



Associazione Italiana di
Ingegneria Agraria

VIII Convegno Nazionale di Ingegneria Agraria



Università degli Studi di Catania
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA AGRARIA

ATTI
CONVEGNO

***L'ingegneria agraria
per lo sviluppo sostenibile
dell'area mediterranea***

Catania, 27 - 30 giugno 2005



Associazione Italiana di
Ingegneria Agraria

VIII Convegno Nazionale di Ingegneria Agraria



Università degli Studi di Catania
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA AGRARIA

ATTI CONVEGNO

***L'ingegneria agraria
per lo sviluppo sostenibile
dell'area mediterranea***

Catania, 27 - 30 giugno 2005

Finito di stampare:

Giugno 2005

Edito da:

GeoGrafica - Catania

ISBN 88-901860-0-3

Stampato da:

Tip. ElleDue - Ragusa

Volume realizzato a cura di:

Università degli Studi di Catania
Dipartimento di Ingegneria Agraria
Via Santa Sofia, 100 - 95123 Catania

© Associazione Italiana di Ingegneria Agraria

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione e del CD allegato può essere riprodotta o utilizzata senza il previo consenso scritto del detentore dei diritti.

La responsabilità del contenuto dei lavori, inclusi in questa pubblicazione, spetta interamente agli autori. L'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria non si assume alcuna responsabilità su eventuali priorità e contenuti.

Finito di stampare:

Giugno 2005

Edito da:

GeoGrafica - Catania

ISBN 88-901860-0-3

Stampato da:

Tip. ElleDue - Ragusa

Volume realizzato a cura di:

Università degli Studi di Catania
Dipartimento di Ingegneria Agraria
Via Santa Sofia, 100 - 95123 Catania

© Associazione Italiana di Ingegneria Agraria

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione e del CD allegato può essere riprodotta o utilizzata senza il previo consenso scritto del detentore dei diritti.

La responsabilità del contenuto dei lavori, inclusi in questa pubblicazione, spetta interamente agli autori. L'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria non si assume alcuna responsabilità su eventuali priorità e contenuti.

Con il patrocinio di:



Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca



Ministero delle Politiche Agricole e forestali



Università degli Studi di Catania



Regione Siciliana - Assessorato Turismo, Comunicazioni e Trasporti



Regione Siciliana - Assessorato Agricoltura e Foreste

Comitato Scientifico:

Prof. E. Gasparetto – Presidente

Prof. G. Blandini

Prof. A. Failla

Prof. M. Falciai

Prof. P. Guarella

Prof. S. Indelicato

Prof. V. Mennella

Comitato Organizzatore:

Prof. G. Blandini - Presidente

Prof. S. Barbagallo

Prof. G. Cascone

Prof. G.L. Cirelli

Prof. A. Failla

Prof. S. Indelicato

Prof. G. Schillaci

Prof. G. Tomaselli

Segreteria:

Università degli Studi di Catania

Dipartimento di Ingegneria Agraria

Via Santa Sofia, 100 - 95123 Catania

Ing. G. Manetto – Coordinatore

Tel. +39 095 7147515

Fax +39 095 7147600

Sig.ra M. Marella – Segretaria

Tel. +39 095 7147590

Fax +39 095 7147600

Sommario

Tema 1: Desertificazione e degrado del territorio

La carta dell'erosione potenziale del territorio siciliano	19
<i>Giordano G., Ferro V., Bagarello V., Di Stefano C., Iovino M., Minacapilli M.</i>	
Stima dell'erosione del suolo in bacini di grande estensione con un modello distribuito	20
<i>Romano N., Santini A., Bathurst J.C., White S.M.</i>	
Fenomeni erosivi in terreni coltivati a grano duro	21
<i>Emma G., Failla S., Manetto G., Romano E., Schillaci G.</i>	
Valutazione dell'indice mensile di aggressività delle piogge in Sicilia	22
<i>Bruno C., Ferro V.</i>	
Dinamica del contenuto d'acqua nel suolo in ambienti mediterranei suscettibili di degrado	23
<i>Romano N., Giannino F., Chirico G.B., Migliozzi A., Mazzoleni S., Mulligan M.</i>	
Proprietà meccaniche degli aggregati di un suolo sodicizzato	24
<i>Spugnoli P., Melani E.</i>	
Analisi della distribuzione salina in suoli molto secchi	25
<i>Santini A., Severino G., Sommella A.</i>	
A bimodal ARYA&PARIS approach for upscaling the hydrological properties of a structured soil	26
<i>Coppola A., Di Giacomo E., Palladino M., Romano N.</i>	
Sistemi per la valutazione del compattamento dei terreni agrari	27
<i>Carrara M., Comparetti A., Febo P., Orlando S.</i>	
Cambiamento climatico e rischio di desertificazione in Calabria	28
<i>Capra A., Malara S.L., Porto P., Scicolone B., Sidari M.</i>	

Tema 2: Edilizia per la produzione agricola in ambiente mediterraneo

Modelli matematici per la previsione delle temperature dell'aria	31
<i>Gusman A., Marucci A., Pagniello B.</i>	
Un software per la simulazione dinamica del clima interno degli edifici zootecnici	32
<i>Liberati P., Zappavigna P.</i>	
Zootecnia di precisione: il controllo del microclima dei ricoveri effettuato sul monitoraggio on-line dell'attività animale	33
<i>Guarino M., Berckmans D.</i>	
Determinazione dei coefficienti pressori per edifici zootecnici	34
<i>Cascone G., Fichera A., D'Emilio A., Guglielmino I.D.</i>	
Valutazione di proprietà radiometriche di materiali costruttivi per ricoveri zootecnici	35
<i>Vox G., Scarascia Mugnozza G.</i>	
Valutazione integrata ambientale degli allevamenti zootecnici	36
<i>Provolo G.</i>	
Impieghi in edilizia zootecnica di manufatti in plastica riciclata per uno sviluppo sostenibile	37
<i>Sica C., Tortora A., Capobianco R.L.</i>	

Impiego strutturale del legno massiccio negli edifici agricoli alla luce dell'evoluzione normativa	38
<i>Monti M., Pellegrini P.</i>	
Resistenza alle azioni orizzontali di pali in legno infissi nel terreno. Verifiche sperimentali	39
<i>Giacomin A., Monti M., Pellegrini P., Sorbetti Guerri F.</i>	
Condizioni ambientali nei ricoveri per bovini da latte in clima mediterraneo	40
<i>Riva E., Provolo G.</i>	
Sulle condizioni termiche e di ventilazione nelle stalle per bovine da latte	41
<i>Cascone G., D'Emilio A., Mazzarella R.</i>	
La protezione dagli eccessi termici delle bovine da latte in stabulazione libera	42
<i>Marucci A., Gusman A., Bibbiani C.</i>	
Tipologie edilizie ed impiantistiche e riduzione dello stress da caldo nelle bovine da latte	43
<i>Valesio G., Azzaro G., Dipasquale M., Gurrieri E., Mazzarella R., Licitra G.</i>	
La lettiera in sabbia per limitare lo stress da caldo negli allevamenti bovini da latte	44
<i>Calegari F., Frazzi E.</i>	
Effetto del clima sul comportamento di bovine da latte con mungitura robotizzata	45
<i>Frazzi E., Calegari F.</i>	
Modulo sostenibile di allevamento per bovine da latte in un comprensorio zootecnico della Murgia pugliese	46
<i>Dal Sasso P., Ruggiero G., Marinelli G.</i>	
Allevamenti estensivi di bovini - I parte: le strutture edilizie	47
<i>Barbari M., Monti M., Pellegrini P., Sorbetti Guerri F.</i>	
Allevamenti estensivi di bovini - II parte: il monitoraggio GPS-GIS del pascolo semibrado	48
<i>Barbari M., Conti L., Koostra B.K., Masi G., Sorbetti Guerri F., Workman S.R.</i>	
Progettazione di impianti di ricircolo di liquame in stalle per vacche da latte	49
<i>Barbari M., Ferrari P., Bresci E.</i>	
Preventive diagnosis of dairy cattle hoof pathologies under freestall housing systems	50
<i>Carvalho V., Nääs I.A., Massafra Jr V.</i>	
Analisi dei fattori che influenzano l'ambiente interno delle porcilaie in clima caldo	51
<i>Zappavigna P., Liberati P., D'Archivio S.</i>	
Condizioni di benessere in porcilaia dotata di impianto di raffrescamento evaporativo	52
<i>Arcidiacono C.</i>	
Confronto sperimentale tra diversi sistemi di raffrescamento delle scrofe in sala parto	53
<i>Barbari M., Bianchi M., Sorbetti Guerri F.</i>	
Sperimentazione su stazioni di raffrescamento con identificazione elettronica delle scrofe	54
<i>Barbari M.</i>	
Algoritmo per l'identificazione on-line della tosse infettiva in un allevamento suinicolo	55
<i>Guarino M., Costa A., Patelli S., Silva M., Navarotto P., Berckmans D.</i>	
Analisi sensoriale della diffusione di odori da una porcilaia per mezzo di un naso elettronico	56
<i>Brambilla M., Guarino M., Navarotto P.</i>	
Emissione di polveri (PM₁₀) dalla sala parto e dal settore magronaggio di un allevamento suinicolo	57
<i>Costa A., Guarino M., Decock J., Navarotto P., Berckmans D.</i>	

Illuminazione e distribuzione della luce in differenti tipologie stabulative di un allevamento suinicolo	58
<i>Costa A., Guarino M., Porro M., Van Brecht A., Navarotto P., Berckmans D.</i>	
Differenti soluzioni per il ricovero estivo di pecore da latte	59
<i>Cascone G., Biondi L., D'Emilio A., Piccione G., Pennisi P.</i>	
Comparative analysis of fungi on the bedding and ration in two different poultry houses	60
<i>Baracho M.S., Gigli A.C.S., Nääs I.A., Salgado D.D., Zago R., Silva R.A.</i>	
Criteri progettuali di strutture per l'allevamento del pollo all'aperto in zone temperate	61
<i>Monti M., Pellegrini P., Sorbetti Guerri F.</i>	
Impatto ambientale dell'orticoltura in serra nelle aree litoranee dell'Italia centrale	62
<i>Marucci A., Gusman A., Pagniello B.</i>	
Salute e sicurezza degli operatori negli apprestamenti per colture protette	63
<i>Tortora A., Sica C., Capobianco R.L.</i>	
Prove di solarizzazione con film plastici innovativi: aspetti tecnici ed agronomici	64
<i>Margiotta S., Castronuovo D., Candido V., Miccolis V., Manera C.</i>	
Caratterizzazione spettroradiometrica di film plastici per la solarizzazione del terreno	65
<i>Cascone G., D'Emilio A., Mazzarella R., Buccellato E.</i>	
Reti in plastica per l'agricoltura: modi d'uso, materiali, proprietà fisiche	66
<i>Castellano S., Russo G.</i>	
Caratteristiche meccaniche di reti per l'agricoltura	67
<i>Capobianco R.L., Sica C., Tortora A.</i>	
La trasmissività radiometrica delle reti in materiale plastico per l'agricoltura	68
<i>Russo G.</i>	

Tema 3: Evoluzione della meccanizzazione nell'agricoltura mediterranea

Modellistica e controllo dei processi di disinfestazione del suolo mediante vapore	71
<i>Gay P., Piccarolo P., Ricauda Aimonino D., Tortia C.</i>	
MaccAgri.Soft: database di macchine agricole con software per il calcolo dei costi di esercizio	72
<i>Bonera R., Lazzari M., Mazzetto F., Sacco P.</i>	
Realizzazione di sistemi di identificazione dei mezzi agricoli con soluzioni di basso costo	73
<i>Mazzetto F., Calcante A., Naldi E.</i>	
Concettualizzazione dell'azienda agraria per analisi integrate della meccanizzazione	74
<i>Mazzetto F., Sacco P., Bonera R.</i>	
L'astrazione modellistica delle macchine operatrici secondo una logica ad oggetti	75
<i>Mazzetto F., Sacco P., Bonera R., Castelli G.</i>	
Un modello di rintracciabilità per la filiera orticola	76
<i>Porceddu P.R., Babucci V.</i>	
Applicazione di sistemi GPS per la logistica delle macchine agricole	77
<i>Bentini M., Caprara C., Martelli R.</i>	

IL "RotoGPS": uno strumento per la misura di precisione e accuratezza di ricevitori GPS	78
<i>Mazzetto F., Azzoli G., Calcante A., Castelli G.</i>	
La misura della resistenza dei terreni agrari per l'agricoltura di precisione	79
<i>Formato A., Faugno S., Paolillo G.</i>	
Individuazione, tramite sensori ottici, di infestanti in colture sarchiate	80
<i>Fiala M., Pagliari F.</i>	
Individuazione automatica di patologie mediante misure ottiche da trattore	81
<i>Oberti R., Fiala M., Bodria L.</i>	
Progetto MESOVIP: applicazione di tecniche di viticoltura di precisione in contesti nazionali	82
<i>Mazzetto F., Calcante A., Naldi E., Oberti R.</i>	
Mappatura delle produzioni in vigneto tramite i quaderni di campagna informatici	83
<i>Mazzetto F., Calcante A.</i>	
L'erpice a dischi attivi: una nuova operatrice per il controllo fisico delle infestanti	84
<i>Peruzzi A., Raffaelli M., Ginanni M., Di Ciolo S., Fontanelli M.</i>	
Misura della qualità di erpicatura mediante image analysis sui residui vegetali nel terreno	85
<i>Menesatti P., Millozza M., Pincu M., Cervellini C.</i>	
Una macchina innovativa per la disinfezione del terreno a basso impatto ambientale	86
<i>Peruzzi A., Raffaelli M., Ginanni M., Di Ciolo S.</i>	
Controllo delle infestanti con getto di vapore	87
<i>De Zanche C., Baldoin C., Friso D., Sartorato I., Zanardi W.</i>	
Strategie e macchine per il controllo fisico delle infestanti su spinacio biologico	88
<i>Peruzzi A., Ginanni M., Di Ciolo S., Raffaelli M., Fontanelli M.</i>	
Strategie e macchine per il controllo fisico delle infestanti su carota biologica	89
<i>Peruzzi A., Ginanni M., Di Ciolo S., Raffaelli M., Fontanelli M.</i>	
Prove con seminatrice combinata Amazone su frumento duro nella collina materana	90
<i>D'Antonio P.</i>	
Sod-seeding: confronto fra diverse seminatrici impiegate in aree ad elevata vocazione cerealicola	91
<i>D'Antonio P., Bellomo F., D'Emilio F., D'Antonio C.</i>	
Studio e verifica della funzionalità di una trapiantatrice con dispositivo adacquatore per il trapianto del radicchio	92
<i>Bortolini L.</i>	
Valutazione della semina su contenitori alveolari in vivaio	93
<i>Blandini G., Emma G., Failla S., Tornello G.</i>	
Sviluppo di attrezzature e tecniche per la coltivazione del girasole	94
<i>Raffaelli M., Ginanni M., Peruzzi A., Di Ciolo S.</i>	
Proposta per una macchina per lo sfalcio di campi di ananas a fine ciclo produttivo	95
<i>Beltrami M., Cini E., Garbati Pegna F., Perez de Corcho Fuentes J.</i>	
Un sistema innovativo per il trattamento al grappolo abbinato alla sfogliatura della vite	96
<i>Balsari P., Marucco P., Tamagnone M.</i>	
Verifica funzionale e taratura delle irroratrici in Lombardia: analisi della situazione a tre anni dall'inizio del servizio	97
<i>Pessina D., Facchinetti D.</i>	

Analisi dei profili di distribuzione di irroratrici a singola e doppia ventola assiale <i>Pascuzzi S., Guarella A.</i>	98
Un banco prova per la classificazione delle barre irroratrici in funzione della deriva da loro generata <i>Balsari P., Marucco P., Tamagnone M.</i>	99
Effetto della portata d'aria e della velocità di avanzamento nei trattamenti alla vite <i>Pergher G., D'Antonio C.</i>	100
Effetti dell'aria e della velocità sul deposito fogliare nei trattamenti in vigneto <i>Cerruto E., Emma G.</i>	101
Influenza delle condizioni climatiche sulla qualità dei trattamenti fitosanitari su vigneto <i>Carrara M., Catania P., Vallone M., Pipitone F.</i>	102
Ottimizzazione della distribuzione dei fitofarmaci in vigneti collinari calabresi <i>Giametta F., Bonfà D., Abenavoli L.M.</i>	103
Valutazione dei trattamenti fitosanitari in vivaio <i>Emma G., Failla S., Romano E., Tornello G.</i>	104
Valutazione delle prestazioni di irroratrici a tunnel impiegate in vigneto <i>Ade G., Molari G., Rondelli V.</i>	105
Gestione delle acque di lavaggio e della miscela residua delle irroratrici <i>D'Antonio C., Pergher G., Cividino S.R.S.</i>	106
Il rinnovato ruolo del settore agro-forestale come produttore di energia <i>Riva G., Natalicchio E., Foppa Pedretti E., Toscano G.</i>	107
Analisi tecnico-economica nella produzione di pellets <i>Pantaleo A., Pellerano A.</i>	108
Valutazione di un motore agricolo alimentato a benzina e a G.P.L. con prove al banco ed in pieno campo <i>Bianchi B., Pascuzzi S.</i>	109
Confronto tra le prestazioni di trattatrici alimentate con B30 (30% biodiesel e 70% gasolio) e gasolio agricolo <i>Caliceti M., Capelli G., Venturi P.</i>	110
Combustione di granella di mais di bassa qualità in un impianto termico civile <i>Gubiani R., Lazzari M.</i>	111
Filiera girasole-energia in ambiente collinare del centro Italia <i>Foppa Pedretti E., Toscano G., Scrosta V.</i>	112
Un cantiere di raccolta delle potature di olivo per un utilizzo energetico <i>Porceddu P.R., Babucci V.</i>	113
Valorizzazione tecnico-economica del legno di potatura mediante pellettizzazione <i>Toscano G., Foppa Pedretti E., Valdes P.H.</i>	114
Organizzazione del lavoro nelle sale di mungitura di vacche da latte <i>Caruso L., Schillaci G.</i>	115
Strategie di riduzione dei consumi energetici negli allevamenti ovisini <i>Murgia L., Pazzona A., Caria M.</i>	116
Prove comparative di sistemi di regolazione del vuoto negli impianti di mungitura <i>Pazzona A., Murgia L., Caria M.</i>	117
Influenza del prendicapezzoli sulla curva di pulsazione nella mungitura degli ovisini <i>Caria M., Pazzona A., Murgia L.</i>	118

Controllo tecnico degli impianti di mungitura meccanica <i>Balloni S., Caruso L., Schillaci G.</i>	119
Aspetti tecnico-operativi di imprese boschive e di prima trasformazione in Calabria <i>Zimbalatti G., Abenavoli L.M.</i>	120
Razionalizzazione della decortica meccanica del sughero <i>Paschino F., Merella M.</i>	121
Stima termografica del contenuto idrico del terreno agrario <i>Millozza M., Menesatti P., Solaini S.</i>	122
Analisi dinamica delle barre falcianti a semplice lama <i>Maglioni C., Molari G.</i>	123
Un carro porta attrezzi per la trazione animale <i>Spugnoli P., Parenti A., Masella P., Melani E.</i>	124
Simulazione numerica ed analisi economica di impianti per il raffrescamento in zootecnia <i>Sarghini F., Palombo A.</i>	125
Sviluppo di tecnologie per l'allevamento del rombo chiodato nell'area mediterranea <i>Barone L., Barone M., Faugno S., Paolillo G., Formato A.</i>	126
Vendemmia meccanica, M.O.G. e qualità del vino <i>Parenti A., Spugnoli P., Baldi F., Vieri M.</i>	127
Un sistema integrato per il controllo funzionale delle vendemmiatrici <i>Bordini F., Liberzati P., Pezzi F.</i>	128
Sollecitazioni sulle uve durante la vendemmia meccanica e il trasporto e influenza sulla qualità del prodotto <i>Baraldi G., Bordini F., Caprara C., Pezzi F.</i>	129
Valutazione del danno nella raccolta meccanica del pomodoro lungo <i>Catalano P., Colelli G., Montel G.L., Rinaldi R.</i>	130
Prove di analisi della vibrazione di alberi soggetti alla scuotitura meccanica <i>Catalano P., De Palma C., Giametta F., Leone A., Montel G.L., Tamborrino A.</i>	131
Studio sulla risposta dinamica degli alberi nella raccolta meccanica delle olive per scuotimento <i>Giametta G., Mauro S., D'Agostino A., Abenavoli L.M.</i>	132
Confronto fra due cantieri di raccolta delle olive in Sicilia <i>Carrara M., Catania P., Pipitone F., Vallone M., Morello G.</i>	133
La raccolta agevolata di drupacee: meccanizzazione e analisi ergonomica <i>Caruso L., Cerruto E., Manetto G., Schillaci G.</i>	134
Moderne macchine per la raccolta della frutta in guscio <i>Monarca D., Cecchini M., Antonelli D.</i>	135
La raccolta meccanica delle nocciole negli ambienti collinari e montani della Sicilia <i>Caruso L., Schillaci G.</i>	136
Effetti della raccolta meccanica su qualità e conservabilità delle castagne <i>Biondi P., Monarca D., Cecchini M., Mordacchini Alfani M.L., Pagano M.</i>	137
Meccanizzazione della raccolta delle bacche di mirto (<i>Myrtus Communis L.</i>) <i>Paschino F., Pinna G.</i>	138
Influenza dei parametri di raccolta sul danneggiamento meccanico dei tuberi <i>Bentini M., Caprara C., Martelli R.</i>	139
La raccolta meccanica di agrumi: stato dell'arte e prospettive <i>Blandini G., Cannatella G., Cerruto E., Manetto G.</i>	140

Impiego di un harvester a ruote in ambiente alpino italiano <i>Cavalli R., Zuccoli Bergomi L.</i>	141
La sicurezza nel ribaltamento di trattori agricoli e forestali cingolati usati <i>Gasparetto E., Pessina D., Cianotti R., Laurendi V., Pirozzi M.</i>	142
Verifica di applicabilità del DPR 459/96 alle macchine agricole usate <i>Calvo A., Deboli R., Delmastro R.</i>	143
Valutazione della resistenza degli ancoraggi delle cinture di sicurezza nei trattori <i>Molari G., Rondelli V.</i>	144
Caratterizzazione dei tamponi di fine corsa dei sedili dei veicoli industriali e fuoristrada <i>Deboli R., Gioco M., Lenzini P., Calvo A.</i>	145
Vibrazioni sulle grandi operatrici agricole semoventi: indicazioni per un progresso tecnico delle norme <i>Pessina D., Belli M.</i>	146
Requisiti di sicurezza di motocoltivatori e motozappatrici <i>Cianotti R., Laurendi V., Ferrazza A.</i>	147
Studio di una nuova metodologia per la misura del livello delle vibrazioni trasmesse dalle macchine agricole monoasse condotte a mano <i>Fabbi A., Guarnieri A.</i>	148
Il rischio da esposizione a vibrazioni per gli addetti all'uso delle tosaerba semoventi <i>Monarca D., Cecchini M., Vassalini G.</i>	149
Il rischio da esposizione a gas di scarico durante l'uso di motoseghe e decespugliatori <i>Monarca D., Cecchini M., Bernini M., Panaro A.</i>	150
Analisi dei tempi di esposizione alle vibrazioni degli operatori agro-forestali <i>Calvo A., Deboli R.</i>	151
La sicurezza nei cantieri di abbattimento ed allestimento del legname in Basilicata <i>D'Antonio P., D'Antonio C.</i>	152
Il rischio da esposizione a polveri per gli addetti alla raccolta delle nocciole <i>Cecchini M., Monarca D., Biondi P., Colantoni A., Panaro A.</i>	153
Valutazione dei fattori di rischio chimico fisico nelle serre <i>Carrara M., Catania P., Morello G., Planeta A., Vallone M.</i>	154
Sicurezza ed organizzazione del lavoro in cantieri per la fumigazione del terreno <i>Balloni S., Caruso L., Schillaci G.</i>	155
Valutazione del rischio rumore in aziende florovivaistiche della provincia di Bergamo <i>Pessina D., Belli M., Guerretti M.</i>	156
La sicurezza del lavoro in sala di mungitura <i>Monarca D., Porceddu P.R., Cecchini M.</i>	157

Tema 4: Gestione tecnica del territorio rurale

Pianificazione del territorio rurale: impatti delle politiche di settore <i>Bassi I., Scubla S., Bonfanti P.</i>	161
Linee guida per l'edificazione abitativa e strumentale nelle zone extraurbane <i>Barra M.</i>	162

Innovazione e sviluppo sostenibile: un sistema di supporto al piano per la valutazione della capacità territoriale ed energetica	163
<i>De Montis S., Marongiu I., Damiano A., De Montis A., Campagna M.</i>	
L'allocazione degli impianti agroindustriali: una proposta di approccio metodologico	164
<i>Tassinari P., Torreggiani D.</i>	
Il Laser Scanner per la determinazione di parametri inventariali forestali	165
<i>Turco S., Alberti G., Barilotti A., Beinat A., Sigura M., Bonfanti P.</i>	
Valutazione delle interrelazioni tra territorio rurale e greenway	166
<i>Mennella V.G.G., Menconi M.E.</i>	
Analisi territoriale della viabilità rurale del comune di Viterbo	167
<i>Marucci A., Gusman A., Pagnello B.</i>	
Analisi della sostenibilità ambientale degli allevamenti della provincia di Viterbo	168
<i>Gusman A., Marucci A., Pagnello B.</i>	
Terre in mezzo al mare. Pianificazione sostenibile del paesaggio nelle isole Eolie	169
<i>Fichera C.R., Barreca F., Modica G.</i>	
Analisi degli interventi strutturali finanziati dal piano di sviluppo rurale in provincia di Lodi	170
<i>Riva E., De Marco R., Provolo G.</i>	
Uso di un SIT per lo studio degli effetti delle attività agricole sulle aree protette senesi	171
<i>Giotti M., Guerrini A., Nonis D., Pellegrini P., Sorbetti Guerri F.</i>	
Un meta-database per l'accesso ai dati territoriali e ambientali in Friuli-Venezia Giulia	172
<i>Peccol E., Muzzolini V.</i>	
Invecchiamento e caratteristiche costruttive di materiali per ingegneria naturalistica	173
<i>Capobianco R.L., Sica C., Tortora A.</i>	
Potenzialità del territorio marchigiano per la produzione di biomassa	174
<i>Foppa Pedretti E., Galli A., Marcheggiani E., Maldini E.</i>	
Teleriscaldamento da biocombustibili	175
<i>Fiala M.</i>	
Un sistema per la concimazione spazialmente variabile	176
<i>Carrara M., Comparetti A., Febo P., Orlando S.</i>	
Requisiti e metodologie di produzione dei modelli digitali del terreno	177
<i>Chiabrando R., Garnerò G., Godone D.</i>	
Progetto MOSAICO: monitoraggio automatico dello spandimento dei reflui zootecnici	178
<i>Mazzetto F., Calcante A., Landonio S.</i>	
Lo sviluppo di tecnologie satellitari per l'assistenza all'irrigazione: il progetto DEMETER	179
<i>D'Urso G., Calera Belmonte A., Jochum A.</i>	
Analisi della variabilità spaziale delle proprietà idrauliche del suolo con geostatistica multivariata	180
<i>Castrignanò A.M., Romano N., Lopez N.</i>	
Analisi territoriale per l'utilizzo sostenibile in agricoltura dei reflui oleari	181
<i>Castellano S., Candura A.</i>	
Analisi dei criteri di smaltimento dei reflui oleari nel territorio del Parco del Gargano	182
<i>Montel G.L., Caliandro L., Peri G., Colelli G.</i>	
Valutazione del rischio ambientale derivante dall'uso agronomico dei reflui zootecnici	183
<i>Provolo G., Ferrari O.</i>	

Misura in-situ del contenuto in nutrienti degli effluenti di allevamento <i>Provolo G., Martínez-Suller L.</i>	184
Analisi object-oriented di immagini VHR per la stima dei fattori erosivi nei singoli vigneti <i>Vincini M., Frazzi E.</i>	185
Trasporto di soluto inerte alla scala parcellare in relazione a differenti modalità di somministrazione <i>Comegna V., Coppola A., Severino G., Sommella A.</i>	186

Tema 5: Ingegneria agraria e organismi geneticamente modificati

Influenza della coltivazione degli OGM sull'impiego delle macchine agricole <i>Gasparetto E.</i>	189
Aspetti costruttivi degli ambienti confinati per la coltivazione di OGM <i>Castellano S., Scarascia Mugnozza G.</i>	190
Campionamento delle fumonisine durante la raccolta del mais <i>Cividino S.R.S., Gubiani R., Pergher G.</i>	191
Modificazioni della qualità delle uova destinate alla trasformazione <i>Berardinelli A., Giunchi A., Gradari P., Guarnieri A., Ragni L.</i>	192
Metodologie per l'analisi della resistenza meccanica della membrana vitellina <i>Giunchi A., Ragni L., Berardinelli A., Gradari P., Guarnieri A.</i>	193

Tema 6: Monitoraggio e interventi per la difesa del suolo

Influenza della stratificazione indotta dalle lavorazioni sul comportamento idrologico di un suolo strutturato <i>Damiani P., Ciollaro G., Coppola A.</i>	197
Applicazione del metodo inverso per la determinazione delle proprietà idrauliche del suolo con l'infiltrometro a depressione <i>Castellini M., Iovino M.</i>	198
Approfondimenti sul <i>Cube Method</i> per la misura della conducibilità idraulica del suolo <i>Bagarello V., Giordano G., Sgroi A.</i>	199
Monitoraggio spazio-temporale di concentrazione di soluti inerti alla scala di campo <i>Comegna A., Severino G., Sommella A.</i>	200
Analisi di prove di moto miscibile nel dominio delle frequenze <i>Severino G., Santini A., Sommella A., Comegna A.</i>	201
Valutazione della risposta idrologica in un piccolo bacino mediante un modello GIUH <i>Indelicato S., Licciardello F., Majone B., Zimbone S.M.</i>	202
Applicazione di un modello semplificato per l'analisi dei deflussi a scala di versante <i>Deangelis M.L., Bischetti G.B.</i>	203
Monitoraggio dell'erosione <i>ephemeral gully</i> in un piccolo bacino siciliano <i>Capra A., Scicolone B.</i>	204
Stima della produzione di sedimenti in due bacini sperimentali di differente estensione <i>Di Stefano C., Ferro V., Giordano G.</i>	205

Suspended sediment transport monitoring: relationship between hydrological parameters and discharges <i>Pavanelli D., Bigi A.</i>	206
Valutazione del potenziale detritico in un bacino torrentizio dell'Italia meridionale <i>Bisantino T., Gentile F., Trisorio Liuzzi G.</i>	207
Confronto della perdita di suolo da parcelle di differente lunghezza nell'area di Sparacia <i>Bagarello V., Di Piazza G.V., Ferro V.</i>	208
La tecnica del cesio-137 per la stima della produzione di sedimenti nel bacino SPA2 <i>Di Stefano C.</i>	209
Un programma di difesa idraulica compatibile con le esigenze di tutela ambientale <i>Chirico G.B., De Vita P., Nicodemo M., Romano N.</i>	209
L'ingegneria naturalistica nelle regioni mediterranee: la regione Lazio <i>Preti F., Milanese C.</i>	211
Criteri per la manutenzione della vegetazione ripariale di corsi d'acqua collinari e montani <i>Preti F., Guarnieri L.</i>	212
Il recupero ambientale attraverso l'ingegneria naturalistica. Tre casi di studio nel territorio della regione Basilicata <i>Margiotta S., Divincenzo G.</i>	213
Un canale sperimentale per la valutazione delle resistenze idrauliche della vegetazione <i>Chiaradia E.A., Bischetti G.B., Gandolfi C.</i>	214
La frana di Carlantino nel subappennino Dauno e i criteri per la sua sistemazione <i>Puglisi S., Spilotro G., Trisorio Liuzzi G.</i>	215
Efficacia delle briglie in terra nella sistemazione di aree calanchive <i>Gentile F., Puglisi S., Romano G., Trisorio Liuzzi G.</i>	216
Protezione dall'erosione di scarpate artificiali mediante impiego di residui organici <i>Andiloro S., Bombino G., Tamburino V., Zimbone S.M.</i>	217
Influenza della morfologia d'alveo sulla resistenza al flusso in torrenti montani <i>Mao L., Comiti F., Lenzi M.A.</i>	218
Velocità media della corrente in torrenti fortemente scabri <i>D'Agostino V.</i>	219
Difesa dalle valanghe: metodi di distacco programmato in Toscana <i>Bresci E., Vieri M.</i>	220
Impianti per il trattamento consortile di liquami zootecnici nei paesi mediterranei <i>Cavallo E.</i>	221

Tema 7: Nuove frontiere dei sistemi edilizi e degli impianti agroalimentari

Applicazioni dei metodi di simulazione numerica nell'ingegneria agroalimentare <i>Fabbri A.</i>	225
Valutazione delle caratteristiche delle industrie agrumarie in Calabria <i>Bonfà D., Giametta G., Zimbalatti G.</i>	226
Impianto multifunzionale per la preparazione e l'imballaggio di passata di pomodoro, salse pronte, confettura e succhi di frutta <i>Formato A., Faugno S., Romano R., Paolillo G.</i>	227

Il livello di automazione degli impianti per la produzione di pane "carasau"	228
<i>Paschino F., Gambella F., Giubellino F., Clemente F.</i>	
Ottimizzazione dell'imbottigliamento mediante programmazione lineare	229
<i>Berruto R., Gay P., Piccarolo P., Tortia C.</i>	
Un impianto per la produzione di terracci in Calabria: le fasi di lavorazione	230
<i>Giametta F., Bellantonio M., Abenavoli L.M.</i>	
Impianti e cicli produttivi in segherie calabresi	231
<i>Zimbalatti G., Proto A.R., Abenavoli L.M.</i>	
Legno lamellare strutturale: aspetti produttivi e normativi	232
<i>Pellerano A., Pantaleo A., Pellerano D.</i>	
Progettazione ottimizzata di un pastorizzatore di grandi capacità produttive	233
<i>Formato A., Faugno S., Paolillo G.</i>	
Progettazione ottimizzata di un distillatore per l'estrazione delle essenze vegetali	234
<i>Formato A., Faugno S., Romano R., Paolillo G.</i>	
Progettazione ottimizzata di una lavatrice per la separazione dei pomodori dal terreno	235
<i>Formato A., Faugno S., Paolillo G.</i>	
Ottimizzazione del funzionamento degli aerorefrigeranti negli ambienti per la conservazione dei prodotti agro-alimentari	236
<i>Di Renzo G.C., Altieri G., Genovese F.</i>	
Sistema in retroazione per il controllo in continuo del dosaggio di Imazalil in soluzione acquosa per gli agrumi	237
<i>Di Renzo G.C., Altieri G., Lanza G.</i>	
L'utilizzo di argon nel processo di trasformazione delle olive in olio	238
<i>Parenti A., Masella P., Spugnoli P., Calamai L.</i>	
Effetti della ventilazione raffreddante sull'erba medica disidratata	239
<i>Friso D.</i>	
Predizione del contenuto in solidi solubili delle mele mediante imaging iperspettrale	240
<i>Peri G., Colelli G., Romaniello R.</i>	
Misurazione della qualità dei prodotti orticoli in foglia mediante analisi d'immagine	241
<i>Peri G., Romaniello R., Colelli G., Amodio M.</i>	
Valutazione della consistenza dei frutti di actinidia mediante un low-mass impact sensor	242
<i>Peri G., Rinaldi R., Musio F., Colelli G.</i>	
Tecniche ottiche per valutare l'adulterazione del miele	243
<i>Guidetti R., Oberti R.</i>	
Caratterizzazione meccanica delle paste di oliva	244
<i>Formato A., Faugno S., Romano R., Paolillo G.</i>	
Analisi di immagine per il riconoscimento automatico del danneggiamento dei tuberi	245
<i>Baraldi G., Caprara C., Martelli R.</i>	
Cause di danneggiamento meccanico dei frutti di fico d'India	246
<i>Caruso L., Cerruto E., Manetto G., Romano E., Schillaci G.</i>	
Il danneggiamento delle arance nel post-raccolta: l'effetto degli urti	247
<i>Blandini G., Caruso L., Cerruto E., Manetto G., Romano E.</i>	
L'analisi energetica come indicatore di processo nel settore enologico	248
<i>Guidetti R.</i>	

Aspetti tecnici ed economici della estrazione meccanica dell'olio di girasole a scopi energetici	249
<i>Ciaschini F., De Carolis C., Toscano G.</i>	
Implementazione di un sistema di gestione ambientale EMAS in una centrale a biomasse	250
<i>Cerioni R., Scrosta V.</i>	
La distillazione nel trattamento dei reflui da impianti zootecnici e dell'agroindustria	251
<i>Barbari M., Cini E., Recchia L.</i>	
La progettazione delle cantine in un'ottica di sicurezza ed ergonomia	252
<i>Cividino S.R.S., Gubiani R., Zoppello G.</i>	
Criteri progettuali ai fini del contenimento del rumore all'interno di frantoi oleari	253
<i>Panaro V., Pascuzzi S., Santoro F.</i>	
Profili di rischio nei caseifici	254
<i>Porceddu P.R., Babucci V.</i>	
La sicurezza nelle cantine: situazione in Friuli Venezia Giulia	255
<i>Cividino S.R.S., Gubiani R., Zoppello G., Zucchiatti N.</i>	
Verifiche di sicurezza in piccoli frantoi oleari in Umbria	256
<i>Porceddu P.R., Babucci V., Panaro A.</i>	
Valutazione del rischio da polveri di legno duro nella lavorazione del legno	257
<i>Cecchini M., Monarca D., Paris P.G.</i>	
Esposizione a rumore in un'azienda agroalimentare	258
<i>Donati V., Dellaferrera E., Ragni L., Guarnieri A.</i>	
Il problema dei rumori nell'industria agro-alimentare: analisi sperimentale dell'imbottigliamento in due cantine	259
<i>Margiotta S., Divincenzo G., Manera C.</i>	
Problematiche connesse all'inquinamento da polveri e da rumore in un opificio per la lavorazione delle mandorle	260
<i>Cassano F., Bavaro P., Aloise I., Dal Sasso P., Ruggiero G.</i>	
Il database per la progettazione integrata	261
<i>Dioguardi L., Sangiorgi F., Divincenzo G., Margiotta S., Manera C., Bordin A., Guercini S.</i>	
La progettazione integrata applicata a piccoli caseifici e malghe della Val Camonica	262
<i>Dioguardi L., Franzetti L., Sangiorgi F.</i>	
La progettazione integrata applicata a tre cantine del nord Italia	263
<i>Dioguardi L.</i>	
La progettazione integrata per gli edifici di malga. Il caso del massiccio del Grappa	264
<i>Guercini S., Bordin A., Spolaor D., Cattelan A.</i>	
Primi risultati ottenuti per la realizzazione di una LCA sulla produzione di formaggio Asiago	265
<i>Guercini S., Bordin A., Spolaor D., Cattelan A.</i>	
Definizione di criteri progettuali per l'industria dolciaria	266
<i>Failla A., Strano L., Tomaselli G.</i>	
Prove di illuminazione artificiale per un sistema di crescita delle piante in microgravità	267
<i>Schettini E.</i>	
La sicurezza strutturale degli edifici rurali in zona sismica: analisi dello stato dell'arte	268
<i>Tassinari P., Benni S.</i>	

Tema 8: Patrimonio architettonico rurale e paesaggio

L'analisi della continuità ambientale nel paesaggio rurale	271
<i>Sigura M., Peccol E., Bonfanti P.</i>	
Analisi e valorizzazione del sito archeologico di Chan-Chan mediante immagini QuickBird	272
<i>Fangi G., Galli A., Malinverni E.S.</i>	
La cartografia della vegetazione per lo studio del paesaggio: un caso di studio	273
<i>Zorza R., Sigura M., Bonfanti P., Oriolo G.</i>	
Un sistema informativo per la gestione del patrimonio architettonico rurale	274
<i>Fichera C.R., Barreca F., Cilona R.</i>	
Tecniche per la valutazione della qualità visuale del paesaggio rurale	275
<i>Toccolini A., Senes G.</i>	
Viticultura paesaggistica ed ecocompatibile: innovazione tecnica e progettuale	276
<i>Vieri M., Preti F., Bresci E.</i>	
Impatti estetici ed ambientali di coperture agricole realizzate con materiali permeabili	277
<i>Picuno P.</i>	
L'uso di indicatori sintetici per un modello di pianificazione rurale integrata	278
<i>Marcheggiani E., Tummarello G.</i>	
Valorizzazione dell'identità del paesaggio agrorurale tradizionale	279
<i>Failla A., Milazzo A., Tomaselli G., Lanteri P.</i>	
La gestione territoriale dei paesaggi agrari terrazzati tra conservazione e sviluppo	280
<i>Di Fazio S., Malaspina D., Modica G.</i>	
Metodologia di analisi per la individuazione delle aree agricole residuali	281
<i>Tomaselli G., Pappalardo G., Russo P.</i>	
Sistemi costruiti innovativi nelle aree rurali della Sardegna: uno schema di ricerca	282
<i>De Montis S., De Montis A., Barra M.</i>	
Studio e definizione di matrici identificative delle diverse forme di paesaggio nella regione Molise	283
<i>Cialdea D.</i>	
Applicazione di misure agroambientali e paesaggio rurale: un caso di studio	284
<i>Bonfanti P., Sigura M., Turco S.</i>	
Valutazione dei fenomeni di frammentazione del paesaggio nella pianificazione territoriale	285
<i>Ripa M.N., Boccia L., Leone A., Recanatesi F.</i>	
La pianificazione delle aree naturali protette: compatibilità delle strutture per lo sviluppo delle attività turistiche	286
<i>Leone A., Boccia L., Ripa M.N., Ceccarelli L.</i>	
Progettazione di una scala di risalita per pesci nella riserva naturale di Tuscania (alto Lazio)	287
<i>Boccia L., Leone A., Ripa M.N., Pelorosso R.</i>	
Il recupero dei corridoi fluviali: analisi territoriale e riqualificazione paesaggistica	288
<i>Fumagalli N., Ferrario P.</i>	
Il recupero delle case cantoniere in Sardegna: sperimentazione di un sistema di supporto alla decisione	289
<i>De Montis S., De Montis A., Barra M.</i>	

Sistemi di valutazione dell'impatto percettivo di interventi sul territorio: analisi critica	290
<i>Tassinari P., Torreggiani D.</i>	
Interazioni fra costruzioni rurali e paesaggio. Indicatori per la tutela e la progettazione	291
<i>Agostini S., Bottigliola C.</i>	
Il rilievo delle informazioni per la classificazione funzionale degli edifici rurali tradizionali suscettibili di riuso	292
<i>Cascone G., Porto S.M.C., La Pergola P.</i>	
Caratteristiche formali degli edifici rurali nel rapporto con il paesaggio	293
<i>Pappalardo G., Russo P.</i>	
Un contributo metodologico ad un progetto regionale di riqualificazione paesaggistica	294
<i>Tassinari P., Negrini M.</i>	
Schede tecniche di intervento per il recupero di edifici rurali tradizionali nell'area etnea	295
<i>Failla A., Porto S.M.C., La Pergola P.</i>	
La tutela del paesaggio e le esigenze dell'attività agricola nelle aree protette	296
<i>Gusman A., Marucci A., Pagnello B.</i>	
Valorizzazione degli edifici e del paesaggio rurali attraverso la cartografia storica	297
<i>Guercini S., Marchiori G.</i>	
Tutela integrata di un complesso monastico con le sue pertinenze rurali nelle Alpi Cozie	298
<i>Chiabrando R., Drusi B.</i>	
Progetto di recupero e valorizzazione di un antico villaggio alpino in Val Vigezzo	299
<i>Drusi B.</i>	

Tema 9: Risorse idriche in agricoltura negli ambienti mediterranei

Sulla stima della conducibilità idraulica del suolo con metodi inversi	303
<i>Lorenzini G., Palladino M., Romano N.</i>	
Determinazione delle proprietà idrauliche del suolo in una pendice naturale	304
<i>Agnese C., Bagarello V., Iovino M., Sgroi A.</i>	
Sul tempo di risposta di un versante a prevalente deflusso hortoniano	305
<i>Agnese C., Baiamonte G.</i>	
Stima dei parametri idraulici del suolo per bilanci idrologici a scala di bacino	306
<i>Carriero D., Romano N., Fiorentino M.</i>	
Simulazione dell'avanzamento dell'acqua nella irrigazione col metodo della sommersione intermittente	307
<i>Allavena L., Monti A.</i>	
Analisi dell'influenza delle caratteristiche del suolo sul bilancio idrologico di un bacino	308
<i>Carriero D., Laguardia G., Romano N.</i>	
Un modello per la gestione della risorsa idrica superficiale a scala di bacino	309
<i>Casadei S., Bellezza M.</i>	
Effetti del cambio climatico sulle risorse idriche di un bacino irriguo lombardo	310
<i>Facchi A., Gandolfi C., Borghi A., Ortuani B.</i>	

Uso sostenibile della risorsa acqua e risparmio idrico in agricoltura <i>Merlo C.</i>	311
Prospettive della modernizzazione del settore irriguo nel Mediterraneo <i>Hamdy A., Lamaddalena N., Trisorio Liuzzi G.</i>	312
Applicazione della procedura SIMODIS per la gestione dell'irrigazione in un comprensorio irriguo siciliano <i>D'Urso G., Iovino M., Minacapilli M.</i>	313
Un modello basato sulle reti di Petri nell'automazione degli impianti irrigui <i>Todisco F., Vinci A., Mannocchi F., Boccadoro M.</i>	314
Un modello per la generazione delle portate in una rete irrigua con esercizio a domanda <i>Khadra R., Lamaddalena N.</i>	315
Valutazione della performance di impianti per la microirrigazione mediante misure di uniformità ed efficienza di distribuzione <i>Provenzano G., Pumo D., Rallo G.</i>	316
Effetti sull'asparago dell'iniezione d'aria nell'acqua irrigua utilizzando un impianto microirriguo interrato <i>Bortolini L.</i>	317
Effetti dell'irrigazione con acque reflue trattate su colture ortive e terreno <i>Cali G., Cirelli G.L., Consoli S., Pilastrò M., Spadaro G.</i>	318
Prove di funzionalità di erogatori e filtri per l'uso di acque reflue a scopo irriguo <i>Barbagallo S., Capra A., Piccione G., Scicolone B.</i>	319
Valutazione dell'efficienza di filtri ed erogatori per l'uso di acque reflue trattate <i>Aiello R., Cirelli G.L., Consoli S., Toscano A.</i>	320
Valutazione di erogatori e filtri per l'utilizzazione agronomica di acque reflue olearie <i>Capra A., Tamburino V., Andiloro S.</i>	321
Effetti dell'uso di acque reflue urbane depurate sugli apparecchi erogatori <i>Provenzano G., Pumo D., Di Dio P.</i>	322
Modellazione dei processi di fitodepurazione in un impianto pilota a due stadi <i>Barbagallo S., Cirelli G.L., Consoli S., Di Grande V., Milani M., Toscano A.</i>	323
Modelli fisici e numerici delle vasche di lagunaggio per la depurazione dei reflui di acquacoltura <i>Bresci E., Giacomini A., Niedda M.</i>	324
L'influenza dei parametri di esercizio FE e MRTFE sulla qualità delle acque reflue invase in un serbatoio a flusso continuo <i>Cirelli G.L., Consoli S., Di Grande V., Russo A., Toscano A.</i>	325
Stima dei consumi idrici delle colture mediante telerilevamento da satellite e modelli di simulazione del bilancio idrologico <i>Somma G., D'Urso G.</i>	326
L'utilizzo di tecniche di telerilevamento per la stima di indici di vegetazione e dei flussi di evapotraspirazione da agrumeti <i>Barbagallo S., Consoli S., D'Urso G., Toscano A.</i>	327
Stima dell'evapotraspirazione da agrumeti utilizzando tecniche di bilancio energetico: il caso studio di Lindsay, California <i>Consoli S., Snyder R.L.</i>	328
Il progetto DEMETER: tecnologie spaziali per l'assistenza all'irrigazione <i>D'Urso G., Marotta F.</i>	329

Un software integrato in ambiente GIS per la stima dei fabbisogni irrigui	330
<i>Ortuani B., Gandolfi C., Facchi A., Di Guardo A., Botta M., Greco S.</i>	
A hysteresis based scaling approach to deduce field hydraulic behaviour from core scale measurements	331
<i>Basile A., Coppola A.</i>	
Una rete di monitoraggio della falda per un modello integrato a scala di bacino	332
<i>Ortuani B., Maggi D.</i>	
Sulla parametrizzazione dell'attingimento radicale nei modelli di bilancio idrologico	333
<i>Palladino M., D'Urso G.</i>	
Un modello per la definizione degli eventi critici di siccità agricola	334
<i>Mannocchi F., Todisco F., Vergni L.</i>	

INDIVIDUAZIONE, TRAMITE SENSORI OTTICI, DI INFESTANTI IN COLTURE SARCHIATE

Fiala M., Pagliari F.

Istituto di Ingegneria Agraria, Via Celoria 2, 20133 Milano, Tel +39.02.50316869, Fax +39.02.50316845, federica.pagliari@unimi.it.

Riassunto

La diminuzione dei prezzi e l'aumento dell'affidabilità dei componenti elettronici hanno reso applicabili anche nel settore agricolo sofisticati sistemi di regolazione e automazione, permettendo il passaggio dall'Agricoltura Tradizionale a quella di Precisione.

Applicato all'irrorazione, questo concetto si traduce nella gestione localizzata delle avversità; ne derivano vantaggi dovuti alla riduzione dei chemicals distribuiti e dei costi di produzione, oltre a benefici extra-economici legati alla salute di operatori e consumatori e al minore impatto ambientale. Al fine di modulare la distribuzione dei fitofarmaci in funzione della variabilità spaziale e temporale delle condizioni colturali all'interno dell'appezzamento, è necessario un sistema di monitoraggio del grado di infezione/infestazione della coltura in atto. Obiettivo di questo studio è, dunque, la messa a punto di un dispositivo ottico per l'individuazione di infestanti in colture sarchiate (in casu: barbabietola da zucchero).

La metodologia adottata si basa sull'analisi di immagini multispettrali (verde, rosso, IR) acquisite con telecamera colore-IR, collegata a un PC di acquisizione e montata su un trattore in lento avanzamento. Partendo dalle immagini acquisite, il criterio di distinzione tra piante coltivate e infestanti è di tipo geometrico-strutturale: si basa sull'identificazione automatica delle file della coltura e considera infestanti tutte le piante presenti nell'area di interfila.

Parole chiave: trattamenti localizzati, monitoraggio, analisi delle immagini

Summary

The price decreasing of electronic components and their performances increasing, make feasible also in agriculture sophisticated regulation and automation systems, allowing the passage from Traditional to Precision Farming.

About spraying operations, this concept concerns in a site-specific injury's management; consequently we have advantages due to the decreasing of chemicals volume and of production costs. In addition we have to take into consideration the extra-economical benefits for the operators and consumers health and the reduced environmental impact. In order to control the products distribution in according to the temporal and spatial variability of plants condition in the field, it's needed an infection/infestation's degree monitoring system of the present crop. The goal of this study is the implementation of an optical device for weeds detection in row crops (in casu: Beta vulgaris saccharifera, sugar beet).

The adopted methodology is based on multi-spectral images analysis (green, red and IR) acquired by a colour-infrared camera, linked to a data acquisition PC and mounted on a low-speed moving tractor. Starting from the acquired images, the detection's criteria is of geometrical-structural kind: it is based on the automatic row-crop detection considering as weeds all the plants presents in the inter-row space.

Key words: *site-specific distribution, monitoring, image analysis*

1. INTRODUZIONE

La diminuzione dei prezzi e l'aumento dell'affidabilità dei componenti elettronici hanno reso applicabili anche nel settore agricolo sofisticati sistemi di regolazione e automazione, permettendo il passaggio dall'Agricoltura Tradizionale a quella di Precisione.

Nel caso delle macchine per la distribuzione dei fitofarmaci, oltre ai vari dispositivi disponibili in commercio che consentono una distribuzione uniforme dei prodotti e che garantiscono un elevato livello di sicurezza per gli operatori, di particolare interesse e importanza, per la loro valenza ambientale, sono oggi le tecnologie che consentono di modulare la distribuzione dei prodotti fitoiatrici in funzione delle necessità, ossia tenuto conto della variabilità spaziale e temporale delle condizioni colturali all'interno dell'appezzamento.

Questo obiettivo si inserisce in quelli, più generali, del *Precision Farming* – inteso come gestione puntuale delle operazioni aziendali e di campo nonché dei fattori produttivi – che, applicato al momento dell'irrorazione, si traduce in una gestione localizzata delle avversità. Ne deriva una sensibile riduzione (40-50%) dei *chemicals* distribuiti con conseguenti vantaggi sia economici (diminuzione dei costi di produzione), sia extra-economici in termini di salvaguardia della salute di operatori e consumatori nonché di minore impatto ambientale (Brown e Steackler, 1995).

Tenuto conto della variabilità di campo, al fine di effettuare trattamenti fito-sanitari solo dove, quando e possibilmente quanto serve, è necessario un sistema di monitoraggio del grado di infezione/infestazione della coltura in atto. In base a queste informazioni devono conseguentemente essere adeguati i parametri di distribuzione erogando localmente una dose compatibile con quella consigliata nella ordinaria pratica agricola. Il trattamento localizzato potrebbe essere effettuato *on-line*, ossia durante il medesimo passaggio in cui si effettua la valutazione dello stato fito-patologico della coltura, per mezzo di una catena "Sensore-Controllore-Attuatore" (Felton e McCloy, 1992; Tian, 2002). In alternativa il diserbo verrebbe realizzato *off-line*, effettuando dapprima l'osservazione della variabilità della coltura in atto, costruendone la mappa al livello di appezzamento (per esempio, tramite PC aziendale) e procedendo alla distribuzione dei prodotti necessari in un secondo passaggio in campo.

La ricerca, descritta di seguito, si è proposta di sviluppare la prima delle due fasi, ovverosia l'operazione di monitoraggio.

Il sensore per il rilievo dello stato della coltura può essere costituito da un sistema di visione - rappresentato da una telecamera multispettrale o, in alternativa, da più telecamere monocromatiche opportunamente filtrate – installato sul trattore (Oberti, 2003). L'analisi di immagini manifesta forti potenzialità poiché emula il senso della vista dell'uomo potendo discriminare classi di oggetti in base a parametri morfologici e di colore (riflettanza spettrale); essa, peraltro, lavora in una banda di sensibilità più estesa, che comprende lunghezze d'onda fuori dalla portata del nostro occhio (Zhang e Chaisattapagon, 1995). Tuttavia, la complessità del processo interpretativo impone lo sviluppo di algoritmi sofisticati e in grado di estrarre dalle immagini grezze le informazioni utili ad automatizzare l'operazione di monitoraggio. L'affidabilità di questi sistemi risulta fortemente influenzata dalle condizioni di campo, per loro natura non controllabili e fortemente variabili in termini di luce incidente e di oggetti (suolo, residui di vario tipo, vegetali di specie diverse e che ricoprono il terreno in proporzioni di volta in volta differenti, ecc.) che entrano nel campo di vista con diverse proprietà ottiche.

1.1. OBIETTIVI SPERIMENTALI

Obiettivo della ricerca – avviata nel 2003 dall'IRBAB asbl¹, in collaborazione con l'Università Cattolica di Leuven², Belgio – è la messa a punto di un dispositivo per l'individuazione di infestanti in colture erbacee sarchiate (in casu: *Beta vulgaris saccharifera*) al fine di effettuare trattamenti diserbanti localizzati. Requisito auspicabile dello strumento è che non sia altamente specifico, cioè abbia caratteristiche di flessibilità sia nelle sue componenti costruttive sia nell'applicazione alle diverse colture.

Osservando dall'alto una porzione di campo (**fig. 1**), oltre a notare differenze spettrali tra coltura e infestanti, si possono estrarre informazioni strutturali che suggeriscono l'idea di sfruttare come parametro discriminante fra coltivazione e infestanti la posizione relativa delle piante.

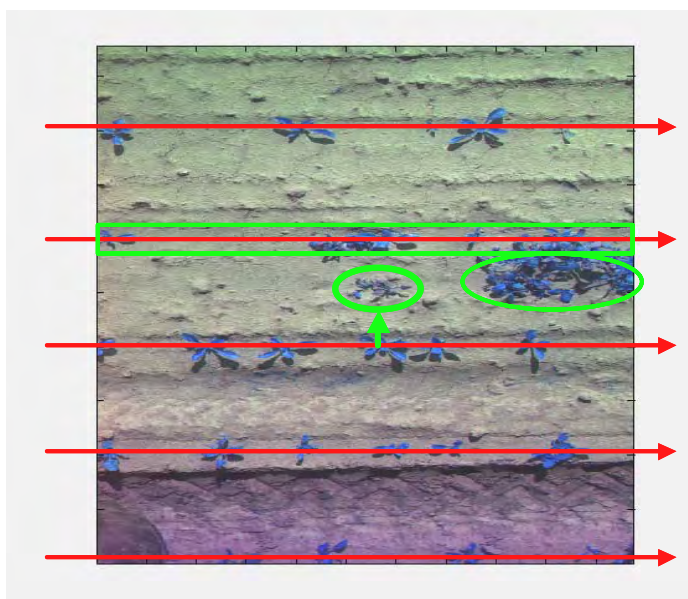


Fig. 1. La struttura geometrica dell'impianto di colture sarchiate può essere utilizzata per localizzare le infestanti in base alla distanza dalle file.

Infatti, poiché le piante sono normalmente messe a coltura lungo file, mentre le infestanti sono spesso localizzate nell'interfila, il criterio di individuazione di queste ultime può basarsi sulla distanza dalla linea mediana delle fasce colturali. Questa idea sta alla base del principio di funzionamento del dispositivo in esame.

Ovviamente è possibile che erbe avventizie si sviluppino anche nelle immediate vicinanze delle piante coltivate, ma è ragionevole assumere che se esse presentano un ridotto sviluppo vegetativo, non provocano danni rilevanti, mentre se sono più vigorose, esse possono essere individuate – ai fini del trattamento diserbante – con lo stesso criterio geometrico.

¹ Institut Royal Belge pour l'Amélioration de la Betterave (Istituto di ricerca belga per la barbabietola da zucchero). Il settore bieticolo è primario in Belgio per estensione di superficie dedicata e per importanza economica [www.irbab.be].

² KUL - Katholieke Universiteit Leuven - Laboratory for Agricultural Machinery and Processing presso il Dipartimento di Agro-Ingegneria ed Economia di Leuven [www.kuleuven.ac.be].

Per monitorare lo stato di infestazione di una coltura è, dunque, possibile fare ricorso a immagini di porzioni di campo inquadrare dall'alto, avendo cura di riprendere alcune file.

Obiettivo fondamentale della ricerca è, quindi, la messa a punto e la validazione di un algoritmo che permetta al dispositivo di monitoraggio di individuare automaticamente la posizione relativa delle file (*Row Sensing*).

2. MATERIALI E METODI

2.1. STRUMENTAZIONE

Le immagini multispettrali della coltura - nelle sue varie fasi di sviluppo - sono state acquisite mediante una telecamera CIR (Color – Infra Red; Duncan Tech MS4100) a 3 CCD e un robusto PC industriale di acquisizione e memorizzazione dati.

I CCD ad alta risoluzione (1920 x 1080 pixel) della telecamera sono filtrati otticamente in modo da risultare sensibili rispettivamente nelle bande: 550, 660 e 800 nm. La telecamera fornisce immagini multispettrali a 24 bit (3 x 8 bit) con frequenza massima di acquisizione pari a 5 Hz. Ogni immagine è composta da tre piani spettrali, ognuno corrispondente a un'immagine monocromatica a 256 livelli di grigio nelle bande del verde (550 nm), rosso (660 nm) e vicino infrarosso (800 nm). Ogni canale può essere configurato indipendentemente per guadagno (amplificazione elettronica del segnale) e tempo di esposizione del sensore (tempo di apertura del diaframma).

La telecamera è stata montata su un trattore a circa 3 metri di altezza, orientata verticalmente verso il basso e collegata al PC di acquisizione dati, a sua volta installato posteriormente sul telaio di una barra irroratrice e opportunamente alloggiato in una scatola ermetica (**fig. 2**). Con la strumentazione ottica così configurata, si otteneva un campo di vista di circa 2.3 x 1.5 m, corrispondente a 5 file di barbabietole (messe a coltura con un'interfila di 0.45 m).

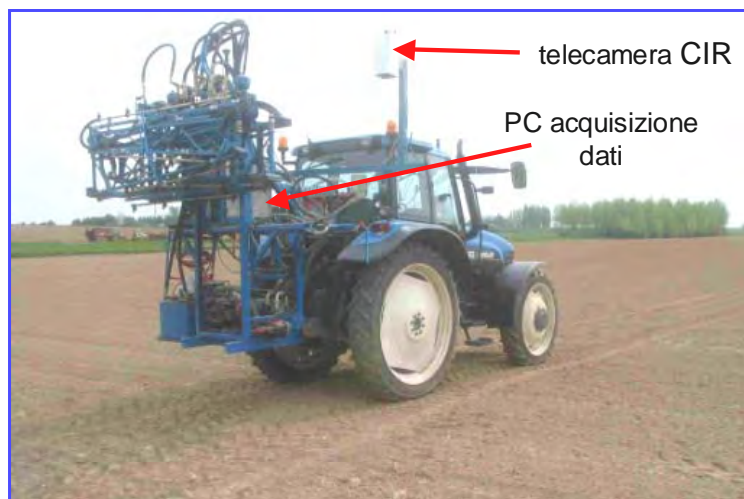


Fig. 2: L'equipaggiamento sperimentale impiegato nelle prove.

Le immagini venivano acquisite e memorizzate durante l'avanzamento del trattore che procedeva a una velocità dell'ordine di 1-2 km/h, con punte fino a 6 km/h. I dati acquisiti (6 Mb per immagine) venivano registrati nel disco rigido del PC per le successive analisi.

Il controllo del PC avveniva dalla cabina del trattore; in questo modo, mediante un apposito software, è stato possibile regolare l'impostazione dei parametri di acquisizione -

adattando guadagno e tempo di integrazione alle mutevoli condizioni ambientali di luce - e verificare sul monitor, in tempo reale, la qualità delle immagini acquisite nelle tre bande.

In **figura 3** è riportato un esempio di immagine multispettrale e delle sue componenti monocromatiche ottenute con la telecamera CIR.

La vegetazione, rispetto al suolo, assorbe molto nella banda del rosso (risultando più scura), relativamente meno nel verde, mentre riflette in misura maggiore nel vicino IR.

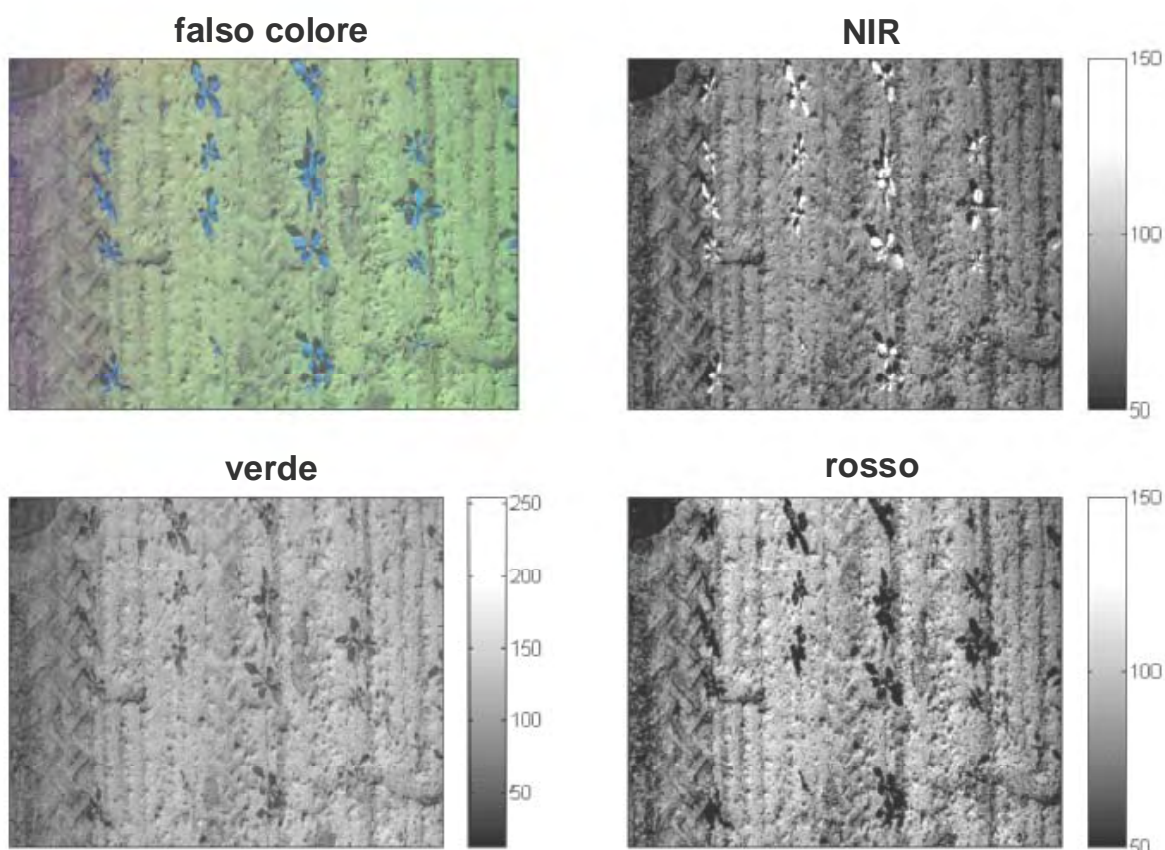


Fig. 3: La scala di grigi, riportata a destra delle immagini monocromatiche, rappresenta le intensità dei segnali ed è opportunamente modulata per esprimerne il massimo contrasto. In alto a sinistra viene mostrata l'immagine multispettrale in falso colore ottenuta sommando quelle nelle tre bande e attribuendo alle tre componenti cromatiche - rosso, verde e blu - le intensità misurate rispettivamente nella banda del rosso (660 nm), del verde (550 nm) e dell'IR (800 nm).

2.2. RILIEVI SPERIMENTALI

Le prove del sistema di monitoraggio sono state effettuate in tre appezzamenti di barbabietola da zucchero situati in località differenti nella regione a est di Bruxelles (Neervelp, Pellemborg, Meldert) (**fig. 4**).

I rilievi, a cadenza quasi settimanale, sono stati effettuati a diversi stadi di crescita della coltura, dall'emergenza fino a un grado di copertura del terreno tale da impedire l'individuazione delle file di bietola da parte del sistema di monitoraggio.



Fig. 4: (a) Appezamento di Neervelp (10 maggio 2004); (b) Pellemborg, azienda agricola sperimentale della KUL (25 maggio 2004); (c) Meldert, campo sperimentale dell'IRBAB, infestato da piante di patata rigermogliate da residui colturali della campagna precedente (27 maggio 2004).

2.3. ANALISI DEI DATI

L'analisi delle immagini finalizzata all'identificazione delle malerbe mediante un solo passaggio in campo, si compone schematicamente di tre fasi:

- un trattamento preliminare in cui vengono discriminati i pixel relativi al suolo da quelli relativi ai tessuti fogliari (Felton e McCloy, 1992);
- la collimazione e la parziale sovrapposizione delle immagini acquisite in successione durante l'avanzamento del trattore per la costruzione di una mappa delle piante (metodo a mosaico);
- l'individuazione automatica delle file della coltura nella mappa a mosaico e la conseguente identificazione delle infestanti nell'interfila.

L'analisi e l'elaborazione delle immagini è stata condotta con il software MatLab 7.0 ® corredato del "Image Processing Toolbox".

a) Trattamento preliminare delle immagini

Al fine di rendere comparabili i valori delle intensità dei pixel nelle diverse bande spettrali e nelle diverse immagini, indipendentemente dalla luce ambiente e dalle impostazioni di acquisizione dello strumento, si è resa necessaria la normalizzazione.

In tutte le bande di acquisizione, le intensità dei pixel sono funzione delle caratteristiche di riflessione dell'oggetto inquadrato (variabile da misurare), del tempo di integrazione e del guadagno impostati (parametri noti) e della luce solare incidente (dipendente dalla stagione, dall'ora del giorno e dalle condizioni meteorologiche).

Per classificare i pixel corrispondenti a suolo e a tessuto vegetale nelle immagini multispettrali si è calcolato l'indice *ndvi* (*normalized difference vegetation index*):

$$ndvi = \frac{nir - red}{nir + red} \quad (1)$$

in cui *nir* e *red* rappresentano l'intensità dei pixel nell'immagine, rispettivamente, a 800 e a 660 nm.

Questa relazione, applicata a ciascun pixel dell'immagine multispettrale, permette di calcolare l'immagine *ndvi* (fig. 5a).

I pixel corrispondenti alle piante (sia coltivate che infestanti) vengono selezionati utilizzando un valore soglia di *ndvi* pari a 0.3 (< 0.3, identifica suolo; > 0.3, tessuto vegetale). Così operando l'immagine si trasforma in binaria, dove a ogni pixel con *ndvi* ≥ 0.3

(vegetazione) viene assegnato il valore 1; viceversa, per $ndvi < 0.3$ (suolo), il pixel viene posto uguale a 0 (**fig. 5b**).

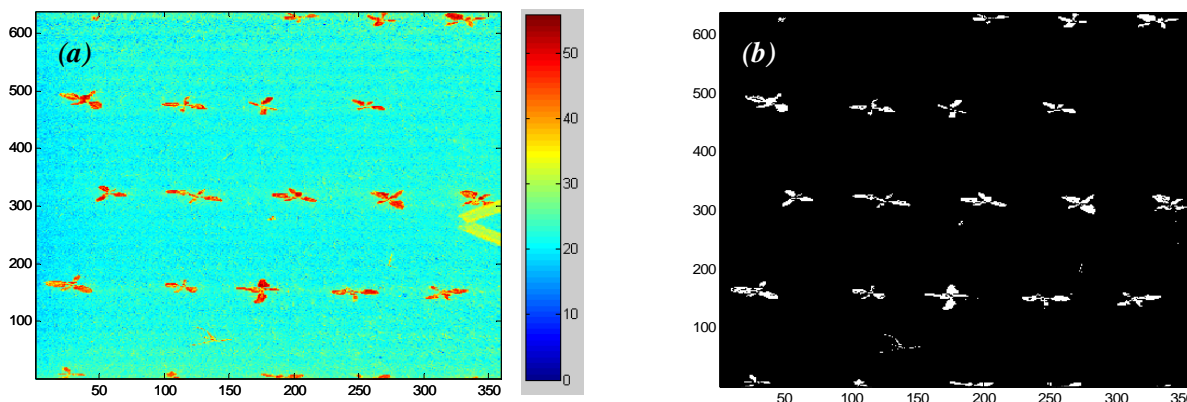


Fig. 5: (a): Immagine ndvi; (b): differenziazione dei pixel corrispondenti a suolo e a tessuto vegetale in base a un valore soglia di ndvi (1 = tessuto vegetale, colore bianco; 0 = suolo, colore nero). I valori riportati in ascissa e ordinata rappresentano il numero di pixel, rispettivamente delle colonne e delle righe dell'immagine, presi con una risoluzione di 1:3.

b) Costruzione della mappa a mosaico

Per costruire la mappa di tutte le piante presenti in campo è necessario far collimare le immagini acquisite lungo uno stesso tracciato rettilineo; bisogna, cioè, trovare riferimenti utili per calcolare i coefficienti di traslazione (ed, eventualmente, di rotazione) da applicare alle immagini in modo da raccogliere tutte, nella giusta sequenza e sovrapposizione, in un unico sistema di assi cartesiani.

A questo scopo occorre, innanzitutto, distinguere le singole piante contenute in ogni immagine e considerarle come oggetti individuali. L'immagine viene, quindi, segmentata, ossia suddivisa in diverse zone corrispondenti ciascuna a una sola pianta o porzione di pianta e a ogni segmento è assegnata un'etichetta identificativa.

Di ciascuna di queste regioni di pixel - tramite funzioni preimpostate dell'*Image Processing Toolbox* di Matlab - vengono quantificate le seguenti proprietà morfologiche³: area; dimensioni del rettangolo di contenimento (*bounding box*); area convessa; lunghezza asse maggiore; lunghezza asse minore; diametro equivalente; orientazione; eccentricità e solidità.

³ Queste proprietà si possono distinguere in:

- fattori invarianti di scala, non cambiano in funzione della distanza della telecamera dalle piante nel passaggio da un'immagine a quella successiva (dipendenti dalle proporzioni dell'oggetto);
- fattori invarianti per traslazione, non variano se tra un'immagine e l'altra, l'inquadratura dell'oggetto si sposta lungo uno degli assi;
- fattori invarianti per rotazione, il valore non cambia se la telecamera viene ruotata nel piano orizzontale.

E' necessario tener conto di questa distinzione per assicurarsi che i parametri selezionati siano applicabili nel confronto di immagini riprese da mezzi in movimento.

Nella fattispecie, tuttavia, l'altezza della telecamera dal suolo è fissa e l'effetto della rotazione - seguendo il trattore una traiettoria pressoché rettilinea - può essere trascurato; pertanto, è possibile impiegare tutti i parametri presi in considerazione.

Successivamente, si confrontano i valori delle proprietà morfologiche degli oggetti presenti in due immagini sequenziali calcolandone lo scarto complessivo (e ponderato) secondo il metodo della distanza di Mahalanobis⁴. Fra tutte le combinazioni possibili, la minima distanza individua la coppia di oggetti presenti nelle due immagini che rappresenta la stessa pianta. Tali coppie sono utilizzate come riferimento per la corretta sovrapposizione di fotogrammi successivi.

Nella costruzione della mappa, si assume che la direzione di avanzamento del trattore coincida con quella delle file della coltura; essa viene considerata come asse delle ascisse del Sistema Unico di assi cartesiani cui verranno riferite tutte le immagini di una serie.

In generale, risulta necessaria la correzione delle immagini sia per la traslazione lungo l'Asse X, sia per un certo angolo di rotazione visto che la telecamera può essere orientata diversamente rispetto alla direzione di marcia e che si possono verificare spostamenti momentanei dovuti alle vibrazioni.

La mappa del tracciato è costruita creando un collegamento a mosaico della serie di immagini e usando come riferimento tutti i possibili oggetti riconosciuti come identici in due inquadrature consecutive (**fig. 6**).

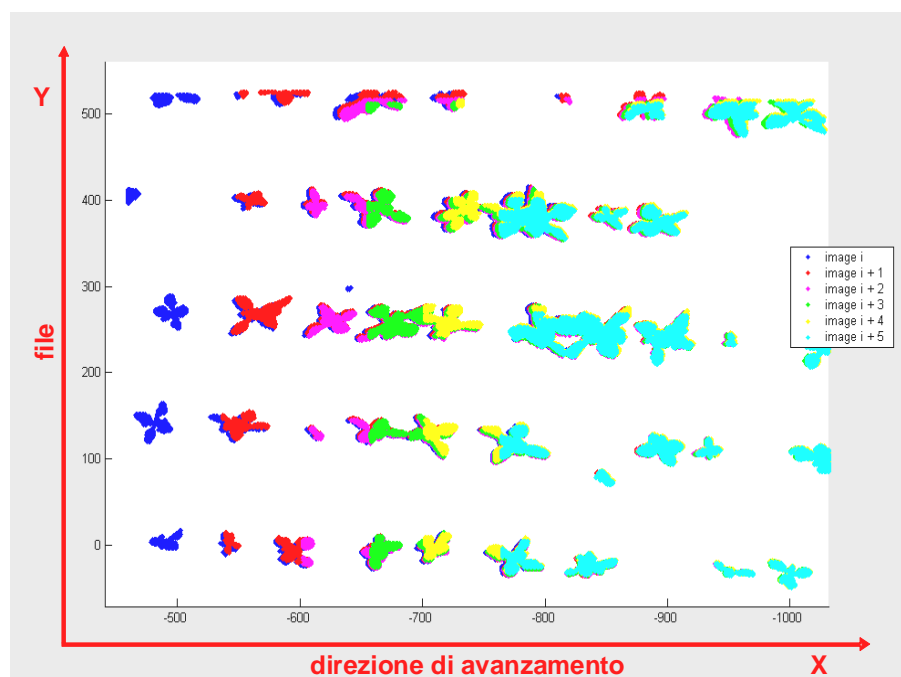


Fig. 6: Mappa delle piante ricostruita in base a una corretta sovrapposizione delle immagini acquisite.

⁴ La distanza di Mahalanobis fornisce un potente strumento per misurare quanto un set di condizioni sia simile a un altro ideale o di riferimento (analisi statistica multivariata outlier). La valutazione viene eseguita essenzialmente a livello comparativo, considerando tali distanze per tutte le combinazioni possibili. Nel presente lavoro, questo metodo è impiegato per rilevare somiglianze fra le caratteristiche di oggetti presenti in due gruppi (immagini successive). Confrontando i parametri morfologici sopra descritti per ognuno degli oggetti di un'immagine con tutti quelli dell'immagine successiva, si cerca la minima distanza che individui una coppia di oggetti identici e identifi, così, le piante (o porzioni di esse) presenti in entrambi i fotogrammi.

Questo metodo presuppone che le immagini acquisite siano parzialmente sovrapposte e che il trattore si sposti in modo il più possibile rettilineo. Quando il trattore esegue una traiettoria curva, il coefficiente di rotazione di immagini sovrapposte non è più trascurabile; questo accade ad esempio al raggiungimento delle estremità del campo dove, peraltro, le file della coltura possono essere tanto irregolari da rendere comunque difficoltoso il successivo passaggio di individuazione delle file della coltura che costituisce la terza e ultima fase analitica.

c) Individuazione delle file della coltura (metodo del treno di impulsi)

Per la calibrazione del sistema di individuazione delle file della coltura è necessario che l'operatore individui nell'appezzamento da monitorare una zona priva di malerbe (o perlomeno che possa disporre di un tracciato "pulito" registrato con le barbabietole allo stesso stadio fenologico dell'appezzamento oggetto di acquisizione). Da tale area è possibile riconoscere più chiaramente le caratteristiche delle file della coltura (larghezza delle righe e spazio libero nell'interfila), che possono poi essere impiegate come riferimento dello stato attuale di accrescimento delle piante di barbabietola.

Considerando una serie di immagini binarie (del tipo riportato in fig. 5b e corrispondenti, appunto, a un tratto il più libero possibile da infestanti), per ciascuna immagine viene generato un istogramma (fig. 7a) che rappresenta la somma dei pixel cui è stato assegnato il valore 1 - indicanti la presenza di piante - lungo le righe, ossia lungo la direzione di avanzamento.

Applicando una soglia individuata empiricamente (per esempio 30 pixel), l'istogramma viene trasformato in un grafico del tipo 0-1 (fig. 7b) che indica la presenza delle piante lungo l'Asse Y e dà un'idea, per ogni fotogramma, del rapporto dimensionale tra la larghezza delle bande che comprendono le piante coltivate e quella degli spazi di interfila.

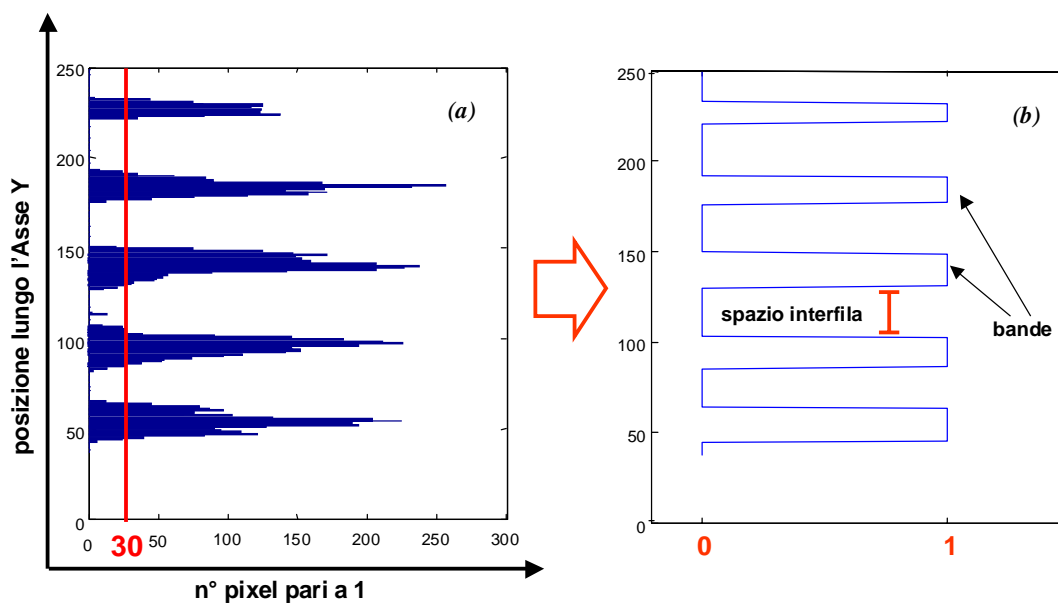


Fig. 7: (a) L'istogramma mostra, per una immagine, come le piante siano distribuite in bande preferenziali ben distinte rispetto alla direzione di avanzamento, individuando la probabile posizione reciproca delle file; (b) Il grafico 0-1 semplifica l'istogramma precedente, mostra una più chiara rappresentazione della posizione delle piante lungo la direzione delle file e restituisce dati utilmente trasformati per i successivi passaggi dell'analisi.

La stessa operazione viene eseguita per tutte le immagini della serie in questione.

In base alla larghezza media delle bande e allo spazio medio di interfila calcolati per la serie (ammettendo cinque file per colonna), si costruisce una sequenza modulare del tipo 0-1 che rappresenta il modello ideale della struttura spaziale delle file della coltura. Questo modello funziona come un treno di impulsi (*pulse train*) nel quale i valori sono pari a 1 dove ci si aspetta di trovare una fila (per un'ampiezza equivalente alla larghezza media calcolata) e 0 nello spazio di interfila (**fig. 8**).

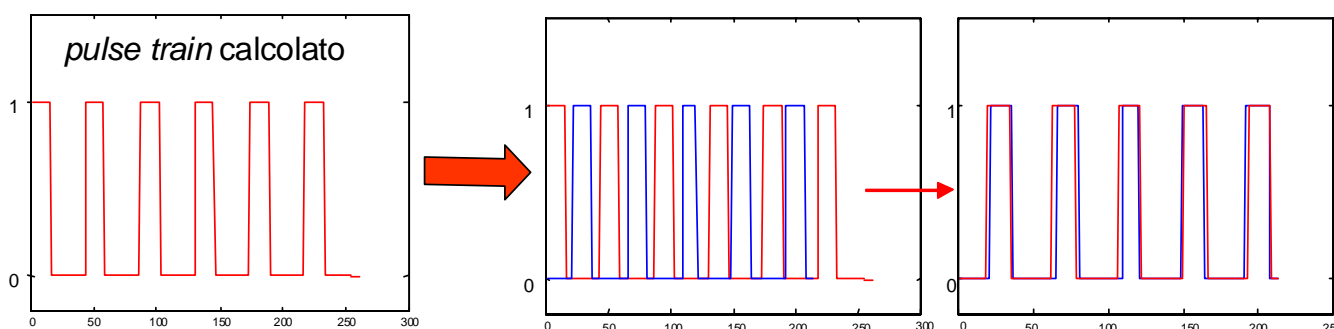


Fig. 8: Grazie al *pulse train* (rosso) - calcolato sulla base dei valori medi di larghezza fila e interfila – e ai grafici ricavati dalle misure di campo (blu), si individua la più probabile posizione delle file di bietola.

Il *pulse train* trova applicazione per individuare nei dati reali le file di barbabietole, come la più probabile posizione relativa degli allineamenti di piante: facendo slittare la struttura modulare del *pulse train* sui grafici binari ricavati dalle misure di campo se ne cerca - col calcolo della massima convergenza - la migliore sovrapposizione.

Considerando che l'altezza della telecamera rimane costante, la medesima sequenza di impulsi può essere usata per tutte le misure acquisite sullo stesso campo in una certa data.

Per delimitare le aree corrispondenti alle file di barbabietole, viene applicato un intervallo di confidenza (C.I.) $\mu \pm 3 \cdot \sigma$ (pari, cioè, a ± 3 volte il valore della deviazione standard) intorno alla linea mediana delle teoriche file della coltura individuate dall'algoritmo.

Tutta la vegetazione che si trova al di fuori dell'area-file è considerata infestante.

Nel caso in cui vengano così individuate malerbe, il sistema di monitoraggio evidenzia all'operatore (o direttamente all'attuatore nel caso di operazione *on-line*) il punto dove effettuare il trattamento localizzato con erbicidi.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1. RISULTATI

Di seguito è riportato un esempio di individuazione automatica delle infestanti secondo la metodologia sopra descritta (**fig. 9**).

In rosso sono evidenziate le piante che lo strumento di monitoraggio indica come infestanti; in verde quelle che rappresentano la coltura.

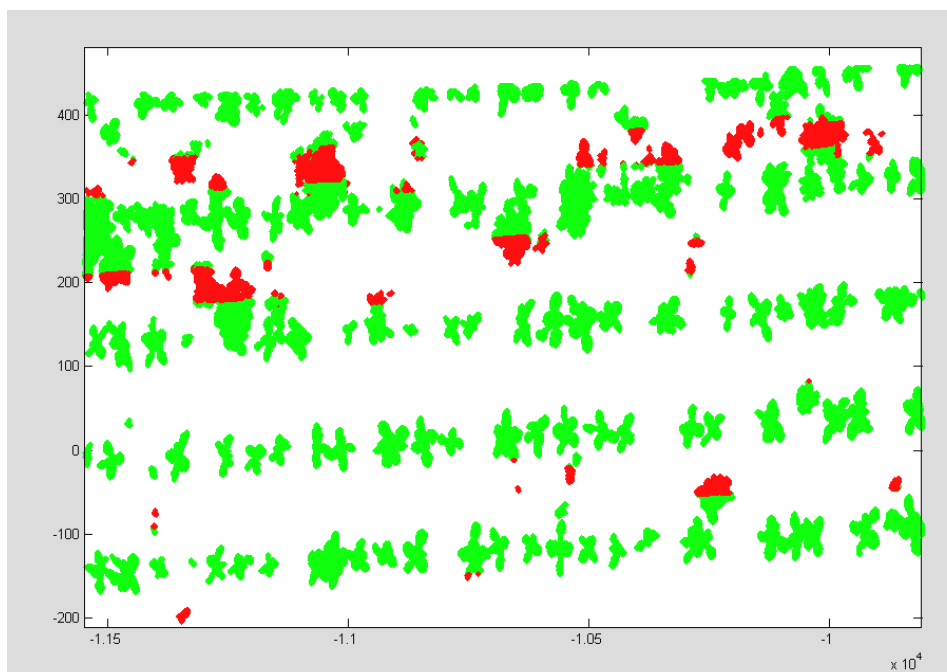


Fig. 9: Mappa delle piante di una porzione dell'appezzamento sperimentale di Meldert (Belgio), 19 maggio 2004. In rosso sono indicate le infestanti; in verde la coltura.

3.2. DISCUSSIONE

Il dispositivo per il monitoraggio delle infestanti di colture sarchiate è in grado di evidenziare le aree suscettibili di trattamento localizzato e se ne può ipotizzare l'applicabilità in un sistema *on-line* di distribuzione mirata di prodotti diserbanti, basato sull'impiego di irroratrici dotate di sistemi di controllo di sezioni modulari di barra o dei singoli ugelli.

Da annotare, al riguardo, che, viste le finalità sperimentali, la velocità di avanzamento del trattore durante il ciclo di prove è stata volutamente mantenuta su valori più bassi rispetto a quella ordinaria di diserbo. Tuttavia, poiché i tempi di elaborazione delle immagini sono inferiori a 1s, risultano teoricamente compatibili con le velocità di lavoro normalmente impiegate nelle operazioni di diserbo.

Prima di iniziare il monitoraggio, è tuttavia da tenere in considerazione una breve fase di calibrazione del dispositivo per il calcolo del *pulse train*, tramite acquisizioni su un tracciato di qualche metro privo di infestanti (fase *off-line*).

Un approccio prudentiale suggerirebbe di trattare omogeneamente (e indiscriminatamente) il campo in tutte le situazioni di incertezza e di avviare il trattamento in modalità selettiva solo quando sia verificato il corretto funzionamento del dispositivo.

In termini pratici, è consigliabile disattivare il sistema di monitoraggio delle infestanti in prossimità del bordo campo, area in cui, spesso, la semina irregolare rende difficoltosa l'individuazione automatica dell'interfila e dove, solitamente, la presenza delle malerbe risulta comunque elevata. Allo stesso modo devono essere considerate le zone interessate da manovre o svolte del trattore, nelle quali non è possibile ottenere una buona sovrapposizione delle immagini acquisite e, quindi, non risulta attuabile la ricostruzione della mappa col metodo a mosaico.

4. CONCLUSIONI

Obiettivo ultimo di questa ricerca è la messa a punto di uno strumento che possa trovare effettiva applicazione nella pratica agricola, caratterizzato pertanto da un buon compromesso tra efficienza tecnica e costi di realizzazione.

Una delle proprietà fondamentali con cui è stato pensato questo metodo di individuazione delle infestanti è la sua generale applicabilità a qualsiasi coltura erbacea purché sia sarchiata. Inoltre, il metodo è relativamente indipendente dal tipo di telecamera utilizzata e dal suo campo di visione. Infatti, per le telecamere digitali CIR in commercio è in genere possibile impostare i valori del tempo di integrazione e del guadagno di amplificazione dei segnali, mediante i quali viene eseguita la normalizzazione delle immagini.

La telecamera impiegata nei test sperimentali ha una risoluzione spaziale molto alta; tuttavia, per l'analisi delle immagini, è stato sufficiente utilizzare una risoluzione di 1/3 nelle direzioni di entrambe le coordinate (in pratica solo 1 pixel su 9). Questo dimostra che è plausibile adottare telecamere meno complesse e costose, abbinate ad algoritmi di elaborazione ancora più rapidi.

Una considerazione da tener presente nella scelta dell'ottica è quella di evitare aberrazioni spaziali dovute all'obiettivo, correlate all'aumento del tempo per processare i dati e alla necessità di correggere la distorsione delle immagini.

Bisogna, altresì, verificare la compatibilità della frequenza di acquisizione (caratteristica della telecamera e secondariamente del PC di supporto) con la velocità di avanzamento del trattore/irroratrice, poichè per costruire la mappa delle piante come un mosaico, indicativamente è necessaria una sovrapposizione minima delle immagini del 50%.

Come ipotesi di sviluppo si può pensare di ricorrere a una serie di piccole camere (del tipo USB o webcam), posizionate sulla parte anteriore del trattore, che acquisiscano nelle bande del rosso e dell'IR e che coprano l'intera larghezza della barra irroratrice. Tuttavia questo comporterebbe il forte vincolo di equipaggiare il sistema trattore/irroratrice con una seconda barra opportunamente distanziata dagli ugelli.

In ogni caso, attualmente la tecnologia optoelettronica è in rapida evoluzione e propone innovazioni a costi sempre più contenuti, offrendo la prospettiva, entro qualche anno, di superare anche l'ostacolo economico al fine di un reale e conveniente impiego a bordo delle macchine agricole (Oberti, 2003).

Bibliografia

- Brown R. B., Steackler J.-P. G. A., (1995), *Prescription maps for spatially variable herbicide application in no-till corn*, Transaction of the ASAE, 38 (6), pp. 1659-1666.
- Felton W. L., McCloy K. R., (1992), *Spot spraying*, Agricultural Engineering, 73 (6), pp. 9-12.
- Oberti R., (2003), *Sistemi ottici per la valutazione dello stato sanitario delle piante*, Atti della accademia dei Georgofili, Firenze, Settima Serie, vol. L -179°, pp 299-318.
- Tian L., (2002), *Development of a sensor-based precision herbicide application system*, Computers and Electronics in Agriculture, Elsevier, Londra (UK), 36, pp.133-149.
- Zhang N., Chaisattapagon C., (1995), *Effective criteria for weed identification in wheat fields using machine vision*, Transaction of the ASAE, 38, pp. 965-974.

Ringraziamenti

Si ringraziano per la preziosa collaborazione l'Ing. Agr. Cédric Bravo (KUL, Leuven), il Dr. Roberto Oberti e l'Ing. Ezio Naldi (Istituto di Ingegneria Agraria, Milano).

ISBN 88-901860-0-3

GeoGrafica - Catania