

**GJORNÂL FURLAN DES SIENCIS  
FRIULIAN JOURNAL OF SCIENCE**

**17.2012-13**

**Gjornál Furlan des Siencis / Friulian Journal of Science**

17.2012-13

Publicazion de SSTeF

*Diretôr responsabil*

Giorgio Cantoni

*Diretôr sientific*

Antonino Morassi

*Diretôr editoriâl*

Stefania Garlatti-Costa

*Comitât di redazion*

Franc Fari

Alessandro Bachiorrini

Sergio Cecotti

Alessandra Burelli

Francesco Marangon

*Logo*

Dree Venier

*Cuviertine*

Paola Sangoi

*Stampo*

Poligrafiche San Marco, Cormons (Go)

Iscrizion al Tribunâl di Udin n. 6/04 dal 12/02/2004

Cheste publicazion e ven realizade cul finanziament de



Assessorât ae Culture, Sport,  
Relazions internazionâls e comunitariis

**SSTeF**

**Societât Sientifice e Tecnologjiche Furlane**

c/o CIRF Centri Interdipartimentâl pe Ricerce su la culture  
e la lenghe dal Friûl

Vie Petracca 6 – 33100 Udin

[www.siencis-par-furlan.net](http://www.siencis-par-furlan.net)

**FORUM 2013**

Società Editrice Universitaria Udinese srl

Via Palladio, 8 - 33100 Udine

Tel. 0432.26001 - Fax 0432.296756

[www.forumeditrice.it](http://www.forumeditrice.it)

ISSN 1824-5234



**SSTeF**  
Societât Sientifiche  
e Tecnologjiche Furlane

# **GJORNÂL FURLAN DES SIENCIS FRIULIAN JOURNAL OF SCIENCE**

**17.2012-13**

**FORUM**



# Tabele

## Ricercjis

Matteo Trigatti, Daniele Goi <i>La giestion sostignibile des aghis di ploie: analisi de zone industriâl di Buje-Osôf (Ud)</i>	pag. 9
<i>Sustainable stormwater management: an analysis of the industrial area of Buia &amp; Osoppo (Udine)</i>	» 19
Lorenzo Marcolini <i>La misure de radiazion solâr sui cilindris fotovoltaics a strât sutil</i> <i>Solar radiation measurement on thin-film cylindrical photovoltaic surfaces</i>	 » 29 » 65

## Rassegnis

Roberto Dapit, Marco Stolfo <i>Visions di scoltâ. Ideis di furlan e di Friûl te produzion musical contemporanie</i>	» 97
--	------

## Recensions

Leonore A. Grenoble, Lindsay J. Whaley, <i>Saving Languages: An Introduction to Language Revitalization</i> (Cristina Minuzzo)	» 123
--	-------



**ricercjis**



# La gjetion sostignibile des aghis di ploie: analisi de zone industriâl di Buje-Osôf (Ud)

MATTEO TRIGATTI\* E DANIELE GOI\*\*

**Ristret.** Lis aghis di ploie no rapresentin dome un probleme par vie de cuantitât di licuit che al è di scjariâ tes fognaduris, ma si à di stâ atents anje ae qualitât di chestis aghis che, lavant lis superficiis impermeabilis, a puartîn cun lôr grandis concentratzions di sostancis incuinantis. L'obietif di chest studi al è chel di valutâ lis possibilâts di calcul che al furnis il program EPA SWMM 5.0 par modelâ il fenomen dal *first foul flush*, che tradot al vûl dî che tes primis aghis che a rivin tai depuradôrs al è contignût dut il sporc depositât sui asfalts, sui plaçai dai parchegjos o des fabrichis. Prime di tacâ a modelâ al è stât une vore util capî qualis che a son lis metodologjiis in ûs in dî vuê e su ce principis che si fondin. In sostance si à cirût di studiâ il probleme des aghis di ploie in maniere slargjade dorant basis teorichis, esperiencis pratichis e modei numerics.

Il cás che al è stât cjalât di dongie al è chel dal CIPAF (Consorzio per lo Sviluppo Industriale ed Economico della Zona Pedemontana Alto Friuli). In cheste zone industriâl il dilavament dai plaçai di lavorazion al è pardabon un probleme impuantant, parcè che lis produzioni des ditis a puartîn cuantitât no trascurabilis di materiâl tal implant di depurazion, che al va in crisi cuant che al plûf. Cençe là a esaminâ tal detai lis carateristichis dal depuradôr, il studi al à cirût di metti jù un model che al descrivedi il traspuart des sostancis di lavorazion dentri tes fognaduris, provant a capî in ce maniere che chestis sostancis a rivin, cun rispet ai pics di puartade, tal depuradôr. A chest pro al è stât doprât un model di ploie za tarât daûr des cuantitât, zontant resonaments e considerazions par simulâ il moviment des sostancis incuinantis dai plaçai o dai tets, dentri de rêt di coletôrs dal consorzi industriâl.

**Peraulis clâf.** Aghis di ploie, depurazion, simulazioni dinamichis.

---

\* Universitât dal Friûl, Udin, Italie. E-mail: matteo.trigatti@gmail.com

\*\* Dipartiment di Siencis e Tecnologjiis Chimichis, Universitât dal Friûl, Udin, Italie.  
E-mail: goi@uniud.it

**1. Introduzion.** La variabilitâ des manifestazions climatichis intai ultins agns e la sensibilitâ simpri plui grande des comissions tecничis viers des tematichis ambientâls a àn puartât il teme de sostignibilitâ dal ûs des aghis su lis pagjînis de atualitâ.

Te esperience taliane no son tancj i esemplis virtuôs, ma alc si sta movint te direzion juste in particolâr par ce che e rivuarde il tornâ a doprâ lis aghis dai tets o il sempliç sparagn de aghe di cjase.

Il probleme gjenerâl de sostignibilitâ des aghis al è spiegât dai concets di invariance idrauliche e idrologiche. Il prin concet al sta a dî che nol è pussibil continuâ a diminuî lis superficiis permeabilis cuvierzintlis cun asfalt o ciment armât, cence preocupâsi des ondis di plene che a se-guissin a une plete. I professioniscj che a intindin fâ intervents tant che, par esempi, areis di parchegjo o lotizazioni gnovis a scugnin scuintrâsi, di fat, cu la necessitâ di mantignî i pics des ondis di plene. La invarianc-e idrologiche invezite e ponte a mantignî i volums de onde di plene prime e dopo des impermeabilizazions. Inte Figure 1 si pues vê une idee di come che a funzionin graficamente i doi concets.

Lis gnovis teoriis de projetazion, duncje, a scugnin vignâ incuintri a chestis filosofiis di mantigniment dai mûts naturâi che l'ambient al à pe gestion des plenis. In cont di chest, la planificazion dai intervents sul teritori e je fondamentâl par evitâ che si creedin situazions li che no si à il

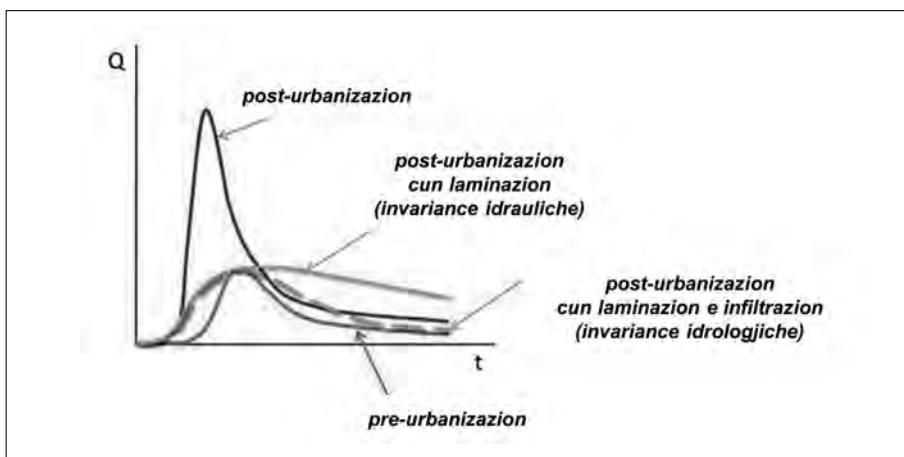


Figure 1. Invariance idrauliche e idrologiche.

control di tropé aghe, e di ce qualitât, che e rive tes rêts di drenament, e di cemût che si compuarte il flum di conseguence. Al cjape pît simpri di plui, alore, un ciert standard di eficience des fognaduris e di laminazion (e ancke depurazion) slargjade sul teritori, in contrast cu lis teoriis di centralizazion dai implants o des vascjis: intervignî sul teritori in sens areâl al vûl dî impegnâ ducj par risolvi il probleme des aghis di ploie intun mût coletif.

Dentri des aghis di ploie a son disfatis sostancis incuinantis, che a scugnin sei tratadis in maniere slargjade a lôr volte: purtrop l'incuinament si cjate pardut, e la ploie, lavant aiar e tiere, lu traspuarte creant no pôcs problemis. Tal studi che al ven daspò si à cirût di dâ une base fisiche e matematiche pe comprehension dai fenomens, e par capî in ce maniere che si pues frontâ chest probleme.

**2. Lis aghis di ploie: aspiets cualitatifs e quantitatifs.** Cuant che la ploie e cole suntune superficie impermeabile, la aghe e scor plui o mancul di corse lant a finî tai coletôrs: chest procès si clame *runoff*. Tant plui bas che al è il grât di permeabilitât dal teren e tant plui alte che e sarà la cuantitât di aghe che e rive tes fognaduris.

Il probleme però nol è dome cuantitatif: il prin contat cu lis sostancis incuinantis al è cul passaç de ploie te atmosfere, che e conten un grum di elements in suspension di origjin sei industriâl che naturâl. In cheste maniere i incuinants a rivin par tiere, dulà che si zontin a chês sostancis che a son za depositadis sui plaçâi o sui tets. Une volte par tiere la ploie e lave dut e e puarte in fognadure aghe sporcje e cjariade di un numar une vore grant di sostancis. Lis sostancis a puedin sei organichis o inorganichis, ma lis cualitâts a son pardabon tantis. In particolâr la EPA (1993) e à prontât une tablele par definî cualis che a son lis categoriis plui impuantantis di incuinants intun ambient urban, e chestis si cjatin te Tabele 1. Simpri te Tabele 1 a son ripuartadis lis origjins des variis tipologjiis di incuinants e cuâi che a son i efets relatifs ae lôr presince.

Al è clâr che se al è di fâ un studi par areis particolârs, come che al pues sei pal CIPAF, si scugne fâ une vore plui di atenzion par capî ben cualis che a son lis sostancis che a puedin rivâ jù tal depuradôr; la Tabele 1 e je, se no altri, indicative. A ogni mût in ambit urban le fasin di paron i materiali sedimentabii, sâi e idrocarbûrs prodots dai scarics des machinis.

Tabele 1. Incuinants principâi in ambit urban lavâts vie des superficiis di bande de ploie.

Categorie	Parametri	Font	Efets
Sediments	TSS, turbidece, solits disfats	Ativitât di estrazion, edilizie, ploie sui cjamps o sui zardins urbans, scarics di plene, discjariis	Alterazions dal habitat naturâl, traspuart di incuinants, erosion des spuindis dal flum
Sostancis nutritius	Nitrâts, nitrîts, amoniache, azôt organic, fosfâts, fosfar total	<i>Runoff</i> di cjamps agricui, discjariis, erosion, scarics di plene, deposits atmosferics, erosion	Incuinament des aghis superficiâls, alighis
Agjents patogjens	Coliformis totâi, coliformis fecâi, streptococs, virus, Escherichia Coli, Enterococcus	Scarics abusifs, scarics di plene, animâi di cjase o salvadis	Infezions tal intestin e tes orelis, pierdite di valôr dal flum
Materie organiche	BOD, COD, TOC, ossigen disfat	Scarics abusifs, scarics di plene, animâi di cjase o salvadis, discjariis, <i>runoff</i> di cjamps agricui	Consum di ossigen, odôrs, muart di pes
Sostancis tossichis	Metai pesants, sostancis chimichis organicis	<i>Runoff</i> di cjamps agricui, refudons pericolôs no cuviers, trafic di machinis, sitis industriâi	Jentrade te ejadene alimentâr che e pues rivâ fint al om
Sâi	Clorûr di sodi, sâi antiglace	<i>Runoff</i> in unvier di areis urbanis, glace disfate	Corosion di machinis, contaminazion di aghe di rubinet, dams aes plantis

Par controlâ in maniere slargjade sei l'incuinament che la cuantitât di aghe che a corin pes fognaduris, al è di fâ i conts ancie cu lis puartadis che a derivin di une plete, e alore il probleme al va studiat dal pont di viste idraulic. Lis dôs robis, incuinament e puartade, no puedin cori su stradis diviersis, ve alore che si tabaie di control cuali-cuantitatif des aghis di ploie. Par controlâ chest procès a son diviersis pussibilitâts: la metodologije plui doprade tai agns e jere centralizade e e previodeve dome scarics di plene, vascjis di laminazion (in câs une vore particolârs) e vascjis di prime plete. Come dite prin, li che al è pussibil al è di preferi invezite un resonament moderni slargjât su dut il teritori, in maniere di fâ rivâ tal depuradôr, e tal flum, aghis di fogne za pre-tratadis; te Figure

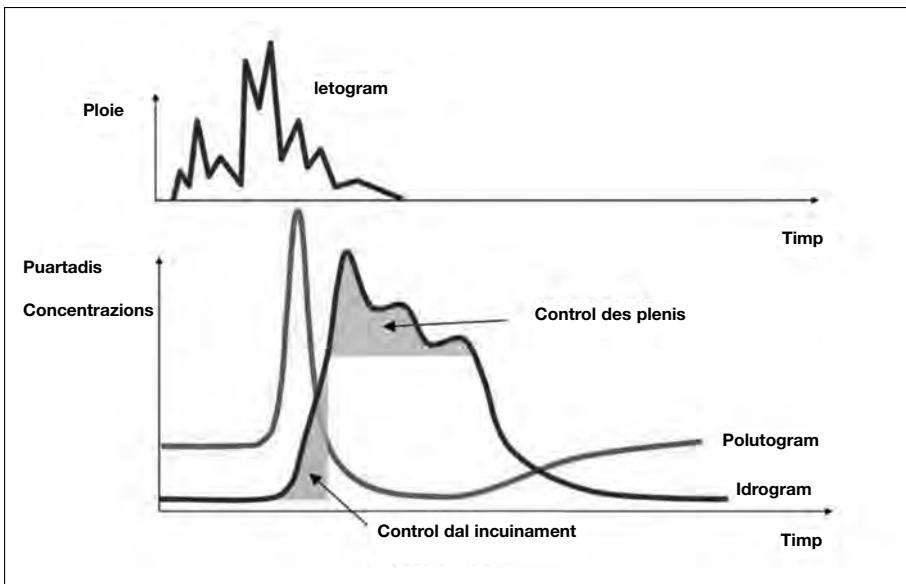


Figure 2. Parts dal idrogram di plene di controlâ par risvoli il probleme cuali-cuantitatîf des aghis di ploie.

2 si viôt come che si presente il probleme cuali-cuantitatîf e cemût che si puedin controlâ puartadis e incuinament.

**3. Il *first flush*.** Ta chest articul si sin ocupâts dal probleme des aghis di dilavament tes superficiis impermeabilis e di cemût che si pues frontâ il discors cun modei di simulazion. Tes teoriis di une volte si dopravin lis vascjîs di prime plote dimensionadis cun criteris une vore aprossimatîfs: in particolâr si usavin dai coeficients basâts su lis areis impermeabilis. Par esempli un dai criteris plui doprâts al jere chel di scjariâ te vascje di prime plote i prins 5 mm di ploie, tignint cont, pal calcul de puartade, che a colassin in 15 minûts. Il fenomen dal *first flush* al è une vore plui complès par ridusilu a un calcul cussì semplificât. La realtât e je pardabon complicade e e domande di studiâ ben il teritori li che si aplichin ciertis semplificazions, parcè che se no si riscje di soredimensionâ o sotdimensionâ il pericul dal incuinament des aghis di prime plote, e duncje lis vascjîs.

Lis normativis a son une vore indaûr par ce che e rivuarde il teme des aghis di prime plote: tai ultins temps a son stâts fats mioraments, ma do-

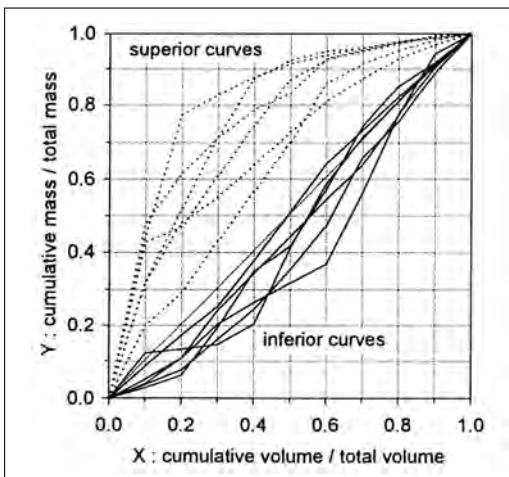


Figure 3. Esemplis di curvis  $M(V)$  pe analisi dal fenomen dal *first flush*.

me in ciertis regions de Italie, e e ancjemò tante strade di fâ. I esemplis plui impuantants a son di cirî in Lombardie, tal Venit e in Emilie-Romagne, dulà che lis normativis su lis aghis di ploie a son une vore rigorosis e modernis. In chest articul però no si à voie di studiâ il probleme dal pont di viste juridic, ma tecnic: si à la necessitat di capî come che si pues modelâ il fenomen dal dilavament des sostancis depositadis su lis superficiis impermeabilis e duncje viodi cemût che a rivin tal implant di depurazion.

In prin lûc il fenomen dal *first flush* al è influençât de estension de zone e de ativitât che si fâs parsore. Stabilidis lis sostancis che a derivin di une cierte tipologie di ativitât al è util doprâ lis curvis  $M(V)$ , clamadis masse-volum. Cun chestis curvis al è pussibil visualizâ daurman se tal pont di rivade, val a dî tal depuradôr, il fenomen dal *first flush* al è plui o mancul di considerâ par chê determinade sostance. Te Figure 3 si pues viodi un esempli di curvis  $M(V)$ .

Chestis curvis a permetin di rigjavâ ancje la masse totalâ des sostancis disfatis tes aghis di ploie. Dut chest discors, naturalmentri, al à di sei judât di misuris une vore metodichis tal temp. La procedure miôr e sarès chê di studiâ lis concentratzions par almancul un an, in maniere di rivâ a capî ben cemût che si compuarde un bacin urban in tiermins di sostancis disfatis tes fognaduris. In chest mût al è pussibil valutâ in ce forme optimâ la depurazion e la ritignude des aghis di prime plote.

**4. Il câs di studi: la zone industriâl di Buje-Osôf.** La storie dal Consorzi Industriâl dal CIPAF e partîs dal 1966; tal temp la zone si è slargjade fin a cjapâ dentri, in dì di vuê, 44 sogjets consorziâts. Il CIPAF si cjate te pedemontane udinese tra i comuns di Buje e Osôf, cun a Ovest il Tiliment. Lis fognaduris a son fatis come segnât te Figure 4 e a scjariin dutis tal implant di depurazion che si cjate in Vie Saletti. Unic scaric di plene diret al è chel dal coletôr Est.

I fastidis plui grancj de rêt di drenament a son colegrâts ae presince di materiâl lavât jù des aghis di ploie che al rive tal depuradôr e si impache, fasint in maniere che il funzionament nol sedi optimâl. Duncje une modelazion e podarès judâ a capî in ce maniere che a rivin lis sostancis e cemût che si davuelç il fenomen dal dilavament.

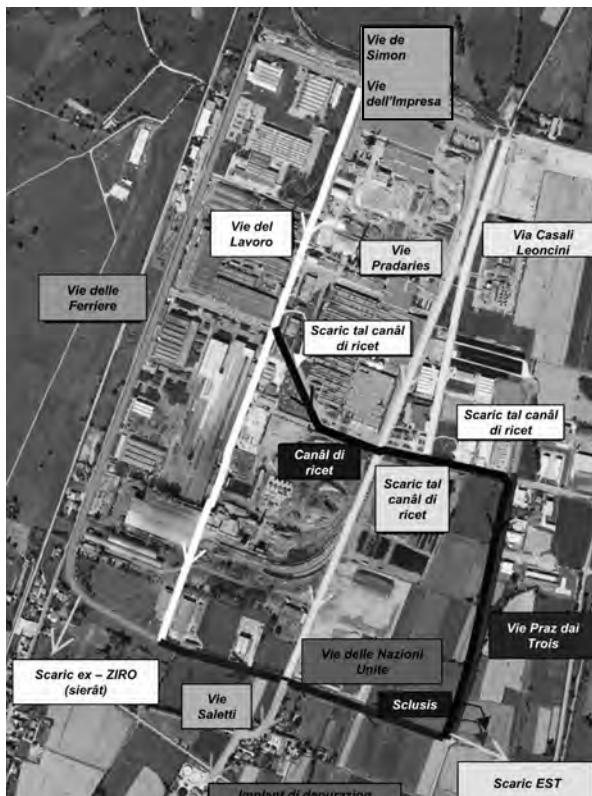


Figure 4. Scheme des fognaduris dal CIPAF intal 2011.

**5. Il software EPA SWMM e la modelazion dal CIPAF.** Par fâ la modelazion dal dilavament e dal *first flush* si à fat riferiment a un model di rêt di drenament za tarât e svilupât di bande di Cabai (2011) cul software EPA SWMM, di produzion americane. Chest model al previôt la transformazion de ploie in puartade tai coletôrs de rêt fognarie. Al è fat di doi modui: il modul idrologjic si ocupe di tradusi la ploie in input pai coletôrs, invezite il modul idraulic al risolf lis ecuazions di traspuart de aghe fin ae sezion di sierade dal bacin di drenament.

Però l'objetif al è chel di viodi cemût che si traspuartin lis sostancis tai coletôrs, e alore al è di capì come che si puedin modelâ i varis incuinants. Par fâ chest bisugne prime definî il *land use*, ven a stâi la tipologie di ativitât che si previôt suntune determinade superficie. Tal câs dal CIPAF a son stadiis individuadis lis ativitâts segnадis te Tabele 2, e a ognidune a son stadiis tribuidis lis sostancis (intindudis come parametris dal model in EPA SWMM) che al è plui probabil che si cjatedin sui plaçâi o in ogni câs a disposizion de ploie par sei lavadis.

Une volte definîts i incuinants e lis zonis li che si formin, al è impuantant capî cemût che si formin e cemût che a vegnin lavâts. Par fâ chest il software nus da di podê definî lis funzions di *buildup* e di *washoff*. Lis funzions sieltis a son esponenziâls parcè che, daûr des osservazions fatis, a somein chês plui fedêls ae realtât dal probleme fisic.

Tabele 2. Sostancis modeladis tal EPA SWMM.

<i>Tipologie di plaçâl / zone</i>	<i>Incuinant</i>
Viabilitât	TSS_GENERIC_ROAD
Laminadôr	TSS_INORG_LAMELLA, TSS_INORG_AGHI, TSS_INORG_FINE
Fondarie	TSS_INORG_AGHI, TSS_INORG_FINE
Mobilifici	TSS_ORGANIC_FIBRE, TSS_ORGANIC_FINE
Grums di granulât	TSS_INORG_FINE
Industriis metalmecanichis	TSS_INORG_FINE
Parchegjos	TSS_GENERIC_SCUARE
Tets	TSS_GENERIC_ROAD
Dipuesit legnam	TSS_ORG_FIBRE

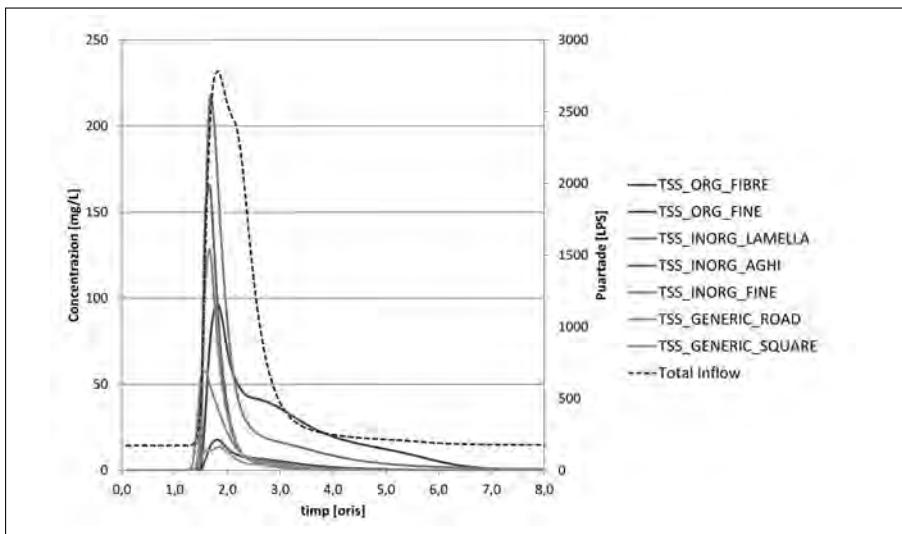


Figure 5. Simulazion di une plote di 20 mm in miezore (i risultâts si riferissin ae sezion di sierade dal depuradôr).

Prontât il model idraulic, e definidis lis funzions che a regolin il dípuesit e il dilavament dai incuinants, al mancje di viodi come che si compuarte il sisteme tal câs che al interesse: cuant che al plûf. A son stadiis fatis diversis simulazions, par events luncs, ma il probleme al è plui grâf cuant che al ven un sglavin: tante aghe in pôcs minûts. La energie associade ae violence de aghe che e rive di bot e permet che si lavedin plui sostancis che no cuntune ploie fine fine.

Lis simulazions che a son stadiis fatis a àn permetût di capî come che i pics di concentrazion a rivin prime dai pics di puartade e come che si podarès intervignî in maniere di risvolvi il probleme des aghis di dilavament, fastidiosis pai implants di depurazion. Tal grafic de Figure 5 si pues viodi come che si distachin i pics des curvis.

L'anticip de rivade des sostancis tal depuradôr rispiet al pic de aghe al è clamât, come dite, *first flush*. Prontant sistemis di telecontrol collegâts cun sistemis di sclusis mobilis al sarès pussibil cjamâ une vascje cun chestis aghis e depurâlis intun secont moment.

Un altri fenomen che al è stât pussibil viodi cul model al è chel dal *last flush*: in pratiche al sucêt che, par cemût che e je metude la rêt idrauli-

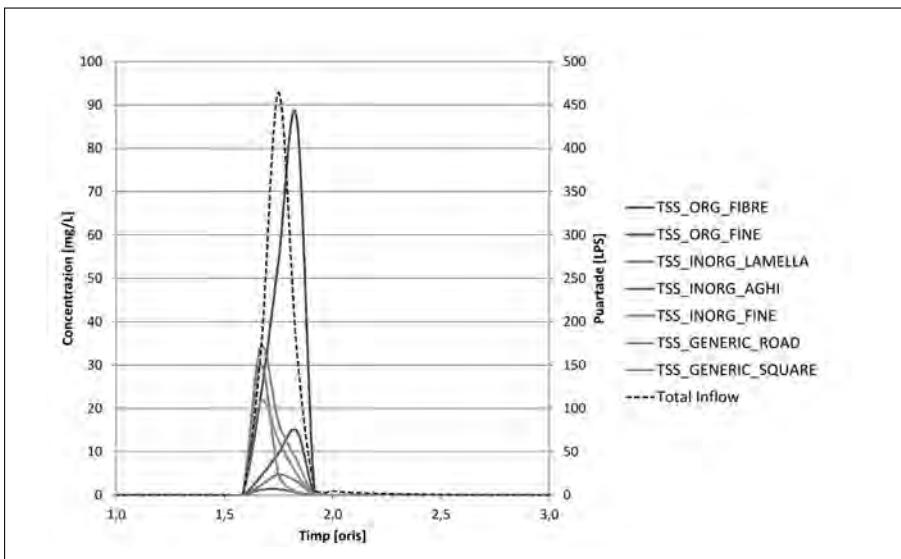


Figure 6. Fenomen dal *last flush* tal scaric di plene Ovest dal comprensori pe plote di 20 mm in miezore.

che, a puedin verificâsi ritarts e no anticips di pics di incuinants. Inte Figure 6 si pues viodi come che tal scaric di plene Est de rêt si cjate chest fenomen, soredut pal dilavament des sostancis legnosi de bande alte dal comprensori.

**6. Conclusions.** Il lavôr al à permetût di stabilî, su la fonde des pocjis informazions a disposizion sul comprensori, la maniere che si traspuardin lis sostancis incuinantis dentri di une fognadure. Il model che al è stât metût in pâts pal comprensori al varès di sei tarât cun misuris e campionaments, in mût di rivâ a studiâ il probleme des cuantitâts di sostancis ancje intune otiche economiche, in plui che inzegneristiche. I svilups futûrs di chest model a puedin jessi, in struc, la possibilât di progetjâ i sistemis di drenament e di depurazion intune maniere deterministiche e justificade di un model fisic che al ricjapedi la disposizion des zonis di studiâ. Dut chest in mût di jentrâ intune mentalitât progetjuâl che no si basedi dome su dâts medis o su pratichis standard, ma che e fasedi riferiment ancje a risultâts numerics e simulazions che dome un model al pues furnî tai temps e tes formis plui justis pe progjetazion.

# Sustainable stormwater management: an analysis of the industrial area of Buia & Osoppo (Udine)

MATTEO TRIGATTI\* & DANIELE GOI\*\*

**Abstract.** In environmental engineering, stormwater can be a potential problem not only because of the large quantities of liquid to be controlled, but also because a lot of pollution is conveyed with it; in fact, when water flows over impermeable surfaces, substantial amounts of various contaminants are dragged away to the overflows. The present study aims to model and calculate the *first foul flush* phenomenon by using software EPA SWMM 5.0 in a case study. *First foul flush* makes reference to the higher level of pollutants in stormwater flushing asphalt-concrete or concrete surfaces, mainly in industrial and parking areas, during the early phase of a precipitation event; this polluted surface runoff needs to be collected and treated in a wastewater treatment plant. Before proceeding with the calculations, current methodologies, as well as their theoretical foundations, have been examined. In short, the study has aimed to provide a comprehensive approach to first flush management, using theoretical bases, practical experiences and numerical models.

The case study concerns the hydro-environmental status of CIPAF (Consorzio per lo Sviluppo Industriale ed Economico della Zona Pedemontana Alto Friuli) industrial park. In this area stormwater flushing of impervious surfaces is a critical issue, since powders, scales and other residues resulting from the ordinary activities carried out by the factories located nearby produce, during a rain event, a huge amount of materials to be treated in the wastewater treatment plant. The present study tries to describe the phenomenon of polluted surface runoff, offering a contribution to understanding how and when contaminants reach the treatment plant with respect to waterflow rate peaks. A validated rainfall model has been used, with some considerations and analysis referring to the specific case study.

**Key-words.** Stormwater, wastewater treatment, dynamic simulations.

---

\* University of Udine, Italy. E-mail: matteo.trigatti@gmail.com

\*\* Department of Science and Chemical Technologies, University of Udine, Italy. E-mail: goi@uniud.it

**1. Introduction.** In recent years, greater climate variability and an increasing awareness of environmental issues on the part of policy-makers have highlighted the importance of a sustainable use of water supplies. In Italy examples of good practice are relatively scarce, but something is moving in the right direction, with a growing interest for the harvesting of rooftop rainwater and the adoption of water-saving measures in many homes.

The general problem of a sustainable use of water resources is explained by the two concepts of hydraulic and hydrological invariance. Hydraulic invariance indicates that we cannot continue to reduce permeable surfaces by covering them with asphalt or concrete, without worrying about possible flooding generated by rainstorms. In fact, professionals designing a new parking lot or a housing project are now required to control

stormwater flow peaks. Hydrological invariance, on the other hand, deals with maintaining floodwater volumes before and after waterproofing the soil. Figure 1 gives a graphic illustration of the two concepts mentioned above.

A new approach to project design, therefore, must accommodate the natural tendency of the ground to drain floodwaters. Equally, each activity having an effect on the environment should be carefully planned in order not to create situations that will compromise the control over water quantity and quality. In this respect, the adoption of more efficient sewage systems and a wide-area approach to flood reduction and stormwater treatment are going to be more effective than conventional methods using centralised treatment plants and stormwater tanks: actions on a vast area mean an involvement of different players, working in synergy

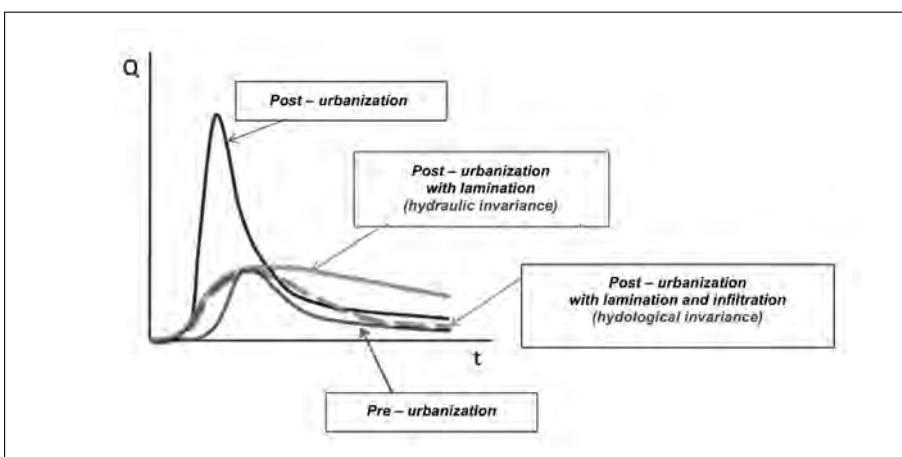


Figure 1. Hydraulic and hydrological invariance.

in order to solve the problem of stormwater management. Similarly, we need a comprehensive approach to the management of the wide range of pollutants dissolved in stormwater: pollutants are everywhere, so water picks them up wherever it flows and this creates a variety of problems.

The following study aims to provide a mathematical and physical basis to improve the understanding of these phenomena and to find a way to deal with them effectively.

**2. Stormwater: qualitative and quantitative aspects.** When it rains, water flushes impervious surfaces at different speed, finally being collected in the drainage system: this process is called runoff. As the level of permeability decreases, the quantity of runoff water entering the drains increases.

But the problem is not only related to quantity: when crossing the atmosphere, rainwater collects suspended particles of pollutants pro-

Table 1. Main pollutants flushed from surfaces by rainwater in urban areas.

Categories	Parameters	Source	Effects
Sediments	TSS, turbidity, dissolved solids	Construction sites, urban/ agricultural runoff, landfills, septic fields	Turbidity, habitat alteration, contaminant transport, bank erosion
Nutrients	Nitrate, nitrite, ammonia, organic nitrogen, phosphate, total phosphorus	Urban/agricultural runoff, landfills, septic fields, atmospheric deposition, erosion	Algal blooms, ammonia toxicity, nitrate toxicity
Pathogens	Total coliforms, faecal coliforms, faecal streptococci, viruses, E. Coli	Urban/agricultural runoff, septic systems, illicit sanitary connections, boat discharges	Ear/intestinal infections, imperfect shellfish closures
Organic enrichment	BOD, COD, TOC, dissolved oxygen	Urban/agricultural runoff, landfills, septic systems	Dissolved oxygen depletion, odours, fish kills
Toxic pollutants	Toxic trace metals, toxic organics	Urban/agricultural runoff, septic systems, pesticides/herbicides, underground storage tanks, landfills, industrial discharges	Bioaccumulation in food-chain organisms and potential toxicity to humans and other organisms
Salt	Sodium chloride	Urban runoff, snowmelt	Vehicular corrosion, contamination of drinking water

duced by industrial and natural processes. When it reaches the ground, it collects the particles of pollutants deposited on impervious ground cover or on roofs and drags them to the drains, producing a huge amount of waste substances (organic or non-organic) that need to be treated. Table 1 describes the most important categories of pollutants in urban areas, as defined by EPA (1993). The source of these substances and the effect of their presence are also reported in Table 1.

Naturally when examining a particular area, such as CIPAF, we need to assess exactly which specific contaminants are present and could be flushed to the treatment plant. Table 1, however, is a good starting point; also we can presume that, in urban areas such as CIPAF, the most com-

mon pollutants will be sediments, salts and hydrocarbons coming from the gas exhaust of internal combustion engines (vehicles).

In order to control pollution and the volume of runoff water flowing into the drains, we should also take into account the flow rates deriving from a rainfall – so the problem needs to be examined from an hydraulic point of view. Pollution and flow rates should be evaluated at the same time, so we talk about quali-quantitative control of stormwaters. Several approaches can be used to manage this complicated process: the conventional approach is a centralized method consisting in overflow outlets, detention basins (but only in very rare cases) and stormwater tanks.

As we said before, wherever possible, a modern wide-area approach has

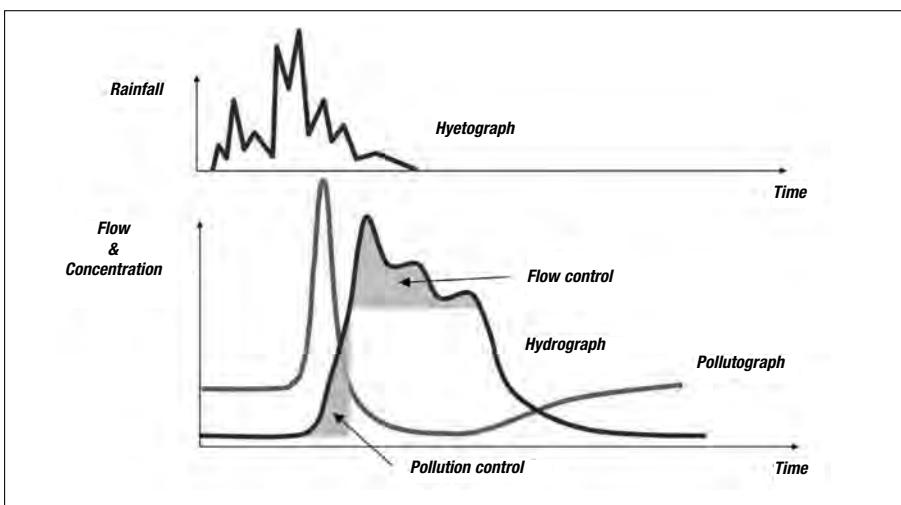


Figure 2. Parts of flood hydrograph to be monitored to solve the quali-quantitative problem of first-flush water.

to be preferred, supplying pre-treated waters to the treatment plant and then discharging them into a river or into the sewerage system; Figure 2 shows the present quali-quantitative problem and the ways to control flow rates and pollution.

**3. First flush.** This study has looked into the subject of stormwater runoff from impervious surfaces and into ways of tackling the problem by using simulation models. Conventional approaches used to apply very rough criteria to calculate the size of stormwater tanks – mainly coefficients based on the impervious areas. For example, one of the most widely-used criteria was to spill in a stormwater tank the first 5 mm of runoff that, for the purposes of the model, were thought to have fallen in

the first 15 minutes of a storm. But the first-flush phenomenon is really much more complex than this, so this calculation alone will not suffice. Instead, we should accurately study the territory where these simplifications are applied, otherwise we risk to overestimate or underestimate the extent of the “first foul flush”, and therefore the tank size.

Unfortunately, first-flush regulations tend to be fairly obsolete in Italy. In recent years some improvements have been made, but only in certain regions such as Lombardy, Veneto and Emilia Romagna, which have adopted more advanced and stricter regulations; in any case there is still a lot to do. This article, however, concentrates on the technical aspects of this question, in particular on modelling the flushing of settled substances on im-

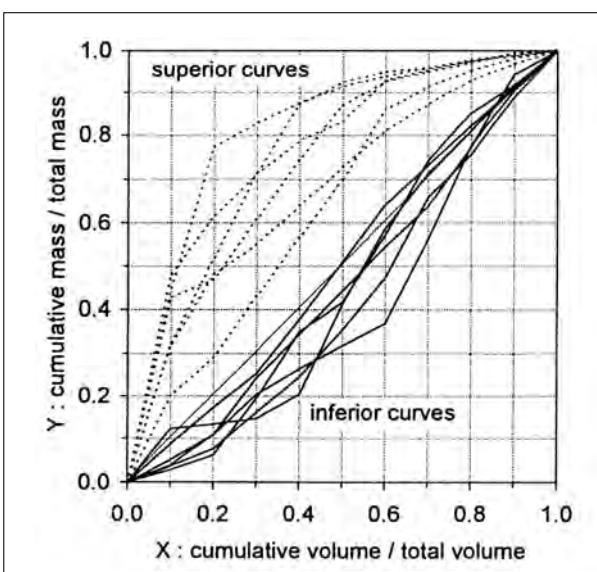


Figure 3. Examples of  $M(V)$  curves for the analysis of the first-flush phenomenon.

permeable surfaces and understanding how they reach the treatment plant.

The first-flush phenomenon is influenced by the activities taking place in a certain area. Once the substances produced by a specific activity are known, we can analyse them by using mass-volume curves M(V).

These curves let us calculate the total mass of the substances dissolved in stormwater; obviously this has to be supported by measurements regularly repeated over time. A better procedure would be to analyse the concentrations for at least one year in order to understand how an urban watershed behaves in terms of contaminants dissolved in the drains. This will allow us

to evaluate how to optimise wastewater treatment and first-flush collection.

**4. Case study: the industrial area of Buja & Osoppo.** Founded in 1966, CIPAF Industrial Consortium has expanded over the years and now includes 44 members. CIPAF is located at the foot of the Friulian Prealps, to the north of Udine, within the municipalities of Buja and Osoppo; the River Tagliamento flows some distance to the west of the area. Figure 4 shows the stormwater drainage system connected with a waste treatment plant located in Via Saletti. The only direct overflow outlet is located on the eastern drain.

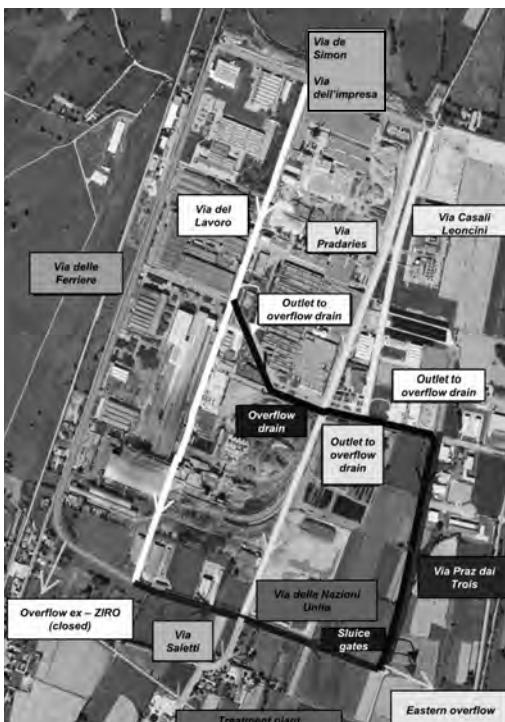


Figure 4. Stormwater drainage system of CIPAF (2011).

The major issues of the drainage system are due to material flushed away by runoff water. This material accumulates when it arrives at the treatment plant, and this affects its optimal working conditions. We will now try to explain how a computational model can help to understand the first-flush phenomenon.

**5. The EPA SWMM software and the CIPAF modelling.** In order to model stormwater runoff and first flush, we have made reference to the drainage network model developed by the commercial software EPA SWMM and validated by Cabai (2011). This model converts water quantity into flow rate in the drainage network. It comprises two modules: an hydrological model converting rain into input for the drains, and an hydraulic one solving the equations representing the transport of water to the outlet of the drainage network.

At this stage the target is to understand how the substances are transported in the drains and to model the behaviour of pollutants. This requires to define land use, that is the type of activity taking place in a specific area. Table 2 summarises land use in the case of CIPAF; for each type of activity it indicates the substances that we expect to be produced in that area (working as parameters of the EPA SWMM model), and which will later be flushed by stormwater.

Once we have established the composition of pollutants and their area of production, we need to understand how they are produced and how they are flushed. This requires to define the buildup and washoff functions in the software. These functions are exponential because they seem to be closer to the real physical phenomenon.

When the hydraulic model is

Table 2. List of pollutants defined in the EPA SWMM model of CIPAF.

Area	Pollutant
Roads	TSS_GENERIC_ROAD
Mill	TSS_INORG_LAMELLA, TSS_INORG_AGHI, TSS_INORG_FINE
Foundry	TSS_INORG_AGHI, TSS_INORG_FINE
Furniture factory	TSS_ORGANIC_FIBRE, TSS_ORGANIC_FINE
Road granules	TSS_INORG_FINE
Mechanical industries	TSS_INORG_FINE
Parking lot	TSS_GENERIC_SQUARE
Roofs	TSS_GENERIC_ROAD
Timber storage	TSS_ORG_FIBRE

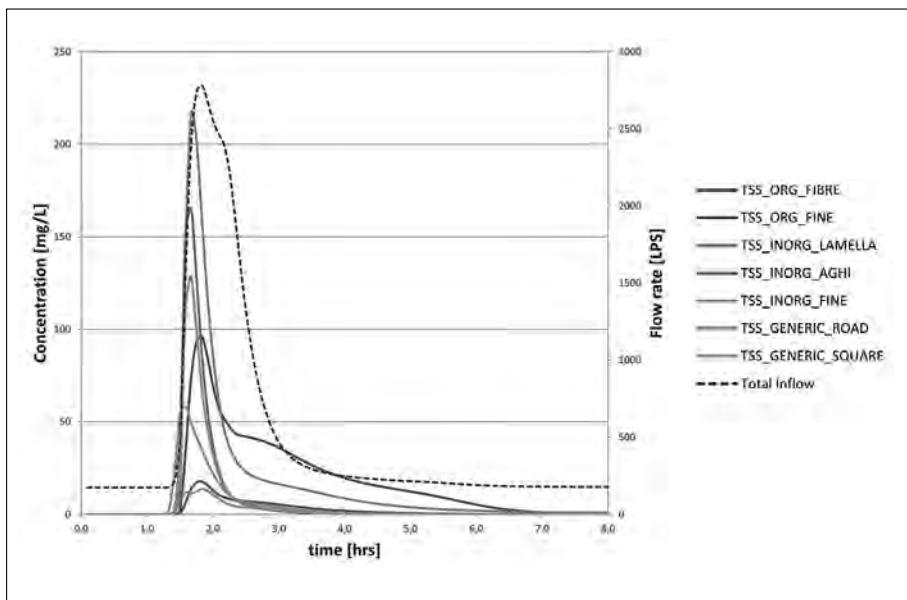


Figure 5. Simulation of a 20 mm precipitation event falling in half an hour (results refer to the outlet of the treatment plant).

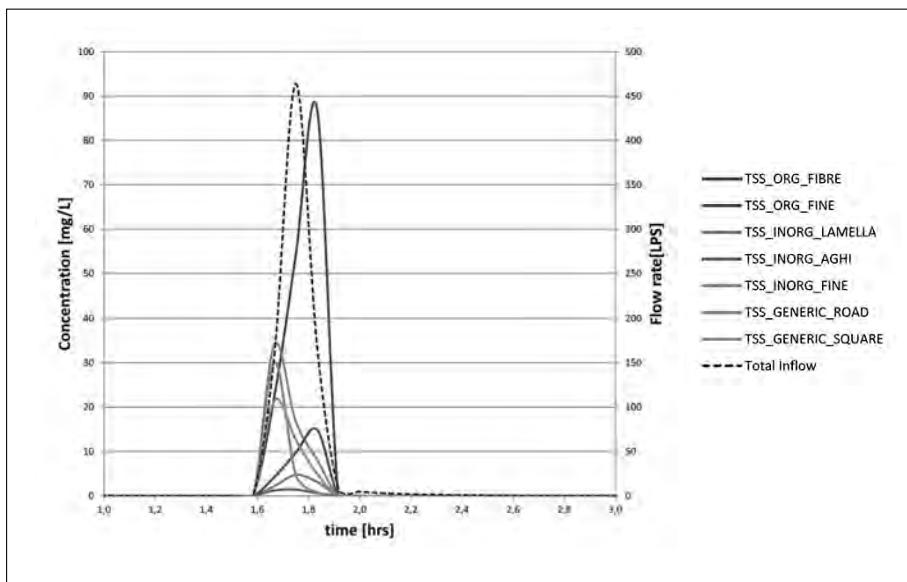


Figure 6. Last-flush phenomenon at western overflow outlet for 20 mm of stormwater in 30 minutes.

ready and the functions are fully defined (settling and flushing of pollutants), the simulation is ready to run. Several simulations have been launched which have allowed us to examine long-lasting precipitation events, but the most critical condition is when sudden storms occur – this means a vast quantity of water falling in a few minutes. This also means that large and violently impacting water drops are more effective in picking up settled particles on impermeable areas.

Simulations have shown that the peaks in pollutant concentration anticipate the peaks in waterflow rate, and this has suggested possible ways to manage stormwater runoff, which, as we said before, poses serious problems to treatment plants. Figure 5 shows the time delay of the water peak with respect to the pollutants peak.

The time elapsing between the substances arrival at the plant and the waterflow rate peak is the first flush. If there were remote control systems connected with a system of sluice gates, it would be possible to fill a tank with these waters and treat them later.

The “last flush” is another phenomenon which can be observed by

simulation: depending on how the hydraulic network is set, the pollutants peak could be postponed instead of anticipating the water peak.

Figure 6 shows this phenomenon at the eastern overflow outlet, mostly caused by wooden debris in the stormwater runoff flowing from the northern part of the CIPAF site.

**6. Conclusions.** Even if based on limited information on the area under examination, this work has helped us establish how pollutants are transported in a drainage system. The model should be validated with measuring and sampling activities, so that the problem of pollutants quantity could be studied not only from a technical point of view but also from an economical one. Future developments of the model could include a deterministic design of the drainage and treatment systems, supported by a physical model focussed on the target area. All these considerations point to a change in the technical approach: not only standard practice and an analysis based on average data, but a study supported by numerical models and simulations, providing accurate times and correct modalities to the designing activities.

## Bibliografie/ References

- Bertrand-Krajewski J.L., Chebbo G., Saget A. (1998). Distribution of pollutant mass vs volume in stormwater discharges and the first flush phenomenon. *Water Research*, 32 (8): 2341-2356.
- Bornatici L., Ciaponi C., Papiri S. (2004). Le vasche di prima pioggia nel controllo della qualità degli scarichi fognari generati da eventi meteorici. In *Atti dei seminari "La tutela idrica e ambientale dei territori urbanizzati"*, Parma (5-6 febbraio 2004) e Cosenza (13-15 dicembre 2004). Pavia: Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale, Università degli Studi.
- Cabai R. (2011). *Modellazione numerica e proposta di riabilitazione della rete fognaria a servizio della zona industriale di Osoppo (Tesi di laurea)*. Udine: Università degli Studi.
- EPA – United States Environmental Protection Agency (1993). *Handbook: Urban Runoff Pollution Prevention and Control Planning*. EPA/625/R-93/2004.
- Lee H., Lau Sim-Lin, Kayhanian M., Stenstrom M.K. (2004). Seasonal first flush phenomenon of urban stormwater discharges. *Water Research*, 38: 6153-4163.

# La misure de radiazion solâr sui cilindris fotovoltaics a strât sutîl

L O R E N Z O M A R C O L I N I \*

**Ristret.** La misure de intensitât de radiazion solâr e je une des misuris ambientâls finalizade ae verifiche de prestazion (eficience) intun implant fotovoltaic (FV). La procedure e fâs part de pratiche aministrative pe concessions dal incentif dal GSE (Gjestôr dai Servizis Eletrics) e in plui e je conseade al progetist a completament de declarazion di conformitât. Par solit, intai implants FV costruits cun modui FV plans, cheste misure e ven elaborade in maniere automatiche. La strumentazion eletroniche – daspò vê inserit a man la potence nominâl dal implant e acuisidis lis misuris ambientâls e eletrichis dai sensôrs e sondis – e calcole se la conversion de potence radiant dal soreli in potence eletriche (lât continue) e chê di continue in alternade (lât alternade) a superin i valôrs minims fissâts de norme CEI. La misure de intensitât di radiazion su modui FV a cilindris no pues jessi misurade daûr des indicazions de norme CEI EN/IEC 61646 (recepide te CEI 82-25) scrite pai modui plans, ancke se i sfueis tecnics dal produtôr Solyndra a certifichin la potence nominâl cun riferiment propit a cheste norme. In chest studi e ven illustrade la metodologie seguide par misurâ lis components de lûs direte, rifletude e difondude su la superficie cilindriche di un element FV, e e ven justificade la ipotesi, provade in vie sperimentalâl, che la verifiche tecniche funzionâl e à succès se la intensitât di radiazion globâl misurade sul plan e ven ridusude di une cierte cuantitat percentual. Chestis verifichis a son stadiis fatis in colaborazion cun Hessiana srl, dite proprietarie dal implant FV a cilindris su la cuvietture di un capanon industriâl intal Friûl di mieç.

**Peraulis clâf.** Intensitât de radiazion solâr, prestazion (eficience), potence nominâl, modui FV plans, cilindris FV.

---

\* Za docent ITI (cumò ISIS) "A. Malignani", Udin, Italie. Component de Unitât di Ricerche in Didatiche de Fisiche (URDF), Universitat dal Friûl, Udin, Italie. E-mail: lorenzo.marcolini@uniud.it

**1. Introduzion.** Cuasi ducj i modui FV, a tecnologje cristaline o a strât (film) sutîl, a veginin fûr de filiere industriâl inte forme di modui plans, cu la ecezion dal tubul o cilindri a film sutîl CIGS costruit de societât Solyndra (Fremont, Californie), une tecnologje particolâr che e cuvierç une piçule nicej di marcjât, marcjât dut câs restât congjelât par cause dal procès di licuidazion de dite californiane (te Figure 1 si viôt il posizionament di un cilindri intune si-tuazion di laboratori a cîl vîert)<sup>1</sup>.

Al dì di vuê a veginin proponudis sul marcjât centenârs di marcjis di modui plans. I guviers dai Paîs disvilupâts a àn incjadreât comissions di esperts cul compit di scrivi normis che a favorissin il cumierç, il rispiet dal ambient e la sigurece dai lavoradôrs e dai utilizadôrs, e istruzions su lis provis di davuelzi pe emission dai certificâts di garanzie sui prodots. Chestis normis, in ambit eletrotecnic, a son cognossudis cul acronym CEI EN/IEC (CEI par Comitât Eletrotecnic Italian, EN e je une sigle volude dal CENELEC che al sta par Comitât European di Standardizazion Eletriche e IEC par Commission Eletrotecniche Internazional). Inte vuide CEI 82-25 o ciatìn, tra l'altri, indicazions e formulis par verificâ se la funzionalitat e lis cundizions minims di prestazion di un implant a son sodisfatis.

Chestis operazions a son in gjenerâl clamadis verifichis tecnichis e funzionâls. In particolâr il valôr di prestazion o eficience, cualchi volte e in maniere improprie clamade rindiment<sup>2</sup>, al ven calcolât metint intes formulis stabilidis de norme i valôrs otignûts des misuris des grandecis ambientâls e eletrichis, e in plui il valôr di potence nominâl dal implant declarât dal costrutôr. Lis operazions di misure des grandecis ambientâls, in particolâr la radiazion solâr e la temperadure, a domandin di doprâ un solarimetri e un sensôr di temperadure, poiant sul plan dal modul il prin e tacant sot dal modul il secont.

Si capîs di bot che la procedure standard di misure de radiazion e ri-vuarde i modui plans e no pues jessi trasferide su superficiis cilindrîchis che a ricevin no sôl la radiazion direte dal soreli difondude dal cîl, ma ancje chê rifletude de cuvierture dal capanon (clamade component di *albedo*). Te Figure 2 o viodin i cilindris sistemâts a formâ un panel e tignûts a une cierte altece de base dal cuviert e inte Figure 3 un cilindri sot de lûs dal soreli che al ven investît di radiazion direte (rais cun direzions parallelis), difondude (rais cun direzions casuâls) e rifletude.

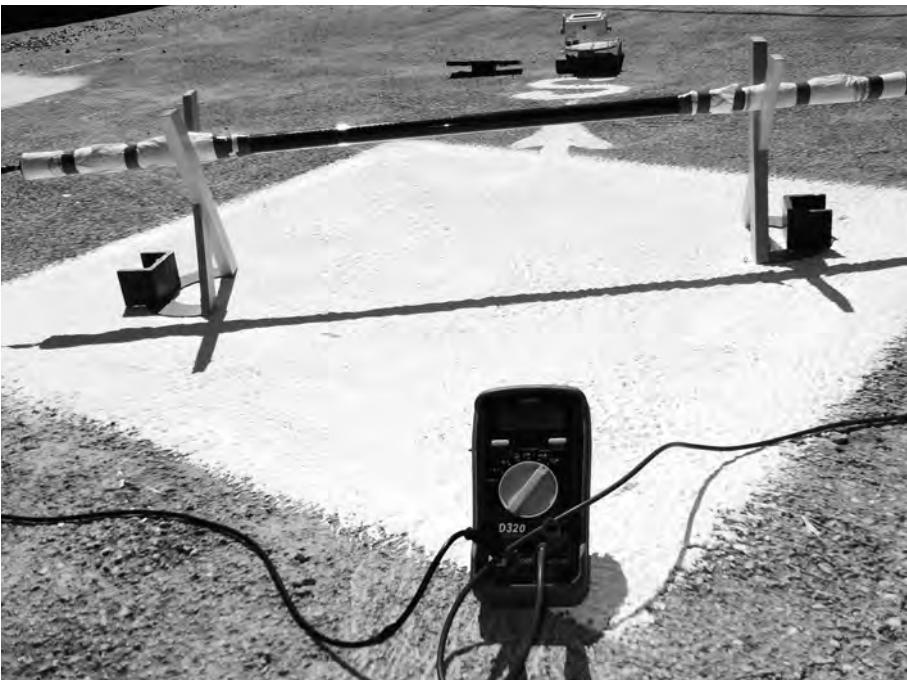


Figure 1.

Intal sfuei des specifichis tecnichis dal modul Solyndra si cjate, inventit, dentri de liste des certificazions, ancje la norme internazionâl IEC 61646 (recepide in Italie e in Europe zontant la sigle CEI/EN), une misure standard di prestazion otignude metint dentri de cjamare scure di un simuladôr solâr il modul plan, cristalin o a film sutîl, denant di une batarie di lampadis a lûs solâr.

Lant daûr de direttive de norme CEI 61646 e aplicant lis formulis de CEI 82-25, no podîn otignî un risultât positîf di colaut, e di fat il solariometri al misure dome la radiazion che e cole sul plan tangjent  $a - a$  (intal câs particolâr de Figure 4 il plan al è stât posizionât in perpendicolâr ae radiazion) e no chê distribuïde su dute la superficie laterâl dal cilindri, cence considerâ che la radiazion e cole suntune superficie semicilindriche in mût diviers rispiet a une plane.

Par dutis lis considerazions che a vignaran fatis plui indenant si da cualchi informazion su la fisiche, la tecnologie e i dâts di implant.



Figure 2.

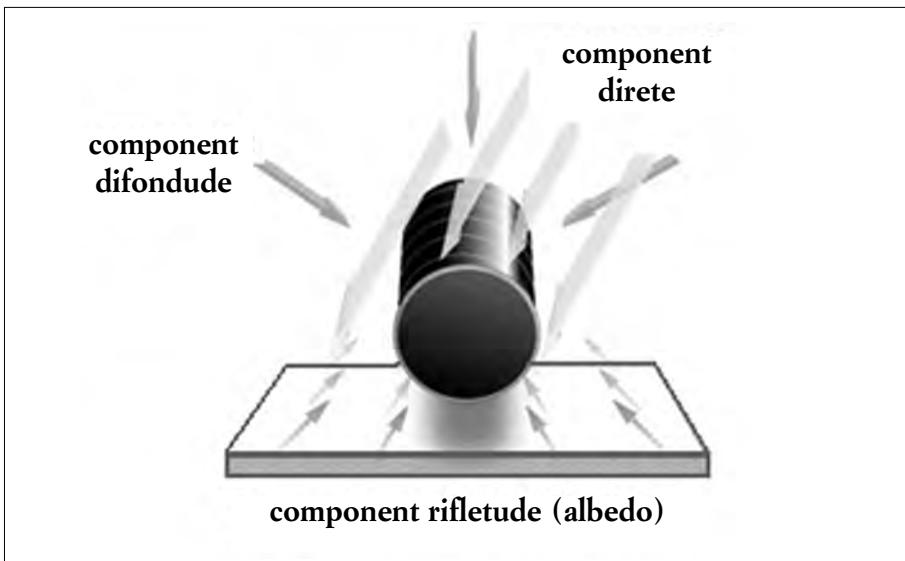
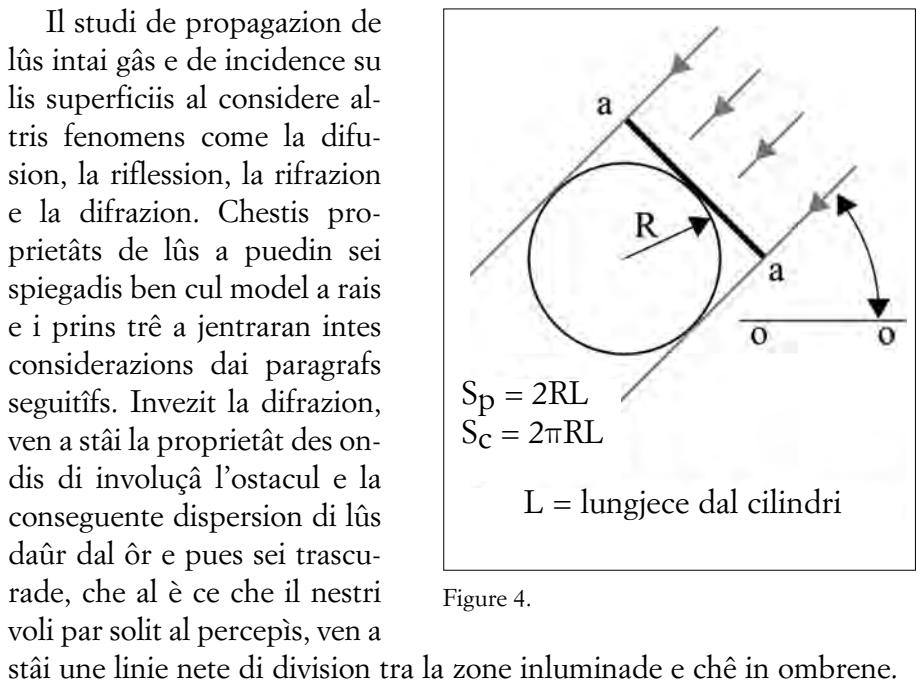


Figure 3.

Il model di propagazion de lûs fondât sui postulâts de otiche gjeometriche si preste ben a lis finalitâts di chest lavôr. Seont chest model lis sorzinti di difusion des ondis eletromagnetichis secondariis dal front de onde principâl plane e di fase costant a puedin sei sostituidis des liniis dretis che o clamìn rais. Considerât che pes aplicacions dentri de atmosfere il soreli e je une font al infinît, i rais che a colin suntune cualsisei superficie su la tie-re a puedin sei considerâts paralêi e uniformementri distribuîts intal spazi.



La tecnologije Solyndra e derive de costruzion des lampadis fluorescentis. Ogni cilindri al è fat di doi tubui, un dentri di chel altri. Su la superficie laterâl esterne dal tubul interni a son stadiis rigjavadis 200 celis FV di CIGS dut ator de superficie laterâl dal cilindri<sup>3</sup>. Parsore des celis al è stât depositât un strât di un particolâr “agjent otic” che al concentre la lûs che e scjame zontraviers il spessôr dal tubul plui esterni. Ogni tubul al è sigjilât cun veri e metal cuintrî de umiditât, un agjent che se al jentre a contat cu la cele al va a decessi la prestazion, e fissât rigjidelementri intal panel. Ogni panel al à dentri 40 cilindris metûts a une altece di sù par jù mieç metri dal cuviert.

Il principâl dât tecnic di riferiment di un panel e je la potence di pic o nominâl<sup>4</sup>. Sul capanon Hessiana e ven calcolade semplicementri adizionant lis singulis potencis nominâls di ogni panel (o matriç) scritis intal sfuei dai dâts tecnics furnît dal costrutôr; intal nestri câs di studi sun tun numar di panei  $N_m = 576$  di  $P_n = 200$  W par panel o tirin fûr une potence nominâl di cjmp FV di  $P_{n,fv} = 115,2$  kW.

Intai paragrafs seguitîfs al vignarà stimât, par prin, il rapuart tra cuantitat di radiazion globâl di soreli che e cole sul panel plan e la cuantitat

che si distribuïs sul cilindri di superficie equivalent; po dopo si furnis une justificazion teoriche dal valôr stimât; ae fin a vignaran discutûts i risultâts sperimentâi gjavâts des provis di laboratori e dal colaut sul implant.

**2. Valutazion dal metodi di misure de radiazion solâr e stime de difference tra la misure su superficie plane e cilindriche.** In gjenerâl une superficie FV sot dal soreli e ven inradiade di trê components di lûs: direte, difondude e rifletude. La direte e je formade dai rais dal soreli, la difondude e ven dal cil (e dai nûi) e la rifletude di elements che a rifletin la lûs (aghe, vegjetâi, costruzions, e v.i.). In dutis lis considerazions che o fasarin plui indenant o trascurarîn la riflession e l'assorbiment di lûs di bande dal veri di protezion.

I cilindris a son stâts orientâts te direzion soreli jevât (est) viers soreli pognet (ovest) e paraléi ae superficie de cuvierture; chest par otignî une distribuzion de lûs uniforme dilunc des diretoriis dal cilindri vie pe zornade, ven a stâi cui rais di soreli che a colin sul cilindri cu la instesse inclinazion dilunc di ogni diretorie<sup>5</sup>.

Si rindin cont sul plan intuitif che un modul plan FV al presente, considerant dome la component direte e difondude de radiazion, une eficience di conversion plui grande di chê dal cilindri di superficie avuâl e costruit doprant l'instès material fotosensibil. Di fat il semicilindri in ombrene al ven investit di une cuantitat di lûs, rifletude dal cuviert, inferiôr ae cuantitat di lûs che e larès a colâ suntune superficie plane de instesse estension metude sul plan cuntri soreli. O justifichin cheste intuizion considerant il câs limit di un cilindri isolât: la component direte di intensitat I che e finis sul semicilindri, part in ombrene (omb) e part inluminat (inl), rifletude dal cuviert si sorepon e si some a chê direte di midiesime intensitat che e cole sul semicilindri cuntri soreli dome intal câs ideâl di superficie rifletent perfetementri speculâr (Figure 5).

Ma intal câs réal il cuviert in part al supe la radiazion e in part le dispiert in dutis lis direzions (Figure 6) e di fat un cuviert nol è un spieltant che un lâc di montagne che al riflet dute la component di lûs direte e difondude intune biele zornade di soreli, tant al è vêr che il paisaq des monts ator dal lâc al ven rifletût tâl e cuâl il réal. Cun di plui il cilindri nol è isolât ma la superficie de cuvierture e ven disegnade des ombrenis dai cilindris metûts un dongje di chel altri e chest al ridûs la superficie

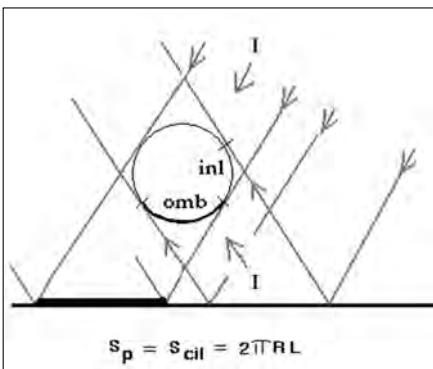


Figure 5.



Figure 6.

Figure 7.

nete rifletent (viôt te Figure 7 i cilindris intune situazion di laboratori sot dal soreli). A rinfuarç de intuizion viodin di fâ cualchi resonament operatîf e cuantitatîf su la misure di eficience considerant il semicilindri FV sot dal soreli e cul solarimetri poiât sul plan  $a - a$  (viôt la Figure 8). La prime osservazion e ven di bot a pene che si considere che la superficie semicilindriche sot dal plan tangent  $a - a$  dal cilindri di rai R e je plui grande de superficie plane che e sta parsore e duncje la densitât di potence misurade su la superficie plane tangent al cilindri e je superiôr ae densitât dal semicilindri che i sta sot<sup>6</sup>.

Considerîn alore un bon indizi stimâ la riduzion percentuâl de densitât di potence dal plan tangent ae superficie dal semicilindri su la base dal rapuart tra lis dôs superficiis.

Calcolin il rapuart tra lis dôs superficiis che al risulte:  $(S_c/2)/S_p = \pi/2$ .

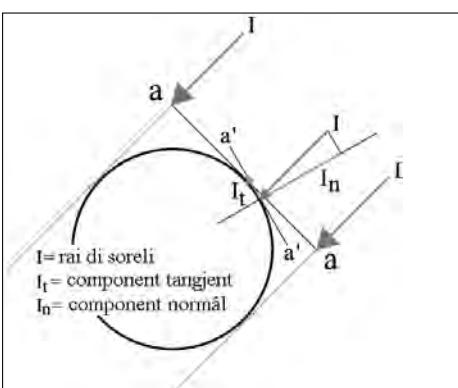


Figure 8.

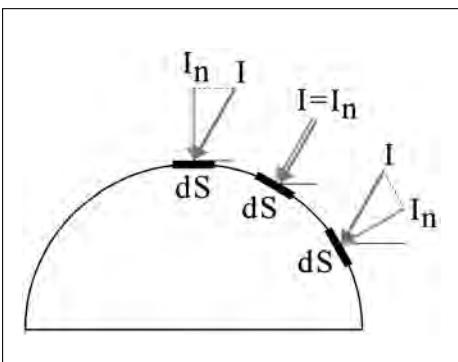


Figure 9.

sta te ombrene, ven a stâi de bande contrarie al semicilindri cuintri dal soreli, no ricevi nissune des trê components (rifletude, direte e difondude), alore la misure de riduzion percentual di intensitât di radiazion passant dal plan tangent  $a - a'$  di superficie  $S_p$  ae densitât distribuide su la superficie dal cilindri  $S_c$  si pues calcolâle cu la formule:

$$\Delta J\% = [I/S_p - I_n/(S_c/2)]/(I/S_p) \cdot 100 \quad (1)$$

Se o trascurin dal dut la pierdite di component tangent su la superficie dal cilindri in ducj i ponts de superficie ( $I = I_n$ ) o ciatin, fats i calcui, il valôr percentual dal 36,3% cirche.

No podin considerâ chest un coefficient di aplicâ al rapuart tra lis densitâts di potence se o resonin che la riduzion di densitât di potence si riferis aes components perpendicolârs al plan  $a - a$  e  $a' - a'$ . Di fat il rapuart a penne calcolât  $(S_c/2)/S_p$  nol è proporzional al rapuart tra lis densitâts di radiazion direte  $(I/S_p)/(I_n/(S_c/2))$  e alore al ven di bot che il rapuart tra lis intensitâts  $I/I_n$  nol è unitari ma  $I \geq I_n$  (la tangent  $I_t$  al plan tangent  $a' - a$  e sbrisse vie di une cuantitât che e dipint de inclinazion dal rai di soreli par ogni superficie elementâr  $dS$ ) (Figure 9). Un calcul par rindi cont cuantitativerementri, seont une leç analitiche precise, de variazion di  $I$  rispet a  $I_n$  al è stât fat e al vignarà utilizât intun prossim paragraf.

Par intant se o fasin l'assum che la part dal semicilindri che e

sta te ombrene, ven a stâi de bande contrarie al semicilindri cuintri dal soreli, no ricevi nissune des trê components (rifletude, direte e difondude), alore la misure de riduzion percentual di intensitât di radiazion passant dal plan tangent  $a - a'$  di superficie  $S_p$  ae densitât distribuide su la superficie dal cilindri  $S_c$  si pues calcolâle cu la formule:

$$\Delta J\% = [I/S_p - I_n/(S_c/2)]/(I/S_p) \cdot 100 \quad (1)$$

Se o trascurin dal dut la pierdite di component tangent su la superficie dal cilindri in ducj i ponts de superficie ( $I = I_n$ ) o ciatin, fats i calcui, il valôr percentual dal 36,3% cirche.

Se invezit o fasìn l'assum di considerâ un cilindri ideál isolât di rai tant grant di podê pensâ la superficie dal cilindri pratiche-mentri plane (al limit  $S_p = S_c/2$  e di conseguence  $I = I_n$ ) alore, banalmentri, no si verifiché nissune diminuzion di densitât di radiazion, ven a stâi o ciatìn un risultât di 0% di diminuzion percentuâl.

Vint calcolât i doi valôrs limit o podin trai in struc la conclu-sion: il valôr percentuâl di riduzion di component direte, passant dal plan  $\alpha - \alpha$  al semicilindri sot dal plan, misurade cuntun solarimetri poiât sul plan e cul assum di trascurâ la riduzion de component di radiazion direte passant dal plan  $\alpha - \alpha$  al semicilindri a cause de pierdite de component tangjent, no je su-periôr dal 36,3% cirche, ven a stâi che il valôr percentuâl di densitât al svarie dentri dal interval:

$$0 < \Delta J \% < 36,3 \% \quad (2)$$

Plui inlà o larìn a justâ il limit superiôr di (2) tignint cont di chel che o vin trascurât, vâl a dî la riduzion de component direte passant dal plan al semicilindri, la component difondude dal cil e par ultin, ma no di sigûr mancul impuantant, la component di albedo sul semicilindri in ombrene.

A chest pont fermìnsi par cualchi rie par une precisazion: intal procès di misure in laboratori un modul al ven interessât dome de component direte di lûs, invezit sot dal soreli il modul al cjape sei la component direte che la difondude. Viodin alore di cjapâ in considerazion lis pro-prietâts e la incidence su la produtivitat FV de component difondude<sup>7</sup>. La radiazion difondude e ven dal cil e in part e je rifletude de cuiertu-re (Figure 10).

La component difondude de lûs e pues sei paragonade al moviment di-sordenât des cjariis eletrichis dentri dai condutôrs e semicondutôrs: cussì co-

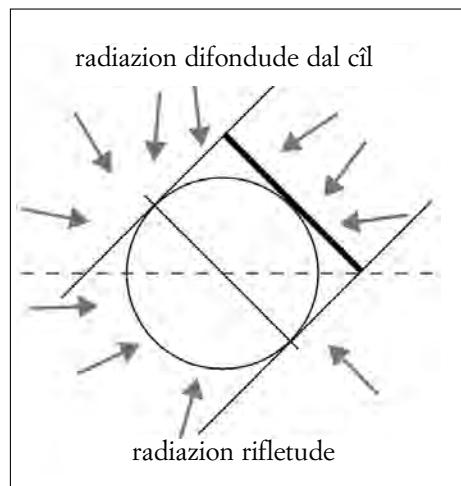


Figure 10.

me i puartadôrs di cjarie eletriche cence un cjamp eletric si movin in maniere casuâl dentri de materie, cussì a fasin i fotons de lûs difondude in atmosfere. Se si puedin scrivi elegantis ecuazions par spiegâ un moviment ordenât di parteselis, e di fat si poiarìn sul metodi gjeometric par studiâ la propagazion de component direte de lûs tal aiar, o vin di fidâsi dai dâts statistics cuant che o vin a ce fâ cul moviment casuâl di grandis popolazions di parteselis che si movin in maniere disordenade.

Si proponìn alore di stabilî la percentuâl di ripartizion de component difondude fra lis dôs semicirconferencis sot e parsore dal plan tangent  $a - a$ . O considerìn il câs ideâl di un cilindri isolât par sghindâ il probleme de influence des ombrenis su la riflession, cun di plui par dutis lis considerazions che a vignaran daurman o considerìn la condizion ambientâl ideâl cuntun cîl seren e libar di nûi, ven a stâi lis condizions che si volaressin ciatâ par un colaut di implant FV.

Strenzin par prin la nestre analisi ae singule *superficie semicilindriche cuintrì soreli*. Si domandîn se o ciatin diferencis di intensitât di lûs difondude metint a confront une superficie cilindriche cuintrì soreli e une plane ecuivalent in estension.

Inte Figure 11 al è mostrât un câs particolâr di riduzion de component normâl passant dal plan  $a - a$  al plan tangent  $a' - a'$  di une radiazion di intensitât  $I$  gjeneralmentri inclinade sul plan  $a - a$ . Se o considerìn dilunc de semicirconference dal cilindri sot dal soreli il rapuart fra la component normâl  $I_{n,p}$  sul plan  $a - a$  e la normâl  $I_{n,c}$  dilunc de instesse direzion dal rai di soreli relative al plan  $a' - a'$  o viodin che par une inclinazion  $\alpha < 90^\circ$  al seguìs  $I_{t,p} > I_{t,c}$  ( $I_{n,p} < I_{n,c}$ ) e il risultât contrari se  $\alpha > 90^\circ$ , ven a stâi  $I_{t,p} < I_{t,c}$  ( $I_{n,p} > I_{n,c}$ ). Il teoreme in note<sup>8</sup> nus puarte a ritignî che la component normâl di lûs difondude che e cole vie pe zornade sul plan tangent  $a - a$  e sul semicilindri  $a' - a'$  cuintrì soreli e sarà tendenzialmentri la instesse:  $D_{\text{inl}} \cong D_p = D_c$ .

In condizions di cîl cuviert i fotons di lûs a colin su lis dôs superficiis in dutis lis direzions, e duncje no je nissune reson par pensâ che i fotons a vedin preference pe superficie plane pluitost che par chê cilindriche e partant la conclusion disore e ven confermade in maniere inmò plui strente.

Considerìn il semicilindri che al *disegne la ombrene su la cuvierture* (viôt la Figure 1 parsore). La lûs difondude che no cole sul cilindri cuin-

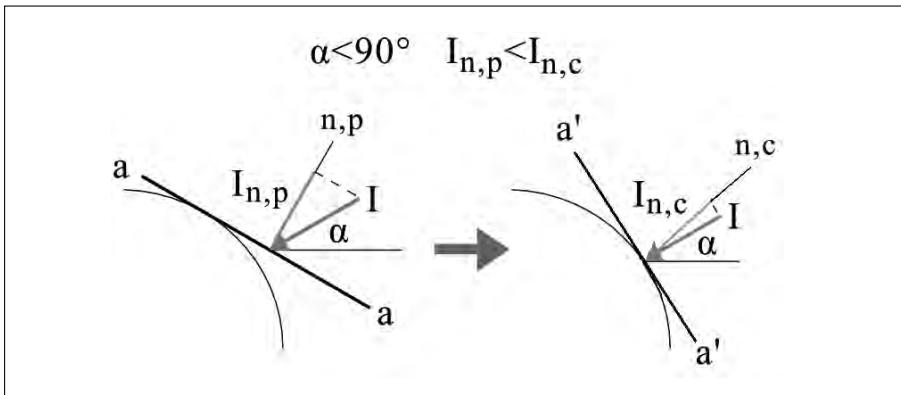


Figure 11.

tri il cîl si spant su la cuvierture dal capanon. Cheste component di albedo  $D_{\text{alb}}$  no pues sei plui grande de lûs difondude che e colarès su la superficie dal cilindri se e fos metude cuntri soreli. Par assurt se cussì e fos la cuvierture dal capanon e produsarès un efiet concentratzion, ma chest nol è pussibil. Cun di plui, se o considerin che la superficie dal cuvert e supe part de radiazion e no riflet specularmentri, o podìn concludi cun chest principi: *la component difondude totâl e podarà al plui svinçâsi al valôr globâl de densitât D che e larès a colâ su la superficie plane ecuivalent in estension ae superficie laterâl dal cilindri:*

$$D < D_{\text{inl}} + D_{\text{alb}} \quad (3)$$

Par decessi la difference  $\Delta D = D - (D_{\text{inl}} + D_{\text{alb}})$  l'instaladôr al racomande di piturâ di blanc la superficie sot dai cilindris. Di fat il costrutôr, su la base di sôs valutazions, al declare un recuperar dal 15% al 20% di radiazion globâl rispet ae superficiis neris<sup>9</sup>.

Fin chi o vin considerât la intensitat de lûs ator dal cilindri. Viodìn, cumò, di considerâ il *cjamin de lûs dentri dal cilindri*. Al è za stât dite che il cilindri Solyndra al è fat di doi tubui: un esterni di veri e un interni cuvert di un concentradôr otic depositât parsore dal strât fotosensibil di CIGS. Prime dal concentradôr otic, il veri dal tubul esterni al davuelç une parzial concentratzion de lûs par efiet de rifrazion, ven a stâi un fenomen di “dreçament” dal rai di soreli che al passe di un mieç a un altri

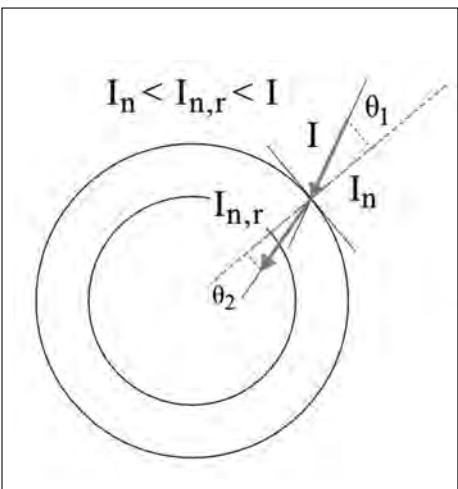


Figure 12.

suntune superficie plui piçule), conseguence de minôr riduzion de component normâl e duncje di une pierdite minôr di component tangjent ( $I_{n,r} > I_n$  inte Figure 12).

Sot di chest aspiet il cilindri FV si compuarde tant che un inseguidôr solâr passîf ancje se il so rindiment al restarà simpri une vore inferiôr a chel di un inseguidôr dinamic.

La declarazion de Solyndra che un dai vantaçs dai cilindris al è chel di produsi l'efiet inseguiment dal soreli cence argagns in moviment e je parzialmentri vere cun riferiment al inseguidôr dinamic (che al mantan continuativementri la relazion di avualitât  $I = I_n$ ) in oris ator dal misdì ma si slontane cun rais inclinâts de bande soreli jevât a soreli pognet.

Rispriet ai sistemis ecuivalents a modui plans cence concentratadôrs la concentrazion e influence sei la produzion di energie sei la prestazion. La curve di potenze e risulte plui plate a pet dai modui cence concentrazion che a presentin un pic, e la variazion di  $\Delta J\%$  in (2) si sposte viers dal zero.

Fasìn un pocje di stime cuantitative cun riferiment ae sole rifrazion. L'angul di rifrazion  $\theta_2$  al ven rigjavât de leç di Snell e al dipint dal angul di incidence  $\theta_1$ :  $\text{sen } \theta_1 / \text{sen } \theta_2 = n_{12}$  cun coeficient aiar/veri  $n_{12} = 1,55$ . Dut câs il calcul integrâl de variazion de component normâl par cualsisei inclinazion  $\alpha$  dal rai di soreli sul plan dal orizont ae latitudin di Talmassons (dulà che si cjate l'implant) jenfri i doi solstizis ( $21^\circ < \alpha < 67^\circ$ ) e dut dilunc de circonference par ogni ogni dât valôr di  $J = f(\alpha)$  al è dât de formule:

$$\Delta J = J - \iint \cos(\arcsen[1/n_{12} \text{sen}(\theta_1(\alpha))]) da \quad (4)$$

e chest al vûl dî che la variazion  $\Delta J\%$  si sposte viers il limit inferior ma no deventarà mai zero. Cun posizion dai rais di soreli ator dal misdì la variazion e ven di cualchi pont percentuâl.

O train ae fin la conclusion sul plan intuitif, ma justificât dal calcul e dal metodi de otiche gjeometriche, cun chest enunciât: la *densitât di radiazion solâr globâl su la superficie di un cilindri FV esponût al soreli dilunc de diretorie est-oest (estensibil a cualsiei altre diretorie) e je minôr de radiazion globâl intercetade di une superficie plane di estension avuâl e in cualsiei condizioni meteorologiche*. Dut al sta a stabilî une misure plui precise di cheste riduzion.



Figure 13.

**3. La verifiche tecniche funzionalâ daûr de norme CEI.** La norme CEI 82-25 e stabilîs une suee minime di eficience di un implant FV dal 75% par une intensitat di lûs di soreli di almancul  $600 \text{ Wm}^{-2}$ . Il concet di eficience globâl di un implant FV al mostre tropo potence di lûs che e ven trasformade in eletriche. A mont dal grup di conversion de corint eletriche di continue in alternade (cc/ca), clamât comunementri *inverter*, la eficienze e met a confront la potence nominâl dal implant cu la potence di lûs.

Stant il fat che un implant al è un sisteme fisic liniâr, la eficience dal implant FV e pues sei ripuartade ae potence dal cilindri Solyndra considerât tant che une batarie solâr cui segnis eletrics tai doi cjaveçs (Figure 13).

Il costrutôr Solyndra al certifiche intal sfuei tecnic une potence nominâl par ogni panel di  $P_n = 200 \text{ W}$ ; il calcul de eficience al ven dât alore de formule:

$$\varepsilon \% = [P_n / (N \cdot S_c)] / G_{\text{STC}} \cdot 100 \quad (5)$$

cun  $N = 40$  numar di cilindris,  $G_{\text{STC}} = 1000 \text{ Wm}^{-2}$  valôr de intensitat in condizioni standard misurade sul plan,  $S_c = 3,14 \cdot 2R \cdot L$  (cun  $2R = 2,2 \text{ cm}$

il diametri;  $L = 100$  cm la lungjece) la superficie dal cilindri; dai calcui o ciatìn un valôr di eficience di  $\varepsilon\% = 7,24\%$  une vore distant de eficience STC di un modul cualsisei a film sutîl.

Il costrutôr nol à metût in clâr il dât di eficience di laboratori des celis CIGS e tant mancul la eficience dal modul, ma la leterature tecniche e mostre un 13% di eficience di cele e ancje plui<sup>10</sup>. Cun chest dât ultin o misuraressin une variazion di eficience dal 44,3% cirche che al è plui dal valôr massim dal interval (2), cuntun scart rispiet al valôr precedent di un  $\varnothing = 44,3\% - 36,3\% = 18\%$ . Considerât che la (2) no considere il semicilindri in ombrene o vin motif di justâ la (2) al gnûf interval:

$$0 < \Delta J\% < 44,4\% \quad (6)$$

Se o rigjavìn dal valôr di eficience no cognossût il valôr dal limit superiôr di (6) o otignìn il valôr di eficience dal 12%, dongje di chel declarât dai costrutôrs di film sutîl.

Fûr des condizions STC si sostituìs a  $G_{STC}$  il valôr misurât  $G$ :  $0,6 G_{STC} < G \leq G_{STC}$  e la formule (5) alore e devente:

$$\varepsilon\% = [P_n / (N \cdot S_c)] / G \cdot 100 \quad (7)$$

dulà che  $P$  e je la potence eletriche convertide.

Seont i resonaments disvilupâts intal paragraf precedent la radiazion misurade dal colaudadôr su la superficie dal cilindri disvilupade sul plan e je inte realtât superiôr ae intensitât di radiazion che e cole su la superficie cilindriche. Ma se la potence réal si pues facilmentri misurâ cu la strumentazion in dotazion al colaudadôr, cul solarimetri nol è pussibil misurâ la radiazion globâl che e cole su dute la superficie dal cilindri intes condizions standard proviodudis de norme CEI scrite pai modui plans.

O podìn capî il motif de impossibilitât di superâ la suee di eficience (la norme CEI 82-25 le clame rindiment) ricjapant lis dôs formulis dal software de unitât di elaborazion doprade dal colaudadôr intes misuris stabilidis par un colaut, cussì come che a son ripuartadis de norme:

$$P_{cc} > 0,85 P_n \cdot G_p / G_{STC} \quad P_{ca} > 0,9 P_{cc} \quad (8)$$

dulà che si lei:

- $P_{cc}$  potence (in kW) misurade in jessude dal gjeneradôr FV, cuntune inciertece di no plui dal 2%;
- $P_{ca}$  potence ative (in kW) misurade in jessude dal grup di conversion cuntune inciertece di no plui dal 2%;
- $P_n$  potence nominâl (in kW) dal gjeneradôr FV, calcolade somant lis singulis potencis dai panei come che al risulte dal sfuei tecnic dal costrutôr;
- $G_p$  intensitât di soreli ( $\text{Wm}^{-2}$ ) misurade sul plan dai modui cun incertece su la misure dal sensôr solâr a celute FV di no plui dal 3% e cun incertece di misure su la tension di jessude di misure dal sensôr a cele termoelettriche di no plui dal 1%;
- $G_{STC}$  ( $I_{STC}$ ) intensitât di soreli ( $\text{Wm}^{-2}$ ) in STC.

Daûr de interpretazion de CEI 82-25, te (8) la prime formule e calcole il valôr dal rindiment  $\eta_{cc}$  sul lât de continue e la seconde il rindiment  $\eta_{ca}$  sul lât alternade. Inmò la formule e mostre a clâr che la verifiche e fale se il valôr dal prodot dai fatôrs  $P_n \cdot G_p$  al è plui grant di chel real mi- surât. Par validâ la disavualitât al è necessari decessi il prodot.

Il prin fatôr nol pues sei modificât parcè che al è certificât, e alore par verificâ la formule o vin di decessi il valôr  $G$  misurât dal solarimetri sul plan. Partant il valôr di variazion percentuâl di radiazion globâl di meti dentri de formule si cjate gjavant de radiazion globâl misurade sul plan la percentuâl di intensitât di lûs che no prodûs efet FV, ven a stâi la per- centuâl di radiazion di soreli che no jentre intal cilindri.

Intai doi paragrafs seguitâs o larìn a disvilupâ considerazions sei teo- richis che pratichis par calcolâ la radiazion efetive che e prodûs efet FV.

**4. Metodi teoric pal calcul de variazion di distribuzion de radiazion globâl di une superficie plane a une cilindriche.** Il rindiment di un im- plant FV al dipint de esposizion al soreli dal sít, e duncje la prestazion di un element FV e dipindarà de ore, de zornade e des condizions atmo- sferichis. Dutis lis considerazions a seguî a vegin fatis pensant a une si- tuzion ambientâl plui dongje pussibil ae condizion STC di laboratori, ven a stâi cîl seren cence nûi, umiditât relative trascurabil, temperadure frescje e nancje une bave di aiar. Chestis condizions a son rarîs e a fasin pensâ al “Paradîs in Tiere”, pardabon! Si capîs alore che lis operazions di colaut a son activitâts pe plui part scritis su la cjarte o metudis in vore

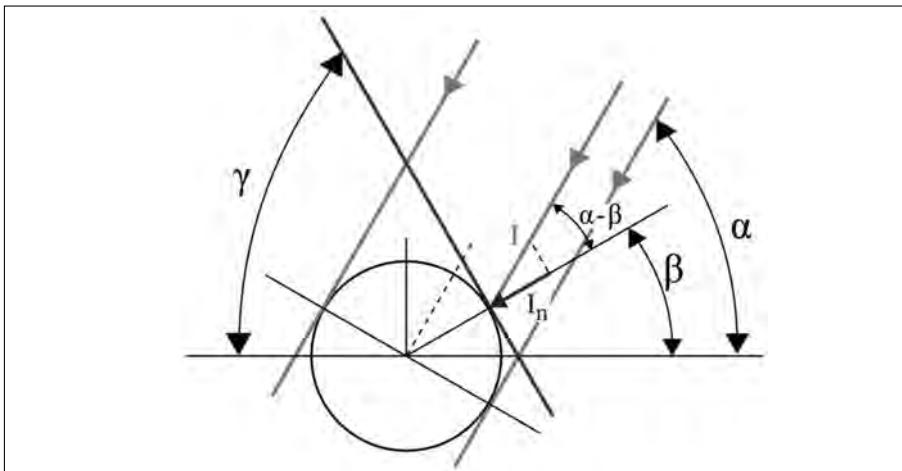


Figure 14.

di necessitât intal câs di contestazion dal proprietari cuintri de imprese parcè che la produzion previodude no je otignude inte realtât.

Chi daûr al ven disvilupât un procediment analitic pal calcul dal valôr plui probabil dentri dal interval di incertece dât di (6).

Al è bielzà stât scrit che la radiazion solâr globâl e ven dade dal contribût di trê components: direte ( $I$ ), difondude ( $D$ ) e di albedo, o rifletude ( $R$ ):

$$G = I + D + R \quad (9)$$

dulà che o intindîn cun  $G$  la radiazion globâl a nivel di tierie.

O considerîn par prime la radiazion solâr che e cole sul semicilindri *cuintri soreli*.

Calcui e considerazions si poin su chescj ponts:

- il valôr de component direte  $I_n$  che e jentre normalmentri ae superficie dal cilindri al ven calcolât cuntun procediment integrâl numeric doprant un sfuei di calcul (viôt Figure 14);
- si è trascurade la incidence de component di albedo su la part inluminade;
- la component direte  $I_n$  si mantien costant par dute la diretorie dal cilindri gjavadis lis estremitâts dulà che si cjate une variazion di cualchi pont percentuâl, che si pues trascurâ dal dut inte economie dal nestri discors. Prin di fâ ogni altri pas indenant viodin di fâ cualchi considerazion.

In linie di principi la superficie FV no je inradiade di lûs direte uniformementri dilunc de circonference e duncje il vetôr intensitât  $I_n$  al larà riferît a un valôr di superficie elementâr, piçule trop che si pues inte misure e piçule trop che si vûl intal calcul, par svicinâsi al valôr real e da spò procedi cuntune integrazion. La component  $I_n$  dilunc de semicirconference e svarie intun interval di valôrs che a van di un valôr nul in corrispondence de estremitât dal diametri (intal pont di tangjence dal rai cu la circonference) e un valôr massim inte situazion particolâr che si verifiche cuant che la direzion dal vetôr  $I$  si sorepon ae direzion di  $I_n$  ( $I = I_n$ ).

Lis formulis pal calcul de component normâl de intensitât di potenze distribuide su la superficie dal cilindri FV inluminât a son in note<sup>11</sup>. La simulazion e da par ducj i angui di inclinazion dai rais solârs une riduzion di cirche il  $\Delta I = 36\%$ , in pratiche l'instès risultât burît fûr calcolant la variazion di densitât  $\Delta J\%$  cu la (1).

De ipotesi b) o rigjavîn la posizion  $R = 0$  e alore la (9) e devente:

$$G = I+D \quad (10)$$

La misure de radiazion solâr sul plan tangjent, di decessi dal valôr percentuâl, e sarà calcolade posizionant il solarimetri cun angul di tilt<sup>12</sup> dât de formule  $\gamma = 90 - \alpha$ , che e je la situazion tipiche che si verifiche posizionant il solarimetri cuintri soreli.

La formule pal calcul de radiazion globâl sul plan dal semicilindri cuintri soreli, valôr che al vignarà ridusût in percentuâl, al ven a jessi:

$$G_{\text{inl}} = k_S (I+D) = k_S [k_{\text{rid}} \cdot (G-D) + D] \cong 0,23 \cdot G = 23\% G \quad (11)$$

dulà che:

- $D = k_{\text{dif}} \cdot (1+\cos\gamma)/2 \cdot G$ ,  $k_{\text{dif}} = 0,2$  coeficient di difusion (viôt note<sup>7</sup>);
- $k_{\text{rid}} = 0,36$  coeficient di riduzion de superficie plane ae cilindriche.

Viodìn cumò di calcolâ la percentuâl di *component di albedo su la part dal cilindri in ombrene*.

Il sfuei tecnic de Solyndra al declare une component di albedo dal 23,9% a regjim<sup>13</sup>. Se ae dispersion de component di albedo o zontin la condizion no ideâl de cuverture dal capanon Hessiana e altris fatôrs secundaris, chest valôr al è di ritignî un valôr limit superiôr. Sostituint inte

(9)  $I+D = 0$  e scomponint la rifletude inte dôs components  $R = I_r+D_r$  o otignin:

$$G_{\text{omb}} = I_r + D_r \quad (12)$$

Se o butin il voli ae Figure 7 o viodin che la superficie e ven disegnade des strichis di ombrenis dilunc vie la schirie di cilindris. Par calcolâ la cuantitât di radiazion rifletude o vin alore di calcolâ tropê superficie e riflet la lûs, ven a stâi il rapuart  $S / S_{\text{omb}}$ , tignint presint une cubie di ipotesis semplificativis:

- a) o trascurin la riflession de component difondude rifletude des strichis di ombrenis;
- b) o considerin plane e cence pendencis la cuverture sot dai cilindris<sup>14</sup>.

La Figure 15 (disegnade no in scjale e cul sôl obietif di judâ la intuizion) cun  $h = 30$  cm e  $d = 3,5$  cm e mostre une pussibil distribuzion dai rais riflès intal cors dal an.

Sot dai cilindris lis strichis in ombrene e chês rifletints si spostin vie pal an e ancje al cambie il rapuart tra lis superficiis  $S / S_{\text{omb}}$ . Fasìn il calcul dal rapuart intun particolâr temp dal an.

La superficie scure disegnade de ombrene dal cilindri si calcole facilmentri cu la formule  $S_{\text{omb}} = 2R / \sin \alpha \cdot L$  cun  $R = 1,1 \cdot 10^{-2}$  m e  $L = 1$  m. Chest valôr al ven gjavât de superficie totâl sot dai cilindris tra un e chel altri dade de formule  $S = (d + 2R) \cdot L = 5,7 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$  cirche. La percentual di superficie rifletint e ven dade dal coeficient  $k_{\text{Su}} = (S - S_{\text{omb}}) / S = 1 - 0,386 / \sin \alpha$ . O podin zontâ la osservazion: se l'angul  $\alpha$  al incrè, ancje la superficie rifletint e incrè e l'incontrari<sup>15</sup> e cun di plui, come che si viôt inte Figure 15, no dute la component direte e ven rifletude sul semicilindri ma dome une part.

Cun chê di calcolâ la component  $I_r$ , o tirin la conclusion: *la riflession de component direte di lûs e cjaparà sôl une part dal semicilindri sei a cause des ombrenis sei a cause de dispersion zontravers i barcons fra un cilindri e chel prossim. Se o clamîn I la component direte di lûs rifletude di une superficie perfetementri speculâr suntun cilindri isolât, e val cheste limitazion:*

$$I_r < I \quad (13)$$

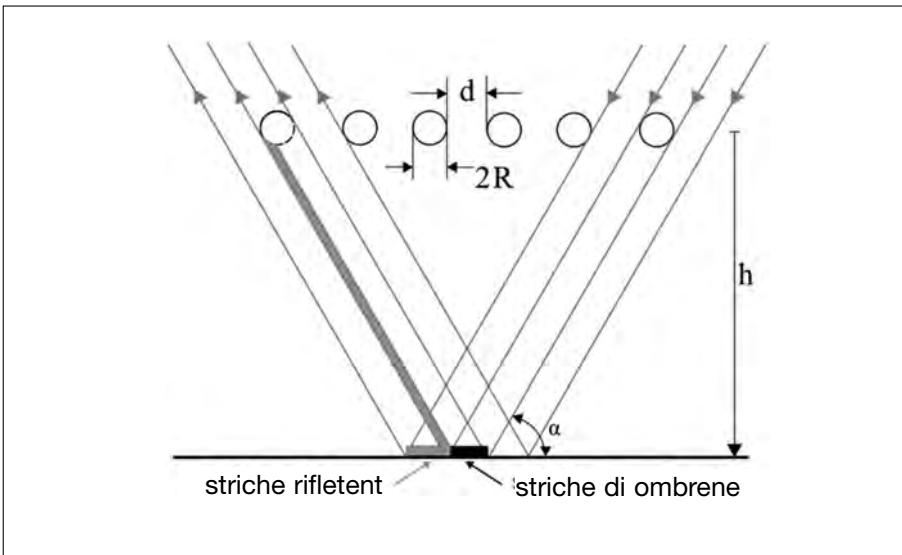


Figure 15.

dulà che  $I_r$  e je la component di radiazion direte che e cole sul cilindri esponût ae riflession.

La pierdite  $\Delta I_r = I - I_r$  e dipint dal coeficient di albedo e la cuantitât di  $I_r$  e dipint de proprietât de superficie rifletint e dal angul di inclinazion dai rais di soreli. La component  $I_r$ , considerant la intensitât de radiazion rifletude proporzional ae superficie rifletint, e je dade de formule:

$$I_r = k_{Su} k_s (G - D) \quad (14)$$

cun  $I = G - D$ , valide par riflession speculâr. Sostituint il valôr  $\alpha = 45^\circ$  (valôr corispuindint al ecuinozi ae latitudin di Talmassons dulà che  $\gamma = \alpha$ ) o otignìn cun  $k_{Su} = 0,45$  il risultât di  $I_r = 0,033 G$  e in percentuâl cirche  $I_r\% = 3,3\% G$ .

Che altre component  $D_r$  e je dade de formule:

$$D_r = k_s k_{Su} k_{dif} \rho (1 - \cos(180 - \gamma)) / 2 \cdot G \quad (15)$$

e sostituint i valôrs  $\rho = 0,7$  o rivìn al risultât di cirche  $D_r\% = 0,027 = 2,7\% G^{16}$ .

La component di radiazion globâl sul semicilindri in ombrene e risulte:

$$G_{\text{omb}} = I_r + D_r = 0,033 G + 0,027 G \cong 0,06 G = 6\% G \quad (16)$$

In definitive la variazion percentuâl di radiazion di parsore a sot il plan rispiet ae complessive e risulte sù par jù:

$$G_c = G_{\text{inl}} + G_{\text{omb}} = 0,23 G + 0,06 G \cong 0,3 G = 30\% G \quad (17)$$

Bisugne considerâ che la superficie plane equivalent ae cilindriche no intercete sul lât posteriôr dal panel la component di albedo parcè scurît di un rivestiment protetif, e alore par otignâ la stime de  $G_m$  misurade dal totâl  $G$  o scrivìn:

$$G_m = G - D_r \cong 0,97 G \quad (18)$$

In conclusion la variazion di radiazion globâl e ven a jessi:

$$\Delta G = G_m - (1 - G_c) = 0,97 G - 0,62 G \cong 0,34 G = 34\% G \quad (19)$$

ven a stâi che al valôr misurât sul plan o vin di tirâ vie cirche il 34% par otignâ la efetive radiazion distribuide sul cilindri. Intal nestri câs o vin di misurâ, par esempli,  $950 \text{ Wm}^{-2}$  sul plan par rivâ a une radiazion efetive di  $627 \text{ Wm}^{-2}$ .

Chest esempli al è indicatîf e nus dîs che al è une vore dificil passâ la verifiche tecniche funzionâl stant che par misurâ plui di  $900 \text{ Wm}^{-2}$  a misdî o vin di vê biel timp; ancje se la misure e je judade dal fat che il solarametri al ven metût cuintri dal soreli e che al è facil ciatâ valôrs ator dai  $1000 \text{ Wm}^{-2}$  al nivel dal mât e ae latitudin di mieze Europe. Cun di plui lis condizions de cuvierture a àn di sei une vore buinis considerât che par discuti la component di albedo o vin fat la ipotesi di disponi di une cuvierture speculâr. Inte realât si svicinìn tant plui ae condizion ideâl tant plui buine che e je la cualitât de vernîs blancje rifletint spandude su la cuvierture dal capanon.

Sul puest a son stadis fatis diviersis provis. Intune di chestis, o viodarìn, e je stade superade la suee di  $600 \text{ Wm}^{-2}$  cuntune misure di inten-

sitât di plui di  $900 \text{ Wm}^{-2}$  sul plan dal solarimetri. I coeficients e i dâts che nus àn puartât a burî fûr un risultât dal 34% a son presumibilmentri di riviodi in altris temps dal an. O zontìn il fat che lis misuris intun ambient esterni a son une vore sensibils a lis grandecis ambientâls (ventilazion, umiditat e temperadure dal aiar) e a dipindin, cun di plui, dal snait dal operadôr che al à di ridusi al minim il temp di ritart tra la racuelte des misuris in automatic e la elaborazion. Il dât teoric cjatât, e confermat in te misure, al à dut câs di sei considerât di tindince, cuntun interval di erôr pindulant e no definibil a priori.

Inte prossime sezion o viodarìn che chest dât al ven tendenzialmentri confermat cun misuris fatis doprant un solarimetri circolâr costruit a pueste par tirâ sù misuris tor ator de circonference. La costant di leture dal solarimetri circolâr e je stade calcolade cuntun procès di taradure cuntun solarimetri campion<sup>17</sup>.

**5. Metodi empiric sperimentalâl pal calcul de variazion di distribuzion de radiazion solâr di une superficie plane a une cilindriche.** Par stimâ sperimentalmentri la distribuzion de radiazion solâr su la superficie cilindriche al è stât costruit un solarimetri circolâr a celute FV di silici, bon di spostâsi dilunc de circonference par pas discrets di  $15^\circ$ ; a ogni pas e je stade misurade la corint cuntun multimetri e daspò convertide in intensitat di radiazion moltiplicant la corint par une costant di conversion. I risultâts a son ripuartâts te Tabele 1.

Lis misuris a son stadis fatis intun interval di temp di cirche  $15'$  (prime misure 15:50, ultime 16:05).

Al inizi de session di misuris il solarimetri campion al ripuartave sul plan une intensitat di  $664 \text{ Wm}^{-2}$  e ae fin un valôr di  $651 \text{ Wm}^{-2}$  cuntune aprossimazion dal  $\pm 5\%$ . La medie des misuris che silein su la ultime colonne e ven di  $G' = 494 \text{ Wm}^{-2}$ .

La tabele e je stade implenade di dâts ai 15 di Avost, duncje in Istât plene. In cheste zornade a misdi la inclinazion dai rais dal soreli sul plan dal orizont e risulte cirche  $\alpha = 60^\circ$  (angul di tilt  $\gamma = 30^\circ$ ) ae latitudin di Talmassons<sup>18</sup>.

Al è il câs di fâ une verifiche su la variazion percentual di radiazion misurade sul plan cun tilt  $\gamma = 30^\circ$  ( $G_{\text{inl}} = 971 \text{ Wm}^{-2}$ ) e la medie ponderade dai valôrs ripuartâts te ultime colonne:  $G' = 522 \text{ Wm}^{-2}$ . Si cjate une

Tabele 1. Misuris di intensât di lûs dilunc de circonference.

numar di misuris	inclinazion de celute	corint di curt circuit	intensât radiazion su la celute	temperadure costant di leture dal solarimetri circolâr: $k = 2,75 \text{ mA/(Wm}^{-2}\text{)} \pm 10\%$ as dal cilindri est-ovest	temperadure dal aiar $T = 36^\circ\text{C}$
N	grâts	Isc(mA)	Wm <sup>-2</sup>	NOTIS	
1	0	313	861		
2	15	345	949		
3	30	353	971		
4	45	357	982		
5	60	343	943		
6	75	309	850		
7	90	281	773		
tot		6328	G' (Wm <sup>-2</sup> ) medie	904	
1	105	234	644		
2	120	193	531		
3	135	149	479		
4	150	161	454		
5	165	174	443		
6	180	165	429		
tot		2959	G' (Wm <sup>-2</sup> ) medie	497	
1	195	156	410		
2	210	148	407		
3	225	135	371		
4	240	123	338		
5	255	110	303		
6	270	100	275		
tot		2123	G'(Wm <sup>-2</sup> ) medie	351	
1	285	81	223		
2	300	77	212		
3	315	61	168		
4	330	57	157		
5	345	135	371		
tot		1130	G'(Wm <sup>-2</sup> ) medie	226	

variazion percentuâl di cirche il 46% cunture deviazion dal valôr teoric calcolât in (19) di cirche il 26%. Cheste deviazion evident rispet al valôr teoric si sbasse se o considerìn che la component di albedo de cuiertu-

re no je optimâl ( $\rho < 0,7$ ) e la costant di leture dal solarimetri<sup>19</sup> te Tabele 1 e je plui dongje dal valôr minim  $k - 10\%$   $k$ . Di fat cun chest ultin valôr il dât dal 26% al vignarès sù pat jù la metât.

Se invezit o fasìn une stime su la variazion percentuâl des misuris sul semicilindri inluminât e chel in ombrene, ven a stâi sui doi intervali:

$$\begin{aligned} \text{semicilindri inluminât } 330 < \alpha \leq 120 \quad (0) \\ \text{semicilindri in ombrene } 120 < \alpha \leq 330 \end{aligned}$$

cun  $G_{\text{inl}} = 686 \text{ Wm}^{-2}$  cirche il valôr medi calcolât sul prin interval e  $G_{\text{omb}} = 353 = \text{Wm}^{-2}$  calcolât sul secont, o otignìn il valôr di cirche 48,5%. Se, di chê altre bande, o calcolin la difereunce fra  $G_{\text{inl}} = 23\% G$  calcolât in (11) sul semicilindri inluminât e il  $G_{\text{omb}} = 6\% G$  sul semicilindri in ombrene dât di (16), o ciatìn une variazion percentuâl dal 73,9% cuntune difereunce di variazion dal 34,4%. Cheste variazion si spieghe facilmentri a pene che o considerìn che i valôrs in tabele a fasin riferiment a un cilindri isolât e che nol cjapeci ombrenis come che al sucêt inte realtât, dulà che i cilindris a son metûts adun intun panel a ristiel.

A chestis considerazions ur podîn zontâ ancje une cubie di altris. Il procès di integratzion sperimental al è distant une vore dal procediment matematic (o vin considerât 24 pas cuntune placute di silici che e cuvierç un poligon esagonâl): un numar di pas plui grant al permetarès une misure plui precise. Cun di plui, bisugne considerâ che la corint fotoindusude e dipint dal spetri di lûs e, se la component direte e à dutis lis frequencis di radiazion di un cuarp neri, la lûs rifletude e à un spetri difèrent daûr di ce porzion dal spetri che e ven supade de cuvierture. Di chê altre bande ancje il nestri procediment teoric al presente limits stant che si fonde su dâts statistics; in particolâr la component di albedo e ven da-de cuntun valôr statistic che al pues variâ une vore in riferiment a lis proprietâts di rifletance de cuvierture.

**6. Procedure di verifiche tecniche funzionâl. Colaut.** Un implant FV inte sô architetture plui semplice al è fat di dôs sezions: la sezion in corint continue (cc), dulà che e ven la conversion de potence di lûs in potence elettriche, e la sezion di conversion de potence continue in corint alternade (ca).

Prime dal colaut<sup>20</sup> o vin fat une verifiche preventive: o vin colegrât une



Figure 16.

cubie di pinzis amperometrichis e voltometrichis in jentrade (lât dc) e une cubie in jessude (lât ac) dal inverter colegrât al cjam FV posizionât bande soreli pognet<sup>21</sup>.

La misure de intensitât de radiazion e je stade fate in doi temps: prime e je stade misurade la radiazion solâr cuintrì soreli e daspò dentri de stanziute dulà che a jerin i doi grups di conversion (inverters), là che o vin poiât il solarimetri campion furnît de Dite proprietarie sot di une lampade al xen. Il piranometri al è stât montât suntun dispositif a plan mobil (Figure 16) in mût di modificâ l'angul di inclinazion e/o la altece dal plan de lampade e duncje la intensitât di radiazion sul sensôr.

Daspò vê misurade la intensitât di radiazion direte cuintrì soreli e tal viert, o vin posizionât il piranometri sot de lampade al xen e diminuît a man a man il valôr misurât. I valôrs otignûts a vignivin di volte in volte trasmetûts a une unitât di elaborazion che e presentave il risultât dal test suntun visualizadôr.

Par rivâ a verificâ il superament de prestazion globâl dal 75% al è coventât ripeti lis misuris plui voltis. Il superament dal test di laboratori e je stade la prove dal assum fat, vâl a dî che la potence nominâl declarade dal costrutôr e je inferiôr di chê réal.

La esperience e à ancje mostrât che il superament de prestazion globâl dal 75% si à ancje se no ven passade la suee dal 85% sul lât continui (cc), ven a stâi dulà che si valute la eficience dal procès di conversion de potence radiant dal soreli in potence di corint continue. Il motîf al ven di bot spiegât se o scrivìn la formule de eficience (clamade in maniere improprie rindiment) globâl:

$$\eta = \eta_{dc} \cdot \eta_{ac} \quad (20)$$

La eficience sul lât ac ( $\eta_{ac}$ ) e je simpri verificade considerant che il convertidôr par sô costruzion al mantén rindiments elevâts parsore dal 95% e partant, ancje se la eficience lât continue ( $\eta_{dc}$ ) e je mancul dal 85%, la eficience globâl  $\eta$  e pues superâ la suee dal 75%. Intal nestri câs specific o sin rivâts a lâ parsore di ducj i doi fatôrs dome sbassant il valôr réal di radiazion misurât posizionant il sensôr dal solarimetri suntun plan perpendicolâr ai rais di soreli.

Considerât che la norme e impon ae procedure di colaut di misurâ une intensitât di plui di  $600 \text{ Wm}^{-2}$ , il superament dal colaut al domande une potence di rais di soreli ator dai  $900 \text{ Wm}^{-2}$ . Ven di bessôl che o vevin di spietâ une biele zornade e fâ lis misuris difûr e tor misdì.

I dâts vignûts fûr in automatic de unitât di elaborazion SOLAR300-HT303 furnide de Hessiana srl a vegnîn ripuartâts culì.

$P_{dc}$	= 22,27 kW	$P_{ac}$	= 21,24 kW
$\eta_{dc}$	= 0,87	$\eta_{ac}$	= 0,95
$V_{dc}$	= 560 V	$P_f$	= 0,961
$I_{dc}$	= 40,48 A	$V_{AC1}$	= 419,6 V
$I_{rr}$	= $476 \text{ Wm}^{-2}$	$I_{AC}$	= 30,57 A
$P_{nom}$	= 50,57 kW	$V_{AC2}$	= 419,12 V
$T_{PV}$	= $36,5^\circ\text{C}$	$I_{AC2}$	= 31,9 A
$T_{INV}$	= $33,6^\circ\text{C}$	$V_{AC3}$	= 420,2 V
		$I_{AC3}$	= 29,97 A

Intal câs specific il valôr di intensitât  $I_{rr} = 476 \text{ Wm}^{-2}$  al è mancul di  $600 \text{ Wm}^{-2}$  e duncje la prove e à vût dome un significât di conferme di une ipotesi di lavôr.

La pratiche di colaut, o precisementri verifiche tecniche funzional di



Figure 17.

un implant FV daûr des indicacjons de CEI 82-25, e dovarès sei un comit obligatori par ducj i professioniscj considerât che cheste vore e conferis ae declarazion di conformitât la garanzie de prove sul cjamp.

Ben si intint che intai implants coleğâts ae rêt la jessude dal grup di conversion e furnìs energjie o ai carics eletrics locâi o ae rêt publiche (ENEL). Intal câs dal implant FV de Hessiana srl il grup di conversion al è costituût di doi inverters a trê fasis IGEATEAM coleğâts in paralêl e il cjamp FV al è dividût in doi sotcjamps, ognidun cuntun numar di moudi compaghi (viôt la Figure 17): il prin cun filis di pôc inclinadis bande soreli jevât coleğât al prin inverter e chel altri cun filis di pôc inclinadis bande soreli pognet coleğât al secont inverter. I cilindris intes matriçs a son orientâts inte direzion est-ovest (viôt te Figure 18 la gusele magnetiche che e je orientade di nord a sud). Stant che lis filis a son a pene inclinadis i doi sotcjamps FV a dan une produzion pôc diferente intes primis oris de matine e intes ultimis oris dal dopomisdì. Une prime verifiche e je stade fate ai 16 di Oktobar dal 2012 a une daspò misdì (che e corrispuindeve al misdì solâr) in condizions di temp cun umiditât relative 75% e temperadure dal aiar 17,4°C. Il soreli al veve une inclinazion sul

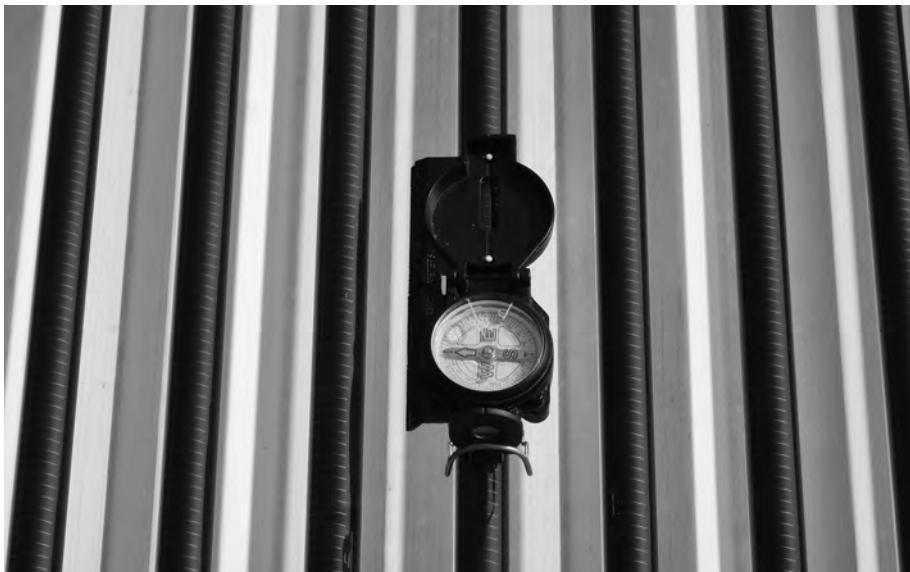


Figure 18.

orizont di  $37^\circ$ , ven a stâi sù par jù  $8^\circ$  mancul de latitudin. Par tirâ sù lis misuris al è stât doprât un piranometri HT303 (adun cu la unitât di memorizazion SOLAR-01); il solarimetri Mac Solar al è coventât par controlâ la costance de radiazion e la inclinazion dal plan di poie, in mût di gjavâ de misure de radiazion cuntri soreli la percentuâl proviodude dai calcui.

Ai 24 di Otubar dal 2012 a lis 12 e 45 sù par jù si son presentadis lis condicions meteo ideâls par davuelzi lis operazions<sup>22</sup>. La unitât SOLAR-300 e je stade colegade al inverter colegrât cul sotcjamp FV a soreli pognet. Daspò de operazion di sincronizazion cu la unitât SOLAR-01, si è seguide la procedure di misure de intensitât sul plan perpendicolâr rispiet ai rais e regolazion dal plan inclinât dal supuart de Figure 16, in mût di rivâ a une riduzion de misure de radiazion di sù par jù il 30% rispiet a chê misurade sul plan; dopo cualchi minût di racuelte dâts la unitât SOLAR-01 e je stade colegade ae unitât di elaborazion SOLAR-300 inte stanzie dai inverters. I dâts visualizâts a son ripuartâts intes Tabellis 2 e 3.

Conts in man la radiazion sul plan e je stade ridusude di quasi il 35% cuntune difference rispiet al dât teoric di cirche il 3%.

Tabele 2. Intensitâts di lûs misuradis dai doi solarimetris.

Mac SOLAR	930 Wm <sup>-2</sup>	±5 Wm <sup>-2</sup>
HT303	4,3 mV/7 mV/1kW m <sup>-2</sup> = 615 Wm <sup>-2</sup>	±0,5 mV

Tabele 3. Misuris di intensitât scjamâdis de unitât SOLAR-01.

Irr_Avg [W/m <sup>2</sup> ]	Irr_Max [W/m <sup>2</sup> ]	Irr_Min [W/m <sup>2</sup> ]	TC_Avg [°C]	TC_Max [°C]	TC_Min [°C]
		Eff_AC	Eff_DC	PRP	
		0,937	0,868	0,813	
		0,937	0,867	0,813	
		0,938	0,867	0,813	
		0,937	0,868	0,813	
		0,937	0,868	0,814	

La temperadure e je stade misurade cuntune termocopie PT 100 diretementri in aiar (la norme CEI 82-25 e domande che il sensôr al vegni aplicât daûr dal modul) par verificâ che la instesse si mantegni une vore sot dal valôr di 40°C, un valôr limit che parsore di chel si aplichin lis rezions in temperadure de potence eletriche. Al è dificil che i cilindris FV a rivin a cheste temperadure sei pal fat che une part e je simpri in ombrene sei pal fat che a son simpri ventilâts e partant cheste misure no à pesât par nuie sul risultât dal colaut. Si enfatize inmò che il valôr di Eff-DC contignût dentri dal interval di 609 ÷ 610 Wm<sup>-2</sup> al è di pôc parsore de minime de norme, invezit la radiazion sul plan e je ben disore.

I colegamets di sensôrs e sondis a son mostrâts te Figure 19.

In conclusion dome sot dal assum de riduzion de radiazion sul plan, teorichementri dimostrât e provât cun misuris sul cjamp al aiar viert, la unitât di elaborazion che e trate i dâts sperimentâi seont il vincul des formulis de CEI 82-25 e à dât un riscuintri positif. Par une ricerche complete si varès di ripeti lis operazioni di racuelte dai dâts e verifiche dai risultâts in altris zornadis e in diviersis oris cun valôrs di radiazion alts e

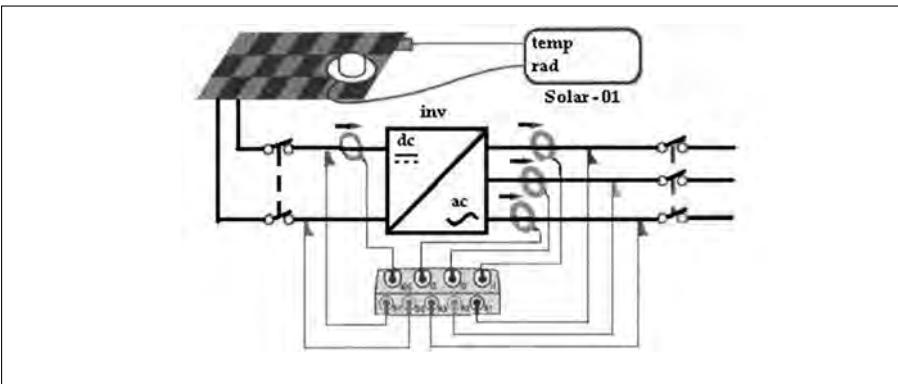


Figure 19.

bas. Al è un compit che al dovarès sei consegnât a un laboratori specializât che al riprodusi une part di implant FV e cun racuelte continuative e automatiche dai dâts<sup>22</sup>.

**7. Considerazions finâls.** Chest studi nol à volût considerâ e valutâ il rindiment globâl intal temp dal implant – ven a stâi la medie di oris solârs di funzionament ae potence nominâl ESH (Equivalent Solar Hour) –, il temp di restituzion de energie spindude par produsi l'implant EPBT (Energy Pay-Back Time) e i parametris finanziaris par valutâ il temp di restituzion dal capitâl investît dal client FPBT (Financial Pay-Back Time). La promozion di un prodot su la fonde de sô eficience/prestazion come la STC e pues no sei la soluzion che e puarte al sucès competitif une tecnologije solâr.

In considerazion di chest ultin aspiet il proprietari produtôr – clamât ancje sogjet responsabil dal GSE (Giestôr dai Servizis Eletrics) che al garantìs par vincj agns un incentif in euros par ogni chilowattore produsût ( $\text{€}/\text{kWh}$ ) – al podarès sui temps luncs valutâ in maniere positive l'investiment fat, tignint cont dal cost dal implant ( $\text{€}/\text{Watt}$ ) e dal BOS (Balance Of System, ven a stâi il cost dal implant FV gjavant i panei). Di fat il proprietari de Hessiana srl al è stât indrecât a sielzi la instalazion des matriçs Solyndra pontant sul BOS. E di fat la cuvierture no si prestave a soquartâ struturis di posizionament dai modui che a varessin obleât la dite a sbusâle o a zavorâle cun blocs pesants.

Al è il câs di fermâsi a considerâ la sostanziâl difference tra eficience dal implant FV daûr de norme CEI 82-25 e rindiment. Par clarece o consideri il colaut, o verifiche tecniche funzionâl di un implant FV, une misure di eficience dal implant FV ta chel moment particolâr; invezit il rindiment di un implant al ven de azion de prestazion tal temp e al ven valutât dal parametri ESH, bielzà nomenât prin, che cumò o lin a definî cunctune formule:

$$\text{ESH} = E / (P_n \cdot zz) \quad (21)$$

dulà che E e sta par energjje produsude intal temp di zz zornadis e  $P_n$  par potence nominal.

La misure de energjje e ven dal calcul integrâl de produzion istantaneie intal temp daûr de formule:

$$E = \int \epsilon(t) J(t) \cdot S \quad (22)$$

Si capìs di bot che la energjje produsude e dipint de eficience istantaneie  $\epsilon(t)$ , ven a stâi la percentuâl di densitât unitarie di potence di lûs ( $\text{Wm}^{-2}$ ) convertide in potence eletriche (W) par dute la superficie ( $\text{m}^2$ ) dal implant FV.

In ducj i implants colegrâts ae rêt l'inverter al mantent la potence nominal (o di pic)  $P_{mp}$  su la carateristiche di lavor in cualsisei condizion di temp meteorologjic, partant la conversion di energjje e corispunkt ae massime eficience dal implant. La difference tra la energjje produsude teoriche a eficience STC e la energjje contabilizade dal contadôr ENEL:

$$\Delta E = \int \epsilon_{\text{STC}} J(t) \cdot S - \int \epsilon(t) J(t) \cdot S \quad (23)$$

al pues sei considerât un indicadôr di qualitât par une valutazion sul rindiment dal implant.

Sul plan finanziari la bontât dal investiment si calcole cu la formule:

$$\Delta = \text{ESH} \cdot P_n \cdot zz \cdot R_u - C_u \cdot P_n \quad (24)$$

dulà che  $R_u$  al sta par rigjâf  $\text{€/kWh}$  riferit al incentif (costant sul arc dai vincj agns) atualizât tignint cont di ducj chei altris coscj e  $C_u$  il cost uni-

tari dal implant in €/kW nominâi. Il segn dal delta (se negatîf: no soi inmò rivât a recuperâ l'investiment; se positîf: o stoi vuadagnant) al à il significât di indicadôr di bontât dal investiment.

Il valôr dal delta al dipent une vore de riduzion de eficience intal timp che e à influence sul valôr di ESH. La dificile valutazion di chest parametri al è chel che al rint il calcul di prevision dal delta une vore problematic, e di fat nissun costrutôr al furnis l'andament de eficience intal timp. La norme CEI 61646 (come la 61215) sui elements a film sutîl prudenzialmentri e certifiche i modui par un degrât di eficience di no mancul dal 90% in 10 agns e no mancul dal 80% dentri di 25 agns. Chest aspiet al reste critic soredui pa modui, come intal câs dai cilindris Solyndra, che a vegnin certificâts cun tolerance STC dentri di une fasse di plui o mancul. Fatôrs competitîfs a stan sburtant i produtôrs a meti sul marcjât modui cun tolerance positive, ven a stâi cun potence nominâl minime garantide.

Cui cilindris FV Solyndra la prevision di producibilitât e risulte inmò plui complicade par il fat che la potence nominâl si riferìs a une norme scrite pa modui plans. La societât e je jentrade sul marcjât european certificant il film sutîl CIGS cilindric cu la instesse norme doprade pe certificazion dai modui plans. Cheste sielte e je stade oblide par mancjanze di une norme su la procedure di seguî par misurâ la réal eficience di un cilindri FV in laboratori in condizions standard. Mancjant cheste pus-sibilitât e no podint meti sul marcjât un prodot certificât sul film sutîl plan, considerât che une metât superficie non ven investide di radiazion direte, e je stade fate la sielte di meti sul marcjât la potence nominâl ri-feride a cirche metât superficie FV.

Di fat, se la potence nominâl e fos stade misurade inradiant dute la su-perficie plane ecuivalent ae superficie laterâl cilindriche, la potence no-minâl dai cilindris FV e sarès risultade plui grande di chê certificade, e si sarès risquintrade une rese plui piçule rispiet ai modui plans. Cheste siel-te, di furnî al client une potence certificade par sôl metât superficie pla-ne ecuivalent ae superficie di un semicilindri, e à l'instès significât di "tolerance positive". Il mancjât risquintri sui visualizadôrs dal inverter di potencis plui grandis di chê nominâl di 115,20 kW in condizions dongje dal valôr STC di soreli al è leât al bas rindiment di conversion sul lât con-tinue che dificilmentri al va parsore dal 85%.

Fûr dal discors tecnologjic si pues tirâ cualchi conclusion in chel economic. Il contrat di compre-vendi su la cjarte al è favorevul al client parcè che al à païât mancul €/W dai implants a film sutîl o a modui cristalins di avuâl potence nominâl. Cemût aie podût alore la company californiane doprâ plui materiâl FV rispiet a chel che al sarès servît a produsi un modul plan de instesse potence nominâl e intal instès temp pensâ di meti sul marcjât un prodot concorenziâl?

O pues presumi che la societât Solyndra e vedi valutât il plui alt cost €/W di materiâl FV necessari a cuvierzi dute la superficie FV dai cilindris, belançade di fatôrs di scjale dal cicli produtif; in struc une produzion plui grande di matriçs a cilindris rispiet ai modui plans di potence nominâl compagne. Sul marcjât l'alt rindiment cumbinât cul BOS decisementri competitif al varès in temps curts sostituût il film sutîl CIGS plan cui cilindris almancul su lis cuvierturis dai capanons industriâi. Ma alc al è lât stuart.

La spiegazion plui credibil e cjale ae prevision fate de Solyndra sul presit dal silici intes dôs tecnologjis dal film sutîl e de cele di silici cristalin. Si spietave di une bande la decessite dal presit di produzion dal film CIGS e il mantigniment dal presit €/W dal silici cristalin. Dutis dôs lis previsions si son mostradis sbaliadis. Soredut al devi vê pesât il crol dal presit €/W dal silici cristalin.

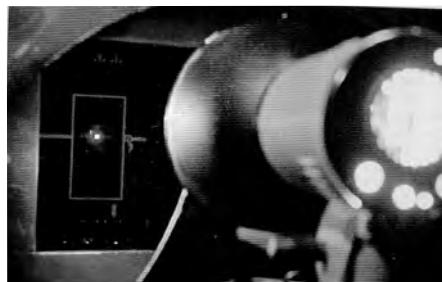
Un judizi definitif su cheste tecnologjie al pues vignî dai risultâts di produzion dai tancj implants realizâts de Solyndra ma ancje di une normative che e definissi un standard procedurâl. Chest ultin proviodiment al podarès di une bande orientâ la ricercje e la inovazion e di chê altre furnî ai verificadôrs un percors clâr di seguî par compagnâ la declarazion di conformitât cuntun procediment clâr par rivâ a misurâ la eficience di un implant cui cilindris FV. Ma ta chest moment la produzion dai cilindris FV e je ferme e il procediment di licuidazion falimentâr de ‘company’ in cors.

<sup>1</sup> La sigle CIGS e sta par Copper Indium Gallium (di)Selenide; si trate di une eterozonte FV che in laboratori e püs rivâ a une prestazion (eficience) fin al 20%. Il cilindri FV al è stât prestat per operazzions di misure dal dot. Daniele Della Toffola de Agjenzie Regionâl pe protezion dal ambient AR-PA FVJ sede di Palme (Ud).

<sup>2</sup> Plui inlâ o doprarin preferenze il tiermin “prestazion”, plui dongje dal significât di ‘performance’, considerât che la procedure di colaut e intint superâ une prove cuntune procedure e regulis di calcul ben definidis. L’instès concet al ven pandûte norme CEI 82-25 cui tiermins “eficience” e “rindiment”; in chest scrit o doprarin pal plui il vocabul eficience, stant che cul tiermin rindiment o intindin invezit la misure de prestazion intal timp che e da come risultât la energjie produsude di un gjeneradôr FV. Quantitatitivamentri la eficience o prestazion al è un valôr numeric che in percentual al mostre tropo potence radiant di soreli ( $\text{Wm}^{-2}$ ) e ven convertide in potence eletriche (W).

<sup>3</sup> Il sfuei tecnic de Solyndra al mostre par ogni cilindri FV i dâts a segui:  $P_n = 5 \text{ W}$  cun tolerance di potence  $\pm 4\%$ ;  $V_{mp} = 91,7 \text{ V}$ ;  $I_{mp} = 50 \text{ mA}$ ;  $V_{oc} = 124,6 \text{ V}$ ;  $I_{sc} = 59 \text{ mA}$ .

<sup>4</sup> La potence nominâl o di pic e ven definide de norme CEI 61646 paí panei plans in condizzons STC (Standard Test Condition). La prestazion STC di laboratori e ven misurade dentri de cjamare scure di un simuladôr solâr, lampant i modui cuntune lûs solâr produsude di une batarie di lampadis al gâs xen in direzion perpendicular al plan dai modui (viôt inte foto il simuladôr solâr dal laboratori Esti di Ispra) (Rutschmann 2009). Il simuladôr solâr al è calibrat par lampâ 1000 watt par metri cuadri ( $\text{Wm}^{-2}$ ), cuntune temperadure di cele di  $25^\circ\text{C}$  ( $77^\circ\text{F}$ ) e spessôr di aiar riferit ae mieze Europe (AM = 1,5); un computer al elabore i dâts e al calcole la potence nominâl (o potence di pic parcè che a nível dal mât la radiazion no va plui inlâ di chest valôr). Se la potence nominâl dal panel Solyndra e je stade misurade metint i cilindris cuintrî de parêt scure, alore la superficie dal cilindri lampât di lûs e ven a jessi, sù par jù, metât de superficie dal cilindri (la superficie dal plan tangent al cilindri denant de batarie di lampadis), e duncje la potence eletriche e risulite inferiôr ae real misurade tal viert in condizzons dongje STC pal fat, come che al è stât fat mot, che in plui de component direte i cilindris a vegnин investits anje de component di albedo.



Simuladôr solâr.

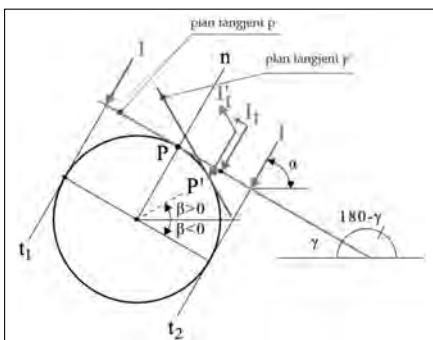
<sup>5</sup> Plui indenant o considerarìn la posizion dai rais di soreli perpendiculars ae diretorie dal cilindri, ven a stâi in oris ator dal misdi; in oris lontan dal misdi, cui rais di soreli cuntune inclinazion divierse dai  $90^\circ$ , lis considerazions a restin validis se o scomponin il rai intes dôs componentis, la normâl ae diretorie che e jentre intal cilindri e la tangjent che no ven considerade, stant che e je paralele ae diretorie e duncje no prodûs efet FV.

<sup>6</sup> Di chi indenant cul tiermin “intensitât” o intindin sei la “intensitât di potence” sei la “densitât di potence”; intes formulis invezit cun I o intindin propriementri la intensitât di potence (W) e cun  $I / S$  la densitât di potence ( $\text{Wm}^{-2}$ ). Se alore o considerin che la potence in W sul plan  $a - a'$  e passee due su  $a' - a'$ , la densitât di potence suntue superficie e incrèe cu la decessite de superficie e l'incontrari.

<sup>7</sup> La component difondude in fisiche e cjape il non di scattering di Rayleigh. Il fenomen di scattering o “deviazion” si verifiché cuant che une onde di lûs e cjate une partesele di dimension plui piçule de lungjece de onde di lûs, e chest al sucêt soreduet cuant che la lûs e passee zontraviers mieçs sostanzialmentri trasparents, soreduet gâs e licuit. In Italia la densitât di radiazion difondude intune biele zornade di cil seren e püs svariâ dal 15% al 25% sul totâl de intensitât di lûs; plui indenant o vin sielt un fatôr di riduzion  $k_{dif} = 20\%$ ; la sielte no je stade ispirade di un particolar criteri ma pluitost de etiche aristoteliche sintetizade dal sproc latin “in medio stat virtus”, che provocatoriamenti voltât intal lengaç tecnic al ven a dî che il valôr plui probabil al è il valôr medi calcolât sui doi valôrs limit in plui e in mancul.

<sup>8</sup> Inte Figure o viodin la gjeneriche situazion di rais di soreli I inclinâts di un angul  $\alpha < 90^\circ$  sul plan

dal orizont e di un plan  $p$  tangent in  $P$  ae circonference dal cilindri positionat dilunc dal as soreli jevât viers soreli pognet (est viers ovest) inclinat di un angul di tilt  $\gamma$  sul plan dal orizont; in figure si viôt anche l'angul di scoriment  $\beta$  che al va cun viers positif cuintrì orlofi fin ae tangent  $t_1$  e in sens negatif secont orlofi fin a  $t_2$ . Si pues dimostrâ il teoreme: dât un fas di linis dretis e parallelis t framieç  $t_1$  e  $t_2$ , cun  $t_1$  e  $t_2$  partignintis al fas, che a intersechin il plan tangent  $p$ , la component tangent  $I_t$  di  $I$  dilunc dal plan e je simprî di valôr inferior a component tangent  $I'_t$  di  $I$  dilunc de semicirconference che si rigjave sul plan tangent  $p'$  intal pont corint  $P'$  se e sôl se  $\alpha = 90 - \gamma$ , ven a stâi se la direzion di  $I$  e je perpendicolâr al plan tangent  $p$ ; al ven daûr il corolari: se  $\alpha \neq 90 - \gamma$  al esist un arc  $\hat{C}$  di circonference dûla che  $I'_t < I_t$ , e cun di plui la lungjece di  $\hat{C}$  e je minôr de lungjece dal arc corispuindint al interval angolâr  $180^\circ - \text{arc}(\hat{C})$ .



Rais di soreli cun inclinazion gjeneriche.

<sup>9</sup> Il vincj par cent al è stât provât par une situazion tipiche e verificât tra l'altri dal Fraunhofer Institute (declarazion gjavade dal sfuei tecnic di Solyndra).

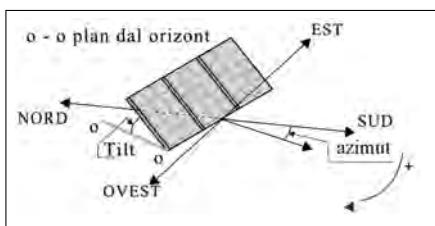
<sup>10</sup> Intal sfuei tecnic de Solyndra no son scritis a clâr la eficience di cele o di panel; la societât e à declarât che lis celis a trasformin dal 12% al 14% la lûs solâr in potence eletriche ma si trate di valôrs che si riferissin aes celis planis e no aes celis dilunc des diretoriis dal cilindri. Chescj dâts a son in linie cun chei declarâts suntun sfuei tecnic di un produtôr di modui CIGS; dai dâts di potence nominâl  $P_n = 36 \text{ W}$  e superficie  $S = 0,54 \times 0,954 \text{ m}^2$  si rigjave un valôr ator dal 13,5% in STC; si trate di mi-

suris otignudis inradiant uniformementri superficiis planis cun component direte di lûs prossime e profil spetrâl di cuarp nerî (il soreli al à un profil di spetri fûr de atmosfere une vore prossim al contignût spetrâl di cuarp nerî) in STC. Di chestis provis un sisteme automatic al elabore i dâts produsint la stampa de carateristiche di lavor dal modul cul pont di massime potenze (potence nominâl) e il calcul de eficience seont la (5). Se la potence nominâl dal panel Solyndra e je stade misurade inradiant il panel (o un cilindri) cuintrì la parêt de cjamare scure dal simuladôr, alore la potence nominâl si riferis a metât superficie dal cilindri (aprossimant la superficie curve dal semicilindri al plan tangent viodût dal grup di lampadis), o ancje la potence nominâl e je stade calcolade dividint a metât la potence nominâl certifica de pai panei plans CIGS.

<sup>11</sup> Al è stât disvilupât sul sfuei di calcul un procediment di calcul iteratîf par pas di integratzion di 0,1 decim di grât su doi arcs di semicirconference cu lis formulis scritis sot:

- $\sum I \cdot \cos(90 - \beta)$  cun angul corint dentri l'interval:  $0 < \beta < 90^\circ$ ;
  - $\sum I \cdot \cos(\beta - 90)$  cun angul corint dentri l'interval:  $90 < \beta < 180^\circ$ ,
- dûla che ognî pas al da come risultât la component normâl sul pont de semicirconference.

<sup>12</sup> L'angul di tilt al è formât dal plan dal modul cul plan dal orizont (viôt la Figure). A misdi solâr (angul di azimut zero) il modul al ricêf i rais dal soreli perpendicolarmentri (in chesta situazion no vin component tangent dal vetôr radiazion che duncje al jentre par intîr dentri dal modul) e il valôr dal angul di tilt al devente  $\gamma = 90^\circ - \alpha$ .



Angul di tilt e azimut.

<sup>13</sup> La cuviture piturade di blanc no riflet la lûs tant che un spieli ma di une bande e supe part de

radiazion (fenomen che macroscopichementri si manifeste in riscaldament) e di chê altre la lûs si spant in dutis lis direzions pal fat che lis iregolaritâts de superficie a son tant plui grandis de lungjece di onde de lûs. Se o aplicîn al valôr de komponent di albedo a regjim i fatôrs di corezion di superficie o ejatûn un valôr dongje di chel calcolât cu la formule (16).

<sup>14</sup> Il tet dal capanon Hessiana al è inclinât di cirche 5° cuntune ale a soreli pognet e une a soreli jevât (Figure 17). Parsore de solete di ciment e je stade poiade une lamiere grecade a profil trapezoidâl e chest al prodûs une riflession che e dipint une vore de posizion dal soreli, di mût che al deventarès une vore complicât considerâ il percors dai rais riflès; inte definizion de komponent di albedo optimâl par une buine produzion il costrutôr nol fas distinzions tra diversis cuvierturis; si poin su chest fat pensant che no son stadiis verificadis differencis significativis tra diversis tipologijis di cuvierturis e duncje la nestre ipotesi di traspuartâ lis considerazions fatis pensant al tet plan ideâl su la superficie ondulade trapezoidâl e je justificade de esperience.

<sup>15</sup> Il soreli bas sul orizont al slungej lis ombrenis, e invezit dongje dal solstizi di Istât a misdi la ombrene e cole sot dai pîts.

<sup>16</sup> Il fatôr  $\rho = 0,6$  al è dât des tabelis corispondentis aes parêts claris di modon.

<sup>17</sup> Il solarimetri circolâr al utilize tant che sensôr di intensitat di radiazion une celute FV policristaline taiade a pueste e montade su la part mobil di une vuide buine di movisi dilunc de circonference dal cilindri. Doi fii ros e neris a coleghin la celute a un multimetri. La part fisso e je stade marcade cun segns di pas di angul e dividude in 24 parts (un pas di angul al misure 15°). La costant dal solarimetri circolâr e je stade calcolade confrontant la misure di corint cul valôr di densitat di radiazion dal solarimetri a cele monocristaline (inte Foto si viôt l'asset dal argagn colegât cun doi fii a un multimetri par tirâ sù lis misuris sul tet dal capanon de Hessiana). Il principi fondant la misure dal solarimetri circolâr e je la proporzionalitat tra la corint (mA) di celute FV misurade di un strumento digitâl basât su la leç di Ohm (multimetri MD320) e la intensitat de radiazion solâr ( $\text{Wm}^{-2}$ ). Cheste costant e je stade calcolade daspò une vore di misuris e e je stade metude a confront cu la misure di radiazion misurade dai doi solarimetris: il parsore nomenât Mac Solar SLM018c-3 a celu-

te monocristaline e il piranometri a termocubie HT303. Il Mac Solar basât sul efiet FV al è une vore plui pront dal HT 303 che invezit al è basât sul efiet termoelectric e par chest mutif o vin introdusít intal valôr sielt de costant  $k = 2,75$  une incertece di  $\pm 10\% (\text{Wm}^{-2} / \text{mA})$ . Il solarimetri circolâr al è stât costruit dentri dal repart di lavorazions mecanichis dal ITI "A. Malignani" (cumò ISIS "A. Malignani") di Udin di bande dal tecnic p.i. Salvatore Ravo su sempliçs sugerimenti dal autôr di cheste ricercje.



Solarimetri circolâr.

<sup>18</sup> La altece dal soreli ae nestre latitudin dal emisferi boreâl e je dade de formule:  $a = \text{latitudin} + \text{declinazion}$ ; la altece ae latitudin di Talmassons, dade dal calcul cun interpolation lineâr e declinazion 13,83 ac direzion: <http://www.ilpaesedellemeridiane.com/simulatori/04noz/08altezzasole.htm> e ven di  $a = 45,9^\circ + 13,5^\circ = 59^\circ$  cirche.

<sup>19</sup> Il solarimetri Mac Solar SLM018c-3 al da diretementri suntun visualizadôr il valôr in  $\text{Wm}^{-2}$  e si base su la proporzionalitat fra la corint fotoindusde dade de celute monocristaline e la intensitat di lûs. Il piranometri HT303 al è un solarimetri che al da une tension dal ordin dai mV par efiet termoelectric (dit ancje efiet Seebeck); chest efiet si verifiche a cause de difference di temperadure cuant che la piastrine cuintrî soreli si scjalde (inte Foto si viodin i doi solarimetris intune operazion di comparazion des misuris parsore de cuvierture dal capanon Hessiana). Il valôr di intensitat di radiazion solâr si rigjave moltiplificant i mV pe costant  $k = 7 \text{ mV} / \text{kWm}^{-2}$ , valôr consegnât al co-

strutôr di bande di un laboratori di certificazion ricognossût pes misuris in cjamph professionâl. Inizialmentri e je stade individuade, su la base de analisi di une vore de misuris a cil viert, la fasse orarie cui dâts dai doi solarimetris plui prossims, stant il fat che il Mac Solar a celute FV al à une sensibilitât dipendente de lungjece de onde de lûs r e invezit le piranometri le mantent costant. I doi solarimetris a dan sù par jù la instesse misure tor misdû, ven a stâi par valôrs di angul azimutâl tor dal zero. La procedure di taradure tal aiar viert e compuarte dificoltâts di leture stant il fat che i doi solarimetris a àn diviers temps di reazion aes variazions di intensitatâl di lûs.



A man çampe solarimetri a cele FV, a man drete a termocubie.

<sup>20</sup> In dutis lis operazions prime e in cors di colaut o soi stât assistût dal tecnic Aldo Moratti de Hessia-

na srl che mi à dât une man pardabon decisive par davuelzi lis verifichis sul puest.

<sup>21</sup> Si sin limitâts a fâ lis provis suntun dai doi inverters considerât che i doi sotcjamps FV a àn l'instès numar di modui e che tor misdî solâr i doi inverters a davin in pratiche la instesse indicazion di potenze eletriche.

<sup>22</sup> Furnin une altre prove tendenziâl che l'implant FV sul capanon Hessiana al prodûs energie eletriche cun rindiment confrontabil cun altris implants a modui plans utilizant mieze superficie dai cilindris. O rivarin al nestri obietif se o verifichin che l'implant FV al da almancul la potence certificade dal produtôr seont la norme CEI/EN 61646. Al 07/09/2012 ator lis 12:20 i doi inverters a davin sul lât continue lis misuris di  $P_{dc,est} = 34,6 \text{ kW}$  e  $P_{dc,est}^{west} = 32,4 \text{ kW}$ , par un totâl di  $P = 67 \text{ kW}$ ; il solarimetri a cele FV al visualizave sul plan tangient perpendicular ai rais solârs, puartant fûr il 30%, il valôr di  $I_{Mac\ Solar} = 673 \text{ Wm}^{-2}$  e chel a termocubie  $I_{HT303} = 695 \text{ Wm}^{-2}$  cun incertece di  $\pm 5\%$  il prín e  $\pm 3\%$  il secont; il calcul di eficience calcolat cu la (7) al da il risultât di  $\epsilon \% \cong 8\%$ , un valôr di pôc superior a chel teoric in condicions STC otignût su mieze superficie svilupade sul plan [viôt il calcul ae altece de formule (5)]. Anzit cul valôr di rindiment sielt, di pôc inferiôr a chel de Tabele 3, l'implant al produsarès un pocje di plui energie di chê certificade, che al è justificat pensâ che e vegni de component di albedo che e investis chê altre mieze superficie dal cilindri.

# Solar radiation measurement on thin-film cylindrical photovoltaic surfaces

L O R E N Z O M A R C O L I N I \*

**Abstract.** The measurement of the intensity of solar radiation is one of the environmental measurements required to test performance (efficiency) in a photovoltaic (PV) system. The procedure is part of the administrative protocol for eligibility for Italian state incentives, granted by GSE (Gestore Servizi Elettrici); it is also recommended to the system designer as an addition to the declaration of compliance. In PV systems with flat-plate PV modules this measurement is automatically calculated. Once the system rated power is manually entered and the environmental measurements are acquired by probes and sensors, the unit processing station calculates if the conversion of solar radiation power into electrical power (DC side) and that of direct current into alternating current (AC side) are greater than the minimum performance values defined by CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano). Conversely, radiation intensity on PV cylinders cannot be measured following the guidelines of IEC 61646 (transposed into Italian legislation as CEI 82-25) which are specifically written for flat modules, although datasheets by Solyndra, manufacturer of cylindrical modules, certify their rated power with reference to this standard. The present study outlines the method used to measure the components of direct, reflected and diffuse light radiation on the surface of a cylindrical PV module and justifies the hypothesis, experimentally tested, that IEC standards are met when reducing global radiation intensity by a certain percentage. These tests have been carried out in cooperation with Hessiana srl, who have installed a cylindrical PV system on the roof of an industrial building in central Friuli.

**Key-words.** solar radiation intensity, performance (efficiency), rated power, PV flat modules, PV cylinders.

---

\* Former teacher at ITI (now ISIS) "A. Malignani", Udine, Italy. Member of the Research Unit on the Didactics of Physics (URDF) and external member of the Department of Electrical and Mechanical Engineering, University of Udine, Italy. E-mail: l.marcolini@libero.it

Translation: Stefania Garlatti-Costa, Sara Maria Marcolini.



Figure 1.

**1. Introduction.** Almost all PV modules, whether crystalline silicon or thin film, leave the production chain as flat-plate modules. The exception is the CIGS thin-film cylindrical module manufactured by Solyndra (Fremont, California), a special technology that covers a small niche of the market, now put on ice as a result of the bankruptcy process of the Californian company (Figure 1 shows a PV cylinder in an outdoor laboratory)<sup>1</sup>.

Nowadays, there are hundreds of brands of flat modules on the market. The governments of the developed countries have appointed special commissions of experts to write norms promoting the trade of goods,

protecting the environment, and ensuring the safety of workers and users; they are also responsible for laying out the guidelines on the testing procedures required for product certification. In the field of electrotechnics, these norms are known by the acronym CEI EN/IEC (CEI stands for Comitato Elettrotecnic Italiano, EN refers to CELENEC, the European Committee for Electrotechnical Standardisation, and IEC stands for International Electrotechnical Commission). In particular, guideline CEI 82-25 indicates the procedure to follow for testing the functionality and minimum performance of a PV plant.

These operations are generally



Figure 2.

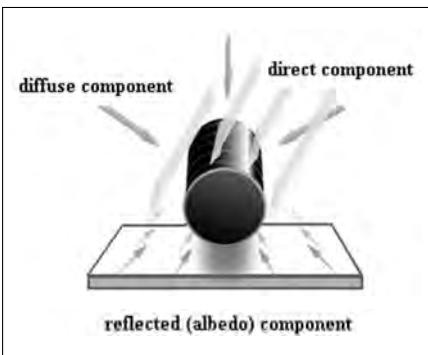


Figure 3.

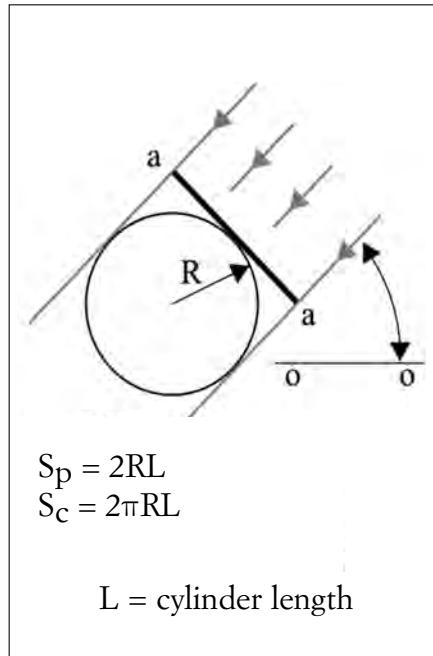


Figure 4.

known as “functional and technical checks”. Performance or efficiency, sometimes improperly called yield<sup>2</sup>, is calculated by entering in specific formulas the rated power declared by the manufacturer and the environmental and electrical quantities measured. The measurement operations, in particular solar radiation and temperature, require the use of a solar meter and a temperature sensor, the first one positioned directly on the module and the second one attached to its back.

The standard procedure of radiation measurement only considers flat surfaces and is not applicable to cylindrical modules, because cylinders not only receive direct radiation

but also the radiation reflected by the roofing material (called albedo component). In Figure 2 we see cylinders arranged in a panel and positioned at a certain height above the rooftop, and in Figure 3 a cylinder invested by direct (rays with parallel directions), diffuse (rays with random directions) and reflected sunlight.

In its certifications list, however, the Solyndra datasheet also includes IEC 61646 (implemented in Italy with the addition of the acronym CEI/EN), a performance standard obtained by placing a crystalline or thin-film flat module in the darkroom of a solar simulator, in front of a series of solar light lamps.

If we follow the guidelines of IEC

61646 and apply the formulas of CEI 82-25 to a cylindrical module, we cannot obtain a positive test result, because the solar meter only measures the sunlight falling directly on the tangent plane  $a - a$  (in the case of Figure 4 the plane is perpendicular to the rays) and not the total amount of radiation distributed over the entire lateral surface of the cylinder, not to mention the fact that rays impact in a different way on a semi-cylindrical and on a flat surface.

For all the considerations that will be developed later, we need to provide some basic information on physics, technology and plant data.

The light propagation model employed for the purpose of this work is based on the postulates of geometrical optics. According to this model, each point of a plane wave with a constant phase emits a wavelet that may be replaced by a straight line outgoing from the point, the so-called rays. Considering the sun a source at infinite distance, rays can be considered parallel and uniformly distributed in space.

The study of the propagation of light in gases and its incidence on surfaces also takes into account other phenomena such as diffusion, reflection, refraction and diffraction. All these can be effectively described by the ray model and the first three will be examined in the following paragraphs. Conversely, the diffraction phenomenon, that is the apparent bending of waves around small obstacles, can be neglected, which in simple terms means considering light and shadow as clearly divided,

which is indeed what our eye usually perceives.

The technology of Solyndra cylindrical modules derives from fluorescent tubes and each cylinder is made up of two tubes one inside the other. A layer has been developed on the outside part of the inner tube that includes up to 200 PV CIGS cells rolled up on the entire cylindrical surface<sup>3</sup>. Moreover an overlapping special “optical coupling agent”, deposited on the CIGS layer, concentrates the sunlight that shines through the outer tube. After inserting the inner tube in the outer tube, each cylinder is sealed with glass and metal to avoid penetration of moisture, which would decrease the performance of PV CIGS film, and fastened to a rack. Each panel contains 40 cylinders positioned at a height of about half a metre from the floor.

The main technical datum for a panel is the so-named peak power or rated power<sup>4</sup>. In the case of the Hessiana PV system, it is calculated by simply adding the individual power ratings of each panel, as written in the datasheets released by the manufacturer:  $N_m = 576$  panels with a unit rated power of  $P_n = 200 \text{ W}$  gives a total PV field rated power of  $P_{n,pv} = 115.2 \text{ kW}$ .

In the following paragraphs a ratio between the amount of global solar radiation falling on a flat module and the same amount falling on a cylinder surface will be estimated, then a theoretical justification of the estimated value will be given and finally we will discuss the experimental data extracted from laboratory and PV plant testing.

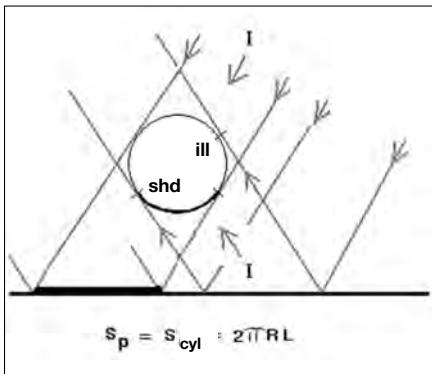


Figure 5.

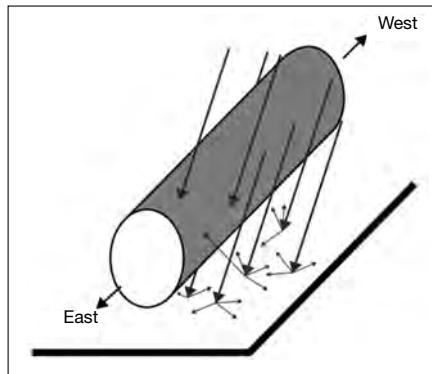


Figure 6.

## 2. Measurement of solar radiation on flat and cylindrical surfaces.

**Some methodological considerations.** A sunny PV surface is generally irradiated by direct, diffused and reflected solar radiation. Direct radiation is composed of sun rays, diffused radiation comes from the sky (and clouds), and reflected radiation is caused by light-reflecting elements such as water, plants, buildings, etc. In the subsequent considerations we will ignore the reflection and absorption of light by the panel protection glass.

The cylinders have been oriented in an east-west direction and arranged in such a way that they are parallel to the surface of the rooftop, so as to obtain a uniform illuminance distribution along the semi-cylinder throughout the day, with the rays hitting the cylinder at the same angle on every east-west direction parallel to the central axis<sup>5</sup>.

If we only consider direct and diffuse radiation, a flat PV module evidently ensures greater conversion ef-

ficiency than a cylindrical module of the same surface area and manufactured with the same photosensitive material. And in fact, the semi-cylinder in shade is hit by an amount of light, reflected from the roof, lower than the amount of sunlight which would fall on a flat module of the same surface area, fully exposed to the sun. This intuition is borne out by the analysis of a single cylinder: the direct component of intensity I hitting the semi-cylinder, partially shadowed (shd) and partially illuminated (ill), and reflected by the rooftop, overlaps and is added to the direct component of the same intensity hitting the semi-cylinder in full sun only in the ideal case of a perfectly specular reflective surface (Figure 5).

In a real-life situation, part of the radiation is absorbed by the roof and part is scattered in all directions (see Figure 6), and effectively a roof is not a mirror-like surface like a lake on a sunny day, reflecting all direct and diffused light so that the landscape around the lake is exactly mirrored



Figure 7.

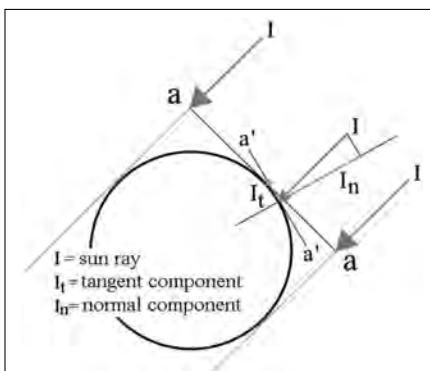


Figure 8.

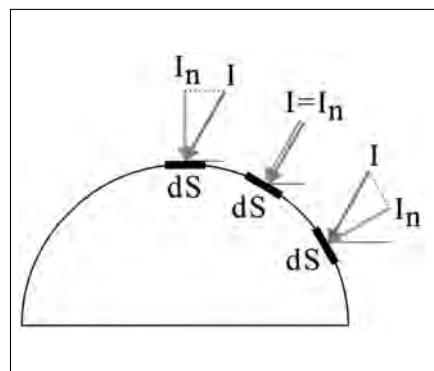


Figure 9.

on the water surface. In addition, the cylinder is not isolated, and the other cylinders lined beside it reflect their shadows on the rooftop, reducing the net reflective surface (in Figure 7

cylinders in a laboratory situation under the sun).

Let us now do some quantitative reasoning on efficiency, measurement, considering a PV semi-cylinder

in full sunlight and placing a solar meter on the tangential plane  $a - a$  (see Figure 8). The first observation is immediate: the semi-cylindrical surface below the plane  $a - a$  in a cylinder of radius  $R$  is larger than the plane surface that is above it, and therefore the power density measured on the tangential plane surface is greater than the one measured on the cylindrical surface<sup>6</sup>.

A first evaluation of the percentage reduction in power density between the tangential plane  $a - a$  and the semi-cylindrical surface could be given by the ratio between the two surfaces  $(S_c/2)/S_p = \pi/2$ . Yet we cannot consider this result a proportionality factor to be applied to the relationship between the two power densities, because the reduction of power density refers to the solar radiation perpendicular to the planes  $a - a$  and  $a' - a'$ . And in fact, the quantity  $(S_c/2)/S_p$  is not equal to the ratio between direct radiation densities  $(I/S_p)/(I_n/(S_c/2))$ , because  $I/I_n$  is not unitary but  $I \geq I_n$  (with reference to every elementary surface  $dS$ , the tangential radiation  $I_t$  at the plane  $a' - a'$  slips away by a quantity which depends on the inclination of the sun ray) (see Figure 9). A calculation to take into account the variation of  $I$  over  $I_n$  will be described in the next paragraph.

At this point let us formulate the hypothesis that the part of the semi-cylinder in shade, lying on the opposite side to the semi-cylinder facing the sun, does not receive any of the three components: reflected, direct and diffuse; consequently the per-

centage reduction in density radiation from the surface of the tangent plane ( $S_p$ ) to the cylinder surface ( $S_c$ ) is calculated with the formula:

$$\Delta J\% = [I/S_p - I_n/(S_c/2)]/(I/S_p) \cdot 100 \quad (1)$$

If we ignore the loss of the tangent component in all points of the cylinder surface ( $I = I_n$ ) the calculation leads to a percentage reduction of approximately 36.3%.

Instead, if we consider a single ideal cylinder of unlimited radius, so that the cylinder surface coincides with the plane surface (with a limit value of  $S_p = S_c/2$  and consequently  $I = I_n$ ), then we do not have any reduction in radiation density, that is 0% of percentage decrease.

Having calculated the two limit values we can draw the following conclusion: the percentage decrease of direct radiation from the plane  $a - a$  to the semi-cylinder below it, measured by a solar meter placed on the plane, under the hypothesis to neglect the reduction in direct radiation from the plane  $a - a$  to the semi-cylinder due to a loss of the tangential component, does not exceed 36.3% approximately, so the percentage intensity value is inside the following range:

$$0 < \Delta J\% < 36.3\% \quad (2)$$

Later in this paper we will adjust the upper limit of (2) by taking into account the decrease of direct radiation from the tangential plane to the semi-cylinder, the influence of diffuse

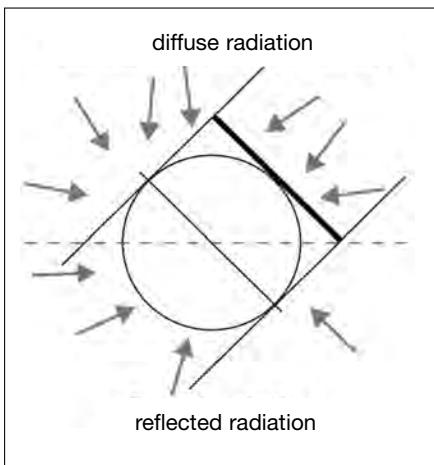


Figure 10.

light and, last but absolutely not least, the impact of the albedo component on the semi-cylinder in shade.

Before we continue, a short digression is in order. When a PV surface is exposed outdoors on a beautiful sunny day, both diffuse and direct radiation affect PV production, while a PV module in a laboratory situation is only illuminated by direct light. Let us consider, then, the characteristics and effect of diffuse radiation on PV efficiency<sup>7</sup>. Diffuse solar radiation comes from the sky and is partially reflected by the roofing material (see Figure 10).

Diffuse radiation can be compared to the disordered movement of the electric charge in conductors or semi-conductors: as electric carriers in the absence of an electric field move in a random direction inside matter, so do the photons of diffuse light in the atmosphere. If we can explain the regular movement of parti-

cles with elegant equations – and in fact, we will later use geometrical methods to study the propagation of direct sunlight in the air – we must rely on statistical data for the calculation of parameters involving the random movement of enormous populations of particles.

Firstly, we need to establish in what percentage diffuse radiation is investing the two semi-circumferences lying above and below the tangent plane  $a - a$ . Let us hypothesise the ideal case of an isolated cylinder, so as to avoid the influence of shadows on reflected light. Also, let us consider the ideal situation of a perfectly clear and cloudless sky, the weather everyone would wish for when testing PV systems.

To begin with, we restrict our analysis to the *semi-cylindrical surface facing the sun*, and investigate if there are significant differences in the intensity of scattered light when we compare a semi-cylindrical and a plane surface of equivalent extension.

Figure 11 shows a particular case where a perpendicular component of a radiation of intensity  $I$  generally inclined on the plane  $a - a$  decreases its amplitude passing from the plane  $a - a$  to the tangent plane  $a' - a'$ . If we consider the relationship along the semi-circumference of the cylinder illuminated by the sun between the two components  $I_{n,p}$  relative to the plane  $a - a$  and  $I_{n,c}$  along the same direction relative to the other plane  $a' - a'$ , we observe with  $\alpha < 90^\circ$  the relationship  $I_{t,p} > I_{t,c}$  ( $I_{n,p} < I_{n,c}$ ) and the opposite result if  $\alpha > 90^\circ$ , that is  $I_{t,p} < I_{t,c}$  ( $I_{n,p} > I_{n,c}$ ). The theorem in the note<sup>8</sup>

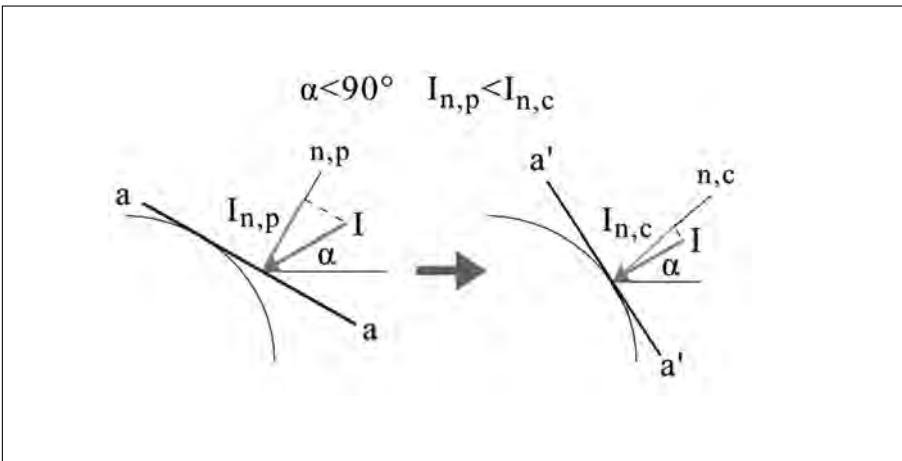


Figure 11.

makes us think that during the day the effects compensate each other, and the normal diffuse component referring to the plane  $a - a$  and the semi-cylinder  $a' - a'$  illuminated by the sun would be basically the same:  $D_{\text{ill}} \cong D_p = D_c$ .

In cloudy conditions photons strike the two surfaces from all directions and there is no reason they give priority to the flat surface rather than the cylindrical one, so the above conclusion is confirmed.

Let us consider at this point the *semi-cylinder projecting its shadow* on the rooftop (see Figure 1 above). The scattered light which does not fall on the upper section of the cylinder ends up on the building roof. This albedo component  $D_{\text{alb}}$  cannot be greater than the diffuse radiation that would fall on the cylinder surface if it were exposed to the sun – in that case the roof surface would produce an effect of light concentration, which is not possible. If we also add the consider-

ation that the roof surface absorbs part of the radiation and is not specular, we can conclude that *the total diffuse radiation will approach at most the density value that would be measured on the plane surface equivalent in extension to the lateral surface of the cylinder*:

$$D < D_{\text{ill}} + D_{\text{alb}} \quad (3)$$

To reduce the difference  $\Delta D = D - (D_{\text{ill}} + D_{\text{alb}})$  the installer recommends that the roof surface under the panels be painted white. A white roof surface, according to estimates by the panels' manufacturer Solyndra, would recover up to  $15\% \pm 20\%$  of global radiation compared to a black one<sup>9</sup>.

We have considered, up to this point, the intensity of light distributed around the cylinder. Let us now study *the path of light inside the cylinder*. It has already been said that the

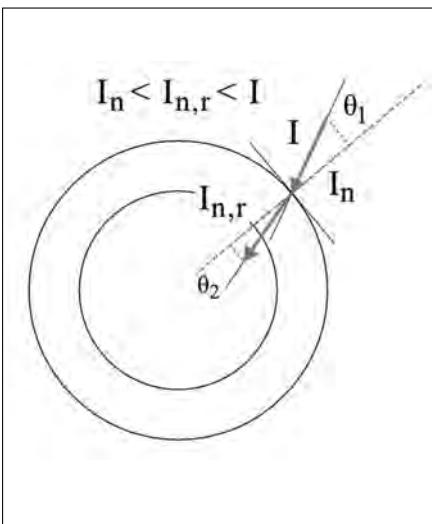


Figure 12.

Solyndra cylinder is composed of two tubes, the outer made of glass and the inner composed of two films: an optical concentrator film over a photosensitive CIGS film. A sun ray, before reaching the optical concentrator, undergoes a partial concentration of light due to refraction, the particular phenomenon of 'straightening' that happens when a solar ray passes from one medium to another of different density, in our case from air to the glass of the outer tube. This rectification effect adds up to the optical concentrator effect at any time during the day. Concentration, therefore, increases the performance of a PV cell (the same power is concentrated onto a smaller surface) as a greater perpendicular value of the direct component passes from air to glass and consequently there is a reduced loss of the tangent component ( $I_{n,r} > I_n$  as in Figure 12).

In this aspect the PV cylinder acts as a passive solar tracker, but its performance is much lower than that of a dynamic tracker.

The statement by Solyndra that one advantage of its cylindrical modules is their ability to track the sun's radiation without the need for moving parts as in traditional solar trackers (which continuously maintain the relation of equality  $I = I_n$ ) is partially true only with the sun in a position close to solar noon, while with sun rays increasingly inclined from east to west, the intensity  $I$  is increasingly distant from  $I_n$ .

Yet compared to equivalent systems with flat modules without concentrators, solar concentration increases both production and performance. Cylindrical modules, in fact, present a flatter potency curve compared to flat modules without concentration which show a peak; consequently the variation of density  $\Delta J\%$  in (2) is shifted more towards zero.

Let us evaluate this increase in performance only with reference to the effect of refraction.

The refraction angle  $\theta_2$  obtained from Snell's law depends on the angle of incidence  $\theta_1$ :  $\sin \theta_1 / \sin \theta_2 = n_{12}$  with air/glass coefficient  $n_{12} = 1.55$ . In any case, the calculation of the percentage variation of the normal component  $I_n$  for any inclined angle  $\alpha$  on the plane of the horizon at the latitude of Talmassons (where the plant is located) between the two solstices ( $21^\circ < \alpha < 67^\circ$ ) and along the circumference, is a few percentage points. In practice the variation  $\Delta J\%$ , compared to the situation envisaged without refraction

and concentration, moves toward the lower limit but will never be zero. The integral calculus for any given value of  $J = f(a)$  is:

$$\Delta J = J - \int J \cos(\arcsen[1/n_{12} \sin(\theta_1(a))]) da \quad (4)$$

The  $\Delta J\%$  variation differs from zero but is closer to zero compared with systems without concentration.

We can conclude, intuitively but also validated in this by geometrical optics, with this general statement: *the density of global radiation investing a lateral surface of a cylinder lying in an east-west direction (but also in any other direction) is lower than the global radiation intercepted by a plane surface of equal area in all possible weather conditions.*

Now our aim is to determine the reduction percentage with more precision.

**3. CEI testing conditions.** CEI 82-25 standards require that PV systems have a minimum efficiency level of 75% with at least  $600 \text{ Wm}^{-2}$  of sunlight intensity. The overall efficiency of a PV system expresses how much light power is transformed into electric power. Calculated upstream the inverter, converting the direct current (dc) output of the PV plant into alternating current (ac), efficiency evaluates the plant's nominal power against light power.

Since a PV plant is a linear physical system, its efficiency can be calculated on the basis of the power of a single Solyndra cylinder viewed as a solar battery with positive and nega-



Figure 13.

tive signs at each end (Figure 13).

In its technical datasheet, the modules' manufacturer Solyndra certifies a rated power of  $P_n = 200 \text{ W}$  for each module. The calculation of a module's efficiency is given by the formula

$$\epsilon \% = [(P_n / (N \cdot S_c))] / G_{STC} \cdot 100 \quad (5)$$

where  $N = 40$  is the number of cylinders in the module;  $G_{STC} = 1000 \text{ Wm}^{-2}$  is the radiation intensity value under Standard Test Conditions (STC) measured on the plane;  $S_{cyl} = 3.142RL$  ( $2R = 2.2 \text{ cm}$ ;  $L = 100 \text{ cm}$ ) is the cylinder's surface. The calculation leads to an efficiency value of  $\epsilon \% = 7.24\%$ , which is much lower than the STC efficiency of any thin-film module.

The manufacturer has not provided data on the laboratory efficiency of a CIGS cell or a module, but techni-

cal literature indicates at least 13% efficiency and beyond<sup>10</sup>. Using this data we obtain an efficiency variation of approximately 44.3%, a value outside the range displayed by (2), with a deviation from the value previously found of  $\Delta = 44.3\% - 36.3\% = 18\%$ . Considering that (2) does not take into account the loss of global radiation by the semi-cylinder in shade, we have reason to adjust (2) to the new range:

$$0 < \Delta J\% < 44.4\% \quad (6)$$

If this hypothetical efficiency value is subtracted from the upper limit given by (6) and equated to the value of 7.24%, the result will be about 12% which is very close to the figure declared by the manufacturers of thin film.

In non-STC,  $G_{STC}$  is replaced by  $G$ :  $0.6G_{STC} < G \leq G_{STC}$  and then (5) can be written as:

$$\varepsilon\% = [P_n/(N \cdot S_c)]/G \cdot 100 \quad (7)$$

where  $P$  is the transformed electric power.

Following the reasoning of the previous paragraph, the radiation measured on a cylindrical surface developed on a plane is, in actual fact, higher than the radiation intensity falling on the cylindrical surface; so in order to calculate the effective efficiency value of a PV cylinder, we need to correlate the global intensity of the solar radiation falling on a cylinder surface with the real power being measured. But while real power can be easily measured with con-

ventional testing equipment, a solar meter cannot calculate the global radiation falling on the entire cylinder surface under STC, as required by the CEI guidelines which are written for flat modules.

We can understand why we cannot match the required minimum efficiency value (CEI 82-25 calls it "yield") if we consider the following formulas as laid out in the CEI guidelines, which are used by the software of the processing unit:

$$\begin{aligned} P_{dc} &> 0.85 P_n \cdot G_p / G_{STC} \\ P_{ac} &> 0.9 P_{dc} \end{aligned} \quad (8)$$

where:

- $P_{dc}$  is the output power of the PV generator measured in kW with an accuracy higher than 2%;
- $P_{ac}$  is the active output power of the inverter measured in kW with an accuracy higher than 2%;
- $P_n$  is the rated power of the PV generator measured in kW, calculated by summing the rated power of each module as published in the manufacturer's datasheet;
- $G_p$  is the radiation intensity measured in  $\text{Wm}^{-2}$  calculated on the modules' plane: a PV cell solar meter with an accuracy higher than 3%, a thermoelectric solar meter with an accuracy higher than 1%;
- $G_{STC}$  ( $I_{STC}$ ) is the solar radiation under STC measured in  $\text{Wm}^{-2}$ .

According to the interpretation of CEI 82-25, the first formula of the (8) above checks the value of yield of  $\eta_{dc}$  on the dc side and the second checks the  $\eta_{ac}$  on the ac side; moreover the formula clearly indicates that

if the product of the factors  $P_n G_p$  is higher than the real yield being measured then the verification fails. To verify the inequality it is necessary to decrease the product.

The first factor cannot be changed because it has been declared by the manufacturer, so we must decrease  $G$ , subtracting from the global intensity measured on the module's plane the sum of the percentages that do not enter the cylinder.

In the following paragraphs we will present theoretical and experimental considerations on how to estimate the real radiation intercepted by the cylinders as a whole.

**4. Theoretical method for a calculation of the distribution of global radiation in flat and cylindrical surfaces.** The yield of a PV plant depends on the intensity of solar radiation falling on a PV surface in a certain period, so the performance of a PV module depends on the particular hour of the day, day of the year and on weather conditions. All the following considerations are based on environmental conditions close to STC, that is blue cloudless sky and negligible relative humidity, a pleasantly cool temperature and no wind. These weather conditions are very rare and when they happen we say, "Earth is the garden of Eden!". For this reason testing is mostly carried out on paper, except in cases of necessity when the owner complains that the energy production of the PV roof is distant from that predicted by the installation company.

We will now devise an analytical

procedure for the calculation of the most plausible value within the range of uncertainty written in (6).

We have already classified the three components of global solar radiation – direct, diffuse and albedo (reflected):

$$G = I + D + R \quad (9)$$

where  $G$  is the global radiation measured at ground level.

Let us first consider the solar radiation falling on the *semi-cylinder facing the sun*. The calculations and considerations rely on the following assumptions:

- a) the value of direct radiation  $I_n$  that enters normally to the surface of the cylinder is calculated by an analytical procedure using a spreadsheet;
- b) the albedo reflected on the cylinder surface facing the sun is neglected;
- c) direct radiation  $I_n$  maintains a constant value along the axis of the cylinder excluding the edges, where we find a negligible variation of a few percentage points (see Figure 14).

Before we move forward, let us consider a few interesting points.

Direct radiation does not uniformly irradiate the PV surface along the entire circumference, so the intensity vector  $I_n$  must be referred to an elementary surface, as small as possible to be measured and as small as we want in calculation, to get close to the real value before proceeding with an integration.

The  $I_n$  component along the semi-circumference varies from zero at the end of the diameter (the point of tangency of the solar radius with the cir-

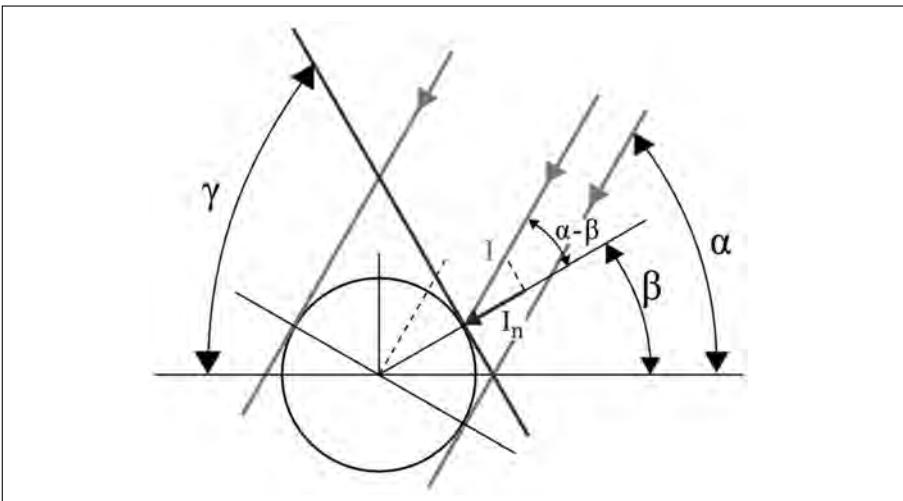


Figure 14.

cumference) to a maximum value when the direction of the vector  $I$  is the same as  $I_n$  ( $I = I_n$ ).

The formulas for the calculation of the normal component of power intensity distributed on the surface of a PV semi-cylinder facing the sun are written in a note<sup>11</sup>.

For all inclinations of the sun rays, the simulation produces a percentage decrease in intensity of  $\Delta I\% = 36\%$ , pretty much the same result obtained by calculating the density variation  $\Delta J\%$  in (1).

The hypothesis formulated in b) means that the roof does not have reflection ( $R = 0$ ) and (9) becomes:

$$G = I + D \quad (10)$$

The measurement of the amount of radiation intensity from which the percentage reduction is subtracted is obtained by placing a solar meter on

a tangent plane with a tilt angle<sup>12</sup> calculated as  $\gamma = 90 - \alpha$ , that is a typical setting when a solar meter is oriented against the sun.

The formula for the calculation of global solar radiation on the plane of the semi-cylinder facing the sun is as follows:

$$\begin{aligned} G_{\text{all}} &= k_S (I + D) = k_S [k_{\text{red}} (G - D) + D] \\ &\cong 0.23 G = 23\% G \end{aligned} \quad (11)$$

where:

$D = k_{\text{dif}} (1 + \cos \gamma) / 2 G$ ,  $k_{\text{dif}} = 0.2$  diffusion coefficient (see note<sup>7</sup>);  
 $k_{\text{red}} = 0.36$  reduction coefficient from flat to cylindrical surface.

Let us now calculate the percentage of the *albedo component that invests the cylinder in shade*.

Solyndra datasheets declare an amount of albedo of 23.9%<sup>13</sup> when the system is fully operational. However, considering that the rooftop of the

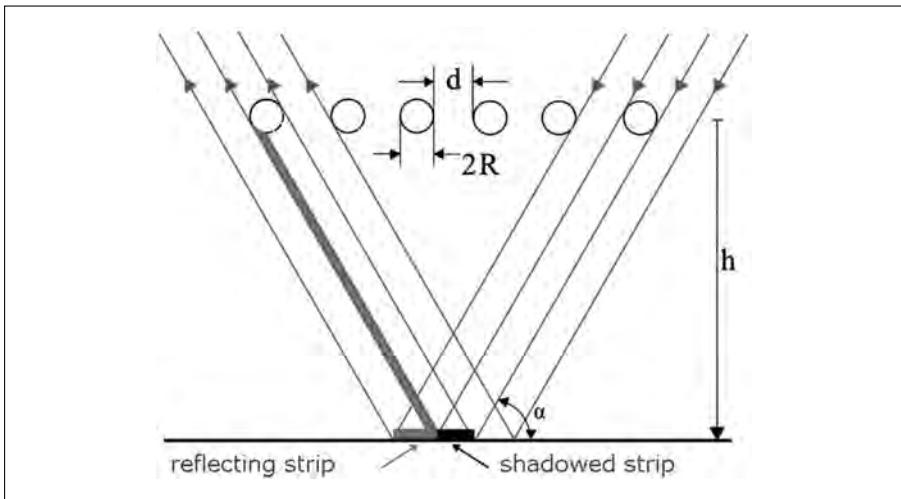


Figure 15.

Hessiana building is not a highly-reflecting total white surface, this value should be considered a higher limit.

By substituting in (9)  $I + D = 0$  and dividing the total reflected radiation between its direct and diffuse components  $R = I_r + D_r$ , we obtain:

$$G_{\text{shd}} = I_r + D_r \quad (12)$$

Since the quantity of the two components depends on the size of the reflecting surface (see in Figure 7 the array of cylinders producing strips of shade over the surface), the ratio between total surface and shadowed surface  $S/S_{\text{shd}}$  needs to be evaluated. Firstly we need to introduce two simplifying hypotheses:

- a) the diffuse component reflected by the shaded strips is negligible;
- b) the surface below cylinders is perfectly flat<sup>14</sup>.

A possible distribution of the re-

flected rays over the year is shown in Figure 15 (not in scale and only meant to provide support to the intuition) where  $h = 30 \text{ cm}$  and  $d = 3.5 \text{ cm}$ . Under the cylinders, reflecting and shadowed strips shift their position over the year and change their surface ratio. Let us calculate the surface ratio at a particular time of the year.

The surface in shade produced by the cylinders' shadow is easily calculated with the formula  $S_{\text{shd}} = 2R/\sin \alpha \cdot L$  with  $R = 1.1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$  e  $L = 1 \text{ m}$ . This value is subtracted from the total area under the cylinders  $S = (d + 2R)L = 5.7 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$  approx. The percentage of reflecting area is given by  $k_{\text{Su}} = (S - S_{\text{shd}})/S = 1 - 0.386/\sin \alpha$ . Figure 15 also shows the direct component being partially reflected by the semi-cylinder in shade, so if the  $\alpha$  angle increases the reflecting surface decreases and vice versa<sup>15</sup>.

So to calculate  $I_r$  we conclude that

*reflection of direct radiation only affects a part of the semi-cylinder, on account of the shadows and of dispersion through the gaps between the cylinders. If  $I$  is the direct component of light reflected from a perfectly-mirroring surface on an isolated cylinder, then this restriction applies:*

$$I_r < I \quad (13)$$

where  $I_r$  is the component of direct radiation falling on the cylinder exposed to reflection.

The difference  $\Delta I = I - I_r$  depends on the amount of albedo and on the inclination of sunrays. The component  $I_r$ , considering the intensity of reflected radiation to be proportional to the reflecting surface, is given by:

$$I_r = k_{su} k_s (G - D) \quad (14)$$

where  $I = (G - D)$ , valid for specular reflection. Substituting  $a = 45^\circ$  (the latitude of Talmassons at the equinox where  $\gamma = a$ ) and with  $k_{su} = 0.45$  approx., we obtain the result of  $I_r = 0.033 G$  and in percentage  $I_r \% = 3.3\% G$  approx.

The other component  $D_r$  is given by:

$$D_r = k_s k_{su} k_{dif} \rho (1 - \cos(180 - \gamma)) / 2 G \quad (15)$$

and if  $\rho = 0.7^{16}$ , then  $D_r \% = 0.027 G$  and in percentage  $2.7\% G$ .

So the proportion of global solar radiation falling on the semi-cylinder in shade is:

$$G_{shd} = I_r + D_r = 0.033 G + 0.027 G \cong 0.06 G = 6\% G \quad (16)$$

Therefore, the variation percentage in radiation over and under the plane compared with total radiation is:

$$\begin{aligned} G_{cyl} &= G_{ill} + G_{shd} = 0.06 G + 0.23 G \\ &\cong 0.3 G = 30\% G \end{aligned} \quad (17)$$

We must take into account that the albedo component is not intercepted by the rear of a flat module of equivalent area to the cylindrical module because it is obscured by the protective black coating, so the total radiation  $G$  must be reduced by this component. The  $G_m$  radiation measured on the plane becomes:

$$G_m = G - D_r \cong 0.97 G \quad (18)$$

In conclusion the variation percentage will be:

$$\begin{aligned} \Delta G &= G_m - (1 - G_{cyl}) G = 0.97 G - \\ &0.62 G = 0.34 G \text{ or } \Delta G \% = 34\% \end{aligned} \quad (19)$$

and so to calculate the radiation being effectively distributed on the cylinder we must subtract about 34% from the measurement obtained on the tangent plane, so that the original  $950 \text{ Wm}^{-2}$  is reduced to the value of  $627 \text{ Wm}^{-2}$ .

This example is significant in that it shows that it is fairly difficult to pass the performance test and that in order to reach  $900 \text{ Wm}^{-2}$  at midday we need to have favourable weather conditions; although we are helped by the fact that the solar meter will be facing the sun and that it is easy to find values approaching  $1000 \text{ Wm}^{-2}$  at sea level at a mid-European lati-

tude. In addition, the surface of the rooftop needs to present excellent reflecting properties in order to mirror the albedo component; the better reflecting is the white paint of the surface, the closer the measure to the ideal condition expressed by the above equation.

Several tests were carried out on site on testing day. In one of these, as we shall see, we managed to surpass the threshold value of  $600 \text{ Wm}^{-2}$ , measuring more than  $900 \text{ Wm}^{-2}$  on the plane of the solar meter. The coefficients and data used in (19) and yielding a result of 34% will presumably need to be adjusted if the tests are carried out at other times of the year. We also need to consider that measurements taken in the open air are affected by environmental conditions (such as ventilation, humidity, and air temperature) and also by the time it takes the operator to process the measures collected. So the theoretical result which we have found, and which has been confirmed by testing, should be seen as indicative, with a certain possibility of error.

In the next paragraph we will outline a method to measure the radiation intensity distributed around the cylinder with a specially manufactured circular solar meter<sup>17</sup>. The reading constant of the circular solar meter has been calculated through a process of calibration.

**5. Experimental method for a calculation of the distribution of global radiation in flat and cylindrical surfaces.** To estimate the global radiation along the circumference of a

cylindrical surface we have moved a small PV cell along the circumference at discrete steps of  $15^\circ$ ; at each step electrical current has been measured by a multimeter, then converted into radiation intensity by multiplying the current per a conversion constant. The results are reported in Table 1.

Measures were collected over a period of about 15 mins (the first measurement was taken at 15:50, the last at 16:05).

At the beginning of the measurement session, the solar meter displayed an intensity of  $664 \text{ Wm}^{-2}$  and at the end a value of  $651 \text{ Wm}^{-2}$  with an accuracy coefficient of  $\pm 5\%$ . The mean of the measurements reported in the penultimate column is  $G' = 494 \text{ Wm}^{-2}$ .

The data were collected on 15 August around solar noon. On that day, at the latitude of Talmassons<sup>18</sup>, the angle of solar rays on the horizon was about  $\alpha = 60^\circ$  (tilt  $\gamma = 30^\circ$ ).

At this point, we are able to determine the percentage variation between the radiation measured on the plane at the angle of tilt  $\gamma = 30^\circ$  ( $G_{\text{pl}} = 971 \text{ Wm}^{-2}$ ) and the weighted average of the values reported in the penultimate column of Table 1 ( $G' = 522 \text{ Wm}^{-2}$ ), which is approximately 46% with a 26% deviation from the value of 34% calculated in (19). This percentage deviation from the theoretical value is rather marked, but could be reduced if we consider the rather poor albedo component ( $\rho < 0.7$ ) due to the characteristics of the terrace on which measurements were collected; moreover, the reading constant of the solar meter<sup>19</sup> in Table 1 is probably closer to the

Table 1. Measurements of light intensity along the circumference.

Number of measure- ments	Cell inclination	Short circuit current	Radiation intensity on cell	Temperature Circular solar meter constant: $k = 2.75 \text{ mA/(Wm}^{-2}\text{)} \pm 10\%$ Cylinder orientation: East-West	Air temperature $T = 36^\circ\text{C}$
N	Degrees	Isc(mA)	Wm <sup>-2</sup>	NOTE	
1	0	313	861		
2	15	345	949		
3	30	353	971		
4	45	357	982		
5	60	343	943		
6	75	309	850		
7	90	281	773		
tot		6328	G' (Wm <sup>-2</sup> ) average	904	
1	105	234	644		
2	120	193	531		
3	135	149	479		
4	150	161	454		
5	165	174	443		
6	180	165	429		
tot		2959	G'(Wm <sup>-2</sup> ) average	497	
1	195	156	410		
2	210	148	407		
3	225	135	371		
4	240	123	338		
5	255	110	303		
6	270	100	275		
tot		2123	G'(Wm <sup>-2</sup> ) average	351	
1	285	81	223		
2	300	77	212		
3	315	61	168		
4	330	57	157		
5	345	135	371		
tot		1130	G'(Wm <sup>-2</sup> ) average	226	

minimum value of  $k - 0.1 k$ . With this value, the deviation limit of 26% would be halved.

Similarly, when we estimate the percentage variation between the measures taken along the arcs of the



Figure 16.

semi-cylinders in the light and in the shade, relatively to the two intervals written below:

semi-cylinder in light

$$330 < \alpha \leq 120 \quad (0)$$

semi-cylinder in shade

$$120 < \alpha \leq 330$$

with  $G_{\text{ill}} = 686 \text{ Wm}^{-2}$  the mean value calculated on the first interval and  $G_{\text{shd}} = 353 \text{ Wm}^{-2}$  the mean value calculated on the second, we obtain a variation of approximately 48.5%. Conversely, if we consider the difference between  $G_{\text{ill}} = 23\% G$  found in (11) on the semi-cylinder in light and  $G_{\text{shd}} = 6\%$  given by (16) on the semi-cylinder in shade found in (16), we find a percentage variation of 73.9% with a deviation from the values of Table 1 of 34.4%. This striking dif-

ference is explained by the fact that the measures of Table 1 were taken on a single cylinder, which does not suffer the effects of shadowing from other cylinders, whereas in a real situation cylinders are assembled in a rack.

To these considerations we add the following.

Experimental measure integration was rather approximate (24 steps with a silicon wafer covering a hexagonal polyhedron); a greater number of steps would lead to a more precise result. Moreover, photo-induced current in a PV cell depends on the spectrum of light and, while direct sunlight has all the radiation frequencies of a black body, the spectrum of reflected light varies depending on the portion being absorbed by the surface coating. On the other hand, our theoretical pro-

cedure also presents limitations as it is based on statistical data – in particular, the value of the albedo component can vary significantly in relation to the reflective properties of the surface coating.

**6. Performance tests.** A PV system in its simplest architecture is composed of two subsystems: a direct section where light power is converted into electrical power (dc side) and a conversion section where electrical direct power is transformed in alternating power (ac side).

Before starting the test<sup>20</sup>, we carried out a prior verification. A voltage meter and an amperometer were connected to the input (dc) side of an inverter, while two of the same were applied to its output (ac) side; the inverter, in turn, was connected to the west-facing PV subfield<sup>21</sup>.

The measurement of radiation intensity was carried out in two stages: a solar meter, provided by Hessiana srl, was first exposed outdoors, facing the sun, and then indoors, in a cubicle where the two inverters were housed, facing a xenon lamp. A pyranometer was mounted on a moving device (Figure 16), so that we could change its tilt angle and/or its distance from the lamp, therefore varying the incidence of light on the sensor.

Having measuring the intensity of direct solar radiation, we positioned the pyranometer under the xenon lamp and scaled down the intensity measurement. The values obtained were transmitted to a processing unit

which displayed the results on a screen. After running several tests, an overall performance of at least 75% was verified, confirming the hypothesis that the system's real power was greater than the nominal power declared by the manufacturer.

The test also showed that the system's overall performance exceeded the threshold value of 75% even when it did not pass the limit of 85% on the dc side, where the efficiency of the conversion of radiant solar power into electrical power is evaluated. This is explained by the formula for the overall performance:

$$\eta = \eta_{dc} \cdot \eta_{ac} \quad (20)$$

Efficiency on the ac side ( $\eta_{ac}$ ) always tested positive because inverters automatically maintain an efficiency that exceeds 95%, so even with an efficiency of less than 85% on the dc side ( $\eta_{dc}$ ) it was possible to pass the overall threshold of 75%. In our case, we managed to reach both efficiency thresholds only by decreasing the radiation intensity on the surface of the sensor positioned perpendicularly to the solar rays.

Considering that CEI standards require that tests should be performed with an intensity greater than  $600 \text{ Wm}^{-2}$ , we needed a solar power of around  $900 \text{ Wm}^{-2}$  on the cylinders if we wanted to pass the test. So outdoor measurements had to be carried out around midday on a sunny day.

The data recorded by the processing unit SOLAR-300 / HT303 provided by Hessiana srl are as follows:

$P_{dc} = 22.27 \text{ kW}$	$P_{ac} = 21.24 \text{ kW}$
$\eta_{dc} = 0.87$	$\eta_{ac} = 0.95$
$V_{dc} = 560 \text{ V}$	$P_f = 0.961$
$I_{dc} = 40.48 \text{ A}$	$V_{AC1} = 419.6 \text{ V}$
$I_{rr} = 476 \text{ Wm}^{-2}$	$V_{AC2} = 419.12 \text{ V}$
$P_{nom} = 50.57 \text{ kW}$	$V_{AC3} = 420.2 \text{ V}$
$T_{PV} = 36.5^\circ\text{C}$	$I_{AC1} = 30.57 \text{ A}$
$T_{INV} = 33.6^\circ\text{C}$	$I_{AC2} = 31.9 \text{ A}$
	$I_{AC3} = 29.97 \text{ A}$

In this specific case  $I_{rr} = 476 \text{ Wm}^{-2}$  is less than  $600 \text{ Wm}^{-2}$  and so the test only served to validate the working hypothesis.

Performance testing according to the guidelines of CEI 82-25 should be a requisite of all PV plants, since it provides a practical verification of the manufacturer's declaration of compliance.

It is well known that in PV plants connected to the electrical grid the ac output of the inverter supplies power to local electrical loads or to the public network (in Italy managed by ENEL). In this particular plant, the converter was composed of two three-phase IGEATEAM inverters connected in parallel to two PV sub-fields (see Figure 17) including the same number of modules and arranged in gently sloping rows facing respectively east and west. The cylinders' axes were also oriented in an east/west direction (see in Figure 18 the magnetic needle oriented from north to south, perpendicularly to the cylinders' axes). Since the rows were slightly inclined in opposite directions the production of the two sub-fields was a little different in the early

hours of the morning and at the end of the afternoon. A first trial test was carried out on 16 October 2012 at one o'clock in the afternoon (corresponding to solar noon) with 75% relative humidity and  $17.4^\circ\text{C}$  air temperature. The inclination of the sun was  $37^\circ$  above the horizon, approximately  $8^\circ$  less than the latitude.

The input data collection was carried out by an HT303 pyranometer with the storage unit SOLAR-01; a Mac Solar solar meter was used to check the radiation constant and the inclination of the support, in order to reduce the radiation intensity by the necessary amount (see the photograph in note<sup>19</sup>).

Testing was finally carried out on 24 October 2012 at 12:45, under ideal weather conditions<sup>22</sup>. The processing unit SOLAR-300 was attached to the inverter connected to the west-facing PV field. After synchronisation with the unit SOLAR-01, we measured the intensity on the plane lying perpendicularly to the sun rays and adjusted the inclination of the support stand in Figure 16, obtaining a 30% reduction in intensity on the



Figure 17.

Mac Solar display. After a few minutes SOLAR-01 was connected to the processing unit SOLAR-300 located in the inverters compartment. The results are shown in Tables 2 and 3.

Positive results were obtained on both the dc and ac sides, with a 33.9% intensity reduction and a difference from the calculated value of around 3%.

Temperature was measured with a PT 100 thermocouple positioned in the air (in flat modules the probe is applied to the back of the modules as per instruction of CEI 82-25) in order to verify that air temperature was kept much lower than 40°C, value indicated by CEI 82-25 for corrections in the temperature of the power supply. However, it is very unlikely that PV cylinders can reach such a high temperature, as they are partially

shaded and continuously ventilated, so this measure had no impact on the outcome of the test. The Eff-DC value of  $609 \div 610 \text{ Wm}^2$  was slightly above the minimum, while radiation intensity on the plane was much greater.

The connections of probes and sensors are shown in Figure 19.

In conclusion, only reducing the intensity of radiation on the plane, as it has been theoretically demonstrated with measurements in the open air, the processing unit could give positive results within the constraints of CEI 82-25. A more exhaustive research on the performance of PV cylindrical modules should be repeated several times over various days under conditions of low and high irradiation and at different hours of the day. This task should be assigned to a

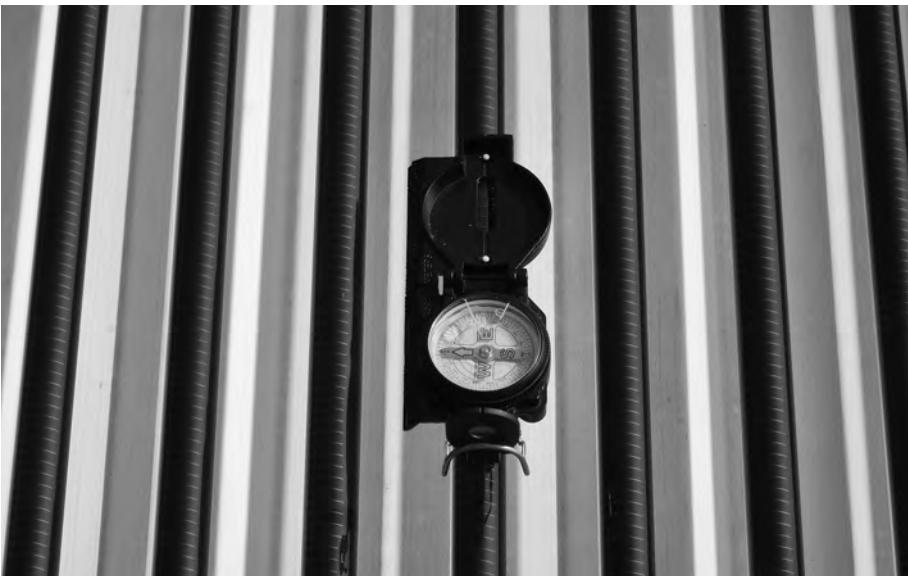


Figure 18.

specialized laboratory which should install a PV cylindrical system with automatic data-collecting for continuous monitoring<sup>22</sup>.

**7. Final considerations.** This study has deliberately not considered and evaluated the overall yield of the PV plant over time, i.e. the Equivalent Solar Hours (ESH), that is the number of solar hours when the system works at its rated power, the Energy Pay-Back Time (EPBT), that is the return time of the energy used for the production of the plant itself, and the Financial Pay-Back Time (FPBT), that is the time needed to match the investment made by the customer. The promotion of a PV system on the basis of its efficiency (performance) under STC may not be the marketing strategy determining the success of a solar tech-

nology.

Regarding this aspect, the owner of a PV plant, called “responsible subject” by GSE, the Electrical Services Operator that for a period of twenty years guarantees a financial incentive in euros per kilowatt hour produced (€/kWh), may positively evaluate the investment in the long period, taking into account the cost of the plant (€/Watt) and the Balance Of System (BOS), that is the cost of a PV system excluding the panels. The decision by Hessiana srl of installing Solyndra PV modules was mainly based on BOS, also because it was not possible to drill the roof of the building or load it with heavy blocks in order to install conventional flat modules.

Regarding the concept of efficiency, I think we need to clarify the substantial difference between the yield of

Table 2. Light intensity measured by the two solar meters.

Mac SOLAR	930 Wm <sup>-2</sup>	±5 Wm <sup>-2</sup>
HT303	4.3 mV / 7 mV/1kW m <sup>-2</sup> = 615 Wm <sup>-2</sup>	±0.5 mV

Table 3. SOLAR-01 measurements.

Irr_Avg [W/m <sup>2</sup> ]	Irr_Max [W/m <sup>2</sup> ]	Irr_Min [W/m <sup>2</sup> ]	TC_Avg [°C]	TC_Max [°C]	TC_Min [°C]
610	610	609	30.9	30.9	30.9
610	610	610	30.9	30.9	30.9
610	611	610	30.9	30.9	30.9
610	611	610	30.9	30.8	30.7
610	610	609	30.6	30.6	30.5
Eff_AC		Eff_DC		PRP	
0.937		0.868		0.813	
0.937		0.867		0.813	
0.937		0.867		0.813	
0.937		0.868		0.813	

a PV plant and its efficiency/performance with reference to CEI 82-25, as the two concepts are easily confused. So the functional testing of a PV plant is the measurement of efficiency in a particular instant in time, while yield is performance over time as expressed by the ESH parameter, that we now define precisely with a formula:

$$\text{ESH} = E/(P_n \cdot dd) \quad (21)$$

where E is the energy produced in a number of days (dd) and P<sub>n</sub> the rated power.

The energy measurement is given by the integral calculation of the instant power according to the formula:

$$E = \int \epsilon(t) \cdot J(t) \cdot S \quad (22)$$

It shows that the total energy production depends on instantaneous efficiency  $\epsilon(t)$ , that is the amount of electric power (W) converted from intensity radiation (W m<sup>-2</sup>) extended to the whole surface S (m<sup>2</sup>) of the PV plant.

In all grid-connected PV systems the inverter maintains the highest possible peak power P<sub>mp</sub> in all weather conditions, so we obtain the maximum efficiency condition in energy conversion. The difference between the energy produced at STC efficiency and the energy recorded by the ENEL meter is:

$$\Delta E = \int \epsilon_{\text{STC}} J(t) \cdot S - E \quad (23)$$

which can be considered a quality indicator for the evaluation of a PV plant performance.

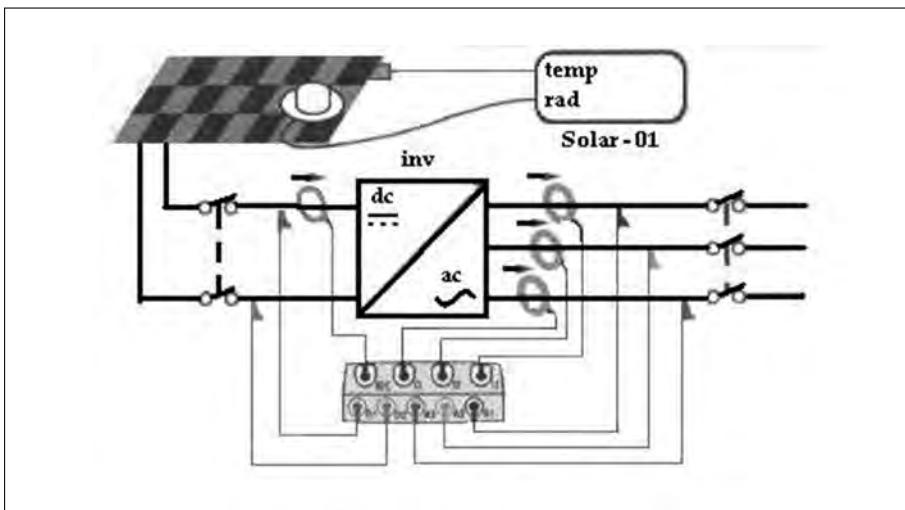


Figure 19.

On a financial level the quality of an investment can be evaluated by the formula:

$$\Delta = ESH \cdot P_n \cdot dd \cdot R_u - C_u \cdot P_n \quad (24)$$

where  $R_u$  denotes revenue from government incentives €/kWh (constant over twenty years) taking into account all costs; and  $C_u$  is the unitary cost of the PV plant in nominal €/kW. When the delta sign is negative there is no return of investment, when it is positive there is a gain.

The value of ESH, depending on the relative reduction of efficiency over time, greatly affects the delta value. It is the difficult assessment of this parameter that makes an estimate of delta values very problematic, and in fact no manufacturer provides data on efficiency over time. IEC 61646 (and likewise 61215) prudentially certifies a degradation of efficiency of

thin-film modules of no less than 90% in the first ten years and no less than 80% in the following 15 years. This parameter is particularly critical in the case of Solyndra cylindrical modules that are certified by their rated power within a range of negative and positive uncertainty. Competitive factors are pressing manufacturers to offer modules with positive tolerance, i.e. with minimum power guaranteed.

Solyndra entered the European market certifying cylindrical CIGS thin-film by the same standard used for flat modules. This because of the lack of official guidelines on how to evaluate the efficiency of a PV cylinder in STC, considering that half its surface is not directly hit by radiation. The company's choice was to indicate a nominal power referred to approximately half the PV surface.

If rated power had been measured

by irradiating a flat surface equivalent to the entire lateral surface of the cylinders, their rated power would have been greater than the real one and the modules would have produced a lower yield than flat modules. The decision to certify the power of a flat surface equivalent to the area of a semi-cylinder has the same meaning as offering a “positive tolerance”. If the display of the two inverters does not show an electric power higher than the rated power of 115.20 kW in near STC, it is because of the low dc side conversion efficiency that rarely exceeds the threshold of 85%.

Shifting the focus from a technological field to a financial one, the purchase deal would appear to be favourable to the customers, who pay for less PV surface than they actually get, and spend less €/W than they would have paid for a thin-film or crystalline plant of the same rated power. So how could Solyndra afford the greater cost of using more PV material than they would have used to produce a flat module of the same rated power, and at the same time think of selling a competitive product? We can presume that they anticipated to balance the higher €/W cost of PV material with scale factors in the production cycle; in a nutshell, a greater production of cylinder panels than flat modules of equal power. The high performance combined with a competitive BOS would have quickly replaced the thin-film CIGS flat modules with cylindrical ones, at least on the flat roofs of industrial buildings, yet something went wrong.

The most credible explanation

concerns the trend in thin-film and crystalline-silicon prices. Solyndra might have expected on the one hand a rapid fall in the production price of CIGS film and on the other a stability in the cost of crystalline silicon. Both predictions did not occur. The most important factor must have been the plummeting €/W prices of crystalline silicon.

A definitive verdict on the performance of cylindrical thin-film technology can arise from the results of the numerous PV plants built by Solyndra around the world, but also from the presence of standard procedural guidelines. This should improve research and innovation and also provide testers with clear indications on how to measure the efficiency of a PV cylindrical system. Yet at the moment Solyndra is in receivership and production is permanently halted.

<sup>1</sup> CIGS means Copper Indium Gallium (di)Selenide; in a laboratory, the performance (efficiency) of this PV heterojunction can reach up to 20%. The PV cylinder was lent to me by Daniele Della Toffola of the regional environmental agency ARPA Friuli Venezia Giulia, located in Palmanova, near Udine.

<sup>2</sup> We will preferably use the term “performance”. For the same concept CEI 82-25 uses the terms “efficiency” and “yield”; in the present issue we will mainly use ‘efficiency’ while yield is more properly efficiency/performance over time and expresses the energy production of the PV generator. From a quantitative point of view, efficiency or performance is a numeric value that indicates the percentage of solar radiation power ( $\text{Wm}^{-2}$ ) being converted in electric power (W).

<sup>3</sup> Solyndra datasheet reports for each PV cylinder the following data:  $P_n = 5$  W with power tolerance of  $\pm 4\%$ ;  $V_{mp} = 91.7$  V;  $I_{mp} = 50$  mA;  $V_{oc} = 124.6$  V;  $I_{sc} = 59$  mA.

<sup>4</sup> The peak or rated power of flat modules in Standard Test Conditions (STC) is defined by IEC 61646. It is measured in a darkroom by a solar simulator: a module is placed in a vertical position against a wall; in front of it a xenon arc lamp flashes perpendicularly to the plane of the module. See below the photo of a solar simulator in the Esti Ispra laboratories (Rutschmann 2009). In our test, the solar simulator was calibrated to deliver the equivalent of 1000 watt per square meter ( $\text{Wm}^2$ ) of sunlight intensity, with a cell temperature of  $25^\circ\text{C}$  ( $77^\circ\text{F}$ ) and a Mid-Europe air mass (AM = 1.5); a computer processed the data and calculated the power rating (or power peak because radiation at sea level does not exceed this value). If the rated power of a Solyndra module were measured by placing a cylindrical panel against the dark wall, then the surface of irradiation of a cylinder would be approximately half its total surface (i.e. the surface of the tangent plane in front of the xenon lamp), and consequently the electric power would be lower than the real power measured in an outdoor situation close to STC, because of the albedo component that increases the solar radiation intensity.



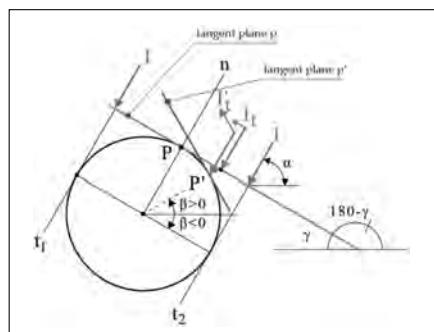
Solar simulator.

<sup>5</sup> Later we will consider the situation around solar noon, when sunrays fall perpendicularly to the cylinder axis; at times when sunrays have an angle different from  $90^\circ$ , the consideration remains valid if we take into account only the normal component of the solar radius, disregarding the tangent as it produces no PV effect.

<sup>6</sup> From this point forward, “unit intensity power” and “density power” are used interchangeably within our text; in equations, however, we indicate with  $I$  the power intensity (W) and with  $I/S$  the power density ( $\text{Wm}^2$ ). So if we say that power (W) moves entirely from the  $a-a$  to the  $a'-a'$  plane, power density ( $\text{Wm}^2$ ) decreases if the surface increases and vice versa.

<sup>7</sup> The phenomenon of diffuse light is called “Rayleigh scattering” and takes place when a light wave encounters particles smaller than its wavelength. It can occur when light travels through an essentially transparent medium, mostly gas and liquids; in Italy the density of diffuse radiation on a beautiful cloudless day varies from 15% to 25% of global radiation. In this text we have chosen a reduction value of  $k_{\text{dif}} = 20\%$ ; the choice was not inspired by any particular criterion other than the Aristotelian ethics summarised by the Latin motto “in medio stat virtus”, which translated into technical language means that the most likely value is the average of the lower and upper limit values.

<sup>8</sup> See in the Figure below the situation with sunrays inclined at an angle  $\alpha < 90^\circ$  on the plane of the horizon and a plane  $p$  tangential in  $P$  to the circumference of the cylinder lying on an east-west axis and inclined by a  $\gamma$  tilt angle. The Figure also shows the sweep angle  $\beta$  with a positive sign along the counter-clockwise arc until  $t_1$  and a negative sign in the opposite direction along the arc until  $t_2$ . The following theorem can be demonstrated: given a bundle of parallel lines  $t$  between  $t_1$  and  $t_2$ , with  $t_1$  and  $t_2$  belonging to the bundle, intersecting the tangent plane  $p$ , the value of the tangent component  $I_t$  of  $I$  along the



Sun rays with random direction.

plane is always less than the value of the tangent component  $I'_t$  of  $I$  at the current point  $P'$  of the tangent plane  $p'$  along the semi-circumference, if and only if  $\alpha = 90 - \gamma$ , that is if the direction of  $I$  is perpendicular to the tangent plane  $p$ . Consequently the corollary follows: if  $\alpha \neq 90^\circ - \gamma$  an arc of circumference  $\hat{C}$  exists where  $I'_t < I_t$  is true, and moreover the length of the arc( $\hat{C}$ ) is smaller than the length of the arc  $180^\circ - \text{arc}(\hat{C})$ .

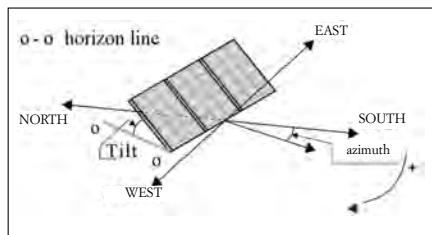
<sup>9</sup> A value of 20% was found in a typical situation at the Fraunhofer Institute (statement from Solyndra datasheet).

<sup>10</sup> Cell efficiency is not clearly reported in the Solyndra datasheet, which gives a ratio of 12% ÷ 14% electrical output to incident solar power, but this is referred to cells on a plane and not to those arranged along the axes of a cylinder. These data are in line with what declared by the manufacturers of CIGS modules; one manufacturer, for example, declares  $P_n = 36 \text{ W}$ ,  $S = 0.54 \cdot 0.954 \text{ m}^2$  yielding a value of approximately 13.5%. The efficiency of flat PV modules is measured by uniformly exposing a module to black body radiation (solar radiation has a very similar spectrum outside the atmosphere to black body radiation) under STC. Data are automatically processed, the point of maximum power (nominal power) is determined, and efficiency is calculated according to the equation (5). If the nominal power of a Solyndra panel (or cylinder) were to be established by irradiating it with light against the wall of a dark-room in a solar simulator, this value would only refer to half the surface of the cylinder (equating the curved surface of the semi-cylinder to the tangent plane as viewed by the xenon arc lamp). In these circumstances the nominal power could also be calculated by dividing the nominal power of a certified CIGS film by two.

<sup>11</sup> The calculation has been carried out on a spreadsheet with steps of 0.1 tenth of a degree; the equations have been split into the two parts of a semi-circumference, with every step of the calculation giving the normal component value:

- $\sum I \cos(90 - \beta)$  current angle:  $0 < \beta < 90$
- $\sum I \cos(\beta - 90)$  current angle:  $90 < \beta < 180$ .

<sup>12</sup> The angle between the horizon and the plane of a module is called tilt angle. At solar noon (azimuth equal to zero) the sunrays hit the surface of the module perpendicularly; if  $\gamma = 90 - \alpha$  the radiation intensity vector has no tangent component (maximum intensity penetrates the module).



Tilt and azimuth angle.

<sup>13</sup> A white-painted roof covering is not a specular surface, so light is partially absorbed (producing heat) and diffused (surface irregularities are much bigger than the wavelength of light). If we apply the surface correction factors to the value of the albedo component, we obtain a figure which is similar to the value determined by (16).

<sup>14</sup> The Hessiana building has a gable roof facing east/west with a 5° pitch approximately (Figure 17). Its concrete slab has been covered by a trapezoid iron sheet which produces a reflection depending on the position of the sun that is very difficult to calculate. In the definition of the albedo component ideal for PV production, the manufacturer does not distinguish between the various types of roof covering, but merely recommends that it should be painted white. This absence of indications, together with the fact that in our own experience different types of roofing do not determine significant differences in PV production, have convinced us to transpose the results obtained with an ideal flat roof to a trapezoid surface.

<sup>15</sup> Shadows are longer when the sun is very low on the horizon, and they are shortest near the Summer equinox at noon.

<sup>16</sup> The factor  $\rho = 0.6$  is taken from reference tables and corresponds to white-painted masonry walls.

<sup>17</sup> The circular solar meter is composed by a polycrystalline PV cell specifically cut and mounted on a slide able to move along the circumference of the cylinder. Two red and black wires connect the PV cell to a multimeter. The fixed part is marked with some notches that show the angle step. The circumference has been divided in 24 parts (a step angle measures 15°). The constant of the circular solar meter was calculated by comparing electric current intensity and radiation intensity measured by a solar meter provided with

a monocrystalline sensor cell and a display (in the photograph the circular solar meter is connected by two wires to the multimeter installed around a cylinder on the roof of the Hessiana building). A PV cell solar meter is based on the law of proportionality between the current produced by the cell (mA) measured with a digital instrument based on the Ohm law (multimeter MD320) and the intensity of solar radiation ( $\text{Wm}^{-2}$ ). This constant has been determined after several measurement sessions taking place on different days and at different times of day. The current measurement by a circular solar meter has been compared with radiation measurements by two solar meters: a Mac Solar SLM018c-3 based on a PV effect and an HT303 pyranometer based on a thermoelectric effect. The solar meter based on a PV effect has a much quicker response than the thermocouple-based pyranometer and for this reason we have introduced an uncertainty in the definition of the constant:  $k = 2.75 \pm 10\%$  ( $\text{Wm}^{-2}/\text{mA}$ ). The circular solar meter has been constructed at the department of mechanical engineering of ITI "A. Malignani" (now ISIS "A. Malignani"), Udine, by the technician Salvatore Ravo following general indications by the author of this text.



Circular solar meter.

<sup>18</sup> The height of the sun at our latitudes of the Northern hemisphere is given by the formula:  $\alpha = \text{declination} + \text{latitude}$ . The height of the sun at the latitude of Talmassons and at a declination of  $13.83^\circ$  is approximately  $\alpha = 45.9^\circ + 13.5^\circ = 59^\circ$  (see <http://www.ilpaesedellemeridiane.com/simulatori/04noz/08altezzasole.htm>).



PV cell solar meter (left), thermocouple pyranometer (right).

<sup>19</sup> The solar meter Mac Solar SLM018c-3 directly displays the value of  $\text{Wm}^{-2}$ ; it is based on the experimental evidence that the intensity of light that strikes a monocrystalline cell is proportional to the photo current produced. The pyranometer HT303 is an application of the thermoelectric effect (also known as Seebeck effect), which generates a voltage in the millivolt range when the junction of two metals is exposed to the sun, producing a temperature difference. Solar radiation intensity is calculated by multiplying the mV by the constant of lecture  $k = 7 \text{ mV/kWm}^{-2}$  given by a lab calibration service. We first established the time of day when the two solar meters had the greatest proximity of data (the Mac Solar has a sensitivity dependent on wavelength of light while the pyranometer keeps it constant). We found that the solar meters gave similar indications around solar noon, in other words for values of the azimuth angle close to zero, with a percentage of accuracy of  $\pm 10\%$ . The calibration operation in the open air was problematic because air mass movements, even at a high altitude and with a clear sky, affect the measures displayed by the Mac Solar, while they do not have an influence on the workings of the pyranometer, on account of its inherent inertia.

<sup>20</sup> Before and during the test, I was assisted by Aldo Moratti of Hessiana srl, whose contribution was crucial for the on-site testing and measurement procedures.

<sup>21</sup> Given that the two PV subfields comprised the same number of modules and around solar noon they produced approximately the same electric power, only one of the two inverters was used in the test.

<sup>22</sup> We are going to provide further indication that

the PV plant on the Hessiana building produces electricity with an efficiency comparable to other similar plants with flat modules by considering only half of the PV surface of its cylinders. For this, we need to verify that the PV plant provides at least the rated power certified by the manufacturer in accordance with CEI/EN 61646. On 7 September 2012 at 12:20 the two inverters gave the following measures on the dc side:  $P_{dc, East} = 34.6 \text{ kW}$  and  $P_{dc, West} = 32.4 \text{ kW}$ , for a total of  $P = 67 \text{ kW}$ . The PV cell and the thermocouple solar meters were placed on a tangent plane perpendicular to the solar rays and the values displayed,

having subtracted 30%, were respectively  $I_{t, Mac So = lar} = 673 \text{ Wm}^{-2}$  and  $I_{t, HT303} = 695 \text{ Wm}^{-2}$  with an uncertainty of  $\pm 5\%$  and  $\pm 3\%$ . The calculation of efficiency given by (7) yielded a value of  $\epsilon \% \cong 8\%$ , slightly higher than the theoretical one at STC using half of the cylinder surface [see the calculation developed with reference to the formula (5)]. In fact, setting a slightly lower yield value than the one showed in Table 3, the plant produces a little more energy than the amount certified. It is well justified to claim that this extra production comes from the component of albedo that invests the other half of the cylinder surface.

## Bibliografie/ References

- Castello S. (2003). *Aspetti tecnici ed economici della tecnologia fotovoltaica*. Dispense del progetto "Il Sole a Scuola". Roma: ENEA Centro di Ricerche Casaccia.
- Comitato Elettrotecnico Italiano (1999). *CEI EN 61646: 1999-01 (Italiano) Moduli fotovoltaici (FV) a film sottili per usi terrestri. Qualificazione del progetto e approvazione di tipo = Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules. Design qualification and type approval*. Milano: CEI.
- Comitato Elettrotecnico Italiano (2010). *CEI 82-25:2010-09 (Italiano) Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione*. Milano: CEI.
- Groppi F, Zuccaro C. (2006). *Impianti solari fotovoltaici a norme CEI. Analisi di producibilità di un impianto fotovoltaico*. Milano: Editoriale Delfino.
- Marcolini L. (2005). La energie eletriche fotovoltaiche dal laboratori al implant finit. Une osservazion ai risultâts disvilupâts daspò il prin bant de Region Friûl Vignesie Julie / Photovoltaic electric energy from laboratory to ended plant. A first look on the results collected after the first Friuli Venezia Giulia public announcements. *Gjornâl Furlan des Sciencis / Friulian Journal of Science*, 6: 9-61.
- Rutschmann I. (2009). Schema di collaudo in base alla norma CEI 61215 61646. Un mondo di certificazioni. *Photon. Il mensile del fotovoltaico*, 5: pp. 45-67.
- Würfel P. (2009). Limitation on Energy Conversion in Solar Cells. In Würfel P. (Ed) *Physics of Solar Cells. From Basic Principles to Advanced Concepts*. Berlin: Wiley-VCH, pp. 167-185.

A son stadiis consultadis ancje chesis pagiinis web / The following web pages have also been consulted

- <http://en.wikipedia.org/wiki/Solyndra>
- <http://www.qualenergia.it/articoli/20110921-il-fallimento-di-solyndra-cosa-e-andato-storto>

Informazions su la dite Solyndra / Information on Solyndra, Inc.

- [www.google.it/patents/US7235736?hl=it&dq=Solyndra+cylindrical+photovoltaic](http://www.google.it/patents/US7235736?hl=it&dq=Solyndra+cylindrical+photovoltaic)

Particolârs sul brevet dal cilindri FV / Patent details for Solyndra PV cylinders

- [www.meteo.fvg.it](http://www.meteo.fvg.it)

La agjenzie ARPA OSMER dal FVJ e furnìs i dâts meteo storics dì par dì e mês par mês / ARPA OSMER provides daily and monthly weather records for Friuli Venezia Giulia

**rassegnis**



# Visions di scoltâ. Ideis di furlan e di Friûl te produzion musicâl contemporanie

ROBERTO DAPIT\* E MARCO STOLFO\*\*

**Ristret.** L'intindiment di chest contribût al è chel di meti in relazion chei che a son i orientaments gjenerâi in cont di furlan e di Friûl, palesâts dilunc vie dal Nûfcent fint in di di vuê, e la produzion musical in lenghe furlane. E ven fate indenant une ipotesi di ricercje che e vûl viodi cemût che chês stessis ideis e visions di furlan e di Friûl si pues rivâ a cjatalis diretamentri tai ategjamenti di soliscj e grups musicâi. Chest percors al partis dal fat che e esist une lenghe cuntune sô individualitât e cuntune sô unitât e unitarietât – la lenghe furlane – e che al esist un teritori cuntun so profil gjeografic e storîc articolât e unitari: il Friûl.

Il secont moment al tocje la individuazion e la definizion, in forme sintetiche, des diviersis ideis e visions di furlan e di Friûl saltadis fur dilunc di dut il secul passât e salacor za de seconde metât di chel di prime fintremai al di di vuê.

Il tierç al è une descrizion di cemût che la lenghe furlane e ven doprade te produzion musical tal periodi cjapât in esam. Cheste evoluzion e ven cjalade no dome daûr des diviersis formis espressivis e dai siei protagoniscj, ma ancje cun chê di provâ a vualmâ cemût che lis diviersis visions di furlan e di Friûl si cjatin in forme plui o mancul palese te produzion musical par furlan e tal ategjament dai musiciscj che a doprin la lenghe in musiche.

**Peraulis clâf.** Friûl, lenghe furlane, musiche, visions e ategjamenti in cont di lenghe furlane e Friûl.

**1. Friûl e furlan.** Lis premetiduris di dut il nestri resonament a son la esistence de lenghe furlane – tant che lenghe cuntune sô individualitât e cuntune sô unitât e unitarietât – e chê dal Friûl, tant che teritori cuntun so profil gjeografic e storîc articolât e unitari.

---

\* Dipartiment di Lenghis e Leteraturis Forestis, Universitât dal Friûl, Udin, Repubbliche Taliane.  
E-mail: roberto.dapit@uniud.it

\*\* Dipartiment di Studis Juridics, Universitât dal Friûl, Udin, Repubbliche Taliane.  
E-mail: marco.stolfo@uniud.it

Par ce che al tocje il Friûl nus somee che si puedi tacâ cun chestis coordenadis, che a son in chel stes gjeografichis e culturâls: al è la part plui setentriônâl de aree mediteranie, chê plui meridionâl de Europe dal centri e dal nord, chê plui a bonât de Europe orientâl, chê plui a soreli jevât di chel che al ven clamât Ocident. Chê fate indenant e je une definizion astrate e teoriche che e cjate une sô corispondence concrete sei cu la realtât dal dì di vuê sei in continuitât cu lis descrizioni dal Friûl che a son stadis fatis dilunc vie dai seui passâts.

I riferiments a son diviers, ma il risultât al è compagn, de sentence arbitrâl dal delegât pontifici Ugo di Ostia dal 1221 a ce che a scrivin tal secul XVI il lutignint venezian Francesco Michiel, Erasmi di Valvason e Andrea Vavassore clamât Guadagnino tal test che al compagne la sô *Vera descritzione del Friuli*, stampade a Vignesie tal 1553, e fintremai ai studis fats di Prospero Antonini o ai scrits di Pacifico Valussi ae fin dal Votcent. Il Friûl al è chê part dal Mont e de Europe che si cjate tra lis Alps e l'Adriatic e tra la Livence e il Timau e cussì si palese ancje in dì di vuê, cundut che par television o sui giornâi une vore dispès cheste dimension teritoriâl e ven ridusude o fintremai scancelade.

In chestis e in altris descrizioni si viôt il Friûl te sô unitât, in maniere indipendente dai confins politics e aministratifs che lu àn dividût e che lu dividin ancjêmò in dì di vuê. Cun di plui, une vore dispès, e ven marcade ancje une altre caratteristiche di cheste tiere: dongje de sô unitarietât teritoriâl il Friûl al palese a fuart un profil plurâl, une varietât di paisaçs, di culturis, di tradizions, di lenghis (Maniacco 1996: 27; Menis 2009; Pascolini 2005).

Une spie impuantante di cheste realtât unitarie e plurâl, che intes sôs unitât e pluralitât si palese tant che alc di "altri" e di "diviers", e salte fûr de percezion che al à di chê cui che le cjale di fûr, soreduò di soreli a mont. Un esempli si lu cjate tes pagjinis dal *Viaggio in Italia* di Guido Piovene, là che l'autôr – daûr dal rilevament dal mudament sec di un trop di elements peâts ae culture materiâl: un di chescj al è cemût che il cjaval al ven tacât al tamon di un cjâr – al definìs il passaç de linie teoriche che e va daûr dai flums Mesc, Livence e Montican tant che il scjavaçament di une "grande muraglia" (Piovene 1957: 57). Un altri al è tes peraulis dal poete e ricercjadôr Costantino Nigra, che ancjêmò tal Votcent al calcolave il Friûl "un'isola culturale intatta da secoli" e par chel al decideve di lassâle – adun

cun Corsiche, Sardegne e cun chêš che al clamave “colonie straniere”, ven a dî lis piçulis comunitàs di lenghe no taliane – fûr di un so lavor dedicât ae narrative e ai cjants popolârs in Italie (D’Ancona, Bacci 1906: 69).

Il Friûl, in efets, al è un puest “par so cont”. Al è une tiere di incuintris, di contaminazions, di scambi e disvilup di diversitâts e al è l’unic puest dulà che si incrosin lis trê fameis linguistichis e culturâls plui impuantantis de Europe: chê slave, chê gjermaniche e chê latine. Achì si cjatin adun cuatri lenghis, ven a dî il furlan, il sloven, il todesc e il talian, cu lis lôr tantis varietâts locâls. Di chestis cuatri lenghis a ‘nd è une che e à la particolaritat di jessi presinte dome achì, almancul tant che lenghe autoctone. Cun di fat, dongje de unitât dal teritori e de pluralitat di lenghis, culturis e tradizions, al è propit il furlan, te sô specificitat e te sô unitarietât, chel altri element che al marche la individualitat “altre” dal Friûl.

Di chest si visave za l’anonim viazadôr de Ete di Mieç, che la sô testemoneance si le cjate tal *Codic Vatican Palatin 965 c. 240* (Frau 1989: 3). La percezion “dal esterni” de individualitat e de specificitat de lenghe furlane e salte fûr ancje di testemoneancis plui resintis. Tra chestis – in particolâr in Italie e pe Italie – a meretin menzonadis chêš che a rivin de radio, dal cine e de television taliane, là che il furlan e la sô individualitat, tant che lenghe “par so cont”, “altre” e “foreste”, a saltin fûr daûr di doi ategjaments diviers e complementârs.

Il prin al è il gust par un ciert esotism, che si palese sei cul marcâ l’incjant che al diven dal so sunâ diferent sei cul menâ ator cui che al dopre cheste lenghe “salvadie”, cemût che al sucêt tal film *C’eravamo tanto amati* di Ettore Scola (Stolfo 2014).

Il secont al è la dibisugne fuarte di dumiestâ e talianizâ: al è chel che si palese plui dispès. Un câs emblematic al è chel de figure dal emigrant furlan, impersonât di Gabriele Lavia, che te pelicule *La leggenda del pianista sull’oceano* di Giuseppe Tornatore al è l’unic personaç in cualchi maniere caraterizât dal pont di viste linguistic ma al fevele intune sorte di dialet venit. Par ce che al tocje la television, si pues ricuardâ cemût che, dentri di une trasmission Rai di passe cuindis agns indaûr, condusude di Paolo Limiti, dedicade a cjantis e cjançons gjavadis fûr di chel che al ven clamât “patrimoni regionâl”, a vegnir tratadis lis cjantis popolârs furlanis: *La ligrie e ven dai zovins*, par esempli, e devente *L’allegria la vien dai*

zoveni. Il fat che chest tratament al sedi stât fat in chescj câs e no, par esempli, par *Vitti na crozza* o *O mia bela Gigugin*, al pues fâ pensâ pardabon che il furlan al sedi alc par so cont e che cussì al vegni calcolât e ricognossût (Stolfo 2010: 58).

E je ancje une percezion de specificitat de lenghe furlane “dal interni”, de bande di cui che le dopre e le calcole tant che la sô lenghe. Diviers esemplis a saltin fûr de produzion leterarie, là che no mancjin affermazions esplicitis di cheste cussience, a tacâ di Ermes di Colorêt, Eusebi Stele, Jaroni Sin, Colò Marlupin e Jaroni Blancion fintremai a tancj di lôr tra i autôrs contemporanis (Begotti, Cescje 1980: 62-77; Kersevan 2001; Vicario 2013).

Cundut dai prejudizis in cont de lenghe che a son stâts insedâts tal cjâf dai furlans soredui tai ultins centecincuante agns di minorizazion, ancje in dì di vuê cui che al fevele une varietât furlane, de Cjargne, dai cuei, de plane, de Basse, dal Gurizan, dal Friûl occidentâl, al sa, in maniere sei istintive sei plui o mancul cussiente e resonade, che al dopre une varietât di une lenghe cuntune sô unitât e une sô individualitat, e di chest si inacuarç daûr dal fat che, pûr fevelant ognidun il so furlan, si rive a capisi ducj.

Di dut chest si rint cont ad in plen ancje cui che al ven di fûr, in maniere compagne dai viazadôrs dai secui passâts, e cheste percezion de specificitat e de unitarietât de lenghe furlane e ven confermade di tancj caratars, de fonologije e de morfologije ae sintassi e al lessic (Heinemann 2007; Vicario 2005).

E cussì, che si tegni cont di aspiets fonetics, morfologjics, gramaticâi o de storie de lenghe o ben che si consideri la percezion che a àn (e che a àn vût) dal furlan chei che lu doprin (o lu dopravin) e chei che no fasin (o no fasevin) part de comunitât dai siei locutôrs, ce che al ven fûr e je une idee di unitarietât des varietâts furlanis e un sens di lontanance e adiriture di alteritât, in particolâr a pet dal talian e di chei che a son considerâts i dialets talians.

**2. Ideis di furlan e di Friûl.** Dilunc vie dal Nûfcenc si son fatis indenant ideis e visions di furlan e di Friûl une vore diviersis une di chê altre. Cuntune buine aprossimazion si pues meti adun chestis posizions in trê orientaments di caratar gjenerâl, daûr dal ategjament che in ducj i câs al ven tignût a pet de individualitat proprie dal furlan tant che lenghe e dal Friûl tant che teritori. Achì al ven fat indenant un struc de presentazion

di chescj orientaments e di chestis visions che si le cjate plui in detai intun contribût jessût tal 2010 su *Gnovis Pagjinis Furlanis* (Stolfo 2010).

*2.1. Negazioniscj e minimaliscj.* La prime tindince gjeneral e je chê che si podarès clamâle “negazioniste”, stant che e dinee in maniere prejudiziâl la esistence des specificitâts storichis, linguistichis, culturâls e teritoriâls dal Friûl. La fonde ideologiche di chestis posizions e je la adeson convinte e esplicite al nazionalism talian di marcje risorgimentâl. A pet de rigjiditât dal nazionalism classic e de sô vision par sô nature intolerante, che tal câs talian e cjatarà tal fassisim la sô expression plui fuarte e plui dure, sei sul plan teoric che dal pont di viste pratic, chês stessis posizions in diviers câs a mostrin une muse diferente, che no si palese nazionaliste in maniere esplicite, ma ben si declare “progressiste” o “di bon sens” (Cavallo, Cescje 1980: 79-80). Par dutis chestis posizions il Friûl e il furlan no esistin o se esistin no àn nissune impuantance, no coventin e no je nissune unitât o unitarietât, ni linguistiche, ni teritoriâl (Stolfo 2010: 59).

Il secont orientament di caratar gjeneral al è chel dai “minimaliscj”, stant che al cjape dentri chês posizions che no dinein la individualitat linguistiche dal furlan ni la specificitat e la unitarietât territoriâl dal Friûl, ma lis vivin dispès in maniere problematiche e contraditorie e a tindin a “minimizâle”.

Al è chest il câs dal gjornalist, politic e inzignîr Pacifico Valussi, che tai siei scrits al evidenze la fisionomie storiche, gjeografiche e culturâl dal Friûl, ma al sint la dibisugne di rindi compatibil dut chest cu la “cause” de italianitat che e je proprie de borghesie e de *intelligentsija* furlane di in chê volte. Al è propit lui, tal 1865, l’inventôr de formule de *piccola patria*, une vore di mode par dut il secul seguitif e doprade ancjemò in dì di vuê in tancj contescj differents in maniere acritiche e cence cussience dal so significât originari, che in sù par jù cent e cincuante agns al è stât zaromai digjerît e interiorizât (DBF 2001: 659).

Cu la *piccola patria* si ricognossin lis specificitâts furlanis, ma si ur gjave vie cualsisedi conotazion alternative e indipendente rispet a chês de *patria* grande e, anzit, chestis specificitâts a deventin funzionâls par chel nazionalism talian che des nestris bandis al è prime ireditist, dopo espansionist e infin “di frontiere”, tra *Risorgimento*, Fassisim e Vuere

Frede, cu la division de Europe e dal mont in dôs parts, une cuintri di chê altre.

A conferme de funzion politiche e des resons gjeopolitichis di cheste vision si cjatin lis peraulis di Bindo Chiurlo proferidis li dal Cjistiel di Udin ai 18 di Zenâr dal 1917, intant de prime Vuere mondiâl, e publicadis cualchi an plui indenant, tal 1922 (Chiurlo 1922), o la innomenade dediche di Gabriele D'Annunzio fate tal 1928 "Ai coraggiosi compagni de La Panarie, custodi della Piccola Patria nella Grande" che si pee in maniere direte cul titul dal libri di Chino Ermacora, *Piccola Patria* (DAF 2009/2012; Ermacora 1928). Cun di plui si fâs indenant ancje une altre etichete di meti intor di chest Friûl *piccola patria*, che e corispuint a chê che e je considerade la sô "funzion storiche": chê di *Sentinella della Patria*, cemût che al ven marcât ancje dal titul dal film dedicât al Friûl fat di Chino Ermacora tal 1927 (Ellero 2004: 82).

La vision de *piccola patria* e cjape dentri ad in plen ancje la lenghe: la idee di furlan che e ven fûr e je chê – si podarès dî – di une *piccola lingua*, di doprâ dome tal cjant popolâr e te poesie, massime in chê che e esalte lis virtûts tradizionâls dal furlan "salt, onest, lavoradôr". Cussì, intant che in Catalogne l'Institut d'Estudis Catalans cun Pompeu Fabra al jere daûr a meti adun un imprest linguistic moderni e eficaç, bon par ogni setôr e par ogni occasiun, Ugo Pellis al invidave i furlans "a scrivere il friulano da italiani" e a fâlu "nella parlata del luogo natio senza riguardo alla tradizione di altre località" (Salvi 1975: 148).

Ator di chestis ideis di lenghe, culture e identitat si veve dade dongje la plui part dai inteleituâi furlans. Cheste e je la impostazion che e ven dade a chê che e ven calcolade la istituzion culturâl plui impuantante di chenti, ven a dî la Societât Filologijche Furlane, nassude no par câs ai 23 di Novembar tal 1919 a Gurize, cemût che al ven fûr di chês che Gianfranco Ellero al clame "grandi ed esagerate professioni di italianità" fatis "fin dal primo giorno" de bande dai siei sorestanti (Ellero 2005: 337).

Ponts di viste compagns si registrin ancje in temps plui resints e in plui contescj, tai studis storics e linguistics, te divulgazion dai lôr risultâts, tal dibatiment sui mieçs di comunicazion e in cjamp politic e soredut inte impostazion di chel dibatiment, no dome fintremai ae fin de Vuere Frede, ma ancje dopo. In chescj câs il nazionalism di riferiment nol è ni chel iredentist, ni chel espansionist, ni chel "di frontiere", ma salacor un

“neonazionalism” talian che al è sintesi di chei, tai siei contignûts di fonde, e al è une sorte di reazion culturâl e politiche viers de gnove fase de crisi dal Stât nazionâl, tra vecjis e gnovis pôris de diversitât e cun vecjis e gnovis bariduris di fâ sù.

Propit chest al è l'element comun di ciertis posizions che si pues insuazâlis sei dentri dal orientament “minimalist” sei, almancul in part, dentri di chel “negazionist”. Chescj ategjaments viers de lenghe a mostrin dispès une muse “biele”, “amichevule” e “dolce”, stant che no si declarin cuintrî de lenghe, ma anzit a motivin che i vuelin ben, tant che “lenghe dal cûr”, “lenghe dai afiets”, “lenghe arcaiche”, “lenghe de memorie”. Però, propit su chestis fondis, i dinein la pussibilitât che e sedi une lenghe “normâl”, che si pues doprâle in dutis lis formis e par frontâ ducj i argoments, che si pues insegnâle e doprâle tes scuelis, che si pues doprâle tai media e te societât e che si pues scrivile daûr di cualchi regule di grafie e di gramatiche.

Ducj chescj ategjaments in cont de lenghe si pues calcolâju tant che aspiets di une tindince gjenerâl, che in manieris dome in aparence diviersis e viôt il furlan tant che alc che al è subordenât rispet al talian e che e da acet, se no che lis promôf, a chêis dinamichis che a puartin ae diglossie e a dilalie (Dell'Aquila, Iannaccaro 2004: 181) e che, doprant il lengaç des sciencis sociâls, si pues definîlis “opression linguistique” e “jerarchie des lenghis” (Canciani, De La Pierre 1993: 9).

2.2. *I orientaments “positifs”*. La individualitat linguististiche dal furlan e la unitarietât teritoriâl dal Friûl a son la fonde ancie par chel che si pues ricognosilu tant che il tierç orientament. Si pues clamâlu “positif” no par dâi un judizi di merit, ma par vie che al ten dongje ategjaments là che lis specificitâts linguistichis e chêis teritoriâls no son dineadis ni minimizadis, ma ur ven dât ad in plen acet e ricognosiment. In cheste suaze si cjatin diviersis posizions, ancie une vore differentis, che però no pierdin di viste il fat che e esist une lenghe, che al esist un teritori e, massime in cualchi câs, che e esist une storie che e je stade platade e che si à di recuperâle, cemût che al salte fûr di scrits e iniziativis di tancj di lôr, a tacâ di Josef Marchet (Marchet 1994).

In cont de lenghe furlane e de cussience de sô individualitat o vin za ricuardât alc par ce che al tocje la produzion leterarie. Si pues zontâ

ancjemò alc in cont dai ûs publics: de prose tecniche e dai manifescj tal Friûl Gurizan tra il secul XIX e il secul XX al gjornalism di informazion e opinion dut par furlan dal *Floreat dal Palazz*. Cun di plui, a meretin menzonadis diviersis iniziativis inviadis tai agns ator e dopo dal prin conflit mondiâl, a tacâ dai studis e dai scrîts di Achille Tellini, che al mostre une cussience precise su la lenghe dongje di doprâle, su *Patrje Ladine*, par scrivi dal Friûl e dal mont (Mauro 2005; Salvi 1975: 149; Toffoli 2007a).

Propit Tellini al palese une vision culturâl e politiche di Friûl e di furlan che e je diferente e alternative rispiet a chêis fatis indenant des posizions negazionistis e minimalistis: il Friûl, impen di jessi *Sentinella della Patria*, al ven calcolât tant che une potenziâl oasi di pâs, framieç dai diviers nazionalisims imperialiscj, e la atenzion pe lenghe furlane e je la atenzion par dutis lis lenghis, massime chêis minorizadis (Toffoli 2007b).

Sù par jù ta chei stes agns, e in particolâr tal 1920, al è cui che al fevele, che al pense e che al scrîf – Bindo Chiurlo cun fastidi; il sfuei socialist *Il lavoratore friulano* almancul in part ancje cuntune cierte cunvinzion – in cont di une “repubblica friulana” (Toffoli 2005). Ancjemò di prime si fasin indenant chêis che Chiurlo al clame, in maniere critiche, “idee autonomistiche”: in chest sens il discors (für temp massim?) di Giuseppe Bugatto li dal Parlament di Viene ae fin di Otubar dal 1918 al è par sigûr un pont di riferiment, compagn che lis iniziativis cjapadis sù di lui e di bons. Luigi Faidutti prime e intant de vuere e dal scrit di Tellini publicat sul *Tesaur de Lenghe Furlane* tal Novembar dal 1919, là si pues cjatâ une sorte di vêr e propri program politic nazionalitari furlan (Tellini 1991).

Par sigûr di in chê volte fintremai al dì di vuê, la plui part des iniziativis di caratar politic che a tocjin l'autoguvier dal Friûl, pûr inte diversitât dai orientaments culturâi e ideologjics (plui o mancul progressiscj, plui o mancul conservadôrs, di ispirazion religiose o laiche), si fondin suntun ategjament positif viers de individualitat linguistiche dal furlan e di chê teritorial dal Friûl. In chest sens, tra produzion culturâl, comunicazion, organizazion e mobilitazion sociâl, si pues vualmâ une convergjence di sensibilitâts diviersis propit in relazion cu la lenghe furlane e cu la dimension gjeografiche unitarie dal Friûl. In particolâr, par ce che al tocje il furlan, cheste vision lu calcole tant che valôr identitari e tant che element distintif (lenghe “nestre”), tant che imprest di doprâ inte comunicazion,

inte societât e duncje di imparâ e di doprâ ancje tes scuelis (lenghe “lenghe”) e tant che dirit dai furlans, di ricognossi e garantî cun istituzions, risorsis e intervents di pueste (lenghe “dirit”) (Begotti, Cescje 1980: 117-118; Cavallo, Cescje 1980; Roseano 1997 Strassoldo 1996; Stolfo 2010, 2011a, 2011b).

**3. Furlan in musiche tra une tradizion e chê altre.** La produzion musicâl si pues calcolâle no dome tant che fat culturâl e salacor artistic, ma ancje tant che fat sociâl. In chest sens la musiche e devente un spieli di ce che si môf inte societât e de atividât di soliscj e grups che a doprin la lenghe furlane a saltin fûr, ancje in maniere implicite, elements peâts cui diviers ateggiaments mantignûts viers de lenghe furlane e dal Friûl.

Cui che al sune e che al cjante par furlan, almancul a tacâ dai agns Sessante dal secul XX al dì di vuê, lu fâs cun motivazions e cun ateggiaments diferents. In gjeneral si pues osservâ che al è cui che al fâs riferiment ae cussì clamade tradizion (e al considere la lenghe, in particolâr chê doprade tai tescj des cjançons popolârs e de tradizion orâl, une parte di chê) par riproponile o par studiâle, cui che al partis de tradizion par miscliçâle cun altris sunôrs e cui che al partis de lenghe par doprâle cun tancj e diviers lengaçs espressâfs.

Si fasin indenant dôs ideis diviersis di tradizion. Di une bande e je chê che si pues clamâle tradizion “cognossude e propagandade”. Al è un patrimoni “tradizional”, che al è selezionât e che al piert lis sôs funzions comunitariis, calendariâls e rituâls: al ven tratât cuntune ande tradizionaliste e cjamât di elements di inovazion e artificiâi, che però a vegnin calcolâts originâi e tradizionâi: il cjant corâl daûr dal model dal “côr alpin”, praticât di grups che a àn sù par jù ducj chel stes repertori cun chê stesse armonizazion; il bal che al ven fat dome di grups di balarins “specializâts” in costum folcloristic, “in divise”; la cussì clamade *villotta d'autore* (Rossi 1979).

Di chê altre bande si cjate une altre tradizion, che e je “dismenteade” e tignude in bande e che dome cualchidun, musicist o studiôs (un non par ducj: Gilberto Pressacco), al torne a discuvierzi, a studiâ e a meti a disposizion di ducj (Paluzzano, Pressacco 1998 e Pressacco 2002a, 2003, 2005, 2007). Cheste e ten dongje lis formis dal cjant spontani e i siei tescj, il bal che si compagnave cul cjant, lis pussibilis divignincis mediteraniis e la

funzion terapeutiche e estatiche dal bal e dal cjant ae furlane, i leams tra musiche e rîts plui o mancul antîcs, eresiis e sincretisims (Stolfo 2011b: 33-37).

Une distinzion di cheste fate e mostre che za in partence e esist une divaricazion tra visions differentis. La tradizion “cognossude e propagandade” e je coerente e salacor funzional cun chês visions di furlan e di Friûl che o vin za definidis “minimalistis”, daûr di une tindince che intal cjamp de musiche populâr si fâs indenant ancjemò a tacâ de fin dal Votcent, cui tescj des cjantis che a vegnin dumiestiâts sei par ce che al tocje la lenghe che pai contignûts, fintremai cu la censure di chês che a son satirichis o che a tratin argoments sociâi e che no rivin a stâ dentri tal cliché ideologic dal furlan “salt, onest, lavoradôr” e de *piccola patria*.

Al contrari la tradizion, che par vie dal so jessi stade metude in bande si pues clamâle “platade”, e devente, sei par chest che ancjemò di plui pes sôs carateristichis sostanziâls, un pont di riferiment par chês iniziativis artistichis e culturâls che in maniere plui o mancul direte a son in sintonie cuntun ategjament positif e alternatif.

Di cheste situazion di partence al diven chel che, in maniere implicite o esplicite, al è l’ategjament viers de lenghe furlane e viers dal Friûl che al ven pandût di tancj côrs e grups folcloristics. Al è tendenzialmentri “minimalist”, stant che la lenghe furlane – se e je – e risulte dome che un ogjet o un sunôr e il Friûl fat indenant al è un pôc “cartuline” un pôc Arcadie, un pôc tiere di vueris e di confins, “sentinella della Patria” par dutis lis stagjons. Cheste ande e je compagne ancje cumò: si lu viôt a clâr tes formis di publicizazion di events e concors corâi e folcloristics.

No si slontane di cheste vision di fonde nancje la componente plui dinamiche di chest panorame: chê dai sunadôrs di violin, liron e armoniche, che a misclicin la tradizion des bandelis e altris formis di intratigniment. Al è però interessant viodi cemût che, in maniere implicite, propit par vie dal repertori che al ten dongje baladis e altris tocs par furlan tradizionâi o origjinâi, staïaris, valçs di divierse divignince, polchis, tangos, tocs slovens e carinzians e altris musichis di sagre che a van daûr dal model sloven-carinzian *oberkrainer*, chescj grups e soliscj – chei plui innomenâts a son il Trio Pakaj e i Bintars e plui indenant, sorendut tra i agns Setante e Otante ma ancje in temps plui resints, Popovič, Folketitrai e Doganîrs – a rapresentin in cualchi maniere ancje bocons di Friûl “plurâl” (Bintars 1978; Doganîrs 1999; Folketitrai 1980; Popovič 1979).

**4. “Ideologia friulana” in forme di cjançon?** Tai agns Sessante al cjape consistence ancje un altri mont di musiche par furlan che un pôc si lee cun ce che al esist bielzà – côrs, balarins e formazions di folk – e un pôc al nas e si disvilepe intune altre direzion, lant daûr dai modei de cjançon melodiche taliane, de cjançon-cabaret e de cjançon di autôr. Un fat impuantant in chest sens al è l’inviament dal Festival della canzone friulana, rassegne che e nas tal 1959 a Pradaman, si sposte par un an a Maian, e torné a Pradaman cun cjadince anuâl fin tal 1972 e di in chê volte e va indenant cence une vere regolaritât, ni di temps ni di “location”, par tornâ fûr tal 2010 e tal 2012 (Cossar 2010).

Il Festival al partìs par iniziative di Scuele libare furlane, agregazion di leterâts e insegnants, che si veve dade dongje a tacâ dal 1952 propit par dâ ae lenghe furlane plui spazis inte scuele e inte societât (Ulliana 1982). L’event al ven inmaneât cun chê di promovi il furlan e la creativitat inte lenghe tal cjamph de cjançon. Si podarès calcolâlu une sorte di “Sanremo” furlan, intune ete là che il Festival de cjançon taliane al è pardabon un dai events plui impuantants a nivel statâl. La manifestazion e ten dongje vôs furlanis e protagoniscj de cjançon taliane di chei agns, tant che Memo Remigi, Pino Donaggio o Wilma De Angelis, che in chê ocasion, ospits speciâi, a cjantin ancje par furlan (Zampa 2010).

Massime tes primis edizions, il Festival al è alc e ce, par vie dai siei tancj ospits che a rivin ancje dal teatri e de television taliane. Par dutis chestis sôs carateristichis, però, la iniziative e palese une muse provinciâl e soreduòt si mostre une vore debule pe promozion de lenghe, cemût che al salte fûr a clâr ancje dal so titul che al è simpri e dome par talian. Chescj aspiets a son ancjemò plui evidents tes edizions dal 2010 e dal 2012, stant che il contest al è cambiât: chel gjeneral e chel de musiche, dal spetacul, de lenghe furlane e de produzion culturâl e musical par furlan.

Chel Festival al met in circul musiciscj e cjantants, che in chei agns a deventin protagonisti di sagris e di altris events di paîs ator pal Friûl, rivant a ciatâ spazi, cualchi an plui indenant, ancje tes primis televisions privadis. Cun di plui, compagn che a Sanremo, e salte fûr ancje cualchi propueste mancul convenzionâl.

Côrs, balarins, sunadôrs folk e cjantants melodics in chei agns a àn un ciert succès. Si cjatin a dâ une rispuoste, une vore parziâl, a chê dibisugne gnove di furlan e di musiche par furlan che in chê volte si palese in

maniere avonde fuarte e sparniçade, un pôc dome par esprimi une identitat che si à pôre di pierdi, stant che si calcole che e sedi menaçade de modernizazion rivade ancje achì, un pôc cun chê di afermâ une cussience in tiermins positifs propit par vivi “di furlans” cheste modernizazion. Chê stesse dibisugne e cres dopo dal taramot dal 1976 e la ufierte de musiche par furlan e compagne almancul in part la difusion di une cussience identitarie gnove, che e salte fûr in chei agns (Rossi 2009).

Daûr di une iniziative tant che il Festival e almancul in part ancje de rispueste dal public e sarès ancje une vision “positive” di lenghe furlane e di Friûl, ma il risultât al è un altri: “minimalist”.

In chest contest a saltin fûr diviers personaçs e in particolâr a son doi di lôr che a varan un succès particolâr e a segnaran il panorame de musiche par furlan e sorendut la sô imagjin par un grum di agns. Il prin al è Beppino Lodolo, che si pues calcolâlu une sorte di Claudio Villa nostran, il *reuccio* de cjançon melodiche furlane che e va daûr dal model talian. Il secont al è Dario Zampa, che il so non, a tacâ dai agns Setante, al devente sinonim, par tant timp e par tancj di lôr, di cjançon par furlan e par cualchidun fintremai di lenghe furlane *tout court*.

Chê di Dario Zampa je une figure impuantantone, che e ten dongje caratars di inovazion e di conservazion. I prins si palesin te capacitat di scrivi e di cjantâ in maniere semplice e direte e intune lenghe sclete e te sô imagjin, che e je sù par jù compagne di chê di tancj cjantants talians di chei agns e in chest sens e je “moderne” e lontane dal imaginari folcloristic “tradizionâl”.

Dongje di chescj elements a'nd è ancje altris, là che la inovazion e va al mancul, e a tocjin la forme e i contignûts des sôs cjançons. I siei tocs a van daûr dal model de cjançon melodiche taliane “sanremese”, ancje se tai prins trê albums a son plui concrets e arûts, cuasit “cjantautorâi”. I tescj a àn une buine capacitat descriptive e evocative, si fasin preseâ e cjantâ a memorie, ma a ufrissin un imaginari che al va daûr di chê vision di Friûl e di furlan che le vin clamade “minimaliste”.

Cun di fat, il Friûl des cjançons di Dario Zampa al cjale simpri indaûr, si rapuarte, magari cun difidence, dome cu la dimension taliane, in tiermins sei culturâi che politics, e al starès miôr par so cont, ma “cidin, cuiet”, magari platât sot de cotule di “Mariane” (che impen lu mostre cence pudôr, stant che e je “Masse furlane”, cemût che al salte fûr di une

sô cjançon) (Zampa 1979). I furlans dai siei tescj ogni tant a alcin ancje il cjâf, si lamentin, si inrabiin, cul podê in tiere e cun Diu in cil, ma ae fin a cedin, a molin, a acetin, a domandin di vê fuarce par resisti, par “crodi ancjemò e no cambiâ nuie”.

Par Stiefin Montel, une des vôs dai Mitili FLK, che a saran i prins protagoniscj de “gnove musiche furlane” tai agns Novante, la espression di cheste *Weltanschauung* e ven fûr ad in plen dal test di *Parcè Signôr*. In *Viaç a scjavaçâ la gnot*, il radiodrame dal 2010 dedicât ae storie de cjançon par furlan prontât di Montel e di Cristina Mauro, sô compagne tai Mitili, chel toc al ven definît un model di cjançon “vertical” cul om furlan piçul, sotan, abàs, in zenoglons, e il podê, in chest câs fintremai il Signôr, lassù indalt che al comande e che al dispon.

In cualchi câs, però, Dario Zampa al scrîf e al cjante ancje cjançons che mostrin un ategjament plui critic e problematic: un esempi su ducj al è chel dal toc *Delusion di un emigrant*, che si slontane in maniere interessante di une cierte retoriche “minimaliste” almancul in cont dal teme de emigrazion (Zampa 1978).

La vision nostalgie e duncje minorizade di furlan e di Friûl e je dut câs il caratar comun di tancj di lôr, massime chei che, tra une melodie, une armoniche, une parodie, un côr e un grup folcloristic, a rivin a vê ancje un ciert succès, cun cassetis, discs e spetacui ator – di Sdrindule a Titiliti, di Enzo Driussi a Toni Merlot – che in cualchi câs a doprin ancje mascaris tipologijichis comichis par rapresentâ contadins un pôc ironics, un pôc dordei e magari ancje cjochelis (Rossi 2009).

Al ven di domandâsi se dut chest panorame nol sedi une rappresentazion, in forme di cjançon, di chê che Tito Maniacco al clamarà “ideologia friulana”.

**5. Tradizion “platade” e cjançon orizontâl.** Tai agns Setante la lenghe furlane e scomence a vignî doprade in musiche ancje par contâ il Friûl e il mont intune maniere gnove, curiose, vierte e no convenzionâl, sei cjalant in direzion dal passât, sei soredut cui voi – cu lis orelis, cul cûr e cul cerviel – pontâts su la contemporaneitât e sul avignî, su ce che al sucêt in Friûl e pal mont. Cheste strade e ven batude in trê manieris diversis che, *a posteriori*, daûr di cemût che e salte fûr chê realtât articolade che e ven clamade “gnove musiche furlane”, si pues considerâlis in cualchi maniere complementârs.

La prime e je chê dai cjançonîrs: il Canzoniere Friulano e soredu il Canzoniere popolare di Aiello o “Canzonîr di Dael”. A scomencin la lôr ativitat sul prin cricâ dai agns Setante e a van daûr di un model che za tal deceni prime al esist e al à un ciert sucès ator pal Stât talian. Al è chel dai grups che si movin tra cjançon di autôr cun contignûts politics, versions cjantadis di poesiis di tai sociâl o esistenziâl e ripropozition di cjançons popolârs che a tocjin i temis des lotis operaris e contadinis, e lu fasin doprant i dialets e lis lenghis “altris”.

Al merete ricuardât che une forme di cjançon militante, in chei stes agns, e ven praticade in maniere autonome, doprant lis lenghis minorizadis, ancje in altris zonis de Europe, dal País Basc e dai País Catalans ae Ocitanie e ae Bretagne. Dut câs, almancul in partence, e si lu capìs ancje dai nons dai grups furlans, il riferiment pai cjançonîrs di chenti al è dome chel dai *canzonieri* taliens e la sô conotazion politiche e je di orientament progressist ma no je ancje nazionalitarie.

Il “Canzonîr di Dael” al recupere sonoritâts e melodiis de tradizion, al sgarfe tra i tescj de tradizion “platade”, comprendûts i viers par furlan dal “pridicjadôr socialist” Zuan Minut, al recupere il Pasolini furlan, al stramude in cjançons lis poesiis di Galliano Zof e Leo Zanier – che al ven metût in musiche ancje dal Canzoniere Friulano – e al tire fûr ancje tescj originâi che a fevelin di passions, di emigrazion, di dirits, di memorie e di antimilitarism. Tra lis ricuelts *In onôr e in favôr* (1978), *Duc' o quasit* (1979) e *Dut di bant* (1985) e la uniche publicazion omonime dal *Canzoniere Friulano* (1978), a vegnин fûr la vision di un Friûl che al vûl resisti ma par cambiâ in miôr e no par acetâ cidin, e une maniere di doprà il furlan in musiche che e je di plante fûr diferente di chê cognossude fin in chê volte: urgjence comunicative, poesie sociâl, contemporaneitât, disincjant, vôs, ghitaris, sunetis, flauts, mandulins e tintinis, dibisugne di meti in discussion l'armamentari ideologic doprât cun efiet di moltiplicadôr dai media e de *intelligentsija* di chenti in maniere conformiste e convenzionâl.

Al è sù par jù compagn l'ategjament in cont di musiche, lenghe e Friûl che al ven mantignût di Giorgio Ferigo e dal Povolâr Ensemble, che pes sôs carateristichis si à di considerâlu par so cont rispiet ai cjançonîrs, cun dut di tancj elements in comun.

Par chest grup si pues fevelâ di une seconde maniere, tra i agns Setante

e i agns Otante, di semenâ rînovament inte musiche furlane e par furlan. La forme e il contignût a cjapin dentri in maniere origjinâl tescj par furlan e riferiments musicâi diviers, tra rock, folk, jazz e cjantautorât francês, american e talian, cemût che si pues scoltâ in *Il temp das radis* e *Cjamp dai pierdûts amôrs*. Dongje di chê “verticâl”, par creâ une altre categorie interpretative che e va daûr di chê suggeride di Stieffin Montel, e rive ancje la cjançon orizontâl: contemporanie, contaminade e in stât di doprâ la lenghe par ducj i argoments e in prospetive cun cualsisedi lengaç musical.

Chel che al ven clamât, in gjenerâl, *folk revival* al rapresente la tierce forme di rînovament de musiche par furlan. Cheste strade e ven vierte de bande de Sedon Salvadie, un dai grups furlans plui cognossûts e preseâts ancjemò in dì di vuê. In chest câs, a difference che pai cjançonîrs e pal Povolâr Ensemble, i tescj (e cun chei la lenghe) a son mancul impuantants: a son plui sunôrs che significants e significâts. Ta chei altris câs, invezit, lis peraulis, origjinâls o di altri autôr o di divignince popolâr, a àn une impuantance par so cont e e je la musiche a lâur daûr, cussì l'ûs de lenghe furlane al è un fat che al diven di une sielte, istintive o resonade, che e je expressive no dome su la fonde dai siei sunôrs, ma soredut in tiermins comunicatîfs, funzionâi (il lessic) e simbolics (la lenghe proprie, la lenghe dal popul, la lenghe de int, la lenghe che si pues doprâle par cjantâ di dut e cun dut) (Ferigo 1999; Stolfo 2012a).

**6. Viers la gnove musiche furlane.** La semence di chê che di passe vincj agns e ven clamade gnove musiche furlane, tes sôs milante formis e espressions, si cjate propit in chê esperiencis gnovis saltadis fûr tai agns Setante. Par butâ, cemût che e fasarà a tacâ dal ultin deceni del secul passât, i coventaran temp, aghe, concim e lavôr dal teren. Dut chest al ven metût dongje vie pai agns Otante.

Chest al è un temp di transizion, segnât in Friûl di ce che al ven dopo dal taramot dal 1976, che al marche, in tiermins sociâi, culturâi, politics e economics, un passaç epocâl par dut il teritori, des monts al mår. Al è ancje il temp di chel che al ven clamât disglâçament des relazions tra i Stâts Unîts di Americhe e la Union Sovietiche, che in chei agns al è segnât di aceleradis e frenadis continuis che a àn rivocs particolârs in cheste tiere di confin, plene di casermis e di altris servitûts militârs.

E par ce che al tocje la musiche, in gjenerâl, al è il moment des milante

derivazions de scjassade dal punk e des gnovis formis di espression che a saltin fûr inte black music, cul hip hop e cul rap, intant che il reggae gjamaican al mostre za di cualchi an che al è spazi ancje par altris tradizions e lengaçs.

Al salte fûr alc di gnûf e di inovatîf ancje intal panorame de musiche par furlan. Al rive *La Gnoe Lune*, il concept-album di Raul Lovisoni, che al messede epiche fantastiche, melodie e sperimentazions. E soredut al esist, a tacâ dal 1980, un gnûf mieç di comunicazion là che il furlan e je lenghe di dut e di ducj e là che la musiche e à un spazi impuantant: Radio Onde Furlane.

Propit di chê che si presente tant che la “radio libare dai furlans” al salte fûr il Premi Friûl, concors metût adun tal 1984 cun chê di promovi la lenghe furlane e la creativitat in lenghe furlane in diviers cjamps, de grafiche ai radiodramis, de fotografie ae musiche, che in cheste suaze e devente il setôr che al ven batût cun plui costance e cun plui sodisfazion, ancje daûr dal numar, de varietât e de qualitat des propuestis.

I intindiments, massime pe sezion “Cjançons”, a somein sù par jù compagns di chei di Scuele libare furlane tal innaneâ il Festival della canzone friulana tal 1959, dut câs a son un grum di diferencis, a tacâ dal titul che al è dome par furlan, che a divegnin sei dal contest gjenerâl sei di une vision plui moderne de lenghe e dal ûs de lenghe, che si fonde ancje su la esperience de Radio di chei agns. Stant che la competizion e je pes cjançons, al Premi a cjapin part côrs, grups folk, cjantants melodics, cjautautôrs e grups plui o mancul rock, ma cul passâ dal temp a son propit chestis ultimis dôs “categoriis” chês che a monopolizin il concors.

Lis gnovis stradis pe musiche furlane si palesin propit tal Premi, dal jazz di autôr di Aiar di Tuessin, al grup punk rock dai Aneurisma, de cjançon rap *Cjargne Hip Hop* ae partecipazion di une band de Basse che in chel moment si clame Mitili Folk e di un cjautautôr cjargnel: Lino Straulino.

Tal 1989 si sdrume il mûr di Berlin e al cambie il mont. In cheste suaze al cambie ancje il Friûl, là che a tachin a sdrumâsi bariduris fisichis e ideologijichis, che achì a àn vût une presince massive e invadente. Propit in chest contest di mudament, al ven fûr chel che Max Mauro al clame “l'unic vêr moviment cuintriculturâl origjinâl nassût dentri te culture furlane daspò dai agns de contestazion”, ven a dî chel che si da dongje e

che al cres ator di *Usmis* (Mauro 2003: 51-52). La “riviste par gnovis culturis furlanis e planetariis” e je un barcon viert sul mont des diversitâts e des identitâts in moviment e duncje sul Friûl. *Usmis* e devente une bachete di rabdomant coletive che e jude a (tornâ a) ciatâ risultivis di creativitât, a cjapâ cussience di se e a inacuarzisi che ce che al è daûr a nassi e a cressi chenti al è sù par jù compagn di ce che al sucêt, par esempli, tal cjampe de musiche e de produzion culturâl, tal País Basc, in Ocitanie, in Sardegne, ma ancje in Slovenia e in dut il rest di chê che si clame ancjemò Jugoslavie, là che al esist un panorame musical une vore vivarôs, tra punk, new wave e sperimentazions variis.

*Usmis* e tire dongje talents, passions e ideis, si svicine a Onde Furlane e ae Radio i da, e i darà, energjiis fisichis e inteleetuâls gnovis. Cun di plui a son za un pâr di agns che a Udin al esist un Centri sociâl autogestît, che al è ancje un puest dulà che si fasin concerts e incuintris e a rivin artiscj di ogni dontri. In chest sens al è une farie di produzioni locâls e une des croseris di chê rêt di entitâts, relazions e sogjets diferents che si fâs sù ator de Radio e di *Usmis* e che e à une atenzion particolâr pe musiche e pe creativitât in lenghe furlane.

E je, in gjenerâl, une bulidure di ideis, di projets. A saltin fûr grups gnûfs – Furclap e ’Zuf de Žur – che a disvilupin percors origjinâi tra tradizion e inovazion. A son occasions di confront diret tra artiscj che a doprin il furlan, public e musiciscj di fûr, dal rock al folk revival, dentri di rassegns tant che Festintenda e Folkest, intant che Cormôr Salvadi al devente un gnûf spazi pe produzion culturâl furlane di avanguardie. Lis edizioni dai prins agns Novante de sezion “Cjançons” dal Premi Friûl si confermin un bon rilevadôr di dute cheste vivarositàt: dai Mitili che a deventaran FLK ai Arbe Garbe e ai Bakan, di Pit Ryan and the Mad Men Blues ai Società di Macinazione e ai Fluidodinamika, des soluzions techno eletronichis di X4U aes primis rimis di DLH Posse, di Lino Straulino a Luigi Maieron e al trio Stefano Andreutti, Guido Carrara e Giulio Venier.

Cun di plui, fûr dal concors, in bande de radio e avonde dongje di *Usmis* al salte fûr il cuartet hardcore punk dai Inzirli: la jessude dal lôr prin demotape dal 1993 e ven definide di Marc Tibaldi su *La Patrie dal Friûl* l'event plui impuantant di simpri te culture furlane, ancjemò plui de Biblie par furlan... (Mauro 2001: 23).

**7. Musiche furlane fuarte e gnove.** In chest contest si palese la necessitât di stramudâ la formule origjinarie dal concors inmaneât di Radio Onde Furlane. Il Premi si specialize te musiche, nol promôf plui lis cjançons singulis ma al favoris e al sburte i progetti plui struturâts, stant che al previôt une finâl dal vîf e al met in pali la realizazion di un cd. Al è cussì che e nas la etichete Musiche Furlane Fuarte: il so intindiment programatic al è chel di sapontâ ducj i progetti “che a sburtin, che a sperimentin, che a disfin e a tornin a fâ la musiche e la lenghe furlane”.

Ator de metât dai agns Novante e esist une schirie di grups e di soliscj che a fasin musiche contemporanie di diviers gjenars e a doprin la lenghe furlane cun snait, cun capacitât, cun naturalece o cun chê di fâ sperimentazion. Il denominatôr comun di dutis chestis esperiencis, une vore diviersis daûr di plui ponts di viste, al è propit l'ûs de lenghe, che al devente une sorte di marcje par dute chê che di in chê volte e ven clamade, magari cuntune cierte aprossimazion, “gnove musiche furlane”. Cheste definizion gjeneriche e cjape dentri pardabon un grum di esperiencis e espressions, simpri in moviment e in evoluzion e sorendut simpri plui in stât di metisi in relazion cul rest dal mont: cu lis realtâts musicals des nazionalitâts e des minorancis in Europe, ancie inte suaze di iniziativis tant che Suns e Liet International, cun musiciscj di ogni dontri e cul “Friûl fûr dal Friûl”, ven a dî i emigrants furlans e i lôr fîs e dissidents, che a scoltin Onde Furlane par internet, che a inmanein concerts di grups furlans o che a metin adun progetti musicai doprant ancie la lenghe furlane (Diari de Argentina y Uruguay 2007; Stolfo 2011b: 132-135).

In cont di cheste realtât, là che di passe doi decenis il furlan si misclice cui suns, i ritmis, lis lenghis, i lengaçs e i stîi plui diviers, tai ultins agns si à tacât a studiâ e a scrivi. Par une tratazion plui in detai si rimande propit a chescj lavôrs (Cantarutti 2005; Gregoris 2008; Gregoris 2013; Ioime 1999; Stolfo 2011a; Stolfo 2011b; Stolfo 2012b; Stolfo 2012c) e chi si limitìn a menzonâ dome cualchidun di lôr. I Mitili FLK (e par un pôc dome FLK) si pues calcolâju une sorte di bandiere di dute cheste situazion, dongje di Lino Straulino, cemût che o vin za ricuardât. In cont de cjançon di autôr a son tancj altris che a doprin il furlan in maniere creative, a tacâ di Loris Vescovo e Renzo Stefanutti e dal bluesom Fabian Riz, intant che al va indenant ancie il percors inviat di Luigi Maieron.

La vivarositât e je grandonone sorendut tra i grups, a tacâ dai Arbe

Garbe, che il lôr non al devente sinonim di “rock par furlan”, in graciis di une misture sauride di folk e punk cence compromès, che cumò e cjape sù ancje dal free jazz e dal rock indipendent sperimentâl, che e sa di Friûl, Irlande, Balcans e Americhis e che si cumbine cun furlan, sloven, spagnûl e talian. Une altre band fondamentâl e je chê dai Kosovni Odpadki, un pôc fîs e un pôc fradis di ’Zuf de Žur e Arbe Garbe, che a deventin il grup di ponte de comugne furlane e babeliche tai prins agns dal gnûf secul cu la lôr patchanka fûr dai schemis.

Il furlan al è doprât ancje pal rock plui ruspiôs o che al cjape ispirazion des tindincis che si fasin indenant ator pal mont, dai Pantan ai JoNoKognòs, dai Bakan ai Prorastar, fintremai al progetto intercontinental di Guido Carrara, la Bande Tzingare, ai cjargnei Mig 29 Over Disneyland o ai Luna e Un Quarto, a mieze strade tra Miti FLK e Arbe Garbe, tra cjançon di autôr e pop rock. E je ancjemò presinte une rieste di grups che, dilunc dal troi viert di Sedon Salvadie e Furclap, si movin tra il folk revival e un rock adult e tecnic (Carantan, Nosisà, Braul, Strepitz...) e ancje il jazz al torne a cjapâ sù il furlan cun Glauco Venier e U.T. Gandhi.

La cjançon furlane e je ancje femine, di Silvia Michelotti a Priska, e si esprim cui lengaçs dal hip hop, cui DLH Posse e i Carnicats, dal reggae e dal dub, cun DJ Tubet e R-esistence in Dub, e cul miscliç di sunôrs analogjics e digijitâi, tindincis gnovis e rock,creat dal progetto Madrac. Par no fevelâ des relazions tra musiche e letarature: des citazions di Pier Paolo Pasolini ai viers di Federico Tavan, di Pierluigi Cappello, di Ermes di Colorêt e Leo Zanier, fintremai al moviment dai Trastolons che al ten dentri poetis e musiciscj e là che al è dificil fâ une distinzion tra poesie e cjançon.

A van zontadis ancjemò dôs considerazions.

La prime e tocje la capacitât di tancj protagoniscj de musiche furlane gnove e fuarte di metisi in rêt cun artiscj e situazions di altris bandis dal mont, tra manifestazions internazionâls tant che Liet International e Suns, festival european nassût in Friûl tal 2009, e colaborazions cun musiciscj talians, amerecans e di altris puescj ancjemò. Cussì la lenghe furlane in musiche e ven puartade ator pal mont e ancje cjantants forescj le doprin tal lôr repertori: di Alice, che ancjemò tal 1989 e veve registrât la cjançon vincidore dal Premi Friûl dal an prime, *Anìn a grîs*, ae innomenade cjantante jazz Norma Winstone, partner vocal di Glauco Venier, passant pe cult-band britaniche In the Nursery, che tal so disc *Lingua* si cjate une

version di *Bielo Dumlo di Valôr*, metude adun cul cjançant e scritôr Checo Tam, pal grup sart dai Askra, cu la sô version bilengâl di *Tu tramontis*, par Fabian Riz che al cjançante la sô *Omp sul cunfin* cui Frontiera (ex Kina) di Aoste o par Antonella Ruggiero, vòs preseade dal pop talian, implicade tal progetto *Cjantâ Vilotis*, promovût dal Istitût culturâl ladin di Fasse (Stolfo 2011b: 125-128).

La seconde nus permet di ricuardâ che no dute la produzion musical par furlan dai ultins vincjecinc agns e jentre te “gnove musiche furlane”. Al è chest il câs de cjançon melodiche che e va daûr dal model talian e che e à vût un rilanç intai ultins agns, ancje in graciis di cualchi finanziament public. Di chest panorame specific, in gjenerâl, no salte fûr une vision di Friûl e di furlan gnove e positive. Pluitost si respire la stesse atmosfere “minimaliste” di un ciert passât. Chest al vâl tal câs de riproposizion dal Festival della canzone friulana e di projets tant che chel dai BeâtLes: cun dut de sô preseabile struture di comunicazion e di marketing, te sostance – *Yellow Submarine* che al devente *Il Tratôr Zâl* al è un esempi in chest sens – al è plui dongje di une cierte ande parodistiche che dal rock par furlan o de “gnove musiche furlane” (BeâtLes 2002; Angeli 2004).

**8. Dai furlans “salts onescj lavoradôrs” a chei “cjalts forescj e incjançadôrs”.** Cul passaç de cjançon verticâl ae cjançon orizontâl, tai agns Setante, la lenghe furlane in musiche e tache a esprimisi intune maniere “altre” e soredut “alternative” rispiet ai stîi e ai contignûts che par dut il secul XX, fintremai a chel moment, a somein jessi i unics che i partegnин.

Cui cjançonîrs e cul Povolâr Ensemble, furlan e Friûl si cjançatin tes cjançons intune forme divierse e alternative. Chest ategjament al ven definît in maniere programatiche propit di Giorgio Ferigo, cemût che si lei tai sfueis che a presentin i concierts dal Povolâr: “perché Zardini non ci va bene e Dario Zampa neanche” (Zogno 2012: 1, 23, 25). E je une cjolte di posizion là che e ven marcade la lontanance des visions di “negazioniscj” e “minimaliscj”, ancje se e pant un ategjament “positif” che nol ven esplicitât ad in plen. Che chest al sedi un percors in evoluzion lu conferme Alessandra Kersevan, in cont de attività dal “Canzonîr di Dael”, te sô testemoneance tirade dongje timp indaûr (Stolfo 2011a: 36, 168; Stolfo 2011b: 77).

Une elaborazion teoriche plui articolade e rive cu la attività di Onde

Furlane e sorendut cun *Usmis*. E ven fate indenant une vision di Friûl, di lenghe furlane e di identitât che e je positive e radicâl, e je dentri dal mont di vuê e in chel stes e à elements di continuitât cun cierts ategjaments “positifs” storics, de discuverte e de rileture di Tellini ae atenzion pontade su ce che si môf inaltrò in Europe, te culture e te politiche.

Dut chest si palese tal ategjament dai Mitili FLK, che za tal lôr non, cun cunvinzion e cun ironie, si definissin “Furlan Liberation Kongress”. Si pues definîlu “positif critic” e al è chel stes ategjament che si cjate in altris esperiencis: dai Arbe Garbe ai Kosovni Odpadki, di Lino Straulino a Guido Carrara.

L'element plui fuart al è chel de sielte di doprâ la lenghe par fâ musiche, tant che risultive creative e risorse espressive e ancje cun chê di mostrâ che e je une lenghe “normâl”. Cun di plui une cierte cussience positive e salte fûr ancje dai tescj, sorendut tal câs di Mitili FLK, Loris Vescovo, Pantan, Arbe Garbe, Bande Tzingare.

E je une cussience positive critiche e ancje problematiche, condizionade in part de mancjade scolarizazion par furlan e sorendut dal scugnî vê a ce fâ ancjemò cun cierts prejudizis e cui efets di agns e agns di chê *ideologia friulana* piturade di Maniacco.

Chest aspiet al tocje ancje la dimension politiche. La vision positive di Friûl e di furlan pandude di grups e soliscj e podarès jessi plui esplicite e cussiente in presince di interlocutôrs politics e culturâi in stât di esprimi in chei cjamps une vision compagne. Ma chescj no esistin o se a esistin no àn avonde credibilitât e atrat, probabilmentri cu la ecezion di Radio Onde Furlane e di ce che si môf ator di jê.

Par sigûr la produzion musicâl par furlan dai ultins vincjecinc agns e in particolâr la cussì clamade “gnove musiche furlane” e à fat indenant, un pôc cun convinzion e un pôc dome in maniere istintive, ategjaments che a van daûr di chê che le vin clamade vision positive di Friûl e di furlan e le àn ancje inzornade cuntun gnûf spirt, che ancjemò di plui al met in relazion il Friûl cul mont e duncje cun se stes.

Plui in gjenerâl la “gnove musiche furlane” si à zovade de lenghe e de sôs espressivitât e musicalitât e i à zovât ae lenghe, ae promozion dal so status, sorendut tra i zovins. Il furlan in musiche al è deventât la lenghe di furlans “cjalts, forescj, incjantadôrs”.

## Bibliografie

- Angeli F. (2004). Lenghe cjantade, lenghe sunade. *La Comugne Speciâl*, 13: 50-63.
- Begotti P.C., Cescje A. (1980). *La nazione Friuli*, vol. 2. Udin: Centro editoriale friulano.
- Canciani D., De La Pierre S. (1993). *Le ragioni di Babele*. Milan: Franco Angeli.
- Cantarutti P. (2005). La musica friulana moderna. In Fabbro F. (cur.) *La Patrie dal Friûl*. Rome: Lor. Enz, pp. 167-180.
- Cavallo Z., Cescje A. (1980). *La nazione Friuli*, vol. 1. Udin: Centro editoriale friulano.
- Chiurlo B. (1922). *La funzione storica del Friuli*. Udin: Carducci.
- Cossar N. (2010). Rinascce il Festival della canzone friulana: chiamati Maieron, Tubet, Giavitto e Straulino. *Messaggero Veneto*, 13 marzo 2010: 13.
- Cuale lenghe pe grove musiche furlane* (2005). Udin: Musicologi.
- D'Ancona A., Bacci O. (1906). *Manuale della letteratura italiana*. Florence: Barbera.
- Diari de Argentina y Uruguay* (2007). Udin: Forum.
- DAF. Dizionario autonomistic Furlan* (2009/2012). Udin: Istitût ladin furlan "Pre Checo Placerean". <http://www.istitutladinfurlan.it/daf>
- DBF. Dizionario Biografico Friulano* (2001). Udin: Ribis.
- Ellero G. (2004). *Lingua, poesia, autonomia. Il Friuli autonomo di Pier Paolo Pasolini*. Tavagnà: Istitût Ladin-Furlan "Pre Checo Placerean".
- Ellero G. (2005). Profilo della Società Filologica Friulana. In Fabbro F. (cur.) *La Patrie dal Friûl*. Rome: Lor. Enz, pp. 337-342.
- Ermacora C. (1928). *Piccola Patria*. Udin: La Panarie.
- Ferigo G. (1999). *In forma di peràulas... Cjançonetas 1971-1988*. Tumieç: Coordinamento circoli culturali della Carnia.
- Frau G. (1989). *Individualità linguistica del friulano*. Udin: Institut di Studis Furlans.
- Gregoris L. (cur.) (2008). *Suns. Antologie de gnove musiche furlane*. Vol. 1 > '98. Udin: Nota.
- Gregoris L. (2013). Note e materiali per una storia della canzone recente in lingua friulana = Notis e materiâi par une storie de cjançon resinte in lenghe furlane. In Rizzolati P. (cur.) *I filoni originali. Studi e ricerche sul Friuli promossi dal CIRF =I filons originâi. Studis e ricerçjis sul Friûl promovûts dal CIRF*. Udin: Forum, pp. 77-80.
- Heinemann S. (2007). *Studi di linguistica friulana*. Udin: Consorzio Universitario del Friuli.
- Iannàccaro G., Dell'Aquila V. (2004). *La pianificazione linguistica. Lingue, società e istituzioni*. Rome: Carocci.
- Ioime A. (1999). Musiche Novante. *La Comugne*, 5: 59-64.
- Kersevan A. (cur.) (2001). *Amalârs. Antologie de lettereure furlane*. Udin: KappaVu.
- Londero I. (2008). *Pa sopravivence, no pa l'anarchie. Forme di autogestione nel Friuli terremotato: l'esperienza della tendopoli di Godo (Gemona del Friuli)*. Udin: IFSML-Forum.
- Maniacco T. (1995). *L'ideologia friulana*. Udin: KappaVu.
- Maniacco T. (1996). *Breve storia del Friuli dalle origini ai giorni nostri*. Rome: Newton & Compton.
- Marchet J. (1994). *Cuntristorie dal Friûl*. Udin: Clape Culturâl Aquilee.
- Mauro M. (2001). *Inzirli. Una storia per caso*. Udin: Snaibuchs.
- Mauro M. (2003). *Un Friûl difarent. I 90 Mbz di Radio Onde Furlane*. Montréal: Il Menocchio.
- Mauro M. (2005). Giornalismo. In Fabbro F. (cur.) *La Patrie dal Friûl*. Rome: Lor. Enz, pp. 233-238.
- Menis G.C. (1996). *I friulani, un popolo d'Europa*. Udin: Ente Friuli nel Mondo.
- Menis G.C. (2009). *Storia del Friuli*. Udin: SFF.
- Paluzzano R., Pressacco G. (1998). *Viaggio nella notte della Chiesa Aquileiese*. Udin: Gaspari.
- Pascolini M. (2005). *Geografia e paesaggi del Friuli*. In Fabbro F. (cur.) *La Patrie dal Friûl*. Rome: Lor. Enz, pp. 9-15.

- Pressacco G. (2002). *Canti nelle notti friulane* (libro + cd). Pordenon: Biblioteca dell'Immagine.
- Pressacco G. (2002). *L'arc di San Marc. Opera omnia*. Vol. I, parte I. Pordenone: Biblioteca dell'Immagine.
- Pressacco G. (2004). *L'arc di San Marc. Opera omnia*. Vol. parte II. Trieste: Gogliardica.
- Pressacco G. (2006). *Sermone, cantu, choreis et marculis. Cenni di storia della danza in Friuli*. Udin: Forum.
- Piovene G. (1957). *Viaggio in Italia*. Milan: Rizzoli.
- Roseano P. (1997). *Identità friulana. Così è e così l'hanno prodotta i miti, i parroci, le élite locali*. Gurize: ISIG.
- Rossi B. (1979). *La musica in Friuli*. Udin: Ribis.
- Rossi B. (2009). "Il çant dal Friûl". *Dischi e registrazioni storiche in Friuli*. Udin: USCI/Pizzicato. (Cun cd).
- Salvi S. (1975). *Le lingue tagliate. Storia delle minoranze linguistiche in Italia*. Milan: Rizzoli.
- Stolfo M. (2010). Des visions diviersis di furlan e Friûl ae normative di tutele. *Gnovis Paginînis Furlanis*, XXVII: 57-67.
- Stolfo M. (2011a). *La mè lenghe e sune il rock (e no dome chel)*. Friûl, Europe. Udin: Informazione friulana. (Cun cd).
- Stolfo M. (2011b). *Occitania, Friuli, Europa. La mia lingua suona il rock*, Turin/Udin: Lidrîs e Butui. (Cun cd).
- Stolfo M. (2012a). Ensemble... Musica etica. In Zogno T. (cur.) *Giorgio Ferigo & Povolâr Ensemble*. Udin: Forum/Associazione Giorgio Ferigo, pp. 10-36.
- Stolfo M. (2012b) (cur.) *Suns 2. Babêl. Antologie de gnove musiche furlane*. Udin: Nota. (Cun cd).
- Stolfo M. (2012c) (cur.) *Suns 3. Sclesis. Antologie de gnove musiche furlane*. Udin: Nota. (Cun cd).
- Stolfo M. (2014). *La minoranza linguistica friulana e la sua (non?) tutela*. (in stampe)
- Strassoldo R. (1996). *Lingua, identità, autonomia. Ricerche e riflessioni sociologiche sulla questione friulana*. Cjampfuarmit: Ribis.
- Tellini A. (1991). Il prin program natsionalitari furlan. *Usmis*, 3: 9.
- Toffoli D. (2007a). Lotta di liberazione e questione friulana. *Storia contemporanea in Friuli*, 37/38, XXXVII: 61-71.
- Toffoli D. (2007b). La patrie ladine. Cualchi note su la figure di Achille Tellini. *Ce fastu?*, 83: 141-148.
- Ulliana F. (1982). *Tornare con la gente : clero e identità friulana*, Udin: Il Campo.
- Vezzi C. (1995). *Amato Matiz "Pakaj"*. Un om e la sô armoniche. Cleulis: Circolo ricreativo.
- Vicario F. (2005). *Lezioni di linguistica friulana*. Udin: Forum.
- Vicario F. (2013). *Lineaments di leteradure furlane*. Udin: Forum.
- Zampa D. (2010). La Scuele Libare e il maturare di una coscienza. *Messaggero Veneto*, 13 marzo 2010, p. 13.
- Zogno T. (cur.) *Giorgio Ferigo & Povolâr Ensemble*. Udin: Forum/Associazione Giorgio Ferigo. (Cun 4 cd).

## Discografie minime

- AA.VV. (2003). *Misture*. Musiche Furlane Fuarte.
- AA.VV. (2010). *Brovade e muset Light*. Musiche Furlane Fuarte.
- Arbe Garbe (2007). *Live in Festintenda*. Musiche Furlane Fuarte.
- BeâtLes (2002). *Il tratôr zâl*. Miluç.
- Bintars (1978), *Des Valadis dal Nadison*. AVF.
- Canzoniere Popolare di Aiello (2000). *In onôr in favôr/ Ducj o cuasit* (rist.). AVF.
- DLH Posse (2001). *Hip Hop Instêts*. Musiche Furlane Fuarte.
- Doganîrs (1999). *Notne igre – Notenspiel*. AVF.
- Driussi E. (1982) *Sporcacionis*. AVF.
- FLK (2007). *Re Noir*. CNI.
- Folketitrai (1980). *Bacco, Salût e Amôr*. AVF.
- Inzirli (2001). *1990.96*. Musiche Furlane Fuarte.
- Kosovni Odpadki (2004). *Bye Bye Bombe*. Alfa Music – Rai Trade.
- Luna e un Quarto (2011). *Basse pression*. Musiche Furlane Fuarte.
- Madrac (1999). *Technotitlan*. Musiche Furlane Fuarte.
- Maieron L. (2011). *Vino Tabacco e Cielo*. PDT / Universal.
- Merlot T. (2001). *Vincj agns di Merlot*. AVF.
- Mig 29 over Disneyland (2011). *2 plui 2 nol fâs cuatri*. Musiche Furlane Fuarte.
- Mitili FLK (1993). *Ratatuie*. Nota/Onde Furlane.
- Mitili FLK (1995). *Colôrs*. Nota.
- Pantan (2012). *Kistalè*. Nota.
- Popovič (1979). *Folk Popovic*, vv. 1, 2 e 3. AVF.
- Riz F. (1999). *Bolât*. Musiche Furlane Fuarte.
- Straulino L. (2005). *Spin*. Nota.
- Straulino L. (2010). *L'Alegrie*. Nota.
- Straulino L. (2012). *Mosaic*. Nota.
- Vescovo L. (2002). *Stemane ulive*. Nota.
- Vescovo L. (2008). *Borderline*. Nota.
- Venier Gl. (2008). *Distances*. ECM.
- Trio Pakaj (1979). *Baronadis*. AVF.
- Zampa D. (1975). *Mandi vecjo Friûl*. Friûl.
- Zampa D. (1978). *Sperance*. Friûl.
- Zampa D. (1979). *Poesie*. Friûl.
- 'Zuf de Žur (2004). *Partigiani*. FinisTerrae.

# **recensions**



LEONORE A. GRENOBLE, LINDSAY J. WHALEY

*Saving Languages: An Introduction to Language Revitalization*

Cambridge University Press, 2006

Scrit cul intent di sensibilizâ la int sul probleme de pierdite progressive des lenghis minoritariis tal mont, chest preseât libri di 231 pagjinis, dividût in siet cjapitui, al è rivât ancje a deventâ une vuide di riferiment par dutis chês comunitâts che a sintin il dovê di preservâ l'ûs dal propri idio-me metût in pericul de globalizazion lenghistiche e comportamentâl che e sta planc a planc cjapant prese te societât.

In mût simultani ai cambiaments ggeo-politics, sociâi e economics di chest moment storic, lis lenghis minoritariis a vegnin par fuarce sclîcadis e menaçadis de pression culturâl moderne, si che duncje la lenghe dal stât e domine simpri di plui lis lenghis locâls leadis aes tradizioni, e chei che lis fevelin a percepissin un disvantaç sociâl e a sintin simpri mancul la dibisugne di doprâlis.

Chestis a son lis denunziis sociâls, par nuie taponadis, che o leìn tai prins cjapitui scrits a dôs mans di Leonore A. Grenoble e Lindsay J. Whaley, docents dal Dartmouth College di Hanover, Hampshire (USA) che, in gracie des lôr analisis e ricercjis lenghistichis fatis in maniere direte su lis lenghis tungusis in Siberie e Cine, a àn elaborât e savût scrivi cun clarece i risultâts dai studis frontâts e duncje tirâ lis lôr conclusions e suggerimenti pe lôr tutele.

Chest in particolâr al è metût ben in evidence: il bagai culturâl che al covente par frontâ il procès di mantignî in sigurece une culture lenghistiche (partint dal so insegnament ai membris de comunitât), lis decisions politichis, ma soredut il savê ricognossi lis risorsis finanziariis, par rindi chel procès fatibil. L'obietif principâl al è chel di furnî i struments essensiâi par mantignî vif l'ûs de lenghe minoritarie anticipant e risolvint i eventuâi problemis che a podaressin nassi. In chescj ultins agns, di fat, l'argoment al à discjadennâ tancj dibatiments cu la consequente produzion di libris e iniziativis di bande di antropolitics e linguiscj par rinfuarçâ e supuartâ lis lenghis locâls.

In plui di sei un prezios riferiment pai membris des comunitâts inte-

ressadis al propri destin lenghistic e culturâl, chest al è ancie il prin libri cuntune analisi plene sui dirits umans dai rifugjâts, scrits e fissâts de Convenzion. Riferintsi aes normis fondamentâls dai dirits umans, i autôrs a metin in pratiche lis lôr analisis al probleme di protezion plui dificil dal mont, produsint cussì une opare pionieristiche e une risorse fondamentâl pai dirits umans.

Fintremai dal prin cjapitul, duncje, e ven descrite in curt la situazion lenghistiche dal presint; une indicazion clare pai nestris fîs che, se a dismetin di imparâ une lenghe minoritarie, cheste e sarà metude in pericul. E ven daûr une liste di diviers fatôrs che a incidin su la precarietât di une lenghe, come il doprâ la lenghe nazionâl predominant, la politiche di insegnament e la mancance di risorsis finanziariis.

Dant un cuc tra lis pagjinis di chest volum, no vegnin cjapadis in considerazion dome lis problematicis ‘sociâls’ a pene scritis, ma e ven ancie metude in lûs la impuartance dal insegnament e de ortografie, a testemoneance di une realât lenghistiche consolidade.

In cont di chest, i contribûts impuantants di Grenoble e Whaley a son une panoramiche di soluzions e di passaçs fondamentâi sugerîts par instradâ un program di insegnament e tornâ a pandi cussì une lenghe che no je plui fevelade. Il studi de gramatiche cence dubis al mostrarès un status di lustri di cheste ultime, parcè che e sarès adate ancie al ûs di ogni dì in cjase e in altris ambiti sociâi modernis, ma la sô atuazion intes scuelis e volarès une schirie di competencis e finanziaments che a valorizedin la sô utilitat.

I autôrs a ricuardin, par priorite, che l’insegnament fat in lenghe locâl nol pues jessi realizât cence il sostegn de comunitât locâl che e à di jessi coinvolte in dutis lis fasis di disvilup dal progetto, cence par altri insisti a ducj i coscj a volê une forme convenzionâl dal lengaç, de ortografie e des soluzions pedagogjichis. Chescj, di fat, a son i motîfs che tancj tentatîfs di insegnament a son falîts e Grenoble e Whaley a proponin come esempli chel de comunitât dai Coreguaje, in Colombia; culi il program nol è lât a bon fin par colpe de mancance di comunicazion e consultazion cui natîfs che a jerin semianalfabets in spagnûl. Cun di plui, chei che a detin lis regulis ortografichis a àn di tignî cont ancie des convenzions utilizadis des altris lenghis logadis intune region, par podê otignî une ortografie ideâl acetade ancie di chei che a fevelin la lenghe di maiorance.

In chest panorame, ancje la gnove tecnologjie, al contrari di ce che si podarès pensâ, e pues limitâ la riproduzion, e duncje l'ûs, dai simbui che si puedin doprâ; al è par chest che e risulta plui valevule une ortografie plui semplice che si pues riprodusi sui dispositifs tecnologjics.

Tal VI cjapitul al è metût in lûs il rûl impuantant de forme scrite di une lenghe intal procès dal so rinfuarçament, sei parcè che cheste forme no je magari mai esistude, sei parcè che, par cuistions storichis e sociâls, e pues jessi lade fûr di ûs.

La prime mosse par otignî une ortografie valevule, a sclarissin i studiôs, e je la creazion dai simbui par codificâ la lenghe, par passâ daspò ae fase di acetazion iniziâl di bande dai destinataris, di mût di determinâ la sô eficacitât e sigurâ il so avignî.

La sielte dai autôrs di dedicâ un cjapitul, l'ultin, a la creazion di un program lenghistic, e je une clare e esplicite volontât di finî il lavôr, daspò analisis precisis, furnint une schirie di conseis par scrivi un program par infuartî la lenghe daûr des propriis esigjencis e des risorsis a disposizion.

Concludude la leture slisse e plasevule di chest test, si à la impression di tignî tra lis mans no un dai tancj libris che a frontin un teme socio-culturâl, ma un vêr manuâl pe comprehension dal nestri patrimoni lenghistic e une base par capî cemût prudelâlu, no dome parcè che si trate di protezi lis nestris tradizions, ma ancje parcè che jessi bilengâi al pues risultâ une vore convenient pal aprendiment di altris lenghis.

*Cristina Minuzzo*  
minuzzo.cristina@gmail.com



## Normis pai autôrs

Il *Gjornâl Furlan des Siencis* al è un periodic semestrâl, dividût in trê sezions:

**Ricercjis.** I articui di cheste sezion, scrits par furlan e par inglês, a àn di vê: titul, titulut di scoriment (max. 45 batudis), autôr/s, istituzion/s, ristret (300/400 peraulis), 3/4 peraulis clâf. Il test al a di jessi dividut in: introduzion, materiâi e metodis, risultâts, discussion, bibliografie. I articui, di max 20 cartelis par furlan, a àn di jessi scrits in caratar Times New Roman, cuarp 12, interlinie 1,5; i margins de pagjine a àn di jessi di 3 cm. par ogni bande. La introduzion, i materiâi e i metodis, i risultâts, e la discussion a varessin di cjapâ ognidun un cuart de lungjece totâl dal articul.

**Rassegnis.** I articui di cheste sezion a àn di vê: titul, titulut di scoriment (max. 45 batudis), autôr/s, istituzion/s, ristret (300/400 peraulis), 3/4 peraulis clâf, bibliografie. I articui, di max 15 cartelis dome par furlan, a àn di jessi scrits in caratar Times New Roman, cuarp 12, interlinie 1,5; i margins de pagjine a àn di jessi di 3 cm. par ogni bande. Al è miôr se il test dal articul al ven dividût in 4/5 parâgrafs, ognidun cul so titulut. Ogni parâgraf al varès di cjapâ un cuart/cuit de lungjece totâl dal articul.

**Recensions.** Lis recensions a àn di vê: autôr, titul dal libri, lûc di publicazion, editôr, an di publicazion. Lis recensions a àn di jessi dividudis in dôs parts: la prime e à di presentâ i contribûts di fonde dal libri; la seconde e à di pandi il judizi sul libri. A la fin dal test si à di meti il non e cognon dal autôr de recension, la sô istituzion, la direzion di pueste eletroniche. Lis recensions, di max. 4 cartelis dome par furlan, a àn di jessi scritis in caratar Times New Roman, cuarp 12, interlinie 1,5; i margins de pagjine a àn di jessi di 3 cm. par ogni bande.

**Bibliografie.** I autôrs intal test a puedin jessi ripuartâts come in chescj esemplis:  
Whitaker (1988) al à dit ...  
Une vore di studiôs a àn viodût che ... (Whitaker 1977, Paradis 1999, Lebrun 2000)  
La bibliografie e à di jessi scrite daûr di chescj esemplis:  
(articui) Paradis M. (1999). One brain two languages. *Brain and Language*, 33: 125-140.  
(libris) Whitaker H. (1977). *Handbook on Pragmatics*. Oxford: Pergamon Press.  
(cjapitui di libris) Lebrun Y. (2000). Aphasic symptoms in Friulan. In Jakobson R. (Ed) *Aphasia in different languages*. New York: Academic Press, pp. 243-280.

**Imagjins.** No si acetin imagjins cuntune cualitât di risoluzion inferiôr ai 300 DPI e di dimensions inferiôrs ai 8 cm. di base. I grafics e lis tabelis a àn di jessi realizadis cul program Excel.

**Spedizion dai tescj.** Lis normis presentadis parsore a son contignudis in documents di stîl che a vegnin inviâts ai autôrs corispondents pe preparazion dai lavôrs. I tescj cussì prontâts a son di mandâ par pueste eletroniche (e-mail) a une di chestis direzions:  
antonino.morassi@uniud.it – Antonino Morassi  
s.garlatti@libero.it – Stefania Garlatti-Costa

**Acetazion.** Il comitât di redazion al leiarà duc i scrits, riservantsi l'acet, il refût o la richieste di corezioni. A duc i autôrs ur vignarà dade une rispueste.

## Authors' Guidelines

The *Friulian Journal of Science* is published twice a year. The journal is divided into three sections:

**Research papers.** The original articles for this section, written in Friulian and in English, require: title, running title (max. 45 characters), author/s, institution/s, summary (300/400 words), 3 or 4 key-words, introduction, materials and methods, results, discussion, bibliography. The articles, max 20 pages, have to be written using the Times New Roman font, size 12, spacing 1.5; page right and left borders of 3 centimetres.

**Scientific papers.** The articles, of high scientific profile and written in Friulian, have to contain: title, running title (max. 45 characters), author/s, institution/s, summary (300/400 words), 3 or 4 key-words, bibliography. It is suggested that the text be divided into 4 or 5 paragraphs, each one with its own short title. The articles, max. 15 pages, have to be written as indicated for the Research Papers.

**Book reviews.** Reviews of foreign scientific books, written in Friulian, have to contain: author/s, book title, where published, editor and year of publication. The articles should consist of two parts: contents of the book and the critical review. Reviewer's name, institution and e-mail address should be placed at the end of the text. The reviews in Friulian, max. 4 pages, have to be written as indicated for the Research Papers.

**Bibliography.** References should be quoted as follows:

Whitaker (1988) has said...

Many experts (Whitaker 1977, Paradis 1999, Lebrun 2000) have noticed that...

Bibliography should be written up as in the following examples:

(articles) Paradis M. (1999). One brain two languages. *Brain and Language*, 33: 125-140.

(books) Whitaker H. (1977). *Handbook on Pragmatics*. Oxford: Pergamon Press.

(chapters of books) Lebrun Y. (2000). Aphasic symptoms in Friulian. In Jakobson R. (Ed) *Aphasia in different languages*. New York: Academic Press, pp. 243-280.

**Illustrations.** Figures with a resolution quality inferior to 300 DPI and with a baseline shorter than 8 cm will not be accepted. The Excel programme should be used for graphics and tables.

**Correspondence.** The Authors' Guidelines are also contained in style files which are sent to the corresponding authors prior to the preparation of the papers. Once they have been drafted in accordance to these instructions, texts should be sent to one of the following addresses:  
antonino.morassi@uniud.it – Antonino Morassi  
s.garlatti@libero.it – Stefania Garlatti-Costa

**Editorial policy.** The editorial committee reserves the right to accept, refuse or return the text for corrections.