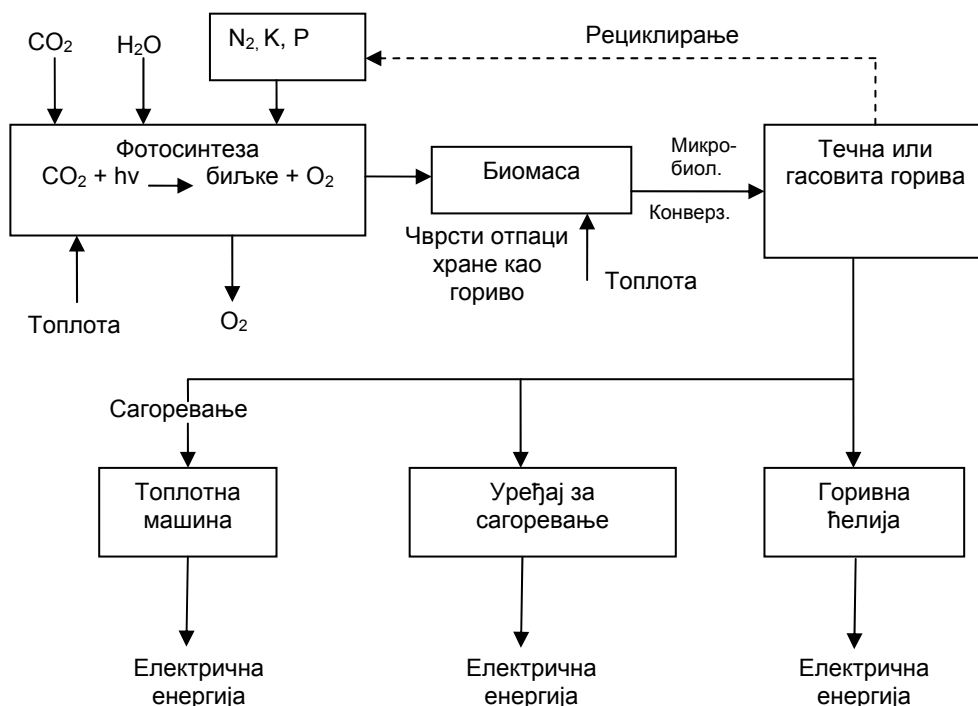
На националном нивоу је потребно урадити овакво зонирање уз коришћење свих расположивих података, јер процене добијене у Европском атласу 2000. нису одговарајући инпут за процену локалних ресурса.

При анализама ресурса на локалном нивоу, поред оптималног коришћења расположивих података приземних мерења у дужем низу година (временске серије), потребно је вршити и епизодна и маршрутна мерења на локацијама које су микроклиматски специфичне или где постојећа мрежа мерних тачака нема довољну густину. Коришћењем ових података повећава се поузданост резултата. Мерења треба да обухвате већи број компонената сунчевог зрачења (а не само глобално зрачење и сијање сунца) и релевантних метеоролошких параметара потребних за примену одређених технологија за конверзију енергије и оптимизацију читавог система на одређеној локацији. Неопходни параметри мерења су тема следећег поглавља (3.3.1).

Дефинисање зона са сличним параметрима продукције биомасе

Користећи принципе и резултате методе зонирања ирадијационе климе, као полазне основе, развијен је и метод за *дефинисање зона са сличним параметрима продукције биомасе*.

Овом питању се посвећује знатна пажња у светским, а посебно европским размерама, нарочито у последњој деценији. Наиме, ради се о конверзији сунчеве енергије базираној на фотосинтези која продукује биомасу. Овај процес приказан је на Слици 3.2.1.1.



Слика 3.4 Продукција биомасе – конверзија сунчеве енергије базирана на фотосинтези

Биомаса се данас доста користи као гориво за загревање, али и за производњу електричне струје. Али и више од тога, она обезбеђује основни материјал који може бити конвертован, путем микробиолошке конверзије, у течно гориво употребљиво у транспорту (етанол и биодизел).

Производња биомасе зависи од расположиве сунчеве енергије, па се карте потенцијалне продукције биомасе ослањају на просторну и временску расподелу сунчеве енергије. Зато је неопходно да се, паралелно са картама сунчеве енергије, раде и карте биомасе. Ово треба да допринесе ревитализацији и унапређењу пољопривреде и шумарства, али и смањивању аерозагађења од стране транспорта, као и смањењу зависности од увоза енергената.

Да би се извршило зонирање на ширем подручју (нпр. размере Србије) довољно је извршити израчунавање: месечних средњака дневних енергија глобалног зрачења, средње дневне температуре и дневне варијације температуре, као и падавине. Користи се процедура кластеринга, слична оној која се користи за зонирање индекса ведрине. Параметри који се користе у процедури кластеринга (T_c , T_{\max} - T_{\min} , глобално зрачење и падавине) треба да буду некорелисани колико год је то могуће. На продукцију биомасе, у већини случајева, на исти начин утичу високе температуре, сунчево зрачење и довољне (високе) количине падавина. Међутим постоје прагови вредности за сва три параметра у зависности од врсте биљке.

Процедура кластеринга се спроводи за читаву годину, за вегетациони период и за грејну сезону. При томе треба узети у обзир да дужина вегетационог периода зависи од: географске ширине, надморске висине, врсте биљке као и промена климе (опште отопљавање и, као последица, продужавање вегетационог периода). Према Европској агенцији за животну средину (ЕЕА, 2004), просечна дужина вегетационог периода се у Европи повећала за око 10 дана у току последњих 20 година.

Овај метод је примењен у поменутом Европском атласу из 2000. године са одређеним симплификацијама. Поред симплификација и овде је био присутан елемент недовољне густине података (као код зона са сличном ирадијационом климом) па је дефинисање зона са сличним параметрима биомасе грубо. У Атласу је дефинисано 19 зона са сличним параметрима биомасе, приказаним картографски.

Свакако се на националном нивоу мора доследно методолошки извршити обрада и анализа података да би се извршило ово веома значајно зонирање. За то је неопходно формирати одговарајућу базу података која би обезбедила улазне податке за савремене моделе који омогућују одређивање продукције суве масе током вегетационог периода за специфицирану биљну врсту као и прогнозу продукције неке нове врсте на истом подручју.

Да би се извршила детаљна и оптимална процена стварне или потенцијалне производње биомасе на одређеном локалитету, потребан је шири обухват података него код самог зонирања пространије територије. Нпр. нису довољне само дневне вредности глобалног зрачења већ и спектрална расподела, како би се идентификовао фотосинтетски активан део спектра. Методолошки неопходни параметри детаљније су приказани у поглављу 3.3.

Дефинисања референтних метеоролошких година

Трећи метод за карактеризацију локалитета је *дефинисање референтних метеоролошких година*. Референтне метеоролошке године су специјалне временске серије метеоролошких параметара и параметара зрачења, екстраховане из континуираних мерења и осматрања у току најмање десет година. Оптимално је да тај период буде 30 година (климатолошка нормала), али у пракси, за већи број станица овакви подаци нису расположиви.

Ефективно коришћење климатолошких података у пројектовању зграда и објеката на принципима енергетске ефикасности и коришћења сунчеве енергије (активног и/или пасивног) зависи од тога колико добро су селектирани климатски параметри за специфичан задатак у коме треба да буду коришћени (WMO, 1992)

Пре свега је неопходно идентификовати основне фазе у пројекту у којима се у прорачунима користе климатолошке информације, а затим се испитују специфичне карактеристике тих информација и метод њиховог добијања (мерења или теоријско-емпиријско израчунавање) за сваку дефинисану фазу пројекта.

Фазе пројекта могу се, у најопштијем смислу, представити на следећи начин:

- Избор места за изградњу
- Архитектура и структура (зграда или група зграда) целине
- Детаљ (специфичност пројекта)

Опште пројектовање архитектуре, углавном, обухвата:

- Градско планирање (тип изграђених подручја, локација и оријентација индивидуалних зграда, зелене површине, итд.)
- Планирање простора (оријентација станова, величина, отворени простори, итд.)
- Пројектовање (прозори, зидови, кровови са одређеним степеном топлотне изолације, дренажним системима, итд.)
- Инжењеринг услуга у зградама (грејање, вентилација, климатизација)

Тако на пример:

- У планирању и пројектовању су потребне информације о фреквенцијама и критичним вредностима климатских података у циљу процене ризика од екстремних догађаја
- За енергетски инжењеринг потребни су подаци о временским профелима (ходовима) у току дана и године и временској варијабилности (месечној и међугодишњој).

Временски профели за енергетски инжењеринг најбоље се могу дефинисати из *Референтне метеоролошке године- РМГ* (Reference meteorological year- RMY) која представља широко коришћену базу података и алат за ове активности. У пракси постоје одређене разлике међу методологијама за развој и формирање РМГ али, у суштини све методологије су сличне, а разлике углавном зависе од расположивости података мерења климатских података. Тако, за многе градове у свету (или друге локалитете - зависно од локације метеоролошке станице), пројектоване су РМГ применом различитих методологија заснованих на расположивим подацима мерења и условима физичке средине.

Из горе наведених разлога, не постоји јединствена методологија примењива:

- у свим климатским условима
- у свим реалним условима расположивости података
- за све системе конверзије енергије.

Бројни градови Европе развили су своје РМГ, а део је садржан и у Европском атласу сунчеве радијације (СЕС, 2000) и класификоване су на: *Тест референтне године- ТРГ* (Test reference years- TRY), *Пројектне референтне године- ПРГ* (Design reference years- DRY) и *Референтне године биомасе- РГБ* (Biomass reference years- BRY).

ТРГ и ПРГ се формирају од сатних вредности меродавних параметара коришћењем дванаест месеци селектованих из различитих година временске серије која се користи као полазна база података (серија од најмање 10 година). Ова два типа референтних година представљају *Типичне метеоролошке године- ТМГ* (Typical meteorological year - TMY), што значи да је сваки месец селектован према критеријумима заснованим на статистичкој дистрибуцији значајних параметара (метеоролошка мерења стандардних и специјалних елемената).

Поједине методологије интегришу ТРГ и ПРГ типове референтних година и називају их заједничким именом (типична метеоролошка година), односно формирају јединствену базу података из које се могу селектовати параметри према намени у енергетском инжењерингу. Пример овакве врсте је ТМГ коју је у Америци развила Национална лабораторија за обновљиве енергије (NREL, 1995).

ТМГ се користе у области енергетског инжењеринга, изградњи система и за компјутерске симулације система конверзије сунчеве енергије. Другим речима, ТМГ обезбеђују стандард за сатне вредности метеоролошких елемената који су потребни за упоређивања перформанси и конфигурација различитих типова система конверзије за једну или више локација. Оне нису безусловно добар индикатор услова током наредне или више наредних година јер репрезентују типичне услове у дугом период година.

Пошто репрезентују типичне, а не екстремне услове, оне нису погодне за пројектовање оних система и њихових компоненти који треба да се супротставе екстремним догађајима. Због методолошки дефинисаних критеријума селекције кандидат месеци и избора типичних месеци, ТМГ нису погодне ни за симулације система за конверзију енергије ветра.

Критеријуми селекције месеци (селекција кандидат месеци и идентификација типичног месеца) који формирају ТМГ, дефинишу тежинске факторе са којима поједини елементи учествују у процени подобности свих расположивих месеци. У свим методологијама за развој ТМГ, као најважнији елементи за симулацију система конверзије сунчеве енергије и изградњу система, узимају се:

- глобално сунчево зрачење на хоризонталну површину,
- директно сунчево зрачење на нормалну површину,
- температура ваздуха по сувом термометру,
- температура тачке росе,
- брзина ветра.

Највећи тежински фактор се приписује компонентама сунчевог зрачења а затим следе температуре ваздуха и тачке росе (у неким методама се уместо тачке росе користи температура мокрог термометра). Пример дефинисаних тежинских фактора, из две методе, дат је у Табели 3.2.1 (NREL, 1995).

Табела 3.2.1 Тежински фактори у селекцији кандидат месеци и типичних месеци за ТМГ

Параметар	Метод SANDIA	Метод NREL
Максимална температура - суви термометар	1/24	1/20
Минимална температура - суви термометар	1/24	1/20
Средња температура - суви термометар	2/24	2/20
Максимална температура тачке росе	1/24	1/20
Минимална температура тачке росе	1/24	1/20
Средња температура тачке росе	2/24	2/20
Максимална брзина ветра	2/24	1/20
Средња брзина ветра	2/24	1/20
Глобално сунчево зрачење	12/24	5/20
Директно сунчево зрачење	не користи	5/20

Метод NREL је мала модификација SANDIA метода. У оба случаја највећи тежински фактор приписан је сунчевом зрачењу, с тим што NREL користи и глобалну и дифузну компоненту јер се у САД на знатном броју мерних места располагало мерењима директног зрачења. Расподела осталих тежинских фактора је у оба случаја иста.

Метод селекције кандидат месеци садржи низ поступака базираних на функцијама кумулативне расподеле и циљ је идентификовати оне месеце у којима средње дневне вредности дефинисаних параметара најмање одступају од средњих дневних вредности дугопериодске временске серије (10 и више година). Са идентификованим типичним месецима формира се типична метеоролошка година која заправо представља базу података од 8760 слогова (плус слогови заглавља, идентификације, и сл.).

Метеоролошки параметри и параметри сунчевог зрачења су такође значајни у домену продукције биомасе. *Референтне године биомасе- РГБ* креирају се по истим принципима

као и ТМГ (или ближе ТРГ), и представљају базу климатских података намењених симулацијама за које су дневне вредности довољне.

У симулацијама у којима се користе дневне вредности метеоролошких података, доминантне временске константе су недеља, месец или чак година. Производња биомасе у облику хране, индустријских сирових материјала или за потребе енергије, представљају важна подручја. Дугорочни проблеми као што је сезонско складиштење топлоте, сушење или складиштење биомасе такође се решавају симулационим програмима који користе дневне метеоролошке податке.

У Европском атласу сунчевог зрачења (СЕС, 2000), приказане су РГБ за неколико градова.

Различити модели референтних метеоролошких година - ПМГ, приказани су у поглављу 4. ове Студије.

3.2.2 Процена локалних ресурса енергије ветра

Приземни ветар је метеоролошки елемент са врло израженом просторном променљивошћу. Кретања у атмосфери, чак и у вишим слојевима, врше се у облику вртлога и таласа различитих размера. Модификације под утицајем тла још више компликују ту слику.

Најкрупније модификације основне ваздушне струје наступају изнад наших крајева под утицајем планинских система Алпа, Карпата и Динарида. Динарски систем одваја, као баријера, континенталну унутрашњост од приморја.

Мрежа метеоролошких станица на којима се врше осматрања ветра није довољно густа, да би се искључиво на основу мерења ветра из тих тачака могло конструисати детаљно струјно поље. Препреке у ваздушној струји утичу на смер и интензитет ветра. У долинама између препрека ветар је "каналсан", тј. има смер дуж долине и појачан интензитет. На местима где долази до успоравања, ветар скреће ка ниском притиску, тј. у лево. Ово и низ других емпиријских сазнања, омогућавају да се изврши детаљнија анализа поља струјања, него што би то било могуће само на основу мерења у релативно реткој мрежи мерних пунктова. Осим тога користе се карте притиска и снимци са сателита.

Да би се добило детаљно тродимензионално поље ветра, није довољно познавати само његове карактеристике при тлу, тј. на висини анемометра. Потребно је знати и како се ветар мења са висином.

Промена ветра са висином зависи од низа фактора. Први фактор представља такозвана рапавост подлоге. Подлога утиче на ветар тако што крупнији или ситнији објекти на тлу делују на успоравање кретања ваздуха до већих или мањих висина. Уколико су те препреке крупније успоравање ће се осећати до већих висина. Промена брзине и смера ветра са висином одређује вертикални профил ветра

Профил ветра зависи и од других фактора. После рапавости најважнији фактор је стабилност атмосфере. Стабилност атмосфере се мења у зависности од доба дана, године и тренутног стања времена. Овде се неће улазити те детаље који нису пресудни за глобалну процену, мада су важни у оперативном раду, јер дају и различиту енергију од дана до дана и у различитим годишњим добима.

Локална процена ресурса ветра врши се ради избора повољних локација ветротурбина, чији је крајњи резултат оцена средње снаге произведене одређеном ветротурбином на једној или више специфичних локација као и снаге произведене тзв. фармама ветра.

На основу глобалне процене ресурса (атлас - климатологија ветра) врши се селекција потенцијално повољних подручја да би се приступило детаљној анализи одређених локација, односно, избор оптималних локација за конверзију енергије ветра ("siting").

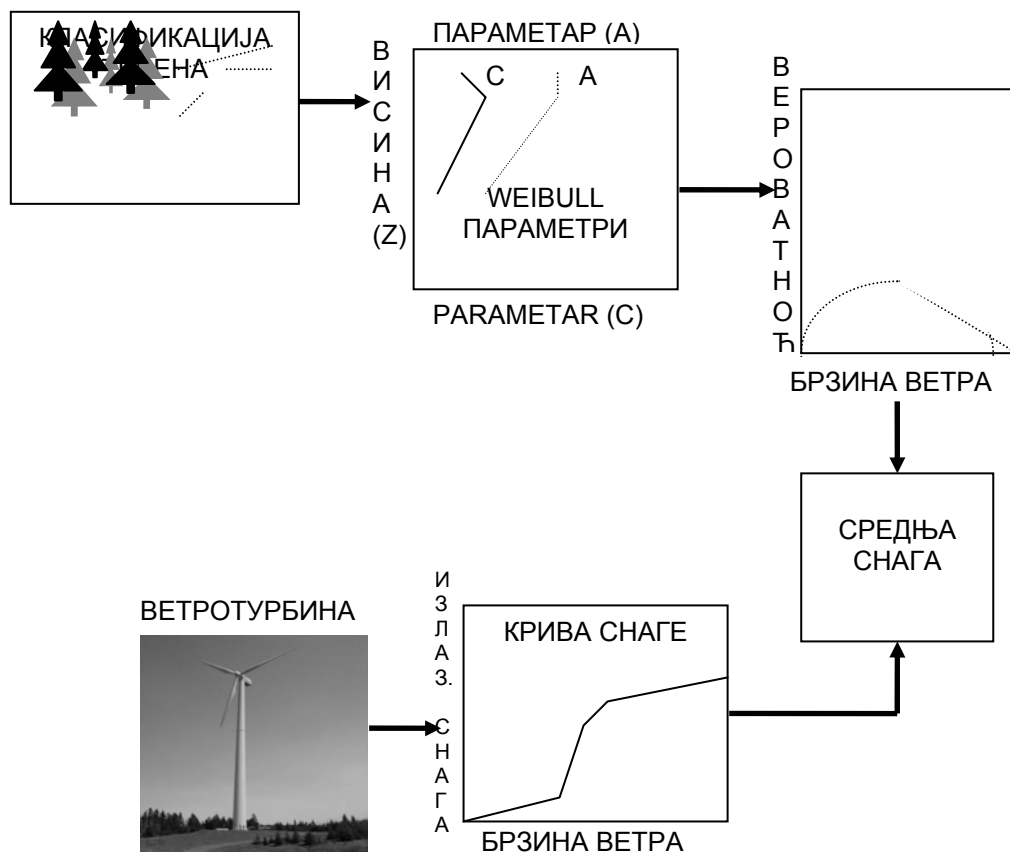
Тако, први неопходни параметри јесу сетови података за одабране локације (временске серије) из атласа. Како се ти подаци односе на стандардне услове на метеоролошкој станици, врши се интерполација тих података на висину ветротурбине за дату локацију. Поред тога неопходно је извршити додатна мерења ветра, на висинама од 10 до 50m или 100m, непосредно на изабраној локацији, да би се добио вертикални профил ветра као и параметри битни за израчунавање турбулентности. Ова мерења се врше на стубовима висине 50 до 100m, на којима су постављени инструменти на више нивоа. Ова мерења се могу вршити и помоћу везаних балона или содара.

У групи елемената који су важни јер могу да доведу до отежавања рада и смањења ефикасности су: киша, снег, залеђивање, муње, екстремне температуре или брзине ветра, и друге екстремне атмосферске појаве. Зато се на поменутиим стубовима постављају и инструменти за мерење других метеоролошких параметара.

Поред наведених метеоролошких параметара неопходни су и параметри околине на локацији на којој се планира (или истражује могућност) постављања одређених система за конверзију енергије ветра (WEC - Wind Energy Converter):

- Препреке на изабраном локалитету
- Локална орографија
- Рапавост тла (класа терена)
- Степен стабилности атмосфере на локалитету

Неопходан параметар је и снага на излазу система за конверзију енергије ветра и тај параметар зависи од типа система за конверзију (Слика 3.5).



Слика 3.5 Процедура прорачуна просечне снаге за дату ветротурбину на одређеној локацији

Рејонизација профила ветра

Стандардна мерења се врше на висини од 10m. То је приближно висина на којој се врши експлоатација малих генератора. Међутим, интензитет ветра расте са висином јако брзо. Нарочито је та промена са висином интензивна зими. На тај начин, велике турбине, на висини од око 100m, добијају знатно већу количину енергије по m^2 брисане површине, од турбина на малим висинама.

Уколико се не располаже мерењима са високих стубова, процена интензитета ветра и одговарајуће густине снаге може се добити коришћењем теоријске 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.

Логаритамска промена брзине ветра са висином дата је изразом:

$$u(z) = u(h) \ln(z/z_0) / \ln(h/z_0)$$

где је $u(z)$ – брзина на висини z , $u(h)$ – измерена брзина ветра на висини h (обично 10m), z_0 – параметар храпавости подлоге.

Количник логаритма, на десној страни претходне једначине, зависи од параметра z_0 . Уколико је већи z_0 биће овај количник већи. То значи да ће изнад «храпавије» подлоге брзина ветра брже расти са висином. Или, обрнуто, за исте брзине ветра на висини, брзина на висини од 10m биће изнад храпавије подлоге мања.

Интезивним специјалним мерењима на метеоролошким стубовима високим и више стотина метара, добијена је емпиријска формула, која одговара реалним условима:

$$u(z) = u(h) \left(\frac{z/z_0}{h/z_0} \right)^a$$

Коефицијент a 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 критеријума.

Подаци о ветру на стандардној висини за низ станица у Србији, подвргнути су обради по експоненцијалном профилу. (Гбурчик, П. 1984б)

Коефицијент храпавости a , из претходне једначине, зависи од карактеристика подлоге. Уобичајено је у свету (Benesch, 1978; Mahreg, 1977) да се по карактеристикама подлоге и топографије одреде вредности коефицијента храпавости, па да се затим тако одређеним коефицијентом врше израчунавања брзине ветра на одређеним висинама.

Услови у Србији су подељени на пет група и за те групе коефицијент се креће у границама од 0,18 до 0,28.

I група (0,18) – станице на планинским врховима.

II група (0,20) – приобалне станице и станице на висоравнима и превојима.

III група (0,22) – аеродромске станице и станице са приградском локацијом у равници.

IV група (0,25) – станице у граду или станице са заталасаном околином.

V група (0,28) – станице у долинама.

3.3 ИДЕНТИФИКАЦИЈА МЕТОДОЛОШКИ НЕОПХОДНИХ ПАРАМЕТАРА МЕРЕЊА

Процена националних ресурса сунчевог зрачења и ветра је проблем који се решава вишекритеријумском анализом чији резултат одређује и неопходне параметре мерења (потребне податке). Број критеријума је већи код анализа ресурса сунца него код ветра али, генерално, основни критеријуми су:

- 1) Размере процене ресурса - да ли је у питању глобална процена националних ресурса (атлас) или процена ресурса на конкретној локацији (локална процена, "siting")
- 2) Врста технологије за конверзију енергије која се планира на одређеној локацији (да ли је у питању систем пасивног грејања зграде или PV систем, да ли је у питању аутономна ветротурбина или фарма, и сл.)
- 3) Врста корисника: истраживач или пројектант

3.3.1 Параметри неопходни за процену ресурса сунчевог зрачења

Глобална процена ресурса сунчевог зрачења (Национални атлас) може се заснивати само на подацима о параметрима сунчевог зрачења из генералне националне мреже за зрачење, а на свакој од станица у овој мрежи треба да буду укључена и сва стандардна метеоролошка мерења (WMO, 1981, 1992). Неопходни параметри сунчевог зрачења (минимални обухват) приказани су у Табели 3.3.1.1

Табела 3.3.1.1 Параметри сунчевог зрачења у генералној мрежи мерења

Параметар	Приоритет	Временски интеграл	Тачност
<i>Глобално зрачење</i>	1	Часовни и 10-мин.	+/- 25 Wm ⁻² < 50Wm ⁻² или 5% > 50Wm ⁻²
<i>Трајање сијања сунца</i>	1 2	Дневни Часовни	+/- 0.2h +/- 10%
<i>Директно или дифузно зрачење</i>	2	Часовни и 10-мин.	+/- 25Wm ⁻² < 50Wm ⁻² или 5% > 50Wm ⁻²
<i>Глобално зрачење на нагнуте и различито орјентисане површине (може бити изостављено у тропским областима)</i>	3	Часовни и 10-мин.	+/- 30Wm ⁻² < 50Wm ⁻² ; +/-50% 100-200Wm ⁻² или +/-10% > 200Wm ⁻²

Приоритет

1 = потребан; 2 = препоручује се; 3 = пожељан

Густина мреже станица за сунчево зрачење треба да буде таква да просторна корелација од станице до станице буде најмање 0,7 за средњу месечну дневну енергију глобалног зрачења за сваки месец. У једноставним топографским условима растојање међу станицама може да буде неколико стотина километара. Међутим, у подручјима са израженим градијентом (приобална и планинска подручја), овај критеријум не важи. Потребно је поставити станице и у овим подручјима, а поред тога извршити и епизодна мобилна мерења са дужином епизода које зависе од микроклиме.

У детаљнијим анализама климатологије сунчевог зрачења, поред предходно наведених параметара сунчевог зрачења, потребни су и конвенционални метеоролошки подаци: температура ваздуха, тачка росе (или релативна влажност) и брзина ветра.

У глобалној анализи и процени ресурса, као и код детаљних анализа климатологије сунчевог зрачења, неопходно је користити континуиране временске серије података (серије од најмање 10 година).

Локална процена ресурса сунчевог зрачења се може радити и по критеријумима за горе наведену глобалну процену (нпр. Атлас сунчевог зрачења одређеног града), с тим што се тада узима у обзир локална топографија и корисно је реализовање епизодних и маршрутних мерења. Међутим, задњих десетак година са наглим напретком коришћења сунчеве енергије, углавном се раде процене ресурса и прорачуни везани за ужу конкретну локацију или објекат и оријентисани на одређену врсту технологије.

Са тачке гледишта корисника података, примене технологија сунчеве енергије могу се поделити на три основне групе: грејање и хлађење, генерисање снаге (механичке или електричне) и продукција биомасе.

Тако нпр. за евалуацију система пасивног грејања куће потребни су следећи метеоролошки параметри: Глобално сунчево зрачење на стакло, одлазно терестријално зрачење, долазно зрачење атмосфере, коефицијент замућености атмосфере, брзина ветра и релативна влажност. Исти параметри неопходни су и за евалуацију соларних система за хлађење.

Последње две деценије посебна пажња се посвећује конверзији сунчеве енергије базиране на фотосинтези у продукцији биомасе.

У овом случају, метеоролошки параметри који су потребни за евалуацију система (који је шематски приказан у поглављу 3.2, Слика 3.4) су:

- G - глобално сунчево зрачење
- aG/a_l - спектрална дистрибуција (фотосинтетски активни део спектра)
- терестријално зрачење (одлазно дуготаласно)
- зрачење атмосфере (долазно дуготаласно)
- коефицијент замућености атмосфере
- брзина ветра
- релативна влажност ваздуха
- падавине
- температура тла

Општи преглед неопходних метеоролошких параметара за коришћење сунчеве енергије приказан је у Табели 3.3.1.2, а у Табели 3.3.1.3 и Табели 3.3.1.4 дат је преглед неопходних података о сунчевом зрачењу за истраживање и за пројектовање, а према критеријумима 2) и 3) датим у уводу овог поглавља.

Табела 3.3.1.2 Метеоролошки подаци неопходни за коришћење сунчеве енергије

А. Грејање и хлађење	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Неконцентровани системи	x	(x)	x	x	x	(T),N,SS	сатна вредност	x	
Фокусирани системи		x	x	x	(x)	T,N,SS	1/4 сата		

Б. Генератори снаге		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Термодинамичка конверзија	Неконцентровани системи	x		x	x	x	(T),N,SS	сатна вредност		
	Фокусирани системи		x	x	x	x	T,N,SS	1/4 сата		
Фотонапонска конверзија	Неконцентровани системи		x	x	x	x	T,N,SS	1/4 сата		
	Фокусирани системи	x (спектрал)		(x)	(x)	(x)	T,N,SS	сатна вредност		

В. Фотосинтеза	1	2	3	4	5	6	7	8	9
В. 1. земља	x (спектрал)		x	x	x	N,SS			x
В. 2. вода	x (спектрал)					N,SS			

Напомена: Символ «(x)» означава да метеоролошки параметар може бити користан за одређену сврху. Бројеви у заглављу табеле односе се на следеће параметре:

- 1 Глобално и дифузно зрачење
- 2 Директно зрачење на нормалну површину
- 3 Температура ваздуха
- 4 Брзина ветра
- 5 Влажност ваздуха
- 6 Т - Замућеност
 - N - Количина облачности
 - SS - Трајање сијања сунца
- 7 Расподела фреквенција
- 8 Терестријално зрачење
- 9 Падавине

Табела 3.3.1.3 Подаци о сунчевом зрачењу потребни у истраживању

Истраживачка активност	Потребни подаци
Соларно грејање и хлађење зграда; топлотни системи из пољопривредних и индустријских процеса:	
- <i>Активни и пасивни системи</i>	Неколико типичних и екстремних примера, краткотрајни, детаљни подаци о висококвалитетном не хоризонталном (укључујући и вертикалне површине) и директном сунчевом зрачењу, IR, UV, албео и други спектрални подаци о топлотним губицима, издржљивост материјала и проучавање тла; микрометеоролошко испитивање ради процене посебних проблема у пројекту и појединачних примена сунчеве енергије, узорци података у кратким интервалима (један минут) ради посебних испитивања, детаљни атмосферски подаци
- <i>Активни концентрисани системи</i>	Исто као и горе, плус узорци циркумсоларних података
Фотонапонска примена:	
- <i>Неконцентрисани системи</i>	Као грејање и хлађење сунчевом енергијом са акцентом на спектралним информацијама, укључујући директно и дифузно зрачење
- <i>Концентрисани системи</i>	Исто, са већим акцентом на податке о директном зрачењу укључујући информације о спектралном циркумполарном зрачењу
Соларни термални електрични системи:	
- <i>Дистрибуирани системи (нпр. пумпање воде)</i>	Као грејање и хлађење сунчевом енергијом са акцентом на директно зрачење и циркумсоларне податке
- <i>Енергетски системи великих размера</i>	Исто
Производња биомасе (плантажирање)	Спектрални квалитет укупног зрачења у одређеним климатским регионима за моделирање система

Табела 3.3.1.4 Подаци о сунчевом зрачењу потребни за пројектовање

Пројектне активности	Потребни подаци
Соларно грејање и хлађење зграда; топлотни системи из пољопривредних и индустријских процеса: <i>- Активни и пасивни системи</i>	Исти сет података као за истраживачке активности; модели за проширење глобалних, директних и не хоризонталних података мерења зрачења. Метеоролошки подаци: температура, тачка росе, брзина и смер ветра, честина појаве град-а, честина грмљавине, итд.; сет података типичне године; атлас података укључујући месечне средњаке, статистике честина; подаци у сатним интервалима
<i>Активни концентрисани системи</i>	Као горе; циркумсолар, изведени подаци из типичне године и атласа, са акцентом на директно зрачење
<i>Примена прилагођена специфичностима локације активних система</i>	За системе великих размера или појединачне системе, специфични подаци за дату локацији и специјално обрађени подаци, као што је честина облачности, сезонски подаци мерења ради тестирања применљивости модела
Фотонапонска примена	Као за соларно грејање и хлађење са акцентом на спектралним подацима; специфични подаци за локацију на којој је централа ради оптимизације пројекта
Соларни термални електрични системи	Као за соларно грејање и хлађење уз повећану потребу за подацима директног сунчевог зрачења, специфични подаци за локацију на којој је централа
Производња биомасе	Исто као фотонапонска примена

Поред наведених параметара често су у пракси потребни и други метеоролошки параметри, како у експерименталној фази тако и у фази развоја, пројектовања и тестирања перформанси система. Ово се посебно односи на апликације којима је потребан развој референтних метеоролошких година. Тако се поред наведених параметара још користе и следећи параметри: количина облачности, видљивост, падавине, испаравање, атмосферски притисак, висински подаци посебно у слоју до 1500m, мерења загађености ваздуха итд.

3.3.2 Параметри неопходни за процену ресурса ветра

Глобална процена ресурса ветра (Национални атлас) је квантитативна процена ресурса и своди се на прорачун средње енергије ветра изнад широког подручја. Атлас је основа за прогнозу просечне годишње производње енергије одређеним системима за конверзију енергије ветра (ветротурбине) на специфичним локацијама. Другим речима, атлас ветра је основа за детаљна истраживања и прорачуне друге фазе (одређивање локалног енергетског потенцијала).

Основни податак за упознавање расположиве енергије је тако звани приземни ветар, тј. брзина ветра измерена на стубу висине 10m. Због сложености атмосферских процеса, нарочито у приземном слоју атмосфере, као и због великих разлика у количини енергије, при скромним разликама у брзини ветра, потребно је располагати и са већим бројем података о другим елементима.

Табела 3.3.2.1 Метеоролошке информације потребне за системе конверзија енергије ветра

А) Конвенционални подаци (мерења у метеоролошкој мрежи према стандардима СМО)

Фазе Категорије информација	А Истраживање		Б Планирање			В Оператива		Напомене
	Припрема	Прелиминарни пројекат	Оцена локације	Пројекат		Прогноза	Оцена	
				Велики	Мали			
брзина ветра, на 1 и/или 3 часа: Измерена: Осмотрена: Смер ветра:	X X (X)	X (X) (X)	X X X	X X	X (X) X	X X	X X	Према стандардној процедури 10мин средње вредности на 10m од гла.
Висински подаци Ветар: Температура:	X X		(X) (X)					Осма-трања пилот балонима, радиосондама и радарима
Температура ваздуха	X		(X)	X	X			
Влажност ваздуха			(X)	X				
Атмосферски притисак	X		(X)	X				Притисак на станици
Влажност				X				Киша, снег, снежни покривач, киселост
Лед		(X)	(X)	X	X		X	Залеђивање
Муње	(X)		X	X	X	X	(X)	Честина појаве
Екстремне вредности	(X)	X	X	X	X	X	(X)	Брзина ветра и температура
Екстремни феномени	(X)		X	X	X	X	(X)	Тропски циклони, торнада, пешчане олује

Напомена:

X податак је од примарног значаја.

(X) податак од секундарног значаја.

Б) Специјализоване информације

Фазе	А Истраживање		Б Планирање			В Оператива		Напомене	
	Категорије информација	При-према	Прелиминарни пројекат	Оцена локације	Пројекат		Прогноза		Оцена
					Велики	Мали			
Временске серије брзине ветра			(X)	X	X	X	X	Добијене из аналогних или дигиталних записа	
Турбуленција			(X)	X	X		X	Обично добијена специјалним мерењима	
Вертикални профили			(X)	X		X	X	Температура и брзина ветра обично добијени са метеоролошких стубова, балона, падајућих сонди или системима за даљинска мерења	
Еолски и биолошки индикатори	X	X	X					Осматрања топографије и вегетације формиране ветром	

Напомена:

X податак је од примарног значаја.

(X) податак од секундарног значаја.

Поред метеоролошких параметара у глобалној процени ресурса ветра неопходни су и параметри о физичкој околини станице чији се подаци мерења користе. Наиме, излазна снага ветротурбине пропорционална је трећем степену снаге ветра, па су захтеви за прецизним подацима о брзини ветра у енергетским прорачунима већи него у свим другим применама ових података. Измерена брзина ветра на метеоролошкој станици одређена је пре свега са два фактора: глобалним временским системима који се обично простиру на више стотина километара, и околном топографијом на неколико десетине километара од станице. Другим речима, директно коришћење података мерења брзине ветра у прорачунима енергетских ресурса резултирало би у одређивању снаге репрезентативне само за актуелну позицију мерног инструмента ветра. Стога је неопходно применити методу трансформације података добијених мерењима и одговарајућом статистиком.

Параметри неопходни за трансформацију података добијених мерењима су:

- Препреке у околини мерног места
- Локална орографија
- Рапавост тла (класа терена, односно облик коришћења тла)
- Степен стабилности атмосфере на локалитету мерења

Једна од битних карактеристика ветра је и његова сезонска и међугодишња варијабилност, па и она мора бити узета у обзир у климатолошкој анализи и статистичкој обради података. Да би се извршила квалитетна процена ресурса ветра на националном нивоу неопходно је да подаци мерења ветра (брзине и смера) задовољавају одређене услове:

- Потребно је извршити селекцију високо квалитетних сетова података о ветру и квалитативних мерења вршених на ваздухопловним, синоптичким и климатолошким станицама
- Потребно је извршити селекцију стабилних вишегодишњих низова података, јер прорачуни енергетских ресурса захтевају континуиране дугопериодске серије података
- Потребно је формирати датотеку описа изабраних станица и њихове околине која укључује податке о: класи терена (рапавост), препрекама у близини и локалној орографији

Најповољније је коришћење часовних или десетоминутних вредности. У пракси је то најлакше изводљиво помоћу аутоматских станица, јер је обрада података о ветру до сада била врло неуредно спровођена. Уз податак о брзини ветра подразумева се и податак о смеру.

У групи стандардних метеоролошких елемената су: температура ваздуха, влажност ваздуха, атмосферски притисак. Ови подаци користе се за израчунавање густине ваздуха, што је потребно код прецизног израчунавања снаге ветра, јер снага расте линеарно са густином ваздуха.

3.4 ИДЕНТИФИКАЦИЈА ПОГОДНЕ МЕТОДОЛОГИЈЕ И ПОТРЕБНИХ КОРЕКЦИЈА ЗБОГ СПЕЦИФИЧНИХ ТОПОКЛИМАТСКИХ УСЛОВА У СРБИЈИ

Поред тога што постоје опште климатске карактеристике пространих подручја континента и океана, свако уже подручје па чак и свака тачка на земљиној површини имају своју климу (топоклима, микроклима).

Клима је пре свега одређена приходом сунчеве енергије и расходом енергије у виду хлађења тла. Приход се од тачке до тачке разликује због нагиба и оријентације тла, па и због заклоњености природним или изграђеним објектима. Расход, поред осталог, зависи и од начина коришћења тла, јер се различито хладе ливаде, оранице и градске улице. Даље, велики утицај на климу има присуство воде, било као течности или паре. Све ово доводи до тога да различити топографски облици (планине и долине) имају различиту климу. Урбане средине такође имају своју климу, различиту од климе околине.

Из наведених разлога је неопходно идентификовати погодну методологију за анализу и процену енергетског потенцијала сунчевог зрачења и ветра (процена ресурса), као и одређене корекције због специфичних услова. Избор методологије зависи и од нивоа на коме се врши процена (макро, мезо или микро размере).

3.4.1 Идентификација погодних методологија за ресурс сунчеве енергије

Према климатској класификацији Европског региона, датај у Европском атласу сунчевог зрачења (СЕС, 2000), идентификоване су три основне категорије: маритимна клима, континентална клима и медитеранска клима. Општа динамика временских услова у Европи показује да се континенталност климе повећава ка истоку а аридност се повећава ка југу региона.

Како је главни генератор климе сунчево зрачење, то је у горе поменутој класификацији овај елемент од приоритетне важности, уз уважавање интеракција са осталим метеоролошким елементима и физичком средином. На количину и интензитет сунчевог зрачења на хоризонталну површину при тлу, утичу следећи основни параметри:

- географски положај (пре свега географска ширина а затим и надморска висина, док географска дужина много мање утиче); ова латитудинална зависност зрачења има кључни значај.
- састав атмосфере, посебно аеросолни састав, који утиче на прозачност односно замућеност, и тиме слаби зрачење при проласку кроз атмосферу до тла – повећање загађености атмосфере повећава замућеност
- преовлађујући смер ветра је трећи параметар који утиче на прозачност атмосфере
- облачни покривач, који зависи од локалног времена, на различите начине утиче на директно и дифузно зрачење.

Узимањем у обзир интеракције сунчевог зрачења и наведених параметара, у Европском атласу је дата и финија подела четири наведене категорије климе, на *девет области соларне радијационе климе*, са описом базираним на тзв. индексу ведрине (који представља однос приземног глобалног сунчевог зрачења и глобалног екстратерестријског зрачења). Према овој класификацији, Србија се налази у западној области континенталне климе. Ова западна област се често назива умерено континентална клима.

Да би се уважила детаљнија структура климе у Србији, о којој је напред било речи, у анализама и проценама ресурса сунчевог зрачења погодне су следеће методологије.

Када је у питању **глобална процена ресурса** сунчевог зрачења у Србији, односно прорачуни и приказ просторне и временске расподеле сунчеве енергије, **погодна методологија** је методологија Светске метеоролошке организације (WMO, 1981), која је примењена у европским атласима (СЕС, 1984, 2000) а и у националним атласима многих европских земаља. Ова методологија је описана у поглављу 3.1.1.

Након добијања глобалне процене ресурса, потребно је извршити **дефинисање зона са сличном ирадијационом климом**.

На европском нивоу (СЕС, 2000) дефинисано је 20 оваквих зона, према индексима ведрине. Према овој структури, према листи репрезентативних станица за одређене зоне, Београд је у зони 10 заједно са Клужом (Румунија), Солуном (Грчка) и Анкаром (Турска). Према мапи, то је зона са средњим годишњим индексом ведрине (КТ) између 0.45 и 0.50. Међутим, у прегледу дефинисаних 9 (девет) области климе сунчевог зрачења Европе (у истом атласу), Србија је у области бр. 5 - континентални тип, са годишњим индексом $0.42 \leq \text{КТ} \leq 0.45$.

Овај пример Београда и Србије указује на то да је на националном нивоу потребно урадити овакво зонирање уз коришћење свих расположивих података, како би се идентификовале специфичности територије.

Наиме, Србија и Црна Гора нису биле укључене у сарадњу на изради овог атласа (за разлику од Европског атласа из 1984, када смо били активни и висококвалитетни сарадници) па су аутори новог атласа располагали веома оскудним подацима са наше територије, добијеним од Светског центра за податке о радијацији. Наиме, као почетне приземне вредности, имали су за Београд (Врачар) само средње дневне вредности глобалног зрачења и средње месечне вредности трајања сијања сунца, а за Неготин, Копаоник и Приштину само средње месечне вредности трајања сијања сунца.

Методологија зонирања примењена у Европском атласу 2000. је **погодна** и за примену у Србији али је неопходно користити квалитетне податке за много већи број тачака. У самом атласу се и истиче да је извршена апроксимација у областима са оскудним подацима. Ово се види и поређењем података (који су оцењени као висококвалитетни) из Европског атласа 1984., као и из глобалне процене ресурса сунчевог зрачења која је дата у резултатима ове Студије (поглавље 9.1). Из поменутих резултата се може видети да су параметри ведрине, КТ, за четири референтне станице (које од 1991. више не врше мерења) следећи: Београд (Зелено Брдо) 0,51, Златибор 0,49, Неготин 0,55 и Приштина 0,54.

За **дефинисање зона са сличним параметрима биомасе** у Србији такође је **погодна методологија** која је приказана у Европском атласу 2000. и у поглављу 3.2.1 ове Студије. Међутим, у поменутом атласу су извршене одређене симплификације. Кластеринг процедура је рађена са једнаком дужином вегетационог периода (април - септембар) и дужином грејне сезоне (октобар - март) за све станице (укупно 503 мерне станице), дакле нису узети у обзир географски положај, врста биљног покривача ни актуелни тренд промена у дужини вегетационог периода изазван климатским променама. У Атласу је дефинисано 19 зона са сличним параметрима биомасе, приказаним картографски.

Србија је, према овом атласу, у зони 17, заједно са Мађарском, Румунијом, Бугарском, Словачком, делом Турске. У приказу референтних станица, Београд је у групи са Будимпештом, Софијом, Братиславом, Анкаром. Запажа се слично одступање као и код претходно приказаних зона са сличном ирадијационом климом.

Свакако, за Србију се мора доследно методолошки спровести обрада и анализа података да би се извршило ово веома значајно зонирање. За то је неопходно формирати одговарајућу базу података која би обезбедила улазне податке за савремене моделе који омогућују одређивање продукције суве масе током вегетационог периода за специфицирану биљну врсту као и прогнозу продукције неке нове врсте на истом подручју.

Дефинисање референтних метеоролошких година би био врло значајан подухват за Србију јер се тиме добија широко коришћена база података и алат у енергетском инжењерингу а и у просторном планирању и грађевинском пројектовању. Како је у поглављу 3.2.1 речено, постоји више методологија за дефинисање референтних година али су врло сличне. Када је у питању инжењеринг у области сунчеве енергије, оптимални обухват даје **методологија** за развој типичне метеоролошке године (ТМГ), која се примењује у САД (NREL, 1995). Број параметара је максималан (приказано у поглављу 4.2) али се може радити и са редукованим бројем, у зависности од расположивости података и рачунских модела за симулацију различитих система конверзије сунчеве енергије.

Референтне метеоролошке године се дефинишу за појединачна места (нпр. РМГ Београда, РМГ Новог Сада, итд.).

Корекције које је неопходно извршити у примени **сваке горе наведене методологије**, односе се на локације на којима се не располаже подацима мерења.

За израчунавање зрачења у тачкама где нема мерења могу се користити и подаци вишегодишњих мерења са најближих метеоролошких станица и ово је најпогоднији метод за подручја са релативно равном површином. Међутим, и овде се мора водити рачуна о растојању између станица и тачке за коју се врши прорачун (редуковање корелација са повећањем растојања) као и о грешкама интерполације и екстраполације.

Када су у питању планинска подручја и урбане средине, важно је узимати у обзир градијент сунчевог зрачења у различитим топоклиматским условима. У планинским подручјима су најизразитија два утицаја: повећање интензитета зрачења са надморском висином и утицај летње облачности на смањење интензитета зрачења. У урбаним срединама најизразитији утицај има загађеност ваздуха, односно, замућеност атмосфере, која смањује интензитет зрачења.

Најпоузданији начин добијања што прецизнијих података за локације на којима нису вршена дугопериодска мерења јесте спровођење епизодних и маршрутних мерења у краћим периодима. На основу оваквог сета меродавних метеоролошких података и сетова података са околних станица на основу којих се врши интерполација, спроводе се потребне корекције за изабрани локалитет.

3.4.2 Идентификација погодних методологија за ресурс енергије ветра

Потенцијал енергије ветра изражава се најчешће на два начина. Један начин представљања, какав је примењен нпр. у Светској карти оријентационе процене енергије ветра (WMO, 1981) и Европском атласу ветра (СЕС, 1989), односи се на просечне годишње вредности. У том случају даје се густина снаге која се изражава у Wm^{-2} , при чему се подразумева вертикална површина нормална на смер струјања.

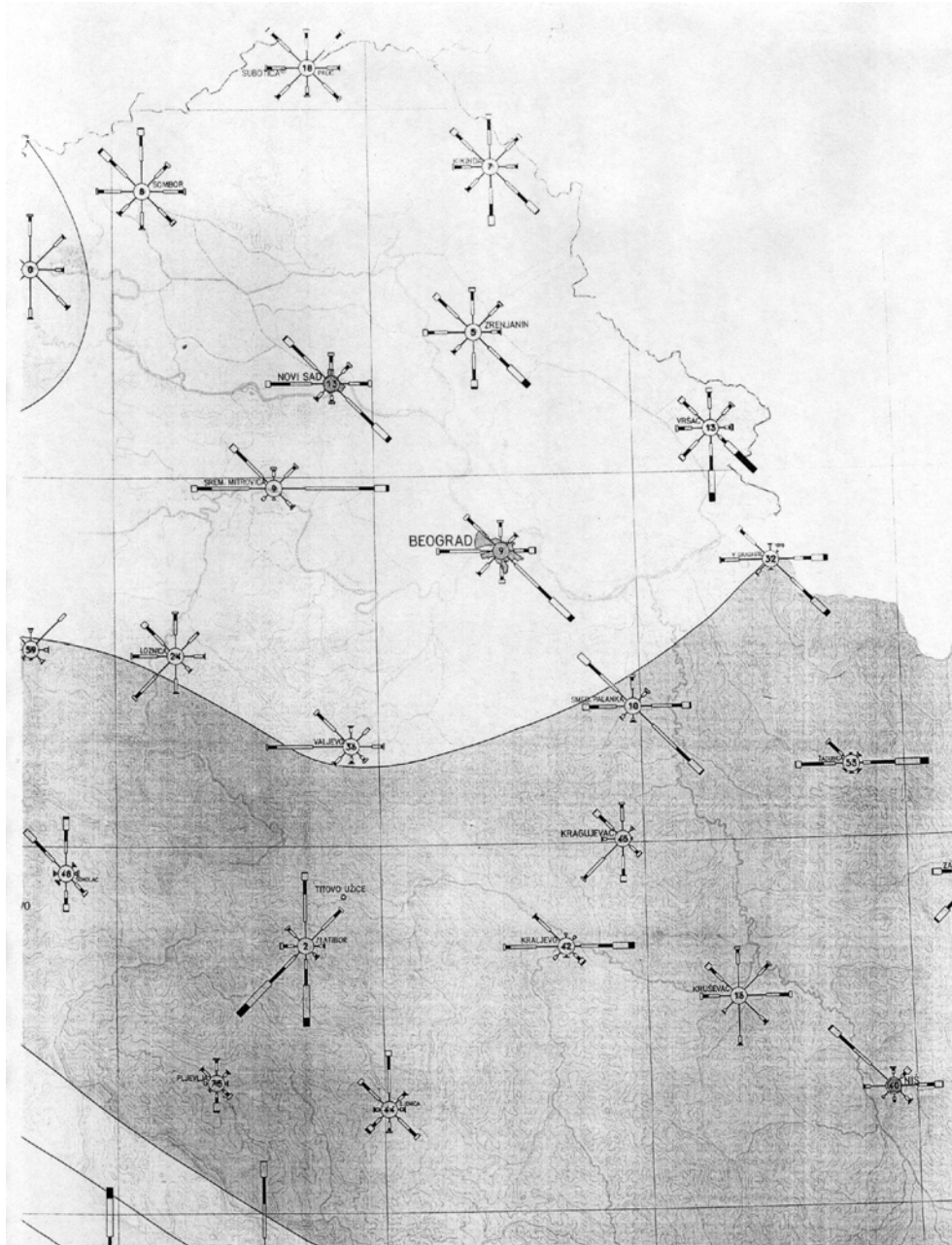
Други начин представљања је помоћу укупне количине енергије за одређени период, најчешће за једну годину. У том случају јединице су $kWhm^{-2}a^{-1}$. У неким климатским атласима, чак и када су намењени коришћењу енергије ветра, није дата директно енергија већ само подаци о брзини и учесталости појединих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

Процене расположиве енергије ветра, дате на недовољно детаљним картама, обично не приказују мање територије са јаким локалним ветровима (WMOc, 1981). Ако су ти ветрови слабији у току одређене сезоне, или су локалитети у подручјима која иначе немају јаке ветрове, шансе да се открију места са већим енергетским потенцијалом још су мање. Таква подручја, нетипична за јаке ветрове, су равнице окружене планинама. Па ипак, у једном таквом подручју, као што је Подунавље, имамо у зимском делу године врло јак и дуготрајан ветар (Вујевић, 1953).

Као **погодна методологија** која се може у основном приступу, **на аналитичком нивоу** (атлас), применити на подручје Србије је методологија Европског атласа ветра (СЕС, 1989), (RISO-СЕС, 1991a, 1991b). Међутим, неопходно је узети у обзир **специфичности** нашег подручја, пре свега у кошавској области. Наиме, кошава има специфичан вертикални профил, различит од профила преовлађујућих ветрова у земљама ЕУ. Дословном применом методологије Европског атласа не може се идентификовати кошава.

Кошавско подручје се може у грубим цртама сагледати и на карти ружа ветра из Атласа климе Југославије (ХМСЈ, 1985). Источна половина тадашње Југославије приказана је на Слици 3.4.2.1.

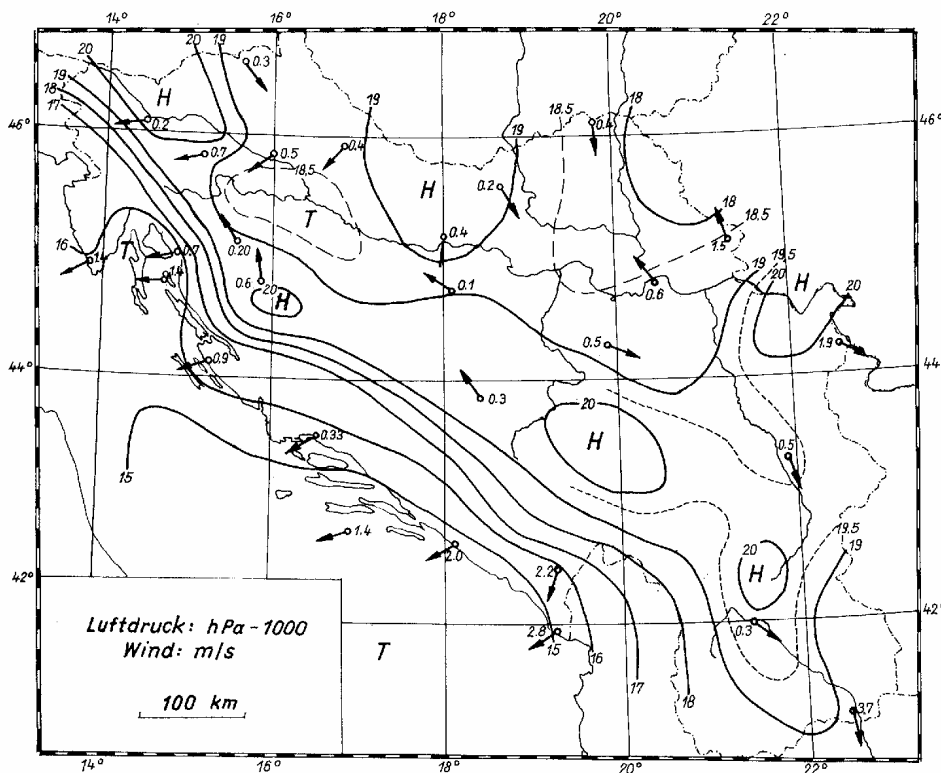
За кошавско подручје карактеристична је максимална честина југоисточног ветра. По овој карти у кошавско подручје могу се убројати, полазећи од Великог Градишта, још Вршац, Смедеревска Паланка, Београд, Сремска Митровица, Нови Сад, Зрењанин и Кикинда. Ван овог издуженог лука који обухвата Јужно Подунавље, нема много локалитета са јаким и честим југоисточним ветром.



Слика 3.4.2.1 Карта ружа ветра за Кошавско подручје

Климатска карта распореда притиска и резултујућег ветра дата је у раду Gburčik, P. (1984a). У овом раду обрађена су поља ветра и атмосферског притиска методима синоптичке климатологије. То је било неопходно, да би се добио домаћи прогностички модел, који "препознаје кошаву". До сада коришћени прогностички модели нису адекватно користили топографију Динарских и Карпатских планина, између којих се као котлина налази Панонска низија. Из истог разлога у климатским картама за шира подручја кошавско подручје не постоји.

На Слици 3.4.2.2 дато је средње јануарско поље атмосферског притиска и одговарајући резултујући ветар у низу станица.



Слика 3.4.2.2 Поље притиска на морском нивоу и резултујући ветар за Јануар

Коментарисаће се само североисточни део карте. Пуне линије представљају изобаре сведене на морски ниво (што је уобичајено за синоптичке карте), јер су такве изобаре каузално повезане са смером и брзином ветра. У циљу поједностављења слике ознаке изобара, су умањиване за 1000.

Изобара 18 представља притисак 1018mb (mb = hPa). Изобара 18 у Северном Банату показује да се центар депресије налази у румунском делу Баната. Виши притисак се налази на Карпатима, планинском делу Србије и у Славонији и износи око 1020mb. И овако мале разлике у притисцима су значајне јер се ради о средњим вредностима за период од 20 година.

Друга значајна карактеристика овог дела карте је велика густина изобара (велики градијент притиска) на простору пре уласка у Ђердапску Клисуру.

Трећа значајна карактеристика су вектори који показују резултујући ветар у Београду и Вршцу усмерен ка северозападу, тј. кошаву. Види се да резултујући ветар у Суботици, Осијеку и Ваљево има супротан смер.

Најветровитији део кошавског подручја налази се у Југоисточном делу Банатске депресије. То су јужни Банат и Подунавље од Голупца до Срема. Оно је диктирано постојањем Банатске депресије у зимским месецима.

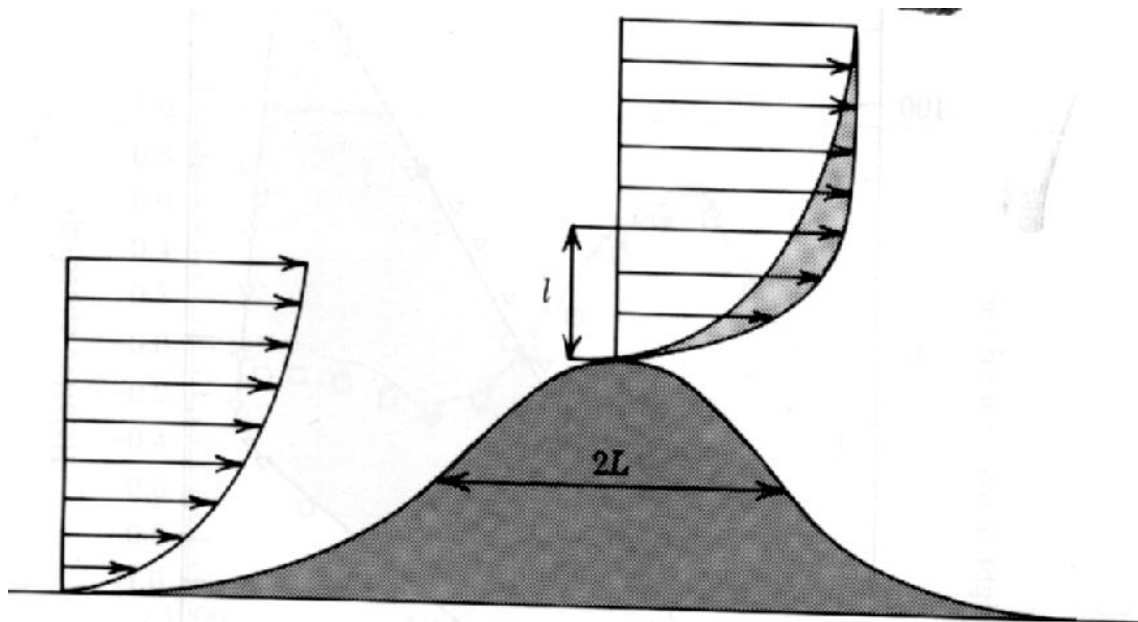
Читаву област јужно од Ваљевских планина, покрива у току зиме антициклон са малим интензитетом ветра и са малим градијентима притиска.

У летњим месецима Банатска депресија није изражена, па изнад читаве Србије преовлађује северозападно струјање. Општа слика процеса једноставнија је лети него зими, али је и општи енергетски потенцијал мањи. Општа оцена је да највеће количине енергије ветра треба очекивати у кошавском подручју.

Када је у питању **апликативни ниво** (процена ресурса на одређеној локацији, -“siting”), погодан је **методолошки приступ** описан у поглављу 3.2.2, заснован на методологији Европског атласа (СЕС, 1989), уз коришћење одговарајућих савремених математичких модела за приземни слој атмосфере, који су детаљније описани у поглављу 4.

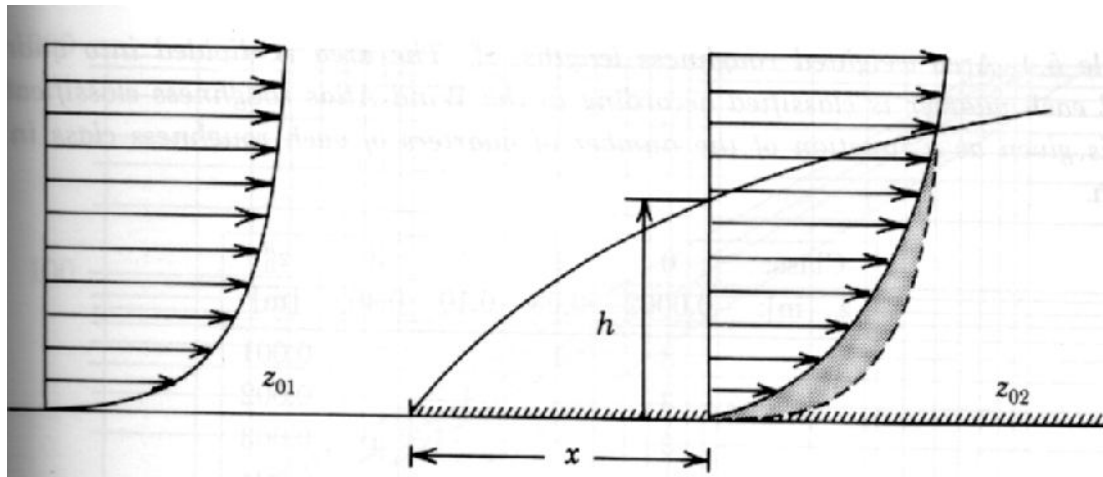
Ови модели омогућавају прецизније прорачуне **специфичних** локалних **утицаја** на струјање ваздуха. Тако орографски модел, који је коришћен у Европском атласу, има одређена ограничења, па не симулира реалистично стање на комплексним теренима (струјање преко брда), (М. Tombrou, D. P. Lalas, 1990).

Илустрације специфичности због којих је потребно вршити **корекције** су дате на следећим сликама.



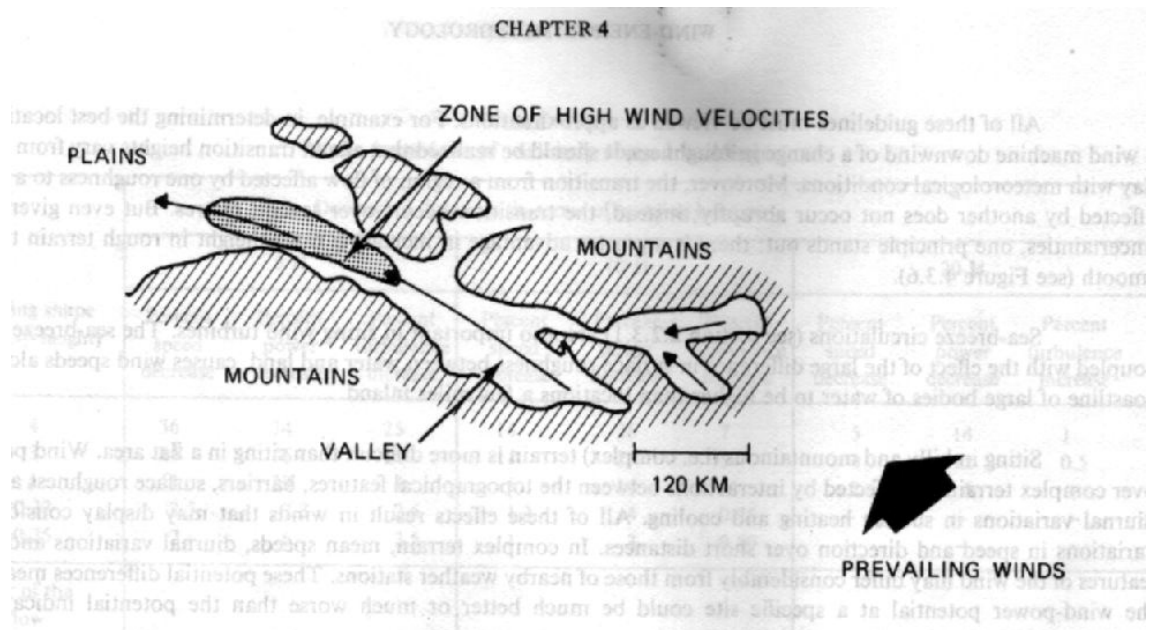
Слика 3.4.2.3 Струјање преко идеализованог брда

На Слици 3.4.2.3 приказани су вертикални профили брзина ветра над равницом и над врхом брда. Карактеристичне величине су: $2L$ - ширина на половини висине брда, а l - висина максималног убрзања над гребеном. Криве линије које приказују пораст брзине ветра са висином (профили ветра) разликују се по томе што над брдом брзина ветра брже расте са висином. Ако би на конкретном примеру узели l као висину ветротурбине, она би имала на брду за око 40% веће брзине ветра, односно скоро три пута већу енергију него у равници.



Слика 3.4.2.4 Струјање изнад површине са променљивом рапавошћу

Пример са Сlike 3.4.2.4 може се схватити као прелаз са водене површине на копно, или као прелаз са руралне површине на урбану. Успоравање зависи од рапавости z и од дужине пута над рапавијом површином x . Над рапавијом површином довољне снаге се постижу тек на осетно вишим нивоима, па је у таквим ситуацијама и економичност смањена.



Слика 3.4.2.5 Утицај топографије на формирање подручја са појачаним струјањем ваздуха

Ако преовлађујући ветар има смер низ долину која се на излазу шири, доћи ће до спуштања ваздуха и убрзања струјања (катабатички ветар) (Слика 3.4.2.5). Ветар који дува низ уску долину река већ самим тим има и падајућу компоненту која му доноси убрзање. На проширеном делу долине јавља се још један ефекат. Због ширења простора долази до спуштања горњих слојева ваздуха који још појачавају падајућу компоненту. Оваква локација је врло повољна за постављање ветротурбина.