

REPUBLIKA E SHQIPËRISË UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS FAKULTETI INXHINIERISË MATEMATIKE DHE INXHINIERISË FIZIKE DEPARTAMENTI I INXHINIERISË FIZIKE

Rr: "Muhamet Gjollesha", Tiranë

Tel/fax: ++ 355 4 2257294, www.upt.al

PROGRAMI OPTIKË E ZBATUAR

DOKTORATURË

"Integrimi në rrjet i sistemit fotovoltaik 5kW në

qytetin e Tiranës. Mundësitë, potencialet energjitike

dhe fisibiliteti"

Për kërkimin e Gradës Shkencore "DOKTOR"

Paraqitur nga: M. Sc. Irma BËRDUFI Udhëheqës Shkencor: Prof. Dr. Pëllumb BERBERI

Tiranë, 2016



UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS FAKULTETI INXHINIERISË MATEMATIKE DHE INXHINIERISË FIZIKE DEPARTAMENTI I INXHINIERISË FIZIKE

DISERTACION I PARAQITUR NGA

Msc. Irma BËRDUFI Për marrjen e Gradës Shkencore "DOKTOR"

Integrimi në rrjet i sistemit fotovoltaik 5kW në qytetin e Tiranës. Mundësitë, potencialet energjitike dhe fisibiliteti

UDHËHEQËS SHKENCOR: Prof. Dr. Pëllumb BERBERI

Mbrohet më datë 05/10/2016/, para jurisë:

1. Prof. Dr. Zenun MULAJ	Kryetar
2. Prof. Dr. Mitat SANXHAKU	Anëtar (Oponent)
3. As. Prof. Valbona MUDA	Anëtar (Oponent)
4. Prof. Dr. Lulëzime ALIKO	Anëtar
5. Prof. Dr. Spiro THODHORJANI	Anëtar

Dedikuar Familjes

"Nada acontece sem esforço. È preciso ter fé. E, para isso, temos que derrubar barreiras do preconceito, o que exige Coragem, é preciso dominar o medo"

Paulo Coelho, Adultério

Falenderime

Dëshiroj të falenderoj të gjithë ata që më kanë ndihmuar në realizimin e këtij studimi për kontributin e vyer të tyre.

Në rradhë të parë dëshiroj të falenderoj dhe të shpreh mirënjohjen time më të thellë për udhëheqësin e doktoraturës Prof. Dr. Pëllumb BERBERI, për kohën e dedikuar dhe për udhëzimet e shumta dhe të çmuara gjatë gjithë periudhës së studimeve të mia të doktoraturës. Pa kontributin e Tij ky studim nuk do të ishte realizuar.

Unë vlerësoj shumë nderin që më bëjnë dy oponentët e mi Prof. Dr. Mithat SANXHAKU dhe As. Prof. Valbona MUDA që pranuan të jenë recensuesit e këtij studimi.

Falenderoj gjithashtu Prof. Dr. Lulëzime ALIKO, Prof. Dr. Zenun MULAJ dhe Prof. Dr. Spiro THODHORJANI që pranuan të marrin pjesë në komisionin përfundimtar, falenderime të sinqerta për interesin dhe mendimin që dhanë në lidhje me këtë studim.

Dëshiroj të falenderoj kolegët dhe miqtë e mi të grupit të energjive të ripërtëritshme, diskutimet me ta kanë qenë gjithmonë të dobishme dhe frymëzuese dhe në veçanti miket e mia Driada Mitrushi dhe Manjola Shyti të cilat kanë qenë gjithnjë të gatshme për të dhënë ndihmesën me këshillat, sugjerimet e tyre të vlefshme dhe dashamirëse.

Gjithashtu, falenderoj të gjithë stafin akademik të Departamentit të Inxhinierisë Fizike për bashkëpunimin e frytshëm si dhe drejtuesit e Fakultetit të Inxhinierisë Matematike dhe Inxhinierisë Fizike për mbështetjen dhe ndihmën e vazhdueshme gjatë kërkimit tim shkencor.

Në fund por jo nga rëndësia, do të doja të shprehja mirënjohjen time të thellë dhe respektin për familjen time, sidomos për prindërit e mi, të cilëve u detyrohem gjithë suksesin në jetën time. Asnjë fjalë nuk mund të shprehë mirënjohjen time për ta.

Përmbajtja

Abstrakti	xi
Abstract	xv
Motivimi	27
Qëllimi i studimit	31
HYRJE	33
Kapitulli I - Sistemet Fotovoltaike të lidhura me rrjetin	39
1.1 Burimet e ripërtëritshme të energjisë	39
1.2 Komponentët e sistemeve FV të lidhura me rrjetin	40
1.2.1 Konsiderata të përgjithshme mbi energjinë diellore	40
1.2.2 Modulet FV: teknologjia dhe modelimi	43
1.2.3 Njësitë e kushtëzimit të fuqisë	49
1.2.4 Paisjet për ruajtjen e energjisë	51
1.3 Ndikimet e sistemeve FV të lidhura me rrjetin në rrjetin elektrik	51
1.3.1 Të përgjithshme	51
1.3.2 Përkufizimet	52
1.3.3 Klasifikimi i sistemeve FV	53
1.3.4 Përfitimet e sistemeve FV të lidhura me rrjetin	53
1.4 Problemet që lidhen me sistemet FV të lidhura me rrjetin	54
1.4.1 Luhatjet e prodhimit të energjisë të sistemeve FV	54
1.4.2 Të dhënat e nevojshme të rrezatimit për të studiuar ndikimin e sistemeve FV	55
1.4.3 Ndikimi i sistemeve FV në cilësinë e furnizimit me energji nga rrjeti qëndror i energjisë elektrike	55
1.4.4 Ndikimi në rrjetet e transmetimit dhe nën - transmetimit	56
1.4.5 Ndikimi në rrjetet e shpërndarjes	56
1.5 Rekomandime për mirë administrimin e energjisë së gjeneruar nga FV	58
Kapitulli II - Shfrytëzimi i energjisë diellore nëpërmjet sistemit FV të lidhur me rrjetin në qy	tetin
e Tiranës	61
2.1 Energjia diellore në Shqipëri	61
2.1.1 Shpërndarja territoriale dhe kohore e rrezatimit diellor	61
2.2 Vlerësimi i rrezatimit diellor në qytetin e Tiranës	65
2.2.1. Vlerësimi i intensitetit të rrezatimit në sipërfaqen e modulit FV	71
Kapitulli III - Performanca e sistemeve fotovoltaike të lidhur me rrjetin elektroenergjitik	79
3.1 Sistemet fotovoltaike dhe sjellja e modeleve të ndryshme energjitike	79
3.1.1 Krahasimi i matjeve me modelet e sipërcituara	82

3.2 Përzgjedhja e modelit empirik energjitik më të mirë për funksionimin e sistemit të lidhur në rrjet	fotovoltaik 91
3.3 Analiza e performancës së sistemit fotovoltaik të lidhur me rrjetin	99
3.3.1 Analiza e humbjeve të inverterit	105
Kapitulli IV - Fisibiliteti i shfrytëzimit të sistemeve FV në Shqipëri	109
4.1 Energjia elektrike AC në dalje të sistemit FV	110
4.2 Rënia e prodhimtarisë së modulit	112
4.2.1 Teknologjia e prodhimit	112
4.2.2 Ndotja	113
4.2.3 Temperatura	113
4.2.4 Energjia e rrymës së vazhduar në dalje të paneleve	114
4.2.5 Rendimenti inverterit	114
4.3 Energjia vjetore e përftuar nga sistemi FV	116
4.4 Kostoja për njësi të energjisë elektrike	117
Përfundimet dhe Perspektivat	119
Bibliografia	127
Shtojca 1	137

Abstrakti

Sistemet fotovoltaike (FV) të lidhura me rrjetin krijojnë mundësinë që konsumatorët të reduktojnë konsumin e energjisë nga rrjeti i energjisë elektrike dhe, gjithashtu, të dërgojnë energjinë e tepërt të prodhuar në rrjet. Në përgjithësi, çdo rast individual është një rast i veçantë që ka nevojë për studim specifik.

Fisibiliteti i gjenerimit të energjisë elektrike, përfshirë këtu cilësinë dhe eficiencën e furnizimit me energji, është problemi thelbësor i aplikimit të teknologjisë së sistemeve fotovoltaike. Po ashtu është mjaft i dobishëm studimi i mundësisë së integrimit të energjisë së gjeneruar nga sistemet e tilla në rrjetin kombëtar elektroenergjitik.

Efiçenca e sistemeve fotovoltaike të lidhura me rrjetin përcaktohet jo vetëm nga efiçenca teknologjike e vetë moduleve FV dhe potenciali energjitik natyror i rajonit ku do instalohen, por edhe në një numër faktorësh të tjerë që lidhen me mënyrën e instalimit, temperaturën e moduleve, natyrën dhe cilësinë e rrjetit kombëtar apo rajonal, madhësinë e inverterit, ngarkesën, etj.

Ky është dhe motivimi kryesor i ndërmarrjes së kësaj teze doktorature. Në këtë studim jemi përpjekur të paraqesim rezultatet, analizën e të dhënave të grumbulluara si dhe interpretimin e tyre nga zbatimi për herë të parë në Shqipëri të sistemit FV të lidhur me rrjetin elektrik.

Sistemi është i instaluar në tarracën e ndërtesës së Institutit të Gjeoshkencave, Energjisë, Ujit dhe Mjedisit.

Sistemi i përdorur është i përbërë nga dy grupe prej 12 panelesh silici polikristalin të lidhur në paralel. Grupet janë të lidhur në seri dhe kanë secili tension qarku të hapur 44.8V DC dhe fuqi nominale 190Wp. Sistemi është monitoruar për një periudhë një vjeçare 2012 - 2013. Sistemi regjistron të dhënat çdo dy minuta të cilat më vonë janë mesatarizuar për intervale kohore 30 minutëshe për të bërë të mundur koordinimin me të dhënat e matura nga stacioni meteorologjik. Energjia elektrike e gjeneruar nga sistemi është struktuar të jetë e njëjtë me atë të rrjetit dmth për rrjetin me tension të ulët, të njëjtë me atë të konsumatorit të zakonshëm: 220V, 50Hz. Të dhënat meteorologjike janë nxjerrë nga stacioni automatik i tipit DAVIS, i vendosur në tarracën e Fakultetit të Inxhinierisë Elektrike.

Në studim janë analizuar, po ashtu, edhe ndikimet e mundshme në funksionimin e sistemit FV të intensitetit të rrezatimit diellor, të temperaturës së mjedisit, të hijëzimeve, të efiçencës së inverterit dhe madhësisë së tij, etj.

Parametrat ditore, mujore dhe vjetore të funksionimit të sistemit të moduleve FV që janë vlerësuar përfshijnë: energjinë e prodhuar, efiçencën e sistemit FV, efiçencën e inverterit dhe efiçencën e moduleve FV. Ndër parametrat e vlerësuar që nxjerrin në pah ndikimin e kushteve rrethanore në funksionimin e sistemit FV mund të përmendim: rendimenti i sistemit FV luhatet ndërmjet vlerave 17% për intensitet të ulët të rrezatimit diellor (rreth 500W/m²) në rreth 10% për intensitet të lartë të rrezatimit diellor (rreth 1000W/m²). Këto dy vlera dëshmojnë domosdoshmërinë e një studimi të thelluar të ligjshmërive që përcaktojnë ndikimin e faktorëve jo të paktë që marrin pjesë në vlerësimin e fisibilitetit të funksionimit të një sistemi FV të lidhur me rrjetin. Në këtë studim jemi përpjekur të analizojmë dhe vlerësojmë disa nga faktorët më të

rëndësishëm që ndërhyjnë në çdo projekt fisibiliteti të shfrytëzimit të energjisë diellore me anë të sistemeve FV të lidhur me rrjetin.

Humbjet e energjisë në inverterin e përdorur në sistemin tonë FV varen nga dy faktorë kryesorë: nga fuqia DC në hyrje të paneleve dhe temperatura e mjedisit. Ekuacionet që përshkruajnë më mirë lidhjen ndërmjet humbjeve të energjisë në sistemin e inverterit dhe fuqisë DC në hyrje të tyre si dhe temperaturës së mjedisit rezultojnë të jenë që të dy funksione fuqie. Për të vlerësuar ndikimin e njëkohshëm të të dy faktorëve propozuam formulën empirike si më poshtë:

$$y = 60.80x^{-0.31} - 11.71z^{-0.81} + 0.59$$

Koeficienti i korrelacionit është R^2 =0.92, dhe F-faktori është 2825.7.

Ku y paraqet humbjet në inverter, x paraqet fuqinë e sistemit fotovoltaik dhe z përfaqëson temperaturën e mjedisit, në gradë Celsius.

Formula e mësipërme do të japë ndihmesë të madhe në dizenjimin e kapacitetit të inverterit të përshtatshëm për një sistem të dhënë FV.

Tashmë është e njohur që një nga çështjet më të vështira e të ndërlikuara në procesin e vlerësimit të eficiencës së një sistemi FV të lidhur me rrjetin është përcaktimi analitik mundësisht sa më i saktë i ndikimit të parametrave meteorologjik lokal, siç janë intensiteti i rrezatimit diellor, temperatura e mjedisit, lagështia e ajrit dhe elemente të tjerë që përcaktojnë kushtet e motit në rendimentin e sistemit FV.

Autorë të ndryshëm kanë propozuar një sërë formulash empirike, që përmbajnë më shumë apo më pak parametra meteorologjike, e që përshkruajnë matematikisht më mirë rezultatet konkrete gjatë eksperimenteve të ndryshme. Megjithatë, duhet nënvizuar që vlera e tyre mbetet gjithmonë e kufizuar për raste afërsisht të ngjashëm dhe, që sigurisht në çdo rast konkret, forma e tyre duhet modifikuar në mënyrë të përshtatshme.

Në këtë studim i është kushtuar vëmendje e veçantë përcaktimit të funksionit empirik energjitik i cili përshkruan më mirë varësinë e të dhënave meteorologjike dhe energjisë së prodhuar nga sistemi. Janë testuar dy modele energjitike, modeli Durisch dhe Evans, në trajtën e tyre origjinale dhe të përmirësuar me parametrat e nevojshëm të llogaritur, mbështetur në të dhënat eksperimentale të marra nga monitorimi i vazhdueshëm i sistemit FV në studim.

Këtu, praktikisht, jemi ndalur në paraqitjen vetëm të modelit Evans, që është më tipik përsa i përket nxjerrjes në pah të kompleksitetit të modeleve dhe vështirësinë e modifikimit të tyre.

$$\eta_{PV} = \eta_{ref} \left[1 - \beta' (T_{cell} - T_{cell,ref}) + \gamma log \left(\frac{I_{\beta}}{I_{\beta,ref}} \right) \right]$$

Ku, η_{PV} rendimenti i modulit FV, T_{cell} tregon temperaturën e celulës FV në gradë Celcius, η_{ref} rendimenti referues në kushtet standarte të modulit FV në temperaturë referuese të celulës FV, $T_{cell,ref} = 25^{0}$ C, dhe për një intensitet standart të rrezatimit diellor $I_{\beta,ref} = 1000 \text{ W/m}^{2}$. Koeficientët γ dhe β ' janë koeficientët që përshtasin matematikisht lidhjen midis rendimentit të modulit FV me intensitetin e rrezatimit diellor dhe temperaturës së mjedisit.

Të dy modelet e përafrimit, në trajtën e tyre origjinale, treguan një ndryshim të qëndrueshëm ndërmjet të dhënave eksperimentale dhe atyre të parashikuara nga secili model, me përparësi jo të mëdha ndaj njëri tjetrit. Shmangiet e ndjeshme të rezultateve të parashikuara nga modelet me ato eksperimentale bënë të domosdoshëm ripërcaktimin e të dy modeleve të përafrimit në përputhje me të dhënat eksperimentale për të mbërritur në formulime që përshkruajnë saktësisht funksionimin e sistemit tonë FV. Në mënyrë më të detajuar janë marrë në studim dy prej modeleve, Durich dhe Evans, i pari sepse përdoret për të katërta teknologjitë e sistemeve FV dhe i dyti sepse është më afër të dhënave eksperimentale. Korrelacioni i mirë linear në mes të tre grupeve të të dhënave tregon se korrigjimi në mënyrë të rregullt i modelit të Durisch dhe Evans me një faktor të përcaktuar eksperimentalisht i bën ata të përshtatshëm për përshkrimin e sistemit FV.

Pavarësisht se sistemi FV që kishim në dispozicion është i përmasave të vogla, sidomos për rastin kur ky sistem duhet të integrohet me rrjetin lokal, rajonal apo me gjerë, rezultatet e fituara dhe sidomos interpretimi i tyre na mundësojnë paraqitjen e një metodologjie të përshtatshme për vlerësimin e fisibilitetit dhe projektimin e çdo sistemi FV që do të integrohet në rrjet. Kështu që përshkruhen gjithë hapat që duhen ndjekur, parametrat e nevojshëm që duhen njohur apo llogaritur dhe specifikat përkatëse të rajonit/vendit të instalimit.

Në metodikë parashikohen verifikimi i situatës në vend, dokumentacioni tekniko - ekonomik i nevojshëm, energjia e përftuar, ndikimet e potencialit energjitik diellor, të gjeometrisë së instalimit, kushteve të motit, veçoritë e teknologjisë së përdorur, ndikimet nga hijëzimet apo pasqyrimet nga objektet përreth, humbjet që shkaktohen nga elemente eventual të ndotjes së atmosferës, humbjet në inverter dhe përmasat e tij, etj. Në mënyrë të përmbledhur energjia e gjeneruar mund të shprehet me formulën e mëposhtme:

 $E_{sis.} = P_{proj.}xf_{tem.}xf_{tol.}xf_{ndot.}xH_{pjerrt~e}x\eta_{FV-inv.}x\eta_{inv.}x\eta_{inv.-perc.}$

Ku, $E_{sis.}$ energjia e furnizuar në dalje të sistemit kWh/m², P_{proj} fuqia e projektuar në kushte standarde në W, f_{tem} koeficienti i humbjeve për shkak të temperaturës, f_{tol} koeficienti i tolerancës së prodhimit, f_{ndot} koeficienti i humbjeve nga ndotja, $H_{pjerrte}$ energjia vjetore e rrezatimit në rajonin e përzgjedhur duke marrë në konsideratë pjerrësinë, orientimin dhe hijëzimin kWh/m², η_{inv} rendimenti i inverterit, $\eta_{FV_{inv}}$ rendimenti i nënsistemeve (kabllove lidhës) ndërmjet paneleve FV dhe inverterit, $\eta_{inv-perc}$ rendimenti i nënsistemeve (kabllove lidhës) ndërmjet inverterit dhe automatit.

Parametrat e përdorur gjatë vlerësimeve, kudo që ishte e mundur, janë ato të përcaktuar në këtë studim. Në rastet e tjera janë përdorur parametra të përcaktuara nga studiues të tjerë të të njëjtit grup studimor ose janë shfrytëzuar parametra të standartizuar në bazë të eksperiencës më të mirë ndërkombëtare.

Metodologjia e sapo cituar mund të shërbejë si një dokument bazë për këdo që dëshiron të realizojë një projekt të shfrytëzimit të një sistemi FV të lidhur me rrjetin.

Në këto kushte, pa hyrë në analiza të detajuara, është e qartë që një projekt i shfrytëzimit të sistemeve FV të lidhur me rrjetin për furnizimin me energji elektrike të jetë fisibël është e

domosdoshme të zbatohet një politikë e përshtatshme tarifash fikse të shitjes së kësaj energjie elektrike.

Fjalët kyçe: Funksionimi i sistemit FV, eficenca e sistemit FV, modelet empirik të eficencës, lidhja me rrjetin, të dhëna meteorologjike, metodologjia e përcaktimit të fisibilitetit.

Abstract

The PV systems conected to the network allow the consumer to reduce energy consumption by electricity network and, also, send excess of energy produced to the network. In general, each individual case is a special case that needs special study. The operation, feasibility, power supply quality, efficiency and reliability issues are important for all applications of photovoltaic technologies, including on grid PV systems.

The feasibility of generating electricity, including here the quality and efficiency of energy supply, is the essential problem of applications of the technological photovoltaic elements. Also very useful is the study of possibilities of integration of the energy generated by such systems into the national electrical power network.

The efficiency of the PV systems connected to the network depends not only on the efficiency of the PV module and the natural potential of solar radiation of the place of installation, but also in a number of other factors related to the installation, temperature of the modules, the nature and the quality of national or regional electrical network, inverter sizing, load, etc..

This is the main motivation of this doctoral thesis. In this study we have tried to present the results, the analysis of the collected data and their interpretation of the implementation of the first on grid PV system installed in Albania.

The system is installed on the roof of the building of the Institute of Geosciences, Energy, Water and Environment.

The system is composed of two groups of 12 polycrystalline silicon panels connected in parallel. The groups are connected in series, each with open circuit voltage 44.8V DC and nominal power 190Wp. The system is monitored for a period of one year from 2012 to 2013. The system register data every two minutes which later are averaged for 30 minutes time interval to make possible the coordination with the data taken from the meteorological station. The electricity generated is fed through the low voltage customer network, 220V, 50Hz. Meteorological data were measured using DAVIS meteorological station, located on the roof of the Faculty of Electrical Engineering.

In the study are analyzed also the impacts on the functioning of the PV system by the intensity of solar radiation, air temperature, shadows, inverter efficiency and inverter sizing, etc.. Parameters of daily, monthly and annual performance of the PV system modules are assessed and include: energy output, system efficiency, inverter efficiency and efficiency of the PV module. Among the estimated parameters that highlight the impact of circumstantial conditions on the functioning of the PV system can mention: the efficiency of the PV system fluctuates between about 17% for low intensity of solar radiation (about 500W/m²) to about 10% for high intensity of solar radiation (about 1000W/m²). These two values prove the necessity of a deeper study of the laws that defined the influence of factors participating in the evaluation of the feasibility of the PV system connected to the network. In this study we have tried to analyze and evaluate some of the most important factors that interfere in any feasibility project of using solar energy through PV systems connected to the network.

Energy losses in the inverter, using our PV system depends on two main factors: the DC power input and air temperature. The equations that describe better the connection between the energy losses in the inverter system and DC power input as well as air temperature, rezult to be power functions. To evaluate the simultaneous impact of the two factors we proposed the empirical formula as follows:

$$y = 60.80x^{-0.31} - 11.71z^{-0.81} + 0.59$$

The correlation coefficient is $R^2 = 0.92$ and F-factor is 2825.7.

Where y stands for losses in the inverter and DC power in percetage to the entrance of PV panels, x stands for DC power at their entrance and z stands for air temperature in degrees Celsius.

The proposed formula will provide great help in designing the appropriate inverter sizing for a given PV system. It is now known that one of the most difficult and complex process of assessing the efficiency of a PV system connected to the network is the analytical evaluation of the impact of the local meteorological parameters, such as solar radiation, air temperature, humidity, and other elements that determine weather conditions in the performance of the PV system.

Various authors have proposed a series of empirical formulas, which contains more or less meteorological parameters, which describe mathematically better concrete results during different experiments. However, their value remains always limited to specific cases, and in any case their forms must be modified appropriately.

In this study, we paid special attention to the determination to the empirical function who describes better the experimental connection between meteorological data and produced power by the PV system. There are tested two energetic empirical models, Durisch and Evans models, in their original form and they are improved with the necessary parameters calculated based on long - term experimental data obtained from monitoring our PV system.

Below is presented the Evans model as a typical model to highlight the complexity of the models and the difficulty of modifying them.

$$\eta_{PV} = \eta_{ref} \left[1 - \beta' (T_{cell} - T_{cell,ref}) + \gamma log \left(\frac{I_{\beta}}{I_{\beta,ref}} \right) \right]$$

Where, η_{PV} is the efficiency of PV module, T_{cell} is the temperature of PV cell, η_{ref} is the reference efficiency of PV module at standard temperature, $T_{cell, ref} = 25^{0}$ C, and standard solar insolation $I_{\beta} = 1000 \text{ W/m}^{2}$. Coefficients γ and β 'are the coefficients which consider influence of solar insolation and temperature on the efficiency of the PV module.

The two approximation models, in their original form, predict a constant change between the experimental data and the predicted ones by each model, with no great advantage to each - other. Significant deviations from the results predicted by the models and experimental ones made a necessity the redefinition of the two models approach in accordance with the experimental data to arrive at formulation that describes precisely the functioning of our PV system. In more detail

in our study are taken two models, Durich and Evans models, the first one because is used for four PV systems technologies and the second model because is closer to the experimental data. Good linear correlation between the three sets of data shows that in an orderly correction of the Durisch and Evans model with an experimentally determined factor makes them suitable for PV system description.

Even though the PV system studied is of small size for the PV systems connected to the network, particularly in the case when this system should be integrated with the local, regional network or wider, and the results obtained and their interpretations enables us to determine an appropriate methodology for assessing the feasibility and designing of any similar PV system connected to the network.

There are described all steps to be followed, the necessary parameters to be known or estimated and the corresponding specifications of the region/country of installation.

In the methodology are foreseen the verification of on site situation, documentations and technical - economic needs, the energy obtained, the impact of solar energy potential, geometry of the installation, meteorological conditions and the characteristics of the technology used, shadows or reflections, losses from the atmospheric pollution, losses in the inverter and its dimensions, etc. as is shown at the formula below.

$$E_{sys} = P_{array _STC} * f_{temp} * f_{man} * f_{dirt} * H_{tilt} * \eta_{pv_inv} * \eta_{inv} * \eta_{inv_sb}$$

Where, $E_{sys.}$ the average yearly energy yield kWh/m², P_{array_STC} rated output power W of the array under standard test condition, f_{temp} temperature de – rating factor dimensionless, f_{man} de – rating factor for manufacturing tolerance dimensionless, f_{dirt} de – rating factor for dirt dimensionless, H_{tilt} yearly irradiation value kWh/m² for the selected site (allowing for titl, orientation and shading), η_{inv} efficiency of the inverter, η_{PV_inv} efficiency of the subsystem (cable) between the PV array and inverter, η_{inv_sb} efficiency of the subsystem (cable) between the inverter and the switchboard.

The used parameters during the evaluation, wherever was possible, are defined in this study. In other cases are used parameters set by other authors of the same research group or are used standardized parameters based on best international experience.

In this format the developed methodology can be served as a basic document for anyone who wants to implement an on grid PV system project.

In these conditions, without going into detailed analysis, it is clear that a project for using the PV systems connected to the network, to be feasible for the electricity supply, is necessary to apply an appropriate policy fixed fees of selling this electrical energy produced.

Keywords: PV system functioning, PV system efficiency, efficiency empirical models, grid connected, meteorological data, feasibility determining methodology.

Lista e Figurave

FIGURA 1: KAPACITETI GLOBAL I INSTALUAR I FV, BAZUAR NË TË DHËNAT E EPIA-S (2)	27
FIGURA 2: KAPACITETI I SISTEMEVE FV DHE SHTESAT, 10 VENDET KRYESORE 2015 (3)	28
FIGURA 3: ZHVILLIMI I KAPACITETEVE TË INSTALUARA TË ERËS DHE ENERGJISË DIELLORE PËR PERIUDHËN	1996 –
2009	33
FIGURA 4: RAPORT I VITIT 2014 NGA REN21 PËR PËRDORIMIN E ENERGJISË NË BOTË (12)	34
FIGURA 5: KAPACITETI TOTAL I ENERGJISË SË RIPËRTËRITSHME PËR PRODHIMIN E ENERGJISË ELEKTRIKE (12)	35
FIGURA 6: KONSUMI I ENERGJISË NË SHBA NGA BURIMET E ENERGJISË, 2009 (15)	36
FIGURA 7: KRAHASIMI I VLERAVE AKTUALE TË KAPACITETEVE TË INSTALUAR (2005) DHE OBJEKTIVAT PËR (202	20) për
BE-në	36
FIGURA 8: NDRYSHIMI NË INVESTIMET PËR PERIUDHËN 2004 - 2009	37

FIGURA 1 1: KOMPONENTËT KRYESORE TË SISTEMEVE FOTOVOLTAIKE TË LIDHURA ME RRJETIN	40
FIGURA 1 2: SHPËRNDARJA SPEKTRALE E RREZATIMIT DIELLOR. TREGOHEN EDHE SPEKTRAT EKUIVALENT TË TR	VPIT
TË ZI DHE TË DOBËSIMIT TË ATMOSFERËS	41
FIGURA 1 3: PIRANOMETRI (MAJTAS LART), NDJEKËSI ME DY AKSE PIRHELIOMETRI (POSHTË MAJTAS),	42
FIGURA 1 4: KARAKTERISTIKAT RRYMË – TENSION (I - V) E NJË QELIZE TË VETME FV	44
FIGURA 1 5: KARAKTERISTIKAT FUQI – TENSION (P - V) E NJË QELIZE TË VETME FV	44
FIGURA 1 6: KARAKTERISTIKAT I - V DHE P - V E QELIZËS FV NË TEMPERATURË KONSTANTE DHE PËR INTENSITE	ГЕ ТЁ
NDRYSHME TË RREZATIMIT DIELLOR	45
FIGURA 1 7: KARAKTERISTIKAT I - V DHE P - V E QELIZËS FV NË TEMPERATURA TË NDRYSHME PËR INTENS	SITET
KONSTANT TË RREZATIMIT	46
FIGURA 1 8: PARAQITJA SKEMATIKE E NJË SISTEMI FV	47
FIGURA 1 9: MODELI ME NJE DIODË E NJË QELIZE FV	48
FIGURA 1 10: KURBA P - V PËR DY MODULE FV NË SERI NË RASTIN E NJË HIJE TË PJESSHME	50

FIGURA 2 1: PARAQITJA E ZONAVE KLIMATIKE TË SHQIPËRISË [BURIMI: ISH IHM]	63
FIGURA 2 2: SHPËRNDARJA TERRITORIALE E RREZATIMIT MESATAR VJETOR [KWH/M ²] [BURIMI: ISH IHM]	. 64
FIGURA 2 3: RREZATIMI DIELLOR MESATAR DITOR (KWH/M ²) PËR PERIUDHËN AFATGJATË 30 VJEÇARE – LINJA E KU	UQE
(ISH - IHM) DHE PERIUDHËN E STUDIMIT 2012 – 2013 – LINJA BLU PËR QYTETIN E TIRANËS	67
FIGURA 2 4: TEMPERATURA MESATARE DITORE MUJORE E MJEDISIT DHE MODULIT FV PËR PERIUDHËN E MONITORU	UAR
	67
FIGURA 2 5: SHPËRNDARJA VJETORE E RREZATIMIT DIELLOR DITOR QË BIE NË NJËSINË E SIPËRFAQES SË TOKËS	PËR
VITIN 2012 - 2013 PËR QYTETIN E TIRANËS	. 68
FIGURA 2 6: SHPËRNDARJA VJETORE E RREZATIMIT DIELLOR MUJOR QË BIE NË NJËSINË E SIPËRFAQES SË TOKËS	PËR
vitin 2012 - 2013 për qytetin e Tiranës	. 68
FIGURA 2 7: SHPËRNDARJA DITORE E DENSITETIT TË ENERGJISË RËNËSE DIELLORE NË SIPËRFAQE HORIZONTALE	E NË
kWh/m² për muajin Tetor	. 69
FIGURA 2 8: SHPËRNDARJA DITORE E DENSITETIT TË ENERGJISË RËNËSE DIELLORE NË SIPËRFAQE HORIZONTALE	E NË
kWh/m² për muajin Mars	69
FIGURA 2 9: SHPËRNDARJA DITORE E DENSITETIT TË ENERGJISË RËNËSE DIELLORE NË SIPËRFAQE HORIZONTALE	E NË
kWh/m² për muajin Gusht	70
FIGURA 2 10: SHPËRNDARJA DITORE E DENSITETIT TË ENERGJISË RËNËSE DIELLORE NË SIPËRFAQE HORIZONTALE	E NË
kWh/m²për muajin Dhjetor	70
FIGURA 2 11: KËNDET DIELLORE PËR NJË SIPËRFAQE TË PJERRËT	73
FIGURA 2 12: INTENSITETI I LLOGARITUR I RREZATIMIT DIELLOR RËNËS MBI SIPËRFAQEN HORIZONTALE DHE	ΞŤË
pjerrët për ditën e 95-të	76
FIGURA 2 13: INTENSITETI I LLOGARITUR I RREZATIMIT DIELLOR RËNËS MBI SIPËRFAQEN HORIZONTALE DHE	ΞTË
pjerrët për ditën e 110-të	76
FIGURA 2 14: INTENSITETI I LLOGARITUR I RREZATIMIT DIELLOR RËNËS MBI SIPËRFAQEN HORIZONTALE DHE	ΞŤË
pjerrët për ditën e 133-të	. 77

FIGURA 2 15:	INTENSITET	I I LLOGARITUR	I RREZATIMIT	DIELLOR	RËNËS I	MBI	SIPËRFAQEN	HORIZONTALE	DHE TË
PJERRËT	PËR DITËN E	143-тё			••••••				77

FIGURA 3 1: SISTEMI EKSPERIMENTAL I PANELEVE FV INSTALUAR NË TARRACËN E IGJEUM	80
FIGURA 3 2: TË DHËNAT EKSPERIMENTALE PËR DITË TË PËRZGJEDHURA ME DIELL DHE DITË ME ALTERNIME	83
FIGURA 3 3: PARAQITJA GRAFIKE E TË GJITHË MODELEVE SË BASHKU ME EKSPERIMENTIN DHE TRENDI I TYRE	84
FIGURA 3 4: KRAHASIMI I MODELEVE ME TË DHËNAT EKSPERIMENTALE PËR DITË ME ALTERNIME	85
FIGURA 3 5: PARAQITJA E NJË BOX PLOT-I SIPAS SHPËRNDARJES GAUSSIANE	86
FIGURA 3 6: A) HISTOGRAMA E MODELIT PAATERO	86
FIGURA 3 7: B) BOX PLOT I MODELIT PAATERO	87
FIGURA 3 8: A) HISTOGRAMA E TË DHËNAVE EKSPERIMENTALE	87
FIGURA 3 9: B) BOX PLOT I TË DHËNAVE EKSPERIMENTALE	88
FIGURA 3 10: A) HISTOGRAMA E MODELIT DURISCH	88
FIGURA 3 11: B) BOX PLOT I MODELIT DURISCH	89
FIGURA 3 12: A) HISTOGRAMA E MODELIT EVANS	89
FIGURA 3 13: B) BOX PLOT I MODELIT EVANS	90
FIGURA 3 14: A) HISTOGRAMA E TË GJITHË MODELEVE SË BASHKU ME EKSPERIMENTIN	90
FIGURA 3 15: B) BOX PLOT I TË GJITHË MODELEVE SË BASHKU ME EKSPERIMENTIN	91
FIGURA 3 16: VARËSIA E EFICENSËS (NË %) E TË DY MODELEVE DHE E SISTEMIT FV NË LIDHJE ME RREZA	TIMIT
DIELLOR RËNËS	93
FIGURA 3 17: DIFERENCA MIDIS TË DHËNAVE TË LLOGARITURA DHE ATYRE EKSPERIMENTALE TË EFICEN	ËS SË
sistemit FV të përftuar	94
FIGURA 3 18: VARËSIA E TË DHËNAVE TË EFICENSËS NGA MODELI I DURISCH DUKE PËRDORUR KOEFICIENTËT I	MË TË
MIRË TË PËRLLOGARITUR ME REZULTATET EKSPERIMENTALE TË EFICENSËS	97
FIGURA 3 19: VARËSIA E TË DHËNAVE TË EFICENSËS NGA MODELI I EVANS DUKE PËRDORUR KOEFICIENTËT N	MË TË
MIRË TË PËRLLOGARITUR ME REZULTATET EKSPERIMENTALE TË EFICENSËS	97
FIGURA 3 20: VARËSIA E EFICENSËS SË QELIZAVE FOTOVOLTAIKE NË % KUNDREJT INTENSITETIT TË RREZA	TIMIT
DIELLOR NË W/M ² PËR TË DHËNAT EKSPERIMENTALE DHE MODELIN E DURISCH	98
FIGURA 3 21: VARËSIA E EFICENSËS SË QELIZAVE FOTOVOLTAIKE NË % KUNDREJT INTENSITETIT TË RREZA	TIMIT
diellor W/m ² për të dhënat eksperimentale dhe modelin e Evans	98
FIGURA 3 22: ENERGJIA DIELLORE MESATARE DITORE (KWH/M ²) PËR PERIUDHËN PRILL – MAJ 2012	102
FIGURA 3 23: NDRYSHIMI I EFICENSËS SË MODULEVE FV ME INTENSITETIN E RREZATIMIT DIELLOR	102
FIGURA 3 24: VARËSIA E FUQISË AC (W) NË DALJE TË INVERTERIT NGA INTENSITETI I RREZATIMIT DIELLOR (V	N/M^2)
	103
FIGURA 3 25: VARËSIA E TEMPERATURËS MESATARE TË MJEDISIT DHE TË MODULIT FV KUNDREJT NIVELEV	VE TË
NDRYSHME TË INTENSITETIT TË RREZATIMIT DIELLOR NË W/M ² për periudhën e monitorimit	103
FIGURA 3 26: HUMBJET E ENERGJISË NË INVERTER GJATË KONVERTIMIT NGA DC NË HYRJE TË INVERTERIT NË A	AC NË
DALJE TË INVERTERIT	105
FIGURA 3 27: ENERGJIA AC NË DALJE KUNDREJT ENERGJISË DC NË HYRJE TË INVERTERIT DHE VARËSIA E FUQIS	SË DC
ME RENDIMENTIN DC NË % I KORREKTUAR NË LIDHJE ME PJERRËSINË E PANELEVE FV	105
FIGURA 3 28: HUMBJET E ENERGJISË GJATË KONVERTIMIT TË ENERGJISË DC NË HYRJE TË PANELEVE FV NË EN	ERGJI
AC NË DALJE	107
FIGURA 3 29: VARËSIA E HUMBJEVE TË FUOISË NË INVERTER NGA TEMPERATURA E MJEDISIT	108

FIGURA 4 1: VARËSIA E ENERGJISË DIELLORE TË SISTEMIT FV NGA KËNDI I PJERRËSISË ME HORIZONTIN	112
FIGURA 4 2: ZVOGËLIMI RELATIV I ENERGJISË I KORRIGJUAR NGA LAGËSHTIA RELATIVE DHE SHPEJTËSIA	E ERËS.
STACIONI I FIM&IF	113
FIGURA 4 3: PARAQITJA GRAFIKE E DISTANCËS NDËRMJET RRESHTAVE TË PANELEVE FV, INSTALUAR MBI SIPË	RFAQEN
HORIZONTALE	115

Lista e Tabelave

TABELA 1: KAPACITETET E INSTALUARA TË BRE TË NDRYSHME (2009) 35
TABELA 1 1: Çmimet e propozuara për projektet e sistemeve FV në Ontario
 TABELA 2 1: RREZATIMI DIELLOR DITOR PËR DISA QYTETE TË SHQIPËRISË [KWH/M²*DITË] [BURIMI: ISH IHM]65 TABELA 2 2: MESATARJA DITORE DHE MUJORE E RREZATIMIT DIELLOR NË KWH/M² PËR PERIUDHËN E MONITORIMIT 2012 - 2013
TABELA 3 1.VI ERAT E KOEFICIENTËVE PËR MODELIN E DURISCH 81

TABELA 5 1. V LERAT E KOEFICIENTE VE FEK MODELIN E DUKISCH	
TABELA 3 2: DALLIMET E TRE MODELEVE TË PËRDORURA NË KRAHASIM ME TË DHËNAT EKSPERIMENTALE .	
TABELA 3 3: REZULTATET GJATË EKSPERIMENTIT ME SISTEMIN FV TË MARRË NË STUDIM	95
TABELA 3 4: VLERAT E KOEFICIENTËVE PËR MODULET P-SI (MODELI DURISCH)	96
TABELA 3 5: VLERAT E KOEFICIENTËVE PËR MODULET P-SI (MODELI I EVANS)	
TABELA 3 6: TË DHËNAT TEKNIKE TË INVERTERIT SG5K TË LIDHUR ME RRJETIN	100
TABELA 3 7: REZULTATET E PERFORMANCËS SË SISTEMIT EKSPERIMENTAL FV NË VARËSI TË RREZATIM	1IT DIELLOR
RËNËS	101
TABELA 3 8: TEMPERATURA MESATARE E MJEDISIT DHE TEMPERATURA E MODULEVE FV N˰C PËR DIA	APAZONE TË
NDRYSHME TË INTENSITETIT TË RREZATIMIT DIELLOR	
TABELA 3 9: REZULTATET MË TIPIKE EKSPERIMENTALE TË IB, FUQISË MESATARE DC GJENERUAR NGA PAN	ELI FV DHE
HUMBJET E INVERTERIT	106

TABELA 4 1: TREGUESI	Г KRYESORË TË PËRDO	RUR PËR VLERËS	MIN E ENERGJISĖ	Ë SË PRITSHME	TË FURNIZUAR	NGA
SISTEMI FV						. 111

Lista e Simboleve

AEO - Autoriteti i Energjisë Ontario
AM – Masa relative e ajrit
AM₀ - masa relative e ajrit në kushte normale
aSi – Silici amorf
a - Lartësia diellore kritike përgjithësisht e barabartë me 20°
BRE – Burimet e ripërtëritshme të energjisë

b - Këndi i pjerrësisë së vendosjes së paneleve FV

D - Distanca midis rreshtave

 $E_{ngarkes\ddot{e}s}$ [Wh] – Energjia e ngarkesës

 $E_{humbje, vjetore}$ [Wh] – Energjia e humbur vjetore

 E_{FV} [Wh] – Energjia në orë që prodhohet nga sistemi fotovoltaik

 $E_{FV,vjetore}$ [Wh] – Energjia DC e prodhuar nga modulet fotovoltaike

*E*_{prodh,i} [Wh] – Energjia e prodhuar gjatë një periudhë të caktuar

 $E_{AC,vjetore}$ [Wh] – Energjia e prodhuar vjetore AC nga sistemi fotovoltaik

EnR – Energjia e ripërtëritshme

EPIA - European Photovoltaic Industry Association

ANE - Agjencia Ndërkombëtare e Energjisë

 E_{sis} - Vlera reale e energjisë së përftuar gjatë një viti

 $E_{ideale}\xspace$ - Energjia ideale që mund të prodhojë sistemi

FV – Fotovoltaik

ftem - Koeficienti i humbjeve për shkak të temperaturës

 $f_{tol}\mbox{-}$ Koeficienti i tolerancës së prodhimit

 $f_{ndot}-$ Koeficienti i humbjeve nga ndotja

g - Këndi i azimutit

h – Koeficienti i Ross H_{pjerttë} [kWh/m²] - Energjia vjetore e rrezatimit

 I_{mp} [A] – Rryma në fuqi maksimale e modulit FV $I_{mp,ref}$ [A] – Rryma në fuqi maksimale të modulit në kushtet e referencës I_{SC} [A] – Rryma e qelizës FV I_{MPP} [A] – Rryma maksimale e qelizës $I_{sc,ref}$ [A] – Rryma e modulit në qark të shkurtër në kushtet e referencës IGJEUM - Institutit të Gjeoshkencave, Energjisë, Ujit dhe Mjedisit I_{global} - Intensiteti i përgjithshëm i rrezatimit diellor I_D – Intensiteti i rrezatimit të drejtpërdrejtë

I_{Sh} - Intensiteti i rrezatimit diellor të shpërhapur

Iph - Rrymën e shkaktuar nga drita që gjenerohet në qelizën FV

 I_{β} - Intensiteti i rrezatimit të përgjithshëm diellor në sipërfaqen e pjerrët

I - intensiteti i rrezatimit diellor në sipërfaqen horizontale

I [W/m²] – Rrezatimi diellor në një plan horizontal

 $I_{\beta,0}$ [W/m²] –Rrezatimi diellor në kushte standarde

 I_{β} [W/m²] – Rrezatimi diellor global mbi një sipërfaqe të pjerrët me kënd pjerrësie β

 $I_{\beta,ref}$ [W/m²] – Rrezatimi diellor në kushte standarde

L_{std} - Gjatësia gjeografike standarte

Lloc - Gjatësia gjeografike

kWp – Fuqia në kilo vat në pikun e performancës

ME – Gabimi absolut mesatar

MPPT – Piku i fuqisë maksimale

MSE – Devijimi standart

m – Koeficenti empirik i modelit të Durisch

mSi-Silici monokristalin

NOCT – Temperatura Normale Operative e Qelizës - temperatura normale e funksionimit të qelizave FV

Pmp [W] –Fuqia maksimale e modulit FV

Pmp,ref [W] – Fuqia maksimale e modulit në kushtet e referencës

P_{PV} [kW] – Fuqia e fotovoltaikëve

P_{PV,peak} [W] – Fuqia e pikut instaluar në një sistem FV

 P_{out} [W] – Fuqia prodhimit të inverterit në dalje

P_{MPP} [W] - Energjinë në pikën maksimale të fuqisë

p – koeficienti empirik në modelin Durisch

pSi – Silici polikristalin

P_{proj} - Fuqia e projektuar në kushte standarde, në vat

q – koeficienti empirik në modelin e Durisch

R – Raporti i energjisë

 R_{loss} – Raporti i humbjeve në inverter

 R_s – Raporti i fuqisë të instaluar të pikut të sistemeve FV në fuqinë nominale të inverterit

 $R_{s,opt}$ – Raporti optimal i R_s

R_{sh} - Rezistencë shunt

R_s - Rezistencë seri

RME – Gabimi relativ

RMSE – Gabimi relativ i devijimit standart r – koeficienti empirik në modelin e Durisch

s – koeficienti empirik në modelin e Durisch S [m²] – Sipërfaqja e modulit fotovoltaik SY - Densiteti i energjisë

 T_a [°C] – Temperatura e mjedisit T_{cell} [°C] – Temperatura e qelizës së modulit FV $T_{cell,ref}$ [°C] – Temperatura e qelizës në kushte standarte TWh/vit – Terra vat orë në vit TE - Treguesi efektivitetit

u – Koeficienti empirik në modelin e Durisch

V [m/s] - Shpejtësia e erës $V_{OC} [V] - Tensioni i qelizave FV$ $V_{mp} [V] - Tensioni i fotovoltaikëve në fuqi maksimale$ $V_{mp,ref} [V] - Tensioni i fuqisë maksimale e modulit në kushte reference$ $V_{MPP} [V] - Tensionin maksimal i qelizës$

 W_p – Fuqia në pik W/m^2 – Vat për metër katrorë

a-Koeficienti i temperaturës për korrigjimin e energjisë

 β ' - Koeficienti i temperaturës

 γ – Koeficienti i intensitetit të rrezatimit diellor

δ - Këndi i deknilacionit

 θ [rad] – Këndi i rënies i rrezeve të drejtpërdrejta mbi sipërfaqet e pjerrëta θ_z [rad] – Këndi zenith

 ρ – Koeficenti i refleksionit – albedo

 ρ_{inv} – Efikasiteti i energjisë së inverterit

ω - Këndi orar diellor

 η_{inv} – Rendimenti i inverterit

 η_{pv} – Rendimenti i modulit fotovoltaik

 $\eta_{ref,0}$ – Rendimenti i modulit FV në kushte standarte

 η_{ref} - Rendimenti i modulit FV në kushte standarte

 $\eta_{FV\text{-}inv}$ - rendimenti i inverterit

 η_{inv} - rendimenti i nën sistemeve (kabllove lidhës) ndërmjet paneleve FV dhe inverterit $\eta_{inv-perc}$ - rendimenti i nën sistemeve (kabllove lidhës) ndërmjet inverterit dhe automatit

 ΔI [A] – Ndryshimi i rrymës

 ΔT [°C] – Ndryshimi i temperaturës

Motivimi

Në të ardhmen e afërt, kërkesa për energji elektrike pritet të rritet me shpejtësi për shkak të rritjes globale të popullsisë dhe industrializimit. Kjo rritje e kërkesës për energji kërkon që rrjetet qëndrore të furnizimit me energji elektrike të përmirësojnë gjeneratën e tyre. Studimet e fundit parashikojnë se kërkesa neto për energji elektrike në botë pritet të rritet nga 17.3 trilion kilovatorë në 2005 deri 24.4 trillion kilovat-orë (një rritje prej 41 %) në vitin 2015 dhe 33.3 trilion kilovat-orë (një rritje prej 92.5 %), në vitin 2030 (1). Për të kapërcyer problemet e lidhura me prodhimin e energjisë elektrike nga lëndët djegëse, burimet e ripërtëritshme të energjisë mund të jenë pjesë e këtij sistemi. Një nga burimet e ripërtëritshme të energjisë që mund të përdoren për këtë qëllim është energjia diellore. Kjo energji mund të konvertohet në elektricitet të pastër nëpërmjet procesit fotovoltaik. Përdorimi i sistemeve fotovoltaike (FV) për prodhimin e energjisë elektrike ka filluar në vitet shtatëdhjetë të shekullit të XX, dhe aktualisht është në rritje të shpejtë në mbarë botën. Në fakt, shumë organizata presin një të ardhme të ndritur për këto sisteme. Për shembull, Shoqata e Industrisë Fotovoltaike Evropiane (European Photovoltaic Industry Association - EPIA) pret që kapaciteti global i instaluar i fotovoltaikëve do të arrijë 200 GW deri në vitin 2020 dhe 800 GW deri në vitin 2030 (2), siç ilustrohet në Figurën 1. Figura 2, tregon kapacitetin e sistemeve FV me shtesat për vitin 2015 për 10 vendet kryesore (3).



Figura 1: Kapaciteti global i instaluar i FV, bazuar në të dhënat e EPIA-s (2)



Figura 2: Kapaciteti i sistemeve FV dhe shtesat, 10 vendet kryesore 2015 (3)

Kërkesa për energji elektrike në Shqipëri por edhe në qytetin e Tiranës janë gjithnjë e më shumë në rritje. Kjo rritje në konsumin e energjisë ka qenë edhe për shkak të rritjes së numrit të popullsisë në Tiranë dhe rritjes së ekonomisë kombëtare. Prodhimi i energjisë elektrike në vendin tonë është i bazuar në prodhimin e saj nga burimet hidrike (më shumë se 98 %), prandaj dhe besueshmëria e sistemit tonë elektroenergjitik është shumë e varur nga kushtet hidrike. Duke patur në konsideratë, që kërkesa për energji elektrike në vendin tonë aktualisht është 7.342 TWh/vit, dhe prodhimi vendas rreth 4.2 TWh/vit, pra është i pamjaftueshëm, kjo bën të detyrueshëm që aktualisht, mbulimi i nevojave duhet të përballohet nëpërmjet importit të energjisë elektrike.

Ky deficit i energjisë elektrike ka ndikuar në rritjen industriale dhe zgjerimin e bizneseve të parashikuara në vend. Nëse problemi nuk adresohet, në kohën e duhur, parashikimet e ardhshme të rritjes kombëtare nuk mund të përmbushen. Furnizimi me burime primare energjitike për vendin tonë, për vitin 2010, ka qenë në vlerat e 2105.55 ktoe. Në furnizimin sipas burimeve, për vitin 2010, vlen të përmendet, që hidrokarburet kanë kontribuar me 1232.9 ktoe, ose 58.71 % përkundrejt totalit, energjia elektrike me 584.31 ktoe, ose 27.82 %, drutë e zjarrit me 213 ktoe, ose 9.76 %, dhe pjesa tjetër përbëhet nga burime të tilla si qymyri, gazi natyror dhe energjia e përftuar nga panelet diellore (4).

Pozicionimi gjeografik i Shqipërisë në aspektin global, midis gjerësisë ekuatoriale dhe polare, konkretisht në skajin jugor të brezit të klimës mesatare, të hemisferës veriore, në zonën subtropikale, ka çuar në dallimin e spikatur të katër stinëve të vitit, duke sjellë ndryshime të rëndësishme periodike në këta përbërës. Intensiteti i lartë i rrezatimit diellor, kohëzgjatja e këtij rrezatimi, temperatura, lagështia e ajrit, klima mesdhetare, me një dimër të butë dhe të lagësht dhe verë të nxehtë dhe të thatë përcaktojnë një potencial energjitik më të madh se potenciali

energjitik mesatar për shfrytëzimin e energjisë diellore në Shqipëri veçanërisht për pjesën perëndimore të saj (5) (6).

Sistemet fotovoltaike (FV) të lidhura me rrjetin janë teknologjia kryesore dhe më e rëndësishme për konvertimin e energjisë diellore në energji elektrike. Sistemet FV të lidhura me rrjetin aktualisht dominojnë tregun e FV, sidomos në Evropë, Japoni dhe në SHBA. Shpërndarja e sistemeve të vogla FV instaluar në çatitë e shtëpive apo në tarracat e ndërtesave, të lidhura me rrjetin qëndror, është një nga aplikimet më premtuese. Megjithatë, duke rritur përdorimin e sistemeve FV në rrjetin qëndror elektrik për shkak të karakteristikave të tyre të qenësishme statistikore dhe të paparashikueshme, ajo pasohet me një numër problemesh të lidhura me stabilitetin dhe besueshmërinë, sidomos në zonat me densitet të lartë të sistemeve FV të lidhura me rrjetin (7). Megjithë përdorimin në rritje të sistemeve FV, këto sisteme ende përballen me një pengesë të madhe për shkak të kostos së tyre të lartë të kapitalit, e cila është reflektuar në koston për KWh të energjisë së prodhuar prej tyre. Kjo pengesë mund të tejkalohet duke përdorur teknologjinë më të fundit në zhvillimin e qelizave FV me kosto të ulët dhe duke ofruar stimuj për konsumatorët që tentojnë instalimin e këtyre sistemeve. Një tjetër çështje e rëndësishme që përballen gjerësisht sistemet FV është performanca, cilësia dhe çështjet e besueshmërisë të cilat janë të rëndësishme për të gjitha aplikimet e teknologjive fotovoltaike, duke përfshirë edhe sistemet e lidhura me rrjetin. Eficenca e sistemeve FV të lidhura me rrjetin varet jo vetëm nga eficenca e vetë moduleve FV dhe intensiteti i rrezatimit diellor të vendit ku janë instaluar, por gjithashtu edhe nga një numër faktorësh të tjerë që lidhen me instalimin, temperaturën, lidhjet me rrjetin, madhësinë e inverterit, ngarkesën, etj. Zgjidhja për këto probleme është e lidhur fort, ndër të tjera, me treguesit më të mirë të performancës së njohurive të sistemeve individuale. Energjia e prodhuar nga një sistem fotovoltaik i lidhur me rrjetin varet nga faktorët meteorologjik (rrezatimi, temperatura, mbulimi me re, etj.), karakteristikat e inverterit dhe madhësinë e tij, ngarkesën dhe disponueshmërinë, etj. (8). Në mënyrë për të studiuar se si parametrat e lartpërmendur ndikojnë në funksionimin e një sistemi FV të lidhur me rrjetin në tarracën e një ndërtese të lartë, një sistem eksperimental FV i lidhur me rrjetin, 4.56 kWp, është instaluar në Universitetin Politeknik të Tiranës, në tarracën e ndërtesës së Institutit të Gjeoshkencave, Energjisë, Ujit dhe Mjedisit (IGJEUM). Sistemi FV është monitoruar dhe analizuar për një vit duke mbledhur informacionin në lidhje me ecurinë e punës dhe performancën e komponentëve (moduleve FV, inverterit të lidhur me rrjetin) dhe, gjithashtu, në një perspektivë më globale, eficensën e sistemit, prodhimit të energjisë elektrike, i cili ndihmoi për të përcaktuar disa marrëdhënie analitike të dobishme për të parashikuar ecurinë e tyre në të ardhmen. Këto çështje, që janë fokusi kryesor i hulumtimit të paraqitur në këtë studim, mund të trajtohen nga vlerësimi me saktësi i ndikimit të instalimit të sistemeve FV në performancën e rrjetit dhe gjetjen e zgjidhjeve që mund të zvogëlojnë problemet operacionale që mund të lindin për shkak të instalimin e tyre. Gjithashtu ky studim, kërkon shqyrtimin e metodave të vlefshme në mënyrë që të zhvillojmë një metodë të përtëritshme për të zbutur mungesën e prodhimit të energjisë elektrike në vend duke përdorur rrjetin e sistemeve fotovoltaike të lidhura me rrjetin për prodhimin e energjisë elektrike në zonat urbane.

Qëllimi i studimit

Qëllimi i hulumtimit paraqitur në këtë studim është për të vlerësuar mundësitë e integrimit të sistemeve FV në rrjetin qëndror të energjisë elektrike si një nga format më në ndihmë të rritjes së nivelit të depërtimit të energjisë elektrike, edhe pse në literaturë është i trajtuar gjerësisht, mbetet një rast i veçantë që duhet studiuar në mënyrë specifike. Për më tepër sistemi FV objekt i këtij studimi është përpjekja e parë në vendin tonë. Realizimi praktik i një projekti të tillë mund të arrihet duke vlerësuar saktë performancën e sistemit FV e cila është e lidhur jo vetëm me teknologjinë e paneleve FV dhe sistemeve të lidhur me të apo potencialin lokal të rrezatimit diellor por edhe në një numër faktorësh të tjerë që lidhen me mënyrën e instalimit, temperaturën e moduleve, lidhjen me rrjetin, madhësinë e inverterit, ngarkesën etj. pa nënvlerësuar ndikimet e tij në rrjetin elektrik dhe cilësinë e furnizimit të energjisë elektrike për shkak të natyrës stokastike të rrezatimit diellor apo ngarkesës së rrjetit.

Objektivat kryesore të studimit mund të përmblidhen si më poshtë:

- Analiza e ndikimit të rrezatimit diellor, temperaturës së mjedisit, hijëzimeve, efiçencës së inverterit dhe madhësisë së tij, etj. në funksionimin e sistemit FV. Vlerësimi i parametrave ditore, mujore dhe vjetore më të rëndësishëm për funksionimin e sistemit të paneleve FV e që përfshijnë: energjinë e prodhuar, efiçencën e sistemit FV, efiçencën e inverterit dhe efiçencën e moduleve FV, ndikimin e parametrave lokal, etj.
- Vlerësimi i faktorëve më të rëndësishëm që ndërhyjnë në çdo projekt fisibiliteti të shfrytëzimit të energjisë diellore me anë të sistemeve FV të lidhur me rrjetin. Vlerësimi i ndikimit të faktorëve kryesorë lokal në funksionimin e sistemit dhe përcaktimi i relacioneve analitike që përshkruajnë më mirë ndikimin afatgjatë të tyre. Këtu mund të përmendim ndikimin e parametrave meteorologjik lokal, siç janë intensiteti i rrezatimit diellor, temperaturës së mjedisit, masës së ajrit, etj.
- Edhe pse sistemi FV i studiuar është i përmasave të vogla për një sistem FV të lidhur me rrjetin, përcaktimi i një metodologjie të përshtatshme për vlerësimin e fisibilitetit dhe projektimin e çdo sistemi të ngjashëm FV të lidhur me rrjetin, i një metodologjie në të cilën parashikohen hapat që duhen ndjekur, parametrat e nevojshëm që duhen njohur apo llogaritur dhe specifikat rajonale të vendit të instalimit, nuk mund të lihen jashtë vëmendjes. Metodologjia e përpunuar duhet të synojë formulimin e një dokumenti bazë për këdo që dëshiron të realizojë një projekt të shfrytëzimit të një sistemi FV të lidhur me rrjetin.

HYRJE

Burimet e ripërtëritshme të energjisë (BRE) janë objekt i interesit gjithnjë e në rritje të shfrytëzimit të tyre këto vitet e fundit, Figura 3 (9). Shkaku kryesor i rritjes së këtij interesi qëndron në paralajmërimin për shterimin e burimeve konvencionale të energjisë së planetit: lëndët djegëse, gazi natyror, qymyri si dhe mbarimi i rezervave të uraniumit. Në të kundërt, BRE mund të konsiderohen burime të pashtershme energjie në shkallën njerëzore, pasi që, ato përdorin flukset e energjisë natyrore nga dielli apo biomasa. Një arsye tjetër për zhvillimin e burimeve të ripërtëritshme të energjisë është shpërndarja e pabarabartë e burimeve konvencionale të energjisë në planet, së bashku me konsumin e pabarabartë për to. Në këtë mënyrë, një pjesë e konsiderueshme e njerëzimit nuk ka qasje në energji elektrike (rreth 22 % ose 1.5 miliardë njerëz (10)), e cila kufizon zhvillimin e saj. Nevojat për energji elektrike e këtyre njerëzve mund të plotësohen me anë të sistemeve të shpërndara gjeneruese të ofruara nga Energjitë e Ripërtëritshme (EnR). Një arsye e fundit, por e rëndësishme, është lufta kundër emetimeve që shkaktojnë shumë dukuri negative të tilla si; efekti serë, vrima e ozonit stratosferik, ngrohja globale, etj. Këto gaze të dëmshme, emetohen nëpërmjet aktiviteteve të ndryshme të njeriut, duke përfshirë prodhimin e energjisë elektrike nga burimet konvencionale të energjisë. Kështu, reduktimi i energjisë elektrike të prodhuar nga burimet konvencionale duke rritur pjesën e BRE-ve do të zvogëlojë emetimet dhe pasojat e tyre. Rritja e pjesëmarrjes së energjive të ripërtëritshme për të plotësuar nevojat e konsumatorëve drejtohet nga "Protokolli i Kiotos", i cili imponon kërkesat reale për vendet nënshkruese (11). Pavarësisht kundërshtimit të shumë vendeve, ky dokument siguron bazën për zhvillimin e ardhshëm të burimeve të ripërtëritshme të energjisë.



Figura 3: Zhvillimi i kapaciteteve të instaluara të erës dhe energjisë diellore për periudhën 1996 – 2009

Në përgjithësi, rreth 19 % e konsumit global të energjisë vjen nga burimet e ripërtëritshme, 9 % e energjisë vjen nga biomasa tradicionale, e përdorur kryesisht për ngrohje dhe 3.8 % nga hidroelektriciteti. Burimet e ripërtëritshme moderne (të tilla si biomasa, era, rrezatimi diellor, biokarburantet dhe energjia gjeotermale) llogariten të jenë aktualisht rreth 3 % dhe po rriten me

shpejtësi (12). Siç tregohet në Figurën 4, pjesa mbizotëruese e energjisë mbështetet ende nga lëndët djegëse fosile. Megjithatë interesimi mbi burimet e ripërtëritshme të energjisë kudo në botë, po rritet dita ditës edhe sepse rezervat e lëndëve djegëse (sidomos të naftës) janë të përqëndruara (gati 75 % e tyre) në zonën e Lindjes së Mesme, një zonë kjo me paqëndrueshmëri të lartë (13).



Figura 4: Raport i vitit 2014 nga REN21 për përdorimin e energjisë në botë (12)

Kapaciteti total global i prodhimit të energjisë elektrike me burime të ripërtëritshme u rrit me 108 % nga viti 2000 në 2013 (nga 748 GW në 1560 GW). Burimet e ripërtëritshme kontribuan në 23 % të të gjithë prodhimit të energjisë elektrike në botë (5.095 TWh) deri në vitin 2013. Elektriciteti i prodhuar nga turbinat me erë dhe panelet diellore kanë qenë teknologjitë e energjisë së ripërtëritshme me rritjen më të shpejtë në të gjithë botën. Prodhimi i elektricitetit me anë të turbinave me erë u rrit me një faktor 18 dhe prodhimi i elektricitetit nga panelet diellore u rrit me një faktor 68 nga viti 2000 deri në 2013 (14). Në 2013, Kina zinte vendin e parë në botë për kapacitetin e elektricitetit me energji të ripërtëritshme të instaluar, si dhe kapacitetin total të energjisë hidrike dhe asaj me erë. Gjermania ishte e para për kapacitetin total fotovoltaik. SHBA-të zinin vendin e parë për kapacitetin e instaluar gjeotermal dhe të biomasës.



Figura 5: Kapaciteti total i energjisë së ripërtëritshme për prodhimin e energjisë elektrike (12)

Pjesëmarrja e burimeve të ndryshme të prodhimit të energjisë elektrike është paraqitur në Figurën 5 (9). Energjia elektrike e prodhuar nga burimet hidrike që janë burimet më të përhapur të energjisë së ripërtëritshme, është më e larta. Pjesëmarrja e burimeve të tjera është më e ulët. Vlerat e tyre janë përmbledhur në Tabelën 1. Figura 6 tregon vlerat e konsumit të energjisë në SHBA nga burimet e energjisë për vitin 2009 (15).

Era	159 GW
Hidrocentralet e vegjël (<10 MW)	60 GW
Biomasa	54 GW
Fotovoltaikët	21 GW
Gjeotermalja	11 GW
Impiantet diellor të energjisë termike	0.7 GW
Valët oqeanike	0.3 GW
Total	305 GW

Tabela 1: Kapacitetet e instaluara të BRE të ndryshme (2009)



Tabela 1.3, Konsumimi i Energjisë Parësore nga Burimet e Energjisë 1949-2009 (Gusht 2010)

Figura 6: Konsumi i energjisë në SHBA nga Burimet e Energjisë, 2009 (15)

Në bazë të Protokollit të Kiotos, Bashkimi Europian kërkon një strategji për zhvillimin e energjive të ripërtëritshme për reduktimin e gazrave të dëmshëm për Shtetet Anëtare, i njohur më mirë si strategjia e politikave 20/20/20. Këto shifra nënkuptojnë që duhet të ketë një reduktim 20 % në emetimet e gazit, reduktim 20 % në konsumin e energjisë me anë të efiçiencës së energjisë dhe pjesëmarrjen 20 % të burimeve të ripërtëritshme të energjisë në mbulimin e nevojave për energji (16). Këto objektiva duhet të arrihen deri në vitin 2020. Figura 7 tregon vlerat e instaluar të kapaciteteve të burimeve të ripërtëritshme (2005) dhe objektivat që duhet të arrijë çdo shtet anëtar përkatës (17).



Figura 7: Krahasimi i vlerave aktuale të kapaciteteve të instaluar (2005) dhe objektivat për (2020) për BE-në
Zbatimi i këtyre objektivave kërkon më shumë investime për ndërtimin e kapaciteteve të reja të gjenerimit të energjisë nga burimet e ripërtëritshme. Vërehet një rritje e madhe e investimeve në të gjithë botën, Figura 8 (9).



Figura 8: Ndryshimi në investimet për periudhën 2004 - 2009

Pavarësisht zhvillimit global, burimet e ripërtëritshme të energjisë nuk janë një zgjidhje universale për problemet e furnizimit me energji elektrike. Kjo është për shkak të disa mangësive. Më kryesori është mungesa e fuqisë së garantuar nga gjeneratorët, konvertimin e potencialit kryesor të energjisë elektrike për shkak të natyrës stokastike të ndryshimeve në burimin primar diellor (fotovoltaik) dhe të erës. Në rastin e parë, variacionet janë të shkaktuara nga cikli ditë - natë, nëpërmjet kalimit të reve në qiell apo pengesa të tjera që ndodhen midis diellit dhe instalimeve fotovoltaike. Për turbinat me erë, variacionet e energjisë janë për shkak të ndryshueshmërisë së shpejtësisë së erës, etj. Në këtë mënyrë, fuqia e erës, konvertuar nga turbinat e erës, në fuqi mekanike, ka karakter të ndryshueshëm, sepse ajo është proporcionale me shpejtësinë e erës në fuqi të tretë. Ky disavantazh është shumë më pak i theksuar në hidrocentrale, në sajë të pranisë së digave që mbajnë ujë dhe kështu paracaktojnë praninë e një sasie të caktuar të sasisë së ujit në to. Përveç kësaj, përvoja teknologjike e makinave hidraulike lehtëson zbatimin e këtij burimi të ripërtëritshëm të energjisë. Një tjetër problem serioz që përballet me rritjen e kapacitetit të instaluar të BRE është investimi fillestar. Ai është i lartë për shkak të çmimit të madh të materialeve të përdorura. Kjo vlen më shumë për modulet fotovoltaike, çmimi i të cilëve ka arritur deri për 5 €për W_p të instaluar. Përveç çmimit të tij të lartë, sistemet fotovoltaike karakterizohen nga efikasitet i ulët (më pak se 15 % në terma real), i cili më tej kufizon shpërndarjen e tyre.

Megjithatë, është e sigurt se ne do të përdorim gjithnjë e më shumë burimet e ripërtëritshme të energjisë për arsyet e përmendura më lart (shterimin e burimeve fosile dhe problemit të ndryshimeve klimaterike).

Kështu, subjekti i zhvilluar në këtë dizertacion është në përputhje me rrugën e progresit dhe ndryshimeve të ardhshme në politikën e energjive të ripërtëritshme.

Kapitulli I - Sistemet Fotovoltaike të lidhura me rrjetin

Ky kapitull ofron një pasqyrë të përgjithshme të burimeve të ripërtëritshme të energjisë si dhe komponentët përbërës të një sistemi fotovoltaik. Në të jepen edhe përpjekjet për të nxjerrë në pah arritjet e fundit shkencore në fushën e energjive të ripërtëritshme dhe sidomos të fotovoltaikëve si dhe tendencën për një zhvillim të mëtejshëm të tyre. Ky kapitull ofron një pasqyrë të përgjithshme të një sistemi fotovoltaik të lidhur me rrjetin.

1.1 Burimet e ripërtëritshme të energjisë

Zhvillimet teknologjike në fushën e burimeve të energjive të ripërtëritshme kanë hapur horizonte të reja në zgjidhjen e problematikave të mëdha të lidhura me rritjen e vazhdueshme të kërkesës për energji dhe mbrojtjen e mjedisit. Viti 2015 ka qënë një vit i jashtëzakonshëm për energjitë e ripërtërishme me shtimin më të madh të kapaciteteve globale të parë ndonjëherë, pavarësisht nga vështirësitë e krijuara nga rënia drastike e çmimit të naftës. Energjitë e ripërtërishme tashmë përbëjnë në të gjithë botën drejtimin kryesor të zhvillimit të burimeve të energjisë. Rritja e shpejtë, veçanërisht në sektorin e prodhimit të energjisë, nxitet nga shumë faktorë përfshirë këtu uljen e kostove, politikat mbështetëse, përmirësimi i mundësive financiare, risqet e furnizimit me energji dhe problemet mjedisore, rritja e kërkesës për energji në ekonomitë në zhvillim dhe nevoja për praninë e burimeve bashkëkohore të energjisë. Tregje të reja po lindin vazhdimisht në të gjithë rajonet, si për burimet e përqendruara të energjive të ripërtërishme ashtu dhe për ato të shpërndara. Në vitin 2015 janë shtuar 147 gigavats (GW) në kapacitetin e burimeve të energjisë së ripërtërishme dhe rreth 38 gigavats - termik (GWth) në kapacitetet e burimeve termike të energjisë së ripërtërishme. Për të gjashtin vit rradhazi investimet në zhvillimin e kapaciteteve të burimeve të energjive të ripërtërishme e kanë tejkaluar ritmin e investimeve në shtimin e kapaciteteve të burimeve fosile të energjisë. Paralelisht me rritjen e tregut dhe investimeve, progres i ndjeshëm është bërë në teknologjinë e energjive të ripërtërishme, në përmirësimin e eficencës, në aplikimin e rrjeteve inteligjente në mbështetje të integrimit të burimeve të ripërtërishme, në depozitimin e energjisë etj. Ky vit shënon një shtrirje të mëtejshme të përdorimit të pompave të nxehtësisë dhe zgjidhje më efiçente të sistemeve të ngrohjes diellore. Punësimet në sektorin e energjive të ripërtërishme në vitin 2015 u rritën me 8.1 milion vende pune, ku vendi i parë u takon teknologjive të energjisë diellore. Prijnë në këtë sektor Kina, Brazili, Shtetet e Bashkuara të Amerikës dhe India (3).

Sistemet FV të lidhura me rrjetin ofrojnë një opsion në zgjerim të vazhdueshëm për shfrytëzimin e energjisë diellore për prodhimin e energjisë elektrike. Karakteri stokastik i rrezatimit diellor e bën të vështirë integrimin e sistemeve FV në rrjetet qëndrore të furnizimit me energji elektrike pa keqësuar cilësinë e furnizimit. Përshkrimi analitik i energjisë furnizuar nga një sistem FV i lidhur me rrjetin në varësi të parametrave teknologjik dhe meteorologjik është hapi i parë drejt përdorimit të rrjeteve inteligjente. Prodhuesit e moduleve FV ofrojnë të dhëna të funksionimit të tyre vetëm për kushte të caktuara standarde të rrezatimit diellor dhe temperaturës së punës. Në përgjithësi prodhimi i energjisë elektrike nga sistemet FV varet nga shumë faktorë, ku mund të

përmendim: $P_{pv, peak}$ piku i fuqisë së moduleve FV, I_{β} intensiteti i rrezatimit diellor në modulin FV, T_{cell} temperatura e qelizës së modulit FV, tipi dhe rendimenti i inverterit, teknologjia e modulit FV, këndi i vendosjes së modulit FV, vendndodhja e sistemit të FV, etj. (18) (19). Të dhënat meteorologjike të rrezatimit diellor duhet të përshijnë tre tregues të rrezatimit diellor që bien në modulin FV: rrezatimin e drejtpërdrejtë, rrezatimin e reflektuar nga toka ose prej objekteve të tjera rreth modulit FV dhe rrezatimin e shpërhapur.

1.2 Komponentët e sistemeve FV të lidhura me rrjetin

Pjesët përbërëse të një sistemi fotovoltaik të lidhur me rrjetin janë treguar në Figurën 1.1. Sistemi është i përbërë kryesisht nga një matricë modulesh FV, e cila konverton dritën e diellit në fuqi të vazhdueshme DC, dhe nga inverteri ose thënë ndryshe njësi e kondicionimit të energjisë, që konverton fuqinë DC në fuqinë alternative AC. Energjia elektrike AC e prodhuar injektohet në rrjet dhe/ose shfrytëzohet nga njësitë kryesore të rrjetit elektrik. Në disa raste, pajisjet e magazinimit janë përdorur për të përmirësuar disponueshmërinë e fuqisë së prodhuar nga sistemi i paneleve FV. Në nën - seksionet e mëposhtme, janë paraqitur më shumë detaje rreth komponentëve të ndryshëm të sistemit FV dhe janë diskutuar aktivitetet kërkimore të kohëve të fundit.



Figura 1 1: Komponentët kryesore të sistemeve fotovoltaike të lidhura me rrjetin

1.2.1 Konsiderata të përgjithshme mbi energjinë diellore

Gjatë kalimit nëpër atmosferë rrezatimi diellor (energjia rrezatuese e tij) pëson sforcime të shënueshme kryesisht prej proceseve të bashkëveprimit të tij me komponentët përbërës të atmosferës. Procesi i përthithjes së rrezatimit diellor lidhet me atë dukuri fizike të transformimit

të një pjese ose tërë energjisë rrezatuese në një objekt ose mjedis në të cilin ajo bie ose nëpër të cilin kalon. Ky proces lidhet me ndryshime rezultante fizike të mjedisit ose objektit të ekspozuar ndaj këtij rrezatimi. Konkretisht, në rastin e atmosferës, këto ndryshime pasqyrohen në temperaturën dhe energjinë e brendshme të saj. Ndërsa proceset e pasqyrimit dhe të shpërhapjes nuk shkaktojnë efekte të tilla.

Kur flasim për rrezatim diellor kemi parasysh vetëm emetimin elektromagnetik nga disku i diellit. Ky rrezatim arrin në tokë rreth 8 minuta pas procesit të emetimit. Emetimi elektromagnetik i diellit kap një diapazon mjaft të gjerë gjatësish valësh, nga 10^{-8} cm deri në gjatësinë e rendit 10^{6} cm dmth nga rrezet X deri në radiovalët.

Shpërndarja spektrale më e mundshme për energjinë rrezatuese të diellit, sipas vrojtimeve të kryera në nivel të detit, si dhe shpërndarja e fituar nga ekstrapolimi jashtë atmosferës i të dhënave spektrometrike tokësore është vlerësuar me saktësi 2 %. Më e studiuar është ajo pjesë e shpërndarjes që i përket irradiancës spektrale që arrin në sipërfaqen e tokës dhe pikërisht zona spektrale 290 – 4000 nm. Vetëm valët me gjatësi relativisht të mëdha si zona e dukshme, infra e kuqe dhe radiovalët mund të arrijnë në shtresat e poshtme të atmosferës. Rrezatimi diellor përbëhet nga rrezatimi ultravjollcë rreth 9 %, rrezatimi i dukshëm për syrin e njeriut rreth 41.5 % dhe ai infra i kuq rreth 49.5 %. Në intervalin spektral < 300 nm të gjitha rrezet diellore përthithen prej ozonit, ndërsa rrezatimi me gjatësi vale më të madhe se 4000 nm përthithet prej avujve të ujit. Nga e gjithë energjia rrezatuese diellore që arrin në sipërfaqen e tokës, 98 % e saj transmetohet nëpërmjet valëve elektromagnetike të zonës spektrale 290 – 4000 nm, ndërsa në intervalin 276 – 4960 nm transmetohet 99 % e saj. Siç dihet rrezatimi diellor ndryshon në vlerë për këtë arsye merret konstantja diellore e cila është vlera mesatare e rrezatimit diellor në sipërfaqen e Tokës e barabartë me 1.353 kW/m² (20) (21) (22).



Figura 1 2: Shpërndarja spektrale e rrezatimit diellor. Tregohen edhe spektrat ekuivalent të trupit të zi dhe të dobësimit të atmosferës

Intensiteti i rrezatimit diellor është fuqia e menjëhershme diellore e marrë në një sipërfaqe njësi dhe që jepet normalisht në W/m^2 . Intensiteti i përgjithshëm i rrezatimit diellor, I_{global} , që arrin një sipërfaqe horizontale në tokë është shuma e dy komponentëve (23): 1) intensiteti i rrezatimit të drejtpërdrejtë, I_D , që arrin direkt sipërfaqen horizontale pa u shpërndarë nga atmosfera dhe 2) intensiteti i rrezatimit diellor të shpërhapur, I_{Sh} , që arrin në sipërfaqe horizontale pasi është shpërndarë nga retë. Stacionet meteorologjike zakonisht e matin intensitetin global të rrezatimit horizontal me një pajisje matëse që quhet Piranometër i vendosur horizontalisht në vendin e duhur. Në anën tjetër, një Pirheliometër përdoret për të matur intensitetin e rrezatimit normal të drejtpërdrejtë, i cili është intensiteti i rrezatimit diellor marrë nga një sipërfaqe që ndodhet pingul me rrezet e diellit. Për të matur intensitetin e shpërhapur, mund të përdoret një sferë për mbrojtje nga drita ose një unazë për t'i bërë hije Piranometrit. Figura 1.3 tregon fotografitë e tre pajisjeve të përdorura për të matur komponentët e ndryshëm të rrezatimit diellor (24).



Figura 1 3: Piranometri (majtas lart), Ndjekësi me dy akse Pirheliometri (poshtë majtas), Piranometri me mbrojtës nga drita ose me hije (djathtas)

Modulet FV zakonisht janë vendosur në mënyrë të pjerrët për të maksimizuar prodhimin e energjisë së sistemit duke marrë maksimumin e intensitetit të drejtpërdrejtë që bie në sipërfaqen e tyre. Zakonisht këndi optimal i pjerrësisë në lidhje me sipërfaqen horizontale të tokës është llogaritur për çdo vend të caktuar , megjithatë, ai mund të vendoset afërsisht brenda ± 15 nga gjerësia gjeografike e vendit (25). Kështu, komponentët e rrezatimit të marrë nga sipërfaqja e pjerrët e moduleve FV janë të ndryshme nga ato të parashikuara nga stacionet meteorologjike. Prandaj, duhet të përdoren modele të ndryshme për të vlerësuar komponentët e ndryshëm të intensitetit të rrezatimit mbi sipërfaqen e moduleve FV nga ato të parashikuara nga stacionet meteorologjike.

Diskutime të mëtejshme në lidhje me llogaritjen e komponentëve të ndryshme të rrezatimit mbi sipërfaqen e një moduli FV janë paraqitur në Kapitullin e II.

Aktualisht, një nga studimet kryesore kërkimore në këtë fushë fokusohet në analizimin afat shkurtër të luhatjeve të rrezatimit për shkak të kalimit të reve. Disa nga këto studime përdorin analizat e frekuencave domain për të hetuar efektin e zbutjes të zonës së zgjatur të sistemit FV për shkak të luhatjeve të intensitetit të rrezatimit (26). Studime të tjera përdorin analizën e frekuencave domain për të analizuar amplitudën, dhe qëndrueshmërinë e këtyre luhatjeve (27). Një tjetër aktivitet kërkimor lidhur me këtë fushë fokusohet në modelet e zhvillimit për komponentë të ndryshëm të intensitetit të rrezatimit në një vend të caktuar, duke përdorur vëzhgimet e kalimit të reve nga stacionet meteorologjike (28) apo nga imazhet satelitore (29) (30). Këto modele janë të rëndësishme për të parashikuar energjinë e prodhuar nga sistemet FV të instaluara në këto vende. Parashikimi afat shkurtër i intensitetit të rrezatimit diellor nga seritë kohore historike të të dhënave është shumë i rëndësishme për planifikimin në terma afat shkurtër në lidhje me funksionimin e rrjeteve elektrike në prani të sistemeve FV, sidomos në rastin e sistemeve të mëdha. Metoda të ndryshme, të tilla si modelet ARMA dhe rrjetet e neuroneve janë përdorur për këtë qëllim (31) (32) (33). Megjithatë, kërkimet në këtë fushë duan ende shumë punë për t'u bërë sa më të sakta. Në fakt, parashikimi i intensitetit të rrezatimit diellor është një detyrë e komplikuar duke qenë se ai ndikohet nga shumë faktorë të tillë si; tipologjitë e reve, lartësitë e tyre, shpejtësia dhe drejtimi i erës.

1.2.2 Modulet FV: teknologjia dhe modelimi

Qeliza e parë diellore prej silici me eficensë prej 6 % u zhvilluar në Laboratoret Bell Telephone në vitin 1954 nga Chapin et al. (34). Në ditët e sotme, mund të arrihet një eficensë prej rreth 18 % dhe janë përdorur lloje të ndryshme materialesh për prodhimin e këtyre qelizave (35). Megjithatë, qelizat më të përdorura janë qelizat prej silici polikristalin (54.5 % e marketingut në botë) dhe qelizat FV prej silici monokristalin (29.36 % e marketingut në botë) (35). Normalisht, karakteristikat elektrike të një qelize FV janë shfaqur si një relacion apo lidhje midis tensionit të qelizave FV dhe të rrymës, si edhe një lidhje midis tensionit të qelizave FV dhe fuqisë. Prandaj, janë identifikuar disa madhësi elektrike që janë të rëndësishme për funksionimin e sistemit FV. Këto madhësi elektrike përfshijnë: tensionin e qelizave FV nën kushtet e qarkut të hapur, V_{OC}, rrymën e qelizës FV nën kushtet e qarkut të shkurtër, I_{SC}, dhe tensionin e qelizës, rrymën dhe energjinë në pikën maksimale të fuqisë V_{MPP}, I_{MPP}, dhe P_{MPP}, respektivisht.

Figura 1.4 dhe Figura 1.5 shfaqin karakteristikat elektrike të përbashkëta të një qelize FV.



Figura 1 4: Karakteristikat Rrymë – Tension (I - V) e një qelize të vetme FV



Figura 1 5: Karakteristikat Fuqi – Tension (P - V) e një qelize të vetme FV

Karakteristikat elektrike të qelizës FV varen kryesisht nga rrezatimi i marrë nga qeliza FV dhe temperatura e qelizës. Figura 1.6 tregon karakteristikat elektrike të qelizës FV në nivele të ndryshme të intensitetit të rrezatimit dhe temperaturës konstante. Është e qartë se ndryshimi në rrezatim ka një efekt të fortë në rrymën e qarkut të shkurtër dhe në fuqinë e prodhuar nga qeliza FV, por një efekt të papërfillshëm në tensionin e qarkut të hapur. Nga ana tjetër, Figura 1.7

tregon se ndryshimet në temperaturë në kushtet e rrezatimit konstant kanë një efekt të fortë në tensionin e qarkut të hapur dhe në fuqinë e prodhuar nga qeliza FV, por një efekt të papërfillshëm në rrymën e qarkut të shkurtër.



Figura 1 6: Karakteristikat I - V dhe P - V e qelizës FV në temperaturë konstante dhe për intensitete të ndryshme të rrezatimit diellor



Figura 1 7: Karakteristikat I - V dhe P - V e qelizës FV në temperatura të ndryshme për intensitet konstant të rrezatimit

Zakonisht qelizat FV janë të lidhura në seri për të formuar një modul diellor dhe modulet pastaj janë të lidhura në seri për të formuar një varg. Më në fund, vargjet lidhen në paralel për të formuar një sistem FV. Numri i moduleve në çdo varg është i përcaktuar në bazë të nivelit të

tensionit të kërkuar të sistemit. Nga ana tjetër, numri i vargjeve përcaktohet sipas rrymës së kërkuar për vlerësimin e sistemit. Shumica e sistemeve FV, kanë një fuqi diode, të quajtur bypass diodë, e lidhur në paralel me secilin modul të veçantë ose me një numër modulesh. Funksioni i kësaj diode është për të ruajtur rrymën kur një ose më shumë prej këtyre moduleve janë të dëmtuara ose në hije. Një tjetër diodë, e quajtur dioda bllokuese, është e lidhur zakonisht në seri me çdo varg për të parandaluar rrjedhjen e kundërt të rrymës dhe për të mbrojtur modulet. Paraqitja skematike e një sistemi FV është ilustruar në Figurën 1.8.



Figura 1 8: Paraqitja skematike e një sistemi FV

Moduli FV është komponenti më i shtrenjtë në sistemin FV. Kostoja mesatare e moduleve FV është 4.00 - 5.00/W (36) (37). Kështu që, shumica e studimeve kërkimore të kryera në këtë fushë janë të fokusuara në prodhimin e qelizave FV me kosto të ulët dhe me eficensë të pranueshme (38) (39). Përparimet në këtë fushë kërkimi do të kenë një ndikim të madh në përdorimin në një shkallë të gjerë të sistemeve FV. Shumë studime që lidhen me performancën e sistemeve FV kërkojnë përdorimin e një modeli për të konvertuar intensitetin e rrezatimit të marrë nga panelet FV dhe temperaturës së mjedisit në maksimumin korrespondues të fuqisë së prodhuar DC së moduleve FV, P_{MPP}. Modelet e dhëna në literaturë ndryshojnë në saktësinë dhe kompleksitetin, dhe kështu, në përshtatshmërinë e tyre për studime të ndryshme. Modeli me një diodë treguar në Figurën 1.9 është një nga modelet më të përdorur në fizikë, për të përfaqësuar karakteristikat elektrike të një qelize të vetme FV (40) (41). Modeli përbëhet nga: 1) një burim rryme, *I_{ph}*, që përfaqëson rrymën e shkaktuar nga drita që gjenerohet në qelizën FV për shkak të ndarjes dhe të krijimit të çifteve elektron - vrimë të prodhuara nga fotonet rënës nga rrezatimi diellor, 2) një diodë shunt që përfaqëson lidhjen p - n të qelizës FV, 3) një rezistencë shunt, R_{sh} , për rrymat rrjedhëse për shkak të papastërtive të lidhjeve p - n (vlera e kësaj rezistence duhet të jetë sa më e lartë të jetë e mundur), dhe 4) një rezistencë seri, R_s , që përfaqëson të gjitha rezistencat e shpërndara omike në gjysmëpërçues dhe rezistencën e kontakteve metalike (idealisht, vlera e kësaj rezistence duhet të jetë zero).



Figura 1 9: Modeli me nje diodë e një qelize FV

Saktësia e modelit të një diode mund të përmirësohet më tej duke zëvendësuar diodën e vetme me dy dioda të lidhura paralelisht. Dioda e parë përfaqëson rrymën e difuzuar në zonën kuazi neutrale të lidhjes dhe ka një faktor përsosmërie 1. Dioda e dytë paraqet gjeneratën e rikombinimin në zonën e hapësirë - ngarkesë për lidhjen dhe ka një faktor përsosmërie 2 (38). Pengesa kryesore e këtij modeli është rritja e kompleksitetit të marrëdhënieve midis tensionit të prodhimit dhe rrymës së qelizës për shkak të ekzistencës së dy ekuacioneve të diodës. Identifikimi i parametrave të modelit me një diodë nga të dhënat e qelizave FV dhe efekti i rrezatimit dhe temperaturës së këtyre parametrave ka qenë në qendër të vëmendjes së disa studimeve (42) (43) (44). Studimet e tjera propozojnë përdorimin e modeleve të reja për qelizat FV që mund të përfaqësojnë më mirë karakteristikat e tyre. Disa prej këtyre modeleve rritin performancën e modelit me një diodë duke përfshirë proceset e hollësishme fizike që ndodhin në qelizën FV (45). Modelet e tjera përdorin teknika të thjeshta kompjuterike për të modeluar performancën e qelizave FV në kushte të ndryshme të funksionimit të modelit FV duke përdorur modelet e kurbave I - V në kushte operative të veçanta (46). Kohët e fundit, është propozuar një model matematikor i cili përdor polinomet për të përfaqësuar performancën e qelizës FV (47). Ky model është i dobishëm për rastet kur kërkohet identifikimi në kohë reale i pikut maksimal të fuqisë. Megjithatë, modeli nuk ka kuptim fizik dhe saktësia e tij varet kryesisht në të dhënat e matura dhe të vlefshme të marra nga qeliza FV. Në përgjithësi, modelet fizike japin informacion në nivelin e qelizave FV, dhe në këtë mënyrë, janë të dobishme për të studiuar detajet e sistemit FV, si psh algoritmet e ndjekjes së fuqisë maksimale dhe ndikimet e hijeve të pjesshme. Megjithatë, këto modele nuk janë të përshtatshme për të studiuar performancën e rrjetit elektrik,

në prani të sistemeve FV. Kjo është kryesisht, sepse këto studime kërkojnë llogaritjen e fuqisë së prodhuar nga sistemi FV në kushte të ndryshme atmosferike për periudha të gjata kohore. Kështu, modelet e thjeshta janë zakonisht të preferuara sepse sasia e numrit të llogaritjeve është reduktuar shumë. Për shembull, modeli me një diodë mund të thjeshtohet duke supozuar se rezistenca shunt është pafundësisht e madhe apo duke i hequr të dy rezistencat shunt dhe rezistencën seri (48). Prandaj, tensioni dhe rryma tërhiqen në ekuacionin kryesor të modelit. Modele të tjera të thjeshtuara lidhin drejtpërsëdrejti intensitetin e rrezatimit dhe temperaturën në çdo moment me fuqinë maksimale që mund të prodhohet nga sistemi FV (49) (50). Këto modele janë përdorur zakonisht kur performanca e rrjetit elektrik është për t'u vlerësuar në prani të një sistemi FV. Megjithatë, para se të përdorim modele të tilla për analizë, ato duhet të vlerësohen kundrejt modeleve më të sakta fizike për të shqyrtuar saktësinë e tyre.

1.2.3 Njësitë e kushtëzimit të fuqisë

Njësitë e kushtëzimit të fuqisë (PCUs) janë përdorur për të kontrolluar fuqinë e prodhuar DC nga modulet FV dhe për të kthyer këtë fuqi me cilësi të lartë në fuqi AC para se ta injektojnë atë në rrjetin elektrik. Sistemet FV mund të ndahen, në bazë të numrit të përpunimit të fazave të fuqisë, në sisteme me një fazë dhe dy faza. Në sistemet me një fazë, është përdorur një inverter për të kryer të gjitha detyrat e kërkuara të kontrollit. Në sistemin me dy faza, një konvertues DC - DC paraprin inverterin dhe detyrat e kontrollit janë të ndara midis dy konvertuesve. Sistemet me dy faza sigurojnë fleksibilitet të lartë në kontroll, në krahasim me sistemet me një fazë, por në kurriz të kostos shtesë dhe uljes së besueshmërisë të sistemit (51). Gjatë dekadës së fundit, janë propozuar një numër i madh i tipologjisë së inverterave dhe konverterave DC - DC për sistemet FV (51) (52) (53) (54), pothuajse hulumtimet në këtë fushë janë të plota. Në përgjithësi, PCUs duhet të kryejnë detyrat e mëposhtme:

1. Gjetja e Pikut të Fuqisë Maksimale (MPPT)

Një nga detyrat kryesore të PCUs është kontrollimi i tensionit dalës apo rrymës së moduleve FV për të gjeneruar energjinë maksimale të mundshme në një rrezatim dhe temperaturë të caktuar. Ka shumë teknika që mund të përdoren për këtë qëllim (55) (56) (57) përveç teknikave më të përdorura si psh. ngacmo - vrojto, etj. Një studim i kohëve të fundit (58) paraqiti një krahasim cilësor mes 19 teknikave të ndryshme MPPT për të shërbyer si udhëzues për zgjedhjen e një teknike të përshtatshme. Hijet e pjeshme mbi modulet FV janë konsideruar si një nga sfidat kryesore me të cilat përballen teknikat e MPPT-së. Në këtë rast, nuk mund të ekzistojnë maksimume të shumta të lokalizuara, por vetëm një pikë maksimale e energjisë, siç është ilustruar në Figurën 1.10. Në këtë rast, detyra e PCU-s është për të identifikuar dhe për të operuar në maksimumin e pikut të fuqisë MPP. Hulumtimi në këtë fushë është i vazhdueshëm dhe disa prej studimeve janë përqendruar në zhvillimin e teknikave të reja MPPT dhe tipologjive të PCU-s që mund të kryejnë këtë detyrë (59) (60) (61).



Figura 1 10: Kurba P - V për dy module FV në seri në rastin e një hije të pjesshme

2. Kontrolli i rrymës së injektuar

PCU-të duhet të kontrollojnë rrymën sinusoidale të injektuar në rrjet për të patur të njëjtën frekuencë sa ajo e rrjetit dhe një ndryshim fazor në pikën e lidhjes me tensionin brenda kufijve të lejuar. Për më tepër, lëkundja harmonike e rrymës duhet të jetë brenda kufijve të specifikuar nga standartet. Hulumtimi në këtë fushë kryesisht ka të bëjë me aplikimin e teknikave të avancuara të kontrollit për të kontrolluar cilësinë e fuqisë së injektuar dhe faktorit të fuqisë në ndërfaqen e rrjetit (62) (63) (64).

3. Veçimi dhe mbrojtja

Veçimi është përcaktuar si një gjendje në të cilën një porcion përbërës i sistemit përmban si ngarkesat ashtu edhe burimet e shpërndara të cilat mbeten të energjizuara duke u izoluar nga pjesa tjetër e rrjetit (65). Shumica e standarteve kërkojnë që PCU-të e sistemeve FV duhet të ndërpresin futjen e fuqisë në rrjet në bazë të funksionimeve specifike të parregullta të rrjetit duke përfshirë ato që çojnë në veçim (65) (66). Metodat e dedektimit me anë të veçimit mund të klasifikohen në tri kategori (67): 1) Metodat bazuar në komunikimin që varen nga sinjalet e transmetimit midis sistemit FV dhe rrjetit për të identifikuar një gjendje të izoluar, 2) Metodat pasive që varen nga monitorimi i një parametri të caktuar dhe duke e krahasuar atë me një vlerë pragu, dhe 3) Metodat aktive që varen nga imponimi i një gjendjeje jonormale në rrjet, si psh injektimi i një rryme harmonike me një rend specifik në pikën e lidhjes me rrjetin. Shumica e studimeve të fundit janë përqendruar në vlerësimin dhe krahasimin e teknikave të ndryshme të dedektimit me anë të veçimit si dhe zhvillimin e metodave të reja për të minimizuar zonat e padedektuara (68) (69) (70) (71).

4. Amplifikimi i Tensionit

Zakonisht, niveli i tensionit të sistemeve FV synon të rritet për t'iu përshtatur tensionit të rrjetit dhe për të ulur humbjet energjisë. Kjo detyrë mund të kryhet duke përdorur konverterat DC - DC ose inverterat me shumë nivele. Për këtë qëllim mund të përdoren inverterat me tre nivele sepse ato ofrojnë një performancë të mirë midis punës dhe kostos në tensione të larta dhe në sistemet me fuqi të lartë (72).

5. Funksionet shtesë

Kontrolli i PCU-së mund të projektohet për të kryer detyra të tjera të tilla si; korrigjimi i faktorit të fuqisë (73), filtrimi harmonik (74), kontrolli i fuqisë reaktive (75), dhe duke funksionuar me një pajisje për ruajtjen e energjisë dhe/ose me një burim të mundshëm të energjisë të tillë si gjeneratori dizel si një burim furnizimi me energji të pandërprerë (76).

1.2.4 Paisjet për ruajtjen e energjisë

Përdorimi i pajisjeve për ruajtjen e energjisë në sistemet FV është duke marrë shumë vëmendje, sidomos për shkak të faktit se fuqia e gjeneruar nga këto sisteme është e përhershme. Instalimi i pajisjeve për ruajtjen apo magazinimin mund të rritin performancën e sistemeve FV me tejkalimin e lëvizjeve të tyre të energjisë, duke shtyrë kohën e gjenerimit të pikut të tyre, furnizimin e ngarkesave kritike gjatë ndërprerjes së energjisë, dhe duke siguruar mbështetje të fuqisë reaktive. Ka një shumëllojshmëri të pajisjeve për magazinimin e energjisë të tilla si bateritë, super - kondestatorët, super - induktorët, dhe pompimi i ujit. Këto pajisje ndryshojnë nga karakteristikat e tyre, mënyra e veprimit, dhe nga detyrat që ato mund të kryejnë. Kështu, për të zgjedhur një pajisje për magaziminin e energjisë, që mund të kryejë funksionin e kërkuar në mënyrë efikase është hapi i parë. Për më tepër, për shkak të faktit se shumica e këtyre pajisjeve të magazinimit janë të shtrenjta, është thelbësore të studiohet vlera ekonomike e përdorimit të këtyre pajisjeve.

1.3 Ndikimet e sistemeve FV të lidhura me rrjetin në rrjetin elektrik

1.3.1 Të përgjithshme

Sistemet FV të lidhura me rrjetin janë instaluar kryesisht për të rritur performancën e rrjetit elektrik duke reduktuar humbjet energjisë dhe përmirësimin e profilit të tensionit të rrjetit. Megjithatë, nuk është gjithmonë kështu, pasi që, këto sisteme mund të japin disa ndikime negative në rrjet, veçanërisht në qoftë se niveli i tyre i penetrimit është i lartë. Ndikime të tilla negative përfshijnë problemet e energjisë dhe luhatjet e tensionit, deformimet harmonike, mosfunksionimin e pajisjeve mbrojtëse dhe mbingarkesat e nënngarkesat në dalje. Studimi i ndikimeve të mundshme të sistemeve FV në rrjetin elektrik aktualisht është bërë një çështje e rëndësishme dhe i është dhënë shumë vëmendje si nga studiuesit ashtu edhe nga operatorët e shpërndarjes së energjisë elektrike. Arsyeja kryesore për rëndësinë e kësaj çështjeje është se

vlerësimi i saktë i këtyre ndikimeve, si dhe ofrimi i zgjidhjeve të mundshme për problemet operacionale që mund të lindin për shkak të instalimit të sistemeve FV, është konsideruar si një kontribut i madh në lehtësimin dhe në përdorimin e gjerë të këtyre sistemeve. Sistemet fotovoltaike janë përdorur më parë si sisteme vete - qëndruese për të siguruar energji elektrike për zonat rurale dhe në zonat ku nuk ka burime të tjera të energjisë. Përparimet në teknologji dhe shqetësimet rreth ngrohjes globale inkurajojnë si rrjetet elektroenergjitike ashtu edhe konsumatorët të zgjerojnë përdorimin e sistemeve FV të lidhura me rrjetin. Megjithatë, natyra e përhershme e energjisë së nxjerrë nga këto sisteme mund të vendosin disa sfida në funksionimin e rrjetit elektrik (77). Për shkak të rëndësisë së tyre dhe lidhjes me hulumtimin e paraqitur në këtë studim, ndikimet e mundshme të sistemeve FV të lidhura në rrjetin elektrik, si dhe metodat e përshtatshme që mund të përdoren për të vlerësuar këto ndikime janë diskutuar në kapitujt e mëposhtëm.

1.3.2 Përkufizimet

Ky seksion paraqet përkufizimet e disa termave të përdorura në lidhje me sistemet FV.

• **Disponueshmëria** e një sistemi FV është raporti i numrit aktual të orëve të operimit të tij me numrin e orëve që sistemi mund të operojë potencialisht.

Disponueshmëria = <u>Numri i orëve të punës së sistemit FV</u> <u>Numri i orëve me intensitet të mjaftueshëm për të punuar</u>

• **Faktori kapacitetit (CF)** i një sistemi FV është raporti i prodhimit të energjisë që pritet gjatë një periudhe të caktuar (zakonisht një vit) me produktin e fuqisë nominale në dalje dhe numrin e përgjithshëm të orëve për të njëjtën periudhë.

$$CF = \frac{Energjia\ e\ prodhuar\ nga\ Sistemi\ FV\ në\ vit}{(Fuqia\ e\ prodhuar\ e\ Sistemit\ FV)x(orët\ në\ vit)}$$

• **Niveli penetrimit** është raporti i fuqisë së fotovoltaikëve të instaluar me kapacitetin gjenerues të sistemit të rrjetit elektrik në të cilin sistemi FV është i lidhur.

Duhet të theksohet se disa përkufizime të nivelit të depërtimit (penetrimit) lidhin fuqinë dalëse të sistemeve FV me kushtet ngarkuese të ushqyesit në vend të fuqisë së gjeneruar nga rrjeti elektrik.

 $Niveli\ i\ Penetrimit = \frac{Fuqia\ e\ vlerësuar\ e\ prodhuar}{Kapaciteti\ gjenerues\ i\ përdorimit\ të\ sistemit}$

• Luhatja afatshkurtër është luhatja në çdo orë e rrezatimit ose e fuqisë dalëse të sistemit FV.

• **Përshtatshmëria e një sistemi FV** është gjendja kur gjenerimi maksimal i prodhimit të një sistemi FV përputhet me ngarkimin e pikut të rrjetit pa shkaktuar ndonjë problem operacional.

1.3.3 Klasifikimi i sistemeve FV

Sipas standardit IEEE 929-2000 (65), sistemet FV janë të ndarë në tre kategori: 1) sisteme të vogla me vlera nominale 10 kW dhe më të vogla, 2) sistemet e ndërmjetme, me vlera nominale midis 10 kW dhe 500 kW, dhe 3) sistemet e mëdha, me vlera nominale mbi 500 kW. Megjithatë, këto ndarje kanë të ngjarë të ndryshohen në të ardhmen e afërt për shkak të gamës së gjerë të vlerësimeve të energjisë të sistemeve të mëdha të instaluara kohët e fundit ose të planifikuara. Studimi i paraqitur në këtë studim është marrë kryesisht me sisteme të vogla FV që shkojnë deri në 5 kW.

1.3.4 Përfitimet e sistemeve FV të lidhura me rrjetin

Ngrohja globale, ndotja e mjedisit dhe mungesat e mundshme të rezervave të lëndëve djegëse janë disa nga forcat kryesore lëvizëse pas kërkesës për instalimin e sistemeve FV të lidhura me rrjetin. Për më tepër, shërbimet dhe klientët mund të përfitojnë nga instalimi i këtyre sistemeve. Fitimi kryesor për konsumatorët është që të përfitojnë nga iniciativat e ofruara nga qeveritë për instalimin e sistemeve FV. Për shembull, Autoriteti i Energjisë Ontario (AEO) ka ofruar të paguajë \$42/kWh për energjinë e gjeneruar nga sistemet FV nën Programin Oferta Standarde Ontario lançuar në Nëntor të vitit 2006. Në shkurt 2009 u prezantua Akti i Energjisë së Pastër dhe AEO propozoi një program të ri, Programin e Tarifave Feed-In, e cila sugjeroi t'u siguroj konsumatorëve çmime të reja nxitëse për kWh të gjeneruara nga sistemet FV. Këto çmime janë përmbledhur në Tabelën 1.1 (78).

Tini	Madhësia e fuqisë së propozuar	Çmimi i kontratës së propozuar				
1 ipi	Madiesia e ruqise se propozdar	\$/kWh				
Për çdo tip	$P \le 10 kW$	80.2				
Tarracat	$10 \text{kW} < \text{P} \le 250 \text{ kW}$	71.3				
Tarracat	$250 \text{ kW} < P \le 500 \text{ kW}$	63.5				
Tarracat	500 kW < P	53.9				
Të montuara në tokë	$P \le 10 \text{ MW}$	44.3				

Tabela 1 1: Çmimet e propozuara për projektet e sistemeve FV në Ontario

Për pajisjet, përfitimet e instalimit të sistemeve FV janë kryesisht përfitime operacionale, sidomos nëse sistemi FV është i instaluar në konsumatorë në zonat fundore rurale të rrjetit të furnizimit me energji elektrike. Për shembull, sistemet FV mund të përdoren për të ulur humbjet në linjë (79) (80), për të përmirësuar cilësinë e tensionit të furnizuar, për të reduktuar jetëgjatësinë e operimit dhe zvogëluar kostot e humbjeve në transformator (81). Për më tepër, në qoftë se prodhimi maksimal i sistemit FV përputhet me pikun e ngarkesës së rrjetit, ngarkesa e disa transformatorëve në rrjet mund të zvogëlohet (82).

Në mënyrë që të gjitha përfitimet e lart përmendura të hyjnë në fuqi, duhet të plotësohen disa kushte, që përfshijnë:

- 1) Vendosjen strategjike të sistemit FV,
- 2) Përmasat e duhura të sistemit FV, dhe
- 3) Përshtatshmëria e profilit të nxjerrjes së energjisë së sistemit FV.

Nëse një ose më shumë prej këtyre faktorëve nuk përmbushen, atëherë përfitimet mund të kthehen në ndikim të kundërt në performancën e ushqyesit, siç do të diskutohet në seksionin tjetër.

1.4 Problemet që lidhen me sistemet FV të lidhura me rrjetin

Përkundër të gjitha përfitimeve të paraqitura nga sistemet FV për rrjetet qëndrore të furnizimit me energji elektrike, këto sisteme mund të çojnë në disa probleme operacionale. Një nga faktorët kryesorë që çojnë në probleme të tilla janë luhatjet e fuqisë dalëse të sistemeve FV për shkak të variacioneve në intensitetin e rrezatimit diellor të shkaktuara nga lëvizja e reve. Luhatje të tilla të çojnë në disa probleme operative dhe e bëjnë parashikimin e fuqisë dalëse të sistemeve FV një detyrë të vështirë. Përveç kësaj, kostoja e lartë e këtyre sistemeve kufizon zgjidhjet e mundshme që mund të miratohen nga operatorët e rrjetit elektrik për të reduktuar peshën e problemeve operative që mund të lindin për shkak të këtyre luhatjeve. Ndikimet negative të sistemeve FV të lidhura me rrjetin në operimin e rrjetit elektrik nuk kanë marrë shumë vëmendje deri së fundmi, pas rritjes së dukshme të instalimit të këtyre sistemeve. Puna e bërë në këtë fushë mund të klasifikohet në tri kategori kryesore: 1) ndikimet në anën e gjenerimit, 2) ndikimet në rrjetet e transmetimin dhe nën - transmetimit, dhe 3) ndikimet në rrjetet e shpërndarjes. Megjithatë, para se të diskutojmë ndikimet e mundshme negative të instalimit të sistemeve FV, është e rëndësishme të paraqitet një vështrim i përgjithshëm i burimit të luhatjeve të fuqisë në këto sisteme dhe diskutuar të dhënat që duhen për analizimin e ndikimit të këtyre luhatjeve.

1.4.1 Luhatjet e prodhimit të energjisë të sistemeve FV

Luhatjet e rrezatimit diellor për shkak të kalimit të reve mbi një sistem FV është arsyeja kryesore që qëndron mbrapa luhatjeve të prodhimit të energjisë së prodhuar nga sistemet FV. Raportohen 10 modele resh shtëllungore dhe fronte shtrëngate që shkaktojnë variacione të mëdha të fuqisë së sistemeve FV (83). Frontet e shtrëngatës mund të bëjnë që fuqia e një sistemi FV të bjerë në zero, dhe kështu, ato çojnë në skenarin më të keq për funksionimin e sistemit.

Megjithatë, frontet e shtrëngatës janë të parashikueshme, dhe kështu, mund të parashikohet periudha e kohës gjatë së cilës sistemi FV do të jetë jashtë shërbimit (83). Nga ana tjetër, retë shtëllungore rezultojnë me humbje më të vogla të fuqisë FV të prodhuar, por ato bëjnë që fuqia e prodhuar e sistemit FV të ketë luhatje më të shpeshta në saj të kalimit të reve. (83). Afati i këtyre luhatjeve mund të shkojë nga disa minuta në orë në varësi të shpejtësisë së erës, llojit dhe madhësive të reve që kalojnë, nga zona e mbuluar si dhe nga topologjia e sistemit FV. Luhatjet më të rënda në fuqinë e prodhimit të sistemeve FV zakonisht ndodhin në nivelin e intensitetit maksimal rreth mesditës. Kjo periudhë zakonisht përkon me periudhën jashtë pikut të ngarkimit

të rrjetit elektrik, dhe kështu, niveli operativ i penetrimit të sistemit FV është më i madh. Luhatjet më të rënda të energjisë FV në rrjetin elektrik ndikohen nga disa faktorë, siç janë:

- 1. Lloji i reve,
- 2. Niveli i penetrimit,
- 3. Madhësia e sistemit FV,
- 4. Vendndodhja e sistemit FV,
- 5. Topologjia e sistemit FV dhe
- 6. Topologjia e rrjetit elektrik.

1.4.2 Të dhënat e nevojshme të rrezatimit për të studiuar ndikimin e sistemeve FV

Rezolucioni kohor i të dhënave të rrezatimit, të nevojshme për të studiuar luhatjet e prodhimit të energjisë të sistemeve FV, duhet ti përshtaten qëllimit kryesor të studimit pasi ato luajnë një rol të rëndësishëm në saktësinë e rezultateve. Në përgjithësi, rrezatimi diellor mund të ndahet në dy komponentë (84): 1) komponenti determinist i përcaktuar nga klima ditore, mujore dhe vjetore e një vendi të caktuar, dhe 2) komponenti stokastik që përbëhet nga luhatjet rreth komponentit determinist dhe përcaktohet nga kushtet meteorologjike të përditshme. Në rastet kur energjia e pritshme dalëse e një sistemi FV duhet të vlerësohet gjatë një periudhe kohore, mund të përdoren si komponenti determinist i rrezatimit (84) ashtu edhe të dhënat orare të rrezatimit (85) (86). Nga ana tjetër, në qoftë se kërkohet të studiohet puna e sistemeve FV dhe ndikimet e tyre në rrjetin elektrik, atëherë koha e rezolucionit të të dhënave të rrezatimit duhet të jetë mjaft e lartë për të përfshirë luhatjet afatshkurtra dhe luhatjet nën - orarëshe të rrezatimit (luhatjet brenda një ore) (87). Për më tepër, të dhënat e rrezatimit me rezolucion të lartë kohor (psh, me rezolucion 10 min.) mund të çojnë në saktësinë më të mirë të parashikimit, sepse koeficientët e auto - korrelacionit do të kenë vlera më të larta pozitive në krahasim me ato të marra për të dhënat me rezolucion kohor 1 orarësh (88).

Në paragrafët në vijim, janë diskutuar ndikimet e mundshme negative të sistemeve FV.

1.4.3 Ndikimi i sistemeve FV në cilësinë e furnizimit me energji nga rrjeti qëndror i energjisë elektrike

Luhatjet ekstreme në fuqinë e prodhimit të sistemeve të mëdha FV mund të ndikojnë në gjenerimin e shërbimeve elektrike. Kjo vjen kryesisht për shkak të faktit se rrjetet qëndrore të furnizimit me energji elektrike duhet të ndjekin këto luhatje në mënyrë që të kompensojnë çdo ngritje dhe rënie në prodhimin e sistemeve FV. Prandaj, njësitë gjeneruese që janë planifikuar për të vepruar gjatë periudhës së prodhimit të sistemeve FV duhet të kenë aftësi përshkallëzuese që janë të përshtatshme për luhatjet në këto sisteme. Për më tepër, luhatjet e energjisë nga sistemi FV e bëjnë të vështirë për të parashikuar fuqinë dalëse të këtyre sistemeve, dhe kështu, duhet ti marrim në konsideratë ato për përcaktimin e njësive gjeneruese në rrjet. Shumica e studimeve të kryera në këtë fushë e kanë paraqitur këtë problem dhe janë përpjekur për të ofruar disa zgjidhje operacionale që mund të përvetësohen nga rrjetet qëndrore të furnizimit me energji elektrike.

Qëllimi i këtyre studimeve është të identifikojnë nivelin e depërtimit të sistemeve FV që nuk do të çojnë në probleme të kontrollit të gjenerimit për shkak të kalimit të reve. Këto studime arrijnë në përfundimin se aftësia e përballimit të pjesëmarrjes së sasisë së energjisë së furnizuar nga sistemet FV mbi limitin e lejuar është faktori kryesor që kontrollon nivelin e penetrimit të sistemeve FV. Studimi i paraqitur në (89) prezanton disa faktorë që mund të ndikojnë në vlerat ekonomike dhe operacionale të sistemeve FV për aplikacione në shkallë të gjerë. Disa prej këtyre faktorëve janë përzierja e sistemeve të gjenerimit, afatet e mirëmbajtjes, normat e përthithjes, kostot e lëndës djegëse, kërkesat për energji rezervë, luhatjet e energjisë së FV, dhe diversifikimi gjeografik i sistemeve FV. Në përgjithësi, ana e prodhimit e një rrjeti elektrik mund të ndikohet nga sistemi FV nëse niveli i penetrimit të sistemit FV është i krahasueshëm me madhësinë e njësive gjeneruese. Megjithatë, sistemet me madhësi të tilla të mëdha nuk priten të instalohen gjerësisht në të ardhmen e afërt për shkak të kostos së lartë të sistemeve FV. Kështu, studimi i ndikimeve në anën e prodhimit nuk duket të jetë vendimtare në momentin e parë.

1.4.4 Ndikimi në rrjetet e transmetimit dhe nën - transmetimit

Sistemet FV mund të shkaktojnë probleme në rrjetet e transmetimit dhe nën - transmetimit nëse përmasat e tyre janë të mëdha mjaftueshëm për të ndikuar në këto rrjete. Problemet lindin kryesisht për shkak të luhatjeve të energjisë së këtyre sistemeve të cilat mund të çojnë në: 1) luhatjet e energjisë në linjat e trasmetimit, 2) ndryshimin e energjisë, 3) mbingarkesat dhe nënngarkesat në disa linja trasmetimi, dhe 4) luhatje të papranueshme të tensionit në disa raste (90). Efekti i sistemeve të mëdha FV në nivelet e tensionit dhe stabilitetit të sistemeve të transmetimit është studiuar (91). Rezultatet tregojnë se zëvendësimi i njësive gjeneruese konvencionale me sistemet e mëdha FV ndikon në nivelet e tensionit të sistemeve FV për të shkaktuar problemet e lart përmendura janë supozuar se shkojnë nga 700 MW në 1500 MW. Sipas çmimeve aktuale të tregut të sistemeve FV, madhësi të tilla nuk priten të instalohen së shpejti.

1.4.5 Ndikimi në rrjetet e shpërndarjes

Ndikimet e sistemeve FV për performancën e rrjetit të shpërndarjes janë aktualisht një nga çështjet kryesore për rrjetet qëndrore të furnizimit me energji elektrike. Kjo është për shkak të madhësisë dhe vendndodhjes së sistemeve FV të instaluara që ndikojnë kryesisht në këto rrjete. Problemet operative të prezantuara nga sistemet FV janë të ngjashme me ato të vendosura nga gjeneratorët e shpërndarë që prodhojnë energji të vazhdueshme aktive, të tilla si gjeneratorë me naftë dhe qelizat e hidrogjenit. Këto probleme lindin kryesisht për shkak të instalimit të gjeneratorëve në anën e konsumatorit në një furnizues të projektuar për fluksin e energjisë elektrike nga çdo drejtim. Ato përfshijnë mos funksionimin e ritransmetuesve mbrojtës, problemet e rregullimit të tensionit, rrjedhjen e kundërt të energjisë, si dhe mbingarkesat ose nënngarkesat e disa ushqyesve. Probleme të tjera lindin për shkak të përdorimit të ndërfaqes elektronike që çojnë në deformime harmonike dhe në rezonancat paralele dhe në seri në qoftë se

një numër i madh inverterash janë instaluar në një zonë të caktuar. Për më tepër, luhatjeve të prodhimit të energjisë të sistemeve FV i shtohen edhe problemet e hasura nga operatori i sistemit të shpërndarjes që mund të përkeqësojnë cilësinë e energjisë së rrjetit.

Ndikimi i sistemeve të vogla FV instaluar në çatitë dhe tarracat e shtëpive kanë marrë vëmendjen e shumë studiuesve gjatë viteve të fundit. Kjo kryesisht për shkak të rritjes së instalimit të këtyre sistemeve për shkak të stimujve të ofruara nga qeveritë për konsumatorët. Vlerësimet tipike për sistemet FV instaluar në çatitë e ndërtesave shkojnë nga 1 kW deri në 50 kW. Çështja e deformimit harmonik të paraqitura nga njësitë e kondicionimit të fuqisë të përdorura në sistemet e vogla FV ishte fokusi kryesor i studimeve të paraqitura në (92) (93). Të gjitha studimet kanë treguar deformime harmonike shumë më poshtë kufijve të specifikuar nga standartet. Kjo kryesisht për shkak të përparimeve të mëdha të bëra në teknologjinë e inverterave. Megjithatë, kondensatorët filtër ndërfutës të inverterave mund të çojnë në rezonancë me rrjetin elektrik në qoftë se një numër i madh i sistemeve FV janë instaluar në një lagje të caktuar (94) (95). Ndikimi i instalimit të sistemeve të vogla FV në profilin e tensionit të topologjive të ndryshme të shpërndarjeve në rrjet është studiuar gjithashtu (49). Rezultatet treguan se limitet e pranueshme të tensionit ishin tejkaluar në të gjitha rrjetet, kur madhësia e çdo sistemi FV ishte 200 % i ngarkesës së një familje. Studimi supozoi se sistemet FV ishin instaluar në çdo nyje të rrjetit, që sigurisht nuk mund të jetë një supozim real. Rezultatet e një studimi të vërtetë të paraqitur në (96) tregojnë praninë e kalimeve të ngadalta në tensionin e ushqyesit me tension të mesëm të shpërndarjes që korrespondon me frekuencën e luhatjeve të prodhimit të fuqisë së sistemeve të vogla FV instaluar në tarracat e shtëpive. Për më tepër, është konstatuar se prania e sistemeve FV në rrjet mund të reduktojë jetën e transformatorit për shkak të rritjes së operimit të tyre. Studime të tjera analizuan ndikimin e sistemeve të vogla FV në profilin e tensionit të ulët të rrjetit (97) (98) (99). Megjithatë, këto studime nuk i marrin në analizë luhatjet e rrezatimit. Në përgjithësi, sistemet e vogla FV instaluar në tarracat e shtëpive dhe fasadat e ndërtesave mund të mos imponojnë probleme serioze në rrjetin e shpërndarjes. Kjo është kryesisht për shkak të madhësisë që kanë këto sisteme të cilat kërkojnë përqendrim të lartë në një zonë të vogël në mënyrë që të jenë në gjendje të ndikojnë në performancën e rrjetit. Një situatë e tillë nuk ka gjasa të ndodhë shpesh, sepse tendencat tregojnë se sistemet e vogla FV janë të shpërndara zakonisht në një zonë të madhe. Një dispersion i tillë redukton ndikimin e luhatjeve pasi që një profil i kombinuar i rrezatimit mbi të gjithë zonën është më i lëmuar se ai mbi sistemet individuale (26). Vetëm pak studime janë përqendruar në ndikimin e sistemeve të mëdha FV të centralizuara nga ana e rrjetit të shpërndarjes. Për shembull, studimi në (100) tregon se zgjedhja e papërshtatshme e vendndodhjes së sistemeve të mëdha FV mund të ndikojnë në sigurinë e rrjetit. Një problem i tillë bëhet më i rëndë, nëse gjenerimi i sistemit FV përputhet me pikun e ngarkimit të rrjetit elektrik pasi që kjo mund të rritë ngarkimin e disa linjave që janë tashmë shumë të ngarkuara. Kështu, për të kontrolluar sigurinë e rrjetit, studimi merr parasysh skenarin kur fuqia maksimale e prodhimit të sistemit FV krahasohet me kushtet e pikut të ngarkimit të rrjetit. Për më tepër, nuk është dhënë asnjë informacion për mënyrën se sa shpesh ose kur mund të ndodhë rasti i përputhjes së pikut. Ndikimi i rritjes së nivelit të depërtimit të sistemeve FV mbi humbjet e rrjetit

është analizuar në (101). Megjithatë, analiza nuk ka hetuar ndikimet e sistemit FV në parametrat e tjerë të performancës të tilla si profilin e tensionit të rrjetit dhe fuqisë që rrjedh në linjat. Për të kryer një studim të tillë, luhatjet e energjisë së prodhuar nga sistemet FV duhet të simulohen saktë. Me studimin e këtyre ndikimeve, është e rëndësishme të marrin në konsideratë luhatjet në fuqinë dalëse të sistemit FV sepse ajo përbën një karakteristikë të natyrshme për këto sisteme. Për më tepër, për të marrë rezultate të sakta, është e rëndësishme të shqyrtohet performanca e rrjetit për një periudhë të gjatë kohore, në mënyrë që të merren në konsideratë modele të ndryshme të mundshme të gjenerimeve nga sistemi FV dhe kushtet e ngarkimit të furnizuesit nën studim.

1.5 Rekomandime për mirë administrimin e energjisë së gjeneruar nga FV

Siç u përmend më sipër saktësia e ndonjë prej këtyre modeleve të cituar varet në përgjithësi nga vendi ku sistemi FV është instaluar, pra, është e rëndësishme zgjedhja e një modeli të përshtatshëm për rastin në shqyrtim. Një nga aktivitetet kryesore në këtë fushë është zhvillimi i modeleve të përshtatshme të rrezatimit për vende të veçanta. Luhatjet në intensitetin e rrezatimit për shkak të kalimit të reve ka marrë shumë vëmendje nga studiuesit. Një fushë që ende kërkon më shumë vëmendje është parashikimi i rrezatimit, e cila është një detyrë e komplikuar si për shembull parashikimi i shpejtësisë së erës. Kjo vjen kryesisht për shkak të disa faktorëve që ndikojnë në saktësinë e parashikimit duke përfshirë shpejtësinë e erës, drejtimin dhe llojin, lartësinë dhe trashësinë e reve.

Modelimi i qelizave FV është një nga drejtimet më kryesore për thellim të mëtejshëm. Ka një shumëllojshmëri modelesh që mund të ndahen në dy kategori kryesore; modele të detajuara dhe të thjeshtuara. Modelet e detajuara tentojnë të përfaqësojnë fizikën e qelizës FV dhe zakonisht janë të përshtatshëm për studime që kërkojnë informacion të detajuar të qelizave FV të tilla si; zbatimi i teknikave të fuqisë maksimale dhe analiza e efektit të ndryshimit të rrezatimit dhe temperaturës mbi ecurinë e qelizës FV. Në anën tjetër, modelet e thjeshtuara zakonisht ofrojnë një vlerësim të drejtpërdrejtë të fuqisë maksimale të prodhuara nga qeliza FV në kushte të caktuara operative. Kështu, modelet e thjeshtuara janë të përshtatshme për studimet e sistemit që përpiqen për të identifikuar ndikimet e sistemeve FV në rrjetin elektrik. Në vitet e fundit, zhvillimi i topologjive të reja për njësi të energjisë së prodhuar dhe duke aplikuar teknikat e reja të kontrollit ishin fokusi i shumë studimeve, duke e saturuar këtë fushë të kërkimeve. Gjithashtu, zbatimi i algoritmeve të reja të gjetjes së pikës maksimale të energjisë ka marrë shumë vëmendje. Megjithatë, shumica e këtyre algoritmeve dështojnë për të vepruar si duhet në rastin e hijeve të pjesshme, që është edhe rasti ku një pjesë e moduleve FV mund të hijëzohen nga kalimi i reve ose nga ndërtesat aty pranë.

Gjithashtu shumë vëmendje është duke marrë përdorimi i pajisjeve për ruajtjen e energjisë së sistemeve FV. Këto pajisje mund të përdoren për të kapërcyer luhatjet në fuqinë e prodhimit të sistemeve FV, zhvendosjen e kulmit të gjenerimit të sistemit për t'iu përshtatur pikut të ngarkesës, dhe të sigurojnë mbështetje në energji reaktive. Një nga sfidat kryesore me të cilat ende përballen përdorimi i pajisjeve të magazinimit është kosto e lartë që lidhet me instalimin e

tyre. Kështu, studimi i aspektit ekonomik të instalimit të këtyre pajisjeve është me rëndësi të madhe.

Sistemet FV të lidhura me rrjetin mund të sigurojnë një numër përfitimesh për rrjetet qëndrore të furnizimit me energji elektrike, të tilla si reduktimin e humbjeve të energjisë, përmirësimin në profilin e tensionit, dhe reduktimin në mirëmbajtjen dhe shpenzimet operacionale të rrjetit elektrik. Megjithatë, zgjedhja e papërshtatshme e vendndodhjes dhe madhësisë së sistemeve FV dhe papërshtatshmëria e profilit të energjisë së prodhuar të sistemit FV me profilin e rrjetit elektrik mund të imponojë probleme operacionale në rrjet. Për më tepër, luhatjet në fuqinë e prodhimit të këtyre sistemeve shtojnë kompleksitetin e problemit.

Sistemet e mëdha të centralizuara FV, të instaluara në rrjetet e shpërndarjes, kërkojnë më shumë vëmendje për momentin. Studime të hollësishme duhet të kryhen para instalimit të këtyre sistemeve për të parashikuar performancën e rrjetit elektrik në kushte të ndryshme operative si për sistemet FV ashtu edhe për rrjetin ekzistues. Studime të tilla duhet të kryhen për një periudhë të gjatë kohore dhe duhet të përfshijnë informacione të detajuara rreth rrjetit elektrik ushqyes dhe profilit të prodhimit të energjisë së sistemit FV për të dhënë përfundime të sakta në lidhje me performancën e rrjetit.

Rëndësia e përdorimit të të dhënave të gjata historike në analizë është që të sigurojë vlerësim më të saktë të performancës së sistemit duke përfshirë edhe shumë modele të mundshme që mund të gjenerohen nga sistemi FV. Për më tepër, rezultatet e arritura nga të dhënat e gjata historike mund të ndihmojnë në sigurimin e sistemit operator me informacion në lidhje me "kur" dhe "sa shpesh" performanca e papranueshme e rrjetit ka të ngjarë të ndodhë. Për këtë arsye, plane të përshtatshme vepruese mund të përgatiten për të reduktuar peshën e problemeve që mund të lindin për shkak të instalimit të sistemit FV. Këto plane përfshijnë zgjedhjen e faktorit të fuqisë vepruese, kërkesën për ruajtjen e energjisë dhe funksionimin nën pikën maksimale të energjisë (MPP).

Si përfundim, është i domosdoshëm vlerësimi i analizës së performancës së sistemit FV e cila mund të lehtësojë studimin e zgjidhjeve të ndryshme që mund të zvogëlojnë peshën e problemeve operative në rrjetet e shpërndarjes që vijnë nga instalimi i sistemeve të vogla FV.

Kapitulli II - Shfrytëzimi i energjisë diellore nëpërmjet sistemit FV të lidhur me rrjetin në qytetin e Tiranës

Shqipëria po punon për një sektor të besueshëm dhe të qëndrueshëm të energjisë, zhvillimi i të cilit do të bazohet në përdorimin e të gjitha mundësive energjitike në mënyrë që të përmbushen kërkesat e energjisë dhe të krijojë një vlerë të shtuar për qytetarët shqiptarë, së bashku me parimet e përgjegjësisë mjedisore, ekonomike dhe sociale. Shqipëria ka një potencial të madh të energjisë hidrike, diellore dhe të erës. Vendi aktualisht mbështetet në fuqinë hidrike për pothuajse të gjithë prodhimin e energjisë elektrike, dhe kjo krijon vështirësi veçanërisht në rastin kur prurjet ujore janë të ulëta. Disa marrëveshje për parqe të mëdha eolike janë në proces, mirëpo ato duhet të sigurojnë financimet përkatëse për fazën e tanishme të zhvillimit të turbinave eolike.

2.1 Energjia diellore në Shqipëri

Energjia diellore është një burim energjie mjaft premtues për të ardhmen dhe përdorimi i saj është realisht i mundshëm, pasi është një burim natyror energjie i pashtershëm, dhe është rezerva natyrore më e madhe e energjisë që është e shpërndarë kudo në botë në sasi më të mëdha se sa nevojat tona për energji. Po ashtu ajo hyn në familjen e burimeve të ashtu quajtura të pastra, miqësore me mjedisin si dhe nuk kërkon shpenzime të tjera, përveç investimit fillestar.

Shqipëria, me një pozicion të favorshëm gjeografik në pellgun e detit Mesdhe, ka kushte klimatike shumë të favorshme për shfrytëzimin e energjisë diellore. Klima mesdhetare me dimër të butë dhe të lagësht dhe verë të nxehtë dhe të thatë i shoqëruar me vlera të larta të intensitetit të rrezatimit diellor, në zgjatje të madhe të diellzimit (orëve me diell), temperatura dhe lagështia e ajrit të përshtatshme ofrojnë mundësi të konsiderueshme për përdorimin e energjisë diellore si burim energjie. Madje krahasuar me vendet e tjera që kanë vite që e përdorin rrezatimin diellor për të gjeneruar energji, përfshirë dhe atë elektrike, Shqipëria është mjaft më e favorshme duke konsideruar këtë pasuri natyrore.

Argumentimet e mësipërme të çojnë në përfundimin se tek ne përdorimi i energjisë diellore për të prodhuar ujë të ngrohtë për nevojat sanitare e teknologjike si edhe për prodhimin e energjisë elektrike është një shans që na e ofron natyra dhe të cilin duhet ta mirë administrojmë me mjaft vëmendje dhe me kujdesin e duhur (102) (103).

2.1.1 Shpërndarja territoriale dhe kohore e rrezatimit diellor

Siç edhe cituam më sipër territori i Republikës së Shqipërisë shtrihet në pjesën perëndimore të Gadishullit të Ballkanit në bregun lindor të detit Adriatik dhe Jon, e vendosur në mes gjerësive gjeografike 39°38' - 42°38' dhe gjatësive gjeografike 19°16' - 21°04'. Falë kësaj pozite gjeografike, Shqipëria i përket rripit të klimës mesdhetare me verë të nxehtë e të thatë, me ditë të gjata me diell dhe dimër të butë me reshje të bollshme.

Bazuar në periudha të gjata regjistrimi (vrojtimi) mbi 45 vjeçare të elementëve kryesore meteorologjike dhe të një trajtimi statistiko - klimatologjik të një serie kohore përkatëse,

specialistët e ish Institutit Hidrometeorologjik kanë kryer shumë studime të thelluara për çdo element si rrezatimi diellor, diellzimi, reshjet atmosferike, temperatura e mjedisit, era me komponentët e saj, lagështia e ajrit, etj. Si sintezë e të gjithë këtyre punimeve është bërë ndarja klimatike e gjithë territorit tonë në katër zona të mëdha klimatike dhe secila prej tyre në nënzona ku në mënyrë të detajuar paraqiten veçantitë specifike sidomos në dy elementet më kryesore: në reshjet atmosferike dhe temperaturën e mjedisit. Në hartën (Figura 2.1) dallohet qartë që i gjithë territori i Republikës së Shqipërisë i përket familjes së klimës mesdhetare. Në varësi të lartësisë mbi nivelin e detit dhe largësisë nga dy detet që lagin territorin tonë bëhen dhe dallimet përkatëse që evidentohen në ndryshime të dukshme të rregjimit të elementëve kryesore hidrometeorologjike. Megënëse tema e disertacionit ka marrë përsipër për të trajtuar, problemet e energjisë diellore në Shqipëri dhe përdorimin e saj për gjenerim të energjisë elektrike, do qëndrojmë më gjatë në veçoritë më kryesore të energjisë diellore (përfshirë këtu komponentët më të rëndësishëm të saj nga pikëpamja meteorologjike si rrezatimi diellor dhe diellzimi). Specialistët e ish IHM (tashmë pjesë e IGJEUM) kanë evidentuar të gjithë parametrat dhe treguesit e potencialit teorik dhe praktik të energjisë diellore në çdo rajon të Shqipërisë. Bazuar në trajtimin klimatologjiko - statistikor të informacionit aktinometrik dhe heliografik (janë konsideruar seritë kohore prej 15 vjetësh të vlerave ditore të rrezatimit të përgjithshëm diellor të regjistruar me aktinografe dhe vlerat orare të regjistruara me Integratorë të shoqëruar me solarimetër termoelektrike Kipp-Zonnen) në 7 stacione kryesore aktinometrike dhe seritë kohore 30 vjeçare të vlerave ditore të diellzimit të regjistruara nga heliografe të instaluar në 26 vendmatje heliografike (në përputhje me standartin e OBM konsiderohen vendmatje sekondare aktinometrike), të shpërndarë nëpër territor sipas një studimi mbi racionalizimin e rrjetit aktinometrik në Shqipëri konform një metodologjie për standartizim global të informacionit meteorologjik për vlerësimin e shpërndarjes territoriale të rrezatimit diellor (20) (103) (104) (105) (106) (107) (108).

Vlerësimet tregojnë se rajonet më të favorizuara për potencial energjitik natyror janë rajonet perëndimore. Kështu çdo m² sipërfaqe horizontale në këto rajone gjatë periudhës Nëntor - Mars merr faktikisht deri në 380 kWh/vit, ndërkohë që mesatarja territoriale për këtë periudhë është rreth 340 kWh/vit.



Figura 2 1: Paraqitja e zonave klimatike të Shqipërisë [Burimi: ish IHM]

Shpërndarja territoriale e diellzimit (sasisë së orëve me diell) dhe sidomos ajo e diellzimit relativ, që në të tilla raste përdoret si tregues sasior i vranësirës, në të gjithë territorin është rreth 2400 orë, ndërsa në pjesën perëndimore është mbi 2500 orë dhe në fushën e Myzeqesë arrin mbi 2700 orë (20) (105) (109). Në pjesën verilindore të vendit diellzimi kap vlera mjaft të vogla. Kështu p.sh në qytetin e Kukësit sasia vjetore e orëve me diell është më pak se 2000 orë. Vlerat më të larta të sasive ditore të rrezatimit diellor vërehen në periudhën e ngrohtë të vitit dhe sidomos në muajt e verës.



Figura 2 2: Shpërndarja territoriale e rrezatimit mesatar vjetor [kWh/m²] [Burimi: ish IHM]

Konkretisht në muajin Dhjetor sasia ditore e rrezatimit diellor është rreth 2.3 kWh/m² në ditë, ndërsa në muajin Korrik kjo vlerë është rreth 8.030 kWh/m² në ditë (20) (110). Diellzimi ditor në pjesën perëndimore të Shqipërisë është më shumë se 5.5 orë. Përjashtim bëjnë vetëm tre muajt e dimrit. Theksojmë se në praktikën e shfrytëzimit të energjisë diellore "ditë të mira" konsiderohen ditët me diellzim ditor jo më të vogël se 5.5 orë. Gjithashtu janë kryer llogaritjet e "ditëve të këqija" (ditë të tilla quhen ato të cilat diellzimi ditor është më i vogël se 1.5 orë). Analiza e këtij parametri konfirmon se pjesa perëndimore e Shqipërisë është më e favorshme se pjesa e brendshme e saj në pikëpamje të shfrytëzimit të energjisë diellore. Në vendin tonë, numri i ditëve me diell ndryshon nga një mesatare 240 - 260 ditë në vit deri në një maksimum 280 - 300 ditë në vit, në pjesën jugperëndimore (5) (105) (111). Në tabelën 2.1 jepen vlerat e rrezatimi diellor ditor për disa qytete të Shqipërisë [kWh/m² në ditë].

Muaji/Qytetet	Shkodra	Peshkopia	Tirana	Fieri	Erseka	Saranda
Janar	1.70	1.55	1.80	2.15	1.90	1.90
Shkurt	2.30	2.30	2.50	2.85	2.70	2.40
Mars	3.35	3.25	3.40	3.90	3.40	3.60
Prill	4.50	4.15	4.20	5.00	4.40	4.80
Maj	5.45	5.25	5.55	6.05	5.60	5.80
Qershor	6.10	5.85	6.40	6.80	6.40	6.80
Korrik	6.50	6.25	6.70	7.20	6.80	6.10
Gusht	5.55	5.45	6.05	6.40	5.90	4.80
Shtator	4.45	4.35	4.70	5.15	4.70	3.60
Tetor	2.90	2.90	3.20	3.50	3.10	3.20
Nëntor	2.10	1.85	2.15	2.40	2.10	2.10
Dhjetor	1.70	1.50	1.75	1.85	1.80	1.80

 Tabela 2 1: Rrezatimi diellor ditor për disa qytete të Shqipërisë [kWh/m²*ditë] [Burimi: ish IHM]

2.2 Vlerësimi i rrezatimit diellor në qytetin e Tiranës

Për të vlerësuar regjimin e rrezatimit diellor të një vendi për një periudhë të dhënë, është e nevojshme të analizohet ecuria ditore, mujore dhe vjetore e intensitetit të rrezatimit diellor dhe të llogariten shumat ditore, mujore dhe vjetore të formave të ndryshme të rrezatimit diellor (të përgjithshëm, të shpërhapur dhe të drejtpërdrejtë). Përcaktimi i saktë i karakteristikave të rrezatimit diellor në kushte konkrete të një rajoni të caktuar për një periudhë të dhënë, është i pamundur pa u bazuar në një numër të dhënash fillestare, të fituara nga matjet direkte të intensitetit të rrezatimit diellor. Shpesh në praktikë nuk është e nevojshme të llogariten shumat orare të rrezatimit, por duhen vetëm shumat ditore të mundshme të tij. Në këto raste përdoret një metodë e thjeshtë grafike. Ndërtohet një grafik në boshtin horizontal të të cilit vendosen ditët e muajit ose të vitit dhe sipas boshtit vertikal vendosen vlerat e shumave ditore, mujore të mundshme të rrezatimit të përgjithshëm të nxjerra nga të dhënat e marra nga stacioni meteorologjik. Mund të themi se metodat grafike për llogaritjen e shumave të mundshme të çdo forme të rrezatimit diellor për periudha më zgjatje të ndryshme janë të thjeshta dhe japin rezultate të sakta për përdorim praktik (106).

Duhet theksuar që për të realizuar matje të përputhshme/sinkron në kohë me eksperimentin mbi gjenerimin e energjisë elektrike dhe lidhjen në rrjet të sistemit të paneleve FV janë marrë në konsideratë vlerat e matura nga stacioni automatik i tipit DAVIS, i vendosur në tarracën e Fakultetit të Inxhinierisë Elektrike, Universiteti Politeknik i Tiranës, për periudhën e monitorimit 2012 - 2013. Ky stacion është i vendosur në distancë maksimale 3 km larg nga vendodhja e sistemit fotovoltaik.

Sipas (107) për të gjithë përbërësit e rrezatimit diellor deri në distancë 400 - 500 km funksionet strukturale kanë varësi pothuajse lineare me distancën. Krahasimi i të dhënave të rrezatimit të përgjithshëm diellor për periudhë paralele vrojtimesh të dy matjeve të afërta të Kamzës dhe Tiranës tregoi që ato janë praktikisht të njëjta, ndryshimet relative midis tyre ishin më të vogla se 3 % (108).

Në Tabelën 2.2 janë dhënë mesataret ditore dhe sasitë mujore të rrezatimit të përgjithshëm diellor të regjistruara nga instrumenti DAVIS për periudhën e sipërcituar.

Tabela 2 2: Mesatarja ditore dhe mujore e rrezatimit diellor në kWh/m² për periudhën e monitorimit 2012 - 2013

Muaji	Tetor	Nëntor	Dhjetor	Janar	Shkurt	Mars	Prill	Maj	Qershor	Korrik	Gusht	Shtator	Tetor	Nëntor	Dhjetor
Energjia kWh/m ²	1.96	2.03	1.27	1.42	1.87	2.66	5.14	5.19	6.74	7.01	5.88	4.56	3.38	1.74	1.68
Energjia kWh/m ²	60.89	61.01	39.44	44.01	52.32	82.46	154.24	160.74	202.27	217.41	182.34	136.79	104.92	52.46	52.16

Në Figurën 2.3 janë paraqitur mesataret mujore të vlerave ditore të rrezatimit të përgjithshëm diellor që bie mbi sistemin fotovoltaik për periudhën 2012 - 2013 si dhe mesataret shumëvjeçare të rrezatimit të përgjithshëm ditor në qytetin e Tiranës. Siç shihet vlerat ditore të rrezatimit të përgjithshëm diellor ndryshojnë nga 1.68 kWh/m² në ditë në Dhjetor në 6.74 kWh/m² në ditë në Qershor. Këto vlera janë pak më të larta në vlerat maksimale dhe pak më të ulëta në vlerat minimale për muajt përkatës për mesataret shumëvjeçare ditore të rrezatimit të përgjithshëm diellor 1.75 kWh/m² në ditë në Dhjetor dhe 6.4 kWh/m² në ditë në Qershor, respektivisht. Vlera totale vjetore për periudhën e matur dhe atë shumëvjeçare për rrezatimin e përgjithshëm diellor janë 1442.13 kWh/m² dhe 1477.13 kWh/m², respektivisht. Gabimi absolut dhe gabimi relativ midis dy serive të matjeve, serisë kohore prej 30 vjetësh vëzhgim për kohëzgjatjen e rrezeve të diellit nga 26 stacione aktinometrike (shih Tabelën 2.1) me serinë një vjeçare të periudhës së marrë në studim 2012 – 2013 (shih Tabelën 2.2) janë ±0.09 dhe 11.8%, respektivisht.

Parametrat e rrezatimit të marra nga matjet e ofruara nga rrjeti i sistemeve meteorologjike tokësore në përgjithësi konsiderohen më të sakta, megjithatë, pasiguria në matje për shkak të kalibrimit, pasiguritë subjektive të operatorëve, boshllëqet në të dhënat dhe faktorë të tjerë të panjohur bëjnë që edhe për të dhënat meteorologjike të marra nga stacionet tokësore verifikimi i të dhënave të jetë i kujdesshëm. Në vitin 1989, Programi i Kërkimeve Klimatike Botërore (the World Climate Research Program) vlerëson se shumica e veprimeve rutinë kanë pasiguri nga 6 deri në 12 % (104) (107) (112).



Figura 2 3: Rrezatimi diellor mesatar ditor (kWh/m²) për periudhën afatgjatë 30 vjeçare – linja e kuqe (ish - IHM) dhe periudhën e studimit 2012 – 2013 – linja blu për qytetin e Tiranës

Figura 2.4 tregon temperaturën mesatare ditore mujore të mjedisit dhe temperaturën e moduleve FV për periudhën e monitoruar. Temperatura mesatare ditore mujore e mjedisit është 17.15°C në muajin Prill dhe 19.29°C në muajin Maj, ndërsa për modulin FV temperatura ndryshon nga 29.20°C për muajin Prill në 32.95°C për muajin Maj.



Figura 2 4: Temperatura mesatare ditore mujore e mjedisit dhe modulit FV për periudhën e monitoruar

Në Figurën 2.5 dhe në Figurën 2.6 është paraqitur grafiku i shpërndarjes vjetore të rrezatimit diellor ditor dhe mujor në kWh/m² që bie në njësinë e sipërfaqes së tokës për periudhën 2012 - 2013 për qytetin e Tiranës. Rrezatimi diellor mesatar ditor ndryshon nga 1.68 kWh/m² në muajin

Dhjetor në 6.74 kWh/m² në muajin Qershor dhe rrezatimi diellor mesatar mujor ndryshon nga $52.16 \text{ kWh/m}^2/\text{muaj}$ në Dhjetor në 202.27 kWh/m²/muaj në Qershor.



Figura 2 5: Shpërndarja vjetore e rrezatimit diellor ditor që bie në njësinë e sipërfaqes së tokës për vitin 2012 - 2013 për qytetin e Tiranës



Figura 2 6: Shpërndarja vjetore e rrezatimit diellor mujor që bie në njësinë e sipërfaqes së tokës për vitin 2012 - 2013 për qytetin e Tiranës

Për të krijuar një tablo më të qartë, për shpërndarjen ditore të rrezatimit diellor, për qytetin e Tiranës, kemi paraqitur grafikët e mëposhtëm. Ata tregojnë variacionin e madh jo vetëm nga ora në orë por dhe nga dita në ditë të sasive ditore të rrezatimit diellor për shkak të kushteve të motit dhe kryesisht të vransirës. Për të paraqitur këtu kemi zgjedhur disa muaj të kësaj periudhe.



Figura 2 7: Shpërndarja ditore e densitetit të energjisë rënëse diellore në sipërfaqe horizontale në kWh/m² për muajin Tetor



Figura 2 8: Shpërndarja ditore e densitetit të energjisë rënëse diellore në sipërfaqe horizontale në kWh/m² për muajin Mars



Figura 2 9: Shpërndarja ditore e densitetit të energjisë rënëse diellore në sipërfaqe horizontale në kWh/m² për muajin Gusht



Figura 2 10: Shpërndarja ditore e densitetit të energjisë rënëse diellore në sipërfaqe horizontale në kWh/m²për muajin Dhjetor

Siç përmendëm edhe më sipër, energjia diellore është një nga burimet kryesore të energjive të ripërtëritshme në Shqipëri. Shqipëria konsiderohet një vend me potencial të lartë të rrezatimit diellor.

Sasia e energjisë elektrike e prodhuar nga një sistem FV në një vend të caktuar varet se sa energji diellore e arrin atë, nga këndi i pjerrësisë dhe orientimit të paneleve FV. Në rastin e studimit tonë llogaritjet janë bërë për kënd të pjerrësisë të moduleve FV 41° të orientuara në drejtim të jugut. Duhet nënvizuar që janë kryer studime për të gjetur këndin optimal të pjerrësimit të paneleve diellore në qytetin e Tiranës (113). Në këtë studim janë analizuar raste të ndryshme të rregjimit të shfrytëzimit të paneleve diellore për ngrohje: rregjim vjetor, rregjim gjysëmvjetor, tremujor dhe mujor. Në këtë studim, ndryshe nga instalimi i sistemit FV në tarracën e IGJEUM, është parashikuar që sistemi të pajiset me rregullues të këndit të pjerrësimit në mënyrë të tillë që sipërfaqja e panelit të jetë sa më gjatë në praninë e rrezeve diellore. Për të llogaritur energjinë e prodhuar dhe jo vetëm të sistemit fotovoltaik kemi nevojë të dimë energjinë mesatare vjetore diellore për çdo zonë të marrë në konsideratë. Për këtë qëllim kemi përdorur të dhënat e vlerave ditore të rrezatimit diellor në sipërfaqen e tokës të matura nga stacionet meteorologjike lokale.

2.2.1. Vlerësimi i intensitetit të rrezatimit në sipërfaqen e modulit FV

Rrezatimi diellor që arrin në sipërfaqen e tokës pa u shpërhapur quhet rrezatim i drejtpërdrejtë. Rrezatimi i shpërhapur quhet rrezatim difuziv. Rrezatimi që reflektohet nga toka quhet rrezatim i pasqyruar dhe përfaqësohet me të ashtuquajturën albedo të sipërfaqes, që shpreh numerikisht raportin e rrezatimit të pasqyruar me rrezatimin e përgjithshëm që bie në sipërfaqen horizontale. Siç u përmend në kapitullin I, stacionet meteorologjike zakonisht matin rrezatimin diellor në një sipërfaqe horizontale, rrezatimin e drejtpërdrejtë diellor, atë të pasqyruar dhe rrezatimin e shpërhapur (difuz), që janë komponentët kryesore të rrezatimit valëshkurtër, që jep mbi 98 % të energjisë termike që vjen nëpërmjet rrezeve diellore në tokë.

Megjithatë, shumica e moduleve FV janë vendosur në një kënd me pjerrësi të caktuar lidhur me sipërfaqen horizontale, në varësi të vendit të instalimit, për të maksimizuar prodhimin e energjisë elektrike të tyre. Për këtë arsye, është thelbësore që të llogaritet intensiteti i rrezatimit rënës mbi sipërfaqen e moduleve FV të vendosur në një pjerrësi të caktuar në lidhje me horizontin.

Rrezatimi i përgjithshëm rënës diellor në një sipërfaqe të pjerrët, I_R, përbëhet nga tre komponentë:

1) Intensiteti i rrezatimit të drejtpërdrejtë në një sipërfaqe normale I_N , i cili drejtpërsëdrejti arrin në modulet FV dhe është konsideruar pjesa më efektive për gjenerimin e energjisë elektrike,

2) Intensiteti i rrezatimit të shpërhapur, I_{Sh}, i cili arrin modulin FV mbasi shpërhapet nga përbërësit e atmosferës dhe sidomos nga retë,

3) Intensiteti i rrezatimit të pasqyruar, I_A, që është rrezatimi që reflektohet nga terreni dhe është efektive nëse modulet FV janë vendosur në një kënd pjerrësie në lidhje me horizontin.

Kështu që, intensiteti i rrezatimit të përgjithshëm rënës (flitet për rrezatimin valëshkurtër diellor) që bie në sipërfaqen e elementeve FV në njësinë e kohës mund të vlerësohet nga formula e mëposhtme:

$$I_R = I_N + I_{Sh} + I_A \tag{1}$$

Për të kthyer intensitetin e rrezatimit diellor horizontal në intensitetin që bie në sipërfaqen e pjerrët të moduleve FV me pjerrësi β për çdo kënd rënie θ në çdo orë të ditës kemi përdorur ekuacionet e Braun dhe Mitchell (1983) (114).

Formula e kthimit të intensitetit të rrezatimit rënës mbi një sipërfaqe horizontale në intensitetin e rrezatimit mbi një sipërfaqe të pjerrët është:

$$I_{\beta} = I[(\cos\theta/\cos\theta z) + \frac{1}{2}\rho(1 - \cos\beta)]$$

ku: I_{β} intensiteti i rrezatimit të përgjithshëm të diellit në sipërfaqen e pjerrët, I intensiteti i rrezatimit të diellit në sipërfaqen horizontale, θ këndi i rrezeve të drejtpërdrejta mbi sipërfaqet e pjerrëta e llogaritur nga një formulë e njohur e paraqitur më poshtë:

$$\cos\theta = \cos\theta z \cos\varphi + \sin\theta z \sin\varphi \cos(\gamma s - \gamma)$$
3

Ku, β këndi i pjerrët i sipërfaqes, ρ raporti intensitetit të rrezatimit të reflektuar dhe Albedo. Në këtë rast është marrë ρ =0.2 dhe β =41.

$$I_{\beta}=IxK_{\beta}$$
 4

Ku:

$$K_{\beta} = [(\cos\theta/\cos\theta z) + \frac{1}{2}\rho(1-\cos\beta)] = (\cos\theta/\cos\theta z) + 0.0245$$

 ρ është konstante e cila varet nga lloji i terrenit rrethues së sipërfaqes së pjerrët dhe quhet reflektanca e terrenit. Vlerat e albedos së terrenit për tipe të ndryshme terrenesh janë dhënë në Tabelën 2.3 (115).

ρ	Terrenet
0.2	Terrenet tropikale të buta dhe të lagështa (më shumë të përdorura)
0.5	Terrenet e thata tropikale
0.9	Terrenet e mbuluara me borë

Tabela 2 3: Albedo për sipërfaqe të ndryshme tokësore

Modeli i rrezatimit paraqitur më sipër kërkon llogaritjen e të ashtuquajturve kënde orare diellore që janë të nevojshme në vlerësimin e komponentëve të rrezatimit në sipërfaqen e moduleve FV. Shkurtimisht po paraqesim metodikën e llogaritjes së këtyre këndeve diellore. Në Figurën 2.11 është paraqitur stereometria që ndihmon në vlerësimin e pozicionit të diellit në çdo kohë të ditës si dhe këndin e rënies së rrezeve diellore në sipërfaqen e modulit.


Figura 2 11: Këndet diellore për një sipërfaqe të pjerrët

Këndi zenith θz është llogaritur nga një formulë e njohur:

$$\cos\theta z = \sin\delta\sin\varphi + \cos\delta\cos\varphi\cos\omega$$
 6

ku, këndi i deknilacionit δ është këndi i devijimit të rrezeve të diellit nga pingulja mbi ekuatorin. Ndryshe quhet dhe këndi i shmangies. Lartësia e diellit mbi horizont ndryshon ndërmjet -23.45° në 21 Dhjetor në +23.45° në 21 Qershor. Në rastin kur nuk kemi devijim të rrezeve nga pingulja me ekuatorin, δ =0. Kjo ndodh në ditën e ekuinoksit të pranverës dhe vjeshtës, pra në 21 Mars dhe 23 Shtator. Matematikisht, δ jepet nga formula (7):

$$\delta = 23.45 \sin\left(\frac{360(n+284)}{365}\right)$$
 7

Ku n është dita e vitit (n=1 i takon 1 Janarit, n=32 i takon 1 Shkurtit, e kështu me radhë deri më 31 Dhjetor ku n = 365).

Këndi i lartësisë diellore, φ , është lartësia këndore e diellit mbi horizont dhe është përcaktuar si lokacioni këndor verior ose jugor i ekuatorit (-90 $\leq \varphi \leq$ 90, $\varphi > 0$ për veriun).

Meqenëse Toka rrotullohet në 24 orë atëhere një ore i përket një sektor prej 15 gradë. Duhet shënuar që në llogaritje të tilla pika referuese është mesdita. Po ashtu konvencionalisht sektori para mesditës konsiderohet negativ dhe pas mesditës pozitiv.

Ekuacioni për këndin orar diellor ω është:

$$\omega = \left(15 \frac{\text{grad}\ddot{e}}{\text{or}\ddot{e}}\right) (\text{ora diellore} - 12)$$
8

Me *orën diellore* në shkallën 24 orëshe (në mënyrë që 1:00 mbasdite = 13:00). Për shembull, në mesditë këndi orar është zero. Në 11 paradite është -15 gradë, dhe në 13:00 të mbasdites ai është +15 gradë.

Zonat standarde kohore janë konvencion njerëzor, për rrjedhojë na duhet të korrigjojmë orën lokale standarte në orë diellore.

$$ora\ diellore(\min) = or\ddot{e}n\ standarte(\min) + \left(4\frac{\min}{grad\ddot{e}}\right)(L_{std} - L_{loc}) + E$$
1

Ku L_{std} është *gjatësia gjeografike standarte*, dhe L_{loc} është *gjatësia gjeografike* e vendit dhe E është vlera korrigjuese në "ekuacionin e kohës". Nuk është vetëm toka dhe dielli që tërheqin, por edhe planetet e tjera, gjithashtu, dhe ekuacioni i kohës është një korrigjim i cili është përcaktuar në mënyrë empirike. Vlera e E varion nga -15 minuta në Shkurt në +17 minuta në Nëntor.

 $E = 229.2(0.000075 + 0.001868 \cos B - 0.032077 \sin B - 0.014615 \cos 2B - 0.04089 \sin 2B)$ 10

Ku parametri B është 360 (n - 1)/365 dhe n është numri i ditëve të vitit.

Të dhënat e llogaritura për, I_{β} intensitetin e rrezatimit të përgjithshëm të diellit në sipërfaqen e pjerrët, I intensitetin e rrezatimit të diellit në sipërfaqen horizontale, kosinusin e këndit θ të rrezeve të drejtpërdrejta mbi sipërfaqet e pjerrëta dhe këndin e pjerrët K_{β} i sipërfaqes për periudhën e marrë në studim janë të paraqitura në Tabelën 2.4.

Intensiteti I W/m ²	cos θ	$\mathbf{K}_{\boldsymbol{\beta}}$		Intensiteti I W/m ²	cos θ	$\mathbf{K}_{\boldsymbol{\beta}}$	Intensiteti $I_{\beta} W/m^2$
636	0.996	1.26	801.52	745	0.799	1.04	777.15
781	0.996	1.26	984.25	815	0.862	1.06	864.38
748	0.988	1.26	942.16	846	0.910	1.07	907.45
108	0.987	1.26	134.54	871	0.943	1.08	940.89
278	0.921	1.23	342.44	879	0.959	1.08	952.76
516	0.962	1.24	637.99	868	0.959	1.08	940.84
431	0.987	1.24	534.01	842	0.960	1.08	912.75
103	0.863	1.22	125.39	176	0.631	0.97	170.81
132	0.920	1.22	161.68	154	0.720	1.01	154.77
437	0.992	1.21	530.47	541	0.955	1.07	580.02
472	0.984	1.21	572.50	423	0.940	1.07	452.01
645	0.860	1.19	766.77	628	0.630	0.97	606.56
501	0.957	1.19	599.71	718	0.719	1.00	718.41
155	0.916	1.19	184.61	942	0.953	1.07	1006.25
122	0.958	1.19	145.31	875	0.953	1.07	934.56
240	0.702	1.13	272.37	565	0.415	0.91	515.73
225	0.787	1.16	259.78	629	0.530	0.96	604.66
198	0.858	1.17	231.37	882	0.952	1.07	938.88
90	0.988	1.19	107.05	877	0.952	1.06	933.67
80	0.980	1.19	95.06	834	0.937	1.06	884.88
266	0.700	1.11	295.99	711	0.906	1.05	748.89
295	0.985	1.17	345.75	575	0.529	0.90	519.49
147	0.911	1.16	170.49	641	0.628	0.95	610.57
318	0.976	1.17	370.52	713	0.715	0.99	704.42
260	0.951	1.16	301.88	769	0.791	1.01	779.59
700	0.910	1.15	807.74	12	0.944	1.04	12.56
512	0.854	1.14	585.24	12	0.946	1.05	12.57

Tabela 2 4: Intensiteti i rrezatimit në sipërfaqen e modulit (për periudhën 2012 – 2013)

125	0.602	1.07	133.40	70	0.526	0.89	62.04
182	0.698	1.10	199.97	100	0.624	0.94	93.63
271	0.782	1.12	303.80	159	0.929	1.04	165.41
370	0.853	1.14	420.67	125	0.898	1.03	129.03
532	0.910	1.15	610.78	188	0.852	1.02	191.63
688	0.950	1.16	794.94	147	0.791	1.00	147.09
171	0.981	1.16	197.58	237	0.623	0.93	221.02
157	0.973	1.15	181.20	295	0.710	0.97	285.88
418	0.980	1.15	480.10	477	0.943	1.04	496.57
456	0.980	1.15	524.45	543	0.928	1.04	563.20
478	0.847	1.10	526.99	127	0.524	0.88	111.56
379	0.776	1.08	411.07	196	0.622	0.93	182.07
59	0.642	1.04	61.14	806	0.894	1.02	824.48
32	0.732	1.07	34.13	730	0.848	1.01	737.12
858	0.972	1.12	964.72	55	0.522	0.86	47.35
821	0.957	1.12	920.64	750	0.844	0.99	748.69
631	0.641	1.03	649.98	158	0.414	0.79	124.12
719	0.731	1.06	762.67	258	0.520	0.86	221.29
646	0.640	1.02	661.52	166	0.889	1.01	167.52
660	0.964	1.10	726.57	193	0.843	0.99	192.15
713	0.965	1.10	785.08	245	0.777	0.97	238.11
763	0.950	1.09	837.65	448	0.838	0.99	444.40
810	0.918	1.09	883.60	883	0.885	1.01	888.23
842	0.871	1.08	909.10	431	0.888	1.01	433.87
537	0.536	0.95	509.99	788	0.842	0.99	782.53
610	0.636	0.99	607.40	710	0.778	0.96	681.66
610	0.635	0.99	604.18	522	0.833	0.98	511.84
668	0.724	1.02	683.83	746	0.697	0.93	692.05
799	0.80	1.05	837.15	791	0.771	0.96	756.22
709	0.723	1.02	722.37	833	0.832	0.98	813.51

Rezultatet e paraqitur në tabelë kanë marrë në konsideratë të dhënat 30 minutëshe të intensitetit të rrezatimit të drejtpërdrejtë të matur në një sipërfaqe horizontale për periudhën 2012 - 2013. Të dhënat janë marrë nga stacioni meteorologjik "DAVIS" i vendosur në tarracën e Fakultetit të Inxhinierisë Elektrike. Modeli i rrezatimit i përshkruar nga ekuacionet e shprehura në seksionet më lart është përdorur për të vlerësuar intensitetin e rrezatimit të përgjithshëm në një sipërfaqe të pjerrët të moduleve FV nga të dhënat e intensitetit mbi sipërfaqen horizontale të dhënë nga stacioni meteorologjik.

Figurat 2.12, 2.13, 2.14 dhe 2.15 janë shembuj të intensitetit të rrezatimit mbi sipërfaqen horizontale dhe të pjerrët të matura dhe të llogaritura për katër ditë të ndryshme të periudhës 2012 – 2013, më konkretisht për ditën e 95, 110, 133 dhe ditën e 143-të.



Figura 2 12: Intensiteti i llogaritur i rrezatimit diellor rënës mbi sipërfaqen horizontale dhe të pjerrët për ditën e 95-të



Figura 2 13: Intensiteti i llogaritur i rrezatimit diellor rënës mbi sipërfaqen horizontale dhe të pjerrët për ditën e 110-të



Figura 2 14: Intensiteti i llogaritur i rrezatimit diellor rënës mbi sipërfaqen horizontale dhe të pjerrët për ditën e 133-të



Figura 2 15: Intensiteti i llogaritur i rrezatimit diellor rënës mbi sipërfaqen horizontale dhe të pjerrët për ditën e 143-të

Përmbledhtas mund të shënojmë që intensiteti i lartë i rrezatimit diellor të regjistruar tregon për një potencial energjitik diellor.

Vlera më e madhe e intensitetit të rrezatimit diellor është në muajt Qershor, Korrik dhe vlera me e vogël në muajin Janar dhe Dhjetor. Intensiteti mesatar ditor mujor i rrezatimit diellor në qytetin

e Tiranës ndryshon nga 1.68 kWh/m² në muajin Dhjetor në 6.74 kWh/m² në muajin Qershor për periudhën e marrë në studim. Vlera totale vjetore për periudhën e matur dhe atë afatgjatë 30 vjeçare për rrezatimin e përgjithshëm diellor janë 1442.13 kWh/m² dhe 1477.13 kWh/m², respektivisht.

Gabimi absolut dhe gabimi relativ midis dy serive të matjeve, serisë kohore prej 30 vjetësh vëzhgim për kohëzgjatjen e diellzimit nga 26 stacione sekondare aktinometrike me serinë një vjeçare të periudhës së marrë në studim 2012 – 2013 janë ±0.09 dhe 11.8%, respektivisht. Shënojmë që këto vlera janë brenda intervalit të natyrës stokastike të proceseve atmosferike. Programi i Kërkimeve Klimatike Botërore (the World Climate Research Program) përcakton këtë interval të shmangies së tyre, nga 6 deri në 12% (104) (107) (112).

Kapitulli III - Performanca e sistemeve fotovoltaike të lidhur me rrjetin elektroenergjitik

Siç është përmendur sistemet fotovoltaike përbëhen nga dy komponentë kryesor, thelbësor fusha fotovoltaike (modulet FV) dhe inverteri, i cili konverton energjinë elektrike të prodhuar nga fotovoltaikët nga rrymë të vazhduar në rrymë alternative. Në këtë kapitull do përpiqemi të përshkruajmë tre modelet energjitike të përdorura për të përshkruar sjelljen e tyre duke i krahasuar ato me të dhënat eksperimentale të marra nga sistemi eksperimental FV. Po ashtu do të bëhet vlerësimi dhe analiza e metodave statistikore të njohura për përzgjedhjen e modelit më të mirë energjitik empirik.

3.1 Sistemet fotovoltaike dhe sjellja e modeleve të ndryshme energjitike

Studimi i funksionimit të sistemeve fotovoltaike në gjendje të qëndrueshme kërkon modele empirike për të llogaritur energjinë e prodhuar nga sistemi fotovoltaik. Këto modele janë dy llojesh: ata ose modelojnë performancën e sistemeve FV, ose modelojnë rrymën dhe tensionin e modulit FV dhe rrjedhimisht edhe energjinë elektrike. Si do që të jetë modeli i zgjedhur, ai duhet të marrë parasysh ndikimin e intensitetit të rrezatimit diellor dhe temperaturën e mjedisit. Ky ndikim është vënë re nga autorë të ndryshëm (116) (117) (118) (119) (18).

Në tezën që paraqitet është konsideruar një sistem fotovoltaik eksperimental i përbërë nga dy grupe prej 12 modulesh silici polikristalin të lidhura paralelisht me njëri tjetrin dhe më pas në seri, me tension qarku të hapur 44.8 V DC dhe fuqi nominale 190 W në pik. Siç është përmendur ky sistem është instaluar në tarracën e ndërtesës së Institutit të Gjeoshkencave, Energjisë, Ujit dhe Mjedisit (IGJEUM), Universiteti Politeknik i Tiranës, Figura 3.1.

Sistemi FV i lidhur me rrjetin që kemi përdorur për studimin tonë është i tipit CNCB i lidhur në seri më inverterin SG5K i cili automatikisht përshtat ngarkesën e përftuar nga modulet FV për të siguruar përshtatjen e sistemit me rrjetin elektrik qëndror.

Për çdo 30 minuta, janë mbledhur këto të dhëna: tensioni dhe rryma e sistemit FV, intensiteti i rrezatimit diellor në planin e moduleve FV, temperatura e qelizave FV dhe temperatura e mjedisit.

Është e dobishme të nënvizojmë që, gjatë periudhës së eksperimentit, është vërejtur një reduktim i rendimentit të paneleve FV për intensitet të ulët të rrezatimit rënës diellor (nën 200 W/m²) por edhe për nivele të larta të intensitetit të rrezatimit rënës diellor. Kjo dukuri është konstatuar edhe në punime të ndryshme (18) (116) (117) (118) (119).

Është e qartë që ky fenomen i reduktimit të rendimentit duhet të mbahet në konsideratë gjatë trajtimit të modeleve energjitike që do përdoren për të përshkruar performancën e sistemeve FV.



Figura 3 1: Sistemi eksperimental i paneleve FV instaluar në tarracën e IGJEUM

Modeli më i njohur energjitik për sjelljen apo përshkrimin e rendimentit të një moduli fotovoltaik është ekuacioni (11):

$$\eta_{FV} = \eta_{ref} \left[1 - \beta' (T_{cell} - T_{cell,ref}) + \gamma \log \left(\frac{I_{\beta}}{I_{\beta,ref}} \right) \right]$$
 11

Ku; T_{cell} tregon temperaturën e celulës FV, η_{ref} rendimenti referues në kushtet standarte të modulit FV në temperaturë referuese të celulës FV, $T_{cell,ref} = 25^{\circ}$ C, dhe për një intensitet të rrezatimit diellor $I_{\beta} = 1000 \text{ W/m}^2$. γ dhe β' janë koeficientët e intensitetit të rrezatimit diellor dhe temperaturës, respektivisht. Parametrat ($T_{cell,ref}$, η_{ref} , β' , γ) për kushtet standarte janë dhënë nga prodhuesit e sistemeve FV, γ dhe β' varen nga materiali i modulit FV. Disa autorë si Evans et al. (120) përdorën vlerat $\beta' = 0.0048^{\circ}$ C⁻¹, dhe $\gamma = 0.12$ për rastin e moduleve FV prej silici mono kristalin. Më shpesh ky ekuacion është marrë me $\gamma = 0$ (121). Autorë të tjerë (122) (123) kanë përdorur për γ dhe β' përkatësisht vlerat 0 dhe 0004°C⁻¹.

Temperatura e qelizës FV më shpesh është llogaritur duke përdorur nocionin NOCT (Normal Operating Cell Temperature, temperatura normale e funksionimit të qelizës fotovoltaike) (124) dhënë nga prodhuesit e moduleve fotovoltaike dhe e përcaktuar nga ekuacioni (12) mëposhtë:

$$T_{cell} = T_{a} + (NOCT - 20^{\circ}C) \left(\frac{I_{\beta}}{800}\right)$$
 12

Kjo metodë jep rezultate të kënaqshme, përveçse në rastin e moduleve të integruara në tarracat e ndërtesave. NOCT është përcaktuar në kushtet e mëposhtme: shpejtësia e erës v = 1 m/s, temperatura e mjedisit $T_a = 20^{\circ}$ C dhe intensiteti i rrezatimit diellor $I_{\beta} = 800$ W/m²(125) (126).

Një model tjetër energjitik që shpreh rendimentin e prodhuar nga panelet FV është dhe Modeli Paatero (2007) (49) i cili jepet nga ekuacioni (13):

$$\eta_{FV} = \eta_{ref} \left[\mathbf{1} - \alpha \left(\frac{I_{\beta}}{18} + T_a - \mathbf{20} \right) \right]$$
 13

Ku α = 0,0042 është koeficienti i temperaturës për korrigjimin e energjisë.

Modelet e shprehura nga ekuacionet (11) dhe (13) mund të përdoren vetëm për modulet e silicit kristalinë (mono dhe poli), të cilat kufizojnë kërkesën e tyre, për modulet e silicit amorf dhe atyre me film të hollë për të cilët ndikimi i temperaturës mbi rendimentin është shumë më i ulët. Në rastin e silicit amorf, ndikimi është pozitiv dhe i papërfillshëm, ndërsa për modulet me film të hollë, ndikimi është negativ dhe i papërfillshëm. Këto ndryshime përfshijnë kërkimin për një model që pasqyron jo vetëm varësinë e performancës së temperaturës dhe intensitetit të rrezatimit diellor, por merr parasysh edhe tipin e teknologjisë së përdorur. Një model i tillë është zhvilluar në mënyrë empirike nga Durich (127) ekuacioni (14):

$$\eta_{FV} = p \left[q \frac{I_{\beta}}{I_{\beta,0}} + \left(\frac{I_{\beta}}{I_{\beta,0}} \right)^m \right] x \left[1 + r \frac{T_{cell}}{T_{cell,0}} + s \frac{AM}{AM_0} + \left(\frac{AM}{AM_0} \right)^u \right]$$
 14

Ku; I_{β} është intensiteti i rrezatimit diellor në modulin FV me pjerrësi ß, $I_{\beta,0} = 1000 \text{W/m}^2$, $T_{cell,0} = 25^{0}$ C dhe AM masa relative e ajrit përcaktuar nga ekuacioni (15) (128) e cila në kushte normale është, AM₀=1.5.

$$AM = \frac{1}{\left[\cos\theta_z + 0.50572(96.07995 - \theta_z)^{-1.6364}\right]}$$
15

Parametrat p, q, m, r, s dhe u janë përcaktuar për katër tipe të sistemeve FV; m-Si (BP 585F), p-Si (Kyocera LA361K51S), a-Si (UniSolar UPM SHBA-30) dhe Siemens (CIS ST40) (127).

Temperatura e celulës është llogaritur nga formula e Ross (127) (129) ekuacioni (16):

$$T_{cell} = T_a + hI_\beta$$
 16

Ku, T_a është temperatura e mjedisit dhe h është koeficienti i Ross që varet nga teknologjia. Vlerat e koeficientëve janë paraqitur në Tabelën 3.1 (127).

Modulet	P _{Dur}	q _{Dur}	m _{Dur}	r	S _{Dur}	u	h _R
BP 585F m-Si	23.62	0.2983	0.1912	0.09307	0.9795	0.9865	0.028
LA361K51S p-Si	15.39	0.1770	0.0794	0.09736	0.8998	0.9324	0.026
UPM US-30 a-Si	36.02	0.7576	0.6601	0.02863	1.1432	1.0322	0.022

Tabela 3 1: Vlerat e koeficientëve për modelin e Durisch

Për studimin e vendosjes së regjimit të sjelljes së sistemeve FV është e nevojshme për të zgjedhur një nga këto modele energjitike.

Kuptohet që është detyrë e rëndësishme përzgjedhja e modelit më të përshtatshëm, pra që përfaqëson mundësisht më mirë sistemin konkret.

3.1.1 Krahasimi i matjeve me modelet e sipërcituara

Verifikimi eksperimental i modeleve bëhet duke krahasuar fuqinë e llogaritur nga tre modelet energjitike të përdorura me fuqinë eksperimentale të prodhuar nga sistemi i paneleve FV. Rezultatet eksperimentale krahasohen me vlerat e llogaritura për tre modelet energjitike të përshkruara më sipër. Të dhënat meteorologjike të përdorura janë vetëm intensiteti i rrezatimit diellor që bie në sipërfaqen e pjerrët të paneleve FV dhe temperatura e mjedisit. Temperatura e modulit për të gjitha modelet u llogarit duke përdorur koeficientin h të Ross sipas ekuacionit (16). Në Figurën 3.2 janë paraqitur rezultatet e të dhënave eksperimentale për ditë të veçanta për muajin Prill dhe Maj, për qiell të pastër dhe të mbuluar me re.

Në Tabelën 3.2 shohim vlerat e gabimit relativ dhe gabimit absolut mesatar (RME dhe ME), si dhe të gabimit relativ të devijimit standart dhe devijimin standart (RMSE dhe MSE) për tre ditë, dhe për dy muaj, dy prej tyre janë treguar edhe në paraqitjen grafike. Ekuacionet për llogaritjen e tyre janë paraqitur në Shtojcën 1.





Figura 3 2: Të dhënat eksperimentale për ditë të përzgjedhura me diell dhe ditë me alternime për muajin Prill dhe Maj 2012

		RME	ME	RMSE	MSE					
		%	W	%	W					
	Për Tre ditë									
	dita 1	11	1.39	17	2.07					
Modeli Paatero	dita 2	9	1.12	10	1.26					
	dita 3	10	1.36	29	3.95					
Modeli Durisch	dita 1	6	0.75	17	2.10					
	dita 2	5	0.62	9	1.14					
	dita 3	22	3.03	31	4.14					
	dita 1	13	1.63	10	1.25					
Modeli Evans	dita 2	3	0.40	8	1.03					
	dita 3	2	0.33	29	3.91					
Të dhënat për dy muaj										
Modeli Paatero		17	1.91	46	5.12					
Modeli Durisch		7	0.83	46	5.13					
Modeli Evans		20	2.29	38	4.30					

Tabela 3 2: Dallimet e tre modeleve të përdorura në krahasim me të dhënat eksperimentale

Zgjedhja e modelit është realizuar duke u bazuar në devijimin standart më të mirë, sepse ai me të vërtetë reflekton saktësinë e modelit. Modelet e Durisch dhe Paatero japin rezultate të ngjashme me një avantazh më të lehtë për modelin e Paateros. Ndërsa modeli i Evans shfaq përparësi krahasuar me dy modelet e tjera ato të Durisch dhe Paatero. Duke patur parasysh teorinë e gabimeve dhe Figurën 3.3 dhe 3.4 kemi arritur në përfundimin se modeli i Evans dhe i Durich ishin më të përshtatshëm për të bërë një studim të mëtejshëm në punimin e këtij dizertacioni.



Figura 3 3: Paraqitja grafike e të gjithë modeleve së bashku me eksperimentin dhe trendi i tyre



Figura 3 4: Krahasimi i modeleve me të dhënat eksperimentale për ditë me alternime

Gjithashtu është përdorur një analizë statistikore më e detajuar për të tre modelet e mësipërme dhe të dhënat eksperimentale të gjeneruara të eficensës së sistemit eksperimental FV.

Box plotet përdoren për të kuptuar më miri se si vlerat janë shpërndarë në grupe të ndryshme të të dhënave. Si fillim box plot i rendit vlerat nga më e vogla tek më e madhja. Mediana është vlera e mesit e të gjithë të dhënave dhe nëse nuk ka një vlerë të mesit merret mesatarja e dy vlerave të mesit. P.sh nëse kemi shtatë vlera gjithsej mediana i ndan të dhënat në dy grupe me nga tre të dhëna dhe vetë qëndron në mes të dy grupeve të të dhënave. Më pas përcaktohet mediana e gjysmës së vogël të të dhënave (kuartil i vogël) dhe gjithashtu edhe mediana e gjysmës së madhe të të dhënave (kuartil i madh). Në fund gjejmë vlerën më të vogël dhe më të madhe të të dhënave. Këto pesë vlera që ne gjejmë me anë të boxplot të cilat janë mediana, kuartil i vogël, kuartil i madh, vlerë e vogël, vlerë e madhe janë vlerat të cilat duhen për të ndërtuar box plotin. Për ndërtimin e pesë vlerave në boxplot, si fillim këto vlera vendoset në gjitha në të njëjtën linjë. Mediana vendoset në mes të box plot, ndërsa kuartili i parë vendoset në fillim të kutisë së box plot e në fund vendoset kuartili i dytë. Në fund lidhen edhe vlerat minimale dhe maksimale (130) (131) (132) (133) (134) (135) (136).



Figura 3 5: Paraqitja e një Box Plot-i sipas shpërndarjes Gaussiane

Në figurën 3.5 të mësipërme është paraqitur Box Plot-i për një shpërndarje Gaussiane, ku pjesa e kuadruar i përket këmbanës me shpërndarje 25 % - 75 % të vlerave. Bishtat tregojnë shpërndarjen ose shtrirjen e vlerave minimale dhe maksimale.

Nga paraqitjet grafike 3.6, 3.7 vërehet se në rastin e modelit Paatero, kemi një shpërndarje normale të vlerave, por vlerat rrahin majtas. Nuk kemi as pika ekstreme dhe as pika jashtë bishtave të kutisë. Mesorja dhe mesatarja kanë vlera të përafërta me njëra tjetrën, kurse 50 % e vlerave ndodhen brenda intervalit 12.06 - 14.37.



Figura 3 6: a) Histograma e modelit Paatero



Figura 37: b) Box plot i modelit Paatero

Nga paraqitjet grafike 3.8, 3.9 vërehet se në rastin e të dhënave eksperimentale, kemi një shpërndarje normale të vlerave, dhe vlerat janë të qendërzuara. Nuk kemi pika ekstreme por kemi një pikë jashtë bishtave të kutisë që ka vlerën 0.71. Mesorja dhe mesatarja kanë vlera të përafërta me njëra tjetrën, kurse 50 % e vlerave ndodhen brenda intervalit 9.05 - 14.



Figura 3 8: a) Histograma e të dhënave eksperimentale



Figura 3 9: b) Box Plot i të dhënave eksperimentale

Nga paraqitjet grafike 3.10, 3.11 vërehet se në rastin e modelit Durisch, kemi një shpërndarje normale të vlerave, por vlerat rrahin djathtas. Nuk kemi as pika ekstreme dhe as pika jashtë bishtave të kutisë. Mesorja dhe mesatarja kanë vlera të përafërta me njëra tjetrën, kurse 50 % e vlerave ndodhen brenda intervalit 10.94 - 13.12.



Figura 3 10: a) Histograma e modelit Durisch



Figura 3 11: b) Box Plot i modelit Durisch

Nga paraqitjet grafike 3.12, 3.13 vërehet se në rastin e modelit Evans, kemi një shpërndarje normale të vlerave, por vlerat rrahin djathtas. Nuk kemi pika ekstreme por kemi një pikë jashtë bishtave të kutisë që ka vlerën 12.06. Mesorja dhe mesatarja kanë vlera të përafërta me njëra tjetrën, kurse 50 % e vlerave ndodhen brenda intervalit 13.24 – 13.86.



Figura 3 12: a) Histograma e modelit Evans



Figura 3 13: b) Box Plot i modelit Evans

Nga paraqitjet grafike 3.14, 3.15 paraqitet histograma dhe Box Plot i të gjitha modeleve të marra në studim së bashku me eksperimentin.



Figura 3 14: a) Histograma e të gjithë modeleve së bashku me eksperimentin



Figura 3 15: b) Box Plot i të gjithë modeleve së bashku me eksperimentin

Përmbledhtas pas kësaj paraqitje mund të evidentojmë që zgjedhja e modelit është realizuar duke u bazuar në devijimin standart më të mirë, sepse ai me të vërtetë reflekton saktësinë e modelit. Modelet e Durisch dhe Paatero japin rezultate të ngjashme me një avantazh më të lehtë për modelin e Paateros. Ndërsa modeli i Evans shfaq përparësi krahasuar me dy modelet e tjera ato të Durisch dhe Paateros.

Nga analiza statistikore e box ploteve dhe histogramave pamë që në rastin e të tre modeleve energjitike dhe eksperimentin 50 % e vlerave janë të përfshira mbrenda 1 sigmës. Nuk kemi pika ekstreme dhe kemi vetëm një pikë të vetme outliners jashtë 2 sigmës. Gjithashtu për numrin tonë të matjeve mund të themi që mesatarja dhe mediana janë të afërta në vlera dhe nuk shihen diferenca të mëdha midis tyre.

3.2 Përzgjedhja e modelit empirik energjitik më të mirë për funksionimin e sistemit fotovoltaik të lidhur në rrjet

Në vijim të hulumtimit tonë jemi ndaluar më hollësisht me përshkrimin e dy funksioneve të përafrimit empirik energjitik të cilët janë testuar, modeli i Durisch dhe Evans. Kështu që u llogaritën parametrat e nevojshëm duke përdorur këtu koeficientët e përcaktuar në kushte standarte të dy modeleve. Në mënyrë të veçantë u ndalëm në vlerësimin e përputhshmërisë së vlerave të llogaritura nga dy modelet me të dhënat eksperimentale, duke konkluduar në përcaktimin e koeficientëve më të mirë për modelin e Durisch dhe modelin e Evans të cilët rezultuan që bënin përqasjen më të mirë të mundshme të vlerave të llogaritura nga këto dy modele me të dhënat eksperimentale.

Meqenëse modeli i Evans shfaqi përparësi në krahasim me dy modelet e tjera të marra në studim por edhe sepse modeli i Durisch ka përparësi në krahasim me të dy modelet e përmendura me sipër, më tej do përqëndrohemi në këto dy modele për përshkrimin më të mirë të funksionimit/performancës të sistemit FV të lidhur me rrjetin në kushtet klimaterike të qytetit të Tiranës. Ndërkohë përdorimi i këtyre dy modeleve mundëson vlerësimin e rendimentit duke gjetur koeficientët më të mirë për modelin e Durich dhe modelin e Evans.

Modeli energjitik është përdorur për të matur fuqinë e prodhimit të një sistemi fotovoltaik në kushte të caktuara laboratorike duke përdorur koeficientët e përcaktuar në kushte standarte.

Është vërtetuar që rendimenti i celulës FV fillimisht rritet me rritjen e intensitetit të rrezatimit diellor dhe pastaj, pas arritjes së një vlere maksimale, fillon të ulet me rritjen e mëtejshme të intensitetit të rrezatimit rënës në sipërfaqen e celulave FV. Ky efekt shpjegohet nga dy mekanizma të ndryshëm të cilët lidhen me rritjen e vlerës së intensitetit të rrezatimit diellor duke vepruar njëkohësisht në celulën FV. Fillimisht me rritjen e intensitetit të rrezatimit diellor rritet dhe energjia e absorbuar në celulën FV ndjekur kjo nga një rritje e prodhimit të energjisë elektrike të celulës FV. Një pjesë e absorbuar e energjisë diellore mbetet në celulën FV duke shkaktuar rritjen e temperaturës së tij. Rritja e temperaturës së celulave FV ul prodhimin e energjisë elektrike, duke rezultuar në një rënie të rendimentit (18) (116) (117) (118) (119). Shkalla e zvogëlimi te efikasitetit ndryshon në varësi të teknologjisë. Kjo është e rëndësishme për të gjitha teknologjitë e prodhimit të qelizave FV, përveç atij të silicit amorf.

Në rastin tonë sistemi FV është i përbërë nga dy grupe prej 12 modulesh silici poli kristalin të lidhura paralelisht me njëri - tjetrin dhe më pas në seri, me tension qarku të hapur 44.8 V DC dhe fuqia nominale është 190 W në pik. Sipërfaqja e përgjithshme është 29 m² dhe fuqia maksimale e prodhuar është 4.56 kW në pik me tensionit të prodhimit 480 V. Sistemi FV i lidhur me rrjetin që kemi përdorur për studimin tonë është i tipit CNCB lidhur me seritë SG5K të inverterit i cili automatikisht përshtat ngarkesën e përftuar nga modulet FV për të siguruar përshtatjen e sistemit me rrjetin qëndror.

Rendimentin e sistemit FV ekpserimental, e llogaritëm sipas formulës më poshtë:

$$\eta_{FV} = \frac{P_{mp}}{I_{\beta} * S}$$
 17

Ku, η_{FV} është rendimenti i sistemit FV, S është sipërfaqja e panelit FV, I_{β} është intensiteti i rrezatimit diellor në sipërfaqe të pjerrët. Fuqia elektrike e prodhuar nga sistemi FV mund të llogaritet gjithashtu edhe duke përdorur vlerat e matura të V_{mp} dhe I_{mp} me anën e formulës.

$$P_{mp} = I_{mp} * V_{mp}$$
 18

Parametrat që kemi përdorur për të llogaritur prodhimin e energjisë elektrike të sistemit FV për të dy modelet janë: Tensioni i vazhduar në dalje i paneleve FV, rryma e vazhduar në dalje e paneleve FV, vlera mesatare gjysmë orare e intensitetit të rrezatimit diellor në modulin FV,

temperatura mesatare gjysmë orare e mjedisit dhe e modulit FV, këndi maksimal i lartësisë së diellit për zonën e Tiranës dhe këndi azimutal i modulit FV.

Sjellja e një moduli të veçantë diellor do të varet jo vetëm prej materialit dhe teknologjisë së përdorur, por edhe nga kushtet e mjedisit të punës si temperatura, intensiteti specifik i rrezatimit diellor, shpejtësia e erës, grimcave të mbetura pezull, etj. Këto kushte kanë një ndikim të drejtpërdrejtë në sjelljen në vend të parametrave elektrike të moduleve të prodhuara me teknologji të ndryshme. Sidomos në rastin e një sistemi FV të instaluar në një ndërtesë që gjendet në rrethinat e një qyteti të dendur, si në rastin tonë, vëmendje e veçantë është bërë për të analizuar dhe për të marrë në konsideratë ndikimet që vijnë nga reflektimet dhe hijëzimet që vijnë nga ndërtesat përreth (49). Të dhënat u vëzhguan me kujdes dhe janë hequr të gjitha ato që ishin ndryshuar nga reflektimi ose hijëzimi gjatë orëve të mëngjesit dhe orëve të mbrëmjes, respektivisht. Për përcaktimin e eficensës së sistemit FV janë bërë matje gjysmë orarëshe për disa muaj gjatë vitit 2012 - 2013.

Në Figurën 3.16 janë paraqitur ndryshimet e energjisë elektrike të prodhuar nga sistemi FV me intensitetin e rrezatimit diellor për të dhëna eksperimentale të energjisë së matur, për energjinë e llogaritur duke përdorur modelin e Evans dhe për energjinë e llogaritur duke përdorur modelin e Durisch. Në të gjitha rastet, energjia elektrike e prodhuar ndryshon në mënyrë lineare me intensitetin e rrezatimit diellor. Ekuacionet e regresit dhe koeficientët e korrelacionit janë y = -0.002x + 15.01 dhe R² = 0.901 për modelin e Evans dhe y = 0.003x + 10.76 dhe R² = 0.99 për modelin e Durisch. Koeficientët e korrelacionit midis intensitetit të rrezatimit diellor dhe vlerave të llogaritura të prodhimit të energjisë elektrike janë me të vërtetë të mira për të dy modelet. Megjithatë, vihet re një ndryshim i qëndrueshëm midis të dhënave eksperimentale dhe të dhënave të llogaritura.



Figura 3 16: Varësia e eficensës (në %) e të dy modeleve dhe e sistemit FV në lidhje me rrezatimit diellor rënës

Në figurë linja kafe shpreh varësinë e eficencës së llogaritur nga modeli i Evans dhe linja blu paraqet atë të vlerësuar nga modeli i Durisch. Të dy modelet e Evans dhe Durisch, japin rezultate që ndryshojnë jo shumë me njëri - tjetrin, ndërsa rezultatet eksperimentale të eficensës janë shumë të ndryshme dhe nuk përputhen me ta. Gjithashtu ekziston një dallim i qëndrueshëm midis të dhënave të llogaritura duke përdorur modelin e Evans dhe të dhënave të llogaritura me modelin e Durisch.

Po ashtu konstatohet që diferencat midis energjisë elektrike të llogaritur dhe të dhënave eksperimentale, në të gjitha rastet, rriten në mënyrë lineare me rritjen e intensitetit të rrezatimit diellor. Megjithatë koeficientët e korrelacionit në këto raste janë më të vogla, Figura 3.17. Në këtë figurë linja kafe shpreh diferencën midis vlerave të llogaritura të eficensës së përftuar nga modeli i Durisch dhe atyre eksperimentale, linja blu atë të diferencës midis vlerave të llogaritura të eficensës së përftuar nga modeli i Evans dhe atyre eksperimentale dhe linja e gjelbër paraqet diferencën midis vlerave të eficensës së përftuar nga të dy modelet energjitike, të Evans dhe Durisch.

Këto diferenca tregojnë se në vlerësimet e përftuara nga përdorimi i të dy modeleve duhet të bëhet një korrigjim, duke marrë në konsideratë humbjet reale dhe luhatjet në prodhimin e energjisë elektrike prej sistemit FV.



Figura 3 17: Diferenca midis të dhënave të llogaritura dhe atyre eksperimentale të eficenës së sistemit FV të përftuar

Në rastin më lart ne kemi marrë parametrat p, q, m, r, s të përcaktuara nga Durisch për një teknologji të caktuar. Siç edhe do të shohim në vijim, vlerat e këtyre parametrave rezultojnë larg nga vlerat e parashikuara të përcaktuara nga Durisch në kushte laboratorike dhe rrjedhimisht duhen ripërcaktuar.

Po e njëjta mund të pohohet edhe për modelin e Evans, ashtu si në rastin e modelit energjitik të Durisch, parametrat për modelin Evans η_{ref} , γ , β ' që janë të përcaktuara në kushte të kontrolluara laboratorike ndryshojnë nga vlerat eksperimentale të marra për teknologjinë që kemi testuar. Kështu që, rrjedhimisht dhe ato duhet të ripërcaktohen.

Ekuacionet e propozuara nga Durisch dhe Evans përfshijnë disa parametra që duhet të vendosen për të përshtatur teknologjinë e qelizave FV dhe kushteve të punës reale të sistemit FV të instaluar në Tiranë, në përshtatje me metodologjinë e dhënë nga punimet (120) (127).

Në Tabelën 3.3 janë paraqitur rezultatet eksperimentale të matjeve të rrezatimit diellor horizontal I_{β}, të rrezatimit diellor të llogaritur mbi sipërfaqen e pjerrët K_{β} të paneleve FV, eficensën eksperimentale të sistemit FV së bashku me eficensën e llogaritur nga modelet e Durisch dhe Evans duke përdorur koeficientët origjinal dhe parametrat e sipërcituara. Siç shihet edhe nga këto rezultate është e qartë se ndërsa të dy modelet energjitik të Durisch dhe Evans japin rezultate që ndryshojnë jo shumë me njëri - tjetrin, rezultatet eksperimentale të eficensës janë shumë të ndryshme dhe nuk përputhen me ta.

$I_{\beta} \left(W/m^2 \right)$	I_{β} nga pjerrësia K_{β} (W/m ²)	ηeksperimentale	ηDurisch	ηEvans
636	801.51	15.10	12.45	13.33
781	984.25	11.40	12.19	11.69
748	942.16	11.37	12.24	12.03
532	610.78	13.78	12.83	15.85
688	794.94	12.42	12.38	13.83
858	964.72	9.06	12.17	12.08
821	920.64	11.59	12.23	12.40
631	649.98	16.15	12.81	14.92
719	762.67	12.55	12.53	13.71
646	661.52	16.22	12.83	14.54
660	726.57	15.78	12.74	13.43
713	785.08	14.61	12.62	12.82
763	837.65	11.35	12.53	12.26
810	883.61	8.93	12.48	11.75
537	510.00	15.98	13.35	16.54
610	607.40	16.61	12.97	15.30
610	604.18	15.36	12.98	15.33
668	683.83	14.46	12.76	14.33
799	837.15	13.43	12.46	12.66
846	907.45	13.24	12.37	11.93
871	940.89	12.75	12.32	11.62
879	952.76	12.20	12.32	11.48
868	940.84	11.78	12.34	11.54
842	912.75	11.43	12.37	11.80
628	606.56	16.68	13.03	15.01
718	718.41	15.52	12.71	13.79
565	515.73	17.12	13.38	16.20

Tabela 3 3: Rezultatet gjatë eksperimentit me sistemin FV të marrë në studim

629	604.6	16.78	13.04	15.04
882	938.88	9.86	12.37	11.43
877	933.67	10.99	12.38	11.43
834	884.88	11.00	12.44	11.92
711	748.89	9.53	12.68	13.27
746	692.05	15.25	12.83	13.81
791	756.22	14.56	12.69	13.07
833	813.51	13.98	12.57	12.53

Për të eliminuar këtë mospërputhje u ripërcaktuan të gjithë koeficientët në të dy modelet duke përdorur regresin e shumë parametrave.

Në Tabelën 3.4 dhe 3.5 janë paraqitur vlerat origjinale të koeficientëve për modulet p-Si, siç përcaktohen nga modelet e Durisch dhe Evans në kushte të kontrolluara laboratorike së bashku me vlerat e përcaktuara nga ne duke përdorur analizën e regresit që i përshtatet më së miri të dhënave eksperimentale. Të dhënat e paraqitura në të dy tabelat, tregojnë se koeficientët eksperimentale janë shumë të ndryshme nga ato të përcaktuara në kushte laboratorike. Këto rezultate sugjerojnë se në çdo situatë reale koeficientët e dy modeleve duhet të ripërcaktohen për t'iu përshtatur kushteve specifike të çdo situate reale.

 Tabela 3 4: Vlerat e koeficientëve për modulet p-Si (modeli Durisch)

Koeficientët	р	q	m	r	S	u
Eksperimental	3.4968	0.1152	-0.2475	0.1133	1.1546	1.00
Origjinal	15.39	0.177	0.0794	0.09736	0.8998	0.9324

Tabela 3 5: Vlerat e koeficientëve për modulet p-Si (modeli i Evans)

Koeficientët	η_{ref}	β'	γ
Eksperimental	13.11	0.0069	-1.0724
Origjinal	14.88	0.0048	0.12

Në Figurën 3.18 dhe 3.19 tregohen varësitë e të dhënave të eficensës të dhëna nga modeli i Durisch ose modeli i Evans, respektivisht, duke përdorur koeficientët më të mirë të llogaritur nga matjet eksperimentale të eficensës për sistemin konkret që kishim në dispozicion.

Ekuacionet e regresit dhe koeficientët e korrelacionit janë y = 0.101x + 11.25 dhe $R^2 = 0.610$ për modelin e Durisch dhe y = 0.492x + 6.684 dhe $R^2 = 0.601$ për modelin e Evans.



Figura 3 18: Varësia e të dhënave të eficensës nga Modeli i Durisch duke përdorur koeficientët më të mirë të përllogaritur me rezultatet eksperimentale të eficensës



Figura 3 19: Varësia e të dhënave të eficensës nga Modeli i Evans duke përdorur koeficientët më të mirë të përllogaritur me rezultatet eksperimentale të eficensës

Në figurën 3.20 dhe 3.21 janë treguar varësitë e eficensës së qelizave fotovoltaike kundrejt intensitetit të rrezatimit diellor për të dhënat eksperimentale dhe për të dy modelet e përdorura. Ekuacionet e regresit dhe koeficientët e korrelacionit për të dhënat eksperimentale dhe për modelet energjitike të Durisch dhe Evans janë respektivisht: y_{exp} =-0.013x + 24.32 dhe R_{exp}^2 =0.657, y_{Dur} =-0.002x + 14.29 dhe R_{Dur}^2 =0.929 dhe y_{Ev} =-0.01x + 21.58 dhe R_{Ev}^2 =0.942. Siç

vihet re koeficientët e korrelacionit midis eficensës së qelizave fotovoltaike me vlerat e intensitetit të rrezatimit diellor dhe vlerave të llogaritura të prodhimit të energjisë elektrike janë të kënaqshme për të dy modelet. Megjithatë duhet vënë në dukje që ekziston një ndryshim i qëndrueshëm midis të dhënave eksperimentale me të dhënat e llogaritura. Gabimi absolut, pas optimizimit, për modelet e Evans dhe Durisch janë përkatësisht 13.4 % dhe 17.3 %.

Me fjalë të tjera konstatohet që përdorimi për vlerësim i dy modeleve jep rezultate më të ulëta për energjinë elektrike që gjeneron sistemi në studim se sa ato që janë matur eksperimentalisht. Përveç të tjerash kjo shpjegohet edhe me periudhën e shkurtër të eksperimentimit dhe përcaktimit empirik të koeficientëve që futen si parametra në modelet e Durisch dhe Evans.



Figura 3 20: Varësia e eficensës së qelizave fotovoltaike në % kundrejt intensitetit të rrezatimit diellor në W/m² për të dhënat eksperimentale dhe modelin e Durisch



Figura 3 21: Varësia e eficensës së qelizave fotovoltaike në % kundrejt intensitetit të rrezatimit diellor W/m² për të dhënat eksperimentale dhe modelin e Evans

Dëshirojmë të vëmë në dukje që korrektimi i kujdesshëm i parametrave të modeleve të Evans dhe Durisch të përcaktuara në kushte të kontrolluara laboratorike mund të përmirësojnë ndjeshëm përputhjen e vlerësimeve të tyre me rezultatet eksperimentale për çdo sistem FV që lidhet me rrjetin lokal, rajonal apo kombëtar elektroenergjitik. Kuptohet që, për të realizuar një studim të tillë janë të nevojshme më shumë matje eksperimentale dhe kontroll më rigoroz i rezultateve për të shmangur ndikimet e faktorëve të ndryshëm që nuk lidhen me proceset fizike që studiohen.

Modelet energjitik të Durisch dhe Evans japin që të dy një përshkrim të kënaqshëm të eficensës së sistemeve fotovoltaike. Megjithatë, në çdo rast koeficientët e përdorur në çdo model duhet të përcaktohen eksperimentalisht. Rezulton se koeficientët e përcaktuar në kushte standarde janë larg nga ato eksperimentale. Në rastin tonë vlerat e koeficientëve që kanë përshtatje të mirë me të dhënat eksperimentale në modelin e Durisch duhet të ndryshojnë në p = 3.4968, q =0.1152, m = -0.2475, r = 0.1133, s = 1.1546, u = 1 dhe në modelin e Evans në $\eta_{ref} = 13.11$, $\beta' = 0.0069$, γ =-1.0724.

Gabimi absolut, pas optimizimit, për modelet e Durisch dhe Evans janë 13.4 % dhe 17.3 %, ndërkohë që koeficientët e korrelacionit me të dhënat eksperimentale janë 77.6 % dhe 78.1 %, respektivisht. Duke marrë parasysh të dhënat më lart mund të konkludojmë që modeli energjitik i Evans jep rezultate pak më të mira se modeli i Durisch.

3.3 Analiza e performancës së sistemit fotovoltaik të lidhur me rrjetin

Performanca, cilësia dhe çështjet e besueshmërisë janë duke u bërë gjithnjë e më të rëndësishme për zhvillimin e tregut të sistemeve fotovoltaike në mbarë botën. Sistemet FV të lidhura me rrjetin lejojnë konsumatorin të reduktojnë konsumin e energjisë nga rrjeti i energjisë elektrike dhe, gjithashtu, të dërgojnë energjinë e tepërt në rrjet. Sistemet e vogla të lidhura me rrjetin për përdorim në raste të veçuara ose gjysmë - të veçuara kanë zhvillime shumë premtuese. Këto sisteme do të thonë një kursim i rëndësishëm i energjisë konvencionale.

Në të ardhmen, zhvillimi i teknologjisë për rritjen në qëndrueshmërinë dhe besueshmërinë e sistemeve FV duhet të jetë problem prioritar i studjuesve dhe investitorëve. Po ashtu vëmendje e veçantë do u kushtohet problemit të sistemeve FV me densitet të lartë të lidhur me rrjetet e shpërndarjes (7).

Siç përmendëm edhe në kapitujt e mësipërm energjia e gjeneruar nga një sistem fotovoltaik i lidhur me rrjetin varet jo vetëm nga faktorët meteorologjike, por dhe faktorë të tjerë që shkaktojnë humbje në sistemet FV si inverteri dhe modulet FV (8).

Konkretisht sistemi FV që është bërë objekt studimi për këtë tezë dizertacioni është i përbërë nga 24 module silikoni poli kristalin me sipërfaqe prej 29 m². Gjysma e moduleve janë të lidhura në paralel me njëri - tjetrin dhe më pas të dy grupet të lidhura në seri, secili me tension të qarkut të hapur 44.8V DC (rrymë e vazhduar) dhe fuqi nominale në pik prej 190 W.

Inverteri i përdorur është Inverter SG5K i përshtatshëm për t'u lidhur me rrjetin. Fuqia maksimale e tij në pik është 4.56 kW, ndërsa tensioni maksimal i FV është 600V DC dhe tensioni dalës 220V AC në të njëjtën fazë me rrjetin. Inverteri konverton tensionin në hyrje të

moduleve FV 480V DC në tensionin 220V AC për t'u lidhur me rrjetin në mënyrë që të mundësohet furnizimi me energji elektrike i ndërtesës së IGJEUM.

Sistemi është i fiksuar në tarracën e ndërtesës, me një pjerrësi prej 41° me horizontin dhe i orientuar nga jugu. Elementët meteorologjike dhe të dhënat hyrëse dhe dalëse të prodhimit të energjisë në inverter regjistrohen nga sistemi i të dhënave instaluar në të ashtu quajturin inverter acquisition system.

Në Tabelën 3.6 të mëposhtme janë paraqitur të dhënat teknike të inverterit SG5K të lidhur me rrjetin lokal të IGJEUM.

Inverteri	Specifikimet
Diapazoni i tensionit të rrjetit	180 V – 260 V
Diapazoni i frekuencës së rrjetit	47 - 51.5/57 - 61.5 Hz
Eficenca maksimale	94.5 %
Pesha	58.84 kg

Tabela 3 6: Të dhënat teknike të inverterit SG5K të lidhur me rrjetin

Sjellja e një moduli të veçantë FV varet jo vetëm nga materiali dhe teknologjia e përdorur, por gjithashtu edhe nga kushtet meteorologjike gjatë periudhës së eksperimentit, nga vlerat e temperaturës së mjedisit, intensiteti i rrezatimit diellor, shpejtësia e erës, niveli i ndotjes lokale të ajrit, etj. Duhet rinënvizuar që këto kushte kanë një ndikim të drejtpërdrejt në sjelljen e parametrave elektrike të moduleve të prodhuara me teknologji të ndryshme.

Sidomos në rastin e një sistemi FV të instaluar në një ndërtesë që gjendet brenda zonës së populluar të qytetit, si në rastin tonë, i duhet kushtuar një vëmendje e veçantë analizës së ndikimeve të objekteve përreth si në dukurinë e pasqyrimit (reflektimit) ashtu dhe të hijëzimit.

Nga analiza e kujdesshme e të dhënave janë hequr të gjitha ato që kishte dyshim se ishin të korruptuara nga reflektimi dhe nga hijëzimi sidomos gjatë orëve të mëngjesit dhe orëve të mbrëmjes.

Matjet e eficensës së sistemit FV janë realizuar në interval kohor prej gjysmë ore (137). Energjia e prodhimit dhe eficensa e moduleve FV për periudhën e monitorimit janë përmbledhur në Tabelën 3.7 dhe Figurën 3.23. Ato paraqiten së bashku edhe me rezultatet eksperimentale të matjeve të intensitetit të rrezatimit diellor, I_{β} intensitetit të rrezatimit të llogaritur mbi sipërfaqen e pjerrët K_{β} të moduleve FV dhe eficensën eksperimentale të sistemit FV.

I_{β} me pjerrësi K_{β} (W/m ²)	I (W/m ²)	η _{eksp.} (%)	I_{eta} me pjerrësi $K_{eta} \left(W\!/\!m^2 ight)$	I (W/m ²)	η _{eksp.} (%)	I_{eta} me pjerrësi $K_{eta} \left(W/m^2 ight)$	I (W/m ²)	η _{eksp.} (%)
802	636	15.10	411	379	6.10	885	834	11.00
984	781	11.40	61	59	5.00	749	711	9.53
942	748	11.37	34	32	2.46	519	575	15.84
135	108	7.11	965	858	9.06	611	641	16.32
342	278	9.12	921	821	11.59	704	713	14.19
638	516	11.36	650	631	16.15	780	769	13.41
534	431	10.75	763	719	12.55	62	70	19.01
125	103	6.45	662	646	16.22	94	100	12.98
162	132	8.18	727	660	15.78	165	159	9.12
530	437	8.02	785	713	14.61	129	125	16.88
572	472	9.22	838	763	11.35	192	188	11.32
767	645	3.93	884	810	8.93	147	147	11.56
600	501	6.88	909	842	5.93	221	237	12.43
185	155	7.07	510	537	15.98	286	295	9.48
145	122	7.84	607	610	16.61	497	477	8.30
272	240	9.87	604	610	15.36	563	543	11.67
260	225	9.30	684	668	14.46	112	127	17.66
231	198	9.62	837	799	13.43	182	196	11.66
107	90	10.27	722	709	13.27	824	806	9.04
95	80	9.29	777	745	14.02	737	730	8.82
296	266	3.19	864	815	13.60	47	55	9.52
346	295	6.33	907	846	13.24	749	750	8.98
170	147	9.75	941	871	12.75	124	158	20.14
371	318	25.19	953	879	12.20	221	258	15.28
302	260	37.33	941	868	11.78	168	166	9.69
808	700	8.02	913	842	11.43	192	193	16.27
585	512	7.10	171	176	9.15	238	245	14.19
133	125	13.23	155	154	12.85	444	448	18.64
200	182	11.31	580	541	11.28	888	883	13.71
304	271	11.00	452	423	12.70	434	431	13.60
421	370	13.21	607	628	16.68	783	788	5.87
611	532	13.78	718	718	15.52	682	710	7.51
795	688	12.42	1006	942	5.14	512	522	10.00
198	171	9.48	935	875	3.37	692	746	15.25
181	157	8.29	516	565	17.12	756	791	14.56
480	418	9.23	605	629	16.78	814	833	13.98
524	456	16.24	939	882	9.86			
527	478	9.74	934	877	10.99			

Tabela 3 7: Rezultatet e performancës së sistemit eksperimental FV në varësi të rrezatimit diellor rënës

Në Figurën 3.22 është paraqitur energjia e përditshme e prodhimit DC gjeneruar nga modulet FV gjatë një periudhe të caktuar Prill - Maj 2012. Ajo linearisht varet nga intensiteti i rrezatimit përveç karakteristikave jolineare në zonën me intensitet të ulët të rrezatimit. Energjia e përditshme ndryshon nga një ditë në tjetrën, jo vetëm për shkak të ndryshimit të intensitetit të rrezatimit diellor, por edhe për shkak të ndryshimeve të eficensës së modulit FV me rritjen e temperaturës së tij. Në figurë duket qartë variacioni i eficensës së konvertimit të moduleve FV me intensitetin e rrezatimit diellor për të njëjtën periudhë kohore. Siç përshkruhet në Tabelën 3.7 dhe në Figurën 3.23, konvertimi i eficensës së sistemit të paneleve FV ndryshon me intensitetit të rrezatimit diellor që bie në sipërfaqen e pjerrët nga rreth 10 % për vlerën më të lartë të intensitetit të rrezatimit diellor (rreth 1000 W/m²) në rreth 17 % për intensitetin më të ulët të rrezatimit diellor (rreth 500 W/m²) për shkak të karakteristikave jolineare të I-V të paneleve FV.

Zvogëlimi i eficensës së sistemit FV me rritjen e intensitetit të rrezatimit diellor është e lidhur më shumë me ndikimin e rritjes së temperaturës së modulit për shkak të rritjes së temperaturës së mjedisit. Është e vërtetuar që eficenca e konvertimit të moduleve FV nuk varet kryesisht vetëm nga intensiteti i rrezatimit, por më tepër dhe nga temperatura e sipërfaqes së moduleve FV (138) (139).



Figura 3 22: Energjia diellore mesatare ditore (kWh/m²) për periudhën Prill – Maj 2012



Figura 3 23: Ndryshimi i eficensës së moduleve FV me intensitetin e rrezatimit diellor

Figura 3.24 tregon varësinë e fuqisë AC (W) në dalje të inverterit kundrejt intensitetit të rrezatimit diellor (W/m²). Shihet se fuqia AC ka një varesi lineare të mirë me intensitetin e rrezatimit diellor, me koeficient korrelacioni $R^2 = 0.825$.



Figura 3 24: Varësia e fuqisë AC (W) në dalje të inverterit nga intensiteti i rrezatimit diellor (W/m²)

Prandaj, ekziston një nevojë për të kryer një korrigjim të detajuar të temperaturës për eficensën e moduleve FV dhe për hetimin e kësaj varësie mbi prodhimin e energjisë DC kundrejt karakteristikave meteorologjike si rrezatimi dhe temperatura në sipërfaqen e moduleve FV. Figura 3.25 tregon ndryshimet e temperaturës mesatare të mjedisit dhe të moduleve FV kundrejt niveleve të ndryshme të intensitetit të rrezatimit diellor në W/m². Temperatura e mjedisit dhe e moduleve FV siç shihet zakonisht rritet kur niveli i intensitetit të rrezatimit diellor rritet. Temperatura e moduleve FV ka një rritje më të lartë në diapazonet e niveleve të rrezatimit diellor midis 600 dhe 999 W/m² si rezultat përveç të tjerash dhe nga shpejtësa mesatare e ulët e erës në këto nivele të rrezatimit. Po ashtu siç shihet edhe nga Figura 3.25 vërehet një ulje e temperaturës së modulit për nivele të rrezatimit diellor midis 1000 dhe 1099 W/m² për shkak të rritjes së shpejtësisë mesatare të erës në këtë diapazon.



Figura 3 25: Varësia e temperaturës mesatare të mjedisit dhe të modulit FV kundrejt niveleve të ndryshme të intensitetit të rrezatimit diellor në W/m² për periudhën e monitorimit

Tabela 3.8 tregon fraksionet e intensitetit të rrezatimit diellor në %, temperaturën mesatare të mjedisit dhe temperaturën e moduleve FV për diapazone të ndryshme të intensitetit të rrezatimit diellor në W/m² për periudhën e monitorimit. Temperatura mesatare e mjedisit varion nga 23.5°C për 1000 - 1099 W/m² në 22.5°C për 900 - 999 W/m². Temperatura mesatare e moduleve FV varion nga 29.4°C për 0 - 99 W/m² në 37.7°C për 900 - 999 W/m². 95.9 % e rrezatimit të përgjithshëm është poshtë 700 W/m² me një maksimum të temperaturës maksimale të moduleve FV prej 29.7°C për këtë diapazon të rrezatimit diellor. Kjo tregon një influencë të ulët të temperaturës së moduleve FV në performancën e sistemit FV për këtë diapazon. Temperatura mesatare e ulët e mjedisit dhe shpejtësia e lartë e erës mundësojnë kushte të mira të operimit të sistemit FV duke e mbajtur temperaturën mesatare të operimit të moduleve FV më të ulët sesa temperatura e operimit në kushte standarte (140) (141).

 Tabela 3 8: Temperatura mesatare e mjedisit dhe temperatura e moduleve FV në°C për diapazone të ndryshme të intensitetit të rrezatimit diellor

Intensiteti i rrezatimit diellor (W/m ²⁾	Fraksionet e intensitetit të	Temp Ambj.	Temp Inv.
0-99	49.1	14.2	29.4
100-199	21.3	15.4	28.9
200-299	10	15.9	28.0
300-399	9	16.9	27.1
400-499	3.2	19.1	31.7
500-599	1.7	18.9	30.0
600-699	1.6	20.0	32.6
700-799	3	21.5	35.5
800-899	3.4	22.5	34.0
900-999	1.7	22.5	37.7
1000-1099	0.6	23.5	32.4

Rezultatet e matura të sistemit FV janë aplikuar për të analizuar dhe vlerësuar humbjen e faktorëve të inverterit, siç tregohet në Figurën 3.26 dhe 3.27. Marrëdhënia midis prodhimit të energjisë DC dhe prodhimit të energjisë AC duket të jetë pothuajse lineare, megjithatë për intesitet të ulët, poshtë 500W/m², humbjet në inverter rriten. Ekuacioni që i përshtatet më mirë të dhënave duket të jetë y = -0.02ln(x) + 0.237 dhe koeficienti i korrelacionit $R^2 = 0.834$, ku y paraqet humbjet e energjisë në inverter dhe x paraqet energjinë e gjeneruar nga sistemi FV.



Figura 3 26: Humbjet e energjisë në inverter gjatë konvertimit nga DC në hyrje të inverterit në AC në dalje të inverterit



Figura 3 27: Energjia AC në dalje kundrejt energjisë DC në hyrje të inverterit dhe varësia e fuqisë DC me rendimentin DC në % i korrektuar në lidhje me pjerrësinë e paneleve FV

3.3.1 Analiza e humbjeve të inverterit

Siç edhe përmendëm në paragrafin mësipër sjellja e një moduli të veçantë diellor do të varet jo vetëm nga materiali dhe teknologjia e përdorur, por edhe nga kushtet e mjedisit të punës si temperatura, intensiteti i rrezatimit diellor specifik, shpejtësia e erës, ndotja e ajrit, etj. Ekzistojnë një numër i konsiderueshëm faktorësh që ndikojnë në humbjet e energjisë në sistemin FV. Për të justifikuar përse këto humbje influencojnë në performancën e sistemit FV, është e nevojshme të vlerësojmë këto humbje duke përdorur të dhënat e monitoruara të performancës. Ndër humbjet

më të spikatura që ndikojnë në performancën e sistemit FV, mund të përmendim: humbjet e energjisë së moduleve FV, humbjet në inverter, humbjet e temperaturës së qelizës FV, etj. Në Tabelën 3.9 janë paraqitur rezultatet më tipike eksperimentale të intensitetit të rrezatimit diellor rënës në sipërfaqen e panelit FV, fuqia mesatare DC e gjeneruar nga paneli FV gjatë një periudhe gjysmë ore dhe humbjet e energjisë në inverter.

Intensiteti diellor I _β (W/m ²)	Fuqia mesatare DC (W)	Humbjet në inverter %	$\begin{array}{c} \text{Intensiteti} \\ \text{diellor } I_{\beta} \\ (W/m^2) \end{array}$	Fuqia mesatare DC (W)	Humbjet në inverter %	$\begin{array}{c} \text{Intensiteti} \\ \text{diellor } I_{\beta} \\ (W/m^2) \end{array}$	Fuqia mesatare DC (W)	Humbjet në inverter %
802	3268	5.07	411	677	7.69	885	2628	5.43
984	3030	3.30	61	83	17.37	749	1926	6.45
942	2893	3.46	34	23	17.37	519	2222	3.97
135	258	9.81	965	2746	14.05	611	2690	5.32
342	843	7.63	921	2880	5.60	704	2699	3.71
638	1956	5.97	650	2834	4.17	780	2822	3.54
534	1549	6.73	763	2585	4.98	62	318	8.58
125	218	11.27	662	2897	4.91	94	328	8.93
162	357	9.45	727	3096	5.99	165	407	8.67
530	1149	7.17	785	3096	5.99	129	588	7.70
572	1426	6.76	838	2567	5.19	192	586	7.31
767	815	7.59	884	2131	5.12	147	459	8.86
600	1113	6.76	909	1457	6.89	221	742	7.24
185	352	8.89	510	2201	3.69	286	731	7.91
145	308	9.87	607	2723	6.70	497	1112	7.12
272	726	7.30	604	2506	5.26	563	1774	5.84
260	652	7.49	684	2671	5.17	112	532	8.41
231	601	8.43	837	3036	5.93	182	573	8.08
107	297	9.99	722	2589	4.03	824	2012	4.88
95	238	11.78	777	2942	6.49	737	1756	6.51
296	255	10.36	864	3173	5.91	47	122	14.94
346	591	12.65	907	3244	4.87	749	1816	6.52
170	449	9.20	941	3239	5.75	124	675	7.60
371	2520	4.50	953	3139	5.67	221	913	7.38
302	3043	5.15	941	2993	4.52	168	438	8.33
808	1748	6.39	913	2816	5.08	192	844	7.36
585	1122	7.00	171	422	8.95	238	913	7.60
133	477	7.73	155	537	7.86	444	2236	5.14
200	611	7.65	580	1766	5.29	888	3287	6.26
304	902	7.08	452	1550	6.37	434	1593	5.94
421	1501	6.85	607	2731	5.60	783	1240	6.74
611	2272	4.26	718	3010	5.72	682	1382	6.36
795	2666	5.34	1006	1395	6.61	512	1382	6.36
198	506	8.47	935	850	7.26	692	2850	6.27
181	406	9.41	516	2384	4.51	756	2973	4.84
480	1197	7.06	605	2740	4.87	814	3072	6.54
524	2300	4.33	939	2500	5.30			
527	1386	6.83	934	2770	4.59			

Tabela 3 9: Rezultatet më tipike eksperimentale të I_{β} , fuqisë mesatare DC gjeneruar nga paneli FV dhe
humbjet e inverterit

Një tjetër burim i rëndësishëm i humbjeve të energjisë në sistemin FV të lidhur me rrjetin është konvertimi i tensionit DC siguruar nga sistemi i paneleve FV në tensionin e përshtatshëm AC për rrjetin. Këto humbje rezultojnë të jenë as konstante, dhe as lineare, të varura nga ngarkesa. Prandaj, për të vlerësuar saktë eficensën e sistemit të paneleve FV të lidhur me rrjetin, një studim i detajuar i humbjeve të energjisë në sistemin e konvertimit ishte i nevojshëm.

Në Figurën 3.28 janë paraqitur humbjet e energjisë gjatë konvertimit të energjisë në hyrje DC në prodhim të energjisë në dalje AC që furnizon rrjetin. Të dhënat e matura janë përafruar më mirë me një funksion fuqie të trajtës:

$$y = 56.93x^{-0.30}$$

Ku: y paraqet humbjet në inverter dhe të fuqisë DC në përqindje në hyrje të paneleve FV dhe x paraqet fuqinë DC në hyrje të tyre. Koeficienti i korrelacionit është R^2 =0.817. Rritja e shpejtë e humbjeve për furnizimin me fuqi DC nën 500 W është një tregues i rëndësisë së madhësisë optimale të inverterit me fuqinë e paneleve FV.



Figura 3 28: Humbjet e energjisë gjatë konvertimit të energjisë DC në hyrje të paneleve FV në energji AC në dalje

Megjithatë madhësia e inverterit nuk është i vetmi faktor që ndikon në humbjet në inverter edhe pse mbetet një ndër kryesorët. Temperatura e mjedisit ose e inverterit është një faktor tjetër. Në Figurën 3.29 është treguar ndryshimi i humbjeve në sistemin e inverterit me temperaturën e mjedisit. Të dhënat përsëri janë përafruar më mirë me një funksion fuqie, madje edhe koeficienti i korrelacionit është i ulët dhe është R^2 =0.216. Në këtë rast, funksioni i fuqisë është:

$$y = 73.49z^{-0.81}$$

Ku: y përsëri qëndron për humbjet në inverter dhe fuqinë në përqindje DC dhe z qëndron për temperaturën e mjedisit në gradë celsius. Për të marrë në llogari ndikimin e dy faktorëve mbi humbjet e energjisë në sistemin e inverterit ne zhvilluam formulën empirike si më poshtë:

$$y = 60.80x^{-0.31} - 11.70z^{-0.81} + 0.59$$

Koeficienti i korrelacionit është shumë i lartë R^2 =0.92, dhe F-faktor është 2825.7.



Figura 3 29: Varësia e humbjeve të fuqisë në inverter nga temperatura e mjedisit

Kuptohet që formulat e propozuara mund të japin ndihmesë të konsiderueshme gjatë përcaktimit të përmasave të inverterit që do zgjidhet si dhe mundëson përllogaritjet e shpejta të humbjeve të pritshme në sistemin e inverterit.

Përmbledhtas mund të themi se performanca e parametrave ditore, mujore dhe vjetore të sistemit FV janë vlerësuar dhe përfshijnë: energjinë e prodhuar, eficensën e sistemit, eficensën e inverterit dhe eficensën e moduleve FV. Gjatë periudhës së monitorimit eficensa e moduleve FV shkon nga rreth 17 % për vlera të ulëta të intensitetit të rrezatimit diellor (rreth 500W/m²) në rreth 10 % për vlera të larta të intensitetit të rrezatimit diellor (rreth 1000W/m²).

Gjithashtu marrëdhënia midis prodhimit të energjisë DC dhe prodhimit të energjisë AC duket të jetë pothuajse lineare, por për intensitet të ulët të rrezatimit diellor, poshtë 500W/m², humbjet në inverter rriten. Ekuacioni që i përshtatet më mirë të dhënave duket të jetë y = -0.02ln(x) + 0.237 dhe koeficienti i korrelacionit $R^2 = 0.834$.

Humbjet e energjisë në inverter, përdorur në sistemin tonë FV, varen nga dy faktorë kryesorë: fuqinë DC në hyrje dhe temperaturën e mjedisit. Ekuacionet që përshkruajnë mirë lidhjen ndërmjet humbjeve të energjisë në sistemin e inverterit dhe fuqinë DC në hyrje ose temperaturën e mjedisit janë të dy funksione të fuqisë.
Kapitulli IV - Fisibiliteti i shfrytëzimit të sistemeve FV në Shqipëri

Në këtë kapitull do përpiqemi të parashtrojmë në mënyrë të përmbledhur udhëzimet dhe metodologjinë që duhet ndjekur gjatë montimit e shfrytëzimit të sistemeve FV për gjenerim të energjisë elektrike, mënyrën e lidhjes së tyre me rrjetin qëndror lokal dhe atë rajonal. Përsa më sipër do të bazohemi në përvojën, rekomandimet dhe standartet botërore ashtu edhe në përvojën, sado modeste, që përftuam gjatë këtij studimi të parë në Shqipëri.

Kriteret dhe hapat që duhet të ndiqen gjatë përgatitjes së një projekti për zhvillimin e një sistemi FV të lidhur me rrjetin mund të përmblidhen si më poshtë:

a. Përcaktimin e madhësisë së sistemit (të shprehur me fuqinë në pik),

b. Fondet e nevojshme,

c. Sipërfaqen e shfrytëzueshme të çatisë, mundësisht e pandikuar nga objektet e tjerë përreth, si në dukurinë e hijëzimit ashtu dhe të pasqyrimit dhe shpërhapjes së rrezatimit diellor rënës,

d. Sasinë vjetore të energjisë së domosdoshme për zero energji nga rrjeti,

e. Kritere të tjera të lidhura me kërkesat specifike të klientëve,

f. Efiçenca e impianteve FV dhe klasifikimi i humbjeve të ndryshme të sistemit.

Për më tej, cilado qofshin kriteret e një projekti, projektuesi duhet të jetë në gjendje:

g. Të përcaktojë energjinë që do të përftojë, specifikat e energjisë së përftuar dhe efektivitetin e sistemit FV të lidhur me rrjetin,

h. Të përcaktojë madhësinë e inverterit në përputhje me madhësinë e paneleve FV,

i. Të përputhë konfigurimin e paneleve me tensionin maksimal të inverterit dhe intervalin e lejuar të furnizimit të pajisjeve.

Para përgatitjes së projektit të një sistemi FV të lidhur me rrjetin projektuesi duhet të verifikojë në vend situatën dhe të ndërmarrë masat e mëposhtme:

j. Të bisedojë me të interesuarin për zëvendësimin e pajisjeve ekzistuese me pajisje elektrike më efiçente;

k. Zëvendësimin e bojlerëve elektrik me mbledhës diellor apo bojlerë me gaz;

l. Zëvendësimin e llambave të ndriçimit inkandeshente me llamba ndriçimi fluoreshente ose LED;

m. Të vlerësojë rreziqet e punës apo shëndetit në vendet e punës;

- n. Kontrollin e mundësisë së hijeve dhe ndikimit të tyre;
- o. Kontrollin e orientimit dhe pjerrësisë së çatisë ku do të vendoset paneli;
- p. Përcaktimin e madhësisë së sipërfaqes së mundshme të shfrytëzueshme;
- q. Kontrollin nëse çatia apo tarraca është e përshtatshme për montimin e sistemit;
- r. Përcaktimin e mënyrës së montimit në çati apo tarracë;
- rr. Përcaktimin e vendndodhjes së inverterit;
- s. Përcaktimin e rrugës së kalimit të kabllove;

sh. Përcaktimin e vendndodhjes së paneleve të kontrollit.

Në dokumentacionin tekniko - ekonomik projektuesi duhet të përfshijë të paktën:

t. Specifikime të plota të sistemit, sasinë, modelin dhe prodhuesin e panelit dhe inverterit si dhe kushtet e garancisë;

- th. Një vlerësim mbi energjinë e pritshme vjetore që do të prodhohet;
- u. Një vlerësim mbi ndikimin e hijëzimeve të mundshme;
- v. Kursimet monetare bazuar në çmimet aktuale të energjisë elektrike;
- x. Kostot e pajisjeve dhe të punës së instalimit;
- z. Nëse është e mundur, kursimin e gazrave serrë.

I përmendëm të gjithë këta elementë të kritereve dhe procedurave të domosdoshme për t'u ndjekur gjatë një projekti zbatimi konkret të sistemeve FV të lidhur me rrjetin jo thjesht për të nxjerrë në pah numrin e tyre, por më tepër për të theksuar faktin që çdo projekt konkret rezulton një rast i veçantë dhe për realizimin me sukses të tij nuk janë asnjëherë të mjaftueshme zgjidhjet standarte dhe as vetëm informacionet teknike të lidhura me sistemin.

4.1 Energjia elektrike AC në dalje të sistemit FV

Energjia elektrike në dalje, pikërisht ajo që furnizon rrjetin lokal apo qëndror, ndikohet nga faktorët e mëposhtëm:

- Energjia mesatare e rrezatimit diellor për këndin dhe përkundrejtimin optimal të moduleve FV;
- Tolerancat teknologjike të moduleve;
- Efektet e temperaturës te rendimenti i moduleve;
- Efektet e ndotjes;
- Humbjet e energjisë në sistem;
- Rendimenti i inverterit.

Për një panel me fuqi maksimale të projektuar, mund të përcaktohet energjia që do të gjenerohet gjatë një viti nga paneli/sistemi. Në praktikën e shfrytëzimit të energjisë diellore për gjenerim të energjisë elektrike nëpërmjet sistemeve FV, energjia e furnizuar në dalje të sistemit gjatë të gjithë vitit quhet 'energji e përftuar'. Ajo mund të llogaritet nga formula mëposhtme:

$$\mathbf{E}_{sis.} = \mathbf{P}_{proj.} \mathbf{x} \mathbf{f}_{tem.} \mathbf{x} \mathbf{f}_{ndot.} \mathbf{x} \mathbf{H}_{pjerrte} \mathbf{x} \eta_{FV-inv.} \mathbf{x} \eta_{inv.} \mathbf{x} \eta_{inv.-perc.}$$
¹⁹

Ku:

P_{proj} - fuqia e projektuar në kushte standarde në W;

ftem - koeficienti i humbjeve për shkak të temperaturës;

ftol - koeficienti i tolerancës së prodhimit;

f_{ndot} - koeficienti i humbjeve nga ndotja;

 $H_{pjerrte}$ - energjia vjetore e rrezatimit në rajonin e përzgjedhur duke marrë në konsideratë pjerrësinë, orientimin dhe hijëzimin (kWh/m²);

 η_{inv} - rendimenti i inverterit;

 $\eta_{FV_{inv}}$ - rendimenti i nënsistemeve (kabllove lidhës) ndërmjet paneleve FV dhe inverterit; $\eta_{inv-perc}$ - rendimenti i nënsistemeve (kabllove lidhës) ndërmjet inverterit dhe automatit.

Për të vlerësuar energjinë e pritshme të furnizuar nga sistemi FV po paraqesim në mënyrë të përmbledhur parametrat dhe karakteristikat e tij të domosdoshme për këtë procedurë. Fuqia e projektuar e sistemit FV është 4.56 kW në pik. Panelet FV janë orientuar drejt jugut, pra me kënd azimuti 0° dhe me pjerrësi ndaj horizontit 41°. Vlerësimet më të sakta të këndit të pjerrësisë për të cilin përftohet energjia vjetore maksimale për rajonin e instalimit të sistemit FV, siç do ta shohim më poshtë, japin për këndin e pjerrësisë një vlerë më të vogël për një shfrytëzim vjetor të panelit diellor, 33.5°, por që në momentin e instalimit për ne ishte e panjohur. Në punimin e botuar në buletinin e shkencave teknike ky kënd për rajonin e Tiranës është 31 gradë (113).

Në Tabelën 4.1 janë paraqitur në mënyrë të përmbledhur treguesit kryesorë të përdorur për vlerësimin e energjisë së pritshme të furnizuar nga sistemi FV. Përcaktimi i treguesve kur ka qenë e mundur është bërë duke u mbështetur në të dhëna eksperimentale konkrete të realizuara nga ne apo nga autorë të tjerë shqiptarë. Në pamundësi të sigurimit të të dhënave eksperimentale, janë përdorur tregues të ofruar nga praktika më e mirë në këtë fushë.

Treguesit	Vlerat		
Fuqia e projektuar	4.56 kWp		
Koha e projektuar e shfrytëzimit	20 vjet		
Këndi i pjerrësisë me horizontin	41°		
Këndi azimutit	0°		
Potenciali mesatar ditor i energjisë diellore në sipërfaqe	3.9 kWh/m^2		
horizontale			
Potenciali mesatar ditor i energjisë diellore në sipërfaqe të	5.1 kWh/m^2		
pjerrët 41° me horizontin			
Vlerësimi i humbjeve të sistemit	39.2%		
Humbjet nga përqendrimi i aerosoleve	9.1%		
Humbjet nga depozitimi i pluhurave	5.0%		
Humbjet nga temperatura	15%		
Humbjet në rrymën e vazhduar	3.00%		
Humbjet në inverter	7.1%		

Tabela 4 1: Treguesit kryesorë të përdorur	për vlerësimin	e energjisë së pritshme	të furnizuar nga sistemi

FV

Burimi i vetëm i energjisë për një sistem FV është rrezatimi diellor. Potenciali i energjisë diellore në një rajon të caktuar është parametri më i rëndësishëm që ndikon në fisibilitetin e një projekti të shfrytëzimit energjisë diellore për prodhimin e energjisë elektrike. Zakonisht potenciali energjitik i energjisë diellore është përcaktuar në përgjithësi për një sipërfaqe horizontale. Orientimi i sipërfaqes së paneleve FV ndikon në madhësinë e potencialit energjitik. Për rajonin e vendndodhjes së sistemit FV që studiuam potenciali energjitik vjetor i rrezatimit diellor në sipërfaqe horizontale është 1442.13 kWh/m², potenciali maksimal arrihet për këndin e pjerrësisë së panelit me horizontin 33.5 gradë dhe vlera e tij është 5.1 kW/m² në ditë dhe ai vjetor maksimal është 1861.5 kWh/m². Kjo vlerë arrihet për orientimin e panelit FV në drejtim të jugut, pra për këndin azimutit zero. Nëse pjerrësia ndryshon nga këndi i vlerës maksimale, potenciali energjitik zvogëlohet me një ritëm 0.08 % W për gradë. Në Figurën 4.1 është treguar ndryshimi i energjisë diellore mbi një sipërfaqe të pjerrët për rajonin e instalimit të sistemit FV nga këndi i pjerrësisë me horizontin, për kënd azimuti zero gradë.

Lakorja e paraqitur mund të përafrohet me anë të ekuacionit $y = -0.0005x^2 + 0.0335x + 4.5671$ i cili merr vlerën maksimale për këndin 33.5 gradë. Megjithatë ndryshimi i pjerrësisë së lakores rrotull maksimumit është shumë i ngadaltë fakt që dëshmon ndikimin e vogël të shmangieve nga këndi i pjerrësisë për të cilin arrihet maksimumi i energjisë rënëse në energjinë e përftuar.



Figura 4 1: Varësia e energjisë diellore të sistemit FV nga këndi i pjerrësisë me horizontin

4.2 Rënia e prodhimtarisë së modulit

Një sistem fotovoltaik karakterizohet nga një sërë humbjesh të shkaktuara si nga faktorë të lidhur ngushtë me teknologjinë dhe funksionimin e sistemit, ashtu edhe nga faktorët mjedisor apo të instalimit. Në mënyrë të përgjithshme tipologjitë kryesore të humbjeve në një sistem fotovoltaik mund të klasifikohen:

- a. Rënia e prodhimtarisë për shkak të teknologjisë së prodhimit. Kufijtë e lejuar.
- b. Rënia e prodhimtarisë për shkak të ndotjeve.
- c. Rënia e prodhimtarisë për shkak të temperaturës së paneleve FV.

Le të shqyrtojmë më nga afër secilin grup faktorësh.

4.2.1 Teknologjia e prodhimit

Shmangiet e energjisë së gjeneruar në kushtet e temperaturës standarte 25°C, luhaten brenda nivelit 5 %. Vitet e fundit vlera e kësaj shmangie të lejuar ka arritur në 3 %. Kuptohet që

zhvilluesi i një projekti të tillë duhet ta konsiderojë këtë shmangie. Në rastin tonë, duke supozuar shmangien 5 %, në "rastin më të keq" prodhimtaria e korrektuar e një moduli 190 W do të jetë rreth 180.5 W (0.95 x190W).

4.2.2 Ndotja

Ndotjet mund të ndikojnë në dy mënyra mbi prodhimtarinë e një sistemi FV: nga njëra anë rritja e përqendrimit të aerosoleve në atmosferë shoqërohet me zvogëlimin e energjisë diellore që mbërrin në panelet FV dhe nga ana tjetër intensifikon depozitimin e pluhurave mbi sipërfaqen e paneleve duke shkaktuar absorbim shtesë të kësaj energjie. Humbja e energjisë për shkak të rritjes së përqendrimit të aerosolëve në atmosferë në ditët pa shi rritet gradualisht me shtimin e ditëve mbas shiut të fundit sipas:

$$\frac{E_1 - E_N}{E_1} = 0.201 \ln(N) - 0.453$$

Duke konsideruar një interval mesatar ndërmjet ditëve me shi prej rreth 15 ditësh, periudhë për të



Figura 4 2: Zvogëlimi relativ i energjisë i korrigjuar nga lagështia relative dhe shpejtësia e erës. Stacioni i FIM&IF.

cilën përqendrimi i aerosoleve në Tiranë qëndron pothuajse i pandryshueshëm (shih Figurën 4.2) mund të përcaktojmë humbjet e prodhimtarisë së modulit FV për shkak të përqendrimit të aerosoleve në atmosferë në masën rreth 9.1 % (142). Zvogëlimi i prodhimtarisë së modulit mund të zvogëlohet si rrjedhojë e mbivendosjes së ndotjeve në sipërfaqen e modulit. Nëse nuk jeni të sigurt, ulja e prodhimtarisë mund të merret rreth 5 % e vlerës së llogaritur mbas korrigjimit për teknologjinë e prodhimit. Në total humbjet për shkak të ndotjeve në rajonin

në shqyrtim mund të vlerësohen rreth 14.1%. Vlera e korrigjuar e fuqisë 180.5 W do të ulet më tej në 155 W (0.859 x 180.5 W).

4.2.3 Temperatura

Prodhimtaria e një moduli ulet për temperatura mbi 25°C dhe rritet për temperatura nën 25°C. Temperatura efektive minimale e qelizës është barabartë me temperaturën e mjedisit +25°C. Modulet monokristalin zakonisht e kanë koeficientin e temperaturës -0.45%/°C. Kjo do të thotë që për çdo gradë mbi 25°C fuqia në dalje zvogëlohet me 0.45%. Modulet poli kristalin zakonisht e kanë koeficientin e temperaturës -0.5%/°C. Modulet me shtresë të hollë kanë karakteristika të temperaturës të ndryshme. Ato luhaten nga më i ulëti rreth 0%/°C deri në -0.25%/°C.

Le të supozojmë se temperatura e mjedisit është 30°C. Temperatura efektive e qelizës do të jetë: $30^{\circ}C + 25^{\circ}C = 55^{\circ}C$. Si rrjedhojë temperatura është 30°C mbi temperaturën standarde STC prej 25°C. Në rastin e modulit tonë poli kristalin me fuqi të projektuar 190 Wp me koeficient temperature -0.5%/°C humbja e fuqisë për shkak të temperaturës do të jetë: $30^{\circ}C \ge 30^{\circ}C \ge 15$ % humbje.

Në këtë llogaritje është konsideruar një temperaturë mesatare gjatë periudhës së nxehtë të vitit. Nëse do të duhet të llogarisim humbjet mesatare vjetore llogaritjet duhet të bëhen për secilën periudhë të vitit. Megjithatë në rastet e një projekti konkret si rregull vlerësohen humbjet maksimale dhe ato minimale gjatë gjithë periudhës vjetore. Fuqia në dalje tashmë e korrektuar e modulit tonë do të jetë 131.8 Wp (0.85 x 155 W).

4.2.4 Energjia e rrymës së vazhduar në dalje të paneleve

Vlera aktuale e energjisë së vazhduar në dalje të paneleve diellore = fuqinë e korrektuar në dalje x numrin e moduleve x intensitetin e rrezatimit të korrektuar për pjerrësinë dhe këndin e azimutit.

Në rastin e sistemit në shqyrtim orët ditore mesatare vjetore të pikut janë 5.1, numri moduleve 24. Energjia e vazhduar mesatare ditore në dalje të sistemit FV do të jetë 16132.32 Wh (131.8 x 24 x 5.1)

Energjia e vazhduar në dalje do të zvogëlohet më tej për shkak të rënies së tensionit në kabllot lidhës me inverterin. Humbjet në kabllot lidhës janë 3 %. Si rrjedhojë energjia që do të furnizojë inverterin do të jetë 15648.35 Wh (16132.32 x 0.97)

4.2.5 Rendimenti inverterit

Përzgjedhja e inverterit do të varet nga energjia në dalje të sistemit. Përputhja e parametrave të lejuara të konfigurimit të inverterit me madhësinë e panelit në kWp dhe madhësinë e moduleve të veçantë si dhe nga fakti nëse sistemi do të ketë një inverter të vetëm apo shumë inverter të vegjël. Sistemi FV i studiuar nga ne shfrytëzon një inverter të vetëm për të dy seritë e paneleve të lidhur në paralel.

Inverterët që ndodhen sot në treg klasifikohen sipas: Fuqisë maksimale të vazhduar në hyrje, pra të madhësisë së panelit dmth fuqisë përkatëse në pikun e tij, rrymës së vazhduar maksimale dhe fuqisë maksimale alternative në dalje që mund të furnizojë në rrjet.

Me përjashtime të rralla, inverterët interaktiv në rrjet përmbajnë sisteme të ndjekjes së *Vlerave Maksimale të Fuqisë*. Shumë invertera kanë një brez vlerash të funksionimit. Nëse tensioni është jashtë këtij brezi inverteri nuk punon ose fuqia në dalje mund të zvogëlohet shumë. Në rastet kur është specifikuar tensioni maksimal në hyrje të inverterit dhe tensioni në dalje të panelit është mbi vlerën maksimale të përcaktuar, inverteri mund të dëmtohet. Kur temperatura është maksimale atëherë Pika Maksimale e Tensionit V_{maks} e panelit nuk duhet asnjëherë të bjerë nën

vlerën minimale të tensionit të punës së inverterit. Rekomandohet që temperatura efektive maksimale e qelizave të merret 70°C.

Moduli i zgjedhur ka tension maksimal të punës 400 V dhe koeficient të temperature së tensionit maksimal V_{maks} -1.77 V/°C. Për temperaturën efektive të qelizës 70°C, pra 45° mbi temperaturën standarde 25°C. Tensioni maksimal V_{maks} do të zvogëlohet me 45 x 1.77=79.7 V.

Tensioni maksimal Vmp në temperaturën 70°C do të jetë 400 - 79.7 = 320.3 V. Kjo është vlera efektive e minimumit të tensionit në hyrje të inverterit. Në qytete, ku në pjesën më të madhe panelet FV vendosen në çatitë e shtëpive nuk mund gjithmonë t'u shmangen hijëzimeve gjatë një pjese të ditës. Duhet patur kujdes gjatë përzgjedhjes së moduleve të lidhur në seri me që hijëzimet mund të zvogëlojnë vlerën maksimale të tensionit në temperatura të larta duke e çuar atë nën vlerën minimale të lejuar të punës së inverterit.

Në rastin kur duhet të kryhet instalimi i një sistemi fotovoltaik në një fushë të hapur, në një mbulim të sheshtë ose në një terren të sheshtë me module të vendosur në disa rreshta, duhet të përzgjidhen përmasat e sakta të distancës së vendosjes nga fundi i moduleve për të minimizuar hijëzimin midis rreshtave. Hijëzimi i një rreshti në tjetrin nuk mund të evitohet i gjithë në një nivel 100 %, megjithatë ekzistojnë procedura për vendosjen më të mirë të moduleve.

Përgjithësisht formula që përdoret për llogaritje në të tilla raste është si më poshtë:

203

- D distanca midis rreshtave,
- b këndi i pjerrësisë së vendosjes së paneleve FV,
- a lartësia diellore kritike përgjithësisht e barabartë me 20°,
- g këndi i azimuth-it.



Figura 4 3: Paraqitja grafike e distancës ndërmjet rreshtave të paneleve FV, instaluar mbi sipërfaqen horizontale

Nga formula e dhënë përftohet distanca optimale midis rreshtave me garancitë që për lartësi diellore mbi 20° nuk do të ndodhë fenomeni i hijëzimit në modulet skajore. Në Figurën 4.3

tregohen referimet e madhësive gjeometrike për formulën e cituar. Në kushtet tona reale në të cilat duhet instaluar në më shumë rreshta paralele modulet FV të gjatësisë L = 1.35 m me një kënd instalimi prej 41° dhe orientim plotësisht drejt jugut, e një lartësi diellore kritike të barabartë me 20°, përftohet një distancë D midis rreshtave e barabartë me D = 3.48 m, pra distanca D optimale midis rreshtave do jetë: D = 3.48 m.

Në ditët më të ftohta të vitit tensioni i qarkut të hapur i panelit nuk duhet të jetë asnjëherë më i madh se sa vlera maksimale e lejuar e tensionit në hyrje të inverterit, në rastin tonë 400 V. Si rrjedhojë vlera më ulët e temperaturës ditore duhet të përdoret për vlerën maksimale të tensionit në hyrje të inverterit.

Më tej, energjia e furnizuar nga inverteri do të zvogëlohet në saj të humbjeve në inverter gjatë procesit të transformimit të tensionit të vazhduar që furnizohet nga panelet FV në tension alternativ me parametrat e rrjetit qëndror. Humbjet mesatare të energjisë në inverterin e sistemit në studim janë vlerësuar 7.1 % (143). Si rrjedhojë energjia e rrymës alternative që do të furnizojë inverterin do të jetë: 14537.3 Wh (15648.35 x 0.929 Wh).

Energjia alternative në dalje të inverterit do të zvogëlohet më tej në saj të humbjeve në kabllot e rrymës alternative që lidhin inverterin me rrjetin. Humbjet në kabllot lidhës si rregull janë rreth 3 %. Si rrjedhojë energjia e rrymës alternative që do të furnizojë rrjetin do të jetë 14101.2 Wh (14537.3 x 0.97) Wh.

4.3 Energjia vjetore e përftuar nga sistemi FV

Energjia alternative mesatare ditore e furnizuar në rrjet është 14.101 kWh/d. Në një vit të zakonshëm me 365 ditë energjia e maksimale e mundshme do të jetë: 365 ditë x 14.101 kWh/ditë = 5147 kWh/vit.

Për vlerësimin e eficencës së sistemit përdoren zakonisht dy tregues: densiteti i energjisë SY dhe treguesi efektivitetit TE. Densiteti i energjisë së përftuar, pra energjia e përftuar gjatë një viti për çdo kilovat - orë të energjisë së projektuar të sistemit, i shprehur në kWh për kWp do të jetë:

$$SY = \frac{E_{sis}}{P_{proj}}$$
21

Treguesi i efektivitetit TE është një tregues që përdoret për të vlerësuar cilësinë e sistemit. Treguesi i efektivitetit jep një bazë të normalizuar për të krahasuar sisteme FV të tipeve dhe madhësive të ndryshme. Treguesi i efektivitetit është pasqyrim i humbjeve të sistemit.

$$TE = \frac{E_{sis}}{E_{ideale}}$$
 22

Ku:

Esis - vlera reale e energjisë së përftuar gjatë një viti,

 $E_{ideale} = P_{proj} \times H_{pjerrte}$ energjia ideale që mund të prodhojë sistemi,

 $H_{pjerrte}$ - energjia diellore ditore mesatare vjetore, në kWh/m² për këndin e dhënë të pjerrësisë,

P_{proj} - fuqia e parashikuar e sistemit në kushte prove standarde, në W.

Energjia alternative e furnizuar në rrjet nga sistemi E_{sis} është 5147 kWh/vit, ndërsa sistemi ishte projektuar me fuqi 4560 Wp. Si rrjedhojë densiteti i energjisë së përftuar SY është 1.13 kWh për kWp (5147/4560).

Energjia mesatare vjetore e rrezatimit për energjinë rënëse diellore ditore mesatare vjetore, në kWh/m^2 për këndin e dhënë të pjerrësisë, 5.1 $kWh/m^2/ditë$ do të jetë 1861.5 kWh/m^2 (5.1 x 365). Koha e përgjithshme vjetore me intensitet të rrezatimit diellor standard 1000 W/m^2 që do të siguronte të njëjtën sasi të energjisë për çdo metër katror do të jetë 1861.5 h. Fuqia e parashikuar e sistemit në kushte standarde është 4560 Wp. Energjia ideale e prodhuar gjatë një viti nga sistemi do të jetë 8488.44 kWh (4.56 kW x 1861.5 h). Energjia faktike alternative e furnizuar nga sistemi gjatë një viti ishte 5147 kWh/vit.

Prej këtej treguesi i efektivitetit TE do të jetë 0.6 (5147/8488.44).

4.4 Kostoja për njësi të energjisë elektrike

Si tregues për vlerësimin e kostos për njësi të energjisë elektrike të furnizuar nga sistemi po përdorim metodën më të thjeshtë atë të raportit të investimit fillestar me energjinë e përgjithshme të furnizuar nga sistemi gjatë gjithë kohës së funksionimit të tij.

Kostoja për njësi e energjisë = koston e investimit / energjinë elektrike të furnizuar gjatë kohës së funksionimit

Është e natyrshme që treguesi i përdorur nuk jep vlerën më të saktë të këtij treguesi me që neglizhon ndikimin e shumë parametrave tekniko - ekonomik siç janë kostot e mirëmbajtjes, inflacionin, kostot e kredive etj, por megjithatë është një indikator i vlefshëm i efektivitetit ekonomik të projektit. Koha e funksionimit të një sistemi FV të lidhur me rrjetin si rregull është 20 vjet. Megjithatë element të veçantë të tij kanë kohë funksionimi më të vogël, ku më i rëndësishmi është inverteri. Kostoja e përgjithshme e sistemit është 25125 USD. Energjia e përgjithshme e furnizuar nga sistemi në rrjet gjatë 20 viteve do të jetë 102940 kWh (5147 kWh/vit x 20 vjet). Si rrjedhojë kostoja për njësi e energjisë elektrike të furnizuar në rrjet do të jetë 0.24 USD/kWh. Vlera e marrë, krahasuar me çmimin aktual të shitjes së energjisë elektrike nga rrjeti prej 11.4 lek/kWh ose 0.094 USD/kWh, është 2.57 herë më lartë.

Në këto kushte, pa hyrë në analiza të detajuara, është e qartë që një projekt i shfrytëzimit të sistemeve FV të lidhur me rrjetin për furnizimin me energji elektrike të jetë fisibël është e domosdoshme të zbatohet një politikë e përshtatshme tarifash fikse të shitjes së kësaj energjie elektrike dhe mbështetje financiare për investim fillestar, përfshirë këtu edhe koston e studimeve më të thelluara.

Përmbledhtas mund të themi se edhe pse sistemi FV i studiuar është i përmasave të vogla për një sistem FV të lidhur me rrjetin, u përcaktua një metodologji e përshtatshme për projektimin e çdo sistemi të ngjashëm FV të lidhur me rrjetin, metodologji në të cilën parashikohen hapat që duhen

ndjekur, parametrat e nevojshëm që duhen njohur apo llogaritur dhe specifikat rajonale të vendit të instalimit.

Në metodikë parashikohen verifikimi i situatës në vend, dokumentacioni tekniko - ekonomik i nevojshëm, energjia e përftuar, ndikimet e potencialit energjitik diellor, gjeometrisë së instalimit, kushteve meteorologjike, veçoritë e teknologjisë së përdorur, hijëzimeve apo pasqyrimeve, humbjet nga ndotjet atmosferike, humbjet në inverter dhe përmasat e tij, etj. Parametrat e përdorur gjatë vlerësimeve, kudo që ishte e mundur, janë përcaktuar në këtë studim. Në rastet e tjera janë përdorur parametra të përcaktuara nga studiues të tjerë të të njëjtit grup studimor ose janë shfrytëzuar parametra të standartizuar në bazë të eksperiencës më të mirë ndërkombëtare. Në përfundim vlerësimi i humbjeve të sistemit duke marrë parasysh të gjitha humbjet e llogaritura është 39.2 %.

Për vlerësimin e kostos për njësi të energjisë elektrike të furnizuar nga sistemi përdorëm metodën më të thjeshtë atë të raportit të investimit fillestar me energjinë e përgjithshme të furnizuar nga sistemi gjatë gjithë kohës së funksionimit të tij. Në këto kushte, pa hyrë në analiza të detajuara, është e qartë që një projekt i shfrytëzimit të sistemeve FV të lidhur me rrjetin për furnizimin me energji elektrike të jetë fisibël është e domosdoshme të zbatohet një politikë e përshtatshme tarifash fikse të shitjes së kësaj energjie elektrike dhe mbështetje financiare.

Përfundimet dhe Perspektivat

Përfundimet

Në studimin tonë ne kemi paraqitur dhe analizuar rezultatet e para që vijnë nga monitorimi i sistemit të parë FV të lidhur me rrjetin në Shqipëri, një sistem i përbërë nga dy grupe prej 12 panelesh silici polikristalin lidhur në paralel me njëri - tjetrin e më pas në seri, secila me tension qarku të hapur 44.8V DC dhe fuqi nominale 190 Wp, i instaluar në tarracën e Institutit të Gjeoshkencave, Energjisë, Ujit dhe Mjedisit. Fuqia e projektuar e sistemit FV është 4.56 kW në pikun e performancës. Sistemi është monitoruar për një vit. Panelet FV të instaluara janë orientuar drejt jugut, pra me kënd azimuti 0° dhe me pjerrësi 41° ndaj horizontit. Energjia elektrike e gjeneruar është ushqyer nëpërmjet rrjetit të tensionit të ulët të konsumatorit, 220 V, 50 Hz.

Shqipëria, me një pozicion të favorshëm gjeografik në pellgun e detit Mesdhe, ka kushte klimatike shumë të favorshme për shfrytëzimin e energjisë diellore. Klima mesdhetare me dimër të butë dhe të lagësht dhe verë të nxehtë dhe të thatë i shoqëruar me vlera të larta të intensitetit të rrezatimit diellor, në zgjatje të madhe të diellzimit (orëve me diell), temperatura dhe lagështia e ajrit të përshtatshme ofrojnë mundësi të konsiderueshme për përdorimin e energjisë diellore si burim energjie.

Vlera më e madhe e intensitetit të rrezatimit diellor është në muajin Qershor dhe Korrik dhe vlera me e vogël në muajin Janar dhe Dhjetor. Intensiteti mesatar ditor i rrezatimit diellor në qytetin e Tiranës ndryshon nga 1.68 kWh/m²/ditë në muajin Dhjetor në 6.74 kWh/m²/ditë në muajin Qershor për periudhën e marrë në studim. Vlera totale vjetore për periudhën e matur e intensitetit të rrezatimit diellor është 1442.13 kWh/m².

Gabimi absolut dhe gabimi relativ midis dy serive të matjeve, serisë kohore prej 30 vjetësh vëzhgim për kohëzgjatjen e rrezeve të diellit nga 26 stacione aktinometrike me serinë një vjeçare të periudhës së marrë në studim 2012 - 2013 janë ± 0.09 dhe 11.8 %, respektivisht, e cila bie brenda intervalit të pasigurisë së matjeve rutinë e vlerësuar nga Programi i Kërkimeve Klimatike Botërore (the World Climate Research Program) nga 6 deri në 12 %.

Rrezatimi i përgjithshëm diellor që bie mbi sipërfaqet e pjerrëta të paneleve fotovoltaike për periudhën e marrë në studim shihet që është dukshëm më i lartë se vlera e tij e matur nga stacioni meteorologjik kjo për shkak të marrjes në konsideratë mbas llogaritjeve rrezatimin diellor të shpërndarë dhe atë reflektues.

Zgjedhja e modelit energjitik më të mirë është realizuar duke u bazuar në devijimin standart më të mirë, sepse ai me të vërtetë reflekton saktësinë e modelit. Modelet e Durisch dhe Paatero japin rezultate të ngjashme me një avantazh më të lehtë për modelin e Paateros. Ndërsa modeli i Evans shfaq përparësi krahasuar me dy modelet e tjera ato të Durisch dhe Paateros.

Nga analiza statistikore e box ploteve dhe histogramave pamë që në rastin e të tre modeleve energjitike dhe eksperimentin 50 % e vlerave janë të përfshira mbrenda 1 sigmës. Nuk kemi pika ekstreme dhe kemi vetëm një pikë të vetme outliners jashtë 2 sigmës. Gjithashtu për numrin tonë

të matjeve mund të themi që mesatarja dhe mediana janë të afërta në vlera dhe nuk shihen diferenca të mëdha midis tyre.

Krahasimi i të dhënave eksperimentale të prodhimit të energjisë elektrike nga një sistem FV i lidhur me rrjetin dhe vlerave të llogaritura duke përdorur dy modelet energjitike, modelin e Evans dhe Durisch, treguan një ndryshim të qëndrueshëm ndërmjet të dhënave eksperimentale dhe atyre të parashikuar nga secili model. Të dy modelet energjitike japin rezultate që ndryshojnë jo shumë me njëri - tjetrin, ndërsa rezultatet eksperimentale të eficensës janë shumë të ndryshme dhe nuk përputhen me ta. Korrelacionet e forta lineare midis tre grupeve të të dhënave tregojnë se pjesa më e madhe e diferencave vijnë nga humbjet në sistemin elektrik të sistemit FV.

Korrektimi i kujdesshëm i parametrave të modeleve të Evans dhe Durisch të përcaktuara në kushte të kontrolluara laboratorike mund të përmirësojë ndjeshëm përputhjen e parashikimeve të tyre me rezultatet eksperimentale në një rast konkret. Për të realizuar një studim të tillë janë të nevojshme më shumë matje eksperimentale dhe kontroll më rigoroz i rezultateve për të shmangur ndikimet e faktorëve të ndryshëm që nuk lidhen me proceset fizike që studiohen.

Modelet energjitik të Durisch dhe Evans japin që të dy një përshkrim të kënaqshëm të eficensës së sistemeve fotovoltaike. Megjithatë, në çdo rast koeficientët e përdorur në çdo model duhet të përcaktohen eksperimentalisht. Rezulton se koeficientët e përcaktuar në kushte standarde janë larg nga ato eksperimentale. Në rastin tonë vlerat e koeficientëve që kanë përshtatje të mirë me të dhënat eksperimentale në modelin e Durisch duhet të ndryshojnë në p = 3.4968, q = 0.1152, m = -0.2475, r = 0.1133, s = 1.1546, u = 1 dhe në modelin e Evans në η_{ref} = 13.11, β' = 0.0069, γ = -1.0724. Gabimi absolut, pas optimizimit, për modelet e Durisch dhe Evans janë 13.4 % dhe 17.3 %, ndërkohë që koeficientët e korrelacionit me të dhënat eksperimentale janë 77.6 % dhe 78.1 %, respektivisht. Duke marrë parasysh të dhënat më lart modeli energjitik i Evans është pak më i mirë se modeli i Durisch.

Performanca e parametrave ditore, mujore dhe vjetor të sistemit FV janë vlerësuar dhe përfshijnë: energjinë e prodhuar, eficensën e sistemit, eficensën e inverterit dhe eficensën e moduleve FV. Gjatë periudhës së monitorimit eficensa e moduleve FV shkon nga rreth 17 % për vlera të ulëta të intensitetit të rrezatimit diellor (rreth $500W/m^2$) në rreth 10 % për vlera të larta të intensitetit të rrezatimit diellor (rreth $1000W/m^2$).

Gjithashtu marrëdhënia midis prodhimit të energjisë DC dhe prodhimit të energjisë AC duket të jetë pothuajse lineare, por për intensitet të ulët të rrezatimit diellor, poshtë 500W/m², humbjet në inverter rriten. Ekuacioni që i përshtatet më mirë të dhënave duket të jetë y = -0.02ln(x) + 0.237 dhe koeficienti i korrelacionit $R^2 = 0.834$.

Humbjet e energjisë në inverter, për sistemin tonë FV, varen nga dy faktorë kryesorë: fuqia DC në hyrje dhe temperatura e mjedisit. Ekuacionet që përshkruajnë më mirë lidhjen ndërmjet humbjeve të energjisë në sistemin e inverterit dhe fuqinë DC në hyrje ose temperaturën e mjedisit janë të dy funksione të fuqisë. Ne gjithashtu propozuam formulën empirike e cila merr në konsideratë ndikimin e dy faktorëve dhe është si mëposhtë:

$$y = 60.80x^{-0.31} - 11.70z^{-0.81} + 0.59$$

Koeficienti i korrelacionit është shumë i lartë R^2 =0.92, dhe F-faktor është 2825.7.

Formula e propozuar mund të jetë ndihmë gjatë përcaktimit të madhësisë së një inverteri ose llogaritjen e humbjeve të pritshme në sistemin e inverterit.

Edhe pse sistemi FV i studiuar është i përmasave të vogla për një sistem FV të lidhur me rrjetin, u përcaktua një metodologji e përshtatshme për projektimin e çdo sistemi të ngjashëm FV të lidhur me rrjetin, metodologji në të cilën parashikohen hapat që duhen ndjekur, parametrat e nevojshëm që duhen njohur apo llogaritur dhe specifikat rajonale të vendit të instalimit.

Në metodikë parashikohen verifikimi i situatës në vend, dokumentacioni tekniko - ekonomik i nevojshëm, energjia e përftuar, ndikimet e potencialit energjitik diellor, gjeometrisë së instalimit, kushteve meteorologjike, veçoritë e teknologjisë së përdorur, hijëzimeve apo pasqyrimeve, humbjet nga ndotjet atmosferike, humbjet në inverter dhe përmasat e tij, etj. e shprehur në formulën mëposhtë:

$$E_{sis.} = P_{proj.}xf_{tem.}xf_{tol.}xf_{ndot.}xH_{pjerrt~e}x\eta_{FV-inv.}x\eta_{inv.}x\eta_{inv.-perc.}$$

Për rajonin e vendndodhjes së sistemit FV që studiuam potenciali energjitik vjetor i rrezatimit diellor në sipërfaqe horizontale është 1442.13 kWh/m², potenciali maksimal arrihet për këndin e pjerrësisë së panelit me horizontin 33.5 gradë dhe vlera e tij është 5.1 kW/m²*ditë dhe ai vjetor maksimal është 1861.5 kWh/m². Kjo vlerë arrihet për orientimin e panelit FV në drejtim të jugut, pra për këndin azimutit zero. Nëse pjerrësia ndryshon nga këndi i vlerës maksimale, potenciali energjitik do të zvogëlohet me një ritëm prej 0.08 % W për gradë.

Në rastin e modulit tonë poli kristalin me fuqi të projektuar 190 Wp me koeficient temperature - 0.5%/°C humbja e fuqisë për shkak të temperaturës do të jetë 15%. Në këtë llogaritje është konsideruar një temperaturë mesatare gjatë periudhës së nxehtë të vitit. Megjithatë në rastet e një projekti konkret si rregull vlerësohen humbjet maksimale dhe ato minimale gjatë gjithë periudhës vjetore.

Zvogëlimi i prodhimtarisë së modulit mund të zvogëlohet si rrjedhojë e mbivendosjes së ndotjeve në sipërfaqen e modulit. Nëse nuk jeni të sigurt, ulja e prodhimtarisë mund të merret rreth 5 % e vlerës së llogaritur mbas korrigjimit për teknologjinë e prodhimit. Humbjet e prodhimtarisë së FV për shkak të përqendrimit të aerosolëve në atmosferë janë në masën rreth 9.1 %. Në total humbjet për shkak të ndotjeve në rajonin në shqyrtim mund të vlerësohen rreth 14.1 %.

Humbjet në kabllot lidhës janë 3 %, kështu që energjia e vazhduar në dalje do të zvogëlohet edhe për shkak të rënies së tensionit në kabllot lidhës me inverterin.

Energjia e furnizuar nga inverteri do të zvogëlohet më tej në saj të humbjeve në inverter gjatë procesit të transformimit të tensionit të vazhduar që furnizohet nga panelet FV në tension alternativ me parametrat e rrjetit qëndror. Humbjet mesatare të energjisë në inverterin e sistemit në studim janë vlerësuar 7.1 %.

Në përfundim vlerësimi i humbjeve të sistemit duke marrë parasysh të gjitha humbjet e llogaritura është 39.2 %.

Për vlerësimin e kostos për njësi të energjisë elektrike të furnizuar nga sistemi përdorëm metodën më të thjeshtë atë të raportit të investimit fillestar me energjinë e përgjithshme të furnizuar nga sistemi gjatë gjithë kohës së funksionimit të tij. Kostoja për njësi të energjisë elektrike të furnizuar në rrjet do të jetë 0.24 USD/kWh. Vlera e marrë, krahasuar me çmimin aktual të shitjes së energjisë elektrike nga rrjeti prej 11.4 lek/kWh ose 0.094 USD/kWh, është 2.57 herë më lartë. Në këto kushte, pa hyrë në analiza të detajuara, është e qartë që një projekt i shfrytëzimit të sistemeve FV të lidhur me rrjetin për furnizimin me energji elektrike të fisibël është e domosdoshme të zbatohet një politikë e përshtatshme tarifash fikse të shitjes së kësaj energjie elektrike dhe mbështetje financiare.

Perspektivat

Sistemet fotovoltaike janë një teknologji shumë pak e përhapur në Shqipëri. Në krahasim me vendet e rajonit kemi vlera shumë të vogla të importit të kësaj teknologjie. Një ndër arsyet janë edhe barrierat burokratike që një konsumator i interesuar has në shfrytëzimin e këtyre sistemeve si dhe mungesa e tarifave promovuese të shfrytëzimit të kësaj teknologjie. Deri më sot importi i tyre gjatë viteve nuk i kalon 1 milion dollarë, shumë pak në krahasim me fqinjët tanë. Nga databaza statistikore e OKB-së dhe të dhënat e GDP-së të secilit vend, gjejmë se pjesa e GDP-së që Shqipëria i kushton importit të paneleve fotovoltaike mesatarisht çdo vit për periudhën 2007 - 2011, është vetëm sa 19 % e asaj që Mali i Zi shpenzon, sa 5 % e importeve të Rumanisë, sa 1.3 % e importeve të Greqisë, sa 0.2 % e importeve të Bullgarisë dhe sa 6 % e importeve të Maqedonisë (të llogaritura këto si pjesë e GDP-së mesatare nominale të secilit vend). Të pakëta janë kompanitë të cilat merren me shitjen dhe instalimin profesionial të këtyre lloj panelesh në Shqipëri.

Por situata në tregun botëror pritet të ndryshojë në vitet e ardhshme. Investimet me qindra miliarda dollar në impiantet e prodhimit të tyre sa vjen e po e ulin çmimin e këtyre sistemeve. Kohët e fundit sistemet fotovoltaike po përhapen dhe në Shqipëri. Në Vaqarr, Tiranë, u përurua së fundmi ndriçimi rrugor me sisteme fotovoltaike. Sisteme fotovoltaike janë instaluar nga Valbona, në Theth, në Rrajcë të Librazhdit, në Finiq të Sarandës, në Shkodër, Tiranë etj. .Shqipëria është shumë e pasur me energji diellore, me uljen e çmimit të paneleve FV dhe rritjen e çmimit të shitjes me pakicë të energjisë elektrike, do të ketë gjithmonë e më shumë interes për përhapjen e kësaj teknologjie.

Lidhja e paneleve fotovoltaike në rrjetin e shpërndarjes bën të panevojshëm përdorimin e baterive për ruajtjen e energjisë fotovoltaike, bateri të cilat përbëjnë pjesë të konsiderueshme të kostos së sistemit fotovoltaik. Me kyçjen e paneleve FV në rrjet, klienti nuk ka nevojë të investojë në bateri për grumbullimin e energjisë së tepërt, por e shet atë në rrjet. Bateritë përbëjnë 20 - 30 % të kostos totale të një sistemi fotovoltaik. Nga ana tjetër, sistemi i shpërndarjes dhe i transmetimit, nuk ka nevojë të kryejë investime për kyçjen e paneleve FV në rrjetin elektrik.

Studimi i paraqitur është kontributi i parë në përcaktimin e mundësive të përdorimit të sistemeve fotovoltaike për furnizimin me energji elektrike të rrjeteve qëndrore të energjisë elektrike. Rezultatet e arritura në këtë studim për një sistem pilot do të shërbejnë si udhërrëfyese për studime të eficencës së sistemeve më të mëdha. Në zbatimin e burimeve të energjive të ripërtërishme çdo rast konkret është një rast i veçantë, për të cilin është e domosdoshme një vlerësim specifik. Rezultatet e arritura në këtë studim janë një informacion shumë i dobishëm për metodologjinë që duhet të përdoret në raste të tjera të ngjashme, por që me rritjen e përmasave të parqeve fotovoltaike duhen përmirësuar dhe saktësuar.

Për vlerësimin e produktivitetit të një sistemi fotovoltaik duhen marrë në konsideratë të dhënat e rrezatimit të vendit dhe plani i ekspozimit përveç arkitekturës elektrike të sistemit. Një sistem apo impiant fotovoltaik karakterizohet nga humbje të shumta të shkaktuara si nga faktorë të lidhur ngushtë me operimin e sistemit, ashtu edhe nga faktorët mjedisorë. Për të krijuar një

përfytyrim më konkret të faktorëve të shumtë që duhen analizuar në një rast konkret po përmendim disa prej tyre: humbjet nga reflektimi, humbjet nga hijëzimi, humbjet e shkaktuara nga mungesa e njëtrajtshmërisë të karakteristikave elektrike të qelizave dhe të moduleve FV, humbjet nga pjerrësia e instalimit të paneleve, humbjet nga hijëzimet e pjesshme në zonën/fushën ku instalohen modulet fotovoltaike, humbjet nga temperatura, humbjet nga inverterat, humbjet nga pluhurat, etj. Eficenca e vërtetë e një fushe fotovoltaike merr në konsideratë shumën e të gjithë humbjeve të paraqitura në sistem dhe përgjithësisht varion nga 75 % në 85 % të fuqisë së instaluar të sistemit fotovoltaik, ku ndikimi i faktorëve të përmendur e kalon 18 deri 25 %. Mjaftojnë këto pak të dhëna për të dëshmuar rëndësinë e realizimit të një studimi bazuar në të dhënat konkrete për vlerësimin e eficencës së çdo projekti investimi në fushën e shfrytëzimit të energjisë diellore për prodhimin e energjisë elektrike.

Bibliografia

1. International Energy Outlook, 2008 Energy Information Administration, Available online. 2008.

2. **Report prapered for Industry Canada by the Delphi Group.** Unleashing the Potential of On-Grid Photovoltaics in Canada. Canada: Retrieved February 2009, An Action Plan to make PV an Integral Component of Canada's Energy Future. 2003.

3. **REN21**, *Renewables 2016*, *Global Status Report*, Renewable Energy Policy for 21st Century, 2016,. REN21 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.

4. **Ministria e Ekonomisë, Tregtisë dhe Energjetikës.** *Strategjia Kombëtare e Eenergjisë 2013 -2020. http://shtetiweb.org/wp-content/uploads/2014/06/Strategjia-Kombetare-Energjise-2013-2020-draft.pdf.* Tiranë : Ministria e Ministria e Ekonomisë, Tregtisë dhe Energjetikës, Prill 2012.

5. Prof. S. Xhelepi, Prof. A. Frasheri, Prof. M. Sanxhaku, Prof. As. V. Mustaqi, Dr. B. Islami, etc., "Studim mbi vlerësimin e potencialeve të energjive të rinovueshme në Shqipëri". https://issuu.com/coplan/docs/2007_studim_mbi_potencialin_e_energ, 2007. Co-Plan, ISBN, financuar nga Cord-aid.

6. "*Mbi shfrytëzimin e mundshëm të energjisë diellore në Shqipëri*", Projekt kombetar i financuar nga Komiteti i Shkencave, (1985-1989).

7. A.S. Elhodeiby, H.M.B. Metwally, M.A. Farahat, *Performance analysis of 3.6 kW rooftop grid connected photovoltaic system in Egypt.* Cairo, Egypt, International Conference on Energy Systems and Technologies (ICEST 2011), 11-14 March 2011.

8. M. Sidrach-de-Cardona, Ll. Mora Lopez, *Performance analysis of a grid-connected photovoltaic System*, 1999 Elsevier Science Ltd, s.l. : Elsevier Science Ltd, 1999, Vol. Energy 24 (1999) 93–102.

9. **REN21.** *REN21.* 2010. *Renewables* 2010 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat). Paris, Copyright © 2010 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH., 2010.

10. Niez A., Comparative Study on Rural Electrification Policies in Emerging Economies. *Information paper of International Energy Agency*. 2010.

11. Gíslason Ó., Energy policies and climate change. EFTA Seminar on the EEA – Spring 2008, 2008.

12. REN21. "Renewables 2014 Global Status Report". Paris, 2015. ISBN 978-3-9815934-2-6.

13. Thodhorjani. S, Cela. B, Hanxhari. J, Jorgji. V, Aleti. R., "Burimet e Energjisë". Tiranë, SHBLU, 2008.

14. National Renewable Energy Laboratory (NREL). 2013 Renewable Energy Data Book. 2014.

15. **U.S. energy Information Administration.** *Annual Energy Review 2009, Table 1.3, Primary Energy Consummation by Energy Source, 1949 – 2009 (August 2010).* http://www.eia.doe.gov/energy_in_brief/renewable_energy.cfm, August 2010.

16. European Commission. Combating climate change. The EU leads the way. European Commission document available on http://ec.europa.eu/publications/booklets/move/75/en.pdf. 2008.

17. Oettinger G. Renewables make the difference. European Commission report, 2010. 2010.

18. **K. Bucher.**, *Site dependence of the energy collection of PV modules.* Solar Energy Materials and Solar Cells 1997, 1997.

19. G. Notton, V. lazarov, L. Stoyanov, Optimal sizing of a grid-connected PV system for various PV module technologies and inclinations, inverter efficiency characteristics and locations. Elsevier 2009, 2009, Renewable Energy.

20. **M. Sanxhaku.**" *Disa veçori të regjimit të rrezatimit diellor në Shqipëri*". Studime Meteorologjike dhe Hidrologjike, Nr.9., 1983.

21. Martín Mariano., "Alternative Energy Sources and Technologies". (Springer, 2016), 2016.

22. Principles of Solar Engineering . s.l. : 3rd Ed [2015], 2015.

23. Vartiainen E., "A new approach to estimating the diffuse irradiance on inclined surfaces" Renewable Energy, Vol. 20, 1999.

24. Quaschning, Volker. "*The Sun as an Energy Resouce, Technology Fundamentals*" Renewable Energy World Magazine, pp. 90-93, May 2003.

25. **S. Roy.** "Optimal planning for utility generation by photovoltaic sources spread across multiple site". IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 21, No. 1, pp 181-186, March 2006.

26. N. Kawasakia, T. Oozekia, K. Otania, K. Kurokawaa, "An evaluation method of the fluctuation characteristic of the photovoltaic system by using frequency analysis. 2006: Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 90.

27. A. Woyte, R. Belmans, J. Nijs, "Fluctuations in instantaneous clearness index: Analysis and Statistics". Solar Energy, Vol. 81, 2007.

28. J. Ehnberg, M. Bollen, "Simulation of global solar radiation based on cloud observations" Solar Energy, Vol. 78, 2005.

29. J. Polo, L. Zarzalejo, L. Ramirez, B. Espinar. "Iterative filtering of ground data for qualifying statistical models for solar irradiance estimation from satellite data". Solar Energy, Vol. 80, 2006.

30. F. Vignola, P. Harlan, R. Perez, M. Kmiecik, "Analysis of satellite derived beam and global solar radiation data". Solar Energy, Vol. 81, 2007.

31. A. Moreno-Munoz, J. de la Rosa, R. Posadillo, V. Pallares, "Short term forecasting of solar radiation". IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2008. ISIE 2008.

32. E. Crispin, P. Ferreira, A. Ruano, "Solar radiation prediction using RBF Neural Networks and cloudiness indices". International Joint Conference on Neural Networks, 2006. IJCNN.

33. A. Mellit, M. Menghanem, M. Bendekhis, "Artificial neural network model for prediction solar radiation data: aplication for sizing stand-alone photovoltaics power system". IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2005.

34. D. M. Chapin, C. S. Fuller and G. L. Pearson, "A New Silicon p-n Junction Photocell for Converting Solar Radiation into Electric Power". Journal of Applied Physics, Vol. 25, May 1954. Issue 5.

35. A. Goetzberger and V. U. Hoffmann, "Photovoltaic Solar Energy Generation". Springer Series in Applied Science, 2005.

36. R. A. Messenger and J. Ventre, "Photovoltaic Systems Engineering", 2nd edition, CRC press, 2004.

37. http://www.solarbuzz.com/moduleprices.htm. Retrieved. February 2009.

38. J. Szlufcik, S. Sivoththaman, J.F. Nlis, R.P. Mertens, R. Van Overstraeten, "Low-cost industrial technilogies of cristalline silikon solar cells". Proceedings of the IEEE, vol. 85, no. 5, pp. 711-730, May 1997.

39. A. Breeze, "Next generation thin-film solar cells", IEEE International Reliability Physics Symposium, 2008. IRPS 2008.

40. Hans. Rauschenbach, "Solar Cell Array Design Handbook" Van Nostrand Reinhold, Ltd., 1980.

41. J. A. Duffie, W. A. Beckman, "Solar Engineering of Thermal Processes", New York: second edition John Wiley & Sons Inc., 1991.

42. J.A.Gow, C.D.Manning, "Development of a photovoltaic array model for use in power electronics simulation studies". IEEE Proceedings Electronic Power Applications, Vol. 146, March 1999. Issue 2.

43. E. van Dyk, E. Meyer, "Analysis of the effect of parasitic resistances on the performance of *Photovoltaic Modules*". Renewable Energy, Vol. 29, 2004.

44. W. De Soto, S.A. Klein, W.A. Beckman, "Improvement and validation of a model of PV array performance". Solar Energy Journal, Vol. 80, No. 1, 2006.

45. Liu Shengyi, R.A. Dougal, *Dynamic multiphysics model for solar array*" IEEE Transactions of Energy Conversion, Vol. 17, June 2002. Issue 2.

46. W. Xiao, M. Lind, W. Dunford, A. Capel, "*Real-Time Identification of Optimal Operating Points in Photovoltaics Power System*". IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. 53, No. 4, August 2006.

47. "Real-Time identification of Optimal Operating points in photovoltaics power systems". IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. 53, No. 4, August 2006.

48. W. Xiao, W. Dunford, A. Capel, "A Novel Modeling Method for Photovoltaic Cells," IEEE 35th Annual Power Electronics Specialists Conference, 2004. PESC 04.

49. **Paatero, J.V., Lund, P.D.,** Effects of large-scale photovoltaic power integration on electricity distribution networks. Vol. 32, pp. 216-234, Renewable Energy. Renewable Energy, vol. 32, pp. 216-234, 2007., 2007.

50. **M. Veerachary,** "*PSIM Circuit-Oriented Simulator Model for the Nonlinear Photovoltaic Sources*". IEEE Transactions on Aerospace and Electronics Systems, Vol. 2, Issue 2, April 2006.

51. S.B. Kjaer, J.K. Pedersen, F. Blaabjerg, "A review of single-phase grid-connected inverters for photovoltaics modules", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 41, Issue 5, 2005.

52. Y. Xue, L. Chang, S. B. Kjaer, J. Bordonau, T. Shimizu, "Topologies of single-phase inverters for small distributed power generations: an overwiev". IEEE Transaction on Power Electronics, Vol. 19, 2004.

53. **G.R. Walker, P.C. Sernia**, "*Cascaded DC-DC converter connection of photovoltaic modules*". IEEE Transaction on Power Electronics, Vol. 19, No. 4, 2004.

54. **B. Ho, H. Chung,** "An Integrated Inverter With Maximum Power Tracking for Grid-Conencted PV Systems". IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 20, No. 4, July 2005.

55. **N. Femia, G. Petrone, G. Spagnuolo, M. Vitelli,** "*Optimization of Perturb and Observe Maximum Power Point Tracking Method*". IEEE Transaction on Power Electronics, Vol. 20, No. 4, July 2005.

56. J. Park, J. Ahn, B. Cho, G. Yu, "Dual-Module-Based Maximum Power Point Tracking Control of Photovoltaics Systems". IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. 53, No. 4, 2006.

57. N. Mutoh, M. Ohno, T. Inoue, "A Method for MPPT Control While Searching for Parameters Corresponding to Weather Conditions for PV Generation Systems". IEEE Transaction to Industrial Electronics, Vol. 53, No. 4, August 2006.

58. **T. Esram, P.L. Chapman,** "Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques". IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 22, No. 2, June 2007.

59. **T. Shimizu, M. Hirakata, T. Kamezawa, H. Watanabe,** "*Generation control circuit for photovoltaics modules*". IEEE Transaction for Power Electronics, Vol. 16, No. 3, May 2001.

60. K. Kobayashi, I. Takano, Y. Sawada, "A study on a two stage maximum power point tracking control of a photovoltaic system under partially shaded insolation conditions". IEEE Power Engineering Society General Meeting, Vol. 4, 13-17 July 2003.

61. S. Busquets-Monge, J. Rocabert, P. Rodriguez, S. Alepuz, J. Bordonau, "Multilevel Diode-Clamped Converter for Photovoltaic Generations with Independent Voltage Control of each Solar Array". IEEE Transaction of Industrial Electronics, Vol. 55, No. 7, July 2008.

62. F. Blaabjerg, R. Teodorescu, M. Liserre, A.V. Timbus, "Overview of Control and Grid Sinchronization for Distributed Power Generation Systems". IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. 53, No. 5, October 2006.

63. J. Kwon, K. Nam, B. Kwon, "Photovoltaic Power Conditioning System With Line Conection". IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. 53, No. 4, August 2006.

64. **B. Blazic, I. Papic,** "Advanced control of a converter used for connection of photovoltaic modules". IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2006.

65. "IEEE Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic (PV) Systems". IEEE std 929, 2000.

66. "IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems". IEEE Std 1547, 2003.

67. **H. Zeineldine,** "Distributed generation micro-grid operation: control, protection and electricity market operations". PhD Disertation, Dep. Electrical Engineeering, University of Waterloo, Canada, 2006.

68. **M. Ropp, M. Begovic, A. Rohatgi, G. Kern, R. Bonn, S. Gonzalez,** "Determining the Relative Effectivenes of Islanding Detection Methods Using Phase Criteria and non Detection Zones". IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 15, No. 3, September 2000.

69. L. Lopes, H. Sun, "Performance Assessment of Active Frequency Drifting Islanding Detections Methods". IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 21, No. 1, March 2006.

70. A. Woyte, R. Belmans, J. Nijs, "Testing the Islanding Protection Function of Photovoltaic Inverters". IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 18, No. 1, March 2003.

71. L. Lopes, Z. Yongzheng, "Islanding Detection Assessment of Multi-Inverter Systems With Active Frequency Drifting Methods", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 23, Issue 1, January 2008.

72. S. Alepuz, S. Busquets-Monge, J. Bordonau, J. Gago, D. Gonzalez, J. Balcells, "Interfacing Renewable Energy Sources to the Utility Grid a Three-Level Inverter". IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 53, No.5, October 2006.

73. **T.F. Wu, C.H. Chang, Y.K. Chen,** "A multi-function photovoltaic power supply system with grid connection and power factor correction features". IEEE 31st Annual Power Electronics Specialists Conference, 2000. PESC 2000, Vol. 3, 2000.

74. E.F. El-Saadany, M.M.A. Salama, M.I. Marei, "A novel control algorithm for the DG interface to mitigate power quality problems". IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 9, No. 3, July 2004.

75. Wu Libo; Zhao Zhengming; Liu Jianzheng, "A Single-Stage Three-Phase Grid-Connected Photovoltaic System with Modified MPPT Method and Reactive Power Compesation", IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 22, No. 4, 2007.

76. C.V Nayar,.; M. Ashari,; W.W.L. Keerthipala, "A grid-interactive photovoltaic uninterruptible power supply system using battery storage and a back up disel generation". IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 15, No. 3, September 2000.

77. Walid A. Omran, Mehrdad Kazerani, and M. M. A. Salama, "Impacts of Large Grid-Connected PV System". Toronto, Canada: 2009 CIGRE, Canada Conference on Power System, October 4-6, 2009.

78. "Revised FIT Program Rules, Standard Definitions and Price Schedule - Draft July 10,2009". Avaiable online: http://www.powerauthority.onn.ca/fit/. Retrive August 2009.

79. **B. H. Chowdhury, and A. W. Sawab,** "Evaluating the Value of Distributed Photovoltaic Generation in Radial Distribution Systems". IEEE Transaction in Energy Conversion, Vol. 11, No. 3, September 1996.

80. **T. Hoff and D.S. Shugar,** "*The Value of Grid-Support Photovoltaics in Reducing Distribution System Losses*". IEEE Trasaction on Energy Convesion, Vol. 10, No. 3, September 1995.

81. **T. Hoff, H. J. Wenger, and B. K. Farmer,** "The Value of Grid-Support Photovoltaics in Providing Distribution System Voltage Support". San Jose, SA: in Proc. American Solar Energy Society Annual Conference, 1994.

82. M. M. El-Gasseir, K. P. Alteneder, J. Bigger, "Enhancing Transformer Dynamic Rating Through Grid Application of Photovoltaic Array". Proceedings of the 23rd IEEE PV Specialist Conference, May 1993.

83. W. T. Jewell, R. Ramakumar, "*The effects of moving clouds on electric utilities with Disperse PV Generation*". IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. EC-2, Issue 4, December 1987.

84. J. Boland, M. Dik, "The level of complexity needed for weather data in models of solar system performance". Solar Energy, Vol. 71, Issue 31, 2001.

85. J. F. Jockell, S Rahman, "Application of High Resolution Insolation Data for Photovoltaic System Design Analysis". IEEE Energy and Information Technologies in the Southeast, Vol. 3, 9-12 April 1989.

86. **R. Gansler, S. Klein, W. Beckman,.** "Investigation of minute radiation data" Solar Energy, Vol. 55, 1995.

87. G. Vijayakumar, M. Kummert, S. Klein, W. Beckman, "Analysis of short-term solar radiation data". Solar Energy, Vol. 55, 1995.

88. C. Craggs, E. M. Conway and N. M. Pearsall, "Statistical investigation of the optimal averaging time for solar irradiance on horizontal and vertical surfaces in the UK". Solar Energy 68, 2000.

89. **S. Rahman, M Bouzguenda,** "A model to determine the degree of penetration and energy cost of large scale utility interactive photovoltaic systems". IEEE Transaction on Energy Converse, Vol. 9, Issue 2, June 1994.

90. W. T. Jewell, R. Ramakumar, S.R. Hill, "A study of dispersed PV generation on the PSO System". IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 3, Issue 3, December 1988.

91. Yun Tiam Tan and Daniel S Kirschen, "Impact on the Power System of a Large Penetration of photovoltaic generation". IEEE Power Engineering Society General Meeting, 24-28 June 2007.

92. G. A.Vokas, A. V.Machias, "Harmonic voltages and currents on two Greek islands with photovoltaic stations: study and field measurements", IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 10, No. 2, June 1995.

93. A. R. Oliva, J. C.Balda, "A PV dispersed generator: a power quality analysis within the IEEE 519". IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 8, No. 2, April 2003.

94. J.H.R. Enslin, P.J.M. Heskes, . "Harmonic interaction between a large number of distributed power inverters and distribution network". IEEE Transaction on Power Electronics, Vol. 19, No. 6, November 2004.

95. A. Kotsopoulos, P. J. M. Heskes, M.J. Jansen, "Zero-crossing distortion in grid-connected PV inverters". IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. 52, No. 2, April 2005.

96. E. C. Kern Jr., E. M. Gulachenski, G. A. Kern, "Cloud effects on distributed photovoltaic generation: slow transients at the Gardner, Massachusetts Experiment". IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 4, 1989.

97. A. Gross, J. Bogensperger, and D. Thyr, "Impacts of large scale photovoltaic systems on the low voltage network". Solar Energy, Vol. 59, Issue 4-6, 1997.

98. S. Conti, S. Raiti, G. Tina and U. Vagliasindi, "Study of the Impact of PV Generation on Voltage profile in LV distribution networks". Portugal: IEEE Proc. IEEE power tech., Vol. 4, 10-13 September 2001.

99. A. Canova, L. Giaccone, F. Spertino, M. Tartaglia, "Electrical Impact of Photovoltaic Plant in Distribution Network". IEEE Transaction on Industry Application, Vol. 45, No. 1, Janary - February 2009.

100. Chowdhury, B. H., "Effect of central station photovoltaic plant on power system security". Proc. of 21th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Kissimmee, FL, May 1990.

101. V. H. M. Quezada, J. R. Abbad, and T. G. San Román, "Assessment of Energy Distribution Losses for Increasing Penetration of Distributed Generation". IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 21, No. 2, May 2006.

102. Bushati. S, Thodhoriani. S, Berberi. P, Shutina. D, Leskoviku. A, Agolli. E. "*National background report on Energy for Albania*", http://wbc-inco.net/attach/WBC-INCO.net_AL-Report_Energy_2012_v02.pdf., 2012.

103. Potenciali natyror i energjive të rinovueshme (asaj të erës dhe atë diellore). Projekt i financuar nga Programi për Kërkim dhe Zhvillim, 2003-2006.

104. *Disa probleme per procesimin e disa elementeve klimatike per planifikimin e territorit,* Studime Meteorologjike dhe Hidrologjike Nr.12, 1987.

105. **Sanxhaku, M.** *Vecorite kryesore te rrezatimi diellor global ne Shqiperi*, s.l.: Studime Meteorologjike dhe Hidrologjike Nr.11,, 1986.

106. **B. Themelko, M. Sanxhaku.** "*Rrezatimi i mundshëm diellor në fushën e Tiranës*". Tiranë: Studime meteorologjike dhe hidrologjike, Akademia e Shkencave, Nr. 7, 1981.

107. "Meteorological aspects of the utilization of solar radiation as an energy source". 1981. Technical note 172 WMO.

108. **Sanxhaku M.** "*Mbi racionalizimin e rrjetit heliografik e aktinometrik*". Tiranë, Akademia e Shkencave, Instituti Hidrometeorologjik, 1987, Studime Meteorologjike dhe Hidrologjike.

109. Sanxhaku M., "Mbi frekuencën e ditëve me diellzim", Tiranë: Studime Meteorologjike dhe Hidrologjike Nr.13, 1989.

110. Sanxhaku M., "Vlerësimi i rrezatimit të drejtëpërdrejtë diellor me metoda analitike". Studime Meteorologjike dhe Hidrologjike Nr. 8, 1982.

111. Sanxhaku M., "Vecoritë e regjimit të rrezatimit diellor në Shqipëri", botim i ASHSH, Studime meteorologjike dhe hidrologjike, Nr. 9, 1983.

112. Paul W. Stackhouse, William S. Chandler, Taiping Zhang, David Westberg, Andy J. Barnett, James M. Hoell, *Surface meteorology and Solar Energy (SSE) Release 6.0 Methodology*. Booz Allen Hamilton Inc, Norfolk, Nasa Langley Research Center SSAI/NASA Langley Research Center, 2016.

113. **M. Sanxhaku, A. Lufi.** "Vlerësimi i rrezatimit diellor dhe diellzimit në faqet vertikale të ndërtesave", Studime meteorologjike dhe Hidrologjike, Tiranë: Akademia e Shkencave, Instituti Hidrometeorologjik, 1984.

114. J. E. Braun and J. C. Mitchell . *Solar Geometry For Fixed And Tracking Surfaces, Solar Energy Vol.* 31, No. 5, Pp. 439-444, 1983, 1983.

115. T. Muneer. "Solar radiation and daylight models,", Elsevier, Oxford, 2004.

116. Armani M., Sparber W. Parretta, A. Antonini, A. Butturi, M. Stefancich, *Performance monitoring of different PV systems installed in Nothern Italy*. Milano, Italy: 22nd EPEC, 3-7 September 2007.

117. Mohring H.D., Stellbogen D., Schaffler R., Oelting S., Gegenwart R., Outdoor performance of polycrystalline thin film PV modules in different European climates. Paris, France: 19th EPSEC, 7-11 June, 2004.

118. Smiley E.W., Stamenic L., Jones J.D., Stojanovic M., Performance modelling of building integrated photovoltaic systems. Glasgow, UK: 16th EPSEC, 2000.

119. **Ramsome S. Durham,** A summary of outdoor testing and modelling of PV systems. available at *http://www.bp.com.* PVSAT3 Congress, 2007.

120. DL. Evans., Simplified method for predicting photovoltaic array output. Solar Energy, 1981.

121. Evans DL, Florschuetz LW., Cost studies on terrestrial photovoltaic power systems with sunlight concentration. 1977, Vëll. i Solar Energy 1977.

122. Bergene T., Lovik O., Model calculations on a flat-plate solar heat collector with integrated solar cells. Solar Energy, vol. 55, pp. 453-462, 1995, 1995.

123. Hegazy A. A., Comparative study of the performances of four photovoltaic/thermal solar air collectors. *Energy Conversion and Management, vol. 41, pp. 861-881, 2000.*

124. Nolay P., Développement d'une méthode générale d'analyse des systèmes photovoltaïques. M.S. Thesis, Ecole des Mines, Sophia-Antipolis, France, 1987.

125. **ASTM,** *Standard test methods for electrical performance of nonconcentrator terrestrial photovoltaic modules ad arrays using reference cells,* American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA., 1998. Standard E1036.

126. Myers D.R., Emery K., Gueymard C., *Revising and validating spectral irradiance reference standards for photovoltaic performance.* Reno, Nevada, s.n., 15-20 June, 2002. In: ASES/ASME Solar 2002 Conference Proceeding,.

127. Durisch W, Bitnar B, Mayor JC, Kiess H, Lam KH, Close J., Efficiency model for photovoltaic modules and demonstration of its application to energy yield estimation. 2007, Solar Energy Materials and Solar Cells 2007.

128. Kasten F., Young A.T., Revised optical air mass tables and approximation formula. *Applied Optics*, *vol. 28, pp. 4735–4738, 1989. s.l.* : Applied Optics, vol. 28, pp. 4735–4738, 1989., 1989.

129. **RG. Ross.**, *Interface design considerations for terrestrial solar cell modules*. Baton Rouge, Louisana, USA: In: 12th IEEE photovoltaic specialist's conference, 15 – 18 November 1976.

130. **R manual.,** "*R:* Box Plot Statistics". http://stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/grDevices/html/boxplot.stats.html. Retrieved 26 June 2011.

131. Tukey J. W., Exploratory Data Analysis. 1977, Section 2C.

132. Velleman, P. F. and Hoaglin, D. C., Applications, Basics and Computing of Exploratory Data Analysis. Duxbury Press, 1981.

133. McGill Robert, Tukey John W., Larsen Wayne A., "Variations of Box Plots". The American Statistician 32 (1): 12–16, February 1978. doi:10.2307/2683468. JSTOR 2683468.

134. Chambers J. M., Cleveland W. S., Kleiner B. and Tukey P. A. *Graphical Methods for Data Analysis.* 1983, Wadsworth & Brooks/Cole.

135. Emerson J. D and Strenio J. Boxplots and batch comparison. Chapter 3 of Understanding Robust and Exploratory Data Analysis, eds. D. C. Hoaglin, F. Mosteller and J. W. Tukey. Wiley. 1983.

136. **M. Hubert, E. Vandervieren.**, "*An adjusted boxplot for skewed distributions*". Computational Statistics and Data Analysis 52 (12): 5186–5201, 2008. doi:10.1016/j.csda.2007.11.008.

137. Irma Bërdufi, Pëllumb Berberi, Driada Mitrushi, Valbona Muda, Daniela Topçiu, Urim Buzra. The Performance of a Grid Connected Photovoltaic System Part I: Durisch and Evans Energetic Models. *9th International Physics Conference of the Balkan Physical Union (BPU-9).* 2016, http://scitation.aip.org/content/aip/proceeding/aipcp/1722, AIP Conf. Proc. 1722, 280003, 2016.

138. **D. Venard.**, *Performance monitoring of a northern 3.2 kWp grid-connected photovoltaic system*. In: Proceedings of the 28th IEEE photovoltaic specialist conference 2000. p. 1711–5.

139. Omer SA, Wilson R, Riffat SB. Monitoring results of two examples of building integrated PV (BIPV) systems in the UK. Renew Energy 2003; 28: 1387–99.

140. Mondol JD, Yohanis YG, Norton B. *The effect of low insolation conditions and inverter oversizing on long-term performance of grid connected photovoltaic system*". Prog Photovolt Res Appl, 2007.

141. L.M. Ayompe, A. Duffy, S.J. McCormack, M. Conlon. *Measured performance of a 1.72 kW rooftop grid connected photovoltaic system in Ireland*, Elsevier Ltd. Energy Conversion and Management 52 (2011) 816–825, 2011.

142. Urim Buzra, Pellumb Berberi, Driada Mitrushi, Valbona Muda, Daniela Halili, Irma Berdufi, "An Assessment of Impact of Anthropogenic Aerosols In Atmosphere of Tirana on Solar Insolation. Part I: Clear day verification of ground insolation". AIP Conf. Proc. 1722, 2016.

143. **Irma Bërdufi, Pëllumb Berberi**, "Inverter Losses Analysis of 4.56kW Rooftop Grid Connected Photovoltaic System in Tirana". Issue 5, Germany: Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), May – 2016, Vol. ISSN: 2458-9403. Vol. 3.

Shtojca 1

Për përcaktimin e cilësisë së një modeli, ne do të përdorim parametrat e ndryshëm të gabimeve statistikore. Këto parametra mund të shprehen në vlerë absolute, atëherë ato kanë të njëjtin dimension si variablat e përdorur, ose në terma relative duke pjesëtuar vlerën absolute nga vlera mesatare e variablave eksperimentale. Në këtë punë, janë përdorur gabimet e mëposhtme:

• Gabimi absolut mesatar – i cili tregon nëse një model mbi vlerëson ose nën vlerëson realitetin apo të dhënat eksperimentale. Gabimi absolut mesatar jepet nga formula:

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^{N} \left(y_{mod,i} - x_{exp,i} \right)}{N}$$

Ku, $x_{eksp,i}$ është vlera eksperimentale dhe $y_{mod,i}$ është vlera e modeluar. N është numri i të dhënave eksperimentale.

• Gabimi relativ jepet nga formula:

$$RME = \frac{\sum_{i=1}^{N} \left(y_{mod,i} - x_{exp,i} \right)}{N\overline{x}_{exp}}$$

ku \bar{x}_{exp} është mesatarja e të dhënave eksperimentale.

• Devijimi standart – vlerëson cilësinë e modelit. Devijimi standart përcaktohet nga formula:

$$MSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (y_{mod,i} - x_{exp,i})^2}{N}}$$

• Gabimi relativ i devijimit standart jepet nga formula:

$$RMSE = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (y_{mod,i} - x_{exp,i})^2}{N}}}{\frac{N}{\overline{x}_{exp}}}$$