



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dip. di riferimento del CdS
Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente

Corso di laurea magistrale in
Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e il Territorio

**VALUTAZIONE DELLA PRODUTTIVITA'
DEI CANNETI
NELLA RISERVA NATURALE
“VALLI DEL MINCIO”
AI FINI DELLA
TRASFORMAZIONE ENERGETICA**

Relatore

Prof. **Maurizio Borin**

Correlatore

Dott. **Simone Breschigliaro**

Laureando

Yari Saetta

Matricola n. 1014486

ANNO ACCADEMICO 2012-2013

PREMESSA

Riserva Naturale dal 1984, le Valli del Mincio rappresentano una delle più estese zone umide italiane; oltre ad essere un'area di grande pregio naturalistico, esse costituiscono anche un importante centro storico-culturale per la provincia mantovana. La peculiarità di questo sito fu l'inscindibile legame tra natura e uomo, rapporto dalle cui fondamenta si è potuto sviluppare economicamente (e socialmente) l'intero paese di Rivalta sul Mincio. La gente del luogo ha saputo sfruttare a proprio vantaggio il deflusso lento del fiume, coltivando la palude come se fosse una "valle" e promuovendo una fiorente attività produttiva in grado di adattarsi, nelle diverse epoche, alle esigenze di mercato. La natura del luogo, tuttavia, è una "natura artificiale": infatti la zona umida (in origine circa 2000 ha di terreno) è frutto degli allagamenti causati dalle importanti opere idrauliche progettate da Alberto Pitentino nel 1190, a difesa della città di Mantova.

Prima di tali interventi il paese prosperava grazie ad intense attività come l'agricoltura, la pastorizia e in piccola parte la pesca. Tuttavia, a seguito delle opere, la popolazione dovette adattarsi e le genti si dedicarono prettamente all'attività di pesca, in grado di offrire grandi quantità di pescato. A sostegno di ciò si svilupparono anche altre attività destinate poi a diventare quelle prevalenti, legate alla raccolta e lavorazione delle canne ed erbe palustri.

Secondo la tradizione locale, si lavorava tutto l'anno; la pluralità delle attività (pesca, raccolta di specie palustri, estrazione di ghiaia, bachicoltura) offriva lavoro a uomini, donne e bambini. In merito a canne, carice ed erbe palustri, i primi erano addetti al taglio/raccolta della materia prima, le seconde all'intrecciatura necessaria per produrre le arelle, mentre i più piccoli si dedicavano ai legacci, corde molto resistenti per gli usi più disparati. La gestione tradizionale di canneti e cariceti prevedeva interventi manuali di raccolta della biomassa e azioni di pirodiserbo controllato delle superfici sfalciate, allo scopo di favorire la ricrescita delle porzioni epigee l'anno seguente. I prodotti manifatturieri della valle venivano poi commercializzati in città o esportati, nel caso delle arelle e dei carici anche all'estero (Germania, Inghilterra, Francia).

Una guida tecnica del 1910 riporta che era attivo un intenso movimento di merce sul Lago Superiore, all'incirca 22.500 t di cannuce (*P. australis*), 2.500 t di erba palustre o pattume e 550 t di Careggia (in Valle si coltivavano *Carex caespitosa*, la pregiata "caresa sottile", e *Carex riparia*, o "caresa grossa"). Fino ai primi del '900, infatti, l'edilizia e

l'artigianato locali facevano largo uso di tali materiali, rispettivamente per la fabbricazione di mattoni ben protetti (cannucce) e di sedie impagliate (carice). Le arelle potevano servire per realizzare sostegni per l'allevamento dei bachi da seta, basi per intonaci, tettoie, ripari per le serre, oppure erano usate come frangisole, stuoie, materiale da imballaggio contro le intemperie e via dicendo. Gli utilizzi locali delle cannuce avevano favorito l'instaurarsi di un sistema produttivo multiforme, legato anche ad altre attività, come la bachicoltura. Il carice, allo stesso modo, veniva utilizzato come rivestimento di fiasche e damigiane e per la produzione di impagliature per sedie.

Le esportazioni di pregio hanno raggiunto l'apice nel secondo dopoguerra, in quanto la ridotta disponibilità economica, in Europa, aveva promosso l'uso di materiali poveri in tutti i settori. Così, la Germania importava le arelle per la realizzazione delle tramezzature fonoassorbenti dei sistemi di isolamento delle pareti. Le canne più sottili venivano spedite in Olanda, dove venivano compattate e sovrapposte strato a strato al fine di ricomporre i tetti tradizionali. La Francia importava poi ampiamente i carici e i cosiddetti "pagliaccioni", ripari utilizzati per la copertura dei fiori in riviera. Le cannuce erano inoltre utilizzate in edilizia, per la fabbricazione di speciali mattonelle leggere, delle quali costituivano l'ossatura (Svizzera).

Dall'epoca del boom economico in poi (anni '60-'70), l'affermazione di materiali come cemento e plastica e la globalizzazione dei mercati hanno progressivamente rimosso l'interesse verso le Valli del Mincio, alla luce della ridotta domanda dei suoi prodotti. Attualmente insiste dunque un preoccupante stato di abbandono della zona umida, fenomeno che, peraltro, si riscontra anche in molte altre paludi e torbiere europee. Il lavoro in questione offre un punto di vista sulle modalità gestionali di una delle aree umide interne più estese d'Italia, fornendo spunti di riflessione interessanti per territori simili; si auspica che le proposte avanzate possano attribuire nuovo interesse alle zone umide, spesso abbandonate, non solo per finalità conservazionistiche ma nell'ottica di ripristino di siti produttivi degradati.

Sommario

PARTE I: INTRODUZIONE	1
1. LE WETLAND NATURALI	1
1.1. STATO ATTUALE DELLE WETLAND NATURALI	1
1.2. STRUMENTI E MISURE PER LA SALVAGUARDIA DELLE WETLAND	3
1.2.1. LA CONVENZIONE INTERNAZIONALE DI RAMSAR	3
1.2.2. CONSERVAZIONE IN AMBITO COMUNITARIO	4
1.2.3. MISURE COMUNITARIE	6
1.3. TENDENZE NATURALI	6
1.4. FUNZIONI ECOLOGICHE E SERVIZI ECOSISTEMICI	8
1.5. LA VEGETAZIONE MACROFITICA	10
2. RIPRISTINO DI WETLANDS NATURALI	11
2.1. OPZIONI GESTIONALI	11
2.2. "PALUDICOLTURA"	14
2.2.1. PRINCIPI	15
2.2.2. ESEMPI	15
2.2.3. BENEFICI DI BIODIVERSITA'	17
2.2.4. ULTERIORI BENEFICI	17
3. BIOMASSE DA WETLAND	18
3.1. IL PROBLEMA ENERGETICO E LE BIOMASSE	18
3.2. OBIETTIVI COMUNITARI E SOSTEGNO NAZIONALE ALLE BIOENERGIE	19
3.3. BIOMASSE IN ITALIA	21
3.4. PRODUZIONE SOSTENIBILE DI BIOMASSA: ASPETTI AMBIENTALI, SOCIALI ED ECONOMICI	22
3.4.1. "PALUDICOLTURA" A SCOPI ENERGETICI	24
3.5. TECNOLOGIE E FILIERE AGRO-ENERGETICHE	27
3.5.1. COMBUSTIONE	28
3.5.2. GASSIFICAZIONE	28
3.5.3. DIGESTIONE ANAEROBIA	29
3.5.4. PRODUZIONE DI BIOFUEL	29
4. CANNA PALUSTRE - <i>Phragmites australis</i> (Cav.) TRIN. EX STEUD.	31
4.1. MORFOLOGIA ED ECOLOGIA	32
4.2. MINACCE E FATTORI GESTIONALI	33
4.3. ASPETTI GESTIONALI E BENEFICI	36
4.4. UTILIZZI DELLA BIOMASSA RACCOLTA	38
5. PRESUPPOSTI E OBIETTIVI DELLO STUDIO	38

PARTE II: INQUADRAMENTO TERRITORIALE	41
1. INQUADRAMENTO GENERALE DELLE “VALLI DEL MINCIO”	41
2. RICONOSCIMENTI DI TUTELA	43
3. BACINO DEL FIUME MINCIO	44
3.1. IL SISTEMA IDRAULICO DEL FIUME MINCIO	45
4. SIC/ZPS “VALLI DEL MINCIO”	48
4.1. HABITAT E VEGETAZIONE	48
4.1.1. CANNETI E CARICETI	50
4.2. DESCRIZIONE SOCIO ECONOMICA	52
4.2.1. INTERAZIONE CON I PROPRIETARI LOCALI	56
4.3. REGOLAMENTO DEL SIC	57
4.4. ATTUALI CRITICITA’	60
4.4.1. ALTERAZIONI DEL REGIME IDROLOGICO DEL MINCIO	62
4.4.2. CARICHI INQUINANTI	63
4.4.3. RIDUZIONE DEGLI HABITAT PALUSTRI CONSERVATI ARTIFICIALMENTE	65
4.4.4. INCREMENTO DELLE SPECIE VEGETALI INVASIVE	66
4.4.5. ASPETTI LOGISTICO-GESTIONALI: CONTESTO PROBLEMatico	66
4.4.6. STATO COMPLESSIVO DELL’ECOSISTEMA VALLIVO	67
5. PRINCIPALI INIZIATIVE PROMOSSE DALL’ENTE PARCO ALL’INTERNO DELLA RISERVA	68
5.1. GESTIONE DI CANNETI E CARICETI	72
5.1.1. SISTEMA DI INCENTIVI PER LA “CURA” DELLE VALLI	72
5.1.2. INTERVENTI RECENTI	74
5.1.2.1. INTERVENTI GESTIONALI ORDINARI	74
5.1.2.2. INTERVENTI STRAORDINARI	77
6. IPOTESI DI GESTIONE CONDIVISA AI FINI DEL RIPRISTINO DELLA ZONA UMIDA	81
PARTE III: MATERIALI E METODI	84
1. LOCALIZZAZIONE DELL’AREA DI STUDIO	84
2. CARATTERIZZAZIONE DEI CANNETI	86
3. PROVE DI CAMPO	86
3.1. PRODUTTIVITA’ E QUANTITA’ DI AZOTO STOCCATO NEI CANNETI	86
3.1.1. CAMPIONAMENTI DI TERRENO E BIOMASSA	87
3.1.2. METODICHE DI ANALISI	89
3.1.2.1. CARBONIO E AZOTO TOTALI IN CAMPIONI DI TERRENO	89
3.1.2.2. AZOTO TOTALE E SOSTANZA SECCA IN CAMPIONI DI BIOMASSA	90
3.2. PRODUZIONE DI BIOGAS DA CANNA PALUSTRE	90
3.2.1. CAMPIONAMENTO, TRINCIATURA E INSILAMENTO DI CANNA PALUSTRE	91

3.2.2. CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEI TESSUTI EPIGEI	93
3.2.3. PROVE METANIGENE	93
3.2.3.1. LA PIATTAFORMA SPERIMENTALE	93
3.2.3.2. PROVE DI DIGESTIONE IN BATCH	94
3.3. IPOTESI DI SCENARI	95
PARTE IV: RISULTATI	96
1. CARATTERIZZAZIONE DEI CANNETI NELLE VALLI DEL MINCIO	96
2. PRODUTTIVITA' E QUANTITA' DI AZOTO STOCCATO NEI CANNETI	105
3. PRODUZIONE DI BIOGAS DA CANNA PALUSTRE	115
4. SCENARI	121
4.1. PRODUZIONE DI BIOMASSA	121
4.2. VALORIZZAZIONE ENERGETICA DELLA CANNA PALUSTRE	122
4.2.1. VALORIZZAZIONE TERMICHIMICA	124
4.2.2. DIGESTIONE ANAEROBIA	127
4.3. ASPETTI ECONOMICI	128
4.3.1. RACCOLTA DELLA BIOMASSA: ASPETTI GENERALI	128
4.3.2. TRASPORTO DELLA BIOMASSA: ASPETTI GENERALI	132
4.3.3. LA FILIERA DI TRASFORMAZIONE ENERGETICA DELLA CANNA PALUSTRE NELLE VALLI DEL MINCIO	133
4.3.3.1. FILIERA DI RACCOLTA CON MEZZI AGRICOLI	134
4.3.3.2. FILIERA DI RACCOLTA CON MEZZO ANFIBIO	135
4.3.3.3. ANALISI COSTI-BENEFICI	140
5. CONCLUSIONI	148
BIBLIOGRAFIA	152

PARTE I: INTRODUZIONE

1. LE WETLAND NATURALI

1.1. STATO ATTUALE DELLE WETLAND NATURALI

La minaccia del degrado delle wetland e dei relativi habitat costituisce motivo di preoccupazione all'interno della comunità scientifica, tant'è che le zone umide sono considerate tra gli ecosistemi più minacciati al mondo (Joosten and Clarke, 2002). Anche a livello europeo quelli acquatici e le torbiere sono tra gli habitat maggiormente minacciati (Commissione Europea, 2000).

Nel corso degli anni le opere idrauliche realizzate dall'uomo per la regimazione delle acque hanno indotto la stabilizzazione delle wetland presenti sul territorio, sottraendone i terreni per altri scopi (industriali, residenziali, agricoli, ecc.). A ciò si aggiunge che la maggior parte delle zone umide esistenti in Europa fu bonificata per fare spazio all'agricoltura. L'intensificazione agricola e l'abbandono di tali superfici (Van Diggelen et al., 2005) hanno comportato poi il degrado degli habitat di pregio (Bragg and Lindsay, 2003), a causa di fenomeni di eutrofizzazione e acidificazione, eccessivi prelievi di acqua (per usi civili, industriali e agricoli), artificializzazione delle sponde, immissione di specie alloctone, acquacoltura e infine errate gestioni dei livelli idrici. L'intrecciarsi di questi fattori, associati alla frammentazione degli habitat e ai cambiamenti climatici (Klimkowska et al., 2010), hanno contribuito alla scomparsa di almeno il 60% delle aree umide europee. Nonostante ciò, questi processi sono ancora in atto (RAMSAR Convention Secretariat, 2006). È stato stimato che l'estensione delle wetland in Europa si sia ormai ridotta a una superficie approssimabile a quella della Sicilia (Cuizzi, 2005).

In passato si è assistito alla formazione di prati umidi semi-naturali ricchi in biodiversità e in grado di ospitare specie tipiche dell'ambiente umido originario, da paludi moderatamente bonificate o comunque sottoposte a gestione poco intensiva (Hajek et al., 2006). In Europa anche questi sistemi oggi sono minacciati e presentano gravi stati di degrado, a causa del loro abbandono o delle bonifiche atte a consentire pratiche agricole intensive (Mountford, et al., 2006). Tali pratiche comportano cambiamenti considerati irreversibili (Okruszko, 1995), come la rapida decomposizione della torba con ingenti perdite di carbonio (C), la distruzione della struttura del suolo e fenomeni di subsidenza fino a 1 cm/anno (Eggesmann, 1986; Zeitz and Velty, 2002). Inoltre la maggiore disponibilità di nutrienti riduce la biodiversità e favorisce il dilavamento degli stessi nelle falde (Klimkowska

INTRODUZIONE

et al., 2010). Ne consegue che, dopo decenni di prosciugamenti intensivi delle wetland, si assiste all'affermarsi di comunità vegetali povere in biodiversità, dominate da specie rustiche e ruderali (Prach, 1996).

Anche in Italia, dall'epoca romana in poi, si sono susseguite grandi bonifiche delle wetland a scopi agricoli, estrattivi, venatori, ecc., che hanno comportato un netto ridimensionamento della loro superficie totale nazionale (Montemaggiori, 1996). Questo processo ha avuto il proprio culmine negli anni '60, in concomitanza del boom economico, epoca che segnò il declino del modello tradizionale di gestione delle zone umide. Secondo un rapporto dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), oggi questi ecotoni sono carenti d'informazioni (D'Antoni et al., 2011) e risultano presenti quasi esclusivamente laddove l'impatto antropico è ridotto o assente. Si legge dalle conclusioni del rapporto: *“Si rileva la necessità di rafforzare la messa in atto di strategie e di azioni integrate tra le politiche territoriali di sviluppo e di tutela dell'ambiente, tra sicurezza idraulica e rinaturalizzazione, per poter attivare una reale e concreta tutela delle zone umide e il recupero dell'integrità ecologica dei corsi d'acqua. In tale logica, è fondamentale che, nell'ambito dell'implementazione della nuova Politica Agricola Comunitaria (PAC) 2013-2020, sia dato il peso necessario a specifiche misure che le Regioni dovranno attivare nell'ambito dei Piani di Sviluppo Rurale.”*

Oggi, in Pianura Padana, un gran numero di ambienti acquatici perfluviali, tra cui lanche, torbiere, stagni e piccoli bacini poco profondi, evolve rapidamente verso sistemi terrestri a causa di processi naturali e antropici (Casale, 2000). Inoltre la tendenza a compensare i processi d'interramento delle zone umide marginali con inondazioni di nuove zone è stata progressivamente repressa, artificializzando fortemente i corpi idrici attorno agli anni '60. Di conseguenza gli ambienti un tempo mantenuti in condizioni di semi-naturalità, sono quasi del tutto scomparsi in quel periodo, a scapito di attività produttive.

L'ulteriore modificazione del modello gestionale delle wetland dagli anni ottanta in poi fu dovuta alla crescente sensibilizzazione verso l'ambiente. Tuttavia l'istituzione delle prime aree protette provocò talvolta la messa al bando di pratiche tradizionali di gestione (pirodiserbo), ritenute non in linea con gli obiettivi conservazionistici delle Riserve Naturali, senza che esse fossero sostituite da azioni manutentive alternative. L'assenza di un approccio multidisciplinare trasversale alla gestione di tali aree cristallizzò la situazione anche per decenni (in attesa della pubblicazione dei piani di gestione, o pdg). Se da un lato l'abbandono di pratiche tradizionali ha incrementato la diversità faunistica e floristica delle aree umide, dall'altro si è assistito all'evoluzione verso habitat di minor pregio, a scapito

della qualità complessiva del sistema. Infatti, alla perdita/cambiamento d' idoneità degli habitat per la riproduzione e l'alimentazione di specie ornitiche d'interesse comunitario, si deve sommare il peggioramento qualitativo delle acque in transito (Cuizzi, 2005).

1.2. STRUMENTI E MISURE PER LA SALVAGUARDIA DELLE WETLAND

Per tutte le ragioni elencate e alla luce del ruolo di centralità assunto dalla parola "biodiversità" negli ultimi vent'anni (Rio de Janeiro, 1992; X Conferenza delle Parti – COP10- della Convenzione sulla Biodiversità delle Nazioni Unite, Nagoya nel 2010), le aree umide richiedono una gestione oculata per la loro conservazione. Per questo, da qualche tempo, sono stati istituiti strumenti di tutela degli ambienti acquatici, di cui le wetland fanno parte, poiché considerati enorme serbatoio di biodiversità. A livello comunitario si è assistito negli anni alla sottoscrizione alla Convenzione internazionale sulla diversità ecologica, all'adesione a concetti come quello di sviluppo sostenibile, all'ideazione di strategie locali per il perseguimento degli obiettivi comuni. Diversi accordi e convenzioni internazionali (Convenzione di Ramsar, di Bonn, di Rio de Janeiro, *African Eurasian Waterbird Agreement – AEWA*) e direttive europee sostengono oggi la salvaguardia degli ecosistemi acquatici. Da rilevare l'iniziativa di MEDWET (*Mediterranean Wetland Initiative*), scaturita dalla Conferenza sulle zone umide mediterranee, svoltasi a Grado nel 1991, che ha definito l'obiettivo comune di "bloccare e invertire i processi di perdita e di degrado delle zone umide nel bacino del Mediterraneo". Infine è stato anche definito un Piano di lavoro internazionale congiunto per la tutela delle zone umide (*Joint Work Programme between CBD and Ramsar Convention on wetland*). Per altri approfondimenti si faccia riferimento ai lavori di D'Antoni e Natalia 2010 e D'Antoni et al., 2011.

1.2.1. LA CONVENZIONE INTERNAZIONALE DI RAMSAR

Nel corso degli anni sono stati stipulati molti accordi internazionali per la salvaguardia della biodiversità. A proposito delle zone umide è largamente riconosciuta la convenzione di Ramsar, un trattato internazionale a tutela delle wetland sottoscritto nell'omonima città iraniana nel 1971 da un gruppo di paesi impegnati a "mantenere le caratteristiche ecologiche delle proprie aree umide d'importanza internazionale e pianificare un uso saggio e sostenibile delle stesse all'interno dei propri territori". Come riportato all'art.1 comma 1, si definiscono come wetland "[...] distese di paludi e di acquitrini, di torbiere o di acque naturali o artificiali, permanenti o temporanei, dove l'acqua è stagnante o corrente, dolce, salmastra, o salata, ivi comprese distese di acqua marina la

INTRODUZIONE

cui profondità, a marea bassa, non supera i sei metri". L'art. 2.1 della stessa convenzione specifica che i confini di una zona umida inclusa nella Lista nazionale possono "...includere delle zone rivierasche o costiere contigue alla zona umida, e isole o distese di acqua marina di profondità superiore a sei metri a marea bassa, circondate dalle zone umide, in particolare allorché dette zone, isole o distese d'acqua, abbiano un'importanza in quanto habitat degli uccelli acquatici".

Al momento (maggio 2012) la convenzione conta 160 paesi aderenti e 2.005 aree umide di importanza internazionale, per un totale di 193 milioni di ettari di superficie protetta. Si stima che le aree umide coprano all'incirca il 3% della superficie complessiva di terre emerse e in esse sia immagazzinato oltre il 30% del carbonio totale presente sulla Terra (Cuizzi, 2005). La Convenzione è stata ratificata e resa esecutiva dall'Italia col DPR n. 448 del 13 marzo 1976 e con il successivo DPR n. 184 dell'11 febbraio 1987. Nella penisola i siti Ramsar sono 52 al momento, per un totale di circa 60 mila ettari di superficie. Sei di essi si trovano in Lombardia e nello specifico tre nella provincia di Mantova: le Paludi di Ostiglia, l'Isola Boscone e le Valli del Mincio.

1.2.2. CONSERVAZIONE IN AMBITO COMUNITARIO

Molte aree dell'Europa sono densamente popolate e sovra sfruttate a scopo alimentare o silvicolo; senza specifiche misure, la superficie destinata a finalità conservazionistiche si ridurrebbe ulteriormente (Schleupner and Schneider, 2010). Per superare questo fallimento di mercato, l'UE ha stabilito delle direttive per salvaguardare la biodiversità e proteggere degli importanti biotopi naturali, anche all'interno di zone umide. Gli strumenti principali della politica europea in tema di conservazione sono costituiti dalle Direttive Habitat (HD – 92/43/CEE) e Uccelli (BD – 2009/147/CE), cui si affianca la Direttiva Quadro sulle Acque (WFD – 2000/60/CE) che recepisce l'approccio ecosistemico per la tutela degli ecosistemi acquatici attraverso piani di gestione di distretto idrografico. Per altri approfondimenti sui riferimenti legislativi riguardanti le aree umide (L.394/91 "Legge quadro sulle aree protette", L.157/92 "Norme di protezione della fauna selvatica omeoterma e per il prelievo venatorio", D.LGS.42/2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio") si rimanda alla normativa nazionale.

Le HD e BD prevedono l'istituzione di aree protette, o Siti Natura 2000, all'interno della Rete Ecologica Europea Natura 2000, attualmente composta di:

- ZPS (Zone di Protezione Speciale), secondo la BD;
- pSIC (Siti di Interesse Comunitario proposti), secondo la HD;

INTRODUZIONE

- SIC (entro sei anni a decorrere dal riconoscimento di un SIC, lo Stato Membro è tenuto a designarlo come Zona Speciale di Conservazione, o ZSC), secondo la HD;
- ZSC già riconosciute, secondo la HD.

Attualmente in Europa circa il 18 % del territorio terrestre rientra nella Rete Natura 2000, che comprende 5.340 ZPS (estese su 624.403 Km²) e 22.564 SIC (per un totale di 734.863 Km²) (<http://ec.europa.eu>, aggiornamento febbraio 2011). In Italia sono stati istituiti 600 ZPS e 2.269 SIC, di cui rispettivamente 66 (300 mila ha) e 193 (225 mila ha) in Lombardia (nel complesso il 15,6% del territorio regionale) (Casale et al., 2008). In fase di piena operatività rimarranno comunque solo ZSC e ZPS, che si sommeranno alle aree di “Collegamento ecologico funzionale” (art. 10 dir. Habitat).

La presenza di specie e habitat d’interesse comunitario rende i Siti Natura 2000 e le aree protette, tra cui le Zone Ramsar, elementi basilari per l’integrazione delle Direttive HD, BD e WFD (D’Antoni and Natalia, 2010). A tal riguardo, tuttavia, i macrohabitat di riferimento indicati negli allegati della HD sono talmente eterogenei in ambienti fluviali che la classificazione secondo i codici Natura 2000 non è esaustiva ai fini dell’analisi ecologica dei biotopi acquatici. Di conseguenza è operata un’ulteriore suddivisione tramite altri sistemi di classificazione europei, il database CORINE Biotopes e il sistema EUNIS, i quali consentono di distinguere almeno parzialmente le numerose varianti di ciascun macrohabitat. In questo modo anche i biotopi non citati direttamente dal manuale Natura 2000, ma comunque importanti per la qualità degli habitat, possono rientrare nella programmazione della rete ecologica (European Commission 2010).

Con la Strategia Nazionale sulla Biodiversità si è intrapreso un percorso conoscitivo delle aree umide, che si propone di attuare delle sinergie tra WFD, HD e BD. A tal riguardo l’ISPRA (Servizio Aree Protette e Territorio – Dipartimento Difesa della Natura), in collaborazione con il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (Dipartimento Protezione della Natura), ARPA Toscana, ed esperti nazionali e internazionali, ha redatto un documento che si propone di “*..fornire una base conoscitiva su cui elaborare indicazioni per la tutela di questi ambienti in linea con la Strategia Nazionale per la Biodiversità e sulle indicazioni a livello europeo e internazionale.*” Per informazioni approfondite sull’inventario delle aree umide nazionali, loro stato attuale, modalità di gestione, ecc. si rimanda pertanto al rapporto di D’antoni et al., 2011. Lo stesso rapporto riporta anche che “*..La perdita dei servizi ecosistemici propri delle zone umide [...] potrebbe determinare impatti preoccupanti sui processi produttivi e sulla qualità della vita dell’uomo.*”

Alla luce di tutto ciò, è quindi d'interesse valutare vie di ripristino ecologico delle wetland degradate tramite piani e azioni anche a lungo termine (Klimkowska et al., 2010), integrandole con la gestione conservativa del sito (Young, 2000).

1.2.3. MISURE COMUNITARIE

Le HD e BD prevedono che, per la definizione delle misure da attuare nei Siti Natura 2000, occorre considerare le esigenze economiche, sociali e culturali, nonché le particolarità regionali e locali (art. 2.3 della HD), e se un progetto o un piano è di rilevante interesse pubblico (art. 6.3. e 6.4 HD).

Molte delle riserve Natura 2000 che si trovano in zone umide altamente antropizzate sono piccole e isolate; per esse è richiesta un'estensione della loro superficie, tramite terreni aggiuntivi di valore conservazionistico o dall'elevato potenziale di ripristino (European Commission, 2010). In virtù della complessità dei sistemi wetland e del loro stato di salute generale, dunque, è necessario proporre delle scelte gestionali sostenibili. A tal riguardo l'UE supporta interventi atti al raggiungimento degli obiettivi comunitari in materia ambientale. Dal 1992 lo strumento finanziario di co-finanziamento di queste azioni nei paesi Membri è stato LIFE (L'instrument Financier pour l'Environnement), che ha contribuito approssimativamente con 2.8 miliardi di Euro alla realizzazione di 3.708 progetti inerenti ai tre settori applicativi Life-Natura, Life-Ambiente e Life-Paesi terzi. Attualmente è in corso il programma LIFE+, che sostituisce i precedenti strumenti in materia di diritto ambientale comunitario, tra cui il "LIFE" stesso (conclusosi con la sua III edizione al termine del 2006). Life+ mette a disposizione 2.143,409 milioni di euro ed è valido dal 1 gennaio 2007 al 31 dicembre 2013. Come il suo predecessore "LIFE", LIFE+ cofinanzia progetti a favore dell'ambiente nell'Unione europea (UE) e in taluni paesi terzi. Anch'esso prevede tre differenti componenti tematiche: 1) LIFE+ "Natura e biodiversità"; 2) LIFE+ "Politica e governance ambientali"; 3) LIFE+ "Informazione e comunicazione". I progetti finanziati possono essere proposti da operatori, organismi o istituti pubblici e privati (<http://ec.europa.eu>).

1.3. TENDENZE NATURALI

Certe condizioni (ristagno idrico, insufficienza di ossigeno, basse temperature) possono portare a un accumulo di sostanza organica negli specchi d'acqua che ne provoca la transizione a torbiere (UFAFP, 2002; D'antoni et al., 2011). I fenomeni naturali d'interrimento, da cui trae origine il concetto di successione ecologica nelle wetland,

INTRODUZIONE

comportano la progressiva evoluzione dell'ambiente ripariale verso sistemi terrestri, più asciutti (fig.1), a testimonianza del fatto che tali ecosistemi necessitano di particolare attenzione. Essi coincidono con l'accumulo di sostanza organica refrattaria a livello dei sedimenti, che ha prettamente origine naturale, ma è anche influenzata dall'azione antropica. La mancata asportazione del materiale vegetale dall'area ne provoca l'accumulo sui fondali. Ciò ha a che fare con l'interdipendenza tra gli eventi di produzione e quelli di decomposizione, accoppiamento secondo cui al termine del proprio ciclo vitale i produttori primari costituiscono substrato per i decompositori, i quali a loro volta rigenerano i nutrienti essenziali per un nuovo ciclo di produzione. Nello specifico in ambienti umidi di pianura il rapporto P/R (produzione/respirazione) è maggiore di uno il che implica che i tassi di decomposizione sono più bassi di quelli di produzione. Vi è dunque un'insufficiente rimozione del materiale organico da parte degli organismi bentonici decompositori, che non sono in grado di mineralizzare tutta la biomassa depositata. Il risultato è un accumulo di sostanza organica e nutrienti nel comparto sedimentario, che induce a una continua evoluzione degli ambienti ripariali (Cuizzi, 2005).

L'interrimento, sebbene processo spontaneo, può essere favorito da fenomeni antropici come l'inquinamento delle acque, che induce l'eutrofizzazione, o da un'errata regolazione idraulica. Nei casi tipici le paludi traggono la loro origine dall'interramento di uno specchio d'acqua che è colmato dai resti organici di piante acquatiche, in particolare canne e carici morte, decomposte solo parzialmente. Con il tempo l'acqua libera è sostituita da una palude e lo stadio finale del processo evolutivo è un bosco paludoso. In seguito, in presenza di condizioni climatiche e topografiche particolari, la torba può elevarsi sopra il livello dell'acqua freatica sottraendo così la vegetazione al suo influsso e nello specifico all'approvvigionamento di sostanze nutrienti. La palude evolve così, attraverso lo stadio della palude di transizione verso la torbiera. L'impaludamento di terreni piani o convessi, o di aree golenali temporaneamente inondate, può scostarsi dall'evoluzione-tipo qui descritta. La formazione di torbiere dall'elevato spessore del suolo torboso richiede in ogni caso millenni, alla luce dei processi evolutivi geomorfologici e pedologici (UFAPP, 2002).

INTRODUZIONE

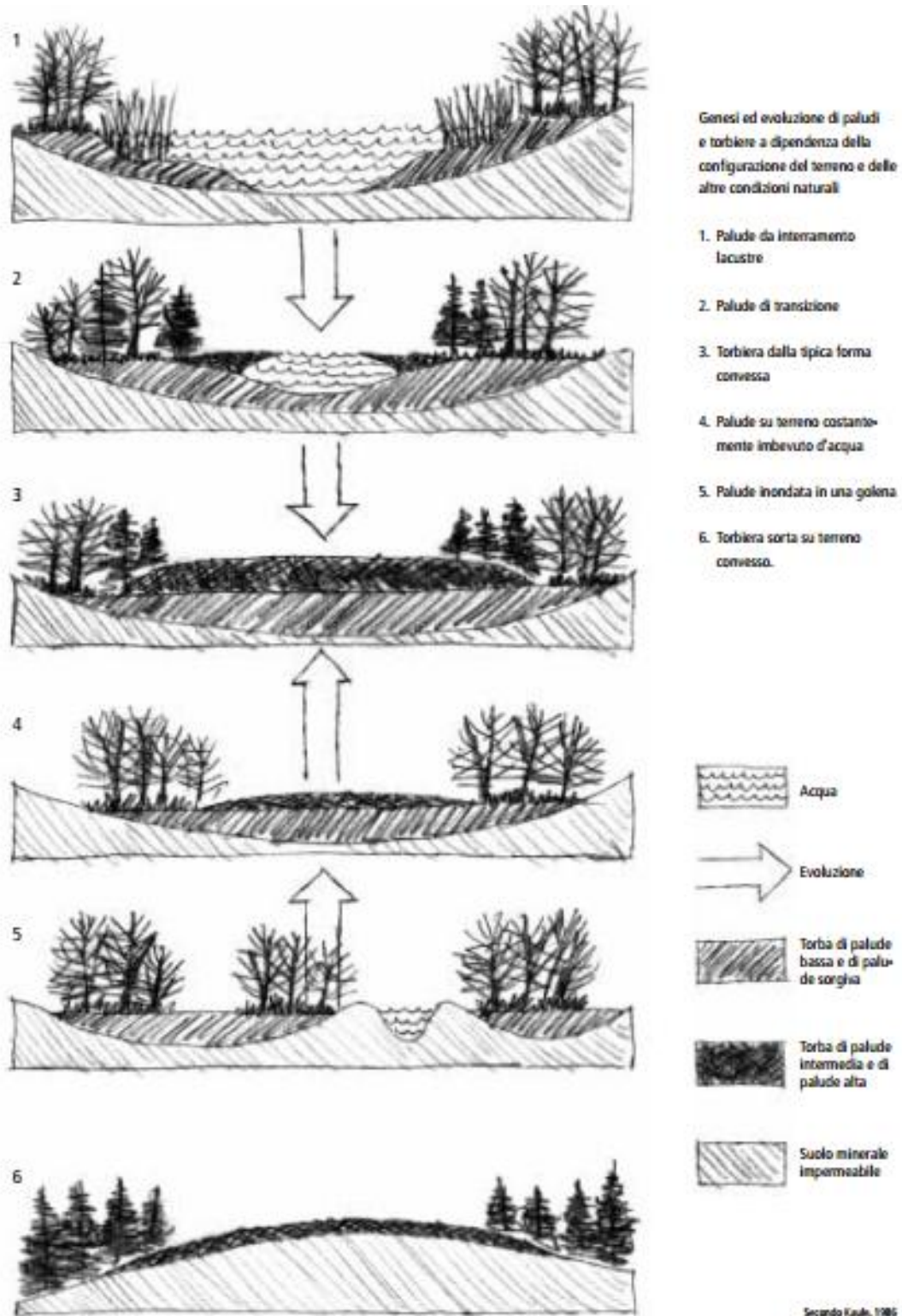


Figura 1 - Evoluzione di paludi e torbiere (UFAPP, 2002)

1.4. FUNZIONI ECOLOGICHE E SERVIZI ECOSISTEMICI

L'importanza delle zone umide è ormai consolidata all'interno della comunità scientifica e ha trovato riscontro anche a livello politico-decisionale. Il motivo risiede nelle

INTRODUZIONE

funzioni ecologiche e nei servizi ecosistemici offerti dalle wetland, il cui valore economico è però difficilmente quantificabile (Costanza et al., 1997). Esse si possono definire come "la capacità del processo e dei componenti degli ecosistemi di fornire beni e servizi che soddisfino i bisogni umani, direttamente o indirettamente" (de Groot, 1992; de Groot et al. 2006). Gli aspetti funzionali più importanti sono (Borin, 2003; Wheeler, 1988; Zedler and Kercher, 2005):

- produttivo: le zone umide sono ambienti particolarmente favorevoli alle attività produttive d'itticoltura e molluschicoltura (acquacoltura). Possono offrire opportunità in ambito agricolo (coltivazione del riso, della juta, ecc.) e costituiscono potenziali aree di pratica della caccia o per l'allevamento del bestiame. Altra possibile destinazione d'uso delle aree umide è quella che le vede coinvolte nella produzione di materiale vegetale di vario genere (legna da ardere, canne e giunchi per l'artigianato, ecc.). Hanno talvolta grande rilevanza nell'ambito della produzione di sale;
- idrogeologico: le zone umide svolgono funzioni di attenuazione e di regolazione di fenomeni come le piene dei fiumi. Le paludi adiacenti ai corsi d'acqua assicurano un'efficace raccolta delle acque durante le piene (cassa di laminazione), rallentando così il deflusso delle acque e riducendo il rischio di alluvioni. L'acqua accumulata drena poi durante i periodi di magra assicurando il mantenimento delle falde acquifere, importanti serbatoi sotterranei. Tali aree stabilizzano anche il microclima e riducono l'erosione delle sponde;
- chimico-fisico: la ricca e diversificata vegetazione delle zone umide conferisce a questi ambienti la capacità di assimilazione dei nutrienti e la possibilità di creare condizioni favorevoli per la decomposizione microbica della sostanza organica. Inoltre è sempre crescente l'importanza della loro funzione quali *carbon sinks and stores* (Belyea and Malmer, 2004);
- biologico: le aree umide offrono habitat per molte specie minacciate (animali e vegetali) e sono quindi fondamentali per la tutela e la conservazione della biodiversità. Esse sono, infatti, tra gli ecosistemi a più alta produttività primaria al mondo, al pari di foreste pluviali e barriere coralline;
- educativo, culturale e ricreativo: per le svariate attività legate a questi luoghi. Il birdwatching, la canoa, la pesca e le rievocazioni storico-culturali

INTRODUZIONE

legate alla presenza di antichi manufatti, a testimonianza delle tipiche attività dell'area, ne sono degli esempi;

- scientifico: dallo studio dei profili pollinici delle torbiere è possibile, ad esempio, ricostruire le vicende ecologiche, climatiche ed evolutive del territorio di questi ambienti (Barber, 1993).

Per questo insieme di funzioni e per la capacità delle zone umide di fornire servizi, esse sono spesso sede di conflitti d'interesse, determinati soprattutto dalle modalità e intensità di sfruttamento di alcuni di essi (esempio pesca e caccia), a scapito di altri (biodiversità, controllo delle piene, regolazione del clima, ecc.). Questo serve a porre l'accento su come le zone umide siano ancora ambiti sottovalutati da un punto di vista culturale, ma sovra-utilizzati per quanto riguarda le funzioni produttive, cioè i servizi di fornitura (Borin 2004).

1.5. LA VEGETAZIONE MACROFITICA

Le wetland dominate da macrofite emergenti sono tra le comunità vegetali più produttive al mondo (Wetzel 1983). L'elevata produttività primaria (fotosintesi) è dovuta alla presenza di una fitta vegetazione di macrofite (piante vascolari i cui tessuti sono facilmente distinguibili) e alle comunità microbiche che costituiscono il fitoplancton e che risiedono nella zona fotica (illuminata) dell'interfaccia acqua/aria. L'USFWS ha individuato più di 6.700 specie palustri obbligate (trovate esclusivamente in aree umide) o facoltative (in grado di adattarsi anche ad ambienti non perennemente umidi); le piante da wetland possono essere legnose o erbacee, e, tra queste ultime, annuali o perenni. A seconda della forma predominante di crescita, esse sono classificabili in idrofite sommerse, idrofite galleggianti, elofite e igrofite. La naturale evoluzione delle aree umide comporta che le piante si dispongano in fasce parallele alla sponda, sulla base della profondità delle acque; procedendo dalla parte più profonda del corpo idrico verso la sponda si trovano, nell'ordine, le radicate sommerse, le idrofite radicate galleggianti e quelle natanti, le elofite e per ultime le igrofite (Borin 2004).

La funzione filtro di ambienti di transizione come prati umidi, boschi ripariali, zone palustri, ecc. trova riscontro nella capacità di modificare i flussi di energia e materia che li attraversano, di fatto convertendo inquinanti comuni delle acque in prodotti metabolici innocui o a loro volta substrato di nuovi processi biologici. La presa di coscienza del valore ecologico di questi siti ha promosso anche la creazione di nuovi ambienti (wetland costruite) allo scopo di migliorare la qualità delle acque in transito.

INTRODUZIONE

I processi di purificazione dei corpi idrici mediati dagli organismi vegetali adatti ai suoli umidi possono essere definiti come fenomeni di fitodepurazione diffusa. L'effetto depurante, che può agire su BOD (Biochemical Oxygen Demand), solidi sospesi, azoto, fosforo, elementi traccia e carica patogena del corpo idrico, è mediato da processi fisici, chimici e biologici, in complessa relazione tra loro; i primi includono processi come la sedimentazione, la filtrazione e l'adsorbimento, i secondi la precipitazione, l'adsorbimento e la decomposizione, infine gli ultimi il metabolismo e l'adsorbimento (Borin, 2004). I processi depurativi dei corpi idrici sono promossi dal contatto acqua – complesso suolo/microrganismi/vegetazione; la vegetazione che colonizza le wetland riveste dunque un ruolo fondamentale sia per la capacità diretta di abbattere gli inquinanti (filtrazione radicale, assorbimento metabolico, fenomeni di adsorbimento ecc.), sia per la funzione di supporto naturale verso le popolazioni microbiche implicate nei processi di fitodepurazione. Per esempio l'N, oltre ad essere assorbito dalle piante tramite le radici, è rimosso dai batteri adesi all'apparato ipogeo per mezzo di processi di ammonizzazione / nitrificazione / denitrificazione.

Infine la comunità macrofitica delle wetland presenta altre funzioni:

- riduce la velocità di transito delle acque;
- limita l'erosione delle sponde (Brix, 1997);
- inibisce la produzione algale tramite attenuazione del passaggio luminoso (ombreggiamento);
- rilascia O₂ dalle radici nella rizosfera (Brix, 1993; Moorhead and Reddy, 1988), elemento essenziale per i processi di respirazione dell'apparato radicale, di respirazione microbica e di ossidazione chimica;
- offre i presupposti per la creazione di un habitat idoneo alla nidificazione e allo svernamento di specie ornitiche d'importanza comunitaria.

2. RIPRISTINO DI WETLANDS NATURALI

2.1. OPZIONI GESTIONALI

Il progressivo abbandono delle zone umide degradate induce l'incremento di problemi ambientali già esistenti (degrado del suolo, pericolo incendi) (Klimkowska et al., 2010), ingigantendo gli sforzi necessari per ripristinarle (Van Andel and Grootjans, 2006). La comunità scientifica pare quindi ormai concorde nel promuovere una gestione attiva delle wetland rimaste, al fine di preservare tali ecosistemi complessi anche in realtà antropizzate o in evidenti stati di degrado (D'Antoni et al., 2011). Occorre precisare che il ritorno delle

INTRODUZIONE

zone umide a una situazione originaria è spesso irrealizzabile, a causa dei mutamenti irreversibili del paesaggio, delle condizioni trofiche e idrologiche e nell'uso suolo. Spesso alla presenza di stadi d'interramento molto avanzati le uniche operazioni tecnicamente ed economicamente realizzabili sono quelle di conservazione. Il ripristino di questi ambienti dipende principalmente da una corretta regimazione delle acque, realizzata mediante azioni di riattivazione della circolazione idraulica e opere di contenimento, e da interventi di ripristino vegetazionale.

Tali aspetti andrebbero pianificati in funzione degli obiettivi prefissati (Borin 2004). Per tale ragione è importante definire in modo chiaro le priorità d'uso del suolo che s'intendono perseguire con il ripristino delle zone umide degradate (Klimkowska et al., 2010). Sono stati proposti diversi "usi del suolo" (tutela di specie rare, biodiversità, *water storage*, *nutrient storage*, *carbon storage*, benefici economici, altri usi), ma la scelta gestionale più auspicabile prevede di combinare molteplici funzioni. Tale proposta non è sempre realizzabile (fig.2).

Table 1
Alternative restoration and management options for severely degraded fens and their probable effects on natural values and ecosystem services. Symbols: ++, strongly positive (+2); +, positive (+1); -, negative (-1); --, strongly negative (-2); +/-, unclear or mixed (0). In the brackets we gave the weights, which were used for sum calculations.

Management options	Initial costs	Rare species	Biodiversity	Water storage	Nutrient storage	Carbon storage	Other uses	Short-term economical benefits	Sum
<i>Intensive land use</i>									
Intensive agriculture dairy farming	High	-	--	-	--	--	-	High	-8
Intensive biofuel production	High	-	--	-	--	--	-	High	-8
Peat extraction	Medium	+/-	-	-	--	--	Recreation	High	-6
<i>Low-intensity land use</i>									
Leaving it as it is (severely drained)	Low	-	--	--	-	--	-	Low	-8
Grass-clover mix, P-mining, improving hydrological system, mowing	Low	-	+/-	+/-	+/-	+	Fodder production	Low	0
Low-intensity agriculture, improving hydrological system, mowing, wet hay meadows	Medium	+/-	+	+	-	+/-	Flood control recreation	Medium	+1
Alder wood, rewetting	Low	-	+	++	-	++	Flood control	Medium	+3
<i>Nature restoration</i>									
Eutrophic wetlands restoration, rewetting	Low	+/-	+/-	++	-	++	Flood control	Low	+3
Fen meadow restoration topsoil removal, improving hydrological system, mowing	High	+	+	+	+	+	Flood control recreation, hay making	Low	+5
Fen meadow restoration topsoil removal, seed transfer, improving hydrological system, mowing	High	++	++	+	+	+	Flood control recreation low-intensity use, hay making	Low	+7

Figura 2 – Opzioni di gestione e ripristino di paludi fortemente degradate e loro probabili effetti sui servizi ecosistemici (Klimkowska et al., 2010)

Un miglioramento delle condizioni dell'habitat può essere realizzato implementando un sistema di gestione non intensivo. Se il classico approccio conservativo come la cessazione delle attività agricole ha portato a risultati mediocri in questi ecosistemi (Mountford, et al., 2006; Manchester et al., 1999), è vero anche che è possibile un miglioramento delle funzioni ecosistemiche e un incremento di biodiversità in paludi molto

INTRODUZIONE

degradate, ragionevolmente ottenibili tramite ripristino di prati umidi semi-naturali (Klimkowska et al., 2010). Obiettivi conservazionistici moderatamente ambiziosi possono essere raggiunti in maniera relativamente facile, mentre altri miglioramenti necessitano di ampi investimenti (Klimkowska et al., 2007).

E' stato dimostrato che il ripristino richiede un miglioramento delle condizioni ambientali, raggiungibile tramite innalzamento dei livelli idrici (Jansen et al., 2000) e decremento della disponibilità di nutrienti (Van Duren et al., 1997). Tra i metodi di ripristino proposti, l'esondazione di alcune aree bonificate (rewetting) e il miglioramento del sistema idraulico sono risultate operazioni necessarie ma comunque non sufficienti al ripristino complessivo delle wetland degradate (Klimkowska et al., 2010). Nonostante la necessità di altre misure, l'esondazione rappresenta spesso l'unico intervento applicato (Pfadenhauer and Grootjans, 1999). Sono state proposte poi varie vie di gestione poco intensive, tra cui il pascolo regolato del bestiame, lo sfalcio della vegetazione, il controllo degli arbusti.

Tuttavia la domanda globale di biomasse si espande rapidamente a fronte delle richieste dei settori alimentare ed energetico, che si trovano sempre più in competizione per le terre arabili. Così l'incremento demografico mondiale, la crescente prosperità delle economie emergenti e l'elevata domanda di biocarburanti (*biofuel*) hanno rinnovato l'interesse globale per le wetland degradate (Wichtmann et al., 2010). La bonifica e lo sfruttamento intensivo di tali aree a scopo alimentare o energetico comportano oggi i maggiori benefici economici a breve termine. Tuttavia questa è la peggiore tra le destinazioni d'uso considerate. Colture energetiche erbacee (*biofuel crops*) come *Miscanthus sp*, *Arundo donax*, *Panicum virgatum*, *Zea mays*, ecc., e piante come salici e pioppi costituiscono oggi una potenziale fonte di guadagno e la loro coltivazione costituisce un pretesto economicamente vantaggioso per bonificare zone umide altrimenti inutilizzate. Nell'Europa centro-occidentale si osserva un incremento delle bonifiche finalizzate *alla coltivazione di Zea mays e Miscanthus*, nel sud-est asiatico si è assistito alla grande espansione di piantagioni per la produzione di olio di palma, in Florida si coltiva zucchero di canna e in Scandinavia foreste per la legna (Wichtmann and Joosten, 2007; Wicke et al., 2008; Sarkkola, 2008).

Lo sfruttamento intensivo delle zone umide degradate non comporta un miglioramento della qualità dell'habitat, ma è addirittura dannoso per la biodiversità. Inoltre per massimizzare le rese delle colture energetiche è richiesto un ulteriore abbassamento del livello idrico, intervento questo che incrementa la decomposizione di torba e rilascio di CO₂ in atmosfera. Infatti, la bonifica di suoli torbosi (suoli con strati organici >30 cm, Wichtmann

and Wichmann, 2011) comporta il rilascio di 25 t CO₂-eq/ha*year. Tali interventi a scopi agro-silvicoli e l'estrazione di torba associata al suo utilizzo per fini energetici e orticoli sono complessivamente responsabili dell'emissione di GHG per 2Gt di CO₂ per anno (6% del totale delle emissioni antropogeniche di CO₂) (Joosten, 2009). In questo modo il contributo dei biofuel alla stabilizzazione climatica si annulla (Schulze and Freibauer, 2005; Couwenberg, 2007).

Alla luce dei recenti trend globali dunque, la protezione delle riserve di C nei suoli torbosi potrebbe costituire un target di crescente importanza (Schulze and Freibauer, 2005). Si ricorda uno degli obiettivi specifici della Strategia Nazionale per la Biodiversità – “Acque interne” – consiste nel *“proteggere e preservare gli ecosistemi delle acque interne a scala di bacino idrografico, contrastandone il degrado e la perdita di biodiversità e, laddove possibile, promuoverne il ripristino, per garantirne vitalità e funzionalità e la produzione dei servizi ecosistemici che da essi derivano, principalmente per l'alimentazione e il rifornimento idrico ma anche per la loro capacità di mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici.”*. In tal senso la richiesta di suolo per la produzione di biomassa può costituire un'opportunità valida di conservazione delle zone umide e di lotta all'effetto serra se associata a interventi di rewetting delle wetland bonificate. È stata quindi suggerita una possibilità di gestione che consentirebbe di ottemperare, in parte, sia alle esigenze di conservazione di tali ecosistemi, sia alla necessità di contrastare i cambiamenti climatici. Questa nuova alternativa è definita “Paludicoltura” (Wichtmann and Joosten, 2007).

2.2. “PALUDICOLTURA”

Il termine “Paludicoltura” indica la coltivazione sostenibile di biomassa in torbiere (peatlands) esondate e ri-esondate (bonificate e poi sottoposte a rewetting). Tale approccio è un'innovazione per lo sfruttamento di suoli organici, in opposizione alla tradizionale bonifica finalizzata all'agri-silvicoltura (Wichtmann and Joosten, 2007). Siccome le bonifiche delle torbiere (associate ai fenomeni di subsidenza e deterioramento del suolo che ne derivano) hanno comportato una grave perdita di biodiversità e ulteriori contributi all'effetto serra, c'è tutto da guadagnare nel promuovere l'esondatazione di questi terreni al fine di invertirne i processi evolutivi. Sarà sostanzialmente ridotto il rilascio diretto di gas serra dal suolo (specialmente CO₂ e N₂O, Joosten and Augustin, 2006) e, in caso di coltivazione a scopi energetici, si assisterà anche al rimpiazzo dei combustibili fossili, con ulteriore abbattimento delle emissioni di CO₂.

2.2.1. PRINCIPI

Idealmente questo tipo di coltivazione non blocca i processi di accumulo di torba nelle wetland, che potrebbero addirittura essere riattivati dall'elevato grado d'idromorfia. Il principio base prevede l'utilizzo di quella parte di produzione primaria netta (NPP) che non è necessaria alla formazione di torba (circa l'80/90% di NPP) (Wichtmann and Joosten, 2007). Nelle regioni dove si riscontrano elevate produttività (zone temperate, subtropicali e tropicali) la raccolta della biomassa epigea non costituisce una minaccia alla capacità di sequestro di C della torba ("peat sequestering capability"). Infatti, le specie dominanti di questi ambienti provvedono all'accumulo di torba tramite gli organi ipogei (radici, rizomi, ecc.), andando a formare il cosiddetto strato di "replacement peat" (Prager et al., 2006).

Riassumendo, l'aspetto basilare della paludicoltura è la coltivazione di specie vegetali che:

- prosperano in condizioni idromorfe;
- producono biomassa in quantità e qualità sufficienti agli utilizzi previsti;
- contribuiscono alla formazione di torba.

Esiste un grande potenziale commerciale per la biomassa da zone umide. Oltre agli utilizzi agricoli tradizionali (foraggio, lettiera per il bestiame), essa può essere impiegata anche come materia prima per l'industria e nella produzione di energia. In zone eutrofiche molto degradate la messa a dimora di canne o alberi prima del rewetting può accelerare l'insediamento della specie desiderata (Wichtmann et al., 2010).

2.2.2. ESEMPI

Le opzioni di coltivazione delle wetland degradate sono proposte a monte degli interventi di rewetting, tenendo in considerazione la produttività delle specie utilizzate (fig.3).

Table 1: *Productivity of selected reeds and wetlands (after Timmermann 2003)*

Dominant species	Productivity t DW ha ⁻¹ a ⁻¹
Common Reed (<i>Phragmites australis</i>)	3.6 - 43.5
Cattail (<i>Typha latifolia</i>)	4.8 - 22.1
Reed Canary Grass (<i>Phalaris arundinacea</i>)	3.5 - 22.5
Sweet Reedgrass (<i>Glyceria maxima</i>)	4.0 - 14.9
Lesser Pond-sedge (<i>Carex acutiformis</i>)	5.4 - 7.6
Great Pond-sedge (<i>Carex riparia</i>)	3.3 - 12.0
Fallow wet grassland	6.4 - 7.4
High-intensity grassland	8.8 - 10.4

Figura 3 – Produttività di specie palustri e wetlands (Wichtmann and Joosten, 2007)

INTRODUZIONE

Di seguito si riportano, dunque, alcuni esempi di biomassa coltivabile:

- *comunità di specie in successione*. L'esondazione delle torbiere in stato di degrado comporta intense dinamiche di sviluppo vegetazionale e conversioni chimiche. In relazione al grado di trofia, regime idrologico e altre condizioni sito-specifiche si vengono a insediare canneti (*reed beds*) di *P. australis*, *Phalaris arundinacea*, *Glyceria maxima*, o *Typha*, *Carex* spp. e perfino arbusti di *Salix cinerea*. La coltivazione selettiva delle singole varietà locali è in grado di garantire maggior approvvigionamento della biomassa rispetto alle naturali comunità di successione ("wild succession communities");
- *Phragmites australis* (canna palustre, o common reed). Specie dall'elevata produttività, si può sviluppare per successione spontanea o per innesto artificiale a seguito di rewetting. Considerato il suo potenziale, specialmente nei climi nostrani, *Phragmites* sarà affrontata in un capitolo a parte;
- *Typha latifolia*, *T. angustifolia* (cattail). E' possibile un raccolto fino a 40 t DW/ha*year (Wild et al., 2001) e gli utilizzi sono per lo più in ambito bioedilizio. I livelli idrologici ottimali per il suo sviluppo vanno da 20 a 150 cm di sommersione, ma si richiedono ulteriori studi per valutarne l'insediamento permanente;
- *Carex* spp. (sedges). Può essere utilizzato in ambito industriale ed energetico. Si può ipotizzare una produttività fino a 12 t DW/ha*year;
- *Alnus glutinosa* (ontano nero, o alder). È prodotto un legno di valore, utilizzabile, oltre che come combustibile, anche per impiallaccature, in falegnameria, e come legno di alta qualità. Una foresta di media produttività è in grado di fornire dopo 70 anni circa 550 m³ solidi di legno per ettaro. La coltivazione di ontano nero a scopi commerciali può essere combinata alla formazione di torba in determinate condizioni idriche (Schäfer and Joosten, 2005);
- *Phalaris arundinacea* (saggina spagnola, o reed canary grass). Canneti di *Phalaris* si sono sviluppati per successione naturale in ampie zone umide della Germania nord-orientale oggetto di ripristino, a causa degli insufficienti apporti di acqua (Wichtmann and Joosten, 2007). La raccolta può essere effettuata in inverno, quando le minori concentrazioni di S, Cl, K nei tessuti ne migliorano le proprietà di combustione (Mortensen, 1998);

- *Sphagnum* spp. (muschio di torba, o peatmoss). Il prodotto può sostituire la torba fossile in orticoltura (Gaudig and Joosten, 2002).

2.2.3. BENEFICI DI BIODIVERSITA'

L'esondazione di wetland bonificate comporta in genere conseguenze positive sulla biodiversità, poiché le torbiere molto degradate ne sono altamente povere a causa della mancanza di habitat (Wichtmann and Joosten, 2007). Se le attività agricole e i processi ossidativi a carico della torba arricchiscono i suoli di nutrienti, i successivi interventi di rewetting inducono l'insediamento di comunità vegetali altamente produttive ma povere in specie, che possono comunque divenire habitat per specie rare da palude come il Tarabuso (*Botaurus stellaris*) (Wichtmann and Wichmann, 2011; Wichtmann et al., 2010). La regolare raccolta della biomassa contrasta l'accumulo di materiale vegetale necrotico, limitando l'invecchiamento dell'habitat e lo spessore dello strato superficiale (*litter layer*), riduce il livello di trofia e promuove l'insediamento e la conservazione di specie poco competitive (Wichtmann et al., 2010).

Dall'altro lato l'uso della biomassa potrebbe entrare in conflitto con i fini di conservazione delle wetland. Ad esempio la raccolta estiva della vegetazione per la produzione di biogas indurrebbe la distruzione degli habitat riproduttivi, mentre quella invernale impedirebbe il necessario "invecchiamento" dei canneti. Per prevenire possibili conflitti si potrebbero dunque formulare piani agro-ambientali per offrire compensi agli agricoltori (Wichtmann and Wichmann, 2011). In caso di area designata sito di conservazione (ed esempio SIC, ZPS, ecc.), la paludicoltura deve essere considerata un'opzione economica di gestione, strumentale ma ausiliaria ai fini conservativi (Wichtmann et al., 2010). In wetland molto degradate ma sottoposte a rewetting, ogni intervento di gestione promuove l'incremento di biodiversità. In questi casi il monitoraggio è raccomandabile per verificare l'apparizione di specie e habitat protetti ed eventualmente proporre correttivi gestionali. In ogni caso i nuovi valori di biodiversità ottenuti tramite paludicoltura non devono contrastare la scelta di gestione che ne ha indotta la comparsa (Wichtmann et al., 2010).

2.2.4. ULTERIORI BENEFICI

Oltre a quelli già citati, la paludicoltura comporta diversi vantaggi. La loro quantificazione economica consentirà di incrementare la visibilità dei benefici economici di tale gestione (Wichtmann and Joosten, 2007):

INTRODUZIONE

- la maggior ritenzione di acqua nel sistema induce un miglioramento dell'idrologia di paesaggio (landscape hydrology);
- miglioramento della qualità di acque superficiali e sotterranee tramite fitodepurazione;
- miglioramento della qualità del suolo tramite esondazione di torbiere degradate, nella prospettiva a lungo termine di regredire a ecosistemi palustri in grado di formare nuovi depositi di torba;
- miglioramento della qualità dell'aria tramite prevenzione degli incendi a carico del materiale vegetale necrotico. Ulteriore riduzione dei depositi atmosferici tramite legame alla biomassa o fissazione nei nuovi depositi di torba;
- conservazione di un paesaggio culturale aperto (open cultural landscape);
- la maggior attrazione rispetto agli ambienti degradati favorisce l'ecoturismo;
- contributo alla prosperità e al benessere sociale della popolazione locale tramite creazione di nuovi posti di lavoro, in relazione alla produzione di valore aggiunto.

L'utilizzo della biomassa raccolta può comportare inoltre:

- mitigazione dei cambiamenti climatici;
- autosufficienza energetica tramite produzione locale di energia;
- riattivazione delle economie rurali tramite usi del suolo tradizionali e/o innovativi.

3. BIOMASSE DA WETLAND

3.1. IL PROBLEMA ENERGETICO E LE BIOMASSE

Quello dell'energia è ormai un tema di grande attualità e riveste un ruolo di evidente centralità negli andamenti e negli scenari geopolitici - economici del pianeta. Come testimoniato dal protocollo di Kyoto, l'introduzione di tecnologie più efficienti e rispettose dell'ambiente nei settori energivori (trasporti, riscaldamento, processi industriali, etc.), congiuntamente al cambio degli stili di vita e all'adozione di modelli di sviluppo alternativi eco-sostenibili, possono contribuire al risparmio energetico e a una complessiva riduzione dell'inquinamento. In questo senso le energie rinnovabili potrebbero giocare un ruolo fondamentale nell'indirizzare i mercati globali verso la sicurezza e la diversificazione delle fonti energetiche, contribuendo indirettamente alla riduzione dell'effetto serra.

INTRODUZIONE

Le biomasse sono considerate fonti rinnovabili al pari di solare, eolico, energia geotermica, idrotermica, mareomotrice e idroelettrica. Ciò risiede nella subordinazione della fotosintesi ossigenica a fonti rinnovabili primarie quali acqua e sole. L'aggettivo "rinnovabile" si riferisce alla caratteristica per cui una fonte energetica è rigenerabile in un arco di tempo tale da non pregiudicarne la risorsa per le generazioni future. I tempi di rigenerazione delle biomasse sono piuttosto brevi se comparati ai combustibili fossili, ma non sono paragonabili all'energia solare o eolica. La filiera energetica (fig.4) mostra come la CO₂ immessa in atmosfera attraverso i processi di ossidazione della materia organica sia fissata in tempi relativamente brevi dagli organismi fotosintetici e il C assorbito contribuisca alla produzione di biomassa attraverso l'attività fotosintetica.

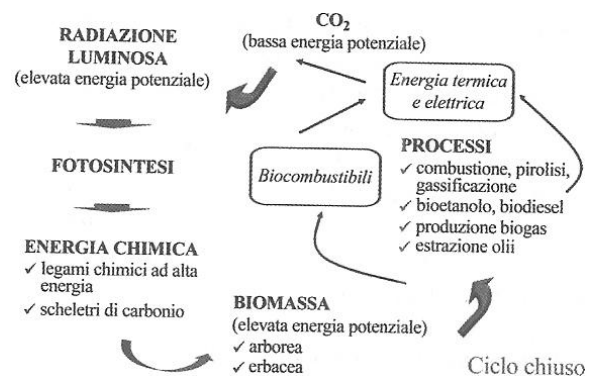


Figura 4 - Ciclo di energie interconnesse (Castelli, 2011)

Attualmente la fonte primaria di energia sono i combustibili fossili (carbone, gas, petrolio), che coprono circa l'81% dei consumi globali. Tra le rinnovabili le biomasse rappresentano la prima fonte, incidendo sulla richiesta mondiale di energia primaria per circa il 10%. Tuttavia il loro peso varia significativamente in funzione delle aree geografiche, con consumi anche molto elevati nei paesi in via di sviluppo (Sud - Asia, Africa subsahariana). Per il 2015 è previsto un aumento della richiesta di carbone, gas e rinnovabili (IEA, 2010). In questo scenario globale il destino delle bioenergie rimane dunque legato a quello delle altre fonti rinnovabili.

3.2. OBIETTIVI COMUNITARI E SOSTEGNO NAZIONALE ALLE BIOENERGIE

Con il pacchetto Clima-Energia approvato nel dicembre 2008 (obiettivo 20/20/20), l'UE si impegna a ridurre del 20% le emissioni di gas serra (GHG) rispetto al 2005, garantire un risparmio energetico del 20% rispetto ai consumi previsti nel 2020 e aumentare fino al 20% la quota di energia da fonti rinnovabili sui consumi finali lordi al 2020. Tra gli obiettivi

INTRODUZIONE

c'è anche quello di incrementare fino al 10% il livello di biocarburanti adoperati per il trasporto (biofuel). La direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'energia da fonti rinnovabili (RES – Renewable Energy Sources), che contiene il pacchetto, ha apportato ulteriori novità in questo ambito:

- carattere vincolante degli obiettivi comunitari per gli Stati membri;
- ripartizione e differenziazione dell'obiettivo comunitario tra gli Stati membri;
- ripartizione dell'obiettivo nazionale nei tre settori di applicazione delle nuove disposizioni: generazione elettrica, climatizzazione e trasporti;
- possibilità di acquisizione di quote di produzione da fonti rinnovabili all'estero, da conteggiare ai fini dell'obiettivo assegnato;
- definizione di un Piano di Azione Nazionale (PAN) che prevede scadenze prefissate di verifica dei risultati raggiunti dal 2011 al 2020.

La direttiva è entrata in vigore nel giugno del 2009 e sarà valida fino al 2020. Gli obiettivi vincolanti per l'Italia sono ridurre le emissioni di CO₂, portare la propria quota di energia da fonti rinnovabili al 17% nel 2020 (dato di partenza calcolato al 2005 del 5,2%) e garantire il contributo minimo del 10% dei biofuel nei trasporti. La direttiva è stata recepita e attuata con il decreto legislativo n.28/2011; altri recenti provvedimenti sono costituiti dal PAN per le energie rinnovabili del 30/06/2010 e dalle linee guida nazionali per le autorizzazioni, la costruzione e l'esercizio d'impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili (18/09/2010).

Per ciascuno dei comparti che compongono la domanda energetica nazionale da fonti rinnovabili, sono state previste le quote da ottenere da biomasse (biomasse solide, biogas, bioliquidi e biocombustibili) per il 2020: 19% per l'elettrico, 54% per il termico e 87% per i trasporti (Castelli, 2011). Per conseguire i target prefissati, il governo ha messo a disposizione un quadro articolato di norme e incentivi, fissato da appositi decreti ministeriali; finora, tuttavia, l'attenzione è stata rivolta soprattutto al settore elettrico delle fonti rinnovabili. Nel settore elettrico, per gli impianti a biomasse e biogas entrati in funzione entro il 31 dicembre 2012, si continuerà ad applicare il vecchio sistema d'incentivazione:

- tariffa onnicomprensiva per 15 anni (che comprende la componente incentivante e la remunerazione per la vendita dell'energia immessa in rete) di 0,28 euro/kWh se di potenza inferiore a 1MW (tab.3 – legge n.244/07);

INTRODUZIONE

- coefficiente moltiplicatore di 1,8 per i certificati verdi (tab.2 – legge n.244/07 e comma 382-*quater* della legge n.296/06).

Tale sistema è stato oggetto di critiche per svariati motivi, tra cui l'incapacità di rispettare i principi di sostenibilità tanto "sbandierati" dai sostenitori delle bioenergie. Fino ad ora, infatti, le misure adottate non sono state calibrate sulla base dei substrati utilizzati e dei metodi di trasformazione, sebbene siano noti i diversi rapporti costi-benefici ambientali (Doornbosch and Steenblik, 2007). A tal riguardo, il nuovo sistema incentivante per il settore elettrico nazionale (previsto nel D.M. 6 luglio 2012), meno remunerativo e più complesso, pare tenere conto di tali differenze: per gli impianti che entreranno in funzione dall'1 gennaio 2013 saranno eliminati i certificati verdi, mentre l'incentivo sarà definito da una tariffa base, che dipende da taglia di potenza e tipo di alimentazione, cui potranno sommarsi premi aggiuntivi. Una delle modifiche principali riguarda, appunto, la differenziazione degli incentivi a seconda che gli impianti siano alimentati con:

- prodotti (prodotti agricoli destinati o destinabili al consumo umano, prodotti derivanti dalla gestione del bosco e della silvicoltura, non classificati come rifiuti o sottoprodotti e non ricompresi nella tab.1-A dell'All. 1 D.M. 6 luglio 2012; la tab. 1B dell'All. 1 propone un elenco esemplificativo e non esaustivo dei prodotti);
- sottoprodotti (tab.1 A D.M. 6 luglio 2012);
- rifiuti per i quali la frazione biodegradabile è determinata forfettariamente (con le modalità di cui all'All. 2 D.M. 6 luglio 2012);
- rifiuti non provenienti da raccolta differenziata diversi dal punto precedente e la Frazione Organica dei Rifiuti Urbani (FORSU) utilizzata in impianti a biogas (non sono compresi rifiuti classificati come urbani).

Per approfondimenti si rimanda al DM 6 luglio 2012.

Per ciò che riguarda il settore termico delle rinnovabili, invece, è di recente emanazione il tanto atteso "Conto Termico" (D.M. 28/12/12).

3.3. BIOMASSE IN ITALIA

In Italia, la Superficie Agraria Utilizzata (SAU) va progressivamente riducendosi, anche a causa di una continua e mal pianificata urbanizzazione delle campagne. Di conseguenza, è necessario individuare nuove fonti di reddito per gli agricoltori, così da mantenerne la presenza sul territorio, obiettivo in linea con il II pilastro della PAC (Politica Agraria Comunitaria). A tal riguardo, le biomasse utilizzate per scopi energetici costituiscono

un'opzione interessante come possibilità di differenziazione produttiva e d'integrazione reddituale, specie in un contesto come quello europeo che ha sempre previsto, e continua a prevedere, sussidi per gli agricoltori. L'art. 2 del d.lgs. 28/2011 definisce la biomassa come *“la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, gli sfalci e le potature provenienti dal verde pubblico e privato, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani”*. In linea con la direttiva sono inoltre definiti come bioliquidi *“i combustibili liquidi per scopi energetici diversi dal trasporto, compresi l'elettricità, il riscaldamento ed il raffreddamento, prodotti dalla biomassa”* e come biocarburanti *“i carburanti liquidi o gassosi per i trasporti ricavati dalla biomassa”*. Occorre precisare che il termine biomassa ha un'estensione diversa a seconda che lo si usi dal punto di vista dell'incentivazione delle fonti rinnovabili o dal punto di vista della disciplina dei combustibili, nel cui ambito rientrano ad esempio le *“biomasse combustibili”* (d.lgs.152/2006, parte V, allegato X, parte 2, sezione 4). L'inquadramento ambientale (combustibile vergine o rifiuto) non è così influente sull'accessibilità agli incentivi, ma è determinante per gli aspetti autorizzativi.

3.4. PRODUZIONE SOSTENIBILE DI BIOMASSA: ASPETTI AMBIENTALI, SOCIALI ED ECONOMICI

La produzione di energia dovrebbe essere considerata alla luce dei costi integrati di ciascuna filiera, che includono acqua, suolo, capitali, operazioni varie, manutenzione, trasporto, stoccaggio, smaltimento rifiuti, rischi, possibili interazioni con il mercato alimentare, cambiamenti climatici, ecc. Lo stesso discorso vale per le biomasse, che per questo sono al centro di numerosi dibattiti.

Tra le soluzioni proposte per mitigare le emissioni antropogeniche di GHG (greenhouse gases) vi sono i biofuel. La coltivazione delle *energy crops* può però comportare rischiosi cambiamenti dell'uso del suolo, diretti (*direct land use change*, o dLUC) se su terreni precedentemente non coltivati e indiretti (*indirect land use change*, o ILUC) se su terreni destinati al comparto agricolo. Studi internazionali di prestigio (Searchinger et al.; 2008; Crutzen et al., 2008; Campbell et al., 2009) hanno così dimostrato che, a livello globale, i biofuel costituiscono una minaccia per la stabilità climatica, essendo la loro filiera di produzione fondata su meccanismi che incrementano la deforestazione, lo sfruttamento e l'acidificazione dei suoli e l'uso intensivo di fertilizzanti azotati. Gli impatti negativi sul clima

INTRODUZIONE

aumentano ulteriormente se si considera la coltivazione intensiva delle colture energetiche su wetland bonificate (IPCC, 2006).

Johannsen et al. (2010) giunsero alla conclusione che “se i biofuel diventeranno una necessità nel futuro sistema energetico, sarà cruciale che i veicoli non ci ‘ruberanno’ il cibo”, a conferma che il loro maggior potenziale risiede nell’utilizzo di scarti e rifiuti organici. Ne consegue che le implicazioni socio-economiche di questa filiera vanno a intaccare anche gli ambiti geopolitici, per cui è importante considerare il concetto di sostenibilità, che include aspetti ambientali, sociali ed economici.

La produzione di biomassa nei singoli siti può essere considerata sostenibile se viene preservato il potenziale naturale dei suoli e se i metodi gestionali si allineano con le esigenze e le condizioni puntuali dell’ecosistema. Minimizzare gli impatti ambientali (inquinamento delle falde, emissioni GHG, erosione), considerare gli effetti sulla biodiversità, pianificare la gestione a lungo termine di un sito costituiscono prerogative per salvaguardarne le funzioni naturali. Dal punto di vista economico e sociale la produzione di biomassa dovrebbe creare valore aggiunto, fornire nuovi posti di lavoro e assicurare un reddito duraturo ai soggetti coinvolti nella filiera (Wichtmann and Wichmann, 2011). I requisiti minimi per la produzione sostenibile di biomassa sono dunque:

- bilancio di GHG positivo per l’intera filiera;
- differenziazione della filiera energetica dagli usi locali della biomassa a scopi alimentari e industriali (edilizia, medicina, ecc.);
- conservazione e, possibilmente, incremento della biodiversità;
- produzione e processamento della biomassa devono preservare o migliorare la qualità di acque superficiali e sotterranee, suolo e aria;
- la produzione deve contribuire alla prosperità e al benessere sociale dei lavoratori e della popolazione locale.

Tuttavia le richieste non sono sempre tutte conciliabili, alla luce della necessità di ottimizzare le filiere di utilizzazione energetica e industriale. La coltivazione deve risultare economicamente sostenibile ed è quindi richiesto un certo grado d’intensivazione delle produzioni. Di conseguenza si presentano problemi di gestione dei sottoprodotti (emissione di radionuclidi, ceneri, fanghi, digestati). Inoltre la bassa densità delle biomasse fa sì che si debba operare con ingenti volumi di materiale. Ciò comporta elevati costi di trasporto ed esigenze di carattere infrastrutturale (strade, siti di stoccaggio, ecc.) (Wichtmann and Wichmann, 2011). Ulteriori minacce potenziali delle biofuel crops sono dovute a:

- paesaggi a monocultura (mais, sorgo, olio di palma, ecc.);

INTRODUZIONE

- sviluppo d'infrastrutture industriali in aree di campagna;
- dilavamento di nutrienti in acque di falda, a causa della fertilizzazione e dei processi di mineralizzazione.

Alla luce di tutti questi aspetti negativi, le sfide per i biocarburanti del futuro si incentrano sullo sviluppo di tecnologie in grado di produrre composti migliori al minor costo, minimizzando lo sfruttamento di risorse limitate come suoli arabili e acqua (Farrell and Gopal, 2008). Per ottemperare a tali esigenze, le importazioni di biomasse dall'estero andrebbero regolate tramite sistemi di certificazione degli standard produttivi, privilegiando prodotti di scarto e materiale proveniente da operazioni di gestione del territorio. Biofuel sostenibili che riducono le emissioni di GHG e che proteggono l'ecosistema dovrebbero essere ottenuti da biomasse non agricole (residui e scarti) e da specie in grado di crescere su terreni di bassa qualità, cioè non destinabili all'agricoltura (Tilman et al., 2006), attenendosi comunque sempre alle buone pratiche agricole e incentivando colture permanenti invece che colture annuali sottoposte a fertilizzazione intensiva (Wichtmann and Wichmann, 2011). I nuovi substrati includerebbero dunque materiali lignocellulosici e algae (2nd and 3rd generation biofuel), risolvendo così il conflitto per i terreni fertili.

3.4.1. "PALUDICOLTURA" A SCOPI ENERGETICI

La paludicoltura su zone umide bonificate e ri-esondate, oltre a rispondere a gran parte dei requisiti di sostenibilità socio-economica, contribuirebbe anche a mitigare i cambiamenti climatici (Wichtmann et al., 2010):

- riducendo le emissioni di GHG da suoli bonificati ricchi di torba;
- rimpiazzando fonti fossili con un'alternativa rinnovabile (biomassa).

Ulteriori risvolti positivi sul clima locale sono dovuti all'effetto di raffreddamento indotto dall'ingente traspirazione del complesso suolo/vegetazione.

Attualmente nelle regioni temperate si assiste al progressivo abbandono delle wetland bonificate, dopo anni di sfruttamento. Il motivo può coincidere con il graduale degrado del suolo, la riduzione della produttività, la perdita di qualità dei foraggi, ecc. La produzione di biomassa per scopi energetici in wetland ri-esondate consente invece di integrare la conservazione del sito con il suo sfruttamento agro-silvicolo, secondo una gestione ambientale sostenibile. Sebbene siano necessari speciali macchinari di raccolta adatti per tali ambienti, in Germania l'utilizzo a scopo energetico di alcune colture palustri può già competere con quello di *Miscanthus* e paglia da suoli minerali anche senza sussidi o pagamenti per i servizi ecosistemici (Wichtmann et al., 2010).

INTRODUZIONE

Le varie vie di utilizzo energetico della biomassa differiscono notevolmente quanto a efficienza di produzione. Alla luce delle problematiche etiche relative alla produzione di biomassa per scopi non alimentari, alcuni sostengono che le bioenergie andrebbero sfruttate solo in caso di filiere realmente efficienti dal punto di vista energetico. Hampicke (2010) (fig.5) considera la produzione di etanolo da grano, biodiesel da barbabietola e biogas da mais opzioni di valorizzazione non valide a causa delle loro basse prestazioni annuali per ettaro.

Product (at a yield of ... t DM/ha * a)	Performance (kW/ha)	Performance (kWh/ha)
Ethanol from wheat (7.7)	1.1	9,899
Biodiesel from rape seed (4.5)	1.2	10,512
Biogas from corn, only electric power (15)	1.8	15,417
Willow short coppice (9); heating, efficiency 70%	3.1	26,191
Common Reed (12); heating, efficiency 70%	3.2	28,233

Figura 5 - Produzione di energia per ettaro da differenti fonti di biomassa (Wichtmann and Wichmann, 2011, da Hampicke, 2010). DM = Peso secco

In aggiunta anche i costi di mitigazione della CO₂ (costo dei sussidi per la riduzione di 1 unità equivalente di CO₂) variano a seconda della biomassa e dei processi di utilizzazione. Le opzioni più costose in questi termini risultano essere i processi convenzionali (produzione di biogas e di etanolo da grano) (fig.6).

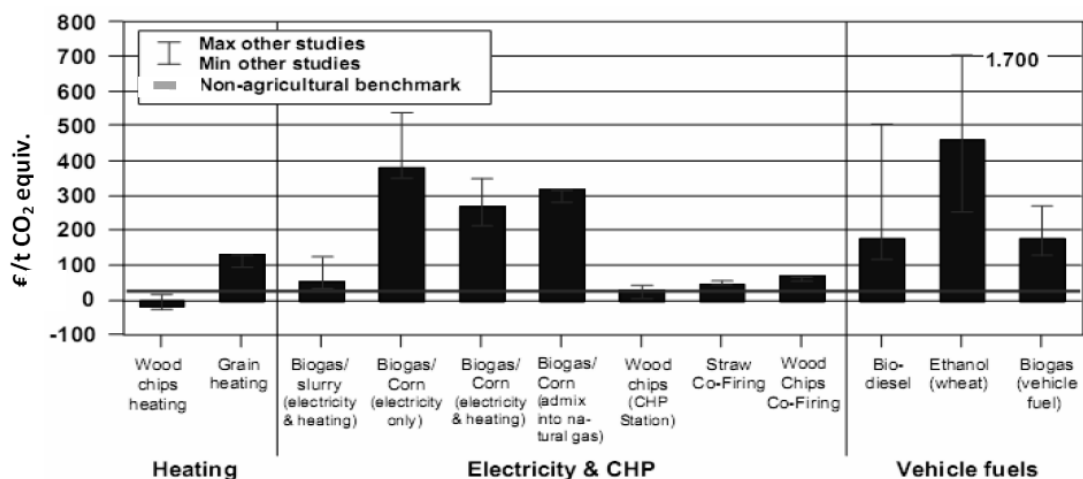


Figura 6 - Costi di mitigazione della CO₂. Il punto di riferimento riguarda fonti rinnovabili non agricole (20-30 Euro/t) (Wichtmann and Wichmann, 2011)

INTRODUZIONE

Dal grafico (fig.6) si deduce che, ad eccezione del legno, la maggior parte delle opzioni di produzione bioenergetica proposte presentano ridotte prestazioni di mitigazione delle emissioni di GHG.

Rispetto alle altre vie, la paludicoltura comporta maggiori performance energetiche se si considerano specie palustri come *Phragmites* (una potenziale coltura energetica secondo Sathitsuksanoh et al., 2009) e per coltivazioni non intensive anche minori costi di mitigazione (Wichtmann and Wichmann, 2011). A tal riguardo si è sviluppata una metodologia per accreditare la riduzione di emissioni legata alla produzione di energia in paludicoltura (German Council for Sustainable Development, 2008). In questo modo, oltre ai guadagni derivanti dall'energia generata, si potrebbero trarre ulteriori benefici economici dalla vendita di "crediti carboniosi" (carbon credits).

Un esempio di paludicoltura dagli effetti positivi sul clima è la coltivazione della canna palustre. Un raccolto di 15 t DM/ha*year pare conciliabile con il continuo accumulo di torba (Wichtmann, 1999) e questa sua elevata produttività ha da tempo suscitato interesse nell'ambito della produzione di energia (Graneli, 1984). Ad esempio, se si considera una resa conservativa di 12 t DM/ha*year e un potere calorifico di 17 Mj/kg DM, le canne raccolte in un ettaro di canneto possono rimpiazzare combustibili fossili in un impianto CHP (Combined Heat and Power) che altrimenti emetterebbe 15 t CO₂-eq. A ciò si aggiunge che le wetland sottoposte a rewetting comportano una riduzione di emissioni di GHG dovute ai processi di mineralizzazione della torba quantificabile in circa 15t CO₂-eq/ha*year. Assumendo che le emissioni di GHG legate alle varie operazioni della filiera energetica (sfalcio, trasporto, stoccaggio, operazioni all'impianto di cogenerazione, ecc.) corrispondano a 2 t CO₂-eq/ha, si può prevedere un risparmio emissivo di quasi 30 t CO₂-eq/ha*year derivante dalla paludicoltura di *Phragmites*.

In virtù di tutte queste considerazioni e della crescente domanda di biomassa a livello globale (Farrell and Gopal, 2008), la paludicoltura pare essere un'opzione economica ed efficace di gestione delle zone umide (Wichtmann and Wichmann, 2011), la cui diffusione è spesso ostacolata da sussidi agricoli che sostengono un uso competitivo ma non sostenibile del suolo (Wichtmann and Wichmann, 2009). La paludicoltura è, infatti, ancora agli albori perché agri-, silvi- e orticoltura si sono tradizionalmente focalizzate su terreni bonificati. Di conseguenza in questa fase di transizione verso la nuova destinazione d'uso delle wetland, è ammissibile che l'economicità delle filiere di utilizzazione dipendano da sussidi, così da compensare le iniziali incertezze di produttività e la mancanza di efficienza (Wichtmann and Wichmann, 2011). La priorità rimane dunque individuare per ogni zona

climatica le specie sfruttabili per questo tipo di gestione e le varietà meglio adattate (Wichtmann and Joosten, 2007).

3.5. TECNOLOGIE E FILIERE AGRO-ENERGETICHE

Le biomasse hanno il vantaggio di poter fornire energia per i mercati elettrico, termico e per i trasporti (fig.7).

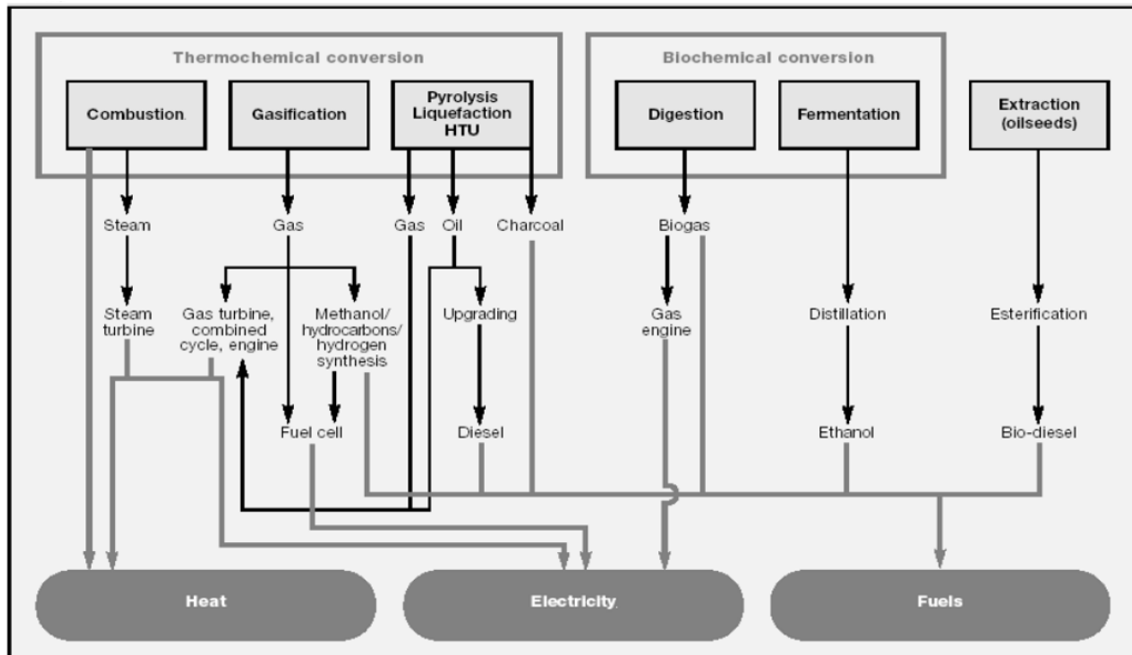


Figura 7 - Principali opzioni di conversione della biomassa a vettori energetici secondari (Turkenburg et al., 2000)

La destinazione dell'energia dipende dalla filiera di produzione, definita in base alla biomassa utilizzata, al processo di conversione e infine al vettore, o carrier, prodotto (biomassa trasformata in combustibile da cui generare energia termica ed elettrica). Si possono complessivamente individuare 3 filiere (Castelli, 2011):

- filiera dei biocombustibili solidi, che prevede processi termochimici di trasformazione della biomassa (combustione, gassificazione e pirolisi);
- filiera dei biocarburanti, o *biofuel* (carburanti liquidi o gassosi per il settore dei trasporti);
- filiera del biogas, prodotto attraverso il processo biologico di digestione anaerobia.

Di seguito si provvede a brevi accenni di alcune opzioni di conversione. Tecnologie come pirolisi, catalisi ecc. richiedono appositi approfondimenti, per i quali si rimanda al testo di Castelli (2011) e a Farrell and Gopal (2008).

3.5.1. COMBUSTIONE

Questo metodo ancora oggi copre il 95% della produzione globale di bioenergia. La più comune e moderna tecnologia di combustione delle biomasse è l'impianto di produzione elettrica (biomass-fueled electric power plant), nel quale si realizza lo scambio termico del calore prodotto all'interno di una caldaia con un fluido di trasporto in grado di azionare un motore a sua volta connesso a un generatore. E' possibile anche utilizzare la biomassa in associazione con altri combustibili come il carbone. In alcuni casi il sistema opera in cogenerazione (CHP), recuperando calore dai gas esausti. Le emissioni più consistenti sono rappresentate da ceneri, catrami, ammoniaca e ossidi di azoto (Bridgewater, 1995). I gas in uscita sono solitamente filtrati tramite appositi sistemi solo se le normative locali in materia di emissioni lo impongono. La combustione della biomassa avviene all'interno di una caldaia isolata termicamente, in modo che tutta l'energia termica generata sia trasportata dai gas di combustione. A tal riguardo esistono caldaie a letto fisso (fixed-bed furnaces), ancora ampiamente utilizzate per impianti di generazione su piccola scala (< 1 MW), e caldaie a letto fluido (fluidized-bed furnaces), di più recente ideazione (Farrell and Gopal, 2008).

3.5.2. GASSIFICAZIONE

La gassificazione è un processo basato sulla reazione tra substrati carboniosi solidi o liquidi (biomasse, carbone, petrolio) e aria, ossigeno e/o vapore. Il prodotto è una miscela di gas denominata syngas, contenente soprattutto CO e H₂, e minori quantità di CO₂, CH₄ e N₂. Tale mix combustibile, che viene combusto per produrre energia, costituisce il fluido di trasporto. L'assenza dello scambio termico con un fluido esterno costituisce il principale vantaggio in termini di efficienza rispetto alla combustione diretta, ma ciò richiede che il syngas sia privo di contaminanti. Sono pertanto necessari sistemi di abbattimento in grado di ridurre il contenuto di zolfo, catrame, metalli alcalini, cloruri, ammoniaca e particolari vari (Bridgewater, 1995). Più del 70% del contenuto energetico dei vari tipi di biomasse è facilmente volatilizzato in un gassificatore e tale valore può essere incrementato fino all'85%. Per la maggior parte dei combustibili non si realizza un così alto recupero energetico tramite gassificazione (Caputo et al., 2005). Tuttavia questa tecnologia applicata alle biomasse non è ancora significativamente commercializzata e dunque i costi sono molto

maggiori rispetto a quelli della combustione convenzionale. A ciò si aggiungono vari problemi tecnici, inerenti per lo più le tecnologie di trattamento del syngas (Farrell and Gopal, 2008).

3.5.3. DIGESTIONE ANAEROBIA

La digestione anaerobia (AD) consiste nella decomposizione della materia organica operata da popolazioni microbiche in ambiente privo di ossigeno. Il processo che si realizza all'interno di un digestore comprende una serie di reazioni promosse da ceppi batterici interagenti tra loro nello spazio e nel tempo, ma si possono individuare 4 fasi di conversione: idrolisi, acidogenesi, acetogenesi, metanogenesi. Lo schema di processo è quindi molto complesso, così come la regolazione dei parametri di controllo. Per approfondimenti si rimanda dunque a Castelli (2011).

Il prodotto principale è il metano (CH_4), un potente gas serra, oltre a CO_2 e altri composti in tracce. La digestione anaerobia può contribuire alla riduzione delle emissioni di GHG limitando il rilascio di CH_4 dovuto al mancato trattamento di rifiuti organici, tramite produzione di calore/elettricità in sostituzione delle fonti fossili e riducendo l'uso di fertilizzanti chimici. In questi termini occorre tuttavia considerare l'intera filiera del biogas in funzione dei substrati utilizzati, per verificarne la validità (Johannsen et al., 2010; Wichtmann and Wichmann, 2011). Il potenziale futuro dell'AD trova testimonianza nell'upgrading del biometano prodotto per l'immissione nella rete del gas naturale e, a lungo termine, nell'ingegnerizzazione dei microrganismi implicati nel processo finalizzato alla generazione di H_2 (Farrell and Gopal, 2008).

3.5.4. PRODUZIONE DI BIOFUEL

Oltre il 90% dell'attuale produzione globale di biofuel si rivolge all'etanolo ottenuto per via fermentativa (idrolisi) a partire da substrati zuccherini (canna da zucchero, cereali, ecc.) (Farrell and Gopal, 2008). La fermentazione classica di matrici nobili operata da microrganismi specializzati in ambiente anaerobio può essere indirizzata anche alla produzione di butanolo (Lee et al., 2008) o idrogeno, considerati combustibili migliori dell'etanolo in prospettiva futura. Della stessa generazione si può considerare anche il Biodiesel ottenuto tramite trans-esterificazione (Fatty Acids Methyl Ester diesel) a partire da oli vegetali (palma, soia, ecc.) (Ranganathan et al., 2008).

Oltre ai biofuel di prima generazione, si stanno studiando pathway alternativi in grado di sfruttare matrici poco nobili (colture, residui e rifiuti lignocellulosici). I cosiddetti

INTRODUZIONE

biocarburanti di seconda generazione sfruttano appunto le componenti vegetali cellulosiche (cellulose, emicellulose, ecc.) tramite vie biologiche (saccarificazione e fermentazione) o termochimiche, ma sebbene tali matrici siano disponibili in grandi quantità, il loro processamento è ancora molto costoso (Hagerdal et al., 2006). La ricerca biotecnologica si propone quindi di ovviare alla recalcitranza delle strutture cellulosiche tramite metodi di conversione innovativi ed economici (Gray et al., 2006), ma sono necessari sviluppi tecnologici (Doornbosch and Steenblik, 2007). Recentemente sono stati creati i primi impianti pilota per la produzione di etanolo di seconda generazione (www.novozymes.com). Della stessa famiglia è considerato anche il biodiesel rinnovabile ottenuto tramite idrogenazione, mentre algae e H₂, ancora alle prime fasi di studio (Wijffels and Barbosa, 2010), vengono classificati come biofuel di terza generazione (fig.8).

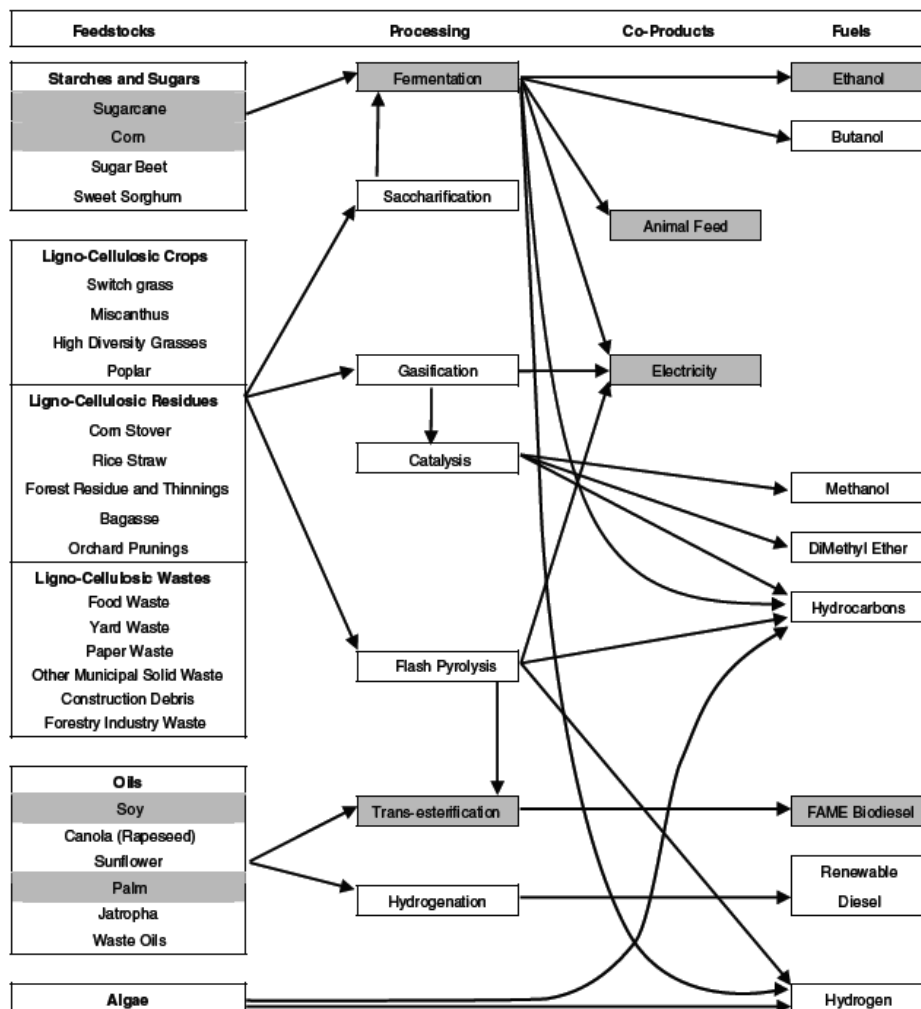


Fig. 8 – Pathway di produzione dei biofuels. In evidenza le vie attualmente più utilizzate (Farrell and Gopal, 2008)

INTRODUZIONE

I biofuel di prima generazione sono già prodotti su larga scala, ma presentano notevoli limitazioni (Linares and Pèerez-Arriaga, 2012). Esse sono legate a:

- disponibilità globale di terra fertile e acqua per la coltivazione di colture comunque esigenti;
- competizione con altri usi del suolo, come produzione di cibo e protezione di aree naturali (Schleupner and Schneider, 2010);
- insostenibilità ambientale della loro produzione, a causa degli effetti indiretti del cambio di destinazione d'uso dei suoli (minacce al clima tramite rilascio di GHG e agli ecosistemi);
- caratteristiche intrinseche dei biocarburanti (l'etanolo ad esempio presenta bassa densità energetica, capacità corrosiva, ecc.) (Farrell and Gopal, 2008).

I sussidi per i biofuel, ancora necessari per gli elevati costi di produzione, sono essenzialmente misure di tipo agricolo designate per fornire ulteriore reddito a produttori e trasformatori (Kammen et al., 2007). Tali sostegni, associati ai recenti aumenti di prezzo del greggio, hanno indotto una rapida espansione dell'uso globale dei biocarburanti. Tuttavia è probabile che, in assenza di appropriate politiche d'innovazione tecnologica, essi contribuiranno ancor più negativamente ai cambiamenti climatici (Farrell and Gopal, 2008).

4. CANNA PALUSTRE - *Phragmites australis* (Cav.) TRIN. EX STEUD.

Tra le varie opzioni proposte per la paludicoltura, *P. australis* rappresenta una promettente fonte energetica, peraltro in grado di fornire servizi ecosistemici essenziali (van Rooyen et al., 2004). Oltre all'elevata produttività, aspetto che la rende utilizzabile come fonte energetica, essa riscuote interesse:

- come materia prima per l'industria (bioedilizia);
- per l'elevata capacità di abbattimento degli inquinanti in acque (Brix and Schierup, 1989) e suoli;
- per fini conservazionistici, in quanto i canneti sono un luogo di nidificazione e riparo per specie ornitiche in via di estinzione e habitat di pregio (Poulin et al., 2002; Cuizzi, 2005).

Vale la pena dunque approfondirne gli aspetti salienti, anche alla luce delle diverse finalità gestionali.

4.1. MORFOLOGIA ED ECOLOGIA

La canna palustre, o *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., è una pianta erbacea rizomatosa appartenente alla famiglia delle Poaceae. Essa è considerata una specie elofita, in quanto l'apparato radicale e la parte basale rimangono quasi sempre sommersi, con fiori e foglie emergenti dalla lama d'acqua. *P. australis* occupa la zona palustre della wetland, colonizzando le sponde di fiumi e laghi, ed è in grado di crescere in paludi sia dolci sia salmastre. Questa elofita è considerata praticamente cosmopolita, essendo presente in tutti i continenti tranne l'Antartide (Harrington, 1964), dalle regioni temperate fino ai tropici (Karunaratne et., 2003).

La sopravvivenza e l'invasività di *Phragmites* dipende fortemente dalle sue strutture rizomatose (Chapin et al., 1990), responsabili di meccanismi di traslocazione di nutrienti e fotosintati che ne garantiscono la riproduzione. I rizomi inoltre danno supporto strutturale, riforniscono di O₂ le radici, ancorano la pianta al substrato (Graneli et al., 1992).

P. australis sviluppa germogli densi fino a 200 unità/m² (Uchytel, 1992), che mediamente raggiungono 2-4 m di altezza e nelle regioni più calde possono arrivare fino a 6 m. In quest'ultimo caso però il numero di culmi/m² è più basso (Graneli 1984). I culmi presentano mediamente un diametro di 1-1,5 cm, ma possono raggiungere valori prossimi a 2,5 cm. Le foglie sono alternate e lisce, eccetto che per una certa scabrosità ai margini. Esse risultano piatte, larghe 1-5 cm e lunghe fino a 50 cm. La pannocchia terminale, a forma di pennacchio e lunga 15-50 cm, inizialmente è di colore viola-grigiastro, per poi diventare biancastra e infine assumere una colorazione marrone chiara. *P. australis* produce occasionalmente stoloni.

Phragmites presenta tolleranza alle varie condizioni climatiche (temperatura, esposizione alla luce, ecc.), alle diverse tipologie di suoli (sebbene preferisca quelli argillosi), alla salinità, alle erbacce, alla siccità, ed è in grado di sopravvivere alle inondazioni e in presenza di pH elevati (Duke, 1998). I diversi ecotipi di *Phragmites* mostrano comunque differenze di base genetica per ciò che concerne esigenze e produttività (Kuhl et al., 1997).

Come habitat d'insediamento, *P. australis* è spesso trovata in associazione con altre piante palustri, incluse specie appartenenti ai seguenti generi: *Spartina*, *Carex*, *Nymphaea*, *Typha*, *Glyceria*, *Juncus*, *Myrica*, *Triglochin*, *Calamagrostis*, *Galium* e *Phalaris*. Tuttavia, in idonee condizioni, essa forma canneti pressoché monospecifici (Graneli 1989).

La canna palustre riprende lo sviluppo vegetativo dopo l'inverno e rimane verde fino all'arrivo del gelo nelle regioni temperate (Uchytel, 1992). Il fitto sistema radicale (che mediamente raggiunge profondità di 1 m) e l'elevata densità dei culmi rendono questa

specie molto competitiva, tant'è che la sua gestione può essere un problema. In assenza di asportazione, la biomassa necrotica lignificata che si accumula nei canneti al termine della stagione vegetativa costituisce la quota maggioritaria della biomassa totale. Ciò può comportare processi di successione naturale (Graneli 1989) in grado di creare condizioni sfavorevoli per le specie ornitiche palustri.

4.2. MINACCE E FATTORI GESTIONALI

L'espansione incontrollata della vegetazione emergente in habitat acquatici può causare l'accumulo di spessi strati torbosi nel corso degli anni (Ostendorp, 1995) e dunque minacce agli ecosistemi lacustri, che necessitano di attività di ripristino (Toivonen and Nybom, 1989). In questo senso le minacce recate da un mancato controllo di *P. australis* sono, a breve termine, l'"invecchiamento" dei canneti (ingresso di specie ruderali e maggiormente xeriche) e, a lungo termine, l'interramento naturale della palude (con la scomparsa di *Phragmites*). Altri motivi di preoccupazione sono:

- l'elevata plasticità e la molteplicità di biotipi consentono a *P. australis* di adattarsi a numerose condizioni ambientali (clima, nutrienti, suolo, acqua, ecc.) (Clevering and Lissner, 1999) e a fattori di stress (Roman et al., 1984). Ciò la rende una specie fortemente aggressiva, talvolta infestante e difficile da rimuovere. La progressiva espansione della popolazione di *P. australis*, indice di scarsa stabilità della comunità palustre, rappresenta una minaccia per le altre specie tipiche;
- la mancata gestione dei canneti comporta una significativa emissione di metano, un potente gas serra (fino a 20 volte più potente della CO₂) (Kankala et al., 2004);
- elevato pericolo d'incendi in caso di mancata rimozione del materiale necrotico lignificato, con ripercussioni negative sulle popolazioni ornitiche locali (Ostendorp, 1993).

Gli effetti negativi derivanti dalla gestione passiva di questi ecosistemi richiedono quindi che *P. australis* sia sottoposta a pratiche gestionali ben pianificate, in modo da:

- prevenirne la scomparsa a lungo termine per azione dei processi d'interramento (Bjork and Graneli, 1978);
- garantirne il ricaccio dei culmi e la crescita controllata durante la stagione vegetativa;
- tutelare la biodiversità di questi habitat.

INTRODUZIONE

Recentemente è stato osservato un forte declino di *Phragmites* in molti laghi europei. Questo fenomeno, denominato “die-back”, considera 5 classi di possibili cause: distruzione diretta dell’habitat, errata regimazione delle acque, danno meccanico all’apparato radicale, pascolo e qualità dell’acqua e dei sedimenti (Ostendorp, 1989). L’ultima voce è correlata all’elevata produzione e all’accumulo di sedimenti ricchi in nutrienti, che favoriscono i fenomeni d’interramento e l’evoluzione naturale degli ambienti palustri. Le misure di riqualificazione mirano a proteggere i corpi idrici stagnanti da input eccessivi di nutrienti e in questo senso pare ragionevole rimuovere la biomassa elofitica epigea dalle aree umide tramite interventi pianificati (Ostendorp, 1995). Tuttavia esistono posizioni contrastanti sull’argomento. Se da un lato si sostiene che la raccolta e la bruciatura invernale della canna palustre, in quanto forma di contrasto all’interramento e all’eutrofizzazione, siano benefiche sia agli ambienti lacustri sia alle popolazioni stesse di *Phragmites* (Schroder, 1987; Klotzli and Zust, 1973), dall’altro le differenze insignificanti misurate tra canneti gestiti attivamente e passivamente e i pericoli per l’avi-fauna e per la stabilità meccanica di questi habitat alimentano il dubbio sull’efficacia di questi interventi (Ostendorp 1995; Ostendorp, 1993). E’ stato constatato che la bruciatura invernale incrementa la densità dei nuovi culmi e, nella maggior parte dei casi, la biomassa estiva per unità di area (Graneli 1990; Thompson and Shay, 1985), mentre lo stesso intervento apportato fino a tarda estate può comportare a lungo termine la morte della maggior parte dei culmi (Van der Toorn and Mook, 1982; Cross and Fleming, 1989). In ogni caso la bruciatura in-situ è un intervento che comporta notevoli impatti sull’ambiente a breve-lungo termine (emissioni in atmosfera, pericolo per l’avifauna, pericolo d’incendi indesiderati, ipotetici danni agli apparati radicali, ecc.) (Beall 1984; Thompson and Shay, 1985) e pertanto dovrebbe essere limitato alle sole circostanze in cui esso si riveli l’unico mezzo possibile per la rimozione della biomassa (Parco del Mincio, 2011). Ulteriori indagini su canneti naturali hanno invece dimostrato che la raccolta invernale della biomassa è meno impattante (van der Toorn and Mook, 1982). Tale intervento non ha effetti sulla successiva produzione di culmi e, al contrario, comporta una maggiore produzione di biomassa rispetto ai canneti gestiti passivamente (Graneli 1990). Gli effetti positivi della rimozione (Graneli 1984) potrebbero essere dovuti a migliori condizioni luminose (Graneli 1989). Al contrario lo sfalcio della vegetazione verde emergente durante l’estate può comportare una riduzione di produttività e talvolta anche l’eliminazione del canneto (Graneli 1990). Si deduce in definitiva che, in una prospettiva a lungo termine, il taglio e la raccolta invernale potrebbero produrre una risorsa di valore ed essere di benefico effetto per la natura (Graneli 1990).

INTRODUZIONE

Il quadro gestionale è dunque complicato dalla variabile temporale, ovvero il periodo in cui operare gli interventi. La fenologia e i meccanismi eco fisiologici di *P. australis* hanno, infatti, grande rilevanza nella pianificazione d'interventi sostenibili nei canneti (Graneli 1992). La finalità delle operazioni (rimozione inquinanti o vari utilizzi della biomassa) può indirizzare poi la gestione verso azioni più o meno precoci, secondo varie modalità. L'andamento annuale del peso secco (Dry Weight) di un individuo di canna palustre dipende dal ciclo di vegetazione, come mostrato in fig.9.

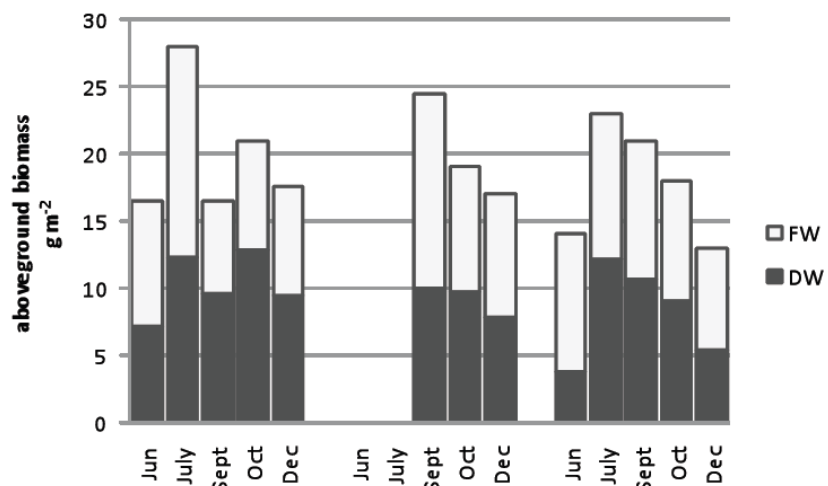


Figura 9 - Peso fresco (Fresh Weight) e peso secco (Dry Weight) di culmi di *Phragmites australis* campionati in 3 siti di prelievo all'interno della stessa wetland – Laguna di Venezia. (Bragato et al., 2006)

La biomassa dei rizomi decresce durante la primavera, aumenta in estate e diminuisce nuovamente in inverno, in quest'ultimo caso anche a causa di un considerevole tasso di mortalità rizomica (Hocking 1989; Graneli et al., 1992). Alla ripresa vegetativa primaverile *Phragmites* trasloca i carboidrati negli organi epigei, per supportare la crescita dei nuovi culmi. Lo stesso andamento in primavera-inizio estate è stato osservato per i nutrienti minerali P, K e N, anche se la traslocazione rizomi-culmi più consistente riguarda l'azoto (Graneli et al., 1992). Di conseguenza in tarda primavera-inizio estate i rizomi presentano la più bassa quantità riserve energetiche dell'intero ciclo vegetativo e si apprestano nuovamente ad accumulare riserve nei rizomi (Karunaratne et al., 2003). Questo processo inizia nelle prime fasi della stagione estiva, in modo da consentire il ricaccio di *Phragmites* nella primavera successiva (Graneli et al., 1992). Tagli troppo precoci nella stagione estiva, dunque, potrebbero ridurre notevolmente la capacità di ricaccio l'anno successivo, in virtù dell'insufficiente traslocazione di nutrienti agli organi di riserva ipogei (Weisner and Graneli 1989). Al contrario gli sfalci autunnali rimuovono solo una piccola

parte dei nutrienti immagazzinati dalla pianta (Graneli et al., 1992), garantendo una maggior produzione di biomassa alla stagione vegetativa successiva (Graneli 1990). In una prospettiva a lungo termine di gestione dei canneti naturali, dunque, è importante tenere presente tutte queste considerazioni. Pertanto, in caso di degrado dell'habitat, può essere opportuno adottare uno schema gestionale a mosaico, alternando aree sfalciate e aree da rilasciare per il taglio negli anni successivi, modulate in relazione alla vicinanza delle sponde, in modo da conciliare le esigenze di biodiversità con quelle di salvaguardia dei canneti (Cuizzi, 2005; Parco del Mincio, 2011; van Rooyen et al., 2004).

4.3. ASPETTI GESTIONALI E BENEFICI

La gestione dei canneti in aree umide naturali è definita sulla base delle finalità. Il fatto che le operazioni comportino un costo che potenzialmente ricade sulla collettività rende appetibile la valorizzazione economica di questi ambienti. Si considerano la produzione di biomassa e la rimozione d'inquinanti.

La resa in termini di sostanza secca (DW) va valutata in funzione dei fattori che limitano lo sviluppo di *P. australis*, ovvero la disponibilità di acqua e nutrienti. Engloner (2004) dimostrò una proporzionalità diretta tra il livello del "pelo" dell'acqua, la densità e l'altezza dei culmi, ma al riguardo esistono dati contrastanti. In ambienti aridi, infatti, *Phragmites* è stata in grado di sopperire alla scarsa disponibilità d'acqua (il livello è ben al di sotto della superficie), sviluppando un sistema radicale in grado di raggiungere maggiori profondità (Haslam, 1970) e che le consente di adattarsi alle difficili condizioni. Anche l'influenza dei nutrienti e sulla produttività è contraddittoria. Alcune indagini hanno mostrato come l'incremento della concentrazione di nutrienti, soprattutto nitrati, nel suolo e nelle acque (anche tramite fertilizzazione) sia associato a un aumento della biomassa epigea di *P. australis* (Graneli 1990; Graneli et al., 1992). Tuttavia talvolta l'eutrofizzazione e gli elevati livelli di nitrati possono essere la causa principale del declino delle popolazioni di *Phragmites* in Europa (Den Hartog et al., 1989).

I parametri di crescita e dunque la produttività di *Phragmites australis* (resa in termini Sostanza Secca) sono correlati al gradiente geografico, per effetto della temperatura (Karunaratne et al., 2003). Una corretta pianificazione gestionale dei canneti in aree umide naturali deve considerare anche la variabile temporale, in altre parole il periodo di raccolta della canna palustre, che influenza il contenuto di umidità e la qualità della biomassa. Per gli utilizzi energetici per esempio è importante considerare il contenuto di lignina. Al momento non sono noti studi su meccanismo e tempi di formazione di questa componente, ma pare

INTRODUZIONE

che generalmente il suo contenuto aumenti con l'età della pianta e che il processamento della biomassa possa influenzarlo (Amon et al., 2007).

L'alta produttività di *P. australis* è associata all'elevata capacità di assimilazione dei nutrienti e a una consistente produzione di materia organica che stimola processi di denitrificazione. Alla luce del progressivo incremento dell'eutrofizzazione nei laghi, dovuto a fattori come il dilavamento agricolo e gli scarichi dei depuratori delle acque reflue civili (Carpenter et al., 1998), risulta d'interesse indirizzare la gestione dei canneti in modo da massimizzare la rimozione d'inquinanti. Per esempio riguardo l'N, letti vegetati e wetland costruite hanno mostrato efficienze di rimozione altissime, oltre il 90% (Luederitz et al., 2001). E' stato stimato che in un'area umida naturale in Svezia, *Phragmites* è in grado di accumulare negli organi epigei (culmi e foglie) 92 Kg/ha di N (Graneli 1990); tale valore è confermato anche dai risultati di uno studio su una wetland olandese (Meuleman et al., 2002), anche se esistono stime di 1 t di N accumulato per ettaro (Hocking, 1989). Come per la biomassa prodotta, anche la quantità di nutrienti asportati dipende dal periodo di raccolta, che determina anche l'efficacia o meno dell'intervento sul lungo periodo (Weisner and Graneli, 1989; Ruiz and Velasco, 2010; Graneli 1990; Graneli et al., 1992). Uno studio finlandese afferma che in estate la sostanza secca di *Phragmites* contiene circa l'1% di N (Kask, 2007), mentre il contenuto di P risulterebbe pari a 0,9 g/Kg DW (Hansson and Fredriksson, 2004). Graneli (1990) tentò di schematizzare in canneti svedesi il ciclo dei nutrienti (N, P, K) in due fasi fenologiche, ad agosto e a febbraio. Egli stimò che il 55%, il 75% e l'80% rispettivamente di N, P e K presenti nella parte epigea ad agosto potessero potenzialmente essere riciclati dai rizomi. Se la biomassa è rimossa in estate quindi si avrà un incremento nella rimozione degli inquinanti e il materiale raccolto potrà anche essere utilizzato in ambito agricolo come fertilizzante naturale (Hansson and Fredriksson, 2004), ma occorre pianificare gli interventi in modo da evitare indesiderate riduzioni di produttività per gli anni successivi.

Infine da letteratura viene suggerito che variare la disponibilità di nutrienti non abbia effetti sulla capacità di allocazione degli stessi negli organi epigei (Hocking 1989), ma esistono controversie al riguardo (Ruiz and Velasco, 2010; Minchinton and Bertness, 2003). Al contrario pare più probabile l'influenza dell'habitat sulla produttività (contenuto di Sostanza Secca).

4.4. UTILIZZI DELLA BIOMASSA RACCOLTA

La canna palustre è utilizzata nel mondo in molteplici ambiti. Ad esempio ne sono noti gli usi medicinali per curare problemi di stomaco, diarree e altre tipologie di disturbi (Van Wyk and Gericke, 2000; Duke, 1998). *Phragmites* è usata per produrre impagliature per sedie e ceste, aste di vario genere, flauti, parti di strumenti musicali (van Rooyen et al., 2004). Nelle prime fasi della stagione vegetativa, poco dopo il ricaccio primaverile, essa rappresenta un foraggio di alta qualità per bovini e cavalli, che può essere adoperato come fieno (dopo essiccamento) o insilato (dopo insilamento) (Aghashahi and Nikkhah, anno non definito). Sono noti anche utilizzi della canna palustre come fertilizzante (Komulainen et al., 2008) e lettiera per il bestiame, ma tradizionalmente essa è adoperata in ambito edilizio come materiale di costruzione per tetti (Tyler-Walters, 2002; Begg 1988; BRASCA-UK; Reihmanis, 2011), stuoie, recinti e frangisole. Oggi gli utilizzi nei paesi industrializzati si rivolgono soprattutto alla bioedilizia. *Phragmites* rappresenta infatti un materiale di origine vegetale dalle buone proprietà termiche (conduttività termica 0,045 – 0,056 W/mK) e acustiche. Le canne, appositamente sfalciate e raccolte in mazzi nei siti produttivi, vengono compresse e legate meccanicamente con filo di ferro zincato, a formare pannelli disponibili sul mercato. Gli utilizzi sono molteplici: cappotti interni ed esterni, intercapedini di parete, solai e coperture di strutture in legno, soffitti e controsoffitti, pareti divisorie interne.

Phragmites infine rappresenta una specie emergente dalla spiccata produttività e ciò la rende una valida aspirante per la produzione di energia (Graneli 1984; Bjork and Graneli 1978; Hansson and Fredriksson, 2004; Sathitsuksanoh et al., 2009).

5. PRESUPPOSTI E OBIETTIVI DELLO STUDIO

Nel sito in esame si ritrovano le problematiche inerenti alla gestione delle zone umide. A seguito del progresso socio-economico dell'area, infatti, le Valli del Mincio hanno progressivamente perduto il ruolo di centralità che rivestivano in passato. Diverse zone sono state bonificate alcune decine di anni fa per far spazio a coltivazioni agricole tradizionali, provocando ripercussioni sull'ecosistema locale; a ciò si aggiungono il progressivo invecchiamento degli habitat palustri ancora intatti (soprattutto canneti), l'interramento della wetland con accumulo di strati torbosi e infine l'incremento dei livelli trofici del sistema. La mancata rimozione della biomassa necrotica dal sito, in particolare dai canneti, promuove tutti questi fenomeni, contribuendo allo stato di degrado delle Valli: per diversi anni, dunque, è stata ammessa la tradizionale pratica di bruciatura in campo della vegetazione (pirodiserbo, o debbio). Tuttavia questa operazione, oggi praticata senza

INTRODUZIONE

asportare il materiale vegetale dal sito, comporta elevati impatti ambientali e costituisce motivo di pericolo per la popolazione e fauna locale. Alla luce di tutto ciò, dunque, il debbio costituisce un modalità di gestione dei canneti vallivi poco sostenibile, economicamente svantaggioso poiché comporta il mancato utilizzo, e anzi lo spreco, di un materiale valorizzabile (la biomassa). D'altro canto l'asportazione della vegetazione elofita dal sito pone la problematica di come movimentare la biomassa sfalciata, come utilizzarla e dove collocarla.

Finora è mancata una visione lungimirante del problema: per due quinquenni (1997-2001 e 2006-2010) sono stati finanziati interventi di taglio della biomassa con asportazione del materiale sfalciato (cariceti) o con la bruciatura controllata della stessa (canneti). Dal 2011, tuttavia, l'erogazione dei contributi pubblici per questo tipo di attività è cessata e la richiesta di finanziamenti avanzata dal Parco del Mincio per il PSR 2007-2013 è stata respinta. Inoltre, pare che Regione Lombardia abbia rivisto la sua posizione in merito all'accettabilità del debbio. Restando in attesa della definizione del prossimo PSR (2014-2020) e degli sviluppi relativi al divieto di bruciatura, dunque, occorre trovare alternative gestionali valide per gli habitat palustri ancora intatti, onde evitare il peggioramento del loro stato di conservazione. Inoltre, per ricreare il buffer idrologico ideale ai margini delle zone più importanti ai fini conservazionistici, si ipotizza la paludicoltura come opzione di gestione strumentale e ausiliaria alla conservazione della Riserva.

Oggi, grazie agli incentivi statali per le fonti rinnovabili, è possibile immaginare interessanti scenari di gestione comprensoriale della zona umida, che permettono di pianificare gli investimenti in modo da minimizzare i costi a carico della società. Alla luce di tutto ciò, dunque, si propone la rimozione della biomassa dai canneti ai fini della trasformazione energetica; tale filiera, oltre a contrastare i processi di evoluzione naturale in atto nelle porzioni intatte della zona umida, contribuirà a limitare la perdita di centralità dell'intera Riserva, in virtù dei benefici economici conseguenti all'utilizzazione della biomassa asportata. La valutazione economica di questa opzione gestionale, tuttavia, dipende dalla produttività dei canneti, che determina il potenziale energetico dell'area in esame. Pertanto, l'obiettivo dello studio è quello di valutare la produzione di biomassa nei canneti della Riserva: per questo sono state svolte specifiche prove di campo, al fine di determinare l'impatto sulla produttività di alcuni fattori gestionali e della qualità del suolo. Si è cercato, inoltre, di determinare la produzione ottimale di biomassa nei canneti del sito in esame, in modo da ipotizzarne degli scenari di gestione; per valutare la convenienza economica della filiera proposta, è stata eseguita anche un'analisi dei costi-benefici. Infine si

INTRODUZIONE

sono svolte delle prove di metanazione su alcuni campioni di *P. australis*, al fine di stimare il potere metanigeno della canna palustre, biomassa attualmente non sfruttata per la produzione industriale di biogas (Helbig, 2009).

PARTE II: INQUADRAMENTO TERRITORIALE

1. INQUADRAMENTO GENERALE DELLE “VALLI DEL MINCIO”

Allocata nella provincia di Mantova (Lombardia), la Riserva Naturale “Valli del Mincio” rappresenta una tra le più estese aree umide interne italiane (fig.10).

Regione	Superficie regionale ha	n.	Nome Zona Ramsar	Superficie Zona Ramsar ha	Sup. Zona Ramsar/ sup. regionale* 10 ³
Piemonte	2.540.246	0		0	-
Valle d'Aosta	326.324	0		0	-
Lombardia	2.386.280	6		3.930	1,65
			Isola Boscone	201	
			Palude Brabbia	459	
			Palude di Ostiglia	123	
			Pian di Spagna-Lago di Mezzola	1.740	
			Torbiere d'Iseo	325	
			Valli del Mincio	1.082	
Trentino Alto Adige	1.360.682	1	Lago di Tovel	37	0,03
Veneto	1.839.885	4		1.232	0,67
			Laguna di Venezia: Valle Averte	520	
			Palude del Brusà – Le Vallette	170	
			Palude del Busatello	443	
			Vinchetto di Cellarda	99	
Friuli Venezia Giulia	785.839	2		1.643	2,09
			Laguna di Marano: Foci dello Stella	1.400	
			Valle Cavanata	243	

Figura 10 - Zone umide di importanza internazionale - Fonte: Annuario Dati Ambientali 2009. Elaborazione ISPRA su dati del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (D'Antoni et al., 2011)

L'area in esame, facente parte del Parco Regionale del Mincio, è compresa nella parte centro-meridionale dell'ampia depressione valliva entro la quale scorre il fiume Mincio, a partire dal margine esterno dell'anfiteatro morenico del Garda fino ai laghi della città di Mantova (fig.11; fig.13).

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

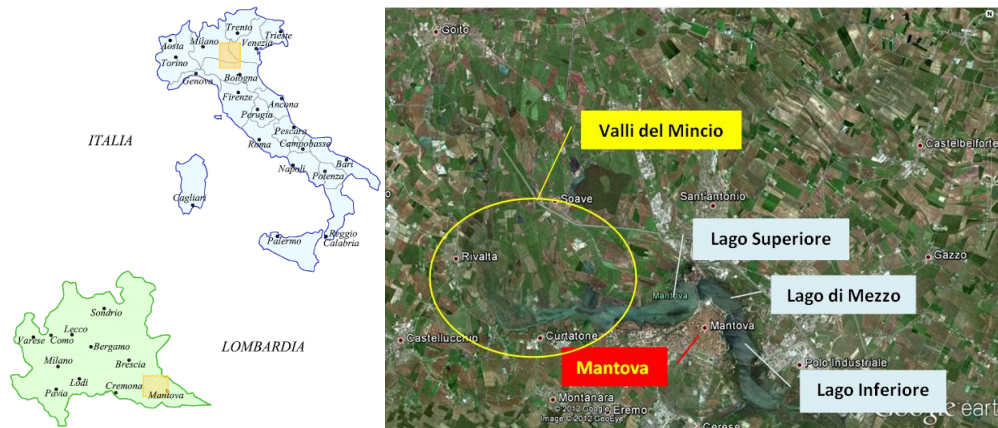


Figura 11 - Inquadramento geografico delle Valli del Mincio

Più precisamente, la zona di interesse è costituita dalle paludi presenti lungo il corso medio del fiume a partire da circa 2 km a monte di Rivalta (località la Mulinassa), fino al Lago Superiore. La Riserva rientra nel territorio dei comuni di Rodigo, Porto Mantovano, Curtatone, Mantova (da monte a valle), per un tratto di fiume di circa 7-8 km.

La quota media del piano di campagna passa da circa 20 m s.l.m. al limite settentrionale, a circa 18 m s.l.m. al limite meridionale.

La zona umida ha avuto origine dal concorso di più fattori, sia naturali sia antropici, ed è attraversata, oltre che dal fiume Mincio, da una moltitudine di canali di diverso ordine e portata; numerosi sono gli specchi d'acqua di varia dimensione.

Come premesso, le "Valli del Mincio" si distinguono per la presenza di grandi estensioni di canneto, particolarmente rare in ambito pianiziale, dominate da *P. australis*, la cui omogeneità di aspetto è da correlare con le pratiche di sfalcio annuale. I cariceti, invece, costituiscono stadi d'interrimento successivi al colmamento di depressioni umide da parte del canneto e si sviluppano su suoli il cui affrancamento, almeno stagionale, dalla presenza di acqua è tale da permetterne la messa a coltura. Nella Riserva, inoltre, la vegetazione forestale è rappresentata da boscaglie igrofile dominate da *Salix sp.pl* e da boschi igrofilii dominati da *Alnus glutinosa*.

Dal punto di vista faunistico, l'area riveste un'importanza elevatissima, soprattutto per la fauna ornitica, considerata parte integrante e inscindibile del biotopo "Valli del Mincio": l'area, infatti, è idonea a ospitare un'ottantina di specie tra certe, probabili e potenziali, alcune di notevole interesse.

2. RICONOSCIMENTI DI TUTELA

Per le loro peculiarità, le Valli del Mincio presentano vari riconoscimenti di tutela nazionali e transnazionali (fig.12):

- Riserva Naturale Regionale (D.G.R. n.III/1739 dell'11/10/1984) ai sensi della Legge Quadro Regionale su Parchi e Riserve (L.R. 86/83): 1.082 ha da delibera istitutiva, 1.426 ha con variante Piano Territoriale di Coordinamento;
- zona umida d'importanza internazionale ai sensi della Convenzione di Ramsar (codice identificativo 3IT037);
- zona di Protezione Speciale (ZPS), ai sensi della Direttiva 79/409/CEE (BD) con codice identificativo IT20B0009: 1.947,72 ha e sviluppo lineare di circa 6,7 km da Rivalta a Pietole, includendo la Riserva Naturale Valli del Mincio, i tre laghi di Mantova e la Riserva Naturale della Vallazza;
- sito di Importanza Comunitaria (SIC) "Ansa e Valli del Mincio" ai sensi della Direttiva 92/43/CEE (HD) con codice identificativo IT20B0017: 1.517,1 ha. Il SIC è quasi integralmente compreso nella ZPS e in pratica ricalca il territorio della Riserva.

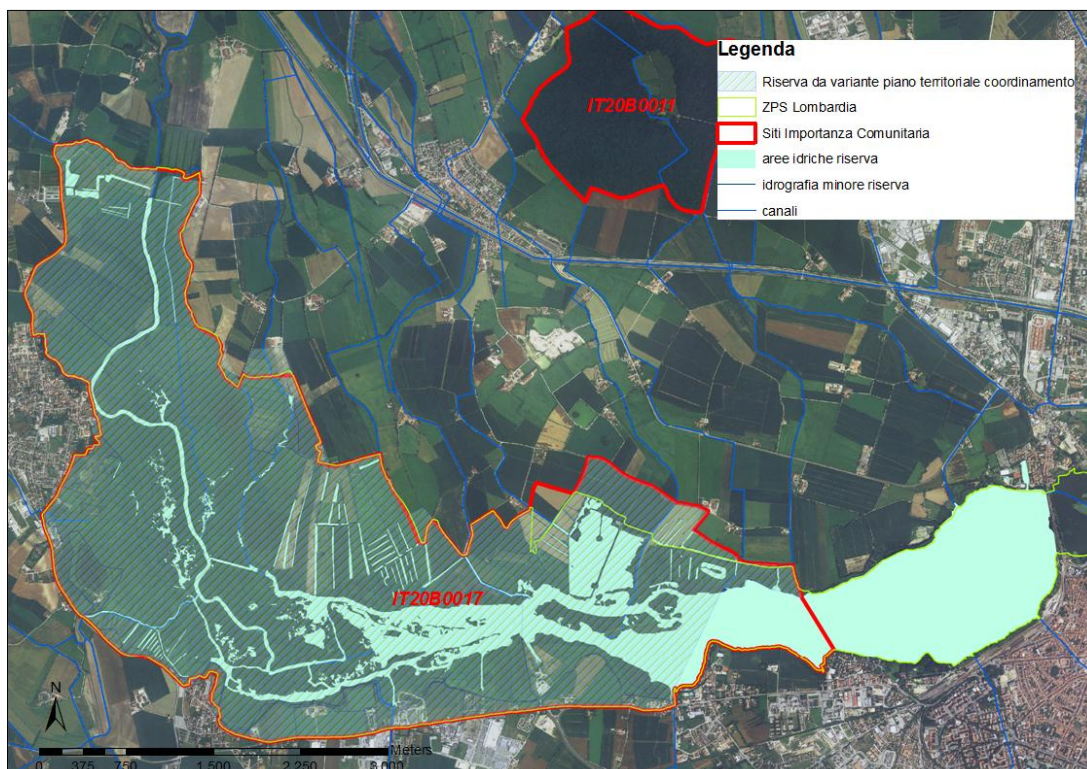


Figura 12 - Riconoscimenti di tutela delle Valli del Mincio

3. BACINO DEL FIUME MINCIO

Il Mincio è emissario del Lago di Garda e sfocia in Po all'altezza di Governolo. Il bacino del fiume (775 Km²), che fa parte del più ampio sistema Sarca-Garda-Mincio-Laghi di Mantova (3.000 Km²), costituisce un'enorme risorsa dal punto di vista ambientale, paesaggistico e fruitivo (fig.13).

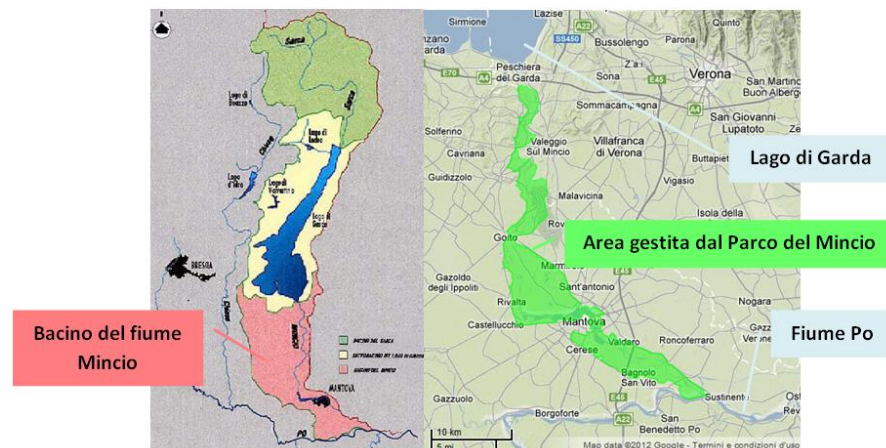


Figura 13 - (sinistra) Bacino del Mincio; (destra) Area gestita dall'ente Parco

Tuttavia la condizione di degrado che scaturisce da una serie di alterazioni della naturalità fluviale potrebbe decretare la perdita di questa risorsa. A tal proposito è stato istituito Il Parco Regionale del Mincio, le cui zone di competenza coprono quasi per intero il corso del fiume: l'ente Parco, istituito con L.R. n.47 del 1984 da Regione Lombardia, gestisce un'estensione di 15.942 ha, passando da un'altezza minima s.l.m. di 13 m a una massima di 129 m s.l.m.

L'area protetta comprende il territorio di 13 comuni lombardi che si trovano lungo il fiume, che appartengono quasi interamente alla provincia di Mantova (Mantova, Ponti sul Mincio, Monzambano, Volta Mantovana, Goito, Marmirolo, Porto Mantovano, Rodigo, Curtatone, Virgilio, Bagnolo S.Vito, Roncoferraro e Sustinente).

Il Parco comprende al suo interno tre Riserve Naturali Regionali ("Valli del Mincio", "Vallazza", "Castellaro Lagusello"), una Riserva di competenza statale gestita dal Corpo Forestale dello Stato ("Bosco Fontana") e 6 siti della Rete Europea Natura 2000, in buona parte sovrapposti alle Riserve per estensione:

- due ZPS ("Valli del Mincio" e "La Vallazza");
- quattro SIC ("Ansa e Valli del Mincio", "La Vallazza", "Complesso Morenico di Castellaro Lagusello", "Chiavica del Moro").

3.1. IL SISTEMA IDRAULICO DEL FIUME MINCIO

Le informazioni riportate sono state desunte dal Piano di Gestione (pdg) delle Valli del Mincio (Parco del Mincio, 2011). Complessivamente il corso del Mincio (lungo circa 75 Km) e l'area da esso attraversato possono essere suddivisi in 3 tratti:

- alto Mincio: contraddistinta da siti di alto pregio ambientale e paesaggistico (complessi collinari morenici), questa zona si estende da Peschiera del Garda fino a Goito;
- medio Mincio: è una zona pedecollinare situata tra Pozzolo e Rivalta, in cui il fiume traccia ampi meandri tra prati e coltivazioni, assumendo le caratteristiche tipiche dei corsi d'acqua di pianura. Poi all'altezza di Rivalta, in prossimità delle Valli, il fiume si allarga, assumendo i tratti della palude. Qui le acque rallentano, consentendo la formazione di un sedimento e la crescita d'idrofite galleggianti o emergenti. Si formano quindi ampie insenature e isolette di vegetazione spontanea, che contribuiscono all'instaurarsi di zone ad alto valore naturalistico;
- basso Mincio: è la zona a valle dei tre laghi. Dopo essersi allargato ulteriormente in prossimità della Riserva Naturale "Vallazza", il Mincio prosegue poi verso il Po con tratti simili a quelli di un canale, imbrigliato da alte arginature che ne limitano l'andamento a meandri. Alcune zone bonificate adiacenti al corso del Mincio fungono oggi da golene in casi di emergenza.

La suddivisione è in funzione della morfologia del fiume, correlabile a fattori antropici e geologici. La zona dell'alto Mincio, ad esempio, è caratterizzata da una netta predominanza di sedimenti glaciali di diversa natura (ciottoli, ghiaie, sabbie). Anche il tratto intermedio, verso monte, presenta terreni con depositi fluvioglaciali (ghiaie), che tendono però a diventare argilloso-limosi proseguendo verso i Laghi di Mantova (granulometria fine o finissima, come ghiaietto, sabbie, limi e argille, tipici delle basse pianure). La morfologia del Mincio, inoltre, è stata influenzata da interventi antropici come sbarramenti, derivazioni, opere di difesa idraulica, rettificazioni e bacinizazioni finalizzate alla navigazione.

Le acque che alimentano il Mincio lungo il suo corso sono apportate anche da numerosi affluenti. Quelli in destra idrografica contribuiscono alle portate in misura piuttosto consistente, raccogliendo le acque di bacini di una certa estensione. Procedendo da monte verso valle essi sono il Redone superiore, il Redone Inferiore, lo Scolo Caldone, lo Scolo Goldone, la Seriola-Marchionale, l'Osone, il Vaso Duganella. In sinistra idrografica

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

invece i primi affluenti rilevanti entrano nel Mincio in corrispondenza delle Valli e dei Laghi Superiore e di Mezzo. In successione essi sono la Fossa Filippina, il Naviglio di Goito, il Rio Corniano, la Fossa Guarnera, il Rio Freddo, il Fosso Parcarello, il Fosso Agnella, il Fossamara.

Tralasciando gli affluenti meno rilevanti, si può riassumere con uno schema il sistema idraulico di regolazione delle acque che dal Garda giungono al Po attraverso il Mincio (fig.14).

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

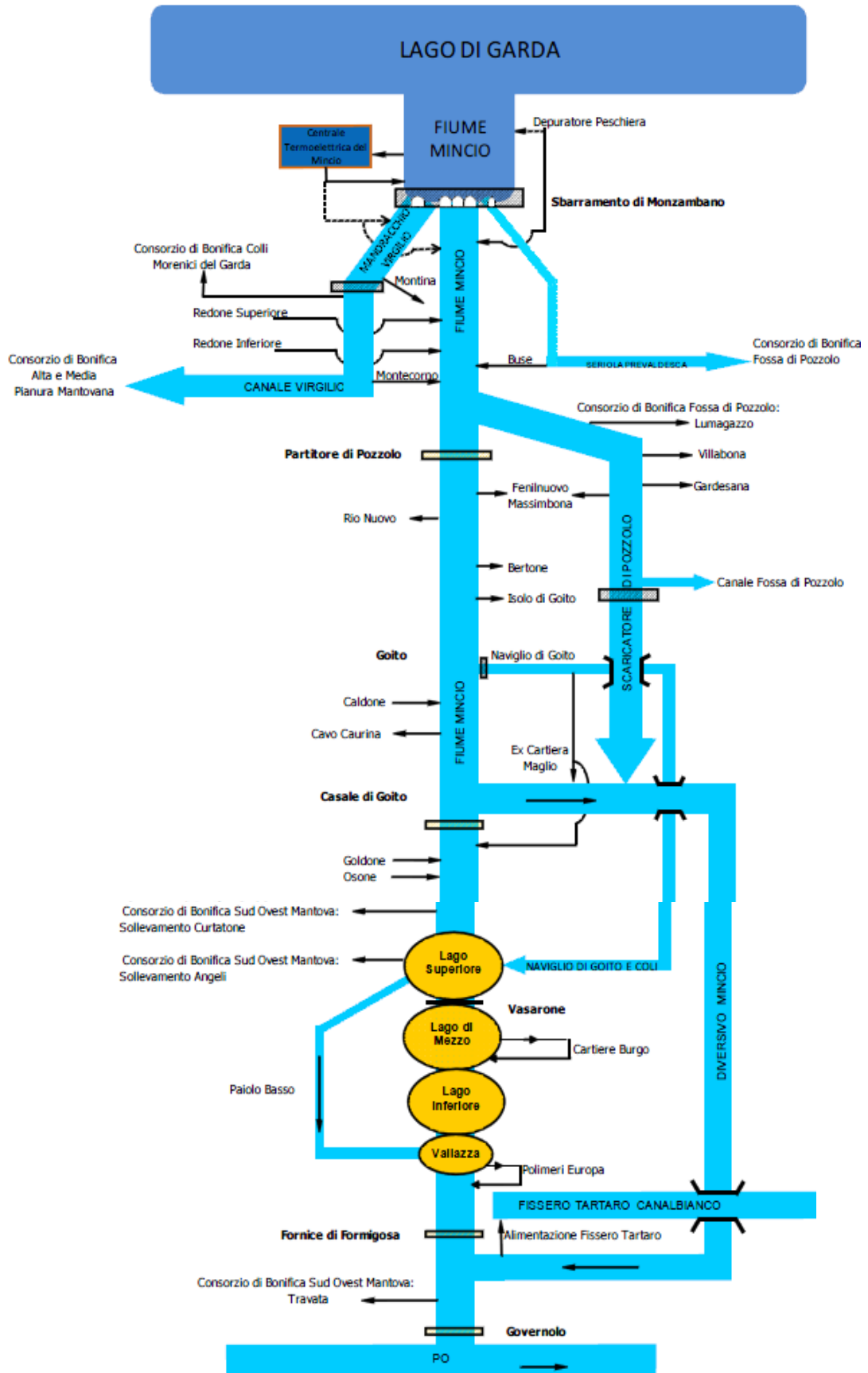


Figura 14- Schema idraulico del sistema Garda-Mincio-Laghi di Mantova Fissero/Tartaro

4. SIC/ZPS "VALLI DEL MINCIO"

4.1. HABITAT E VEGETAZIONE

La Riserva ospita numerose tipologie di habitat, catalogate secondo la classificazione CORINE BIOTOPES; alcune di esse sono di interesse comunitario e pertanto necessitano di specifiche azioni di tutela (tab. 1).

COD. E DESCRIZIONE HABITAT CORINE	SINTASSONO	CODICE HAB. COM.	AREA (ha)
22.411 - Tappeti di <i>Lemna</i>	<i>Lemno-Spirodeletum polyrizhae</i> Koch 1954; <i>Lemnetum minoris</i> Oberd. Ex T. Müller et Görs 1960	3150	2,62
22.422 - Comunità di piccoli <i>Potamogeton</i>	<i>Najadetum marinae</i> Fukarek 1961		0,46
22.43111 - Tappeti a <i>Nuphar</i>	<i>Nymphaeetum albo-luteae</i> Kowinski 1928	3150	8,43
24.1 - Alvei fluviali	Aggruppamento a <i>Nelumbo nucifera</i> ; corpi d'acqua senza vegetazione macrofita		241,02
31.811 - Cespuglieti a <i>Prunus</i> e <i>Rubus</i>	Aggruppamento ad <i>Amorpha fruticosa</i> e <i>Rubus caesius</i>		1,23
37.242 - Vegetazione di elofite a piccola taglia	Aggruppamento a <i>Carex hirta</i> ; <i>Junco compressi-Trifolietum repentis</i> Egger 1933		0,12
37.311 - Molinieti calcifili	<i>Selino-Molinietum caeruleae</i> Kuhn 1937	6410	109,15
37.71 - Comunità ruderali	Aggruppamento a <i>Solidago gigantea</i>		1,35
37.715 - Orli ripari misti	<i>Convolvulo-Eupatorietum cannabini</i> Gors 1974		1,21
38.22 - Arrenatereti medioeuropei planiziali	<i>Lolietum multiflorae</i> Dietl et Lehmann 1975	6510	40,04
38.23 - Arrenatereti medioeuropei planiziali	Aggruppamento a <i>Solidago gigantea</i> ; <i>Lolietum multiflorae</i> Dietl et Lehmann 1975 <i>trifolietosum repentis</i>	6510	79,50
44.13 - Gallerie di <i>Salix alba</i>	<i>Salicetum albae</i> Issler 1926	*91E0	3,78
44.311 - Frassineti con <i>Alnus glutinosa</i> e carici	Aggruppamento ad <i>Alnus glutinosa</i>	*91E0	1,21
44.332 - Orli ripari misti	Aggruppamento ad <i>Equisetum telmateja</i>		0,6
44.921 - Saliceti torbosi a <i>Salix cinerea</i>	<i>Salicetum cinerea</i> Zolyomi 1931		21,03
53.111 - Fragmiteti inondati	<i>Phragmitetum australis</i> Grabherr et Mucina 1993		446,39
53.213 - Cariceti a <i>Carex riparia</i>	<i>Galio palustris-Caricetum ripariae</i> Bal.-Tul. Et al. 1993		1,93
53.2151 - Cariceti a <i>Carex elata</i>	<i>Caricetum elatae</i> Koch 1926 <i>juncetosum sub nodulosi</i> ; <i>Caricetum elatae</i> Koch 1926		75,77
54 - Paludi, torbiere di transizione e sorgenti	Corpi d'acqua senza vegetazione macrofita		69,19
82.11 - Seminativi	Seminativi		302,3
82.12 - Serre o orti	Colture orticole		0,64
83.151 - Frutteti settentrionali	Frutteti		2,34
83.3211 - Piantagioni di pioppo con strato erbaceo ben sviluppato	Pioppeti culturali		11,95
83.324 - Robinieti	Aggruppamento a <i>Robinia pseudoacacia</i>		2,22
83.325 - Altre piantagioni di latifoglie	Impianti di arboricoltura da legno		36,44
85 - Parchi urbani e giardini	Verde pubblico e privato		13,03
86.2 - Villaggi	Nuclei rurali e residenziali; campeggi		16,54
86.31 - Costruzioni industriali attive	Aree industriali e commerciali		14,51
87.2 - Comunità ruderali	<i>Inulo viscosae-Agropyron repentis</i> Biondi & Allegrezza 1996		12,13

Tabella 1 - Habitat presenti nel SIC "Valli del Mincio"

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Dall'analisi della carta degli habitat (fig. 15), si evince che il 29% dell'area in esame è occupato da canneti, il 20% è destinato a seminativi, il 16% è coperto da alvei fluviali, circa l'8% da prati stabili (arrenathereti medioeuropei planiziali), il 7% da prati umidi (molinieti), il 5% circa da cariceti ed infine il 5% circa da paludi di transizione. L'analisi fitosociologica di ciascuna categoria di habitat consente di individuare le comunità vegetali (fitocenosi) che lo compongono. Le diverse fitocenosi sono inquadrare in unità gerarchizzate, dette *syntaxa*, il cui grado di determinatezza ecologica aumenta dalla classe all'associazione; in tab. 1 è mostrata, per ciascun habitat, la categoria fitocenotica più bassa e particolare, cioè l'associazione.

Dal pdg emerge che nel SIC sono presenti prati inondati e prati sfalciati, per un totale di circa il 15% dell'estensione considerata; inquadrare nella classe Molinio-Arrhenatheretea, le praterie delle Valli del Mincio includono gli habitat d'interesse comunitario 6410 (praterie con *Molinia* su terreni calcarei, torbosi o argillo-limosi) e 6510 (praterie magre da fieno a bassa altitudine). Su queste superfici, pertanto, il regolamento del SIC pone delle condizioni abbastanza restrittive per la gestione degli habitat, che tengono conto del loro stato di conservazione e dell'eventuale presenza di nuclei riproduttivi per l'avifauna. Gli altri habitat d'interesse comunitario (cod. 3150 e *91E0) occupano solo una minima parte del SIC.

Le cenosi di elofite rappresentano la tipologia di vegetazione dominante nel SIC, per un totale di circa il 35% dell'estensione considerata: inquadrare nella classe *Phragmiti-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novák 1941, esse includono canneti (*Phragmitetum australis* Grabherr et Mucina 1993) e varie tipologie di cariceti (*Galio palustris-Caricetum ripariae* Bal.-Tul. Et al. 1993; *Caricetum elatae* Koch 1926 *juncetosum sub nodulosi*; *Caricetum elatae* Koch 1926). Le comunità elofitiche citate colonizzano i meandri fluviali e le divagazioni del corso del Mincio, le rive di canali e fossi in tutta l'area protetta; dal punto di vista dinamico, esse rappresentano il primo stadio dell'interramento dei corpi d'acqua e preludono alla formazione delle boscaglie a salici. Pur non essendo inclusi nell'elenco degli habitat Natura 2000, canneti e cariceti rappresentano una cornice naturale di fondamentale importanza per le reti trofiche, la nidificazione e l'alimentazione di molte specie di uccelli acquatici (ISPRA, 2011), soprattutto all'interno di bacini lacustri e fluviali e in ambienti paludosi. Anche questi habitat, pertanto, richiedono una gestione conservativa apposita, alla luce della loro tendenza alla successione ecologica: gli interventi che possono essere attuati consistono nella rimozione della biomassa dal sito, preferibilmente tramite sfalcio ed asportazione e, laddove unico sistema perseguibile, pirodiserbo.

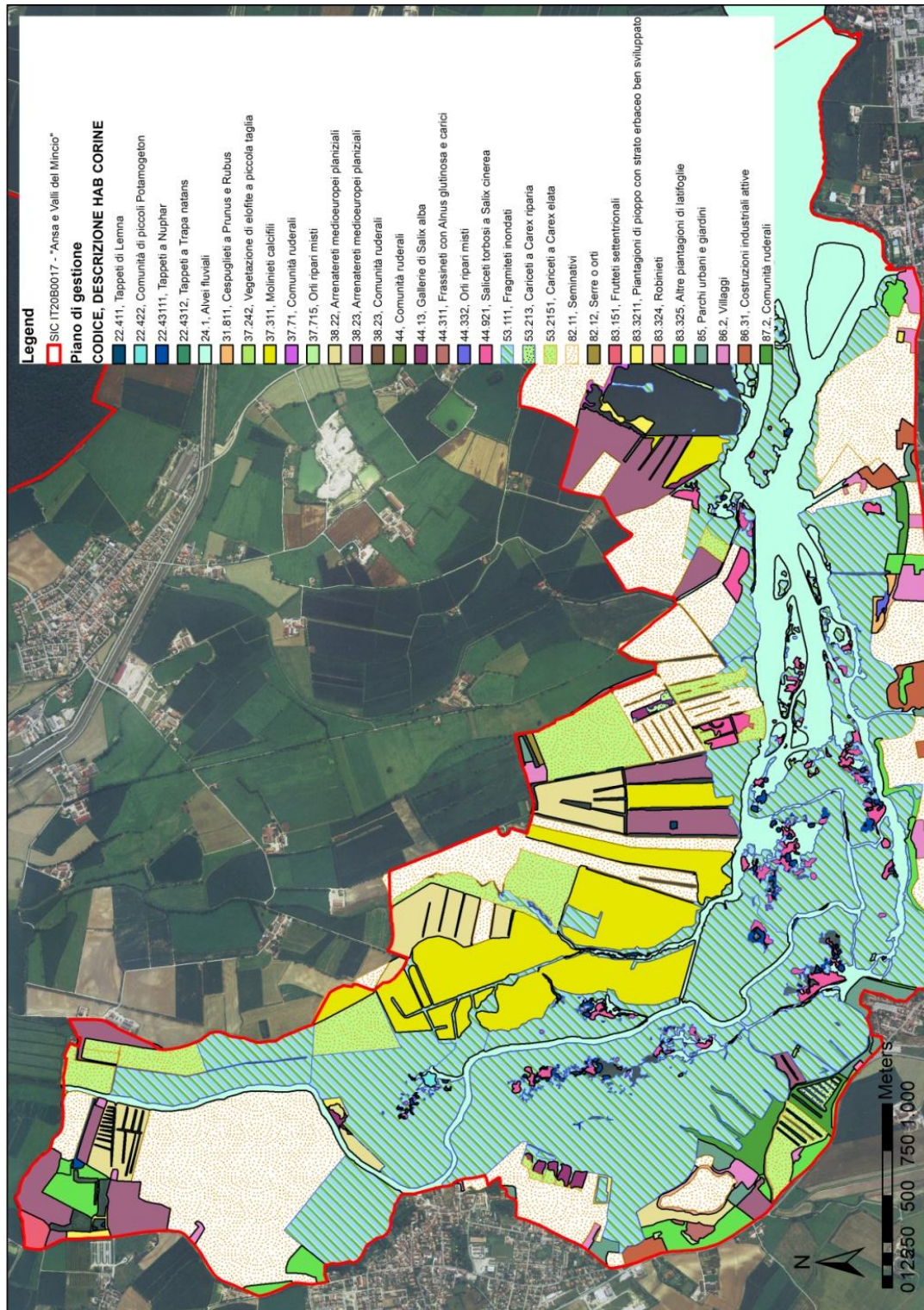


Figura 15 - Carta degli habitat del SIC "Valli del Mincio"

4.1.1. CANNETI E CARICETI

I canneti sono identificati con il cod. Corine 53.111 (fragmiteti inondati); l'habitat può essere ulteriormente classificato in base al grado d'igrofilia, con i codici EUNIS D5.11 (canneti affrancati, anche parzialmente, dalle condizioni più idromorfe, localizzati su suoli

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

generalmente privi di acque superficiali) o C3.21 (comunità interessate da periodi di sommersione più prolungati e sottili cinture di canneto a margine di fossi e canali di bonifica, con fondali da sabbioso-limosi a ghiaiosi fino a 0,5-0,7 m di profondità). L'habitat 53.111 è un'associazione discretamente ricca dal punto di vista floristico, dominata da *Phragmites australis*. Fra le specie caratteristiche sono frequenti *Hibiscus palustris* L., *Galium elongatum* Presl. e *Lycopus europaeus* L.. Peraltro, la presenza di specie come *Carex elata* All., *Carex paniculata* L., *Carex riparia* Curt, *Peucedanum palustre* (L.) Moench caratterizza la variante a *Carex riparia*, cenosi con aspetti di transizione verso le associazioni del *Magnocaricion elatae* Koch 1926. Oltre all'associazione classica, si possono rinvenire anche varianti floristicamente differenti, che possono dare luogo a comunità più "ruderali" e "disturbate" in corrispondenza di siti con limitata idromorfia (argini formati da materiale di riporto, isole galleggianti, ecc.). Infatti le condizioni idrologiche regolano l'ingresso di specie come *Humulus lupulus* L. (luppolo selvatico), *Calystegia sepium* (L.) R. Br. (campanelle bianche), *Urtica dioica* L. (ortica), *Rubus caesius* L. (rovo matto), *Thelypteris palustris* Schott (felce palustre), *Solanum dulcamara* L., *Iris pseudacorus* L. (iris giallo), *Caltha palustris* L. e, in canneti particolarmente "invecchiati", *Sambucus nigra* L. e *Salix cinerea* L. (Persico and Truzzi, 2008). I fragmiteti delle Valli presentano uno stato di conservazione favorevole; tuttavia il loro invecchiamento comporta l'ingresso di specie opportuniste e l'impovertimento floristico, con progressiva evoluzione verso formazioni meno igrofile (arbusteti di *Sambucus nigra* e, soprattutto, di *Salix cinerea*). Inoltre, l'accumulo di biomassa secca comporta maggiore probabilità d'incendi, anche spontanei, minacciando la fauna e la popolazione locale.

Per ciò che riguarda i cariceti, invece, il corteggio floristico vede la presenza di *Carex elata* All. e *Molinia cerulea* (L.) Moench, ma anche di altre specie degne di attenzione fra cui *Gentiana pneumonanthe* L., *Hypericum tetrapterum* Fries, *Allium angulosus* L., *Parnassia palustris* L., *Selinum carvifolius* (L.) L.. Tale contingente floristico comprende più specie definite rare ed in via di scomparsa e, dunque, in presenza di tali specie è riconosciuto l'habitat di interesse comunitario 37.311 (prateria igrofila/cariceto/molinieta). Alla luce di ciò, i cariceti che non ospitano specie di interesse comunitario occupano circa il 5% della superficie del SIC, principalmente nella forma a *Carex elata*. I cariceti a *Carex elata* sono identificati con il cod. Corine 53.2151; l'habitat è una comunità caratterizzata dalla dominanza di *Carex elata* All., con specie accompagnatrici in genere localizzate in piccole depressioni del terreno dove ristagna un sottile strato di acqua. Si possono ritrovare *Lysimachia vulgaris* L., *Stachys palustris* L., *Cyperus longus* L. e, in zone più idromorfe, a

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

segnalare uno stato di regressione ecologica verso il canneto, *Mentha aquatica* L., *P. australis*, *Typha angustifolia* L., *Typha latifolia* L.. In assenza del tradizionale sfalcio estivo e del pirodiserbo invernale, l'habitat tende ad essere invaso dalla canna palustre, in caso di maggior idromorfia; al contrario, la subassociazione a *Juncus subnodulosus* è caratterizzata dalla presenza di specie tipiche dei prati umidi, che ne segnalano la progressiva transizione verso gli habitat più xerici. Lo stato di conservazione dell'habitat è stato giudicato inadeguato, in relazione a considerazioni inerenti grado di conservazione della struttura e prospettive di conservazione vincolate ai necessari interventi di sfalcio annuali.

4.2. DESCRIZIONE SOCIO ECONOMICA

La Riserva interessa un territorio a forte connotazione agricola; nelle zone a seminativo si coltivano soprattutto mais, erba medica, grano, orzo e soia. Tuttavia, analizzando la carta dell'uso del suolo (tab. 2; fig. 16), si evince che solo il 20% della superficie della Riserva è destinato a seminativi; la restante parte è suddivisa, invece, tra paludi interne e torbiere (43%), un tempo coltivate, alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali (16%), prati stabili (8%), e altre destinazioni meno rilevanti.

COD. CLC (CORINE LAND COVER)	USO DEL SUOLO	AREA (ha)
1.1.2.3	Tessuto residenziale sparso	13,96
1.2.1.1.1	Insedimenti industriali, artigianali, commerciali	12,75
1.2.1.1.2	Insedimenti produttivi agricoli	1,77
1.3.3	Cantieri	1,77
1.4.1.1	Parchi e giardini	13,03
1.4.1.2	Aree verdi incolte	7,24
1.4.2.2	Campeggi e strutture turistico ricettive	0,80
2.1.1.1	Seminativi semplici	309,28
2.1.1.3.1	Colture orticole a pieno campo	0,64
2.2.2	Frutteti	2,34
2.2.4	Arboricoltura da legno	36,44
2.2.4.1	Pioppicoltura	11,95
2.3.1.1	Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive	119,36
2.3.1.2	Prati permanenti con presenza di specie arboree ed arbustive	1,21
3.1.1.1	Boschi di latifoglie a densità media e alta	6,14
3.1.1.3	Formazioni ripariali	1,07
3.2.4.2	Cespuglieti in aree agricole abbandonate	1,23
4.1.1	Paludi interne e torbiere	654,46
5.1.1	Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali	249,35
5.1.2.1	Bacini idrici naturali	6,89
5.1.2.2	Bacini idrici artificiali	27,16
5.1.2.3	Bacini idrici da attività estrattive interessanti la falda	38,25

Tabella 2 – Destinazione d'uso del suolo nel SIC "Valli del Mincio"

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

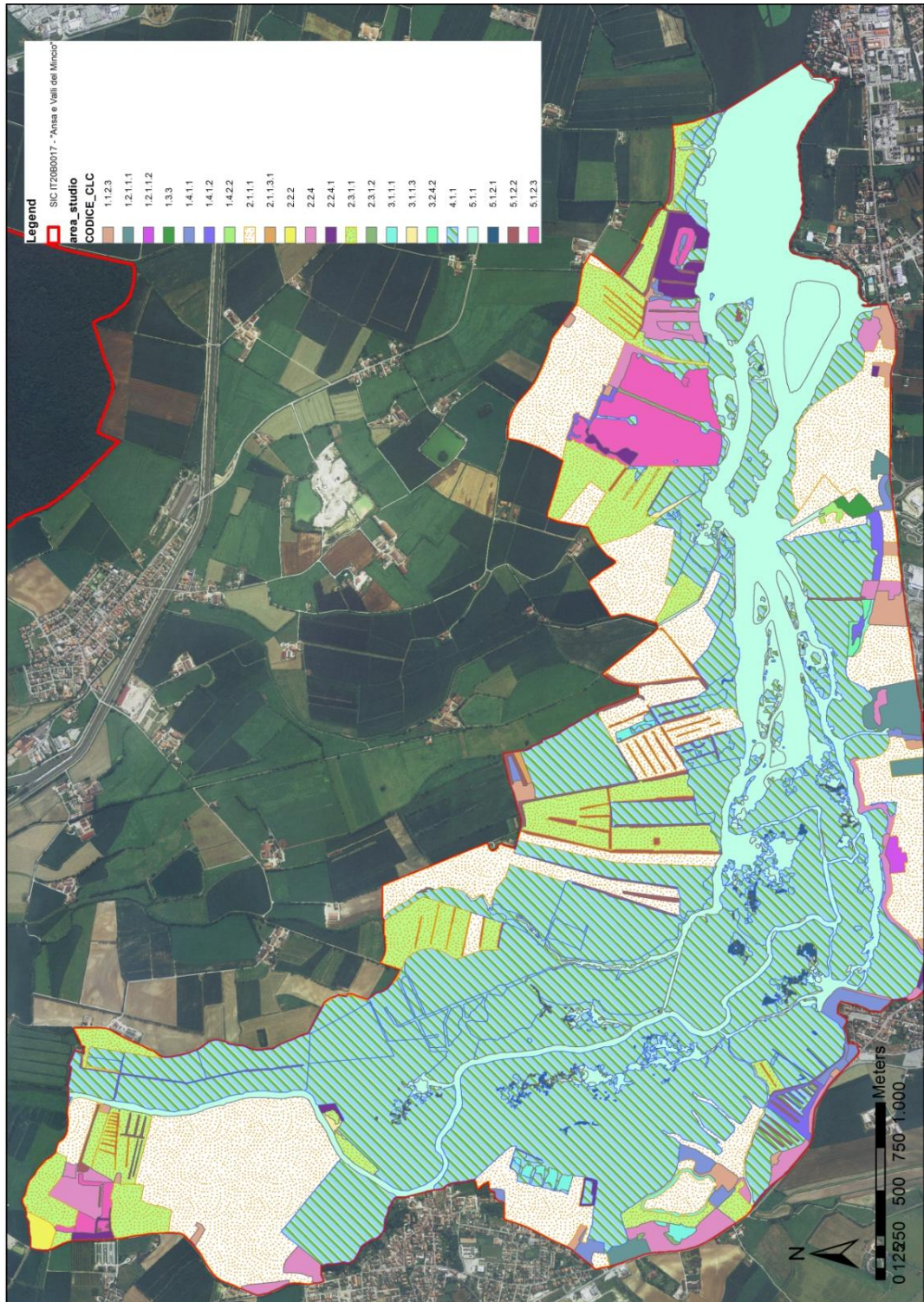


Figura 16 - Carta dell'uso del suolo nel SIC

Da quando è stata sospesa la coltivazione delle erbe palustri, la maggior parte delle porzioni vallive, molte delle quali private, non sono più sfruttate per produrre reddito e oggi risultano abbandonate; ciò vale soprattutto per le paludi interne e le torbiere, un'estensione considerevole. Fino a pochi anni fa, l'eccezione era costituita da alcuni appezzamenti (circa il

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2% dell'intero areale) localizzati nella porzione settentrionale dell'area in esame, in località Casazze, nei quali la coltivazione a scopo commerciale di canna e carice era stata mantenuta. Accantonata la tradizionale raccolta, dall'analisi dei dati attuali si evince che l'economia locale è sostenuta, oggi, da altre attività antropiche: la principale è l'agricoltura, ma sono rilevanti anche il turismo, l'educazione ambientale, la pesca sportiva, le piccole imprese artigianali, le attività commerciali ed industriali. Le coltivazioni agricole prevalenti sono costituite da seminativi a ciclo annuale e da prati permanenti polifiti per l'alimentazione di bestiame da latte, il cui allevamento nei comuni orientali della riserva rappresenta un comparto economico di assoluto rilievo. Sono inoltre presenti, sia pure con un ruolo marginale, colture arboree industriali (pioppeti) in questi anni progressivamente sostituiti con impianti di arboricoltura da legno a ciclo lungo.

Al momento, la parte più interna del SIC, il cuore della zona umida, viene valorizzata solo dal punto di vista turistico ed educativo: l'ente Parco organizza periodicamente attività di sensibilizzazione ambientale, come il birdwatching, la fitodepurazione, escursioni in barca tra canneti ed aironi, ecc. Nell'abitato di Rivalta è presente peraltro un museo etnografico sui mestieri del fiume, che raccoglie reperti e dati sulle attività locali tradizionali.

Negli ultimi anni alcuni appezzamenti paludosi in sponda sinistra hanno riguadagnato, se pur in piccola parte, un interesse non solo ambientale: infatti, su questi terreni la biomassa è raccolta per usi zootecnici interni alle aziende agricole (lettiera per il bestiame in sostituzione della comune paglia). Tuttavia, la convenienza economica di tali operazioni, praticate da alcuni agricoltori previo accordo con l'ente Parco, dipende dalle fluttuazioni di mercato della paglia stessa, il cui prezzo è talvolta inferiore ai costi di raccolta della biomassa locale.

Per ciò che riguarda le proprietà, circa il 72% del territorio del SIC è privato, mentre la quota restante fa parte del demanio: la dislocazione dei terreni, suddivisi tra privati e pubblici, è mostrata in fig. 17.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

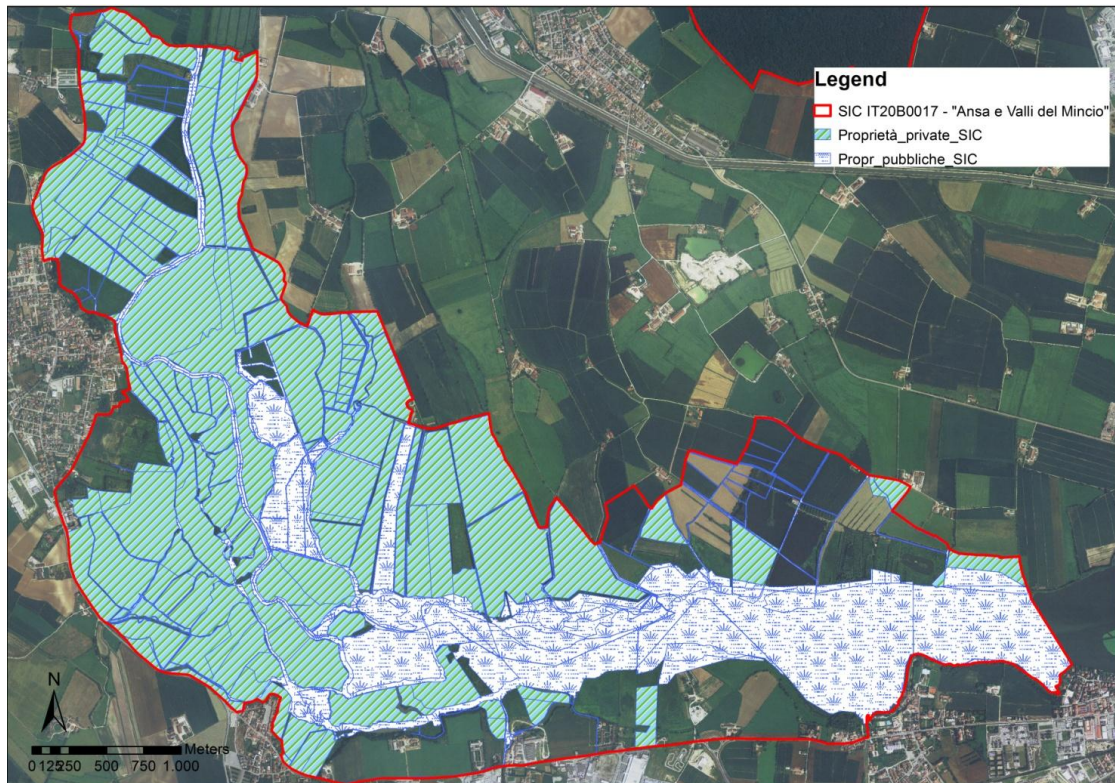


Figura 17 - Dislocazione dei terreni pubblici e privati all'interno del SIC

Come si può notare in fig.17, le informazioni collezionate, talvolta non complete o aggiornate, sono insufficienti a coprire l'intero territorio del sito comunitario; infatti, per alcune zone private (circa il 30% della superficie totale del SIC) non sono noti né il numero né le generalità dei proprietari (fig. 18).

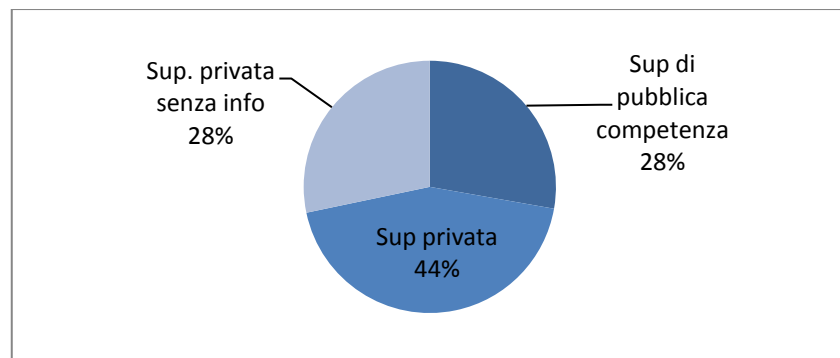


Figura 18 - Suddivisione delle proprietà dei terreni nel SIC

Gli appezzamenti privati noti, che coprono approssimativamente il 60% della superficie privata totale interna al SIC, sarebbero suddivisi tra circa 40 proprietari; la copertura delle singole proprietà (quota di superficie relativa all'intero sito comunitario) varia da un massimo di circa il 6% a un minimo inferiore allo 0,1% (fig. 19).

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

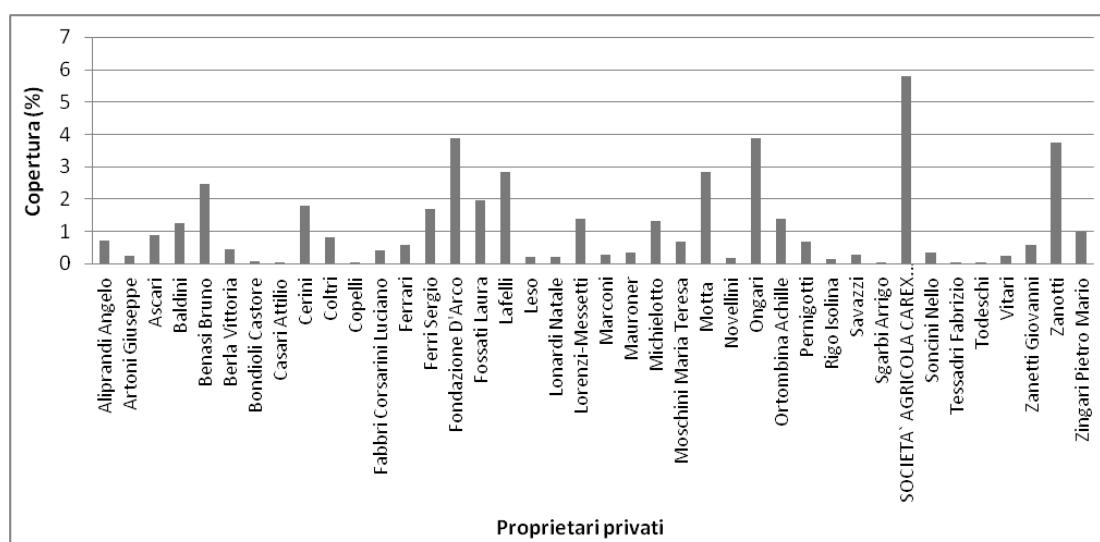


Figura 19 - Copertura delle proprietà private note

Tuttavia, questi dati si riferiscono alla superficie totale del SIC, che comprende anche alcune aree cementificate (a uso del suolo residenziale e industriale – commerciale) e zone private non informative; di conseguenza, i dati sono solo parziali e andrebbero integrati opportunamente.

4.2.1. INTERAZIONE CON I PROPRIETARI LOCALI

L'ente Parco non è ben visto da tutti i proprietari locali, per ragioni molto spesso riconducibili all'imposizione di limiti e regole: in generale, l'interazione tra i proprietari delle Valli e il Parco del Mincio è problematica, eccezion fatta per alcuni agricoltori che si mostrano invece collaborativi. A conferma di ciò, si riporta in modo confidenziale che, in seguito a spiacevoli eventi in merito alla gestione degli appezzamenti, alcuni agricoltori hanno richiesto alla Regione l'esclusione dalla Riserva; addirittura sono attualmente in corso dei procedimenti civili tra alcuni dei proprietari e Regione Lombardia.

Per la tesi in questione sono stato messo in contatto con 3 agricoltori locali, il sig. Benasi Bruno, il sig. Fiorini Massimo, il sig. Gili Francesco, tutti molto disponibili ad offrirmi le loro conoscenze e il loro tempo per specifiche interviste.

Il primo, proprietario dell'ultima zona rimasta per la coltivazione a scopo commerciale di canna palustre e carice, fa parte della famiglia che storicamente commerciava i prodotti della Valle; egli è un imprenditore che, visto il suo ruolo, conosce bene gran parte degli appezzamenti e le relative proprietà.

Il sig. Fiorini, agricoltore ed allevatore, gestisce alcuni terreni a canneto, cariceto e molinieto, con l'ausilio di comuni mezzi agricoli; sebbene operi su terreni non di proprietà, è

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

un grande conoscitore degli ambienti umidi locali, soprattutto per ciò che riguarda le zone in sinistra Mincio, da cui rimuove la biomassa a scopi zootecnici. Avendo alle spalle notevole esperienza nella gestione di canneti, cariceti e molinieti, egli è in grado di offrire molti dettagli pratici e logistici inerenti alla coltivazione e alla raccolta della biomassa nelle Valli.

Il sig. Gili, infine, gestisce una piccola porzione delle Valli del Mincio, di proprietà Michielotto; è il più anziano dei tre ed è quindi fonte di molte memorie storiche, altrimenti difficilmente recuperabili.

Nonostante il numero dei proprietari contattati sia esiguo rispetto al totale, si può desumere che le conoscenze in loro possesso siano molto affidabili e, pertanto, sufficienti a definire un quadro conoscitivo dell'area.

4.3. REGOLAMENTO DEL SIC

Il regolamento del SIC contiene prescrizioni dirette ad assicurare il mantenimento e il ripristino, in uno stato di conservazione soddisfacente, degli habitat e delle specie di fauna e flora selvatica d'interesse comunitario (fig. 20).

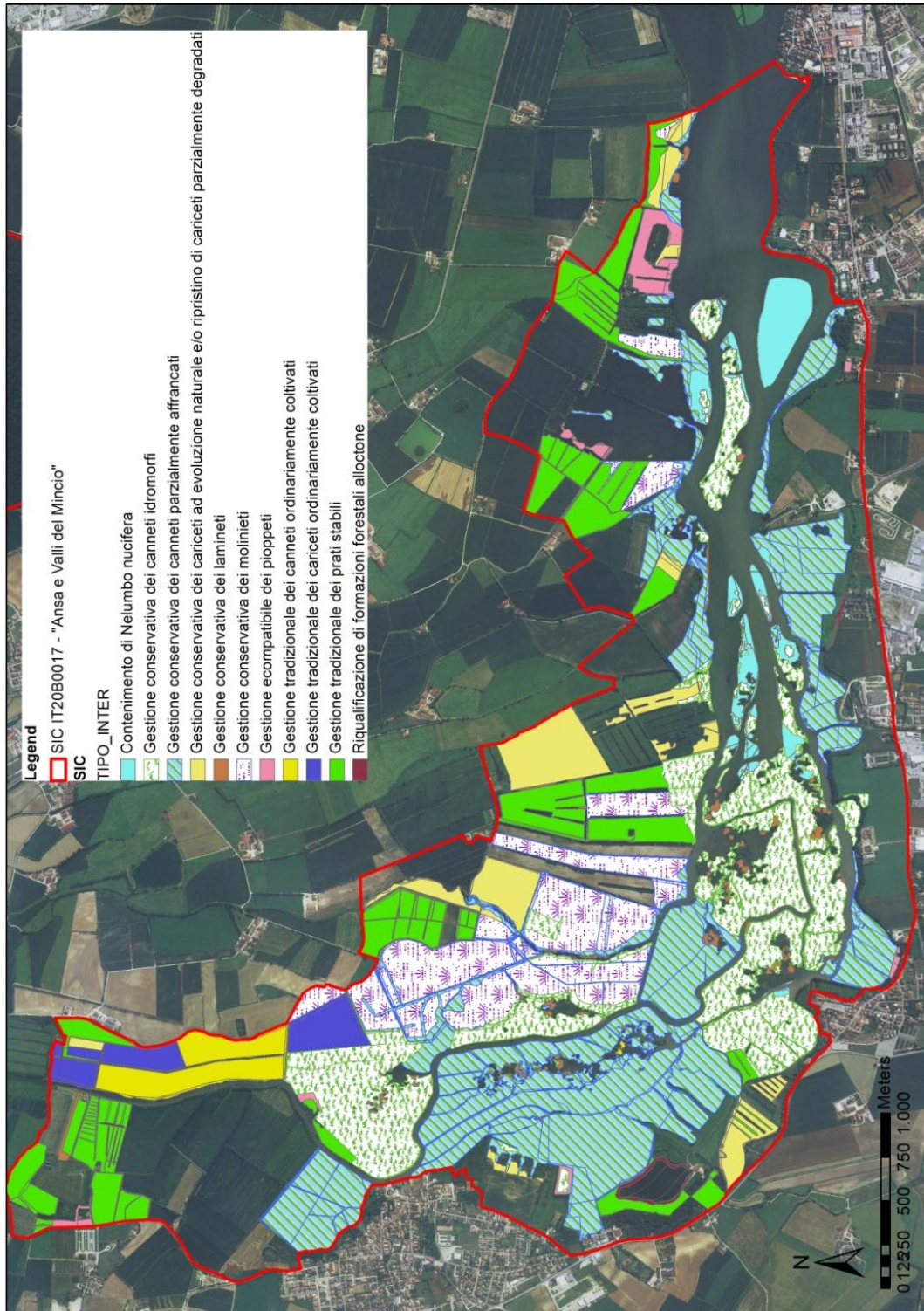


Figura 20 - Carta degli interventi

In particolare, la parte quinta (art. 19 – 24) si riferisce alla gestione conservativa o tradizionale degli habitat naturali e seminaturali; specifica attenzione è stata rivolta a canneti, cariceti e molinieti. Dal regolamento si evince che, per questi habitat, è consentito lo sfalcio di:

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

- canneti coltivati (1 novembre – 31 marzo; tutta la superficie) e ad evoluzione naturale (1 novembre – 28 febbraio; rotazione minima quadriennale, 1/4 della superficie ogni anno);
- cariceti coltivati (15 giugno – 15 agosto; tutta la superficie) e ad evoluzione naturale (1 novembre – 28 febbraio; 2/3 della superficie ogni anno);
- canneti e cariceti degradati da recuperare, in altre parole le superfici abbandonate che, in seguito a fenomeni di affrancamento dall'idromorfia, rischiano di evolvere verso incolti o prati stabili (1 novembre – 28 febbraio; tutta la superficie);
- molinieti (1 novembre – 28 febbraio; 2/3 della superficie).

Inoltre, il regolamento vieta di:

- convertire i molinieti presenti alla data di adozione del piano e censiti nella tav.5 ad altro tipo di destinazione d'uso;
- trasformare "canneti ad evoluzione naturale" in "coltivati" e "cariceti ad evoluzione naturale" in "coltivati";
- ricorrere a concimazioni organiche o chimiche e all'uso di fitofarmaci per la gestione dei canneti coltivati, dei cariceti ad evoluzione naturale e dei canneti/cariceti degradati da recuperare;
- ricorrere a concimazioni organiche o chimiche e all'uso di fitofarmaci per la gestione dei cariceti coltivate (salvo altre disposizioni).

In particolare, solo per i canneti ad evoluzione naturale è consentita la pratica del pirodiserbo (o debbio), consistente nella bruciatura in campo della biomassa; tuttavia ciò è ammesso a condizione che almeno il 15% dell'intero canneto sia sfalcato sulle fasce perimetrali. Il materiale prodotto con il taglio può essere asportato o destinato alla bruciatura in campo: in quest'ultimo caso il materiale deve essere accatastato in cumuli di dimensioni limitate, posti verso l'interno dell'appezzamento. Inoltre la bruciatura è subordinata al rispetto delle seguenti condizioni:

- protezione di alberi e arbusti, mediante sfalcio della canna per un raggio di almeno 5 m attorno alle piante;
- realizzazione di una fascia tagliafuoco perimetrale di almeno 10 m sui lati in cui sussiste il rischio di propagazione del fuoco;
- alternare a mosaico le aree da bruciare e quelle da rilasciare;
- è vietato qualsiasi intervento in corrispondenza delle garzaie di Airone rosso;

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

- l'inizio dell'attività di pirodiserbo deve essere comunicato per iscritto all'Ente gestore.

Per i canneti coltivati, invece, la bruciatura è consentita soltanto per le stoppie, previa comunicazione iscritta all'Ente gestore; in aggiunta, nelle aree marginali in cui non sia possibile la raccolta meccanica, si deve procedere con la raccolta manuale. Anche in questo caso è obbligatoria la protezione di alberi e arbusti, mediante sfalcio della canna per un raggio di almeno 5 m attorno alle piante. Infine si dispone che una superficie coltivata di estensione pari a quella presente alla data di adozione del piano possa essere ripristinata anche in caso di cessazione dell'attività di coltivazione sulle superfici attualmente utilizzate, previa autorizzazione da parte dell'Ente Gestore.

4.4. ATTUALI CRITICITA'

Si può constatare che, in passato, canneti e cariceti occupavano un'area ben più estesa di quella attuale (fig.21).

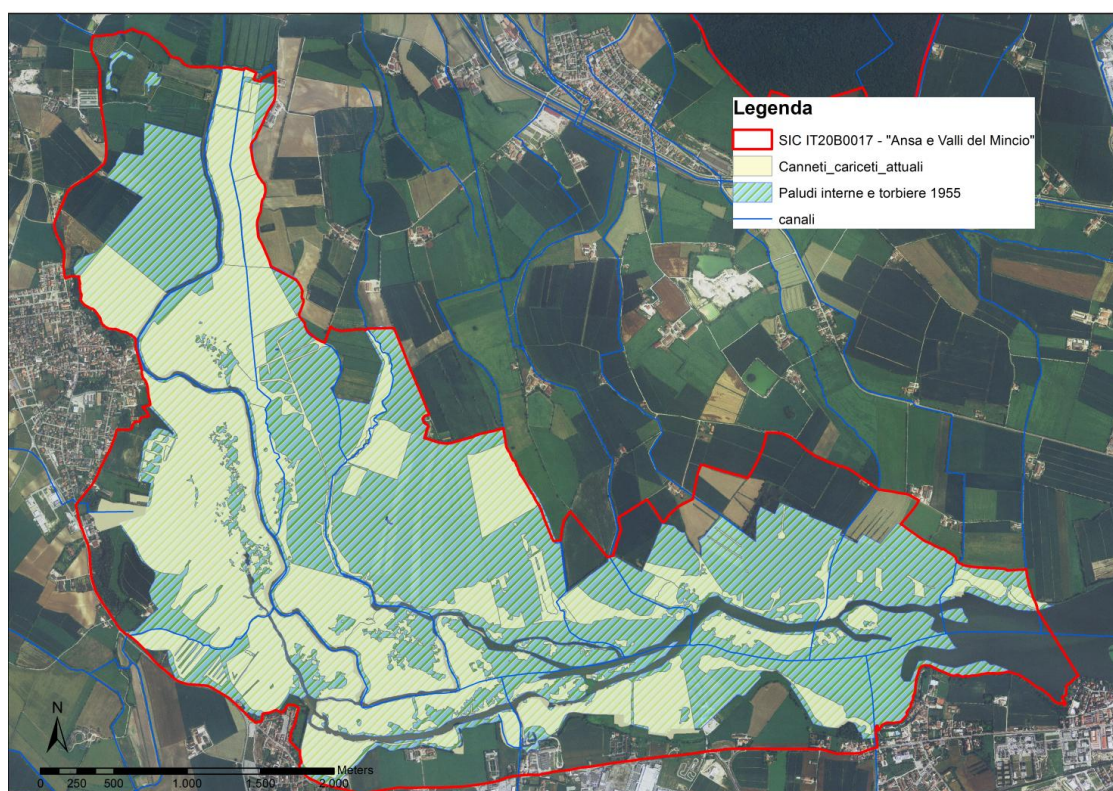


Figura 21 - Confronto tra antica palude-torbiera e attuali canneti-cariceti (Amministrazione provinciale di Mantova, 1984)

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

E' evidente come la sospensione della gestione tradizionale dei canneti (fig.22), associata ad altre concause, abbia comportato una contrazione delle superfici paludose e il deterioramento degli habitat umidi ancora intatti.

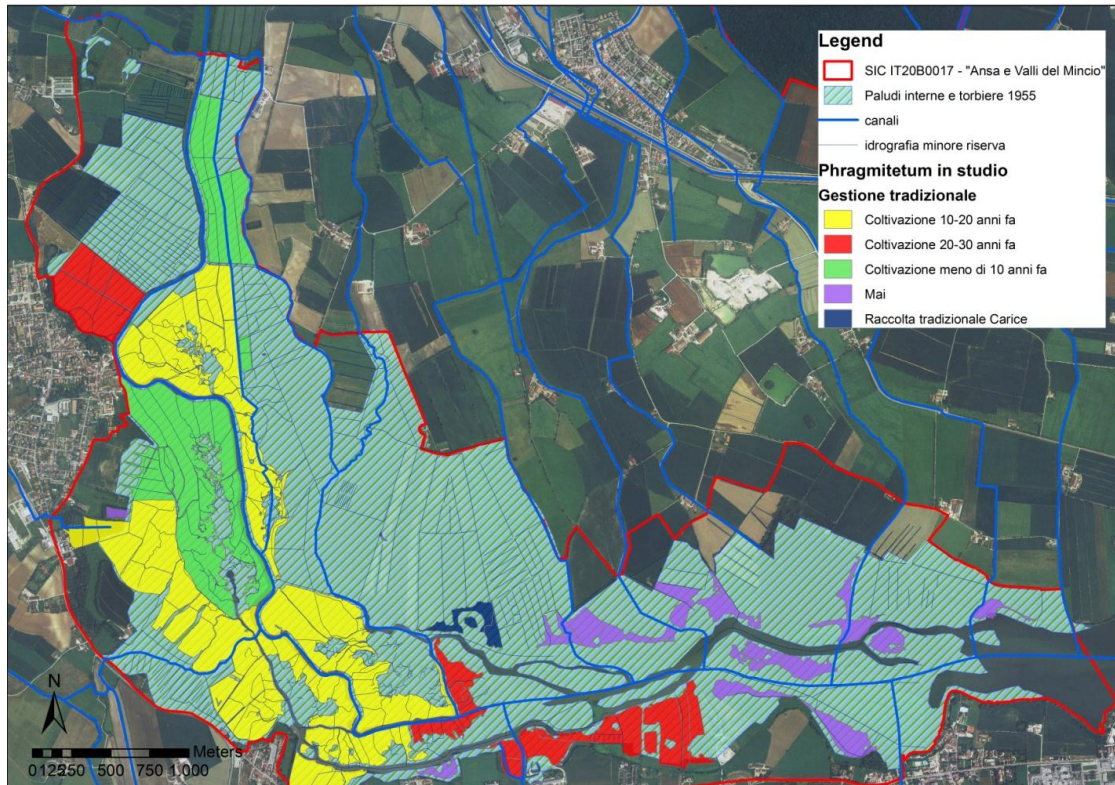


Figura 22 – Antica zona di coltivazione della canna palustre e del carice (1955) e ultimo periodo di attuazione della gestione tradizionale nei canneti superstiti (2012)

Le Valli del Mincio, infatti, sono soggette ad un processo d'interramento in parte naturale e in parte antropico. La regolazione idraulica del fiume Mincio, l'inquinamento del bacino idrografico e l'evoluzione socio-economica dell'area hanno comportato negli anni un graduale peggioramento qualitativo dell'ecosistema. L'accumulo dei depositi organici, che si conservano per l'elevato grado di saturazione idrica di questi ambienti, sta causando il progressivo prosciugamento delle superfici che fiancheggiano i corpi idrici, con formazione di strati torbosi di diversa consistenza. Si sta, dunque, verificando la transazione classica della zona umida (fig. 1), che si trasforma in torbiera e gradualmente in terreno coltivabile; in mancanza d'interventi gestionali, il processo vede i cariceti essere progressivamente invasi da *Phragmites australis* e i canneti evolvere rapidamente verso formazioni mesoigrofile che si radicano su terreni più rialzati per successive stratificazioni (salici ed ontani). Per rallentare la progressiva riduzione della zona umida, è necessario ridurre la quantità di residui vegetali che annualmente cadono sulla superficie del suolo torboso alla

fine del proprio processo vegetativo. Si rende pertanto necessario favorire un “equilibrio artificiale” in cui l’uomo interviene garantendo il necessario apporto idrico ed eliminando, attraverso la raccolta e/o la bruciatura dei residui organici, la biomassa naturale.

4.4.1. ALTERAZIONI DEL REGIME IDROLOGICO DEL MINCIO

Attualmente nelle Valli si riscontra un ridotto idrodinamismo, che contribuisce allo stato di degrado: le cause sono le eccessive derivazioni delle acque a monte della riserva, il minor rilascio di acqua nel Mincio e, infine, la bonifica artificiale di alcune aree vallive mediante scavo di canali che hanno determinato fenomeni di by-pass idraulico (Telò et al., 2007). Ognuno di questi fattori contribuisce fortemente ai processi d’interramento e di eutrofizzazione in atto.

Le azioni di bonifica, soprattutto l’ampliamento della Fossa Giansesi (fig. 23), hanno determinato il drenaggio di terreni posti in sinistra idrografica e la sottrazione di portate al corso principale del Mincio, verso un ramo laterale del sistema idraulico. Di conseguenza, si è causato un peggioramento qualitativo degli habitat a prati umidi e delle acque del tratto terminale del Canale del Re (una delle aree più integre delle Valli e più importanti sotto il profilo conservazionistico).

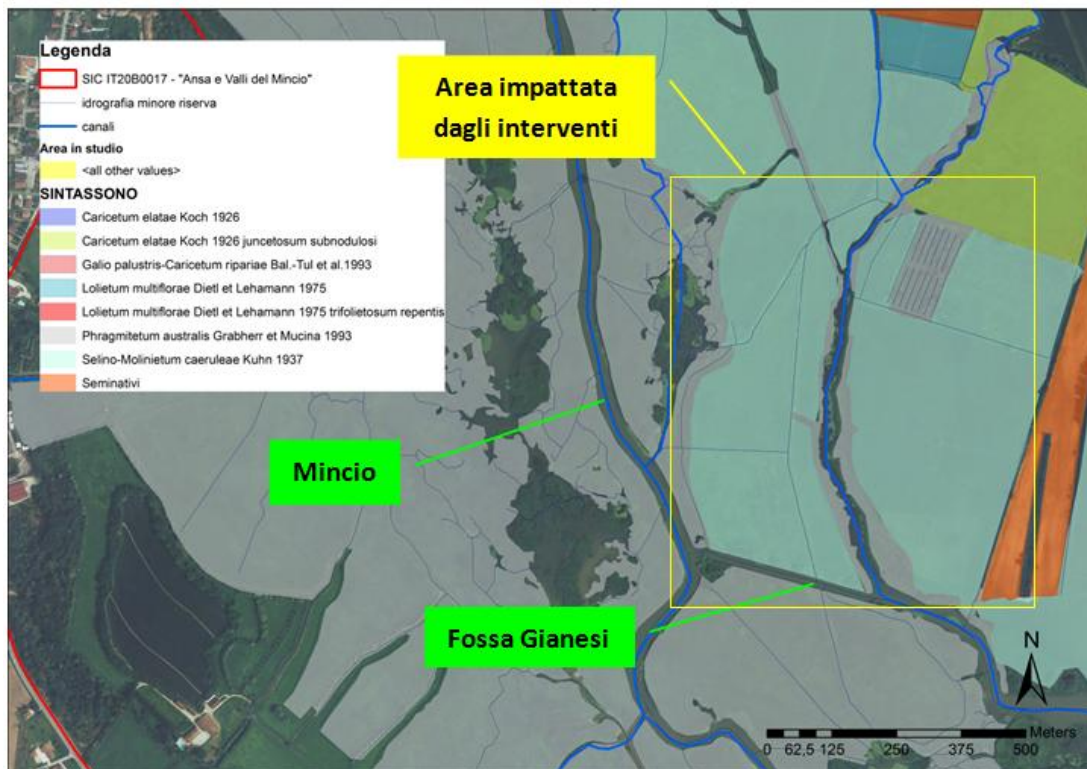


Figura 23 – Inquadramento territoriale della Fossa Giansesi e delle aree che hanno risentito degli interventi di bonifica

Le criticità idrologiche del Mincio vanno intese in una prospettiva sistemica che coinvolge l'intero bacino. A Peschiera del Garda le portate medie annue sono state ridotte da 60 m³/s (1921-1941) a meno di 40 m³/s (1989-2005) e si prevede un'ulteriore diminuzione dovuta ai minori apporti piovosi e nevosi nel bacino Sarca-Garda. A tale contrazione si aggiungono le ingenti erogazioni previste dal Piano Regolatore delle acque del Mincio nel periodo irriguo (aprile-settembre). La carenza idrica nell'alveo naturale del fiume comporta una minor diluizione dei carichi inquinanti e l'aumento dei tempi di ricambio delle acque vallive, tant'è che alcune zone marginali sono caratterizzate da stagnazione permanente. Una portata ridotta riduce anche il grado di ossigenazione necessario per i processi biotici ed abiotici di ossidazione della materia organica, dando luogo a fenomeni di metanogenesi. Le comunità biotiche acquatiche e ripariali risentono, inoltre, della riduzione di habitat idonei, con conseguente perdita di biodiversità fluviale (Telò et al., 2007).

4.4.2. CARICHI INQUINANTI

Le sostanze inquinanti possono avere diversi impatti sulle acque superficiali (Parco del Mincio, 2011):

- eutrofizzazione, dovuta all'eccesso di nutrienti come N e P, con proliferazione di alghe, anche tossiche, e piante acquatiche;
- riduzione della quantità di O₂ disciolto, dovuto a un eccesso di sostanze organiche biodegradabili, con abbattimento della capacità autodepurativa degli ecosistemi acquatici;
- eccessiva concentrazione di sostanze pericolose (metalli pesanti, inquinanti organici, fitofarmaci ecc. prevalentemente derivanti da attività industriali e agricole) nei tessuti di organismi acquatici;
- torbidità e aumento della temperatura dell'acqua, causate rispettivamente dalla presenza di un eccesso di sedimenti o di sostanza organica in sospensione, e dallo scarico di acque di trattamento o raffreddamento più calde di quelle del corpo idrico recettore.

Alla luce di tali relazioni causa-effetto, lo stato di marcata eutrofia delle Valli è legato ad una serie di concause, sulle quali è possibile operare con azioni a livello locale (Telò et al., 2007):

- carico trofico, batterico e solido degli affluenti di destra del Mincio, in particolare Osone e Goldone (fig.24 e tab.3).

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

*	Azoto inorganico (Kg/d)	Fosforo inorganico (Kg/d)	Solidi sospesi (Kg/d)
Peschiera del Garda	847	369	Ca. 1'000
Redone Superiore	614	4	Trascurabile
Redone Inferiore	139	1	Trascurabile
Caldone	145	1	Trascurabile
Goldone	779	20	Ca. 2'000
Osonè	805	12	Ca. 13'500

Tabella 3 - Apporti più significativi che, direttamente o indirettamente, raggiungono le Valli

* Dati estratti da una campagna di monitoraggio del 2006-2007, nell'ambito del progetto "Da Agenda 21 ad Azione 21" (Telò et al., 2007). La mancanza di dati di una certa continuità sulle portate del Mincio e dei suoi affluenti, non ha finora consentito di operare precise stime dei carichi inquinanti in transito nelle Valli e nei bacini lacustri.

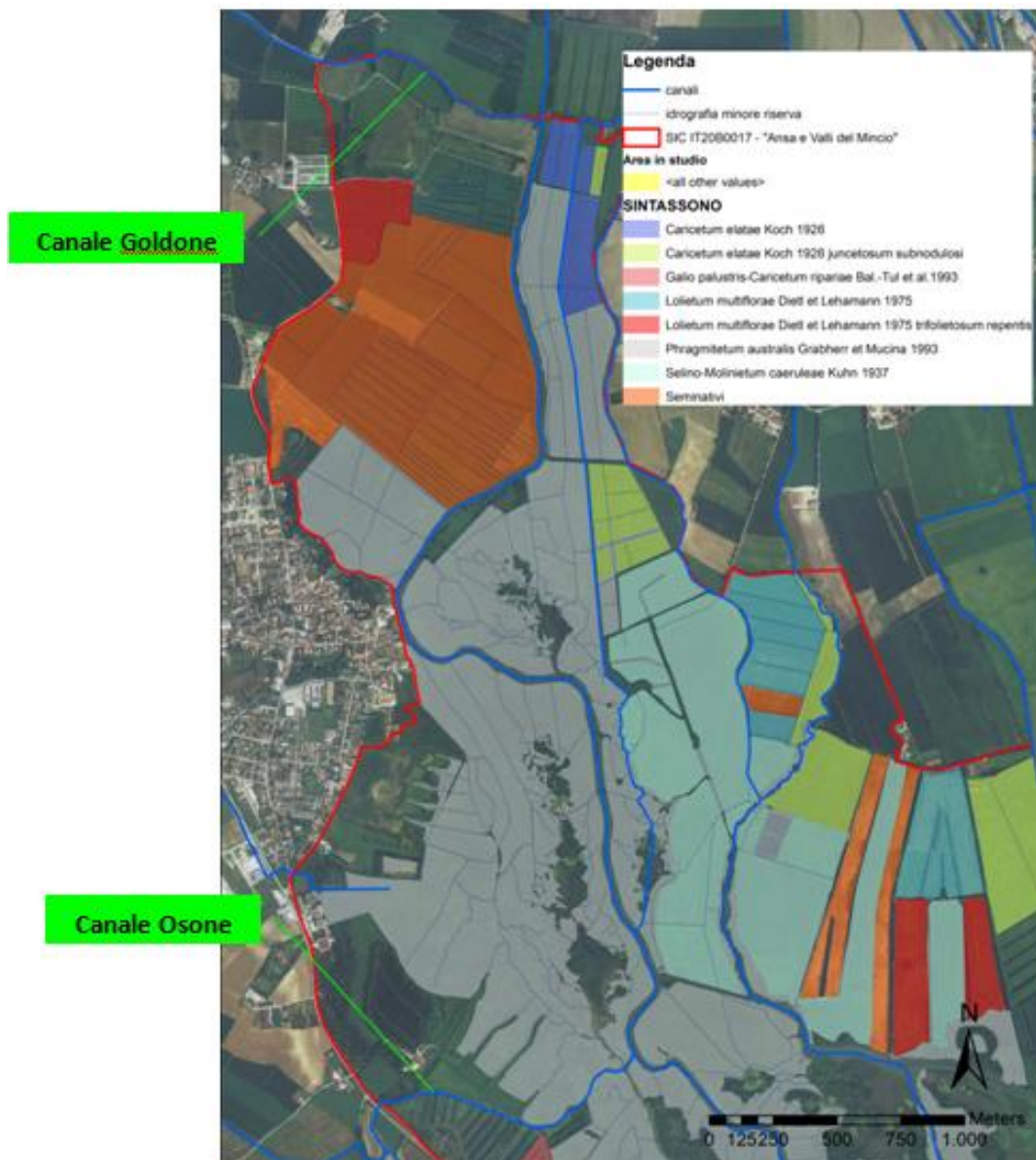


Figura 24 - Apporti dei canali Osonè e Goldone al Mincio

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Essi sono caratterizzati da una scadente qualità delle acque, con notevole apporto all'asta principale del fiume di sedimento minerale ed elevato carico inquinante di origine civile, agricola e industriale;

- accumulo di biomassa nelle biocenosi acquatiche e igrofile, dovuto alla mancata utilizzazione della canna palustre e del carice;
- accumulo di sedimenti soffici, ad elevato carico organico, di varia provenienza, in grado di restituire nutrienti al sistema per anni;
- ipertrofismo dovuto alla pratica del pirodiserbo su superfici eccessivamente estese;
- carico trofico e batterico apportato direttamente alle Valli dal depuratore di Rivalta.

Tali concause risentono dell'influenza di fattori sistemici:

- impatti delle pratiche agricole intensive sul sistema vallivo. L'area del medio/basso Mincio è stata classificata dal PsE (piano di stralcio Eutrofizzazione) come sito a medio carico di N e P sversati in acque superficiali;
- carenza idrica, che innesca l'evoluzione degli habitat a canneto, cariceto e molinieto verso formazioni arboreo/arbustive a dominanza di salici e ontano nero, con scadimento della qualità ambientale complessiva del sistema;
- impatto considerevole di molti depuratori che trattano acque reflue urbane, a volte sottodimensionati. Le più significative sorgenti puntiformi d'inquinamento dei bacini lacustri e del fiume nel suo complesso sono i depuratori di Peschiera del Garda e tutti quelli dei comuni rivieraschi (soprattutto Castiglione delle Stiviere e Guidizzolo).

4.4.3. RIDUZIONE DEGLI HABITAT PALUSTRI CONSERVATI ARTIFICIALMENTE

In passato i "padroni" della Valle assegnavano a ciascun dipendente una zona di coltivazione, della quale essi divenivano responsabili: era necessario eliminare le infestanti, mantenere o crescere i canali in una logica di mantenimento dell'area coltivata, ecc.. Poi, alla fine di febbraio/primi di marzo, si praticava il debbio: al termine della raccolta, infatti, le stoppie e le erbe morte venivano bruciate, come si tramandava da generazioni, allo scopo di impedire l'accumulo di materiale vegetale nelle Valli, e, dunque, il loro degrado. Questo sistema di suddivisione aveva permesso una perfetta gestione dell'area umida: i processi

d'interramento erano contrastati e l'area umida manteneva efficacemente il suo ruolo di filtro naturale per le acque in ingresso alla città. Oggi è venuto a mancare questo sistema di gestione e l'estensione degli habitat palustri si sta progressivamente riducendo. La conservazione di questi habitat dipende, quindi, dall'attuazione d'interventi in grado di contemperare le esigenze di rimozione della biomassa, il minimo impatto su flora e fauna locale e costi accettabili per la comunità.

4.4.4. INCREMENTO DELLE SPECIE VEGETALI INVASIVE

L'esempio più importante è quello del fior di loto (*Nelumbo nucifera*), specie alloctona invasiva ormai divenuta un simbolo per la città. Il suo proliferare rappresenta una minaccia per la conservazione della vegetazione autoctona e favorisce l'interramento, contribuendo peraltro alla scomparsa della fascia di transizione canneto-acqua libera (uno dei più importanti ambienti della palude, sia per gli aspetti botanici sia faunistici). Altre specie alloctone invasive che si possono trovare nel sito sono la *Pistia* spp. (lattuga d'acqua), *Salvinia natans* (felce acquatica) e *Arundo donax*. Ad esse si aggiunge una specie autoctona, che è però indice di eutrofizzazione delle acque: la castagna d'acqua (*Trapa natans*), responsabile dell'ombreggiamento dei fondali. L'elevata produzione primaria del sito è incrementata ulteriormente dalla proliferazione di fioriture algali (fitoplancton), in seguito alla stagnazione delle acque.

4.4.5. ASPETTI LOGISTICO-GESTIONALI: CONTESTO PROBLEMATICO

La periodica rimozione della biomassa elofita e di quella in alveo sono operazioni necessarie per ridurre l'apporto di sostanza organica; tuttavia, la gestione delle Valli presenta problematiche di tipo logistico legate soprattutto alla capacità portante (o portanza) dei terreni, ovvero la capacità di sopportare le sollecitazioni di compressione verticale dovute a un carico sovrastante. Infatti, i macchinari agricoli tradizionali necessari alla raccolta (falciatrici, rotoimballatrici e rimorchi trainati da trattori) sono utilizzati solo su alcuni appezzamenti, poiché laddove la capacità portante non è in grado di sostenerli è richiesto l'uso di mezzi speciali. A tal riguardo, prossimamente l'ente Parco dovrebbe dotarsi di un mezzo anfibo leggero utile a operare in questi contesti. Ciò implicherebbe la necessità di suddividere le Valli per aree di competenza, secondo la capacità portante delle varie zone; in questo senso, però, le informazioni sono scarse e spesso legate alla memoria storica di agricoltori e operatori dell'area.

Rispetto al passato, inoltre, la gestione delle Valli implica ulteriori costi per gli interventi di manutenzione dei canali, che si sommano alla periodica rimozione della biomassa da canneti, cariceti e molinieti; tali azioni consistono nell'asportazione di sedimento dai canali secondari ("dragatura" e deposito del materiale di risulta sulle sponde) e della vegetazione emergente posta ai margini dei canali principali ("sgarbatura"). Tuttavia gli enti pubblici incontrano notevoli difficoltà a interagire con alcuni proprietari locali e ciò impedisce la gestione condivisa della Riserva.

4.4.6. STATO COMPLESSIVO DELL'ECOSISTEMA VALLIVO

Per tutta questa serie di ragioni, nelle Valli, si registra un progressivo deterioramento della qualità degli ecosistemi acquatici. E' stato dimostrato da studi precedenti (Tomaselli et al., 2002) che i processi d'interrimento delle Valli sono dovuti alla mancata gestione dell'area, che comporta effetti a cascata.

Ad esempio portate poco consistenti:

- riducono i processi autodepurativi delle Valli e di "lavaggio dei laghi" (la minor diluizione dei carichi inquinanti e i lunghi tempi di ricambio delle acque promuovono fenomeni di eutrofizzazione fluviale);
- limitano la ricarica della falda e l'alveo;
- favoriscono l'accumulo di particellato a livello del fondo, causando locali anossie che incrementano lo sviluppo di alghe filamentose.

Il minor idrodinamismo innesca, quindi, un circuito a feedback positivi destabilizzanti, che causano il peggioramento della qualità delle acque nelle Valli e nei laghi. Il largo eccesso di nutrienti disponibili promuove la produzione primaria fin dal tratto iniziale del Mincio, con grande produzione di biomassa fogliare (fronde) trasportata a valle. Dove il fiume rallenta la sua corsa, all'altezza di Rivalta, il materiale si deposita, viene sminuzzato, sedimenta e in parte viene mineralizzato. Di conseguenza, laddove si scorgono i primi canneti, le acque sono soprassature di CH_4 e CO_2 e leggermente sottosature di O_2 . In generale, tutti i parametri idrochimici qui misurati risentono degli apporti dell'Osone e, probabilmente, dello scarico del depuratore di Rivalta. In questo tratto di Mincio la produzione primaria è sostenuta da macrofite e fitoplancton e l'elevato carico interno di sostanza organica ha un ruolo chiave nella rigenerazione dei nutrienti, contribuendo a mantenere condizioni di elevata trofia nell'ambiente acquatico.

Tale produzione stimola ulteriormente l'attività batterica e il consumo di O_2 , favorendo l'instaurarsi di condizioni di anossia o ipossia nel sistema bentonico. Infatti,

attualmente la trasparenza dei bacini lacustri e delle Valli è minima e le concentrazioni di clorofilla fitoplanctonica sono tipiche di ambienti eutrofici-ipereutrofici. Gran parte delle piante acquatiche sommerse è scomparsa e ovunque lo stadio d'interramento appare avanzato, con fondali soffici in cui risultano evidenti i processi di ebollizione (produzione di CH₄), ad indicare un metabolismo bentonico prevalentemente anaerobico (Telò et al., 2007). La carenza idrica ha innescato l'evoluzione degli habitat a canneto, cariceto, molinieto verso formazioni arboreo-arbustive (boschi ed arbusteti ripariali dominati da *Salix cinerea* e *Ontano nero*), riducendo ulteriormente il potere auto-depurante delle Valli rispetto i carichi di nutrienti in ingresso. Eloquente è il confronto con la qualità delle acque di una trentina d'anni fa (Amministrazione provinciale di Mantova, 1984). L'invasione di specie anomale (ad esempio l'ortica, gramigna, ecc.), dovuta a condizioni idrologiche e di crescita alterate rispetto al passato, sta causando la scomparsa di specie vegetali autoctone e dunque l'alterazione degli habitat faunistici. Ciò impatta per esempio sul ciclo riproduttivo di molte specie ornitiche specializzate, soprattutto passeriformi, che nidificano tra la vegetazione palustre solo alla presenza di una lama d'acqua di 10 cm.

5. PRINCIPALI INIZIATIVE PROMOSSE DALL'ENTE PARCO ALL'INTERNO DELLA RISERVA

Il problema di gestione delle Valli del Mincio è noto ormai da qualche tempo: nel corso degli anni l'Ente parco si è occupato della questione proponendo e finanziando iniziative di vario genere (azioni pilota, monitoraggi, sperimentazioni, incentivi alla manutenzione, ecc.), volte al ripristino dell'area. Di seguito se ne offre una panoramica in ordine cronologico, tratta dalla scheda tecnica elaborata dal responsabile del Servizio Agricoltura dell'ente gestore:

- deliberazione del Consiglio Direttivo 12/12/1996 n. 395/1708 "Progetto Life Natura – Conservazione attiva della Riserva Naturale Valli del Mincio" (importo complessivo di Euro 264.425,93), con l'obiettivo di ottenere una riqualificazione ambientale della Riserva mediante asportazione e rimozione della vegetazione palustre (canne e carici), riapertura e pulizia degli ex giochi di caccia, controllo nello sviluppo del fior di loto;
- comunicato n. 236 del 25/11/1997 – Regione Lombardia/DG Agricoltura – Misura E del reg. CEE 2078/92: descrizione degli impegni previsti per la cura dei terreni agricoli abbandonati o a rischio di abbandono delle zone umide rientranti nelle aree protette regionali di pianura. In questo contesto, il

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Parco del Mincio ha dapprima predisposto una relazione tecnica, con la descrizione degli interventi di manutenzione delle zone umide ubicate all'interno delle aree protette, e successivamente realizzato un progetto comprensoriale relativo alle superfici inserite nella "Riserva Naturale delle Valli del Mincio". Per favorire la massima adesione all'iniziativa, è stata svolta una campagna divulgativa tramite i media locali e l'organizzazione di un incontro pubblico (24/10/1997, Rivalta sul Mincio). Dal 1997 al 2002 il Settore Agricoltura del Parco del Mincio ha predisposto, per le diverse annate agrarie di riferimento (1997/1998 – 2002/2003) sei progetti comprensoriali interaziendali, inviati sia ai beneficiari dei premi, sia alle associazioni agricole di categoria, composti di una carta d'insieme e di un numero di relazioni tecniche (con allegate le singole cartografie) corrispondente al numero degli aderenti (16 nel 1997, 22 dal 1998 al 2001, 6 nel 2003);

- deliberazioni del Consiglio d'Amministrazione 22/12/1999 n. 122 e 24/01/2001 "Convenzioni tra Parco del Mincio e Cooperativa Settefrati per la realizzazione di una sperimentazione volta a verificare la possibilità d'impiego della canna palustre tritata come lettiera per tacchini" (Importo complessivo di Euro 12.911,42). L'attività sperimentale ha dimostrato che il migliore utilizzo della canna palustre trinciata è come substrato inferiore della lettiera in combinazione con pula di riso e truciolo di legno bianco. La lettiera di canna infatti assicura ottima stabilità meccanica al calpestamento, migliora l'assorbimento e la degradazione dei composti ammoniacali e solforati aumentando il benessere degli animali. Resta il problema di una corretta trinciatura e il costo ancora elevato;
- *deliberazione dell'Assemblea Consortile 6/05/1999 n. 4/1476*: il Parco ha proceduto all'acquisto di un'area di elevato pregio naturalistico (prateria igrofila/cariceto/moliniato) ubicata nel Comune di Porto Mantovano;
- *deliberazione del CdA 19/07/2001 n. IV/1190*: il Parco ha proceduto all'acquisizione di un'area di elevato pregio naturalistico (canneto) ubicata nella R.N. "Valli del Mincio" nei pressi della località Grazie di Curtatone;
- *deliberazione dell'Assemblea Consortile 4/07/2003 n. 16*: "Convenzione tra Provincia di Mantova e Parco del Mincio per la realizzazione degli interventi conservativi riguardanti la Riserva Naturale Valli del Mincio ed il Lago

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

- Superiore di Mantova” (importo complessivo Euro 55.000,00), con l’obiettivo di attuare una conservazione attiva della zona umida attraverso. Si sono attuati interventi di 1) riapertura e pulizia degli ex giochi di caccia e delle vie di deflusso delle acque, e 2) controllo dello sviluppo del fior di loto;
- *deliberazione del CdA 13/06/2005 n. 64* (Approvazione della proposta progettuale per l’attivazione dell’intervento 4H “Conservazione di ambienti agricoli ad alto valore naturale a rischio di scomparsa presenti in aree protette”, nell’ambito della misura F del PSR 2000/2006 - DGR 16 febbraio 2005 n. 7/20874): è stato formalmente riattivato il sistema di aiuti per attuare interventi volti a ridurre il rischio d’interrimento della zona umida. La proposta progettuale è stata elaborata in un clima di concertazione che ha visto il coinvolgimento di rappresentanti della Regione Lombardia (D.G. Agricoltura e D.G. Ambiente), della Provincia di Mantova (Assessorato Agricoltura e Ambiente), e dei proprietari dei terreni vallivi della Riserva, con accordo siglato il 4/04/2004. Con Ddg 7 febbraio 2006 – n. 1270, la Regione Lombardia ha approvato il “Piano di Sviluppo Rurale 2000-2006 – Misura f – Apertura dei termini di presentazione delle domande di conferma e di aggiornamento per la campagna 2006 – Approvazione dei progetti relativi alla tipologia d’intervento 4h e contestuale apertura dei termini di presentazione delle domande. Dal 2006 al 2010 il Servizio Agricoltura del Parco del Mincio ha predisposto per le diverse annate agrarie di riferimento (2005/2006 – 2010/2011) cinque progetti comprensoriali interaziendali, composti di una carta d’insieme e di un numero di relazioni tecniche (con allegate le singole cartografie) corrispondente al numero degli aderenti (16 nel 2006 - 2007, 14 nel 2008, 12 nel 2009-2010);
 - *deliberazioni n. 75 del 07/09/2006 e n. 98 del 06/12/2006* per l’approvazione della convenzione con il Dipartimento di Scienze Ambientali dell’Università di Parma sulla gestione ed il controllo delle biomasse di castagna d’acqua (*Trapa natans*) (Costo € 9.500,00);
 - *deliberazione dell’Assemblea Consortile 30/05/2005 n. 10* è stato avviato il progetto, denominato “Da agenda 21 ad azione 21 per il Mincio. Progetto di riqualificazione integrata e partecipata del fiume Mincio”, nell’ambito del quale sono state individuate e realizzate azioni per migliorare la qualità delle acque del Mincio e per conservare la biodiversità delle Valli. In tale contesto

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

sono state definite ed attuate le azioni pilota a carattere divulgativo e sperimentale riguardanti 1) la realizzazione di Fasce Tampone Boscate (FTB) (costo: Euro 54.328,69), 2) gestione/sfalcio selettivo della vegetazione in alveo, nei canali di bonifica, per il ripristino del potere auto depurante e dell'habitat fluviale (costo: Euro 84.000,00) , 3) "Azioni di ingegneria idraulica previste nel progetto - Da agenda 21 ad azione 21 per il Mincio" (costo: Euro 85.585,90). In particolare gli interventi del punto 3) si proponevano di migliorare il ricircolo delle acque (pulizia e/o riattivazione fossi di scolo) e sperimentare la raccolta meccanica della canna palustre per il suo utilizzo come lettiera per bovini. Per quest'ultimo punto, sono state svolte delle prove in campo, a seguito di apposite convenzioni con i proprietari terrieri e con un agricoltore per il taglio e la raccolta della canna palustre (per tre anni non si è eseguita la bruciatura);

- *deliberazione n. 21 del 31/01/2007* con la quale il Consiglio d'Amministrazione del Parco ha approvato la convenzione tra il Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università degli Studi di Parma ed il Parco del Mincio per attività di ricerca, sperimentali e di monitoraggio volta alla stesura di linee guida nell'ambito della progettazione, realizzazione degli interventi pilota definiti dal progetto "da agenda 21 ad azione 21" (costo: Euro 25.400,00);
- *deliberazioni del 15/10/2008 n. 66 e 67* con le quali il CdA ha approvato rispettivamente: 1) la "Convenzione tra Parco del Mincio e Provincia di Mantova per la realizzazione del progetto - Interventi di fitodepurazione e prevenzione dell'apporto diffuso di nutrienti di origine agricola contenuti nelle acque dei canali di scolo dell'Osona, nel comune di Curtatone"; 2) la "Convenzione tra Parco del Mincio e il Sig. Arturo Baldini per la gestione delle paratoie previste dal progetto - Interventi di fitodepurazione e prevenzione dell'apporto diffuso di nutrienti di origine agricola contenuti nelle acque dei canali di scolo dell'Osona, nel comune di Curtatone". A seguito di queste convenzioni è stato ottenuto un finanziamento di Euro 145.839,36.

Le iniziative inerenti agli interventi di gestione di canneti e cariceti saranno approfondite nel par. seguente; per le restanti iniziative si rimanda invece ai documenti ufficiali elaborati dall'Ente gestore.

5.1. GESTIONE DI CANNETI E CARICETI

5.1.1. SISTEMA DI INCENTIVI PER LA “CURA” DELLE VALLI

L'abbandono della pratica di raccolta di canna e carici nelle Valli del Mincio costituisce un problema sovra-locale, poiché motivo d'interesse naturalistico e ambientale a livello comunitario. A tal riguardo, dal 1990 in poi il Parco del Mincio ha cercato di sensibilizzare Regione Lombardia a questa situazione agro-ambientale di non facile comprensione, in quanto unica nel suo genere.

Dal canto suo, la Regione ha il compito di applicare misure a livello locale che consentano di perseguire gli obiettivi comunitari. L'UE, tramite la politica agraria comunitaria (PAC), ha il compito di promuovere iniziative mirate a prevenire il degrado ambientale, incoraggiando al contempo gli agricoltori a continuare a svolgere un ruolo positivo nella salvaguardia del paesaggio e dell'ambiente; le misure agro-ambientali per lo sviluppo rurale delle varie regioni europee ne costituiscono appunto l'incentivo. In questo contesto, per il quinquennio 1997-2001, 22 (6) proprietari di appezzamenti aderenti al progetto comprensoriale della Riserva (420,35 ha totali a canneto e cariceto naturale/coltivato/da rinaturare) beneficiarono di sostegni economici (301 Euro/ha gestito per le zone ad evoluzione naturale e 181 Euro/ha gestito per quelle destinate alla coltivazione della canna e del carice) erogati nell'ambito dei regolamenti CEE 2078/92 (Misura E), purché s'impegnassero a mantenere una gestione attiva dell'area. Gli aiuti chiaramente erano una forma di compensazione economica fornita agli agricoltori per recuperare la perdita di entrate dovuta alla restrizione agricola di zone bonificabili. A seguito delle positive esperienze dettate dai regolamenti CEE 2078/92 e 2080/92, è stato poi emanato il regolamento UE 1257/99, conosciuto anche come Il pilastro della PAC, attuato in Lombardia tramite il Piano di Sviluppo Rurale (PSR) della durata di 6 anni. In esso sono contenute misure agro-ambientali che hanno come obiettivo la tutela dell'ambiente e la promozione di attività agricole sostenibili. Grazie agli incentivi forniti dal PSR per il periodo 2000-2006, è stato possibile proseguire il percorso di gestione conservativa intrapreso nel 1997 (fig.25).

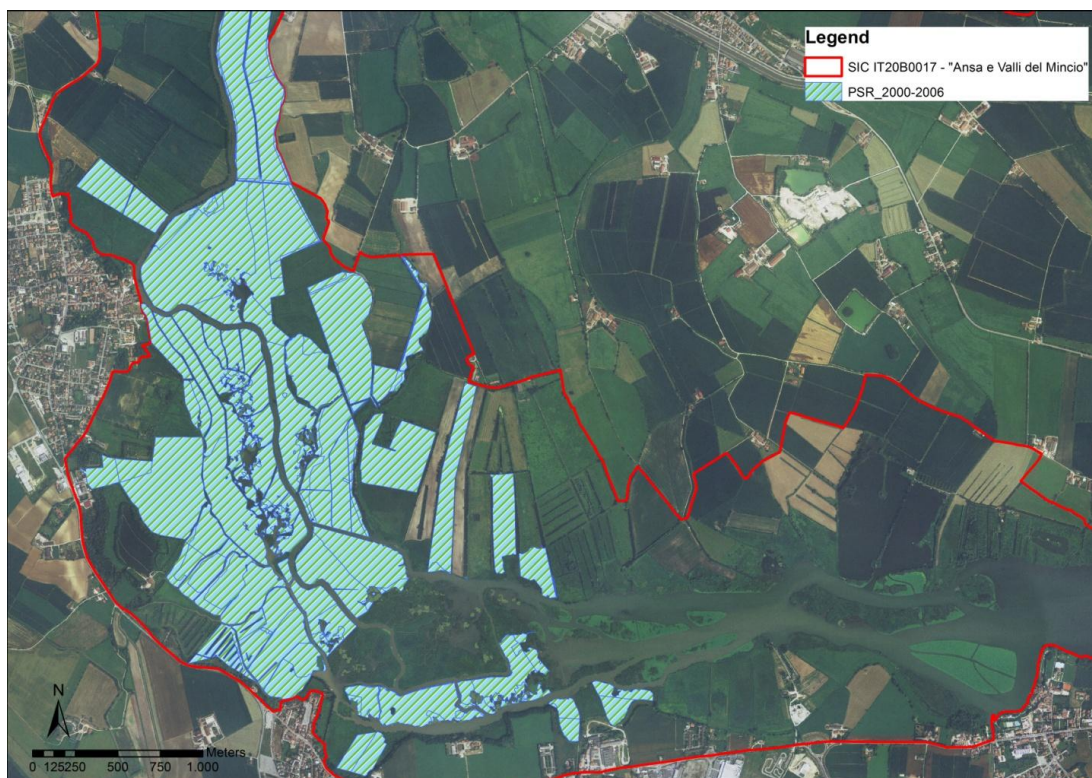


Figura 25 - Territori inclusi nel PSR 2000-2006, Misura f Azione 4.h.: progetto comprensoriale per la conservazione di ambienti agricoli ad alto valore naturale a rischio scomparsa nelle Valli del Mincio (Fonte: ente Parco del Mincio)

In alcune aree della Riserva si è così potuto usufruire per 5 anni (2006-2010, con ultimo taglio nel febbraio 2011) della “misura f” del PSR Lombardia relativamente alla tipologia d’intervento 4h (azione 4 ovvero “miglioramento ambientale del territorio rurale”, nello specifico “Conservazione di ambienti agricoli ad alto valore naturale a rischio di scomparsa presenti in aree naturali protette”). Gli aiuti consistevano in 390 Euro/ha gestito attivamente su un totale massimo di 417,19 ha (minimo 353,91 ha), una misura agro-ambientale di cui hanno goduto 16 (12) beneficiari.

L’ottenimento del finanziamento da parte dei proprietari era però subordinato al rispetto degli impegni riportati nella relazione tecnica di ciascun progetto comprensoriale; oltre a precisi obblighi e divieti riguardanti la gestione della biomassa vegetale, i beneficiari dovevano seguire anche le indicazioni per il corretto mantenimento del grado d’idromorfia negli appezzamenti (ordinaria e straordinaria manutenzione della rete idrica, al fine di garantire una miglior circolazione delle acque e consentire l’accesso alle aree per la raccolta della canna). Ulteriori precisazioni d’interesse erano: 1) l’impegno da parte dell’Ente gestore a richiedere all’AIPO l’abbassamento del livello idrometrico del lago Superiore nel periodo che va dall’1 al 15 gennaio, per favorire le operazioni di raccolta di canna e carice nelle Valli;

2) la possibilità di utilizzo di prototipi per il taglio obbligatorio di canna e carice; 3) obbligo di autorizzazione da parte dell'Ente gestore per gli interventi volti a favorire il movimento di mezzi meccanici impiegati per il taglio e la raccolta della biomassa (ad esempio la realizzazione di ponti di collegamento tra gli appezzamenti); 4) l'impegno da parte dell'Ente parco ad effettuare, tramite la provincia di Mantova e compatibilmente con le disponibilità finanziarie, la pulizia straordinaria degli specchi d'acqua e dei canali di collegamento, in corrispondenza delle superfici a canneto e/o cariceto soggette a contributo.

Il totale dei finanziamenti erogati da Regione Lombardia dal 1997 ad oggi ammonta ad euro 1.364.143,15, suddivisi in due cicli. Come si legge dal Verbale di deliberazione del Consiglio di Amministrazione del Parco del Mincio – seduta del 3/05/2011 – “..le azioni intraprese hanno contribuito a:

- ridurre i motivi che generano i contrasti e l'opposizione di molti agricoltori nei confronti delle aree protette;
- avviare una fase nuova fondata sul riconoscimento dell'importanza dell'agricoltura condotta in forme sostenibili come fattore di arricchimento e di diversità biologica;
- sperimentare nuove e più avanzate forme di politica agro-ambientale con particolare riguardo alla conservazione del paesaggio;
- garantire la conservazione dell'ambiente naturale, dei prodotti tipici, delle attività più tradizionali e la permanenza umana nel territorio rurale.”

Purtroppo, di recente la Regione Lombardia non ha accolto la richiesta di attivazione delle misure agro-ambientali atte ad ottenere finanziamenti per la manutenzione dei canneti e cariceti nelle Valli per il PSR 2007-2013. Sarà dunque improbabile ricevere sostegni regionali fino all'emanazione del prossimo Piano di Sviluppo Rurale (2014-2020), per il quale saranno da valutare opportunamente le tipologie di finanziamenti consoni alla gestione dell'area.

5.1.2. INTERVENTI RECENTI

5.1.2.1. INTERVENTI GESTIONALI ORDINARI

In tempi recenti la gestione dei canneti e cariceti è dipesa soprattutto dagli incentivi pubblici: tra le misure previste, sono stati contemplati interventi di sfalcio e rimozione della biomassa, con eventuale bruciatura delle stoppie, e, in alcuni casi, le pratiche di bruciatura dei canneti (pirodiserbo, o debbio). Lo sfalcio/bruciatura del canneto riduce il rischio di scomparsa e l'eccessivo invecchiamento dello stesso, l'impoverimento floristico, l'aumento

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

del rischio di incendio per accumulo di biomassa e la banalizzazione floristica per l'ingresso di specie opportuniste. Numerose sono le specie animali, soprattutto fauna ornitica, che si avvantaggiano di un habitat idoneo: *Botaurus stellaris* (Tarabuso), *Locustella luscinioides* (Salciaiola), *Acrocephalus melanopogon* (Forapaglie castagnolo), *Acrocephalus schoenobaenus* (Forapaglie), *Acrocephalus palustris* (Cannaiola verdognola), *Acrocephalus scirpaceus* (Cannaiola), *Acrocephalus arundinaceus* (Cannareccione), *Emberiza schoeniclus* (Migliarino di palude), *Panurus biarmicus* (Basettino), *Remiz pendulinus* (Pendolino), *Porzana parva* (Schiribilla), *Aythya nyroca* (Moretta tabaccata).

Il debbio non era espressamente vietato da norme di tutela ed indirizzo della Riserva, istituita per "tutelare le caratteristiche naturali e paesaggistiche delle valli" e per "assicurare, nello spirito della convenzione di Ramsar, l'ambiente idoneo alla sosta ed alla nidificazione dell'avifauna". Per tale ragione la bruciatura dei canneti è stata finora tollerata; va ricordata, però, la dubbia sostenibilità di queste operazioni, molto impattanti e potenziale fonte di pericolo per fauna e popolazione locale. Per tale ragione il Parco ha sempre cercato di promuovere interventi di sfalcio e rimozione, cercando di limitare le pratiche di bruciatura.

In prospettiva futura, si precisa che il debbio potrebbe non essere più praticabile: infatti è attualmente in vigore una legge regionale (B.U.R.L. n.14 – 4 aprile 2008 - 1°suppl. ordinario) che all'art.5 ("Conservazione e gestione della vegetazione ai fini faunistici") vieta espressamente l'eliminazione mediante il fuoco della vegetazione erbacea, arbustiva o arborea negli ambienti ripariali soggetti a periodiche sommersioni, nelle torbiere e nelle praterie. Dall'art.7, inoltre, si legge che "gli interventi di contenimento del canneto [...] sono ammessi solo se eseguiti con tecniche che non arrechino disturbo o pregiudizio della nidificazione, riproduzione e svezzamento della fauna selvatica [...]"; infine, dagli art.9 – 10, emerge che per questo caso non sono ammesse deroghe. La Regione, in virtù di queste disposizioni, ha richiesto al Parco la modifica del piano di gestione, chiedendo lo stralcio degli articoli relativi alla bruciatura dei canneti; per risposta, l'Ente gestore ha inviato una comunicazione alla Regione qualche mese fa, chiedendo la deroga alla presente legge, in virtù della complessità della questione. Attualmente, dunque, la situazione è cristallizzata e si è in attesa di ulteriori sviluppi.

Complessivamente la gestione di canneti e cariceti è subordinata all'obbligo d'interventi pianificati su base pluriennale, secondo uno schema a mosaico: i progetti comprensoriali nell'ambito della "misura f" del PSR Lombardia (intervento 4h) hanno tenuto conto di ciò.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

In virtù dei mancati incentivi alla gestione, tuttavia, oggi solo poche aree vallive a canneto/cariceto (circa 160 ha) sono sottoposte a interventi di rimozione della biomassa, ovvero laddove tali operazioni producono un certo reddito per gli agricoltori (fig.26).

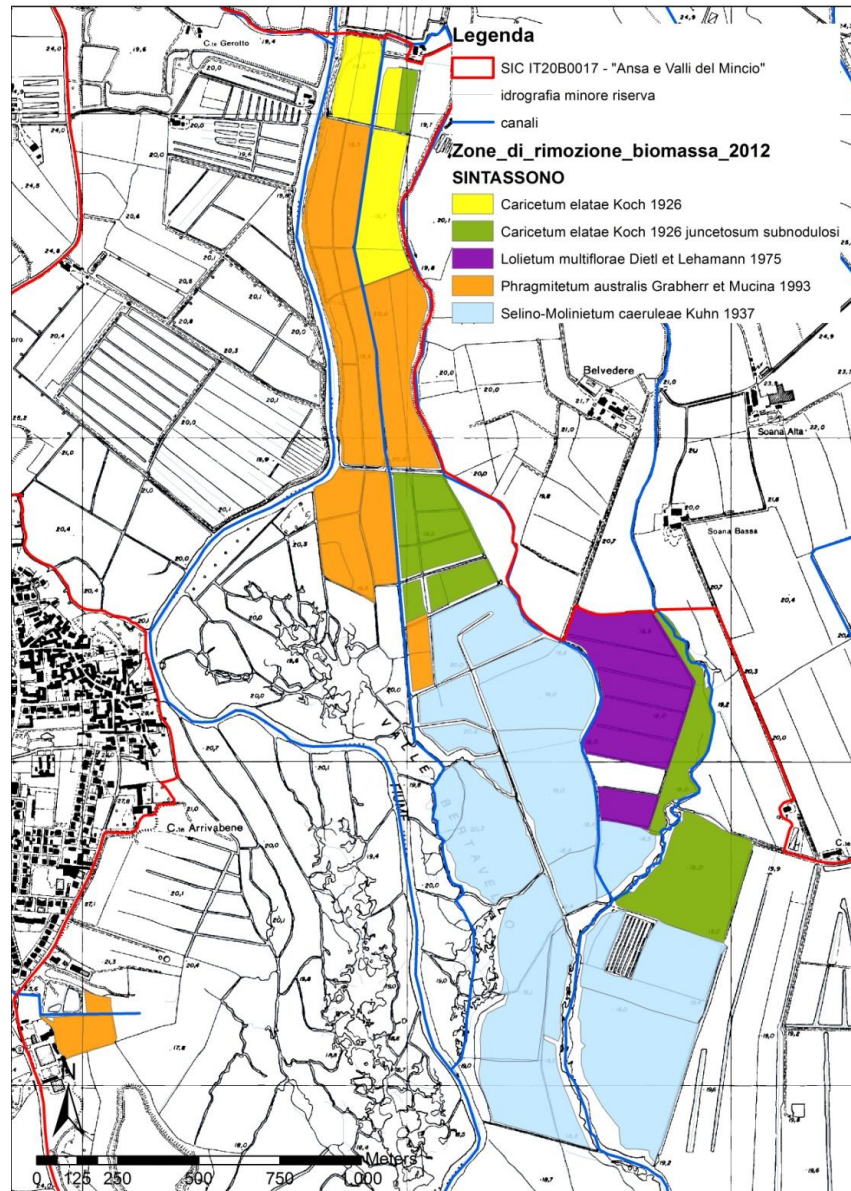


Figura 26 - Zone di rimozione della biomassa a scopi zootecnici

In tali zone, infatti, sono attualmente praticati lo sfalcio, la pressatura e la raccolta della biomassa tramite comuni mezzi agricoli (falciatrici e rotoimballatrici), per l'utilizzo in ambito zootecnico come lettiera. Essi sono terreni per lo più in sinistra idrografica Mincio, che fino a pochi anni fa erano destinati alla coltivazione della canna palustre e del cariceto; qui, ancora oggi, la gestione è attuata tramite regolazione dei manufatti funzionanti e rimozione del materiale vegetale in accumulo.

Anche in destra Mincio è presente un appezzamento completamente allagabile (circa 1 ha), da cui è asportata saltuariamente la canna palustre con l'ausilio di un piccolo mezzo falciante. Qui, infatti, il privato può utilizzare un mezzo artigianale di sua proprietà, in grado di sfalciare la canna sui suoi terreni.

Allo stato dei fatti, nelle Valli, non sono noti altri esempi di ordinaria rimozione della biomassa. La gestione attuale interessa, dunque, una superficie minoritaria della Riserva.

C'è poi da considerare l'aspetto ulteriore dell'ecosistema vallivo, che riguarda l'accumulo di sedimento e materiale organico nei canali principali adduttori e secondari. L'elevato apporto di solidi sospesi e il ridotto idrodinamismo si aggiungono al progressivo avanzamento della vegetazione riparia (soprattutto *P. australis*), contribuendo all'interramento delle Valli. Di conseguenza, come previsto dai progetti comprensoriali, sono necessari periodici interventi di "dragatura" e "sgarbatura", in attesa che le tanto invocate azioni a livello di bacino possano ridurre l'apporto di solidi all'asta fluviale. Provincia di Mantova e, in piccola parte, Regione Lombardia, si accollano questi oneri di gestione ordinaria delle Valli. Tralasciando operazioni come la rimozione di specie invasive (fior di loto e castagna d'acqua) e la raccolta di rifiuti e detriti da acque e rive, nel 2011 sono stati spesi Euro 34.374,89 per le attività di riapertura e pulizia degli stagni e dei canali della Riserva Naturale "Valli del Mincio" ed Euro 36.905,61 per le operazioni di "sgarbatura". A ciò vanno a sommarsi parte delle spese di manutenzione ordinaria e straordinaria delle attrezzature (totale di Euro 27.677,23) e parte di quelle per coordinamento e supervisione tecnica delle attività gestionali (totale di Euro 19.962,59). Il totale delle spese sostenute nel 2011 da Provincia di Mantova e Regione Lombardia per la manutenzione dei canali nelle Valli, dunque, ammonta approssimativamente a Euro 115.000,00 (Provincia di Mantova – settore Ambiente, 2011). Alcuni componenti della cooperativa cui sono affidate le operazioni di manutenzione sostengono, comunque, che i fondi messi a disposizione non sono sufficienti a contrastare i processi spontanei d'interramento, considerati gli elevati apporti di sedimento.

5.1.2.2. INTERVENTI STRAORDINARI

Considerato lo stato di degrado in cui versano le Valli, sarebbero necessarie azioni straordinarie di ripristino, interventi rilevanti come la completa pulizia dei canali principali e secondari e la rimozione della vegetazione posta ai margini dei canali stessi. Tali azioni, da attuare sull'intera area per almeno 3-5 anni, dovrebbero essere integrate in un piano di riqualificazione dell'intero bacino del Mincio.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Nonostante le difficoltà nel reperire i finanziamenti, negli ultimi anni sono stati realizzati interventi idraulici dimostrativi in alcune aree del SIC, al fine di promuovere una corretta regimazione delle acque. L'obiettivo è stato quello di ripristinare certe zone degradate, in particolare canneti e cariceti, e incrementare la funzione autodepurante del corpo idrico. Gli interventi complessivamente apportati si compongono di 3 tipologie di azione, scelte in funzione delle peculiarità del territorio:

- ripristino ed apertura dei canali funzionali al ricircolo idrico (allargamento di canali esistenti e/o formazione di nuovi, con movimentazione del terreno tramite opere di scavo e ricalibratura delle sponde);
- fornitura e posa di chiaviche per la gestione dei flussi (paratoie di vario genere, in legno o metallo, in grado di consentire il passaggio di piccole imbarcazioni o meno);
- opere a verde (inserimento di fasce boscate, ad esempio a *Salix*) e di sistemazione della viabilità di accesso.

Le operazioni sono state eseguite con macchine adatte alla natura valliva. Il primo strato di suolo, di tipo torboso, e i successivi limo-sabbiosi richiedono l'utilizzo di piccole draghe o escavatori su zatteroni, capaci di esercitare modesto carico per unità di superficie. Il materiale di riporto asportato è stato sfruttato per la formazione di arginelli di contenimento, al fine di evitare allagamenti indesiderati, o portati in aree idonee per un successivo riutilizzo.

I 3 interventi dimostrativi hanno interessato diverse porzioni vallive (fig.27), usufruendo di fondi messi a disposizione da Fondazione Cariplo e/o Regione Lombardia.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

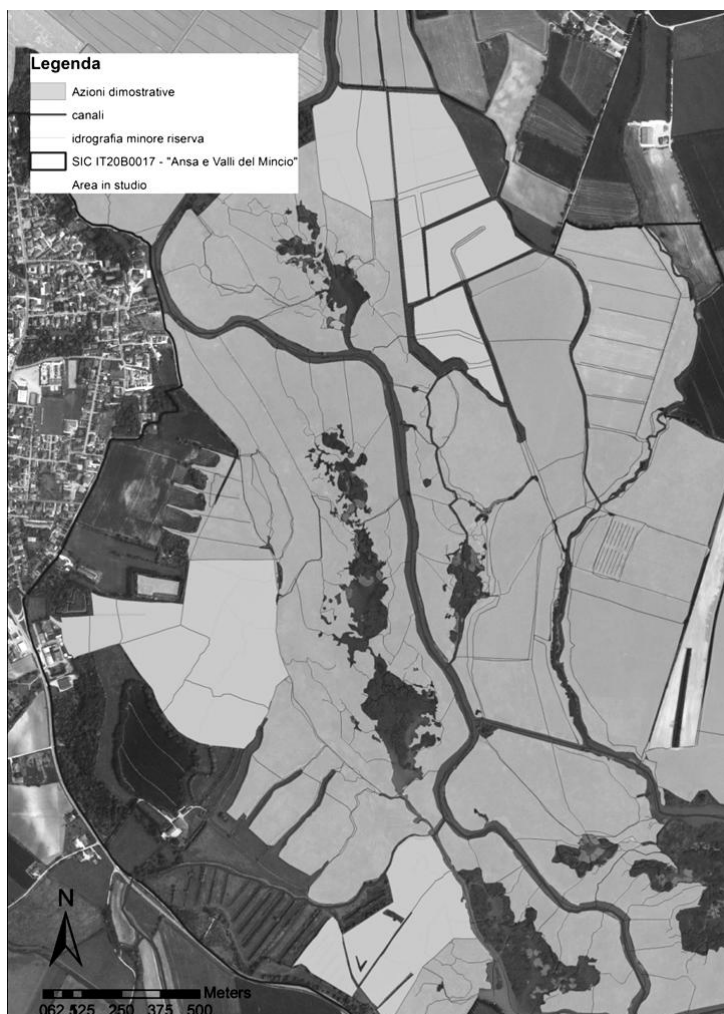


Figura 27 - Localizzazione azioni dimostrative

- a) azione pilota nell'ambito del progetto "Da Agenda 21 ad Azione 21 per il Mincio": "Micro-interventi d'ingegneria idraulica sui terreni posti nei pressi di Rivalta sul Mincio nella Riserva Naturale "Valli del Mincio". L'intervento ha previsto l'allagamento di una porzione valliva di 25 ha, alle porte dell'abitato di Rivalta, realizzato con le acque del Fosso Duganella e di un canale di derivazione dell'Osona. Di questa superficie fa parte una porzione "modello" di canneto (5 ha), già oggetto di studi e monitoraggi da parte del dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università di Parma (2008). In quell'occasione, si erano monitorati la resa di abbattimento del sistema, in termini di solidi sospesi, clorofilla fitoplanctonica, azoto ammoniacale, azoto nitrico;
- b) "Interventi di fitodepurazione e prevenzione dell'apporto diffuso di nutrienti di origine agricola contenuti nelle acque dei canali di scolo del canale Osona,

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

nel comune di Curtatone, all'interno del Parco del Mincio". L'area esondabile è di 15,5 ha, in comune di Curtatone, e riceve le acque dal canale Osone, uno dei principali elementi di criticità del sistema vallivo;

- c) intervento nell'ambito del progetto "Da Agenda 21 ad Azione 21 per il Mincio": "Interventi per il ripristino funzionale dei canali e dei manufatti idraulici per il miglioramento della circolazione delle acque nell'area valliva". L'azione avrebbe dovuto riguardare un'area di circa 75 ha; tuttavia la ridotta disponibilità di fondi non ha consentito la realizzazione dell'intero intervento, per cui, al momento, la superficie reale che può trarre beneficiare dalla possibilità di regolare i deflussi idrici è minore che da progetto (fig.28).

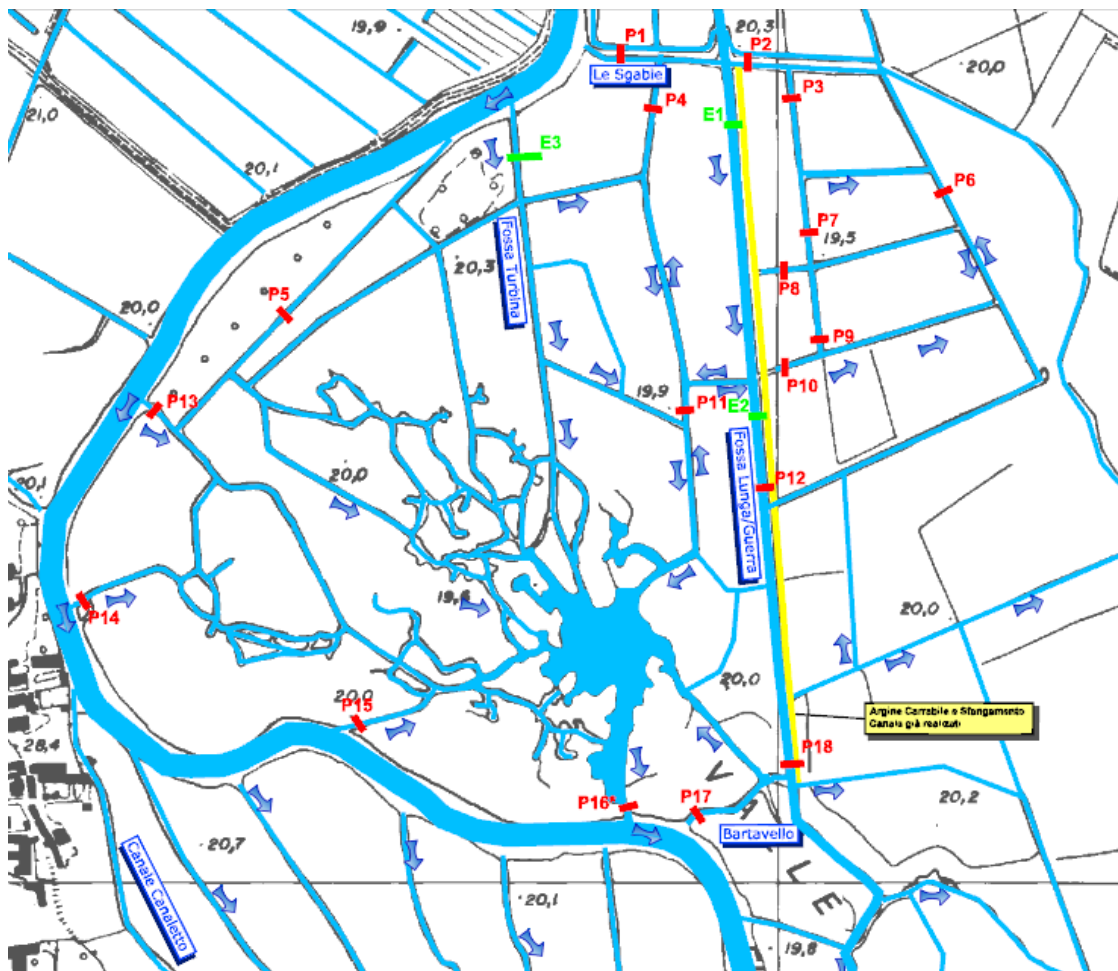


Figura 28 - Esempio di progetto per azione dimostrativa (Telò et al., 2010)

E' evidente che la tematica della gestione delle Valli non può essere affrontata solo localmente, come nel caso di questi interventi puntuali, ma richiede azioni di sistema a

livello di bacino idrografico. La “presunzione” dei sopracitati interventi di micro-ingegneria idraulica risiede proprio nel rappresentare un caso prototipale estendibile e migliorabile. Questa linea di azione è stata reputata prioritaria poiché finalizzata alla definizione di un nuovo modello di ricircolo delle acque funzionale alle esigenze di tutela della biodiversità, all’individuazione dei corsi d’acqua principali da sottoporre a periodici interventi di “sgarbatatura” e rimozione del sedimento secondo calendari prestabiliti, alla definizione di un sistema di sostegni in prossimità dei canali in grado di innalzare localmente i livelli dell’acqua, consentendo l’allagamento localizzato delle superfici a vegetazione elofitica (Telò et al., 2010). Per ulteriori approfondimenti sulle opere realizzate e i dettagli progettuali si vedano i progetti esecutivi dello Studio Telò.

D’altro canto, occorre precisare che, attualmente, alcune zone interessate dagli interventi non risentono dei benefici progettuali, a causa dalla mancata osservazione di un piano di esercizio condiviso e da inefficienze manutentive delle opere. Si precisa che la manutenzione non è da confondere con il “normale esercizio” delle opere. Se il “normale esercizio” prevede operazioni come la semplice messa in funzione delle paratoie per consentire il deflusso delle acque come da progetto, al contrario le operazioni di manutenzione si dividono in ordinarie (operazioni a carico dell’ente gestore, come la ripulitura dei canali, la manutenzione delle chiaviche posate, la risistemazione a verde e la sistemazione della viabilità) e straordinarie (interventi di potenziamento/ampliamento a carico del proprietario delle opere, che richiedono un nuovo progetto, anche se parziale).

6. IPOTESI DI GESTIONE CONDIVISA AI FINI DEL RIPRISTINO DELLA ZONA UMIDA

Dal pdg (Parco del Mincio, 2011) emerge che la sistemazione di antichi manufatti e la realizzazione di nuovi sostegni e arginature potrebbero migliorare lo stato di conservazione degli habitat ancora intatti, consentendo di mantenere, anche in periodi di magra del Mincio, adeguati livelli idrici nei canneti, cariceti e molinieti. Inoltre, alcune zone delle Riserva bonificate e oggi destinate a seminativi, prati stabili, ecc. potrebbero essere riconvertite alla loro funzione d’origine, ripristinando l’originario sistema di regolazione idraulica. Quest’ultima ipotesi prevede l’esonazione dei terreni bonificati (rewetting) e un esempio è la proposta di utilizzare la Valle Ariello (Nord-Est della Riserva), oggi a seminativo, per la fitodepurazione del Canale Goldone (studio di fattibilità ad opera del Dipartimento di Scienze Ambientali – UNIPR – e Studio Telò).

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Alla luce della complessità del sistema vallivo, gli interventi di gestione dei canneti (regolazione idraulica, sfalci, rimozione della biomassa, ecc.) andrebbero programmati secondo un piano di gestione dell'area condiviso da tutti i proprietari; per questo occorre individuare il numero e l'estensione delle proprietà nel comprensorio della Riserva. Nella valutazione, è opportuno tenere in considerazione che la riconversione non è realizzabile su tutta la superficie del SIC; infatti, escludendo le aree cementificate (tessuto residenziale, cantieri, insediamenti industriali – commerciali e produttivi agricoli, campeggi) e quelle sommerse (alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali, bacini idrici), l'estensione si riduce al 78% di quella complessiva (1185,3 ha su 1517,1 ha totali). Come si può intuire dalla fig.29, la copertura delle proprietà private è pari all'85% di tale superficie (circa 1007 ha), ma non è noto il numero di proprietari; si può ipotizzare, però, che non ci si discosti molto dai dati forniti al par. 4.2.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

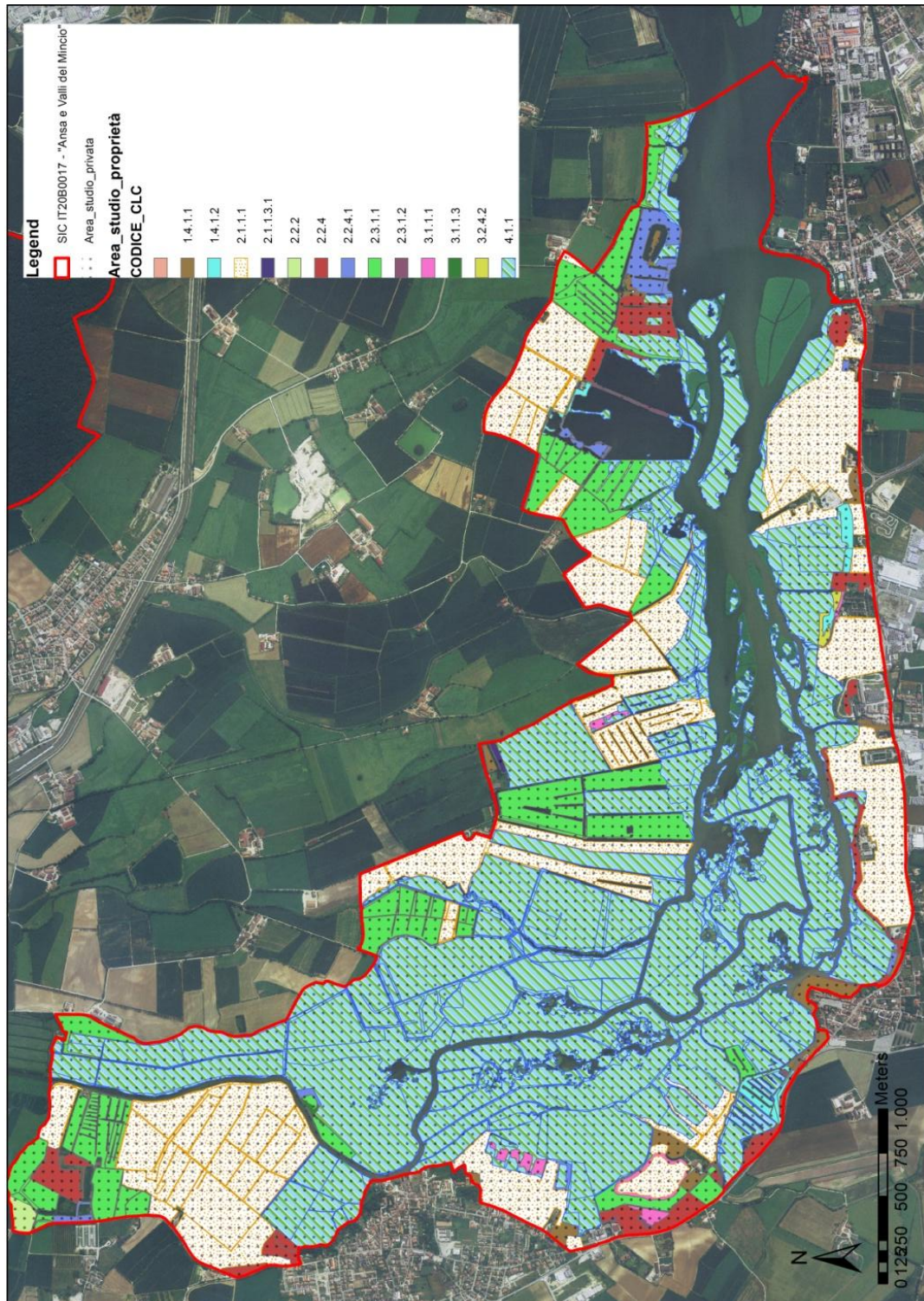


Figura 29 – Area di studio suddivisa per uso del suolo (in evidenza i territori di proprietà privata)

Dall'analisi di queste informazioni, comunque parziali, si evince che le unità gestionali presenti nella Riserva sono complessivamente di modeste dimensioni e che le proprietà sono talvolta frammentate; ciò rappresenta, dunque, un ostacolo alla realizzazione della gestione ipotizzata e di conseguenza al ripristino della zona umida.

PARTE III: MATERIALI E METODI

1. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI STUDIO

La riserva naturale "Valli del Mincio" copre un'estensione che, a grandi linee, ricalca l'area un tempo destinata alla tradizionale raccolta delle erbe palustri. Lo studio in questione considera quasi la totalità dei territori nel SIC, ad esclusione delle aree cementificate (tessuto residenziale, cantieri, insediamenti industriali – commerciali e produttivi agricoli, campeggi) e di quelle sommerse (alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali, bacini idrici). All'interno del SIC, dunque, l'area considerata ("Area di studio", o AS) copre 1185,3 ha, comprendendo una molteplicità di habitat tra cui i canneti, oggetto d'indagine (fig.30).

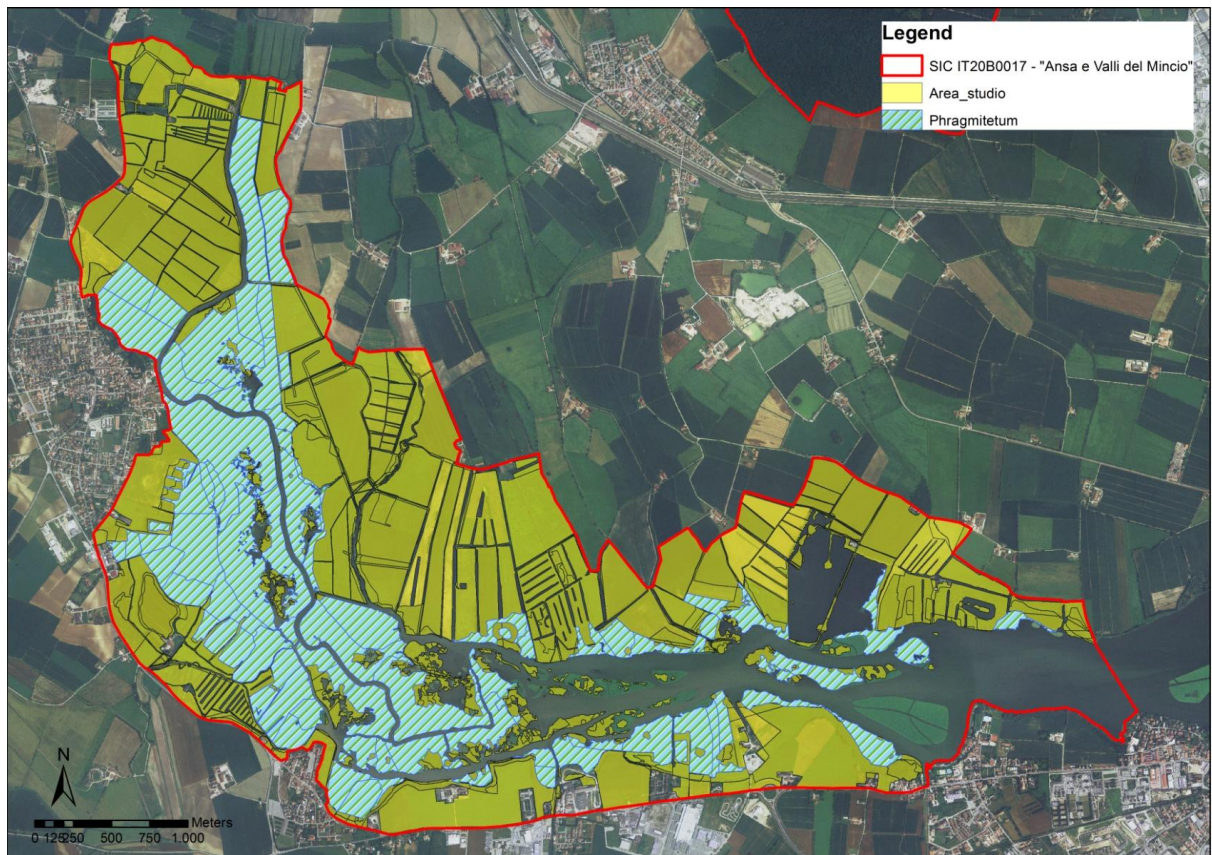


Figura 30 - Area di studio e canneti oggetto di indagine

Sul territorio della Riserva, laddove possibile, sono stati eseguiti dei sopralluoghi per raccogliere i dati informali necessari alla caratterizzazione del sito; l'indagine conoscitiva si è incentrata sui canneti, oggetto dello studio. I canneti delle Valli coprono circa 450 ha all'interno del SIC; tale estensione, tuttavia, comprende anche le strisce ripariali e le isole di

modeste estensioni, zone assai disperse e, pertanto, poco rilevanti ai fini della raccolta. Per tale ragione all'interno dei canneti è stata individuata una superficie di 387,3 ha, che denomineremo "*Phragmitetum* di studio" (PDS), entro la quale si sono selezionati degli ambienti con caratteristiche omogenee; per ciascun ambiente, poi, sono state determinate e numerate delle aree di saggio (a.d.s.), da cui si sono eseguiti prelievi di biomassa e terreno (fig. 31).

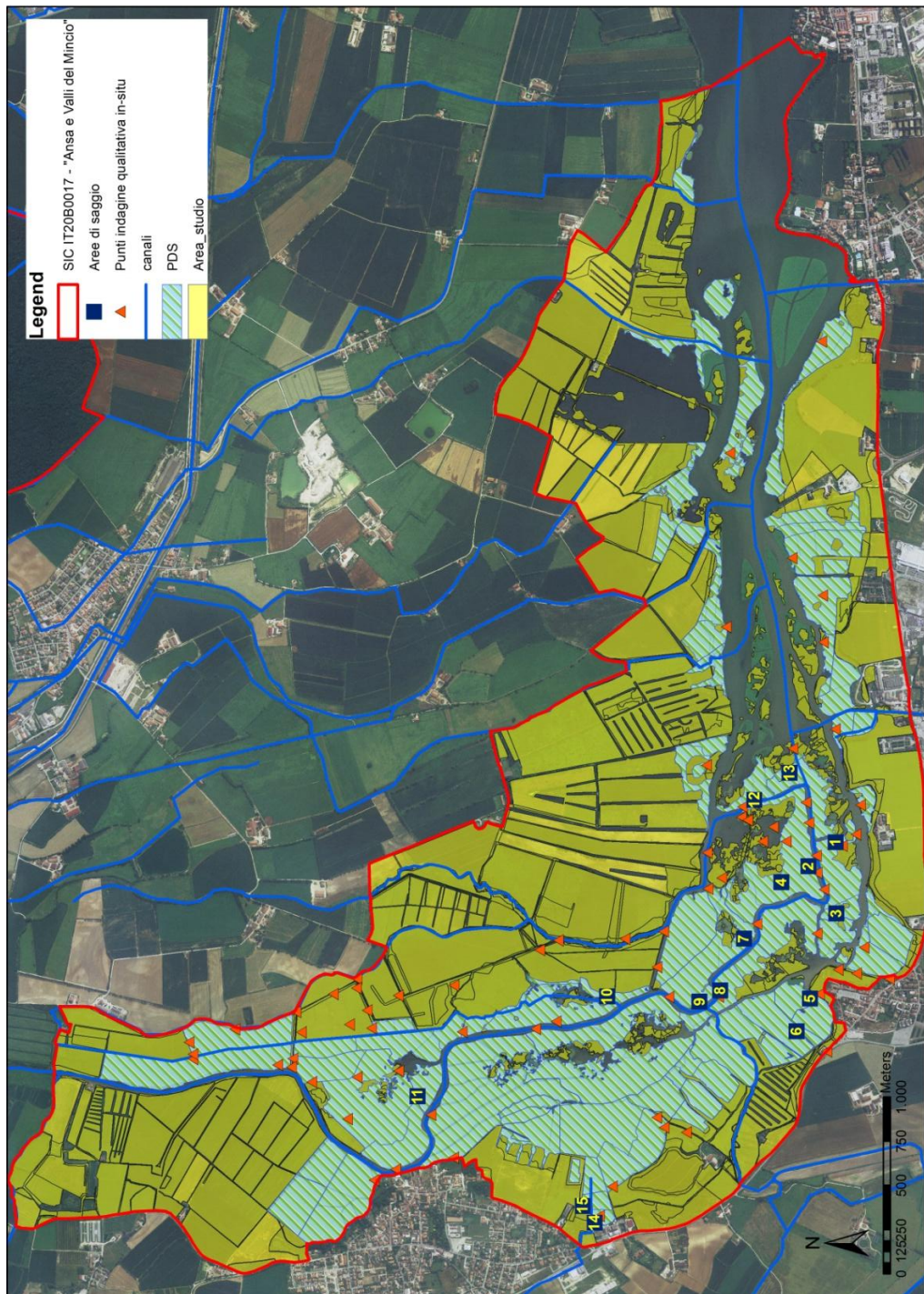


Figura 31 - Inquadramento territoriale dello studio
85

Dalla figura si nota che le a.d.s. non sono omogeneamente disperse nel PDS, poiché si rivelato impossibile accedere ad alcune porzioni vallive, per difficoltà logistiche o per mancanza di interazione con i proprietari (fig.31).

2. CARATTERIZZAZIONE DEI CANNETI

I canneti entro il PDS sono stati oggetto d'indagine per la valutazione degli aspetti informali gestionali: per la raccolta delle informazioni ci si è avvalsi di sopralluoghi, interviste con agricoltori ed operatori locali, osservazione d'immagini satellitari (GoogleEarth - rilievo del 31/03/2010), registri e documenti forniti dalla pubblica amministrazione e dall'ente Parco. Poi, con l'ausilio del componente ArcMap del sistema geoinformatico ArcGIS10, i dati collezionati sono stati man mano georeferenziati e raccolti in un database; alla luce delle modalità di reperimento delle informazioni, il database sarà affetto da una certa soggettività. Si è cercato quindi di ricondurre i dati raccolti ad alcune classi informali, o indicatori, in grado di descrivere il sito in esame: ne sono stati individuati in totale sei (stato del canneto, omogeneità del canneto, gestione, ultimi interventi effettuati, portanza, possibilità di "governo" dell'acqua). Per ogni classe informale si è quindi provveduto a individuare delle categorie da attribuire agli appezzamenti in esame, così da suddividere l'areale in porzioni di territorio omogenee; tale caratterizzazione ha permesso di definire gli indicatori anche per le a.d.s., così da valutare l'impatto degli stessi su produttività, uptake di N e qualità del suolo nei canneti.

Infine, la suddivisione dell'area in esame secondo le classi caratterizzanti è stata visualizzata grazie ad apposite mappe create con ArcGIS.

3. PROVE DI CAMPO

3.1. PRODUTTIVITA' E QUANTITA' DI AZOTO STOCCATO NEI CANNETI

I canneti entro il PDS sono stati esaminati per valutarne la produttività in sostanza secca (t/ha) e la quantità di azoto (N) asportabile mediante raccolta dei culmi (kg/ha). Il campionamento della biomassa epigea si è svolto in due sessioni, una a maggio (in pieno sviluppo vegetativo) e una a novembre (al termine della stagione vegetativa), allo scopo di verificare l'impatto delle classi informali sulla produttività e l'uptake di N dei canneti. Si è cercato quindi di identificare i fattori gestionali più importanti ai fini della produzione di biomassa. Inoltre, con il primo prelievo (maggio) si sono prelevati dei campioni di terreno da

ciascuna a.d.s., al fine di valutare l'impatto degli indicatori sulla qualità del suolo e l'influenza di quest'ultima sui parametri ricercati per la biomassa.

Infine si è cercato di interpretare i risultati mediante appositi indici riassuntivi.

3.1.1. CAMPIONAMENTI DI TERRENO E BIOMASSA

La scelta dei punti di prelievo di biomassa e terreno è stata effettuata con pareri di operatori e agricoltori locali e criteri soggettivi, basati su impressioni personali; a seguito dei rilievi esplorativi nei canneti in esame, sono stati identificati dei siti di campionamento ritenuti omogenei al loro interno, nei quali poter localizzare le a.d.s. rappresentative dei siti stessi. Affinchè i siti di prelievo potessero essere a loro volta rappresentativi di aree omogenee di una certa estensione, essi sono stati selezionati distanti l'uno dall'altro, cercando di coprire, nei limiti del possibile, l'intero territorio. Individuato un sito di prelievo, quindi, i prelievi sono stati eseguiti in a.d.s. di 4 m² (quadrato 2 m * 2 m, fig. 32), considerate appunto rappresentative del sito stesso.



Figura 32 – Prelievo dall'a.d.s 14

Pertanto, la selezione ha escluso le zone in cui il canneto si mostrava più fitto o più rado, e quelle di confine, dove ci poteva essere un effetto di bordo con minor competizione e maggiore crescita. Tra i siti di prelievo è stata selezionata anche una zona "modello" (a.d.s. 14 e 15, fig.33), al fine di stimare la produttività dei canneti vallivi in condizioni di gestione ottimale.



Figura 33 – Prelievo di biomassa dal canneto

MATERIALI E METODI

Tutti i prelievi sono stati realizzati con l'ausilio di mezzi e strumenti idonei messi a disposizione dalla Provincia di Mantova – settore Ambiente e dal Parco del Mincio (fig.34).



Figura 34 – Alcuni dei mezzi e degli strumenti utilizzati per i campionamenti: a) barca; b) decespugliatore; c) trivella; d) stadera da campo

Per ogni a.d.s. è stata tagliata tutta la biomassa (materiale vivo e necrotico) e la quantità raccolta è stata pesata in-situ con l'ausilio di una stadera da campo (sensibilità 0.1 kg). Poi, dalla biomassa raccolta in ogni a.d.s., si è prelevato un campione di materiale vegetale (circa 0.5 kg) cercando di riprodurre le proporzioni trovate in campo tra biomassa fresca e secca, da sottoporre alle successive analisi di sostanza secca (DW) e N totale.

Inoltre, con l'ausilio di una trivella, si è prelevato anche un campione di terreno per ciascuna a.d.s., fino alla profondità di 50 cm. In assenza di evidenti differenze stratigrafiche, è stato quindi composto un campione medio di 200-300 g, da destinare poi all'analisi di carbonio e azoto totali.

MATERIALI E METODI

Le operazioni di raccolta di biomassa e terreno sono state eseguite nelle giornate 4 e 5 maggio 2012, in 14 a.d.s.; i campioni raccolti sono stati consegnati presso il campus di Agripolis dell'Università di Padova, sito a Legnaro (Pd), per le determinazioni di laboratorio.

Il 5 novembre sono stati ripetuti i prelievi di biomassa nei medesimi siti di campionamento, ma da a.d.s. non sovrapposte a quelle determinate con il precedente rilievo a causa della rigogliosità della vegetazione; si precisa, inoltre, che per alcune a.d.s. non è stato possibile effettuare i campionamenti, sempre a causa dell'ingente sviluppo estivo della vegetazione. Alla luce di ciò, si è provveduto al prelievo di biomassa da sole 10 a.d.s., di cui una non selezionata nel mese di maggio e definita all'interno del canneto "modello" (a.d.s. 15).

3.1.2. METODICHE DI ANALISI

Le analisi sono state eseguite interamente presso i laboratori dell'Azienda Agraria Sperimentale "Lucio Toniolo" (facoltà di Agraria - Università di Padova).

3.1.2.1. CARBONIO E AZOTO TOTALI IN CAMPIONI DI TERRENO

I campioni di terreni presentavano elevata umidità e dunque sono stati essiccati all'aria aperta, previo opportuno riparo dalle condizioni meteorologiche, per circa un mese. Le successive analisi per la misura di C e di N totale sono state eseguite con l'ausilio dell'analizzatore elementare "vario MACRO", uno strumento automatico che consente una rapida analisi quantitativa di C,H,N,S a partire da materiali di varia natura (solidi o liquidi).

Il principio di funzionamento prevede una completa ed istantanea ossidazione (flash combustion) del campione, con conversione di tutte le sostanze organiche ed inorganiche in prodotti gassosi (metodo Dumas, 1831). Il campione iniziale, dunque, è stato omogeneizzato e pesato in apposite capsule di stagno assieme ad un'agente ossidante (ossido di tungsteno). Queste, una volta chiuse, sono state poi introdotte nello strumento dopo l'eliminazione dell'aria.

All'interno dell'analizzatore si realizzano reazioni in serie:

- combustione (primo tubo di reazione): il campione viene incenerito a 1150 °C in presenza di O₂, dando origine a CO, CO₂, H₂O, NO_x, SO₂ e SO₃. Tali composti vengono trasportati da una gas carrier (He) fino al detector, previo passaggio in altri 2 tubi di reazione;
- riduzione (secondo tubo di reazione contenente Cu allo stato ridotto): gli NO_x e SO₃ sono quantitativamente ridotti a N₂ e SO₂, l'eccesso di ossigeno

MATERIALI E METODI

viene legato dalla lana d'argento presente all'interno del tubo, mentre l'umidità presente nel flusso viene allontanata;

- post-combustione (terzo tubo di reazione contenente CuO e Pt come catalizzatori): si ha una completa ossidazione a CO₂ dei composti di carbonio non completamente ossidati (CO).

Successivamente viene operata la separazione di N₂, CO₂, SO₂, resa necessaria dall'utilizzo di un detector a conducibilità termica non selettivo. CO₂ e SO₂ sono bloccate temporaneamente per adsorbimento a livello di specifiche colonne riscaldabili, mentre N₂ arriva direttamente al detector. La colonna di adsorbimento della CO₂ si riscalda, poi, fino a 230°C, liberando il composto per il trasporto al detector. Infine, per effetto del riscaldamento della colonna di SO₂, gli ossidi di zolfo sono rilasciati e rilevati allo stesso modo.

La quantificazione dei vari elementi è effettuata grazie alla creazione di una apposita retta di calibrazione generata dall'impiego di uno standard (Sulfanilammide) contenente concentrazioni note degli elementi d'interesse (N=16,25%; C=41,81%; S=18,62%; H=4,65%) (Concheri and Stellin).

3.1.2.2. AZOTO TOTALE E SOSTANZA SECCA IN CAMPIONI DI BIOMASSA

Per ciò che riguarda i campioni di biomassa raccolti da ciascuna a.d.s. (circa 500 g cadauno), essi sono stati disidratati per 24 ore con l'ausilio di un essiccatore tarato alla temperatura di 65°C; in questo modo si è preservata la sostanza organica e si è permessa la determinazione del tenore di N presente nella pianta. Con il secondo passaggio il campione (circa 10 g) è stato posto in apposite stufe (PRO BENTER) a 130°C per tre ore, in modo da completare le analisi con la determinazione dell'umidità relativa, valore richiesto per il calcolo dell'umidità totale della biomassa. In un secondo momento sono state fatte le analisi di laboratorio sui campioni essiccati in stufa a 65°C, al fine di determinare la percentuale di N presente attraverso il metodo Kjeldahl.

3.2. PRODUZIONE DI BIOGAS DA CANNA PALUSTRE

La potenzialità produttiva di una biomassa tal quale (tq) è influenzata da:

- contenuto di sostanza secca (DW o TS, ovvero la frazione organica più le ceneri);
- contenuto di solidi volatili (VS, corrispondente alla frazione organica di TS e quantificata mediante pesata del materiale dopo incenerimento in muffola);

- qualità di VS, ovvero il tipo di molecole che compongono la frazione organica (l'unica potenzialmente degradabile a CO₂ e CH₄).

Il parametro più importante e riassuntivo delle caratteristiche di una biomassa è la produzione potenziale di biometano (BMP, Biochemical Methane Potential) (Castelli, 2011), che indica la quantità di CH₄ potenzialmente ottenibile dalla degradazione della sostanza organica ed è espresso in Nm³ metano per kg di matrice (tq, TS o VS); oltre alla quantità, è utile conoscere anche la cinetica di produzione di CH₄ (velocità). Per valutare il BMP della canna palustre sono state svolte alcune prove sperimentali in appositi minidigestori da laboratorio: i test, operati in modalità discontinua ("batch"), si propongono di fornire delle prime indicazioni circa l'utilizzo di *P. australis* come fonte metanigena in digestori anaerobi. I risultati sono stati comparati con altre matrici comunemente utilizzate per la produzione di biogas, al fine di confermare l'interesse per la biomassa in esame; tuttavia i test non hanno tenuto conto dei vincoli della Riserva, e, pertanto, essi costituiscono solo il punto di partenza per ulteriori ricerche.

3.2.1. CAMPIONAMENTO, TRINCIATURA E INSILAMENTO DI CANNA PALUSTRE

Il campionamento del materiale vegetale è stato eseguito entro il PDS, nel canneto "modello", in epoche di raccolta non ammesse dal piano di gestione (giugno e settembre). La biomassa sfalciata (fig.35) è stata poi sottoposta a trinciatura (fig.36) e insilamento prima dell'immissione nei digestori, alla luce della necessità di stoccare il materiale e conservarlo fino al suo utilizzo; ciò dovrebbe, peraltro, aumentare la resa in biogas e in metano della matrice in esame (Amon et al., 2007).



Figura 35 - Trasporto alla sede ERSAF (a) della biomassa sfalciata dal canneto "modello" (b)

MATERIALI E METODI

Per entrambi i cicli di raccolta, il prodotto insilato è stato prelevato dopo circa 40 giorni di conservazione, per sottoporlo alle prove metanigene e ad alcune determinazioni di laboratorio.



Figura 36 – Sminuzzamento della biomassa prelevata (a) e campione di canna triturrata (b)

Il primo campionamento di biomassa è stato operato il 19 giugno; il materiale prelevato è stato trinciato in-situ con l'ausilio di un comune tagliaerba, essendo irrealizzabile l'utilizzo di una trinciatrice per quantità così ridotte di biomassa. Il trinciato presentava una pezzatura irregolare ma mai superiore a 5-10 cm. La matrice sminuzzata è stata poi disposta e ben compressa a strati in un secchio apposito e infine coperta con materiale plastico, sassi e un coperchio, per simulare il più possibile il vero processo d'insilamento ed evitare problematici ammuffimenti della biomassa (fig.37). In un secondo momento è stato prelevato un campione di materiale insilato per la determinazione della sostanza secca.



Figura 37 – Pressatura della biomassa sminuzzata

Il secondo prelievo è stato eseguito il 10 settembre, a fioritura già avvenuta e, dunque, a uno stadio fenologico differente rispetto al primo. La biomassa è stata poi

trasferita presso la sede ERSAF di Mantova, dove si è provveduto al suo sminuzzamento per mezzo di un bio-trituratore mobile. Il prodotto ottenuto è stato adeguatamente pressato in un secchio e isolato, per quanto possibile, da aria e umidità, tramite sacchetti di plastica; trascorsi 40 giorni è stato effettuato un prelievo di insilato per alcune determinazioni di laboratorio.

3.2.2. CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEI TESSUTI EPIGEI

I dati ottenuti dalla prova metanigena assumono maggiore valenza se supportati dalla caratterizzazione del substrato fermentescibile di partenza; per tale ragione, i campioni sono stati sottoposti alla determinazione dei solidi totali, per l'insilato di giugno, e di TS, VS, ceneri e fibra (metodo Van Soest, 1967), per l'insilato di settembre.

3.2.3. PROVE METANIGENE

3.2.3.1. LA PIATTAFORMA SPERIMENTALE

I test di biometanazione sono stati condotti nell'ambito del progetto PROBITEC2 di regione Lombardia, grazie alla piattaforma sperimentale realizzata presso la sede ERSAF Lombardia di Mantova. Tale piattaforma (fig.39) è totalmente automatizzata ed è costituita da minidigestori in batch grazie cui è possibile confrontare il potere metanigeno delle varie biomasse secondo procedimenti standardizzati, valutandone rese, sinergie ed eventuali controindicazioni.

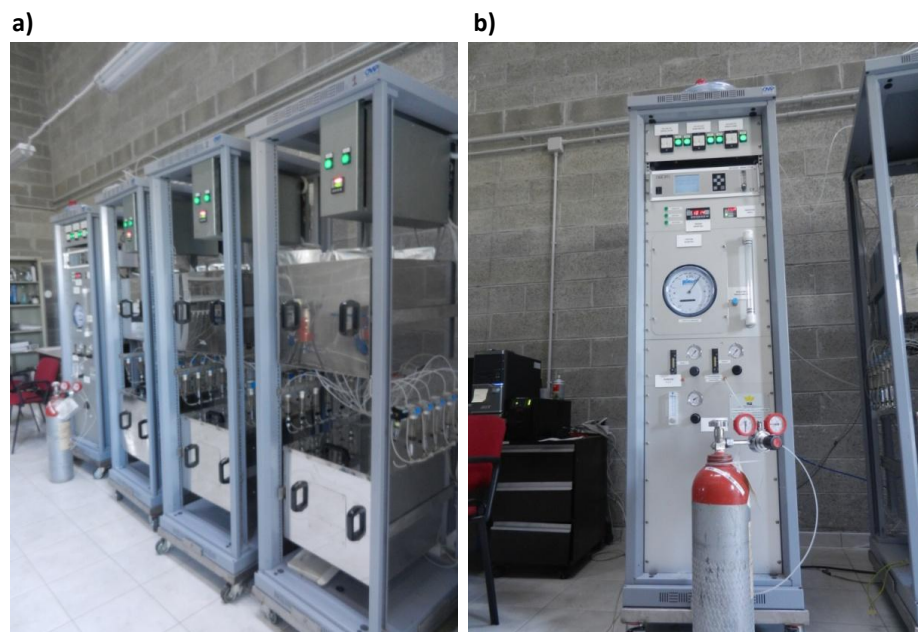


Figura 38 – Piattaforma sperimentale (a) e analizzatore (b) per i test di metanazione sui campioni di canna palustre

MATERIALI E METODI

I minidigestori sono alloggiati all'interno di strutture termostate connesse ad un sistema centrale che funge da analizzatore. I termostati ospitano anche i supporti per l'alloggiamento dei sacchetti multistrato che consentono la raccolta del gas prodotto (gasometri). Una volta raggiunto il volume idoneo all'interno delle sacche, un sistema automatizzato consente l'invio del gas prodotto all'analizzatore, tramite un sistema di tubicini. In questo modo è possibile valutare la produzione di metano e la qualità del biogas emesso in un determinato arco di tempo. Infatti la struttura analizzatrice ospita, oltre all'analizzatore per la misurazione delle varie componenti gassose in termini di %, un sistema per l'essiccazione del biogas prodotto e un contatore a tamburo per la misurazione quantitativa diretta (Ritter Apparatebau GmbH, mod. TG05).

I minidigestori utilizzati per la prova sperimentale sono costituiti da bottiglie in polietilene ad alta densità (HDPE) della capacità di 2,5 l, dotate di tappo a vite a chiusura ermetica. Ciascun digestore è collegato ad un sacchetto "gasometro" della capacità massima di 2 l che, raggiunto il proprio rigonfiamento, agisce su un microinterruttore che attiva il sistema di misurazione ed analisi del biogas. L'analisi del gas raccolto è suddivisa in due fasi:

- "pre-campionamento", durante il quale l'intero circuito che porta il gas dal sacchetto all'analizzatore e le celle di analisi, vengono saturati;
- "fase di analisi", che termina quando nel circuito si rileva depressione, a significare che il gasometro è stato completamente svuotato e tutto il biogas raccolto è stato inviato al sistema analizzatore.

Al termine dell'analisi il circuito in questione viene richiuso e riprende la raccolta di biogas dal digestore. Gli analizzatori sono poi "lavati" con azoto per evitare ristagni di H₂S che potrebbero danneggiare il sistema. Con l'ausilio di un apposito software, ogni operazione di gestione della fermentazione, i campionamenti e le analisi sono svolti in automatico. E' possibile anche elaborare curve di produzione cumulata del biogas in termini volumetrici per tonnellata di solidi totali della matrice, monitorando l'intero processo dall'inizio della digestione fino all'ultimo campionamento.

3.2.3.2. PROVE DI DIGESTIONE IN BATCH

I metodi di valutazione della biodegradabilità anaerobica di un substrato (nel nostro caso trinciato di canna palustre) prevedono che la matrice sia posta a contatto con un adeguato inoculo di biomassa batterica (Hansen et al., 2004), in condizioni di processo controllate. Come starter è stato reperito del digestato primario proveniente da un'azienda suinicola dotata d'impianto di biogas. Il materiale organico ha subito un processo di

separazione tramite filtratura con setaccio da 2 mm ed è stato poi omogeneizzato in una vasca di plastica. Quindi la frazione liquida del digestato al 6 % di TS è stata selezionata come starter per le prove. Le quantità ottimali di inoculo e substrato sono state definite da letteratura (Caffaz et al., 2007; Koppa et al., 2008), secondo un rapporto di sostanza secca inoculo / matrice 2:1. Sono stati condotti due test in co-digestione su materiale vegetale prelevato a giugno e a settembre, dopo trinciatura e insilamento dello stesso, al fine di valutare l'impatto dell'epoca di raccolta sulla resa in metano della matrice di studio; le prove si sono prolungate per circa 40 giorni alla temperatura costante di 40°C.

3.3. IPOTESI DI SCENARI

I risultati delle prove di campo sono stati utilizzati per ipotizzare degli scenari. In primis si è cercato di stimare la produzione di biomassa attuale e ottimale nei canneti in esame (superficie PDS) e nell'area di studio (AS); le stime sono state calcolate tenendo conto anche dei vincoli imposti dal regolamento del Parco. In secondo luogo, a partire dall'energia recuperabile per unità di superficie, si è calcolata la potenzialità energetica dall'area, valutando due opzioni di valorizzazione (combustione e digestione anaerobia). Infine, ci si è soffermati sugli aspetti economici delle filiere di raccolta della biomassa: si è cercato di produrre alcune stime di costi-benefici per l'utilizzo energetico della canna palustre nelle Valli del Mincio, tenendo anche conto dell'attuale sistema d'incentivazione delle bioenergie.

PARTE IV: RISULTATI

1. CARATTERIZZAZIONE DEI CANNETI NELLE VALLI DEL MINCIO

Tutti i dati collezionati sono stati raccolti in un database e georeferenziati con ArcGIS: è stato così possibile creare delle mappe in grado di descrivere il sito in esame (fig.39). Con la fase successiva, tramite ArcGIS e fogli di calcolo, è stato possibile ricavare per ogni indicatore la copertura specifica delle porzioni omogenee di territorio [(area porzione omogenea/area PDS)*100] (tab.4).

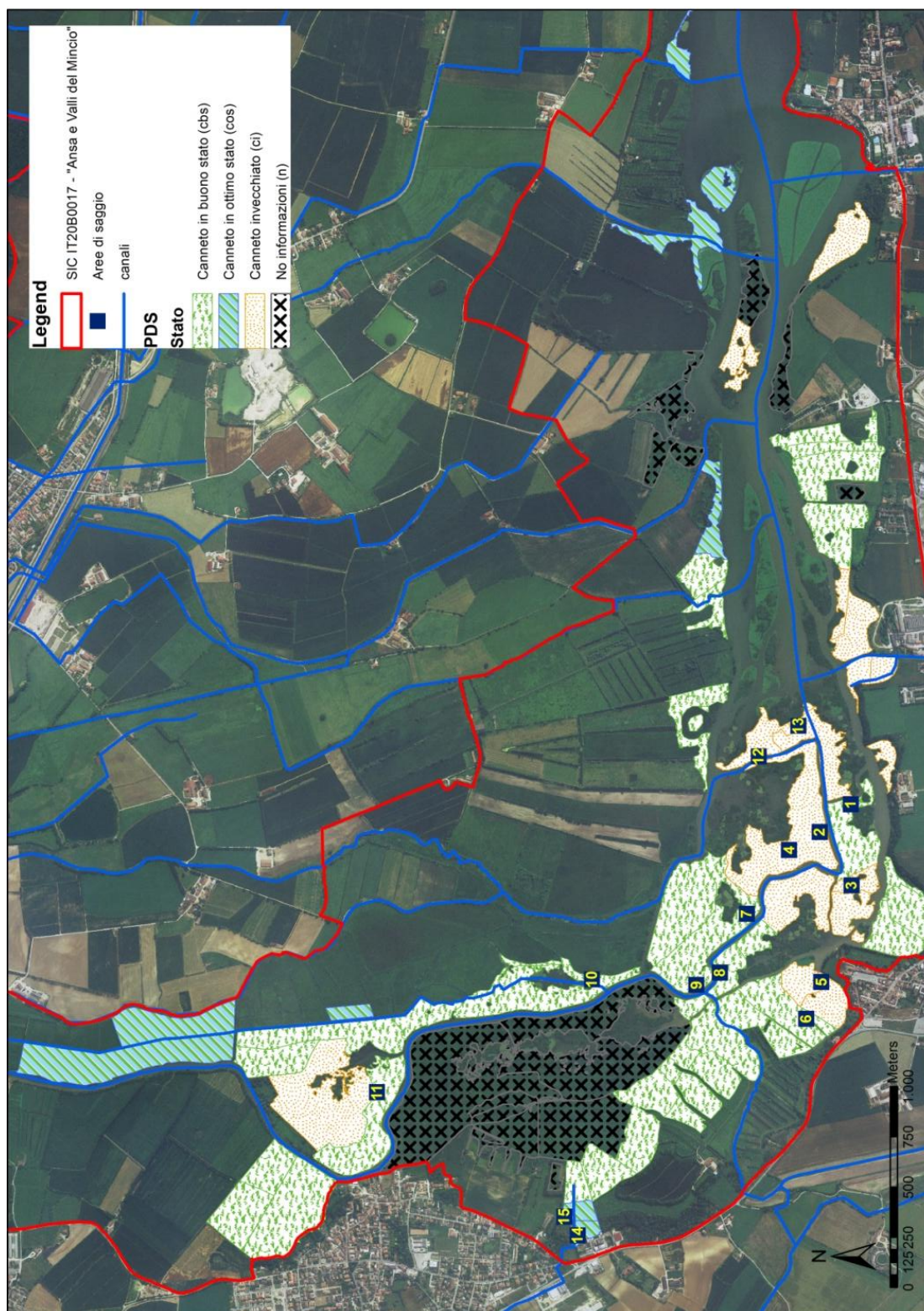


Figura 39 – Esempio di suddivisione del PDS in porzioni omogenee secondo l'indicatore "stato del canneto"; la stessa tipologia di mappe è stata creata per tutti gli altri indicatori

Si premette che i dati collezionati sono affetti da una certa soggettività.

RISULTATI

La caratterizzazione è stata così definita:

- *Stato canneto*: per ciascuna parcella si è cercato di attribuire dei giudizi sullo stato di degrado dell'habitat, tenendo conto della presenza o meno di specie opportuniste ed eventualmente del tipo di specie rilevate; in particolare, si sono ricercate specie indicatrici del processo evolutivo dell'habitat (*Salix cinerea*) e/o altre specie arbustive (*Sambucus nigra* e *Rubus caesius*). La categoria "non valutabile" si riferisce alle zone per cui non è stato possibile svolgere indagini di campo. La categoria "canneti invecchiati" include, invece, i canneti più interni delle Valli, che tendono a costituire consorzi poveri in specie (impoverimento floristico da invecchiamento) e per i quali la biomassa morta costituisce una porzione rilevante di quella complessiva. In questi ambienti è frequente la presenza di specie opportuniste pioniere, principalmente arbusti di *Salix ssp.* (soprattutto *Salix cinerea*) o *Rubus caesius*, e ruderali (banalizzazione floristica) quali *Urtica dioica* e *Sambucus nigra*. Con "canneti in buono stato" si comprendono le porzioni ancora in buono stato di conservazione, le quali ospitano, tuttavia, specie opportuniste non arbustive come *Humulus lupulus*, *Convolvulus sepium* (entrambe specie rampicanti) e *Urtica dioica*, a causa della limitata idromorfia. Infine la categoria "canneti in ottimo stato" si riferisce ai canneti praticamente monospecifici.
- *Omogeneità canneto*: la suddivisione dell'area in esame è stata realizzata mediante osservazioni in-situ dei canneti e analisi di foto-rilevamenti satellitari. Dall'analisi di questi ultimi è stato possibile distinguere le aree a canneto da quelle a saliceto, consentendo di valutare, come per la classe "stato del canneto", lo stato di avanzamento dei processi di successione naturale. Le categorie sono state suddivise in base a valori soggettivi di copertura dei fragmiteti (<50%; 50-70%; >70%); anche in questo caso le porzioni non raggiungibili fisicamente sono state classificate come "non valutabili".
- *Gestione*: la suddivisione in categorie è stata operata in base alla tipologia dell'ultimo intervento gestionale praticato; i territori per i quali non è stato possibile ottenere informazioni rientrano nella categoria "no informazioni". Le aree restanti si suddividono tra le categorie "bruciatura come da regolamento" (applicazione del pirodiserbo secondo le disposizioni del

RISULTATI

Parco del Mincio, in accordo con i piani di rotazione quadriennali previsti nell'ambito del PSR regionale), "bruciatura non da regolamento" (incendi spontanei o dolosi verificatisi senza comunicazione all'Ente gestore), infine "taglio e rimozione" (taglio e rimozione della biomassa sfalciata senza ricorrere al pirodiserbo). In quest'ultima categoria sono inclusi anche i territori sui quali sono state rinvenute tracce del passaggio di mezzi agricoli; tuttavia, in mancanza di ulteriori informazioni, per tali aree non si può escludere l'ipotesi del pirodiserbo. Si precisa, infine, che l'individuazione della categoria "bruciatura come da regolamento" si è attenuta alle previsioni gestionali riportate nel PSR Lombardia 2000-2006, fino all'annata agraria 2010-2011; trattandosi di previsioni, però, la realtà potrebbe facilmente discordare dalla presente caratterizzazione.

- *Ultimi interventi effettuati:* l'indicatore è stato definito in base al periodo di applicazione dell'ultimo intervento gestionale, indipendentemente dalla tipologia d'intervento. Siccome le operazioni gestionali, laddove pianificate, sono messe in atto a cavallo di due anni (autunno-fine inverno), convenzionalmente si è considerato che gli interventi previsti rientrino nell'anno precedente (ad esempio un intervento attuato nel 2009 fa parte dell'annata agraria 2008/2009, un intervento nel 2010 fa parte dell'annata agraria 2009/2010, ecc.). Con queste premesse, si è identificata l'annata agraria 2009-2010 come "spartiacque" per la suddivisione in categorie; ancora una volta, le parcelle da cui non è stato possibile ottenere dati gestionali sono state incluse nella categoria "no informazioni". Inoltre, anche in questo caso, si precisa che per i dati informali ci si è serviti di fonti ufficiali e non ufficiali, e che, pertanto, la categorizzazione potrebbe non rispecchiare esattamente la realtà dei fatti.
- *Portanza:* l'individuazione delle porzioni di territorio portanti è basilare per delineare i mezzi idonei per la raccolta della biomassa. Laddove i terreni si considerano portanti, i proprietari privati possono operare la raccolta della biomassa con comuni macchinari agricoli e trovandoci in una zona a forte connotazione agricola, tali mezzi sono di facile reperibilità. Tuttavia, la situazione si complica per i terreni non portanti, poiché al momento nessun proprietario della zona possiede mezzi speciali per la raccolta in queste problematiche condizioni. Alla luce del fatto che l'Ente gestore potrà

RISULTATI

disporre a breve di macchinari idonei per lo sfalcio e la raccolta della biomassa in ambienti a bassa portanza, la raccolta dovrà essere realizzata dall'ente stesso; gli operatori potranno operare nelle zone demaniali e, previo accordo con i proprietari, anche negli appezzamenti privati. I dati informali relativi alle parcelle si sono ottenuti tramite osservazioni dirette, varie interviste con operatori della pubblica amministrazione e agricoltori, e analisi d'immagini satellitari; in quest'ultimo caso le informazioni si sono dedotte verificando o no la presenza in campo di rotoballe e tracce dei mezzi agricoli. Infine, si è cercato di confrontare l'altimetria dei terreni vallivi con i dati informali collezionati nell'area in esame, allo scopo di trarre qualche indicazione utile alla creazione della filiera proposta: si è fatto uso, pertanto, di un DTM (Digital Terrain Model) (fig.40), un modello di rappresentazione digitale d'informazioni cartografiche ottenuto per interpolazione trigonometrica delle quote s.l.m. estrapolate dalla CTR (Carta Tecnica Regionale).

- *“Governo acqua”*: l'area in esame è stata suddivisa in porzioni omogenee in base alla possibilità o meno di regolare i flussi idrici, fattore che determina il grado di idromorfia dei canneti. Le informazioni sono state ottenute tramite varie interviste con operatori e agricoltori locali. Tale classe fornisce dati informali utili anche alla creazione di scenari, in previsione d'interventi di *“rewetting”* nell'area. Ad esempio, nella categoria *“sistema di governo rimosso o mal funzionante”* rientrano le porzioni di territorio oggetto d'interventi idraulici piuttosto recenti, ma per i quali non è possibile regolare gli apporti idrici a causa di errori nella progettazione e/o negligenze nell'esercizio-manutenzione delle opere. La categoria *“sistema di paratoie, arginature e canali”*, invece, include gli appezzamenti allagabili tramite un apposito sistema di regolazione idraulica. Infine, sono state individuate le porzioni di PDS non esondabili: in questi canneti, pertanto, il grado di idromorfia dipende solo dalla quota idrometrica del Mincio.

RISULTATI

CLASSE	CATEGORIA (SIGLA)	CONTENUTO DELL'INFORMAZIONE	AREA (ha)	COPERTURA (%)
Stato canneto	Canneto invecchiato (ci)	Are a elevata criticità, con stadio avanzato di evoluzione naturale conseguente ai processi di interrimento	80,9	20,9
	Canneto in buono stato (cbs)	Are e non ancora critiche, ma la cui gestione è da modificare per evitare un ulteriore avanzamento dei processi di evoluzione naturale.	176,6	45,6
	Canneto in ottimo stato (cos)	Are e sommerse a idonea gestione, con scarsa o nulla presenza di specie opportuniste.	39,1	10,1
	Non valutabile (n)	Informazioni mancanti per impossibilità tecnica di raggiungere il sito .	90,7	23,4
Omogeneità canneto	<50% (p)	Meno del 50% della copertura vegetale è costituita da <i>Phragmites australis</i> .	9,8	2,5
	50-70% (m)	Il 50-70% della copertura vegetale è costituito da <i>Phragmites australis</i> .	87,9	22,7
	>70% (o)	Più del 70% della copertura vegetale è costituita da <i>Phragmites australis</i> .	198,9	51,4
	Non valutabile (n)	Are e non raggiungibili fisicamente e difficilmente valutabili tramite foto-rilevamenti.	90,7	23,4
Gestione	Bruciatura non da regolamento (nr)	Incendi dolosi/non dolosi non previsti, documentati dai registri incendi del Parco del Mincio.	70,4	18,2
	Taglio e rimozione biomassa (tr)	Sfalcio biomassa e rimozione del materiale dalla palude (compresi gli interventi per finalità zootecniche).	48,4	12,5
	Bruciatura come da regolamento (r)	Voce riferita ai soli canneti. Bruciatura prevista come da regolamento del piano di gestione, secondo rotazioni quadriennali (PSR Lombardia 2000/2006).	173,6	44,8
	No informazioni (n)	Informazioni mancanti.	94,8	24,5
	Dall'annata agraria 2009/2010 in poi (d)	Informazioni generiche	174,6	45,1
Portanza	Prima dell'annata agraria 2009/2010 (p)	Informazioni generiche.	117,9	30,4
	No informazioni (n)	Informazioni mancanti.	94,8	24,5
	Si (p)	Are e già idonee all'utilizzo di falciatrici e roto-imballatrici per l'asportazione della biomassa (sfalcio/raccolta con mezzi agricoli già operabili).	35,3	9,1
	No (np)	Are e non idonee all'utilizzo di falciatrici e roto-imballatrici per l'asportazione della biomassa.	275,8	71,2
"Governo" acqua	No informazioni (n)	Informazioni mancanti.	76,3	19,7
	No (n)	Are e per le quali non è possibile regolare localmente i flussi idrici.	316,9	81,8
	Sistema di paratoie, arginature e canali (p)	Are e per le quali, a seguito di interventi idraulici, è possibile gestire i flussi in/out a livello locale, senza dover dipendere dal livello del Mincio	45,3	11,7
	No informazioni (ni)	Informazioni mancanti	0,7	0,2
Sistema di "governo" rimosso o mal funzionante (r)	Are e oggetto di interventi idraulici recenti ma i cui flussi idrici non sono attualmente gestibili localmente	24,4	6,3	

Tabella 4 - Caratterizzazione del PDS secondo classi informali (indicatori) e breve descrizione del contenuto informativo; copertura delle porzioni omogenee di territorio distinte in categorie

RISULTATI

Tale caratterizzazione ha permesso di definire gli indicatori per ciascuna a.d.s. (tab.5).

CLASSE INFORMALE						
a.d.s.	Stato canneto	Omogeneità canneto	Gestione	Ultimi interventi effettuati	Portanza	"Governo" acqua
1	cbs	m	r	d	np	n
2	ci	m	n	n	np	n
3	ci	p	r	d	np	n
4	ci	m	n	n	np	n
5	ci	m	r	d	np	n
6	cbs	o	r	p	np	p
7	cbs	m	r	d	np	n
8	cbs	o	r	p	np	n
9	cbs	m	r	d	np	n
10	cbs	o	n	n	np	n
11	cbs	o	nr	d	n	n
12	ci	m	n	n	np	n
13	ci	m	r	p	np	n
14	cos	o	tr	d	p	p
15	cos	o	tr	d	p	r
TOTALE	ci = 6 cbs = 7 cos = 2	p = 1 m = 8 o = 6	r = 8 n = 4 nr = 1 tr = 2	d = 8 n = 4 p = 3	np = 12 n = 1 p = 2	n = 12 p = 2 r = 1

Tabella 5 – Definizione degli indicatori per le 15 a.d.s e classificazione delle a.d.s. in categorie

Considerato quanto è rilevante la portanza dei terreni ai fini della raccolta della biomassa, sono state fatte apposite valutazioni per fornire gli strumenti necessari alla comprensione del problema. Tale indicatore dipende da un complesso di variabili che andrebbero studiate singolarmente, previa verifica diretta in campo; in mancanza di strumenti e tempo sufficienti per una valutazione di questo tipo, ci si è basati su memorie storiche e alcune deduzioni.

Una delle variabili che determina il grado di portanza dei terreni è la stagionalità, da cui dipendono temperatura e piovosità: pertanto, quando si fissa il periodo di svolgimento degli interventi gestionali, si deve tener conto che le condizioni autunno-invernali sono diverse da quelle estive. Considerato che nelle Valli del Mincio la raccolta della biomassa può avvenire solo da novembre a marzo, tutte le prove e gli interventi svolti finora si riferiscono a quelle condizioni; di conseguenza, la raccolta estiva non è stata presa in considerazione nello studio in questione e i dati informali collezionati sono relativi solo al periodo autunno-invernale.

Un'altra variabile da considerare è il profilo altimetrico dell'area, che determina l'altezza s.l.m. dei vari appezzamenti: a tal riguardo è stato reperito un DTM al fine di verificare quanto questo parametro influenza la portanza nelle Valli (fig.40). I dati

RISULTATI

estrapolati dalla CTR non sono sufficienti a determinare in modo accurato e affidabile l'altimetria dei terreni vallivi, tuttavia possono fornire delle prime indicazioni. Ad esempio, dalle considerazioni fatte con gli agricoltori, emerge che le zone più basse s.l.m. (mediamente sotto 19 m s.l.m.) sono generalmente quelle meno portanti e, dunque, più problematiche. Qui la raccolta con mezzi agricoli comuni può avvenire solo in inverno, quando il gelo indurisce il terreno a sufficienza da permettere l'ingresso della falciatrice. Poi, condizioni meteo permettendo, gli agricoltori locali lasciano sul posto la biomassa da raccogliere ai fini zootecnici, così da farla seccare; il materiale è successivamente pressato nel giro di qualche settimana con una rotoimballatrice e trasportato in azienda solo quando necessario.

Tuttavia, da memorie storiche emerge che i parametri altimetrici consentono solo di ipotizzare la localizzazione delle aree più problematiche, ma non tengono conto di tutte le variabili in gioco. L'elevata variabilità morfologica e la dinamicità del sistema complicano la caratterizzazione del sito. Oltre ai fattori già menzionati, si dovranno tenere in considerazione la quota idrometrica del Mincio, la possibilità di regolazione idraulica, la presenza di avvallamenti e di depositi ghiaiosi nel sottosuolo, la crono-storia gestionale e altre peculiarità del territorio, ecc., che contribuiscono a definire le modalità e il grado di operatività per ogni porzione di territorio. Dalle fonti locali è emerso che la possibilità di regimazione delle acque consente di ridurre il rischio d'impantanamento dei mezzi agricoli solo se i terreni sono ad una certa quota; in caso contrario si verifica, generalmente, la necessità di abbassare la quota idrometrica del Mincio tramite richiesta ad AIPO.

Dalle informazioni raccolte, si evince che la gestione dei canneti tramite mezzi agricoli comuni è realizzabile su 35,3 ha dell'area in esame; tal estensione comprende tutte le zone in cui le operazioni di raccolta sono operabili fin da ora. Le restanti zone sono state classificate come non portanti (275,8 ha) o mancanti di dati (76,3 ha) (fig.40). Sovrapponendo i dati informali con il profilo altimetrico, si evince che molti terreni classificati come non portanti, e per i quali si ritiene necessario l'uso di mezzi anfibi, si trovano a quote maggiori di 19 m s.l.m.; alla luce di ciò e del fatto che alle medesime quote certe porzioni vallive sono gestite con macchine agricole, sarebbero opportuni degli approfondimenti.

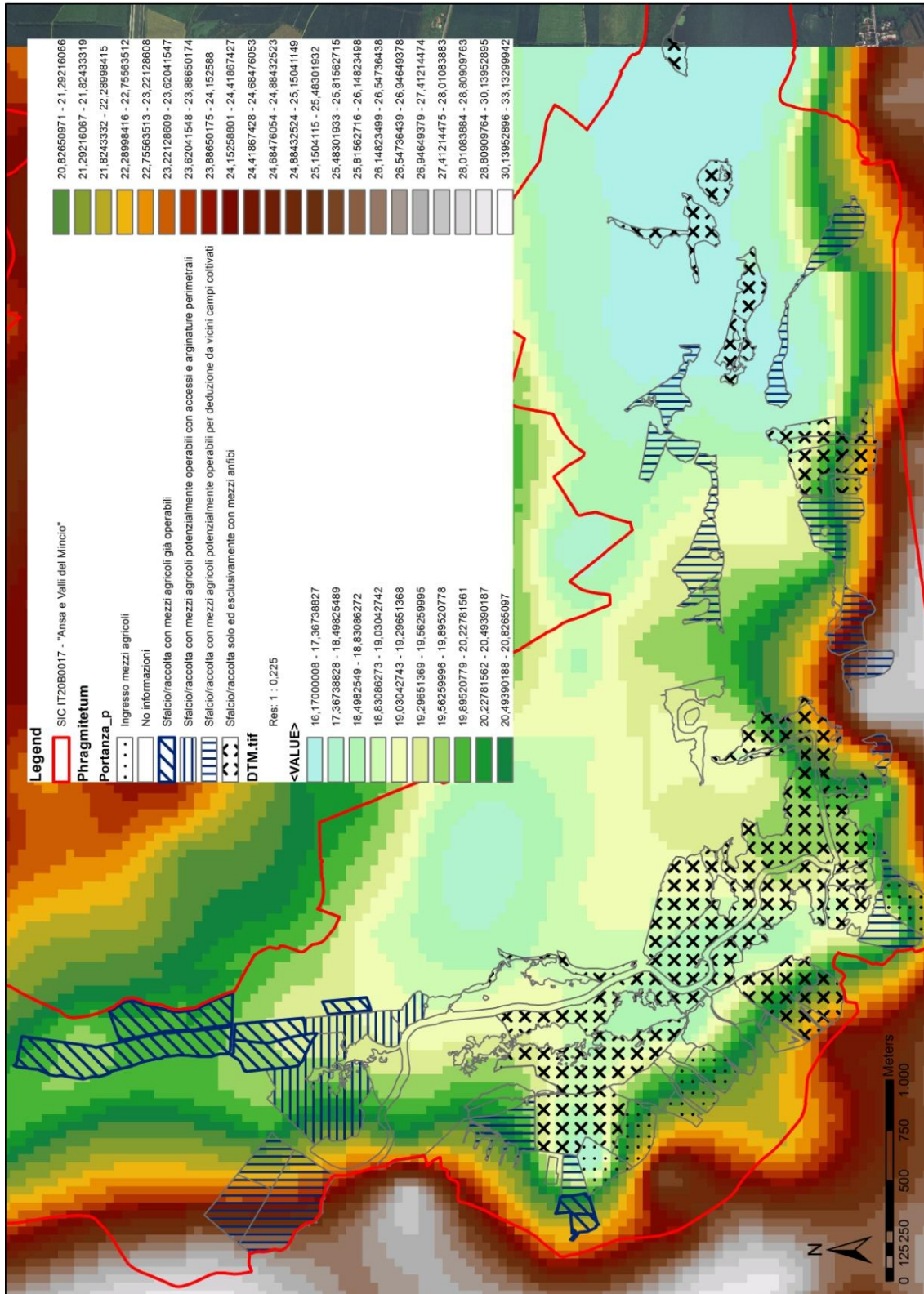


Figura 40 – Sovrapposizione tra il DTM e i territori del PDS suddivisi in porzioni omogenee per livello di portanza; per rappresentare il profilo altimetrico dell'area, ad ogni colore corrisponde un range di altezza s.l.m. (m)

RISULTATI

Andrebbe, dunque, compiuta una verifica in-situ del grado di portanza di ciascun territorio in esame, operando delle prove distribuite temporalmente; la georeferenziazione delle informazioni raccolte consentirebbe, così, di definire i mezzi più appropriati per la gestione di ogni appezzamento.

2. PRODUTTIVITA' E QUANTITA' DI AZOTO STOCCATO NEI CANNETI

I risultati delle determinazioni di sostanza secca e azoto sui campioni di biomassa sono riassunti in tab.6.

a)

a.d.s.	FW (kg/m ²)	% DW a 105°C	DW a 105 °C (kg/m ²)	% N a 105 °C	N (g/m ²)
1	1,10	35,6	0,39	1,63	6,37
2	0,73	67,4	0,49	1,28	6,26
3	0,70	78,5	0,55	0,73	4,00
4	1,03	54,9	0,56	1,23	6,90
5	1,25	47,5	0,59	0,76	4,48
6	0,85	44,5	0,38	0,96	3,62
7	2,18	45,9	1,00	1,19	11,87
8	0,70	38,6	0,27	0,79	2,12
9	0,83	70,4	0,58	0,54	3,15
10	1,25	73,7	0,92	0,94	8,66
11	0,98	76,9	0,75	0,54	4,08
12	1,03	65,9	0,68	1,00	6,72
13	1,13	63,1	0,71	0,63	4,47
14	0,30	13,4	0,04	2,34	0,94
15	-	-	-	-	-
Mean	1,00	55,44	0,56	1,04	5,26
(± Dev.st.)	(± 0,42)	(± 18,77)	(± 0,25)	(± 0,49)	(± 2,80)

b)

a.d.s.	FW (kg/m ²)	% DW a 105°C	DW a 105 °C (kg/m ²)	% N a 105 °C	N (g/m ²)
1	1,88	50,9	0,95	0,78	7,45
2	-	-	-	-	-
3	1,45	43,2	0,63	1,12	7,04
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
6	1,68	49,5	0,83	0,90	7,50
7	1,33	56,7	0,75	1,15	8,61
8	-	-	-	-	-
9	0,88	58,6	0,51	0,78	3,99
10	0,25	56,5	0,14	0,70	0,99
11	1,95	50,6	0,99	0,89	8,78
12	-	-	-	-	-
13	1,60	42,0	0,67	1,21	8,15
14	2,25	38,9	0,88	1,73	15,18
15	2,50	40,4	1,01	1,06	10,70
Mean	1,58	48,74	0,74	1,03	7,84
(± Dev.st.)	(± 0,66)	(± 7,24)	(± 0,27)	(± 0,30)	(± 3,75)

Tabella 6 - Risultati delle determinazioni sui campioni di biomassa (i valori in tabella sono riferiti al m²): a) prelievo di maggio; b) prelievo di novembre. FW = Peso verde, o tal quale (tq); DW = Peso secco, o solidi totali (TS)

RISULTATI

Occorre precisare che per ciascuna a.d.s. non è possibile confrontare il risultato di maggio con quello di novembre, poiché i due cicli di campionamento sono stati effettuati in zone non sovrapposte. Inoltre, alla luce dei vincoli imposti dal regolamento del sito, i dati ottenuti dai prelievi del mese di maggio hanno solo un valore indicativo e non sono stati presi in considerazione. Comparando, dunque, i risultati per la biomassa prelevata al termine della stagione vegetativa (novembre) con alcuni dati bibliografici (tab.7), si evince che la produttività massima dei canneti vallivi, misurata nella zona “modello” (a.d.s. 15: circa 1 kg DW/m²), è tra le più basse.

Fonte bibliografica	Commento ¹	Produttività canneto ² (kg DW/m ² *y)
Cuizzi et al., 2005	Riserva Naturale Paludi di Ostiglia (Mn) [temperatura prossima a quella del sito in esame]; cariceti in evoluzione a canneti	ca. 0,50
Hansson & Frederiksson, 2004	Svezia [5,9°C]; lago soggetto a dilavamento da azienda agricola; raccolta invernale	1,00
Amon et al., 2007	Austria [10°C], Riserva Naturale, zona umida di circa 1.500 ha; prelievi in settembre, ottobre e novembre	0,75
Karunaratne et al., 2003	Giappone [15,9°C], Riserva Naturale di 500 ha	2,00
Ennabili et al., 1998	Marocco [19,7°C], wetland naturale inquinata	2,30
Helbig 2009	Namibia [19,5°C], Mariental, zona fluviale	m. 5,00
Hocking 1989	Australia [16,9°C]; palude ricca in nutrienti (0,7% di N nel sedimento superficiale e 0,08% a 20 cm di profondità); TOC al 25% (superficiale) e all'8,7% (20 cm)	m. 10,00
Kvet et al., 1969	South Moravia (Czech), stagno per pesci di circa 300 ha	2,43
Meuleman et al., 2002	The Netherlands; wetland naturale nei pressi di un piccolo lago eutrofico; biomassa rimossa ogni inverno (raccolta e bruciatura)	m. 2,86
Ruiz and Velasco, 2010	Spagna [17°C]; bacino di raccolta di acque inquinate; sfalcio annuale della vegetazione; valori medi di composizione suolo: 0,17% di N e 10,7% TOC	m. 3,72

Tabella 7 – Produttività media di *P. australis* in differenti condizioni climatiche e di disponibilità di nutrienti; laddove possibile, si riporta anche il periodo di sfalcio

Il simbolo m. indica la produttività massima nel sito in esame. ¹Per le temperature locali si è considerata la media annuale. ²In tutte le indagini i campioni sono stati prelevati da siti rappresentativi degli habitat in studio. I risultati sono valori medi di un singolo sfalcio annuale; l'opzione con ricaccio non è presa in considerazione.

I principali fattori che limitano la produttività di *P. australis* sono la disponibilità di nutrienti e l'acqua (Helbig, 2009), ma Karunaratne et al. (2003) hanno dimostrato che

RISULTATI

l'effetto climatico (temperatura) influisce fortemente sulla crescita della canna palustre; dai confronti, si evince che la misura massima di produttività nei canneti esaminati è prossima a valori calcolati in zone mediamente più fredde dell'area di studio (la temperatura media annuale nel sito è pari a 13,4 °C); ciò potrebbe dipendere dalla carenza idrica del sistema vallivo, che comporta una scarsa idromorfia dei canneti, quasi mai sommersi.

Per valutare l'influenza della qualità del suolo sulla produttività, sono state eseguite delle determinazioni sui campioni di terreno (tab.8). La misura del TOC (Total Organic Carbon) si riferisce alla frazione organica del suolo, che include materiali in differente stadio di evoluzione, e può fornire indicazioni sulla storia gestionale dei canneti; esso, infatti, esprime il contenuto di materiale organico vegetale accumulatosi nel terreno poiché non rimosso dal sito (humus, prodotti intermedi della degradazione e residui organici ancora indecomposti) (Giardini, 2002).

a.d.s.	% N tot	% C tot	% TOC	C/N
1	1,42	18,55	17,92	13,09
2	1,17	14,75	13,85	12,60
3	1,79	26,53	25,63	14,81
4	1,05	14,33	12,27	13,60
5	2,10	28,09	27,80	13,40
6	1,21	18,33	16,02	15,09
7	0,53	8,88	5,70	16,89
8	0,84	12,35	9,52	14,63
9	1,75	25,16	24,77	14,40
10	1,75	26,39	25,82	15,09
11	1,13	16,14	14,78	14,30
12	0,94	13,27	10,88	14,13
13	0,88	12,34	9,66	14,01
14	0,43	7,63	5,04	17,92
15	-	-	-	-
Mean (± St.Dev.)	1,21 (± 0,49)	17,34 (± 6,77)	15,69 (± 7,66)	14,57 (± 1,42)

Tabella 8 – Risultati delle determinazioni sui campioni di terreno, espressi in % su materiale essiccato

Considerate la natura e la storia del sito in esame, si presume che i suoli siano ricchi di materia organica accumulatasi a fasi alterne nel corso degli ultimi vent'anni, periodo coincidente con l'abbandono delle attività di raccolta delle erbe palustri; l'idromorfia della zona, inoltre, fa desumere che l'humus sia in gran parte torba di palude formatosi in anaerobiosi a causa del ristagno idrico. Da bibliografia emerge che la torba di palude è

RISULTATI

talvolta ricca di elementi nutritivi, in quanto formata nelle cosiddette torbiere basse, dove le canne palustri, i carici, i giunchi, ecc. depositano annualmente le loro spoglie in ambiente sommerso; tale tipologia di humus, pertanto, presenta generalmente un rapporto C/N compreso tra 15 e 30 (Giardini, 2002).

Dall'analisi dei dati si può notare una certa disomogeneità delle a.d.s. nella composizione del suolo; ad esempio si passa dai valori massimi di N (2,10%) e TOC (27,80 %) misurati nell'a.d.s. 5, a quelli minimi rispettivamente di 0,43 % e 5,04% (a.d.s. 14). Ciò dipende dalla differente gestione cui sono stati sottoposti i canneti in studio; ad esempio negli ultimi anni l'a.d.s. 14, corrispondente al canneto "modello", è sempre stata oggetto di interventi annuali di rimozione della biomassa e per tale ragione l'accumulo di sostanza organica e nutrienti è minore che nelle altre a.d.s. Il rapporto C/N è compreso nel range 12-18, con valore massimo 17,92 (a.d.s. 14).

Molti studi hanno dimostrato che la fornitura di nutrienti a ecosistemi umidi ("effetto fertilizzante") comporta l'aumento della produzione di biomassa e maggiori concentrazioni di questi elementi nei tessuti vegetali (Barko and Smart 1978, 1979; Jordan et al. 1990; Neill 1990; Meuleman et al., 2002); dall'analisi dei risultati, però, sembra che l'N nel suolo condizioni negativamente la produttività e l'uptake (fig.41).

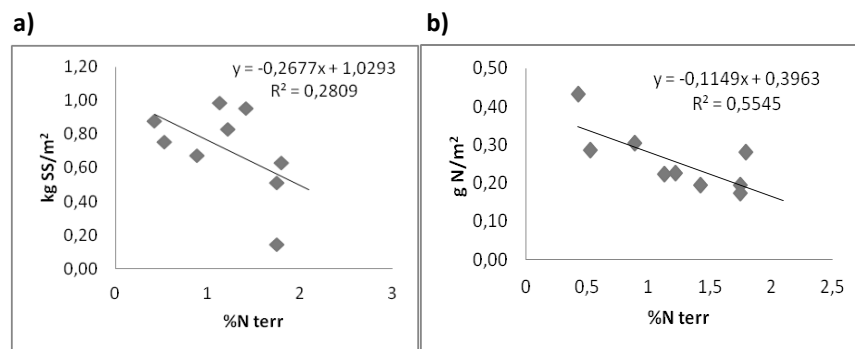


Figura 41 – a) Impatto della % N nel terreno sulla produttività misurata nel mese di novembre; b) Impatto della % N nel terreno sull'uptake di N misurato nel mese di novembre. Sono rappresentate solo le a.d.s. da cui è stato possibile campionare. SS = DW

I risultati ottenuti non sono probanti, poiché manca la ripetitività dei dati, ma forniscono delle prime indicazioni riguardo l'impatto della qualità del suolo sulla produttività dei canneti.

In una fase successiva, i dati sono stati valutati in funzione degli indicatori definiti per ciascuna a.d.s., al fine di verificare l'impatto delle classi informali sulla produttività e l'uptake dei canneti e sulla qualità del suolo; al riguardo sono state create due apposite tabelle (tab.9 e 10).

RISULTATI

Classe	Cat.	Maggio					Novembre				
		Mean FW (\pm St.Dev.) (kg/m ²)	Mean DW (\pm St.Dev.) (kg/m ²)	% N (\pm St.Dev.)	Mean N (\pm St.Dev.) (g/m ²)		Mean FW (\pm St.Dev.) (kg/m ²)	Mean DW (\pm St.Dev.) (kg/m ²)	% N (\pm St.Dev.)	Mean N (\pm St.Dev.) (g/m ²)	
Stato canneto	ci	0,98 (\pm 0,22)	0,6 (\pm 0,08)	0,94 (\pm 0,27)	5,47 (\pm 1,29)		1,67 (\pm 0,21)	0,8 (\pm 0,17)	1,17 (\pm 0,06)	7,6 (\pm 0,79)	
	cbs	1,13 (\pm 0,50)	0,61 (\pm 0,28)	0,94 (\pm 0,38)	5,7 (\pm 3,50)		1,2 (\pm 0,66)	0,61 (\pm 0,31)	0,87 (\pm 0,16)	6,22 (\pm 3,09)	
	cos	0,30	0,04	2,34	0,94		2,38 (\pm 0,18)	0,94 (\pm 0,09)	1,4 (\pm 0,48)	12,94 (\pm 3,17)	
Omogeneità canneto	m	1,16 (\pm 0,44)	0,62 (\pm 0,18)	1,03 (\pm 0,37)	6,28 (\pm 2,62)		1,42 (\pm 0,43)	0,72 (\pm 0,18)	0,98 (\pm 0,23)	7,05 (\pm 2,09)	
	o	0,82 (\pm 0,35)	0,47 (\pm 0,36)	1,11 (\pm 0,71)	3,89 (\pm 2,95)		1,73 (\pm 0,88)	0,77 (\pm 0,36)	1,06 (\pm 0,40)	8,63 (\pm 5,17)	
	p	0,70	0,55	0,73	4,00		1,45	0,63	1,12	7,04	
Gestione	n	1,01 (\pm 0,22)	0,66 (\pm 0,19)	1,11 (\pm 0,17)	7,14 (\pm 1,05)		0,25	0,14	0,70	0,99	
	r	1,09 (\pm 0,48)	0,56 (\pm 0,25)	0,9 (\pm 0,35)	5,01 (\pm 3,03)		1,47 (\pm 0,35)	0,72 (\pm 0,16)	0,99 (\pm 0,19)	7,12 (\pm 1,63)	
	tr	0,30	0,04	2,34	0,94		2,38 (\pm 0,18)	0,94 (\pm 0,09)	1,4 (\pm 0,48)	12,94 (\pm 3,17)	
	nr	0,98	0,75	0,54	4,08		1,95	0,99	0,89	8,78	
Ultimi interventi	d	1,05 (\pm 0,58)	0,56 (\pm 0,30)	1,1 (\pm 0,67)	4,98 (\pm 3,44)		1,75 (\pm 0,56)	0,82 (\pm 0,19)	1,07 (\pm 0,33)	8,82 (\pm 3,47)	
	n	1,01 (\pm 0,22)	0,66 (\pm 0,19)	1,11 (\pm 0,17)	7,14 (\pm 1,05)		0,25	0,14	0,70	0,99	
	p	0,89 (\pm 0,22)	0,45 (\pm 0,23)	0,79 (\pm 0,16)	3,41 (\pm 1,19)		1,64 (\pm 0,05)	0,75 (\pm 0,11)	1,06 (\pm 0,22)	7,83 (\pm 0,46)	
Governore acqua	n	1,07 (\pm 0,40)	0,62 (\pm 0,21)	0,94 (\pm 0,34)	5,76 (\pm 2,66)		1,33 (\pm 0,60)	0,66 (\pm 0,29)	0,95 (\pm 0,21)	6,43 (\pm 2,89)	
	p	0,58 (\pm 0,39)	0,21 (\pm 0,24)	1,65 (\pm 0,98)	2,28 (\pm 1,90)		1,96 (\pm 0,41)	0,85 (\pm 0,03)	1,32 (\pm 0,59)	11,34 (\pm 5,43)	
	r	-	-	-	-		2,50	1,01	1,06	10,70	
Portanza	np	1,06 (\pm 0,40)	0,59 (\pm 0,21)	0,97 (\pm 0,31)	5,72 (\pm 2,69)		1,29 (\pm 0,56)	0,64 (\pm 0,26)	0,95 (\pm 0,21)	6,25 (\pm 2,76)	
	p	0,3	0,04	2,34	0,94		2,38 (\pm 0,18)	0,94 (\pm 0,09)	1,4 (\pm 0,48)	12,94 (\pm 3,17)	
	n	0,98	0,75	0,54	4,08		1,95	0,99	0,89	8,78	

Tabella 9 - Impatto degli indicatori sulla produttività e sull'uptake di N dei canneti. Sono riportati anche i dati delle categorie rappresentate da una sola a.d.s. (in tal caso il valore non è una media e non vi è St.Dev.)

RISULTATI

Classe	Cat.	% N (\pm St.Dev.)	% C tot (\pm St.Dev.)	% TOC (\pm St.Dev.)
Stato canneto	ci	1,32 (\pm 0,50)	18,22 (\pm 7,11)	16,68 (\pm 7,93)
	cbs	1,23 (\pm 0,45)	17,97 (\pm 6,34)	16,36 (\pm 7,37)
	cos	0,43	7,63	5,04
Omogeneità canneto	m	1,23 (\pm 0,51)	16,92 (\pm 6,61)	15,36 (\pm 7,63)
	o	1,07 (\pm 0,49)	16,17 (\pm 7,01)	14,24 (\pm 7,82)
	p	1,79	26,53	25,63
Gestione	n	1,23 (\pm 0,36)	17,19 (\pm 6,17)	15,71 (\pm 6,85)
	r	1,31 (\pm 0,54)	18,78 (\pm 7,26)	17,13 (\pm 8,37)
	tr	0,43	7,63	5,04
	nr	1,13	16,14	14,78
Ultimi interventi	d	1,3 (\pm 0,64)	18,71 (\pm 8,33)	17,38 (\pm 9,37)
	n	1,23 (\pm 0,36)	17,19 (\pm 6,17)	15,71 (\pm 6,85)
	p	0,98 (\pm 0,20)	14,34 (\pm 3,45)	11,73 (\pm 3,71)
Governò acqua	n	1,28 (\pm 0,48)	18,07 (\pm 6,70)	16,55 (\pm 7,63)
	p	0,82 (\pm 0,56)	12,98 (\pm 7,56)	10,53 (\pm 7,76)
	r	-	-	-
Portanza	np	1,29 (\pm 0,48)	18,25 (\pm 6,67)	16,65 (\pm 7,61)
	p	0,43	7,63	5,04
	n	1,13	16,14	14,78

Tabella 10 - Impatto degli indicatori sulla qualità del suolo. Sono presenti anche i dati delle categorie rappresentate da una sola a.d.s. (in tal caso il valore non è una media e non vi è St.Dev)

Prima di analizzare i valori delle tabelle, occorre premettere che la scarsa numerosità dei dati per ciascuna classe informale non consente di trarre conclusioni affidabili; ciò nonostante si è cercato di interpretare i risultati in modo da ottenere qualche indicazione di interesse.

Dall'analisi dei dati relativi alla biomassa di novembre (tab.9), si evince che l'indicatore "stato del canneto" influenza la produttività (DW), poiché le tre categorie ci, cbs e cos mostrano valori medi significativamente diversi tra loro (rispettivamente 0,8; 0,61; 0,94 kg/m²); i risultati evidenziano che i "canneti in ottimo stato" sono i più produttivi, mentre i "canneti in buono stato", in modo disatteso, presentano produttività minore dei "canneti invecchiati". Lo stesso andamento si verifica per l'uptake di N. Tuttavia, i valori medi di produttività e uptake per la categoria cbs non sono affidabili, poiché vi è un'ampia variabilità tra le a.d.s. (St.Dev. mean DW pari a 0,31 e St.Dev. mean N pari a 3,09).

Per ciò che concerne la classe "omogeneità", invece, non si riscontrano differenze importanti tra le categorie di canneti; sebbene tale indicatore non sembri avere un'influenza significativa su produttività e assorbimento di N, è interessante notare che i canneti poco omogenei (p) sono quelli meno produttivi (0,63 kg DW/m²).

L'impatto dell'indicatore "gestione" su produttività e uptake dei canneti è evidente. Dall'analisi dei risultati si evince che il taglio e la rimozione del materiale vegetale (tr) determina maggiori produzioni di biomassa e uptake rispetto alla bruciatura dei canneti secondo regolamento (r): i valori medi calcolati per le due categorie corrispondono a 0,94 kg

RISULTATI

DW/m² (tr) - 0,72 kg DW/m² (r) e 12,94 g N/m² (tr) - 7,12 g N/m² (r). Pertanto, dai dati ottenuti pare che il pirodiserbo, anche se controllato, non rappresenti la modalità gestionale ideale per aumentare la produzione di biomassa e l'assorbimento di N dei canneti; ciò potrebbe essere smentito dai risultati relativi alla categoria nr, ma per mancanza di ripetitività non è possibile trarre conclusioni affidabili.

La classe informale "ultimi interventi" sembra avere un effetto poco significativo sulla produttività e l'uptake dei canneti, con differenze ridotte tra le categorie d e p; sebbene ci si attendesse un impatto decisamente superiore per questo indicatore, è stato comunque dimostrato un piccolo incremento di produzione e assorbimento per i canneti oggetto di interventi gestionali dopo l'annata 2009-2010 (ad esempio la produttività media è pari a 0,82 kg DW/m² per quest'ultima categoria, rispetto a un valore di 0,75 kg DW/m² calcolato nelle restanti zone).

Per ciò che riguarda l'indicatore "governo acqua", invece, i risultati evidenziano quanto la gestione idraulica dei canneti ne influenzi la produttività e l'uptake; laddove è possibile regolare i deflussi e, dunque, mantenere un certo grado di idromorfia (categoria p), i canneti si mostrano più produttivi e rimuovono maggior quantità di N, con valori medi corrispondenti a 0,85 kg DW/m² e 11,34 g N/m².

Infine la portanza è un altro indicatore determinante per la produzione di biomassa e l'assorbimento di N; dai risultati si deduce che nelle aree in cui i canneti si presentano portanti, la produttività e l'uptake sono maggiori rispetto alle restanti zone, in virtù della possibilità di gestire più facilmente gli sfalci della biomassa.

Dall'analisi dei dati relativi ai terreni (tab.10), possiamo ipotizzare che l'indicatore "stato del canneto" non influenzi in modo significativo la qualità del suolo, poiché la variazione delle % di N, C tot e TOC tra le categorie ci e cbs è ridotta (rispettivamente 1,32%, 18,22%, 16,68 % per ci e 1,23%, 17,97 %, 16,36% per cbs); tuttavia il terreno nei canneti in ottimo stato, rappresentato da un solo dato (a.d.s. 14), mostra percentuali decisamente basse rispetto alle altre categorie. Questo è un risultato atteso, alla luce del fatto che nel "canneto modello" gli interventi di gestione della vegetazione sono stati applicati in modo continuativo, senza interrompere le attività per periodi prolungati e permettere alla biomassa necrotica di accumularsi nel suolo. Tuttavia quest'ultimo dato manca di ripetitività e andrebbe confermato con ulteriori indagini.

La classe informale "omogeneità" mette in evidenza che la categoria p, sebbene rappresentata da una sola a.d.s., presenta valori molto più alti di TOC nel terreno rispetto ai canneti omogenei (o) e mediamente omogenei (m); il risultato non è disatteso poiché ci si

RISULTATI

aspetta che le zone meno omogenee siano anche quelle in cui l'interramento si trova a uno stadio più avanzato, con forte accumulo di materia organica.

L'indicatore "gestione" sembra avere un impatto significativo sulla qualità del suolo: il dato più importante, che andrebbe confermato con ulteriori indagini, è quello della categoria tr, che dimostrerebbe una forte riduzione di N e TOC nel terreno a seguito di gestione dei canneti con asportazione delle biomassa (rispettivamente 0,43% e 5,04%). Dai dati a disposizione, dunque, si può ipotizzare che l'accumulo di C e N nel suolo sia maggiore laddove si è operato il pirodiserbo, anche se il risultato potrebbe essere inficiato dalla forte soggettività delle informazioni collezionate.

La classe informale "ultimi interventi" è un altro parametro determinante per la qualità del suolo, ma il risultato ottenuto per le categorie p e d è disatteso: infatti, pare che l'accumulo di N e soprattutto TOC nel terreno sia decisamente superiore nelle aree in cui gli interventi gestionali dei canneti sono stati eseguiti dopo l'annata 2009-2010 (ad esempio il TOC è pari 17,38%, rispetto a un valore percentuale medio di 11,73 calcolato per la categoria p). Tuttavia ciò è legato al fatto che l'indicatore non tiene conto della croni-storia dei canneti e, pertanto, molte zone oggetto di recenti interventi potrebbero non essere state gestite in modo continuativo per diversi anni, permettendo l'accumulo di materiale necrotico.

Infine, la tabella evidenzia che il parametro "governo acqua" ha un forte impatto sulla qualità del suolo. Ciò è dovuto alla possibilità o meno di praticare la corretta gestione dei canneti; infatti, laddove la regolazione idraulica è possibile, vi è maggior facilità di intervento e dunque minor accumulo di C e N nel suolo. Lo stesso discorso vale per la classe qualitativa "portanza".

A questo punto, per semplificare l'interpretazione dei risultati, si è cercato di creare degli indici di gestione riassuntivi. In una prima fase sono state selezionate tutte le a.d.s. che mostravano completezza di informazioni, escludendo quelle con lacune di dati qualitativi (si sono escluse le a.d.s. 2, 4, 10, 11 e 12); in un secondo step, a ciascuna categoria informale sono stati attribuiti dei punteggi non pesati, in base all'impatto delle varie classi sulla produttività dei canneti (tab.11). Il criterio di attribuzione è stato così definito:

- 3: situazione migliore per la produttività;
- 2: situazione media per la produttività;
- 1: situazione peggiore per la produttività.

RISULTATI

CLASSE	CATEGORIA	PUNTEGGIO
Stato canneto	ci	1
	cbs	2
	cos	3
Omogeneità canneto	p	1
	m	2
	o	3
Gestione	r	1
	tr	3
Ultimi interventi effettuati	p	1
	d	3
Portanza	np	1
	p	3
"Governo" acqua	n	1
	p	2
	r	3

Tabella 11 – Criteri di attribuzione dei punteggi a ciascuna categoria informale

Sulla base di tali criteri e delle informazioni raccolte in tab.5, è stato possibile attribuire i punteggi a ciascuna a.d.s. (tab.12).

A.d.s.	Stato canneto	Omogeneità canneto	Gestione	Ultimi interventi effettuati	Portanza	"Governo" acqua
1	2	2	1	3	1	1
3	1	1	1	3	1	1
5	1	2	1	3	1	1
6	2	3	1	1	1	2
7	2	2	1	3	1	1
8	2	3	1	1	1	1
9	2	2	1	3	1	1
13	1	2	1	1	1	1
14	3	3	3	3	3	2
15	3	3	3	3	3	3

Tabella 12 – Attribuzione dei punteggi a ciascuna a.d.s.

In seguito, sono stati costruiti dei grafici specifici per ciascuna a.d.s. (fig.42), da cui si sono potuti calcolare, tramite fogli di calcolo elettronici, gli indici di interesse, corrispondenti alle aree di ciascun grafico.

RISULTATI

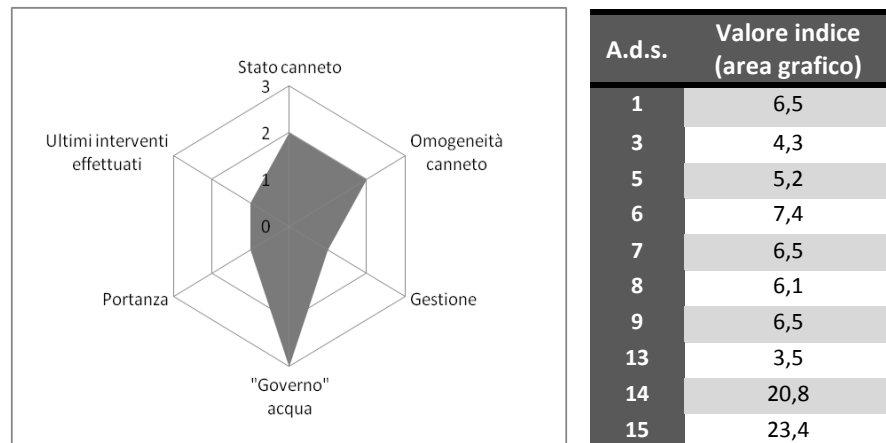


Figura 42 – Esempio di grafico a radar (a.d.s. 1) e calcolo degli indici per ciascuna a.d.s.

A questo punto si è cercato di valutare l'influenza di questi indici sulla produttività dei canneti nel mese di novembre (fig.43), nel tentativo di cogliere ulteriori informazioni in merito alla gestione dell'area di studio.

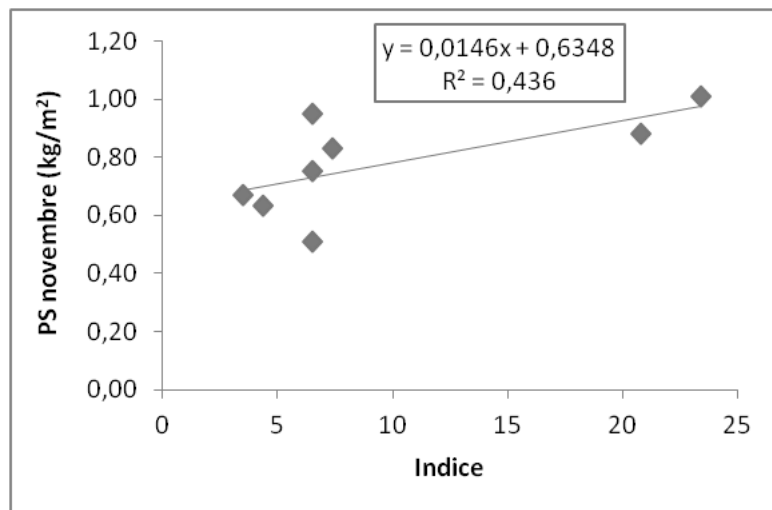


Figura 43 – Influenza dell'indice di gestione sulla produttività dei canneti. Sono rappresentate solo le a.d.s. da cui è stato possibile prelevare la biomassa. PS = DW

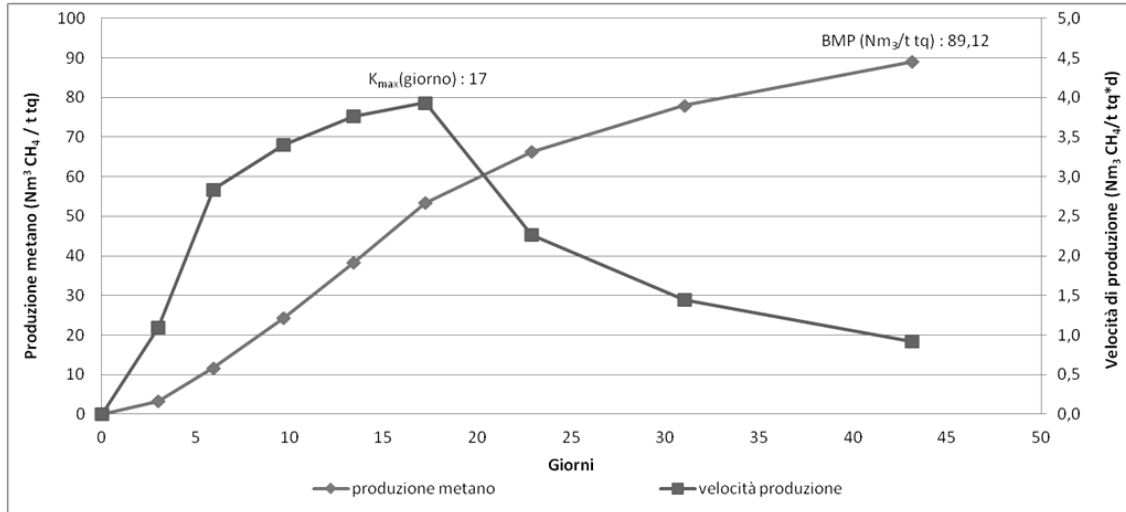
Come si può notare dal grafico, gli indici riassuntivi sembrano essere poco affidabili poiché il coefficiente di regressione della linea di tendenza (R^2) presenta un valore inferiore a 0,5; tale risultato era comunque prevedibile, in virtù della scarsa numerosità di casi per ciascuna categoria, della ridondanza di alcune informazioni e dell'attribuzione di punteggi non pesati. Alla luce di ciò, gli indici riassuntivi sono considerati soltanto come un tentativo di interpretazione dei risultati non andato a buon fine.

3. PRODUZIONE DI BIOGAS DA CANNA PALUSTRE

Per ciascuna delle due prove, il biogas (BG) e il metano prodotti (rispettivamente espressi in Nm^3 di BG e CH_4) sono stati riferiti alla quantità di matrice digerita, espressa in t tq, TS e VS (tab.13). L'andamento di produzione del metano è rappresentato con delle curve cumulative (fig.44) dalle quali si è ricavato il valore di K_{max} , definito dal picco di pendenza delle curve stesse e coincidente con il numero di giorni necessari per raggiungere la massima velocità di produzione del BG. K_{max} è un parametro di cinetica utile per valutare la qualità e la stabilità della matrice: una biomassa facilmente degradabile, ad esempio ricca di carboidrati semplici (glucosio, fruttosio, amido, ecc.), presenta un K_{max} minore di quella dei materiali fibrosi, composti per lo più da carboidrati strutturali (cellulosa, emicellulose, lignina, ecc.). La biodegradabilità di una biomassa, dunque, influisce sulla sua velocità di metanazione, determinando i tempi necessari per il raggiungimento del BMP (Best Methane potential); questi aspetti cinetici consentono di valutare l'efficienza di trasformazione delle varie matrici, in base al periodo di permanenza delle stesse in un fermentatore su scala reale (tempo di ritenzione o HRT). I test condotti sui campioni di canna palustre sono stati bloccati dopo circa 40 giorni di digestione, ritenendolo un tempo sufficiente per avere delle prime indicazioni sulla produzione di BG; pertanto, il BMP è stato ricavato dall'ultimo punto delle curve cumulative e coincide con la produzione di metano accumulata in tale periodo (fig.44).

RISULTATI

a)



b)

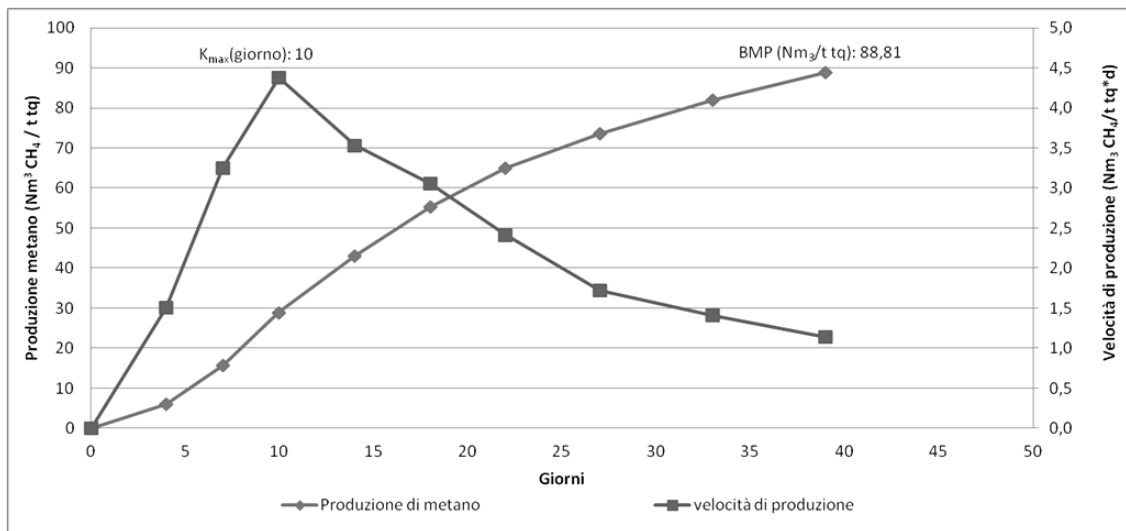


Figura 44 – Curve di produzione cumulativa, BMP espressa sul tal quale e K_{max} espressa in giorni: a) Prova avviata il 20 agosto con materiale prelevato a giugno; b) Prova avviata il 25 ottobre con materiale prelevato a settembre

I risultati delle due prove sono sintetizzati in tab.13.

Prova*	Data immissione	CH ₄ nel BG prodotto (%)	BMP (su tq)	BMP (su TS)	BMP (su VS)	K_{max} (giorni)
1	20/08/'12	47,5	^a 187,59 ^b 89,12	^a 293,57 ^b 139,48	-	17
2	25/10/'12	52,5	^a 169,24 ^b 88,82	^a 320,46 ^b 168,18	^a 340,65 ^b 178,78	10

Tabella 13 – Risultati dei test di metanazione eseguiti con campioni di canna palustre. BMP^a espresso in Nm³ BG/t matrice e BMP^b espresso in Nm³ CH₄/t matrice

* La prova 1 è stata condotta con biomassa prelevata a giugno, mentre la prova 2 con materiale sfalciato in settembre.

RISULTATI

In bibliografia sono stati trovati pochi studi sulla digestione anaerobia della canna palustre. Secondo Amon et al., (2007), la resa in BG di *P. australis* varia da 315 Nm³/t VS (materiale non insilato) a 421 Nm³/t VS (insilato di canna palustre sottoposto a trattamento enzimatico), con percentuali di CH₄ comprese tra il 44,8 (insilamento/raccolta a novembre) e il 48,3 % (insilamento/trattamento con enzimi); i tempi di ritenzione idraulica per la digestione sono stati di 33-35 giorni, con produzioni in metano comprese tra 141 e 203 Nm³ CH₄/t VS. Il lavoro di Hansson and Fredriksson (2004) pare confermare questi valori di produzione potenziale per *P. australis* (180 Nm³ CH₄/t VS). I valori di BMP da noi ottenuti sono simili ai dati di bibliografia (prova 2: circa 180 Nm³ CH₄/t VS), ma osservando l'andamento delle curve si può ipotizzare che il prolungamento dei test avrebbe permesso una maggiore produzione di metano e un ulteriore avvicinamento al plateau (fig.44).

Facendo delle comparazioni con altre matrici, inoltre, si nota che per entrambe le prove K_{max} è maggiore di 8, valore medio calcolato per i 200 campioni di varia natura presi in esame dallo studio di Fabbri et al. (2012); pur non essendo probante, questa informazione può fornire alcune indicazioni se messa in relazione alla composizione e al potenziale metanigeno della canna palustre. Per tale ragione si sono operati dei confronti con alcune colture dedicate e residui organici (tab.14).

RISULTATI

BIOMASSA	TS (% su tq)	VS (% su TS)	BMP _a (su TS)	BMP _a (su VS)	BMP _b (su tq)	BMP _b (su TS)
Insilato di <i>P. australis</i> (raccolta a settembre)	54	94	294	341	89	168
¹ Silomais 1a raccolta	35	-	-	-	108	314
¹ Silomais 2a raccolta	32	-	-	-	100	312
¹ Silomais 3a raccolta	30	-	-	-	92	308
¹ Segale	24	-	-	-	56	235
¹ Sorgo	27	-	-	-	70	260
¹ Triticale	28	-	-	-	67	240
¹ Frumento	31	-	-	-	78	250
Miscugli erbasilo	22	92	563	-	-	-
Liquame bovino	5,7-10,7	64-82	-	300-450	-	-
Liquame vitello a carne bianca	0,6-2,9	60-75	-	300-450	-	-
Liquame suino	2,8-6,0	63-77	-	450-550	-	-
Letame bovino fresco	23	78	-	290	-	-
Letame bovino maturo	45	60	-	240	-	-
Letame suino	20-28	75-90	-	450-550	-	-
Lettiera avicola	60	68	-	350	-	-
Pollina pre-essiccata	40-80	60-70	-	450-550	-	-
Letame bovino con stocchi di mais	19	70	164	-	-	-
FORSU	27	90	586	-	-	-
Siero di latte	22	98	480	-	-	-
scarti della macellazione (sangue)	12	96	736	-	-	-
Pula di riso	86	93	656	-	-	-
Vinacce	40	80-95	-	600-700	-	-
Polpa di mela	2-3	95	-	500	-	-
Buccette di pomodoro	27-35	96-97	-	300-400	-	-
Paglia di cereali	86	89-94	-	350-400	-	-
Paglia di mais	86	72	-	350	-	-
Paglia di riso	25-50	70-95	-	300	-	-
Melasso	77-90	85-95	-	300-700	-	-

Tabella 14 – Produzione in biogas (BMP_a) e metano (BMP_b) di colture dedicate e residui organici utilizzati in impianti di digestione (dati medi); BMP_a espresso in Nm³ BG/t matrice e BMP_b espresso in Nm³ CH₄/t matrice. Varie fonti bibliografiche, da Castelli (2011). ¹Dati Pioneer

Da queste comparazioni emerge che il BMP di *P. australis*, espresso su TS, è circa la metà di quello del silomais (168,18 Nm³ CH₄/t TS per la prova 2, rispetto a una media di circa 310 Nm³ CH₄/t TS per il silomais) e risulta inferiore alle produzioni potenziali di tutte le colture dedicate. D'altro canto, se espresso sul tal quale, il BMP della canna palustre è maggiore di quello di alcune coltivazioni (segale, sorgo, triticale e frumento) e comparabile al potenziale del silomais di terzo raccolto, alla luce delle differenze nel contenuto in solidi totali delle varie matrici.

I dati relativi a reflui zootecnici, sottoprodotti e scarti agro-industriali, si riferiscono solo alla produzione di biogas e non considerano la percentuale in metano, parametro basilare per il bilancio energetico del sistema. Ad ogni modo, dai dati a nostra disposizione

RISULTATI

emerge che la produzione potenziale di BG per la canna palustre supera i valori di BMP per liquami e letami bovini, ma non per quelli suini; inoltre, si evince che *P. australis* presenta potenzialità simili a quelle della lettiera avicola, delle buccette di pomodoro e, soprattutto, della paglia. La similitudine con paglie di vario genere era un risultato prevedibile, alla luce della composizione di *P. australis* (tab.15), matrice molto ricca di composti lignocellulosici e pertanto lentamente fermentescibile (per approfondimenti si veda Castelli, 2011).

a)				b)			
Contenuto	Valore (%)	% su TS	% su tq	Contenuto	Valore (%)	% su TS	% su tq
Umidità	34,45	-	-	Umidità	45,65	-	-
TS	65,55	-	-	TS	54,35	-	-
VS	-	-	-	VS	-	94,07	49,68
Ceneri	-	-	-	Ceneri	-	5,20	2,80
NDF (Van Soest)	-	-	-	NDF (Van Soest)	-	61,20	33,25
ADF (Van Soest)	-	-	-	ADF (Van Soest)	-	59,20	32,15
ADL (Van Soest)	-	-	-	ADL (Van Soest)	-	14,30	7,75

Tabella 15 – Risultati delle determinazioni sui tessuti epigei di *P. australis* a seguito di trinciatura e insilamento. a) Prelievo di biomassa a giugno; b) Prelievo di biomassa a settembre

Per valutare la componente fibrosa della matrice in esame, è stato utilizzato il metodo Van Soest (1967), che consente di classificare i costituenti della parete cellulare in tre frazioni:

- NDF (Fibra Residua Neutro-detersa): include il materiale cellulare insolubile nel detergente neutro, dunque tutti componenti della parete cellulare ad esclusione delle pectine, che si solubilizzano insieme al contenuto citoplasmatico. La componente NDF comprende pertanto cellulosa, emicellulose e lignina;
- ADF (Fibra Residua Acido-detersa): tale frazione consente di stimare la quantità di emicellulose nella parete cellulare, poiché esse vengono solubilizzate a seguito di attacco acido e, pertanto, sono escluse dal residuo fibroso. L'ADF, quindi, include solo cellulose e lignina, mentre la differenza tra NDF e ADF fornisce una stima di emicellulose e proteine legate alla fibra;
- ADL (Lignina Acido-detersa): rappresenta la frazione fibrosa resistente a un ulteriore attacco acido e include i composti lignocellulosici più stabili.

Il parametro più interessante è la differenza tra NDF e ADF, che fornisce una stima dei composti di parete più facilmente fermentescibili (emicellulose e proteine legate alla fibra); maggiore è tale differenza e più alta sarà la degradabilità della fibra. I risultati

RISULTATI

mostrati in tab.16 mancano di ripetitività e pertanto non possono essere probanti, tuttavia ci possono fornire qualche indicazione sulla tipologia di biomassa in esame. Come si può notare dal confronto con altre matrici (tab.16), la canna palustre insilata raccolta a settembre presenta una differenza NDF-ADF molto ridotta (solo del 2%), poiché la sua parete cellulare è fortemente intrisa di lignina e poco ricca di emicellulose.

Matrice	TS (% tq)	VS (% TS)	NDF (% TS)	ADF (% TS)
<i>P. australis</i> , insilato di settembre	54,35	94,07	61,20	59,20
a) Paglie				
Frumento, non trattata	91,3	92,8	83,8	58,3
Orzo, non trattata	86,4	89,6	76,3	43,7
Mais, stocchi non trattati	80,0	91,6	81,0	48,1
Riso	90,0	96,4	-	55,0
Triticale	92,2	92,3	75,5	55,0
Sorgo, non trattata	-	92,1	81,0	-
b) Foraggi insilati				
Grano tenero, maturazione latte	31,7	91,2	59,0	36,0
Grano tenero, maturazione ceroso-vitrea	43,4	92,3	56,0	35,5
Mais, maturazione latte	24,6	91,7	63,0	38,6
Mais, maturazione cerosa, TS basso	28,8	94,7	47,1	25,9
Mais, maturazione cerosa, TS medio	32,9	96,1	54,0	29,4
Mais, maturazione cerosa, TS alto	37,1	96,1	49,7	24,4
Mais, maturazione cerosa avanzata	48,7	96,0	48,4	22,5
Medica	21,0	87,6	-	-
Orzo, maturazione cerosa	26,4	88,7	55,4	36,6

Tabella 16 – Composizione chimica dei più comuni foraggi insilati e delle paglie (Succi and Hoffman, 1993; Antongiovanni and Gualtieri, 1998)

L'insilato di *P. australis* mostra un valore di NDF simile a quello dei foraggi insilati, ma l'ADF mette in luce le differenze composizionali della loro frazione fibrosa; rispetto alla canna palustre, infatti, i foraggi presentano valori di ADF inferiori di almeno il 20%, a conferma della loro maggior fermentescibilità. Le paglie, al contrario, mostrano una frazione NDF maggiore rispetto all'insilato in esame, ma il loro alto contenuto in emicellulose ne abbassa l'ADF fino a valori di poco inferiori a quelli di *P. australis*.

Dall'analisi dei dati comparativi, dunque, si evince che il trinciato di canna palustre (pezzatura di 5-10 cm), raccolta a settembre e conservata tramite insilamento, si presenta simile alle paglie per ciò che riguarda la produzione potenziale di BG; ciò trova conferma nella natura lignocellulosica di *P. australis* (tab.15), che ne rallenta la degradazione (K_{max} calcolato è inferiore alla media) e di conseguenza ne limita le possibilità di impiego in

RISULTATI

impianti di DA. Tuttavia, sebbene questa matrice richieda tempi di digestione prolungati per raggiungere una certa efficienza di trasformazione, il BMP ottenuto in 40 giorni è un risultato interessante; la canna palustre potrebbe destare interesse come matrice di co-digestione da immettere in impianti di DA insieme a colture dedicate e reflui zootecnici. Questa ipotesi, tuttavia, andrebbe confermata con dei test in digestori su scala reale, al fine di verificare l'impatto di una matrice così recalcitrante sulla biologia del sistema.

Infine, occorre precisare che le prove sono state condotte con materiale prelevato in periodi non ammessi dall'Ente Gestore; pertanto, sarebbe opportuno ripetere i test nei tempi utili di raccolta.

4. SCENARI

4.1. PRODUZIONE DI BIOMASSA

Per immaginare degli scenari conformi all'attuale regolamento della Riserva, è stata considerata solo l'ipotesi di uno sfalcio annuale, nel periodo compreso tra l'1 novembre e il 28 febbraio (canneti ad evoluzione naturale) e tra l'1 novembre e il 31 marzo (canneti coltivati); pertanto, per produrre le seguenti stime ci si è serviti solo dei dati di produttività del mese di novembre. Sempre in accordo con il regolamento, la stima della biomassa disponibile ha tenuto conto anche dei vincoli di gestione dei canneti naturali, che prevedono rotazioni quadriennali. Si potrebbero ipotizzare ulteriori scenari variando l'epoca di sfalcio dei canneti, ma ciò non rientra nelle finalità di questo studio.

Dai risultati si deduce che nelle Valli del Mincio la produzione ottimale media dei canneti è pari a 23,8 t FW/ha*y, corrispondente a 9,43 t DW/ha*y (contenuto in sostanza secca del 40%); anche se tale stima manca di significatività statistica, è possibile ipotizzare la disponibilità potenziale di biomassa nel PDS (387,3 ha) e, in caso di rewetting della zona umida, nell'AS (1185,3 ha) (tab.17):

Area	Disponibilità biomassa senza vincoli (t DW/y)	Disponibilità biomassa con vincoli (t DW/y)
PDS	3.652,2	913,1
AS	11.177,4	2.794,3

Tabella 17 – Stime di produzione ottimale di biomassa nelle Valli del Mincio. PDS = *Phragmitetum* di studio; AS = Area di studio

Con i dati a nostra disposizione, inoltre, è anche possibile stimare l'attuale disponibilità di biomassa nei canneti vallivi (PDS); per questioni legate alle filiere di raccolta e al calcolo dei relativi costi, si è deciso di distinguere le zone portanti (35,3 ha con

RISULTATI

produttività media di 9,43 t DW/ha*y) da quelle non portanti e prive di informazioni (352,0 ha con produttività media di 12,9 t FW/ha*y, che al 50 % di sostanza secca corrisponde a 6,41 t DW/ha*y), come mostrato in tab.18:

Area	Disponibilità biomassa senza vincoli (t DW/y)	Disponibilità biomassa con vincoli (t DW/y)
p	332,9	83,1
np	2.256,3	564,1

Tabella 18 – Stime di produzione attuale di biomassa nei canneti delle Valli del Mincio (PDS).

p = zone portanti; np = zone non portanti

Questo breve excursus sulla produttività ci tornerà utile nei prossimi paragrafi per stimare la potenzialità energetica dell'area e per compiere valutazioni economiche.

4.2. VALORIZZAZIONE ENERGETICA DELLA CANNA PALUSTRE

Gli scenari ipotizzati considerano due filiere di utilizzazione di *P. australis*:

- filiera dei biocombustibili solidi, che include combustione, gassificazione e pirolisi;
- filiera del biogas.

La canna palustre fa parte di quella categoria di colture erbacee poliennali che richiamano interesse per la produzione di biocombustibili lignocellulosici; a questa famiglia appartengono anche specie quali cardo (*Cynara cardunculus* L.), miscanto (*Mischantus sinensis giganteus*) e canna comune (*Arundo donax* L.), per le quali si sta studiando il grado di adattamento alle nostre condizioni. Per le colture erbacee poliennali destinate alla trasformazione energetica, le operazioni di campo rappresentano il primo blocco della filiera biomassa-energia; la loro analisi risulta indispensabile per definirne la sostenibilità complessiva, valutabile in termini economici (€/t DW), energetici (MWh/t DW) e ambientali (kg CO₂ risparmiate per t DW) (Castelli, 2011). Dalla bibliografia emerge che la paludicoltura di *P. australis* ai fini della combustione comporta un risparmio emissivo di quasi 30 t CO₂-eq/ha*y; tale situazione non si riscontra per nessun'altra produzione bioenergetica (Wichtmann and Wichmann, 2011). Per tale ragione la canna palustre è oggetto d'indagini per l'utilizzo in impianti di cogenerazione (CHP), soprattutto nell'Europa centro-settentrionale (Barz et al., 2006). In particolare, nella Germania del Nord circa 200.000 ha di pianura potrebbero essere ri-esondate per la paludicoltura di *P. australis* e si stima che, ipotizzandone una resa di circa 10 t DW/ha, si potrebbero alimentare 20 impianti della

RISULTATI

capacità di 20 MW ciascuno (Wichtmann and Timmermann, 2000). A livello nazionale, invece, mancano studi di questo tipo.

Un fattore molto importante per definire la destinazione finale della biomassa è l'epoca di raccolta, che influisce sulle caratteristiche del prodotto; ad esempio, per la filiera del biogas la componente fibrosa di un materiale (cellulose, emicellulose, lignina, ecc) è determinante per la sua fermentescibilità, poiché la presenza di composti organici complessi comporta maggior recalcitranza e tempi di degradazione maggiori (Castelli, 2011). In particolare la lignina rappresenta il problema maggiore, poiché rende la frazione fibrosa pressoché inaccessibile alla microflora. Al momento non sono noti studi riguardo la formazione di lignina durante lo sviluppo di *P. australis* (Helbig, 2009), ma Amon et al., (2007) trovarono valori di 12,37 %DW per canna palustre non insilata raccolta a inizio autunno, 14,73 %DW a inizio autunno e dopo insilamento e infine 14,84 %DW per canna palustre insilata di fine autunno.

Nelle Valli del Mincio, *P. australis* si presenta lignificata durante il periodo di raccolta consentito (da novembre in poi); la presenza di lignina non costituisce un problema per la combustione del materiale, poiché si ha un incremento del potere calorifico della biomassa (Helbig, 2009), ma potrebbe ostacolare il processo di DA. Alla luce di queste considerazioni, oggi la trasformazione termochimica pare essere l'ipotesi di valorizzazione più idonea per i canneti delle Valli del Mincio, ma si richiedono degli approfondimenti per valutare la fermentescibilità della biomassa nei tempi di raccolta previsti.

Nonostante approfondite ricerche bibliografiche (Komulainen et al., 2008; Helbig, 2009; Castelli, 2011; AGIRE, 2009), non è stato possibile identificare informazioni precise sulla biomassa energetica *P. australis*, poiché i pochi dati oscillano entro range talvolta ampi, a seconda delle condizioni, del periodo di raccolta, della localizzazione, ecc. Da tali range, quindi, si è cercato di definire delle assunzioni che tenessero conto di queste variazioni:

- potere calorifico inferiore (Low Heating Value o LHV): 18 MJ/kg DW corrispondenti a 5 MWh_t/t DW;
- rendimento del sistema cogenerativo (CHP) di una centrale a biomasse: elettrico (20%), termico (70%);
- produzione di BG: 320 Nm³ BG/t DW;
- LHV del BG (50% CH₄): 5,3 kWh/Nm³;
- rendimento elettrico del generatore per la conversione dell'energia meccanica prodotta dal motore (impianto a biogas): 42%.

RISULTATI

Con questi dati e le stime di produttività dei canneti vallivi, è possibile ricavare la quantità di energia termica (E_t) ed elettrica (E_{el}) ottenibile per ha di terreno e, quindi, il potenziale energetico dell'area.

4.2.1. VALORIZZAZIONE TERMICHIMICA

La canna palustre raccolta nei mesi invernali è da tempo utilizzata come fonte energetica rinnovabile in impianti a combustione (Allirand and Gosse, 1995). Si stima che, nell'ipotesi di rendimento della caldaia al 70%, dai canneti con produzione ottimale si possano generare circa 33 $MWh_t/ha*y$; allo stato attuale, il potenziale si riduce a 22 $MWh_t/ha*y$ per le zone non portanti (tab.19). Per ciò che riguarda l'energia elettrica, considerando un rendimento elettrico del sistema cogenerativo pari al 20%, si registra una produzione di circa 9 $MWh_{el}/ha*y$ (canneti con produttività ottimale) e 6 $MWh_{el}/ha*y$ (canneti non portanti).

Prod.	Area	Vincoli (ha)	Produzione unitaria E_t ($MWh_t/ha*y$)	Produzione E_t (MWh_t/y)	Produzione unitaria E_{el} ($MWh_{el}/ha*y$)	Produzione E_{el} (MWh_{el}/y)
Attuale	p	si (8,8)	33,01	291	9,43	83
		no (35,3)		1.165		333
	np	si (88)	22,44	1.974	6,41	564
		no (352)		7.897		2.256
Ottimale	PDS	si (96,8)	33,01	3.196	9,43	913
		no (387,3)		12.783		3.652
	AS	si (296,3)	33,01	9.780	9,43	2.794
		no (1185,3)		39.121		11.177

Tabella 19 – Trasformazione termochimica della canna palustre: potenziale energetico delle Valli del Mincio. p = zone portanti; np = zone non portanti; PDS = Phragmitetum di studio; AS = Area di studio; E_t = Energia termica; E_{el} = Energia elettrica

Come si può notare, la presenza di vincoli gestionali che prevedono rotazioni quadriennali riduce del 75% la disponibilità annuale di biomassa e di conseguenza l'energia recuperabile dai canneti; inoltre, vi sono altri fattori che influenzano la filiera di incenerimento di *P. australis*, tra cui il contenuto di umidità, la densità, l'emissione di gas combusti e, infine, il contenuto e le proprietà delle ceneri. In fig.45 sono state riportate alcune informazioni inerenti la biomassa di studio e delle comparazioni con altri tipi di combustibile.

RISULTATI

Fuels	% Moisture	% Volatiles	% Ash	MJ/kg, Calorific value of dry matter	Elemental composition					
					C, %	H, %	N, %	O, %	S, %	Cl, %
Reed	15-20	81,8	2,1-4,4	18,92	47,5	5,6	0,3	43,3	0,04	0,11
Yellow straw	15	70	4	14,4	42	5	0,35	37	0,16	0,75
Green straw	15	73	3	15	43	5,2	0,41	38	0,13	0,2
Flax	10,3		4,6,2	18,81	46,5	6,08	0,4		0,25	0,27
Hemp	18		3,7	17,35	45,92	5,47	1,07		0,09	
Grain straw	20		5	17,4	46	5,9	0,5	40	0,08	0,31
Rapeseed			4,6	23,9	58,6	8,5	3,7			0,5
Rape straw	25	79,2	2,4-2,8	19,33	46-48	5,7-5,9	0,8	39-42,1	0,17-0,21	0,22-0,1
Reed Canary Grass	10-15	74	5,5	17,6	46	5,5	0,9		0,10	0,09
Sawdust	45-60		0,4-0,5	19-19,2		6,2-6,4	0,1-0,5		<0,05	
Cutting residues	50-60		1-3	18,5-20		6-6,2	0,3-0,5		<0,05	
Wood pellet	8-10	83,6	0,4-0,5	19-19,2	49-50	6,0-6,1	<0,16		<0,007	0,01-0,03
Wood+reed pellet	7,4	82,7	0,7	19,9						
Straw briquette	13,8		6,2	18,5						
Meadow hay briquette	12,3		4,9	19,5						
Peat	45	78,5	5	20,8	55	5,5	1,7	32,6	0,2	
Heavy fuel oil	-			40,6-41,1	88,4	10,1	0,3-0,4		0,8-0,95	
Light fuel oil	-			42,4	86,2	13,7	0,01-0,03		0,1	
Natural gas	-			33,1-34 MJ/m ³			0,8			

Fig. 45 - Qualità differenti di alcuni combustibili (Komulainen et al., 2008)

Altre fonti bibliografiche confermano i dati mostrati, sebbene Barz et al. (2006) abbiano trovato differenze nel contenuto di sostanze volatili (66,8%) e ceneri (8,8%). Come si può notare in fig.45, la canna palustre secca (Reed) mostra un buon potere calorifico inferiore (LHV), assimilabile al legno (18,92 MJ/kg DW per *P. australis*, 19-19,2 MJ/kg DW per i comuni pellet di legno). A seconda del periodo di raccolta, l'umidità della canna palustre varia dal 15 al 60%; per la combustione, tuttavia, si richiedono valori del 18-20%

RISULTATI

(Kask, 2007). L'LHV del materiale tal quale idoneo alla valorizzazione termochimica (15-20% umidità), si riduce a 14-15 MJ/kg (3,9 - 4,2 MWh/t) (Kask, 2007; AGIRE, 2009); l'incremento di umidità riduce l'LHV, ostacolando il processo di combustione e aumentando la quantità di gas combusti.

Per valutare una biomassa da utilizzare ai fini energetici, è importante considerare anche proprietà tecniche diverse dal potere calorifico, ad esempio la sua densità (kg/m_3): essa influisce sui sistemi di alimentazione degli impianti e sull'economicità della filiera, poiché un materiale più denso riduce i costi unitari delle varie operazioni. Oltre che dal materiale di partenza, la densità di una biomassa dipende dal suo eventuale processamento (rotoimballatura, pellettizzazione, briquettatura, trinciatura, ecc.), utile in ottica di filiera poiché permette di facilitare la commercializzazione del prodotto. La densità di un combustibile, inoltre, influenza la designazione degli impianti e delle condizioni di combustione; per esempio il trinciato di canna palustre, a causa della sua bassa densità, potrebbe richiedere la co-combustione con altri materiali (cippato, torba, ecc.) o sistemi appositi di alimentazione (Komulainen et al., 2008).

Altri aspetti importanti sono legati alla composizione chimica della biomassa, come il contenuto in ceneri (fig.46) e la presenza, nelle ceneri stesse, di agenti potenzialmente corrosivi.



Figura 46 – Ceneri prodotte dalla combustione di *P. australis* (Komulainen et al., 2008)

Visto il basso contenuto di zolfo (S) nei tessuti di *P. australis* (<0,1%), esso non dovrebbe essere rilasciato in quantità significative e, dunque, non dovrebbe indurre corrosione a carico dell'impianto. Al contrario, il cloro (Cl) potrebbe generare qualche problema, comunque prevenibili tramite aggiunta di calce idrata nella camera di combustione (Komulainen et al., 2008); tali inconvenienti si accentuano se il materiale è

RISULTATI

raccolto in estate, considerato il maggior contenuto di Cl nella biomassa (le foglie, che cadono nel tardo autunno, sono la prima fonte di Cl) (Kask, 2007). Dalla tabella si evince che la canna palustre presenta un elevato contenuto di ceneri (circa 4%), aspetto problematico per l'incenerimento in piccoli e grandi impianti; infatti, le ceneri abbassano il potere calorifico, rallentano il processo di combustione e, trasportate dai gas combustibili, sporcano le superfici e la canna fumaria dell'inceneritore, causando intasamenti. Vi è, poi, il problema ambientale del loro smaltimento. Gli inconvenienti per gli impianti possono essere ovviati tramite sistemi di rimozione automatica e/o altri accorgimenti (elettrofiltri, ecc.), che chiaramente sono ammortizzati più facilmente per inceneritori di grande taglia. Il contenuto e la qualità delle ceneri varia a seconda dell'epoca di raccolta (2-4% in inverno, 4-6% in estate, Komulainen et al., 2008), essenzialmente per la presenza o meno delle foglie. Questo aspetto è importante perché influenza la temperatura di fusione delle ceneri, parametro collegato alla produzione di scorie problematiche; la formazione di scorie inizia sotto i 1000°C con ceneri prodotte da canne palustri estive, mentre per materiale invernale non si verifica sotto i 1350°C. La ragione è da ricercare nel maggiore contenuto in ossidi di potassio delle ceneri estive, al cui aumento corrisponde un decremento della temperatura di fusione (Kask, 2007). L'elevato punto di fusione delle ceneri previene la formazione di scorie solide che ostacolano l'incenerimento, ma sono comunque richiesti appositi sistemi di smaltimento dei depositi prodotti (AGIRE, 2009).

4.2.2. DIGESTIONE ANAEROBIA

La maggior parte degli impianti di DA attualmente presenti sul territorio nazionale è alimentata con ingenti quantità di colture energetiche (insilati di mais, sorgo, girasole, ecc.), che richiedono elevati costi di approvvigionamento e pongono questa tecnologia al centro di difficili questioni etiche. La ricerca di soluzioni a questo problema ha portato a differenziare gli incentivi alle bioenergie sulla base del tipo di alimentazione degli impianti (D.M. 6 luglio 2012, valido per gli impianti in funzione dopo il 31 dicembre 2012) e pertanto l'interesse verso sottoprodotti e rifiuti, maggiormente incentivati rispetto alle colture energetiche, è crescente. Tuttavia, i sottoprodotti agro-industriali (paglie, residui delle industrie agro-alimentari, ecc.) presentano spesso caratteristiche chimico-fisiche tali da renderli poco fermentescibili e, per tale ragione, nel corso degli anni sono state condotte numerose ricerche sui pre-trattamenti di matrici problematiche (Castelli, 2011); di questo genere di substrati fa parte anche la canna palustre. Attualmente *P. australis*, che appartiene a questa categoria di substrati, non è sfruttata per la produzione industriale di biogas e sono pochi gli

RISULTATI

studi che hanno considerato questa possibilità (Helbig, 2009); tuttavia si può ipotizzare la sua valorizzazione come sottoprodotto o rifiuto derivante dalla gestione delle wetland.

Si stima che, attraverso la DA, nei canneti delle Valli del Mincio (PDS) si possano produrre 6,72 MWh_{el}/ha*y, in condizioni ottimali e con raccolta della biomassa a settembre; allo stato attuale, il potenziale si riduce a 4,57 MWh_{el}/ha*y per le zone non portanti (tab.20).

Prod.	Area	Vincoli (ha)	Produzione unitaria E _{el} (MWh _{el} /ha*y)	Produzione E _{el} (MWh _{el} /y)
Attuale	p	si (8,8)	6,72	59
		no (35,3)		237
	np	si (88)	4,57	402
		no (352)		1.607
Ottimale	PDS	si (96,8)	6,72	650
		no (387,3)		2.602
	AS	si (296,3)	6,72	1.990
		no (1185,3)		7.962

Tabella 20 – DA della canna palustre: potenziale energetico delle Valli del Mincio. p = zone portanti; np = zone non portanti; PDS = Phragmitetum di studio; AS = Area di studio; E_{el} = Energia elettrica

La produzione di energia termica che si realizza tramite DA (combustione del metano contenuto nel biogas) è pari a 1,70 MWh_t/t DW, valore inferiore a quello assunto per la trasformazione termochimica (5 MWh_t/t DW); di conseguenza la digestione riduce le potenzialità energetiche dell'area (in termini sia di E_t sia di E_{el}), ma consente il recupero di sostanza organica sottoforma di digestato.

4.3. ASPETTI ECONOMICI

Si è cercato di valutare gli aspetti economici della raccolta della biomassa nei canneti delle Valli, confrontando la filiera attuale (raccolta tramite macchinari agricoli) con una nuova filiera (raccolta con mezzi anfibi); in accordo col regolamento del sito, è stata presa in considerazione solo la rimozione autunno – invernale.

Per analizzare la filiera di raccolta della canna palustre nelle Valli e i relativi costi, sono state illustrate le criticità gestionali di ambienti simili e le problematiche di questa tipologia di biomassa.

4.3.1. RACCOLTA DELLA BIOMASSA: ASPETTI GENERALI

Le possibilità di raccolta e utilizzo della canna palustre sono definite dall'estensione dei canneti, dalla qualità del materiale raccolto (biomassa secca, umida, lignificata, ecc.),

RISULTATI

dalla localizzazione geografica, dalle interazioni tra proprietari terrieri e istituzioni, e infine da considerazioni inerenti la conservazione degli habitat (Komulainen et al., 2008).

I tempi di raccolta della biomassa dipendono dalle condizioni meteorologiche e climatiche dell'area: infatti l'umidità del materiale e la presenza di suoli ghiacciati condizionano le operazioni di sfalcio e trasporto. I canneti, rispetto agli ambienti acquatici aperti, richiedono forti condizioni di gelo per generare strati di ghiaccio spessi, poiché lo strato di torba sottostante, in fase di decomposizione attiva, conserva sempre un po' di calore; di conseguenza, solo nei paesi più freddi lo spessore del ghiaccio invernale è tale da consentire l'ingresso in campo di mezzi agricoli pesanti (Komulainen et al., 2008). Al contrario, laddove i terreni non sono portanti nemmeno in inverno, è necessario operare con mezzi speciali in grado di esercitare basse pressioni per unità di superficie.

La variabilità di ambienti in cui si sviluppa *P. australis*, i diversi tempi di raccolta (inverno/estate) e la destinazione finale del materiale implicano un'ampia gamma di mezzi utilizzabili; la scelta, dunque, è definita dai requisiti tecnici di raccolta e dal rapporto costi-benefici. I costi dipendono dalle voci di raccolta, trasporto, resa lavoro, ecc., mentre i fattori tecnici di raccolta più importanti sono il peso della macchina e la pressione di superficie sul terreno.

Alla luce dei costi delle varie operazioni, i macchinari su ruota sono i più economici, ma non è possibile utilizzarli in tutte le condizioni (Komulainen et al., 2008). Gli sfalci con mezzi agricoli vengono realizzati con falciatrici rotanti, barre falcianti, ecc. (fig.47) e il materiale può essere rimosso tramite un carro auto-caricante. La biomassa, prima del caricamento e del trasporto al di fuori delle zone problematiche, può essere trinciata in situ oppure pressata tramite imballatura (quest'ultimo è il metodo più utilizzato nelle zone in cui la filiera è già avviata).

RISULTATI

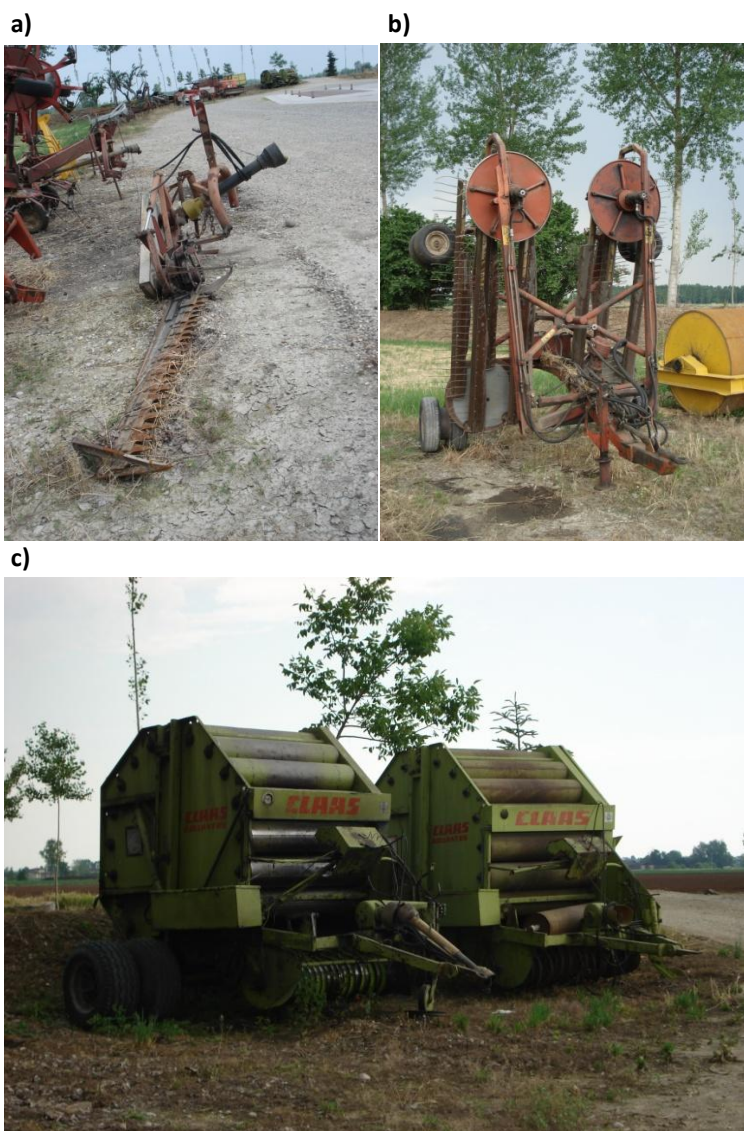


Figura 47 – Macchinari utilizzati per la gestione di canneti, cariceti e molinieti nelle Valli del Mincio: a) Barra falciante utilizzata per lo sfalcio della biomassa; b) andanatore; c) rotoimballatrici

Tra le opzioni disponibili, vi è anche la possibilità di combinare tra loro i diversi mezzi (rotoimballatrice trainata da trattore dotato di barra falciante, Falcia-Trincia-Caricatrice, ecc.), in modo da ridurre i costi delle operazioni (Castelli, 2011); così facendo, tuttavia, il peso complessivo dei macchinari potrebbe eccedere la portanza del terreno.

In condizioni di bassa portanza, invece, sono richiesti specifici accorgimenti e macchinari (fig.48 e fig.49), che potrebbero aumentare i costi della filiera. Ad esempio per ambienti sommersi si utilizzano mezzi speciali in grado sia di galleggiare sia di spostarsi su terra; in questi casi è possibile che il trasporto della biomassa avvenga via acqua piuttosto che via terra. Per la raccolta estiva di *P. australis* in Finlandia, Komulainen et al. (2008) proposero di utilizzare un trattore galleggiante (Hitsacon Oy) dotato di grandi gomme e

RISULTATI

pontoni (un tipo di galleggiante), in grado di operare gli sfalci e di indirizzare il materiale su un rimorchio anch'esso flottante. Sul mercato sono disponibili anche macchine appositamente progettate per l'asportazione della vegetazione da ambienti acquatici: ad esempio il Truxor, che la Provincia di Mantova utilizza già per alcuni lavori di gestione dei laghi. Anche i gatti delle nevi potrebbero essere adoperabili per la raccolta invernale ed estiva della canna palustre (Komulainen et al., 2008); alcune prove sono state fatte qualche anno fa, ma per motivi di sicurezza l'ente Parco ha dato parere negativo all'utilizzo di questi mezzi nelle Valli del Mincio.

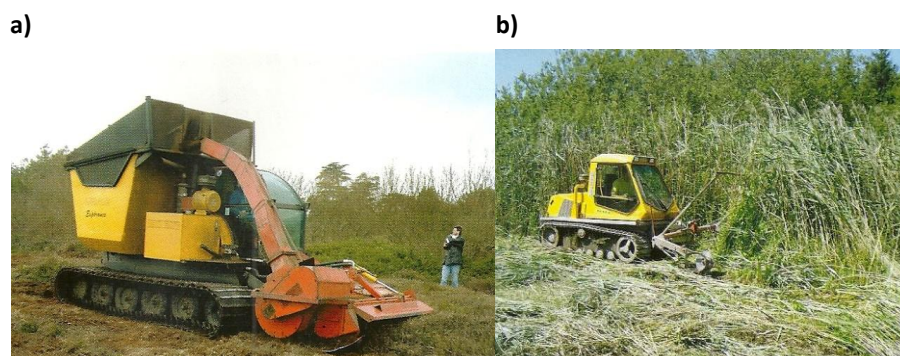


Figura 48 – Macchinari speciali: a) prototipo ECOTRACK 200 (trincia-raccogliitrice) realizzato dalla ditta TSI per conto della BON NatTec (Francia); b) cingolato RM 70 attrezzato con barra falciante dalla ditta NUP (Svizzera) (Cuizzi, 2005)



Figure 49 – Macchinari speciali: a) Prova battipista Kassbohrer Pisten Bully zavorrato nelle Paludi di Ostiglia; c) Battipista Kassbohrer Pisten Bully attrezzato con rimorchio raccogliitore cingolato e andanatrice dalla ditta NUP (Svizzera) (Cuizzi, 2005); b) Falciatrice BCS modificata, utilizzata in una piccola zona delle Valli del Mincio

4.3.2. TRASPORTO DELLA BIOMASSA: ASPETTI GENERALI

La densità di un combustibile (kg/m^3) ne influenza i costi di trasporto e pertanto è fondamentale per la sua economicità. Ciò spinge a valutare tutte le opzioni di processamento della biomassa, che permetterebbero di aumentare tale parametro e ridurre i costi di trasporto:

- trinciatura con trinciatrici comuni (fig.50): il trinciato di canna palustre (pagliuzze di 3 – 30 cm) presenta una densità di circa $32,5 \text{ kg}/\text{m}^3$, assimilabile alla comune paglia. Esso, dunque, si presta alla miscelazione con materiali da combustione più densi (cippato, torba, ecc.) (Komulainen et al., 2008);



Figura 50 – Trinciatura di canne palustri mediante una trincia per rotoballe usata normalmente in ambito agricolo (Komulainen et al., 2008)

- imballatura: consente di ottenere densità maggiori rispetto al trinciato ($140 - 170 \text{ kg}/\text{m}^3$), con inferiori costi di trasporto e stoccaggio. Tuttavia per gli utilizzi in ambito energetico è richiesto generalmente un ulteriore passaggio di frantumazione prima della combustione o della digestione, in modo da ridurre la pezzatura del materiale fino a valori inferiori a 5 cm; ciò non è necessario se le rotoballe sono incenerite tal quali in apposite caldaie (Komulainen et al., 2008);
- pellettizzazione: permette di incrementare ulteriormente la densità del materiale, facilitando la commercializzazione del prodotto. I pellets, pezzetti cilindrici dalla lunghezza media di 5 – 30 mm, sono prodotti tramite compressione della biomassa, operazione che costituisce un ulteriore voce di costo e presenta degli inconvenienti tecnici; infatti, per incrementare le

RISULTATI

proprietà dei pellets, sarebbe opportuno miscelare *P. australis* con altri materiali (Komulainen et al., 2008);

- briquettatura: consente di pressare la biomassa in pezzi cubici o cilindrici. Le briquettes sono utilizzate soprattutto in impianti di riscaldamento industriali di taglia medio-grande.

Tutte le opzioni proposte, tuttavia, devono essere valutate a fronte degli ulteriori costi di lavorazione della biomassa tal quale e ciò richiede un'attenta analisi costi-benefici.

Per l'economicità delle filiere di utilizzo di biocombustibili assimilabili alla paglia, viene assunta una distanza massima di trasporto approssimativa di 90 – 120 km (tali misure sono state verificate in Finlandia, con *Phalaris arundinacea* L.) (Komulainen et al., 2008), anche se questo parametro dipende dalla densità del materiale.

4.3.3. LA FILIERA DI TRASFORMAZIONE ENERGETICA DELLA CANNA PALUSTRE NELLE VALLI DEL MINCIO

La raccolta autunno – invernale di *P. australis* è praticata solo nelle zone vallive portanti e accessibili ai macchinari agricoli, attraverso la rotoimballatura del materiale sfalciato; l'uso di tali mezzi, tuttavia, è irrealizzabile nella maggior parte degli appezzamenti, per i quali sono richiesti macchinari e accorgimenti particolari per le operazioni gestionali. Pertanto, sebbene in entrambi i casi sia proposta la rotoimballatura della canna palustre, si avranno costi differenti per le due filiere di raccolta, di cui si dovrà tenere conto nelle spese di gestione complessive del SIC.

Il calcolo dei costi di raccolta è in funzione della produttività dei canneti, poiché maggiori quantità di biomassa per ettaro riducono la capacità di lavoro combinata per le operazioni di sfalcio, andatura e pressatura (ha/h lavoro); a tal riguardo sono state utilizzate le stime precedenti, secondo cui la produttività media dei canneti vallivi corrisponde a 9,43 t DW/ha*y nelle zone portanti e 6,41 t DW/ha*y in quelle non portanti.

Oltre ai costi di raccolta della canna palustre, sono stati stimati quelli di trasporto, che riguardano la movimentazione delle rotoballe da un punto di stoccaggio (PS) sulla terraferma (al di fuori delle zone paludose, per esempio il capannone di un'azienda locale) a uno di utilizzazione (digestore, centrale a biomasse, impianto di pellettizzazione, ecc.), o PU. A tal riguardo sono state ipotizzate due distanze di trasporto (10 e 30 km), per verificare l'economicità della filiera corta; per quella più breve, alla luce dei pochi km da percorrere in zone di campagna, si considera lo spostamento tramite trattore con rimorchio auto-

RISULTATI

caricante (stima fornita dal sig. Fiorini), mentre per la distanza maggiore è stato contattato un contoterzista.

4.3.3.1. FILIERA DI RACCOLTA CON MEZZI AGRICOLI

Il calcolo dei costi è basato su informazioni fornite dal sig. Fiorini, un agricoltore che provvede alla raccolta della biomassa da canneto, cariceto e molinieto per fini zootecnici; lo sfalcio viene eseguito con una barra falciante bilama, l'andanatura e la pressatura con comuni mezzi agricoli utilizzati per le normali operazioni in campo. Le stime forniteci corrispondono ai costi unitari per rotoballa delle varie operazioni; assumendo che ciascuna rotoballa tal quale pesa approssimativamente 400 kg, i costi sono stati espressi in €/t FW. Tali dati sono stati poi convertiti in €/t DW, assumendo un contenuto di sostanza secca del 40%.

Secondo i dati fornitici, i costi della biomassa tal quale rimossa dai canneti portanti e trasportata a un PS corrispondono a 50 €/rotoballa; la produttività delle zone portanti è considerata ottimale (23,8 t FW/ha, al 40% di sostanza secca). Tali costi sono comprensivi di tutte le spese sostenute dall'agricoltore e di un certo margine di guadagno, considerato che la filiera non include la remunerazione di manodopera; la stima (tab.21) è stata calcolata assumendo che il costo unitario per rotoballa fosse ripartito in 15 € per lo sfalcio, 10 € per l'andanatura, 10 € per la pressatura, 15 € per il trasporto al PS.

Operazione	Macchinario	Costo (€/t FW)
Sfalcio	Falciatrice (barra bilama)	€ 37,50
Andanatura	Andanatore	€ 25,00
Rotoimballatura	Rotoimballatrice	€ 25,00
Trasporto fuori campo + trasporto a PS	Mezzo leggero + trattore con rimorchio	€ 37,50
Trasporto a PU (10 km)	Trattore con rimorchio autocaricante	€ 18,75
Trasporto a PU (30 km)	Mezzi del contoterzista	€ 20,00
		=
Totale (PS)		€ 125,00
Totale (PU 10 km)		€ 143,75
Totale (PU 30 km)		€ 145,00

Tabella 21 – Calcolo dei costi di filiera espressi sulla biomassa tal quale (FW), per la raccolta e il trasporto della canna palustre in zone portanti (raccolta a novembre, circa 40% DW)

Le spese di raccolta e trasporto delle rotoballe di canna palustre al PS ammonterebbero pertanto a 125 €/t FW, mentre la movimentazione delle stesse a un PU comporterebbe costi complessivi di circa 143 €/t FW (10 km) e 145 €/t FW (30 km) (tab.21). Assumendo il 40 % di DW, i costi della biomassa sono di 312,50 €/t DW (trasporto a PS),

RISULTATI

359,38 €/t DW (trasporto a PU entro 10 km) e infine 362,50 €/t DW (trasporto a PU entro 30 km). Purtroppo però, con i dati a disposizione non è possibile ipotizzare la capacità lavoro (CL) della filiera ($t \text{ biomassa rimossa}/h_{\text{lavoro}}$), per la quale sarebbero opportuni degli approfondimenti ai fini del calcolo delle superficie gestibile nel periodo utile (PUT) di raccolta.

4.3.3.2. FILIERA DI RACCOLTA CON MEZZO ANFIBIO

La filiera di raccolta dai canneti non portanti è in fase di studio; l'acquisto dei mezzi necessari alle operazioni rientrerebbe nell'ambito del progetto Fo.R.Agri. (Fonti Rinnovabili in Agricoltura), proposto dall'Agenzia Europea per l'Energia AGIRE (Agenzia per la Gestione Intelligente delle Risorse Energetiche), di cui la Provincia di Mantova è partner, e sostenuto dalla Commissione Europea (programma Intelligent Energy Europe). La stessa agenzia, peraltro, ha recentemente aderito a un altro progetto europeo, finalizzato a promuovere l'utilizzo energetico delle biomasse ripariali fluviali e lacuali (<http://danubenergy.eu/>). Grazie a parte dei finanziamenti nell'ambito del progetto Fo.R.Agri., il Parco del Mincio si doterà di mezzi appositi per la raccolta della canna palustre nelle zone vallive più problematiche; quella proposta in questo studio è solo una delle opzioni di filiera che si potrebbero realizzare.

Il mezzo anfibio di cui si propone l'acquisto, potrebbe compiere quasi per intero la filiera di raccolta (sfalcio, andatura, rotoimballatura); il trasporto della biomassa, invece, richiederebbe un ulteriore step. In fig.51 è rappresentato lo studio di fattibilità del mezzo anfibio proposto dall'azienda SOGEMI s.r.l Engineering & Ships (costo approssimativo di realizzazione 120.000,00 €).

RISULTATI

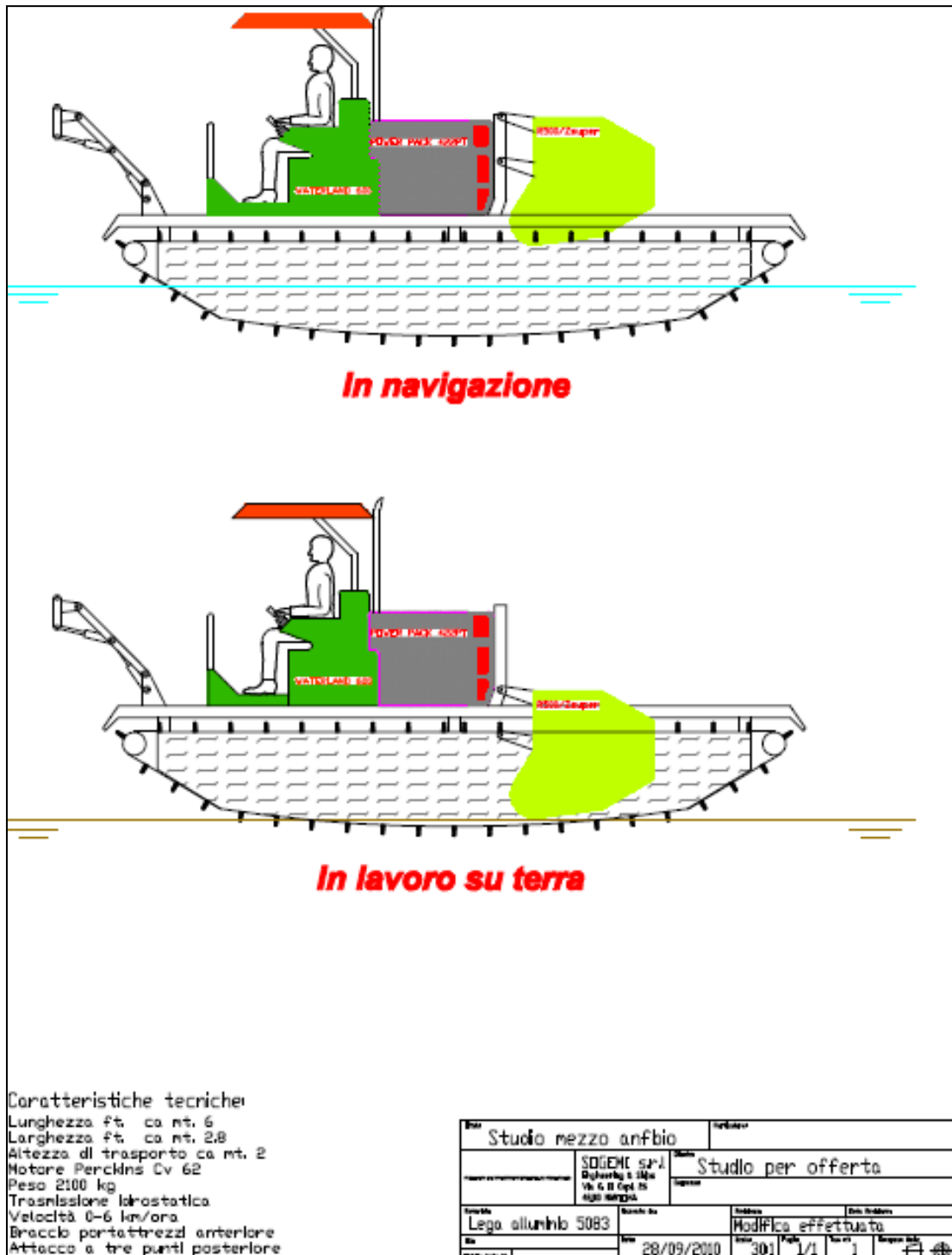


Figura 51 – Studio di fattibilità per un mezzo anfibio da adoperare nelle Valli del Mincio.© Per gentile concessione del sig. Franco Truffei

La filiera, studiata dalla stessa azienda, è progettata per 3 operai, che dovrebbero coordinarsi in modo da garantirne l'efficacia. Le operazioni di raccolta previste corrispondono a quelle realizzate con i mezzi agricoli, ma variano le modalità; infatti le varie componenti del mezzo anfibio devono essere leggere (rotoimballatrice, motore, ecc.), così

RISULTATI

da poter operare in zone poco portanti ed evitare rischi di impantanamento e affondamento. Inoltre, il trasporto al PS delle rotoballe (più piccole di quelle comuni in agricoltura) avviene via acqua.

La filiera proposta si basa sulla pressatura delle canne palustri sfalciate, operata tramite una rotoimballatrice in grado di generare piccole rotoballe aventi diametro di 57 cm, larghezza di 63 cm e peso approssimativamente di 25 – 30 kg. Il materiale così pressato potrebbe essere poi movimentato a mano, o tramite altro mezzo dotato di forca, e caricato su una “bettolina” (chiatta) dal costo approssimativo di 40.000,00 €, trainata da una barca motorizzata che la Provincia ha già in dotazione. La filiera avanzerebbe fino alla totale copertura dello spazio disponibile sulla chiatta e, una volta raggiunto il pieno carico, si provvederebbe a spostare la biomassa via acqua, fino a un PS sulla terraferma.

La stima delle spese di raccolta e trasporto della biomassa fino al PS è stata elaborata con un esperto di meccanizzazione agricola dell’Università di Padova, in base alle caratteristiche tecniche dei mezzi e alla produttività dei canneti; le assunzioni fatte ai fini del calcolo sono riassunte in tab.22.

Dati	Mezzo anfibio SOGEMI	Bettolina trainata
V _i (€)	€ 120.000,00	€ 40.000,00
V _f (€)	€ 9.600,00	€ 3.200,00
PUT (h _{lav} /y)	437	437
Costi fissi (€/h)	€ 32,47	€ 39,40
Costi variabili (€/h)	€ 22,10	€ 27,10

Tabella 22 – Assunzioni per il calcolo dei costi di raccolta della biomassa da canneti non portanti;
V_i = Valore iniziale, V_f = Valore finale, PUT = Periodo Utile

Le voci di costo complessive delle due fasi di filiera sono state suddivise in costi fissi (quota ammortamento, quota interessi, quota ricovero/tasse/assicurazioni) e costi variabili (carburante, olio, manutenzione/riparazione), calcolati in termini orari (euro/ora di funzionamento). Le stime in tab.22 riguardano solo le spese per l’acquisto, il funzionamento e la manutenzione dei mezzi, pertanto i costi fissi per la manodopera degli operai e quelli eventuali di trasporto dal PS al PU devono essere valutati a parte (tab.23).

Il prezzo d’acquisto (V_i) dei mezzi è stato stimato dalla ditta SOGEMI s.r.l.; come V_f (parte di capitale non soggetta a deprezzamento nell’arco della vita della macchina) si è assunto l’8% del V_i. Si è ipotizzato un tempo di ammortamento di 10 anni per entrambi i mezzi; la quota di ammortamento è stata calcolata considerando la formula:

$$\frac{\text{Valore iniziale} - \text{Valore finale}}{\text{Anni ammortamento} * h \text{ lav annuali}}$$

RISULTATI

Il periodo utile per la raccolta è calcolato tenendo conto del regolamento del Parco (120 giorni/anno): il PUT lordo, stimato sulla base di 7 ore effettive di lavoro giornaliera, è stato poi corretto sottraendo i giorni festivi e moltiplicandoli per un fattore (0,78) che considera la piovosità nell'area per il periodo delle operazioni.

La quota interessi (al 3%) è calcolata come segue:

$$\frac{(\text{Valore iniziale} + \text{Valore finale}) * 0,03}{2 * \text{Periodo utile}}$$

La quota ricovero/tasse/assicurazioni (1% del valore iniziale) è stata quantificata con la formula:

$$\frac{0,01 * \text{Valore iniziale}}{\text{Periodo utile}}$$

Riguardo al carburante, si è ipotizzato per entrambi i mezzi un consumo orario di 8 l (costo del gasolio circa 1,7 €/l), mentre per l'olio il costo orario è stato fissato a 1 €/h. Le spese di manutenzione sono calcolate ipotizzando che la durata fisica del mezzo anfibio sia di circa 8000 h (si consideri, però, che generalmente la durata media di falciatrice e rotoimballatrice è rispettivamente di 2000 e 3000 ore):

$$\frac{\text{Valore iniziale} * 0,5}{\text{durata fisica}}$$

Per il mezzo di trasporto, invece, si considera una spesa approssimativa di manutenzione pari a 1.500,00 €/y.

Per stimare le ore di funzionamento dei mezzi nel periodo utile, si è assunto che la capacità lavoro del mezzo anfibio sia 5 t FW/h_{lav}, valore determinato dall'operazione di rotoimballatura; essa, infatti, è il passaggio limitante dell'intera filiera di raccolta, poiché la rotoimballatrice montata sull'anfibio è di piccole dimensioni (R 500/Z SUPER della WOLAGRI s.r.l., o similari) e quindi molto lenta nella formazione e legatura della balla. Il valore di 5 t FW/h_{lav}, inoltre, è stato corretto con un fattore moltiplicativo del 50 % (CL combinata effettiva); tale coefficiente di riduzione tiene conto dei numerosi tempi morti dovuti alle voltate, le manovre, i tempi di formazione e scarico della balla ecc. La capacità lavoro per il caricamento e trasporto della biomassa a un PS, invece, è stata stimata considerando il numero e la dimensione delle rotoballe e la superficie a disposizione per il loro spostamento. Si è considerato un peso specifico delle balle approssimativamente pari a 170 kg/m₃; considerando le loro dimensioni (Ø 57 cm X 63 cm), saranno prodotte rotoballe di circa 25 – 30 kg, in un numero che è in funzione del passaggio limitante di sfalcio/rotoimballatura. La superficie disponibile per lo spostamento della biomassa al PS tiene conto delle dimensioni della chiatta (4 m X 10 m), che può trasportare 306 balle (102

RISULTATI

balle/piano*3 piani), e della stiva della barca trainante, in grado di portarne 54 (18 balle/piano*3 piani). Secondo tale filiera, dunque, sarebbero trasportate 360 rotoballe per volta (circa 17 t FW/viaggio); assumendo che ogni viaggio comporti 40 minuti lavoro per il mezzo, si possono ricavare le ore effettive di lavoro per anno.

Alla luce del breve periodo utile (circa 440 h/y) e della ridotta capacità lavoro dell'anfibio, emerge che la filiera proposta non è in grado di provvedere alla raccolta di ulteriore biomassa nei tempi imposti per le operazioni di sfalcio; si stima che in un anno si possano asportare circa 1.092 t FW. La capacità lavoro espressa in ha/h_{lav}, poi, è in funzione della produttività dei canneti; dalle stime pare che la filiera possa gestire 57 e 85 ha/y di canneto, rispettivamente con produzione ottimale (23,8 t FW/ha) e attuale (12,9 t FW/ha).

Dai risultati, quindi, emerge che la lentezza della filiera associata al limitato periodo utile di raccolta limitano fortemente la capacità di gestione dell'area (le operazioni possono interessare solo pochi ettari rispetto al totale); pertanto, per estendere la superficie interessata e incrementare la quantità di biomassa da destinare all'utilizzo energetico, occorrerebbero un maggior numero di mezzi anfibi oppure un periodo utile più prolungato.

Da tutte le assunzioni e i calcoli fatti, si ricavano i costi fissi e variabili di raccolta, espressi in €/t FW; a tali spese vanno aggiunte quelle della manodopera (si è considerato un costo fisso di 35 €/h per operatore, moltiplicato per 3 unità lavoro) e del trasporto al PU (definiti come per la filiera con i mezzi agricoli) (tab.23).

Operazione	Macchinario	Costo (€/t FW)
Sfalcio + andanatura + rotoimballatura	Mezzo anfibio SOGEMI	€ 21,83
Lavoro manodopera	-	€ 42,00
Trasporto a PS	Bettolina trainata	€ 7,31
Trasporto a PU (10 km)	Trattore con rimorchio autocaricante	€ 18,75
Trasporto a PU (30 km)	Mezzi del contoterzista	€ 20,00
		=
Totale (PS)		€ 71,14
Totale (PU 10 km)		€ 89,89
Totale (PU 30 km)		€ 91,14

Tabella 23 - Calcolo dei costi di filiera, espressi sul tq, per la raccolta e il trasporto della canna palustre in zone non portanti (raccolta a novembre, 50% DW)

Dalle stime espresse sulla biomassa tal quale (FW) e dal suo contenuto in sostanza secca (DW), è possibile ricavare i costi di raccolta escludendo l'umidità; a parità di materiale tal quale rimosso, il costo complessivo di filiera in caso di trasporto del materiale sfalcato al PS e al PU (10 km e 30 km) ammonta rispettivamente a 142,27 €/t DW, 179,77 €/t DW,

RISULTATI

182,27 €/t DW (produttività attuale in zone non portanti, al 50% di sostanza secca) e 177,14 €/t DW, 224,72 €/t DW e 227,84 €/t DW (produttività ottimale, al 40% sostanza secca).

4.3.3.3. ANALISI COSTI-BENEFICI

Occorre premettere che i costi non tengono conto delle eventuali spese di pellettizzazione, briquetatura o trinciatura del materiale rimosso dalle Valli; le operazioni di processamento permettono di facilitare il trasporto e la gestione della biomassa ai fini dell'utilizzo energetico e pertanto andrebbero considerate nelle voci di costo complessivo. Tale lacuna non consente di operare dei confronti economici diretti con le altre biomasse disponibili sul mercato; comunque, a scopo informativo si forniscono alcuni dati aggiornati al 2010 (tab. 24 e tab.25).

Periodo	Materia prima (franco partenza ¹)	Contenuto idrico (%) e classe ²	Prezzo (€/MWh _t)	Prezzo ³ (€/t FW) (IVA esclusa)
Agosto-settembre	Stanghe e tronchi sramati di conifere e latifoglie, refili, cippato da segheria	25 (A1)	28,0	106,3 (85-124)
		35 (A2)	28,4	90,0 (80-100)
	cimali, tronchi di conifera con rami, ramaglie, scarti manutenzione del verde pubblico e privato	50 (B)	24,2	53,9 (50-56,5)
	sottoprodotti industria del legno (segherie)	35 (A2)	21,7	62,7 (59,4-63,8)

Tabella 24 - Prezzi del cippato in Italia nel 2010 (Antonini and Francescato, 2010)

¹Franco partenza significa che il prezzo di vendita non include i costi di trasporto. ²La classe, tra parentesi, è stabilita in base allo standard europeo per il cippato EN14961. ³I valori riportati sono quelli medi; tra parentesi sono indicati i valori minimi e massimi.

Paese	Prezzo (€/sacco di 15 kg) ¹	Prezzo (€/MWh _t) ²	Prezzo (€/t) ^{1,3}
Italia	3,8 (3,6-4)	53,9	253
	con autobotte (2-12 t) ⁴	50,7	238,3 (230-245)
Germania	4,6 (4,45-4,75)	65,2	306
	con autobotte (2-12 t)	47,6	223 (212-235)
Austria	3,6 (3,55-3,63)	50,9	239,3
Slovenia	2,7	38,3	180
Svizzera	5,0 (4,7-5,30)	75,1	336 (318-353)
	con autobotte (2-18 t)	65,0	305 (282-339)

Tabella 25 - Prezzi del pellet in sacchi da 15 kg riferiti al periodo settembre-ottobre 2010 (Antonini and Francescato, 2010)

¹Il valore riportato è quello medio; tra parentesi sono indicati i valori minimi e massimi. ²Dalla combustione di 1 t di pellet si ottengono 4,7 MWh termici. ³Iva esclusa. ⁴Il prezzo di riferimento si

RISULTATI

riferisce al conferimento di pellet con autobotte per quantità acquistate dal cliente da un minimo di 2 a un massimo di 12 t.

Un'eccezione è rappresentata dagli impianti a combustione alimentati direttamente con rotoballe tq, che consentirebbero di risparmiare ulteriori spese di processamento; a tal riguardo, è emerso che il prezzo di caldaie di questo tipo per il recupero dell'energia termica è di circa 80.000 € (450 kW), a cui vanno sommate le spese di trasporto - installazione, quelle per l'acquisto di filtri e sistemi di smaltimento delle ceneri prodotte (Overdahl Energy ApS, 2012).

Secondo le stime economiche effettuate (tab.26), i minori costi di gestione dei canneti (€/ha) si avrebbero nelle zone non portanti; il risultato non deve sorprendere, poiché si presume che, a differenza dei macchinari agricoli, il mezzo anfibio non sia in grado di provvedere alla gestione di superfici estese (la sua capacità lavoro combinata è limitante).

Area	Produttività (t DW/ha)	Costi di gestione SIC (€/ha)		
		Trasporto biomassa a PS	Trasporto biomassa a PU (10 km)	Trasporto biomassa a PU (30 km)
Canneti portanti	9,43	2.975,00	3.421,25	3.451,00
Canneti non portanti	6,41	917,66	1.159,54	1.175,66
	9,43	1.689,50	2.134,81	2.164,50

Tabella 26 - Stima dei costi di gestione dei canneti vallivi

Se fossero richiesti altri mezzi e ulteriore manodopera per la gestione dei canneti non portanti, i costi di raccolta (€/ha) aumenterebbero; per tale ragione è opportuno verificare se la filiera proposta (tre operatori, un mezzo anfibio e una chiatta trainata da una barca motorizzata) è già in grado di compiere la gestione dell'intera superficie non portante.

Alla luce dell'attuale produttività dei canneti, delle filiere proposte e del PUT imposto dal Parco, risulta che le operazioni possono interessare circa 85 ha dei 352 ha non portanti e l'intera estensione di quelle portanti (circa 35 ha); tuttavia, la superficie globale da gestire si riduce a circa 97 ha/y se si rispettano i vincoli conservazionistici, di cui 88 ha/y in zone non portanti e 9 ha/y in zone portanti, estensioni in linea con la capacità della filiera proposta. Alla luce di queste considerazioni, quindi, pare che la gestione dei canneti ancora intatti non richieda l'acquisto di altri mezzi oltre a quelli proposti; al contrario, sarebbe opportuno valutare se e quanto sia economicamente sostenibile l'ipotesi di incrementare la produzione di biomassa allo scopo di ampliare le potenzialità energetiche del sito. La

RISULTATI

maggior quantità di biomassa da valorizzare, infatti, comporterebbe un aumento di costi legato alle necessità di potenziamento della filiera di raccolta.

Verificato il corretto “dimensionamento” della filiera, poi, è opportuno fare delle considerazioni in merito alle spese di gestione dei canneti del sito. Operando un confronto con il passato, si può notare che i finanziamenti regionali erogati nell’ambito dell’ultimo PSR (390 €/ha) erano inferiori a quelli richiesti per la realizzazione della filiera proposta; nella più economica delle situazioni (trasporto al PS della biomassa raccolta nei canneti non portanti), occorrerebbe una cifra più che doppia (917,66 €/ha). Per tale ragione sarebbe opportuno rivolgere l’attenzione alla valorizzazione energetica della biomassa raccolta, alla luce dell’interessante sistema nazionale di incentivi per l’energia elettrica da fonti rinnovabili (D.M. 06 luglio 2006). Inoltre, in futuro andrebbe valutata anche la possibilità di usufruire degli incentivi del “Conto Termico” per lo sviluppo del settore termico delle rinnovabili (D.M. 28/12/12), di recente emanazione e non considerato nel presente studio.

Nella tab.27 sono mostrate varie possibilità di incentivazione dell’energia elettrica prodotta tramite valorizzazione termochimica (CHP) o DA delle biomasse. I dati mettono in luce la differenza tra i benefici dell’incentivo e i costi di raccolta di *P. australis* nelle Valli, stimando il margine di guadagno per MWh_{el} generato da un impianto pre-esistente; le stime ipotizzate interessano i canneti portanti e non portanti, in quest’ultimo caso distinguendo tra produttività attuale e ottimale. Per ciascuna possibilità si è calcolato il costo di produzione dell’energia (€/MWh_{el}), comparandolo con due diverse ipotesi di incentivazione:

- vecchio sistema incentivante (SI) per gli impianti a biomasse e biogas di potenza < 1 MW_{el}, entrati in esercizio entro il 31/12/2012, che prevedeva tariffa omnicomprensiva (To) di 0,28 €/kWh;
- nuovo SI, che prevede la differenziazione delle Tb (Tariffe base) in funzione della tipologia d’impianto (alimentato a biomasse o biogas), della sua taglia di potenza e dell’utilizzo di prodotti, sottoprodotti di origine biologica (rispettivamente PB e SPB) o rifiuti (R). A tal riguardo, la definizione legislativa della biomassa è di fondamentale importanza per definire la tariffa incentivante; pertanto, essa deve essere valutata attentamente secondo ciò che dispone il D.M. 06 luglio 2012, a cui si rimanda. Il nuovo sistema prevede, inoltre, dei premi aggiuntivi per gli impianti in assetto cogenerativo ad alto rendimento e/o con la riduzione delle emissioni; in tab.27 sono mostrate le varie opzioni di incentivazione (premio min ÷ premio max).

RISULTATI

Occorre precisare che il calcolo dei costi dell' E_{el} prodotta si riferisce solo alle spese di conferimento della biomassa a un impianto già esistente (acquisto e trasporto del materiale); infatti non si è tenuto conto dei costi di costruzione, gestione e manutenzione dell'impianto di valorizzazione, dell'eventuale gestione di ceneri e fumi prodotti (tasse di smaltimento, filtri, ecc.), costi ausiliari, ecc. (Caputo et al., 2005).

Per ipotizzare delle stime economiche (tab.27), si sono considerati impianti aventi potenza $< 1 \text{ MW}_{el}$ (già in funzione e sostenuti dal vecchio SI) e impianti di nuova realizzazione con potenza inferiore a 200 KW_{el} (biogas) e 400 KW_{el} (biomasse). Secondo il nuovo meccanismo di incentivazione, infatti, agli impianti di tali dimensioni realizzati con procedure a evidenza pubblica da amministrazioni pubbliche, è concesso l'accesso diretto all'incentivo, senza obbligo di iscrizione ad appositi registri che si devono attenere a dei contingenti annuali di potenza (D.M. 06 luglio 2012).

RISULTATI

Area	t FW/ha (% DW)	Trasporto	Fattore di conversione (MWh _{el} /t DW)	Costo E impianto esistente (€/MWh _{el})	Benefici da incentivi nazionali (euro/MWh _{el})				Δ€/MWh _{el} (Vecchio SI)	Δ€/MWh _{el} (PB)	Δ€/MWh _{el} (SPB/R1)	Δ€/MWh _{el} (R2)
					Nuovo SI (impianto < 200 KW _{el})		R2					
					VSI (< 1 MW _{el})	PB	SPB e R1	R2				
P	23,8 (40 %)	PS PU (10 km) PU (30 km)		439	To (Tb + premi min + max) = 180 + 250	To (Tb + premi min + max) = 236 + 276	To (Tb + premi min - max) = 216 + 256		-159	-259 + -189	-203 + -163	-223 + -183
				505					-225	-325 + -255	-269 + -229	-289 + -249
				509					-229	-329 + -259	-273 + -233	-293 + -253
np	12,9 (50 %)	PS PU (10 km) PU (30 km)	0,71 (η _{el} = 0,42)	200	To = 280				80	-20 + 50	36 + 76	16 + 56
				252					28	-72 + 2	-16 + 24	-36 + 4
				256					24	-76 + 6	-20 + 20	-40 + 0
np	23,8 (40 %)	PS PU (10 km) PU (30 km)		249					31	-69 + 1	-13 + 27	-33 + 7
				315					-35	-135 + 65	-79 + -39	-99 + -59
				320					-40	-140 + 70	-84 + -44	-104 + -64

Area	t FW/ha (% DW)	Trasporto	Fattore di conversione (MWh _{el} /t DW)	Costo E impianto esistente (€/MWh _{el})	Benefici da incentivi nazionali (euro/MWh _{el})				Δ€/MWh _{el} (Vecchio SI)	Δ€/MWh _{el} (PB)	Δ€/MWh _{el} (SPB/R1)	Δ€/MWh _{el} (R2)	
					Nuovo SI (< 400 KW _{el})		R2						
					VSI (< 1 MW _{el})	PB	SPB e R1	R2					
P	23,8 (40 %)	PS PU (10 km) PU (30 km)		313	To (Tb + premi min - max) = 229 + 299	To (Tb + premi min - max) = 257 + 327	To (Tb + premi min - max) = 174 + 184			-33	-84 + -14	-56 + 15	-139 + -129
				359						-79	-130 + -60	-102 + -32	-185 + -175
				363						-83	-134 + -64	-106 + -36	-189 + -179
np	12,9 (50 %)	PS PU (10 km) PU (30 km)	1,00 (η _{el} = 0,2)	142	To = 280					138	87 + 157	115 + 185	32 + 42
				180						100	49 + 119	77 + 147	-6 + 4
				182						98	47 + 117	75 + 145	-8 + 2
np	23,8 (40 %)	PS PU (10 km) PU (30 km)		177						103	52 + 122	80 + 150	-3 + 7
				225						55	4 + 74	32 + 102	-51 + -41
				228						52	1 + 71	29 + 99	-54 + -44

Tabella 27 - Stime costi-benefici (Δ€): a) Digestione anaerobica; b) Valorizzazione termochimica

RISULTATI

(*) p = Canneti portanti; np = Canneti non portanti; η_{el} = Rendimento elettrico del cogeneratore; VSI = Vecchio sistema incentivante; To = Tariffa Omnicomprensiva; Tb = Tariffa base; PB = Prodotti di origine Biologica; SPB = Sottoprodotti di origine Biologica (tab. 1-A D.M. luglio 2012); R1 = Rifiuti non provenienti da raccolta differenziata diversi da R2; R2 = Rifiuti per i quali la frazione biodegradabile è determinata forfettariamente con le modalità di cui all'all. 2 del D.M. luglio 2012.

Dai calcoli si nota che nelle zone non portanti il costo unitario dell'energia prodotta (€/MWh_{el}) è maggiore per le zone più produttive (t 23,8 FW/ha), poiché al momento della raccolta (novembre) la biomassa presentava il 10% in meno di sostanza secca rispetto ai canneti con minor produttività (12,9 t FW/ha). A parità di peso secco (DW) rimosso, invece, il costo dell'energia per ciascuna filiera non varia in funzione della produzione di biomassa; per tale ragione è opportuno valutare attentamente il periodo di raccolta. Alla luce delle considerazioni fatte finora, si precisa che la maggior produttività dei canneti comporta un incremento delle potenzialità energetiche del sito (MWh/y), che per essere sfruttate appieno richiedono una filiera in grado di gestire tutta la biomassa disponibile. L'incremento dei costi gestionali legato alla maggior quantità di materiale da valorizzare (acquisto di ulteriori mezzi per la raccolta, manutenzione, ecc.) dovrebbe essere motivato dall'aumento dei ricavi, ma è opportuno valutare la sostenibilità degli investimenti in funzione del sistema incentivante vigente.

Dalle stime in tab.27 pare che la filiera di raccolta con i mezzi anfibi possa consentire un certo margine di guadagno (benefici - costi), in funzione della definizione legislativa attribuita alla biomassa da valorizzare; al contrario, la gestione dei canneti portanti tramite mezzi agricoli sembrerebbe economicamente non sostenibile, anche se ciò risente della soggettività dei dati forniti dall'agricoltore. I margini di guadagno maggiori si hanno nel caso dei sottoprodotti (SPB) e dei rifiuti non provenienti da raccolta differenziata (R1) diversi da R2, previo accesso a tutti i premi disponibili; tuttavia, l'incentivo più alto in assenza di premi rimane quello del vecchio sistema incentivante, non applicabile ai nuovi impianti. Nel caso della valorizzazione termochimica, i margini di guadagno della filiera con anfibio sono tutti positivi, con un massimo di 185 €/MWh_{el} (SPB/R1 e trasporto al punto di stoccaggio) e un minimo prossimo allo zero (PB e trasporto a 30 km); la digestione anaerobia, invece, pare non essere un'opzione economicamente valida (quasi tutti i valori sono negativi).

Il margine di guadagno di ogni opzione, espresso in €/MWh , può poi essere riferito all'intera area da gestire; il fattore di conversione corrisponde al potenziale energetico

RISULTATI

annuale del sito (MWh/year), definito sulla base delle superfici di sfalcio disponibili e in accordo col regolamento del Parco (tab.28).

Proc.	MWh _{el} /y	Trasporto	Δ€/y (VSI)*	Δ€/y (PB)*	Δ€/y (SPB/R1)*	Δ€/y (R2)*
DA	461,02	PS	9.948	-32.373 ÷ -3.652	-9.396 ÷ 7.016	-61.029 ÷ -52.659
		PU (10 km)	-15.102	-57.423 ÷ -28.702	-34.446 ÷ -18.034	-86.079 ÷ -77.709
		PU (30 km)	-16.771	-59.093 ÷ -30.371	-36.116 ÷ -19.704	-87.749 ÷ -79.378
VT	647,21	PS	47.807	14.416 ÷ 51.294	29.167 ÷ 66.046	-60.604 ÷ -57.982
		PU (10 km)	22.757	-10.634 ÷ 26.244	4.117 ÷ 40.996	-85.654 ÷ -83.032
		PU (30 km)	21.087	-12.303 ÷ 24.575	2.448 ÷ 39.326	-87.323 ÷ -84.701

Tabella 28 - Margini di guadagno per la produzione di energia elettrica da filiera locale, nel rispetto dei vincoli imposti dall'Ente Parco (produttività attuale dei canneti). I margini sono stati calcolati considerando le varie possibilità di incentivazione (tariffa omnicomprensiva + eventuali premi); come previsto dal decreto, per R2 è stata considerata una quota di energia elettrica rinnovabile incentivata pari al 51% del totale immesso in rete

(*) Costi - benefici al netto degli autoconsumi (assorbimenti ausiliari, perdite di linea e trasformazione): vecchio sistema incentivante (biogas 10 %; biomasse 15 %), nuovo sistema incentivante (forfait da D.M. 06 luglio 2012 - biogas 11 %; biomasse 17 % per PB, SPB e R1, 19% per R2).

Gli scenari economici ipotizzati in tab.28 tengono conto dei costi di raccolta e trasporto della biomassa, ad esclusione delle eventuali operazioni di processamento diverse dalla rotoimballatura; essi, poi, fanno riferimento alla quota di energia prodotta effettivamente incentivata, come previsto dal decreto. I risultati confermano l'insostenibilità della digestione anaerobica, poiché nella maggior parte dei casi si hanno margini di guadagno negativi. Al contrario, la valorizzazione termochimica potrebbe suscitare un certo interesse: infatti le stime, che si riferiscono alla sola combustione della canna palustre, mettono in evidenza un margine massimo prossimo a 60.000 €/y (SPB/R1 con trasporto della biomassa al punto di stoccaggio). Questo valore, tuttavia, corrisponde al caso ideale, difficilmente riproducibile poiché tiene conto di tutti i premi disponibili e sottintende alle condizioni previste per la classificazione della biomassa quale sottoprodotto o rifiuto non proveniente da raccolta differenziata diverso da R2. Alla luce dei nuovi incentivi, dunque, l'obiettivo primario è quello di ottenere la definizione di sottoprodotto proveniente dalla gestione del verde e da attività forestale (D.M. 6 luglio/12; Rotundo, 2012), che permetterebbe la remunerazione maggiore tra quelle elencate; in virtù dei vincoli di rimozione della biomassa

RISULTATI

imposti dal Parco, tale materiale dovrebbe essere classificato come residuo del servizio principale di gestione degli habitat naturali.

Comparando queste stime con la spesa pubblica di manutenzione dei canali vallivi nel solo 2011 (circa 115.000,00 €; Provincia di Mantova – settore Ambiente, 2011), si scopre che il margine di guadagno non è in nessun caso sufficiente a coprire i costi di gestione delle Valli; tuttavia, la filiera di raccolta avvierebbe un processo virtuoso che apporterebbe dei benefici al sito.

I ricavi derivanti dagli incentivi permettono di pianificare la gestione dei canneti vallivi con lungimiranza. La remunerazione dell'energia potrebbe servire per coprire i vari costi di mantenimento della filiera e per eventuali investimenti:

- finanziamento di un nuovo impianto a biomasse o biogas per la valorizzazione del materiale rimosso;
- acquisto di nuovi mezzi per il condizionamento della biomassa (trinciatura, pellettizzazione, briquettatura, ecc.) e per la gestione del sito;
- ripristino di alcune porzioni vallive in stato di degrado (recupero del sistema di regolazione idraulico).

E' bene precisare che nell'ipotesi di conferimento della biomassa a un impianto già in esercizio, il margine di guadagno sarebbe destinato a finanziare l'impianto stesso per il periodo di vita utile (l'ammortamento è di 15 anni, corrispondente alla durata degli incentivi).

Il nuovo sistema incentivante, invece, prevede 20 anni di vita utile; pertanto, moltiplicando questo periodo per i margini stimati in tab.28., si ottiene l'ammontare dei guadagni in 20 anni di gestione dei canneti. Per esempio, ipotizzando che per alimentare parzialmente un nuovo impianto a biomasse di 300 KW (CHP), situato a 10 km dal PS, si voglia utilizzare la biomassa raccolta nei canneti vallivi (ipotesi del sottoprodotto), si avrebbe un guadagno ventennale di € 82.340 ÷ 819.920 dovuto al solo utilizzo di *P. australis*; la stima, però, non tiene conto della decurtazione annuale dell'incentivo.

In termini di paragone, si potrebbe confrontare questa cifra con i prezzi delle caldaie, o di apparecchi per la trinciatura, briquettatura, ecc., al fine di valutare la sostenibilità economica dell'investimento; lo stesso può esser fatto con le spese per il ripristino del sistema di regimazione idraulico vallivo, che consentirebbe di migliorare lo stato degli habitat palustri. A tal riguardo, la tab.29 offre delle stime di costo per alcune operazioni di recupero e/o gestione delle Valli; da questa si evince che la cifra totale

RISULTATI

richiesta per gli interventi potrebbe essere coperta, in parte, dai ricavi ventennali della filiera di raccolta della canna palustre.

Azione	Tipo di costi	Commenti	Costi (€)
Ripristino area	Spesa straordinaria di intervento	Creazione di arginature e sistemi di canalizzazione, messa in opera di paratoie, ecc. per la completa regimazione delle acque	750.000
Posa in opera di tele idrometri, misuratori di portata e sonde multi parametriche	Spesa straordinaria di intervento	Gestione dei deflussi e controllo della qualità delle acque, con l'ausilio di 2 sonde multi parametriche (foce Goldone e foce Osone) e 2 tele idrometri (centro Parco Rivalta e a valle della Riserva)	80.000
Manutenzione straordinaria dei canali	Spesa straordinaria di intervento, da sommare alle attuali spese ordinarie di manutenzione	Interventi di una certa entità, riguardanti la rimozione di sedimento e la sgarbatura dei canali. Si ritiene che 5 anni sia un tempo sufficiente per ripristinare la funzionalità valliva (90.000 euro/anno per 5 anni)	450.000
Manutenzione ordinaria annuale dei canali	Spesa ordinaria annuale post-interventi straordinari	Interventi più lievi che si ritengono necessari per mantenere le Valli in uno stato di salute accettabile. I costi previsti sono inferiori di quelli attualmente destinati per la manutenzione ordinaria, in quanto si auspica che gli interventi straordinari e le azioni a livello di bacino (incremento della portata del Mincio, applicazione delle Buone Pratiche Agricole, ecc.) possano ridurre in futuro gli apporti di sedimenti al sito.	40.000
Pianificazione e coordinamento gestionali degli sfalci della vegetazione elofitica	Spesa ordinaria annuale	Figura di coordinamento (consulente professionista) che dovrebbe pianificare la gestione dell'area, che competerà a operai specializzati (ente Parco o pubblica amministrazione) e privati agricoltori.	50.000
TOTALE			= 1.370.000

Tabella 29 - Stima dei costi di alcune operazioni per il ripristino/gestione delle Valli del Mincio. (fonte: sig. Benasi, agricoltore locale; piano di gestione del SIC)

5. CONCLUSIONI

La gestione delle “Valli del Mincio”, una delle zone umide interne più estese d’Italia (1.426 ha), oggi costituisce un problema, nonostante vanti vari riconoscimenti di tutela nazionali e internazionali per le sue peculiarità territoriali. Una serie di concause, soprattutto socio-economiche, hanno contribuito alla perdita di centralità dell’area nel

RISULTATI

tempo, rischiando la scomparsa. Infatti, a causa del loro stato di abbandono, le Valli sono minacciate dal rischio di interrimento e dall'incremento dei livelli eutrofici; la mancata rimozione della biomassa necrotica promuove tutti questi fenomeni. Al momento l'estensione del sito, escluse le aree cementificate e quelle dei bacini idrici, è di circa 1180 ha (Area di studio), all'interno del quale sono presenti zone a seminativo (circa 300 ha), prati stabili (circa 120 ha) e infine paludi interne e torbiere ancora intatte (circa 650 ha). In quest'ultima voce sono compresi i phragmiteti, l'habitat che ricopre la quota maggiore all'interno della Riserva (circa il 30 %, tra strisce ripariali e superfici di una certa estensione) e che, alla luce dell'elevata produttività, desta più preoccupazione per l'accumulo di materiale necrotico. A tal riguardo, l'utilizzo della biomassa per finalità energetiche potrebbe rappresentare un'opportunità di gestione sostenibile delle wetland, e apporterebbe benefici ambientali, sociali ed economici.

La sostenibilità economica della filiera di trasformazione energetica della canna palustre nelle Valli dipende dai vincoli imposti dall'Ente Parco, dalla produttività dei canneti, dai costi di raccolta, dal meccanismo di incentivazione. In passato venivano rimosse dall'area approssimativamente 22.500 t di canna palustre tal quale all'anno, secondo una logica di coltivazione comprensoriale dell'intera zona umida. Attualmente, tuttavia, la gestione condivisa delle Valli è ostacolata dalla frammentazione del comprensorio in più di 40 proprietà, il che richiede agli enti pubblici notevoli sforzi per sensibilizzare i proprietari al problema. Inoltre, i canneti vallivi rimasti intatti e utili ai fini della valorizzazione coprono circa 380 ha (*Phragmitetum* di studio); la caratterizzazione di tale estensione tramite strumenti geoinformatici ha messo in luce una notevole eterogeneità dei phragmiteti per ciò che riguarda il loro stato, l'omogeneità, la loro gestione, la portanza dei terreni e la regimazione idraulica, che ha complicato la stima della quantità di biomassa disponibile. Alla luce dell'estensione della Riserva, dunque, sarebbero opportuni degli approfondimenti per caratterizzare meglio il sito e definirne con accuratezza le potenzialità energetiche. Infatti, dallo studio emerge un'ampia variabilità tra le aree di saggio per ciò che riguarda la produttività, dovuta alla disomogeneità dell'area in esame; a novembre la massima produzione di biomassa nei canneti è stata di 1,01 kg DW/m², ma la stima non è rappresentativa dell'area in esame in virtù dell'esiguo numero di campioni prelevati. La produttività dei canneti dipende dalla qualità del suolo e dalle classi informali definite per la caratterizzazione dei canneti stessi. Per ciò che riguarda il primo fattore, le analisi dei campioni prelevati mostrano rapporti C/N compresi nel range 12-18, con misure legate alla storia gestionale delle singole aree di saggio; tuttavia lo studio non ha verificato un aumento

RISULTATI

di produttività dei canneti dovuto alla fornitura di nutrienti come l'N. Alcune delle classi informali proposte mostrano un effetto sia sulla produzione di biomassa sia sulla qualità del suolo e gli aspetti più interessanti sono legati alla gestione dei canneti, infatti laddove è stato possibile regolare i deflussi idrici e operare gli sfalci della biomassa (finora solo le zone portanti) sono stati riscontrati valori maggiori di produttività e un minor accumulo di C e N nel terreno. Purtroppo lo scarso numero di campioni e la ridondanza delle informazioni per ciascuna area di saggio non ha permesso l'individuazione di un indice gestionale affidabile, che avrebbe permesso una più semplice interpretazione dei risultati.

Per ciò che riguarda le potenzialità energetiche, la canna palustre sembra essere un buon combustibile, ma, a seconda dell'epoca di raccolta, altre vie sono possibili; per esempio, è stato dimostrato un potenziale massimo metanigeno (BMP) pari a $168 \text{ Nm}_3 \text{ CH}_4/\text{t TS}$, circa la metà di quello del silomais. Come produzione potenziale di biogas e cinetiche di degradazione, la canna palustre può essere assimilata alla lettiera avicola e alla paglia, anche alla luce della loro composizione lignocellulosica; pertanto, si può ipotizzare un suo utilizzo come matrice di co-digestione.

Si stima, poi, che la produzione ottimale di biomassa nei canneti ancora intatti sia di 913 t DW/y (secondo le disposizioni dell'Ente Parco) e 3.652 t DW/y (senza vincoli); tali stime aumentano rispettivamente a 2.794 e 11.177 t DW/y in caso di esondazione dell'area di studio. La gestione ottimale dei canneti del comprensorio secondo uno schema di intervento a mosaico, permetterebbe di generare 9.780 MWh_t (2.794 MWh_{el}) tramite combustione e 1.190 MWh_{el} tramite digestione anaerobia della biomassa. La produzione attuale, invece, tenuto conto dei vincoli imposti, ammonterebbe a 647 t DW/y, da cui si possono generare circa 2.265 MWh_t (647 MWh_{el}) con la combustione e 461 MWh_{el} con la digestione anaerobia. Con la produttività attuale, la filiera di raccolta proposta sarebbe in grado di provvedere alla gestione dell'intera superficie a canneto, come previsto dal regolamento del Parco meno di 100 ha/y.

Dal punto di vista economico, le stime di costo per raccolta e imballatura della canna palustre corrispondono a 125 €/t FW per le zone portanti e 71 €/t FW per quelle non portanti; le operazioni di trasporto e processamento, poi, contribuiscono al prezzo finale del prodotto. Secondo gli scenari immaginati, il costo per la gestione attuale dei canneti vallivi ammonterebbe a 2.975 €/ha nelle zone portanti e 918 €/ha in quelle non portanti; una maggiorazione si avrebbe all'aumentare della produttività, alla luce della necessità di potenziare la filiera di raccolta. Infine, considerando l'incentivazione dell'energia elettrica prodotta tramite combustione e digestione anaerobia della canna palustre, i margini di

RISULTATI

guadagno della filiera presentano un'ampia variabilità; in questo senso, è molto importante definire il periodo di raccolta poiché determinante per la quantità di sostanza secca valorizzabile, e categorizzare la biomassa dal punto di vista legale. Tra gli scenari immaginati, la digestione anaerobia non sembra essere economicamente sostenibile, mentre la combustione della biomassa come sottoprodotto presenta margini positivi che però non superano, in nessun caso, la cifra di 70.000 €/y. Comunque, i ricavi derivanti dalla remunerazione dell'energia elettrica prodotta potrebbero promuovere interventi di ripristino del sito o coprirne parzialmente i costi di gestione, avviando un percorso virtuoso per la cura delle Valli.

Da questo lavoro, dunque, si può concludere che la valorizzazione energetica dei canneti contribuirebbe a ridurre la perdita di centralità delle Valli del Mincio, apportando benefici ambientali, sociali ed economici. Tuttavia, sebbene abbia ricadute pubbliche, la decisione di avviare la filiera di raccolta della canna palustre nel sito non può prescindere né dall'Ente gestore né dai proprietari della Riserva, ed è comunque subordinata alla manifestazione di interesse da parte di qualche soggetto pubblico o privato.

BIBLIOGRAFIA

Aghashahi A.R., Nikkhah A. A comparison of silage and dried common reed (*Phragmites australis*) for finishing male calves. *Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Tehran University, Karaj, Iran.*

AGIRE (2009). Prova di combustione di canna palustre in una caldaia a biomasse da 100 kW. Prova eseguita per conto della provincia di Mantova - Ufficio Energia.

Allirand J.M. and Gosse G. (1995). An above-ground biomass production model for a common reed (*Phragmites communis* trin.) stand. *Biomass and Bioenergy Vol. 9. No. 6. pp. 44-448. 1995.*

Amministrazione provinciale di Mantova - assessore ambiente-ecologia (1984): Studio interdisciplinare finalizzato alla pianificazione della riserva naturale VALLI del MINCIO. Politecnico di Milano.

Amon, T., Bodiroza, V., Kryvoruchko, V., Machmüller, A., & Bauer, A. (2007). Energetische Nutzung von Schilfgras von extensiven Naturschutzflächen des Nationalparks Neusiedler See und Makrophyten des Neusiedler Sees (Energy use of common reed from extensive conservation grassland in the National Parc Neusiedler See and of macrophytes in the lake Neusiedler See). *Research Report, Vienna.*

Antongiovanni and Gualtieri (1998). Nutrizione e alimentazione animale. *Edagricole.*

Antonini and Francescato (2010). Prezzi di mercato per cippato, legna e pellet. *Supplemento A - L'Informatore Agrario - 40/2010.*

Barber, K.E. (1993). Peatlands as scientific archives of past biodiversity. *Biodiversity and Conservation 2, 474-489.*

Barko, J.W. and Smart, R.M. (1978). The growth and biomass distribution of two emergent freshwater plants, *Cyperus esculentus* and *Scirpus validus*, on different sediments. *Aquatic Botany 5: 109-117.*

Barko, J.W. and Smart, R.M. (1979). The nutritional ecology of *Cyperus esculentus*, an emergent aquatic plant, grown on different sediments. *Aquatic Botany 6: 13-28.*

Barz M., Ahlhaus M., Wichtmann W. (2006). Energetic Utilization of Common Reed for Combined Heat and Power Generation. *Use of Bioenergy in the Baltic Sea Region - Proceedings of the 2nd IBBC 2006, Stralsund, Germany p.168*

Beall, D. L. (1984). Brigantine Division - Marsh vegetation rehabilitation - chemical control of *Phragmites*. USFWS, 8 p.

Begg G.W. (1988). The wetlands of Natal. *Natal Town and Regional Planning Commission, Pietermaritzburg.*

- Belyea, L.R., Malmer, N. (2004). Carbon sequestration in peatland: patterns and mechanisms of response to climate change. *Global Change Biology* 10, 1043–1052.
- Bjork, S. V. E. N., & Granéli, W. (1978). Energy reeds and the environment. *Ambio*, 7, 150-156.
- Borin M. (eds), 2004. Fitodepurazione - Soluzioni per il trattamento dei reflui con le piante. *Edagricole*.
- Bragato C., Brix H., Malagoli M. (2006). Accumulation of nutrients and heavy metals in *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel and *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla in a constructed wetland of the Venice lagoon watershed. *Environmental Pollution* 144; 967-975.
- Bragg, O., Lindsay, R. (Eds.), 2003. Strategy and Action Plan for Mire and Peatland Conservation in Central Europe Wetlands International. *Wageningen, The Netherlands*.
- BRASCA – UK: Broads Reed and Sedge Cutters Association. <http://www.norfolkreed.co.uk>
- Bridgewater A.V. (1995). The technical and economic feasibility of biomass gasification for power generation. *Fuel* 74, 631.
- Brix H. (1993). Macrophyte-Mediated Oxygen Transfer in Wetland: Transport Mechanisms and Rates. In Moshiri G.A. (ed): *Constructed wetland for water quality improvement*, pp. 391-398.
- Brix H. (1997). Do macrophytes play a role in constructed wetland treatments? *Wat. Sci. Tech*, 35 (5), 11-17.
- Brix, H., & Schierup, H. H. (1989). The use of aquatic macrophytes in water-pollution control. *Ambio. Stockholm*, 18(2), 100-107.
- Brown L. (2009). Plan B 4.0. Mobilizing to save civilization. *Earth Policy Institute*.
- Caffaz S., Ficara E., Giordano A., 2007: La digestione anaerobica: i metodi di misura della biodegradabilità. In *“Biogas da frazioni organiche di rifiuti solidi urbani in miscela con altri substrati”*. Editori: Vismara R., Malpei F., Politecnico di Milano/Consorzio Italiano Compostatori.
- Campbell J. E., Lobell, D. B. and Field C. B. (2009). Greater Transportation Energy and GHG Offsets from Bioelectricity than Ethanol. *Science*, vol.324, pp. 1,055–57; *DOE and USDA, op. cit. note 97, pp. i–ii*.
- Caputo A.C., Palumbo M., Pelagagge P.M., F. Scacchia F. (2005). Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables. *Biomass Bioenergy* 28, 35 (2005).

- Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., & Smith, V. H. (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological applications*, 8(3), 559-568.
- Casale F. (2000): Cause di perdita e di degrado delle zone umide in Europa. In: Bernardoni A. e Casale F. (a cura di). Atti Conv. Zone umide d'acqua dolce, Tecniche e strategie di gestione della vegetazione palustre. Regione Lombardia e Comune di Ostiglia. *Quad. Ris. Nat. Paludi di Ostiglia 1: 21-28*.
- Casale F., Dellavedova R., Lenna P., Perracino M., Rampa A. (2008). Atlante dei SIC della Lombardia.
- Castelli (a cura di), 2011. Biomasse per la produzione di energia. Produzione, gestione e processi di trasformazione. *Ambiente & Territorio*.
- Chapin III, F. S., Schulze, E. D., & Mooney, H. A. (1990). The ecology and economics of storage in plants. *Annual review of ecology and systematics*, 423-447.
- Clevering, O. A., & Lissner, J. (1999). Taxonomy, chromosome numbers, clonal diversity and population dynamics of *Phragmites australis*. *Aquatic Botany*, 64(3), 185-208.
- Commissione Europea per l'ambiente, 2000: La gestione dei siti della rete Natura 2000 – Guida all'interpretazione dell'articolo 6 della direttiva "Habitat" 92/43/CEE.
- Concheri G. and Stellin F. Analisi Elementare Strumentale: aspetti generali di funzionamento di un analizzatore elementare "vario MACRO". *Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente (DAFNAE) - Università degli Studi di Padova*.
- Koppar A., & Pullammanappallil P. (2008). Single-stage, batch, leach-bed, thermophilic anaerobic digestion of spent sugar beet pulp. *Bioresource technology*, 99(8), 2831-2839.
- Costanza R., d'Arge R., De Groot R., Farberk S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R. V., Paruelo J., Raskin R. G., Suttongk P. and van den Belt M. (2007). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *NATURE | VOL 387 | 15 MAY 1997*.
- Couwenberg, J. (2007). Biomass energy crops on peatlands: on emissions and perversions. *IMCG Newsletter 2007/3: 12-14*.
- Cross D. H. and K. L. Fleming (1989). Control of *Phragmites* or common reed. *U. S. Fish and Wildlife Leaflet 13.4.12. 5pp*.
- Crutzen P.J. et al. (2008). N₂O Release from Agro-biofuel Production Negates Global Warming Reduction by Replacing Fossil Fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol.8, pp. 389–95.
- Cuizzi D. (2005). Progetto LIFE-Natura 2000/IT7161 – Paludi di Ostiglia. Gestione delle zone umide e conservazione attiva degli habitat e delle specie di importanza comunitaria.

D'Antoni S. e Natalia M.C. (2010). Sinergie fra la Direttiva Quadro sulle Acque e le Direttive Habitat e Uccelli per la tutela degli ecosistemi acquatici con particolare riferimento alle Aree Protette, Siti Natura 2000 e Zone Ramsar. Aspetti relativi alla Pianificazione. *Rapporti ISPRA 107/2010*.

D'Antoni S., Battisti C., Cenni M. e Rossi G.L. (a cura di), 2011 – Contributi per la tutela della biodiversità delle zone umide. *Rapporti ISPRA 153/11*.

Dall'Acqua A. (2003): Giunchi e fili di seta – Rivalta sul Mincio. Società ed economia della valle.

De Groot R.S., Stuij M.A.M., Finlayson C.M. and Davidson N. (2006). Valuing wetlands: guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services. *Ramsar Technical Report No. 3/CBD Technical Series No. 27, pp 46. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland & Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada*.

De Groot, R. S. (1992). Functions of Nature: Evaluation of Nature in Environmental Planning. *Management and Decision Making, Wolters-Noordhoff, Groningen, The Netherlands*.

Den Hartog, C., Kvet, J., & Sukopp, H. (1989). Reed. A common species in decline. *Aquatic Botany*, 35(1), 1-4.

Doornbosch R. and Steenblik R. (2007). Biofuels: is the cure worse than the disease? Round Table on Sustainable Development – OECD – Paris, 11-12 September 2007.

Duke, J.A. (1998). Handbook of energy crops: *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. Center for New Crops and Plants Products. Purdue University, West Lafayette, IN. http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/phragmites_australis.html. 5 p.

Eggesmann, R. (1986). Subsidence of peatland caused by drainage, evaporation and oxidation. In: *Proceedings of the Third International Symposium on Land Subsidence, 1984, Venice, Italy. IAHS Publication no. 151, Washington, DC and Wallingford, Oxon, UK. pp. 497–505*.

Engloner, A. I. (2004). Annual growth dynamics and morphological differences of reed (*Phragmites australis* [Cav.] Trin. ex Steudel) in relation to water supply. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 199(3), 256-262.

European Commission (2010). Communication from the Commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions. Options for an EU vision and target for biodiversity beyond 2010. Available from:

http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/policy/pdf/communication_2010_0004.pdf.

Fabbri, Soldano, Moscatelli, Piccinini (2012). Biomassa, come si calcola il suo valore economico. *Supplemento A L'informatore Agrario 40/2012*.

Farrell A.E., Gopal A.R. (2008) - Bioenergy Research Needs for Heat, Electricity, and Liquid Fuels. Resources - Biomass and biofuels. *MRS BULLETIN • VOLUME 33 • APRIL 2008 • www.mrs.org/bulletin • Harnessing Materials for Energy*.

Gaudig, G. and Joosten, H. (2002). Peat moss (*Sphagnum*) as a renewable resource – an alternative to *Sphagnum* peat in horticulture. In: *Schmilewski, G. & Rochefort, L. (eds.): Peat in horticulture. Quality and environmental challenges. International Peat Society, Jyväskylä, 117- 125*.

German Council for Sustainable Development (2008). Conserving biodiversity now means: Making biomass production sustainable. *Texte Nr. 21 (2008) 32 p, Rat für Nachhaltige Entwicklung, www.nachhaltigkeitsrat.de*.

Giardini L. (2002). *Agronomia generale ambientale e aziendale - V edizione*.

Granèli W. (1984). Reed *Phragmites australis* (CAV.) TRIN ex STEUDEL as an energy source in Sweden. *Biomass, Barking, 4: 183--208*.

Granèli W. (1989). Influence of standing litter on shoot production in reed, *Phragmites australis* (CAV.) TRIN ex STEUDEL. - *Aquat. Bot., Amsterdam, 35: 99--109*.

Granèli W. (1990). Standing Crop and Mineral Content of Reed, *Phragmites australis* (CAV.) Trin. ex STEUDEL, in Sweden - Management of Reed Stands to Maximize Harvestable Biomass. *FOLIA GEOBOTANICA ET PHYTOTAXONOMICA, 25, 1990*.

Granèli W., E.B. Weisner S. and D. Sytsma M. (1992). Rhizome dynamics and resource storage in *Phragmites australis*. *Wetlands Ecology and Management vol. 1 no. 4 pp. 239-247 (1992)*.

Gray K.A., Zhao L. and Emptage M. (2006). Bioethanol. *Current Opinion in Chemical Biology 2006, 10:141–146*.

Hagerdal B.H., Galbe M., Gorwa-Grauslund M.F., Lidén G. and Zacchi G. (2006). Bio-ethanol – the fuel of tomorrow from the residues of today. *TRENDS in Biotechnology Vol.24 No.12*.

Hàjek M., Horsák M., Hájková P., Dítě, D. (2006). Habitat diversity of central European fens in relation to environmental gradients and an effort to standardize fen terminology in ecological studies. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 8,97–114*.

Hampicke U. (2010). *Grenzen des Wachstums energetischer Biomassenutzung*.

Hansen et al. (2004). Methods for determination of methane potentials of solid organic wastes. *Waste Management, 24,393-400*.

Hansson and Fredriksson, 2004: Use of summer harvested common reed (*Phragmites australis*) as nutrient source for organic crop production in Sweden. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 102 (2004) 365-375.

Harrington, H.D. (1964). Manual of the plants of Colorado. *Sage Books, Denver, CO.* 666 p.

Haslam, S. M. (1970). The performance of *Phragmites communis* Trin. in relation to water supply. *Ann. Bot. N. S.* 34:867-877.

Helbig S. (2009): Biogas production from Common Reed in Mariental. A Pre-Feasibility Study, June 2009. *Desert Research Foundation of Namibia.*

Hocking J.P. (1989). Seasonal Dynamics of Production, and Nutrient Accumulation and Cycling by *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Stuedel in a Nutrient-enriched Swamp in Inland Australia. I. Whole Plants. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 1989, 40, 421-44.

http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/barometer/index_en.htm

http://www.novozymes.com/en/about-us/brochures/Documents/Cellulosic_ethanol_biorefineries.pdf

http://www.ors.regione.lombardia.it/cm/pagina.jhtml?param1_1=N12de0b2c36bd015951e

<http://www.parcodelmincio.it/albOnline/2011/PRMINdocumento7285.pdf>

<http://www.ramsar.org>

IEA report World Energy Outlook 2010.

IPCC (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2: Energy.

Jansen, A.J.M., Grootjans, A.P., Jalink, M.H., 2000. Hydrology of Dutch Cirsio-Molinietum meadows: prospects for restoration. *Applied Vegetation Science* 3, 51–64.

Jeppe Kjaergaard, richiesta di costi (2012). <http://www.overdahl.co.uk>.

Johannsen K, Liljequist K, Ohlander L, Aleklett K. (2010). Agriculture as provider of both food and fuel, *AMBIO* 39 (2010) 91 – 99.

Joosten H., Clarke D. (2002). Wise Use of Mires and Peatlands. *International Mire Conservation Group & International Peat Society NHBS Ltd., Totnes.*

Joosten, H. (2009). The Global Peatland CO₂ Picture. Peatland status and drainage related emissions in all countries of the world. *Wetlands International, Ede.* 35 pp.

Joosten, H. and Augustin, J. (2006). Peatland restoration and climate: on possible fluxes of gases and money. In: *Bambalov, N.N. (ed.): Peat in solution of energy, agriculture and ecology problems. Tonpik, Minsk, pp. 412 - 417.*

- Jordan T.E., Whigam D.F., and Correll D.L. (1990). Effects of nutrient and litter manipulations on the narrow-leaved cattail, *Typha angustifolia* L. *Aquatic Botany* 36: 179–191.
- Kammen D.M., Farrell A.E., Plevin R.J., Jones A.D., Delucchi M.A. (2007) in OECD Research Round Table: Biofuels: Linking Support to Performance. S.Perkins, Ed. (*Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris, 2007*), p. 28.
- Kankaala, P., Ojala, A., & Käki, T. (2004). Temporal and spatial variation in methane emissions from a flooded transgression shore of a boreal lake. *Biogeochemistry*, 68(3), 297-311.
- Karunaratne S., Asaeda T., Yutani K. (2003). Growth performance of *Phragmites australis* in Japan: influence of geographic gradient. *Environmental and Experimental Botany* 50 (2003) 51_66.
- Kask U. (2007). Reed as energy resource in Estonia. In I. Ikonen and E. Hagelberg, (eds). Read up on Reed! Southwest Finland Regional Environment Centre.
- Klimkowska et al. (2010). Prospects for fen meadow restoration on severely degraded fens. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 12 (2010) 245–255.
- Klimkowska, A., Van Diggelen, R., Bakker, J.P., Grootjans, A.P. (2007). Wet meadow restoration in Western Europe: a quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* 140, 318–328.
- Klölzli, F. and Zust, S. 1973. Nitrogen regime in reed beds. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 20: 131-136.
- Komulainen M., Simi P., Hagelberg E., Ikonen I., Lyytinen S. (2008). Reed energy - Possibilities of using the Common Reed for energy generation in Southern Finland. Reports 67 Turku University of Applied Sciences.
- Koppar A., Pullammanappallil P. (2008). Single-stage, batch, leach-bed, thermophilic anaerobic digestion of spent sugar beet pulp. *Bioresource Technology* 99, 2831-2839.
- Kühl, H., Voitke, P. and Kohl, J.G. (1997). Strategies of nitrogen cycling of *Phragmites australis* at two sites differing in nutrient availability. *International Revue of Hydrobiology* 82: 57 - 66.
- Kvet, J., Svoboda, J., Fiala, K. (1969). Canopy development in stands of *Typha latifolia* L. and *Phragmites communis* Trin. in South Moravia. *Hydrobiologia* 10, 63_75.
- Lee S.Y., Park J.H., Jang S.H., Nielsen L.K., Kim J., Jung K.S. (2008). Fermentative Butanol Production by Clostridia. *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. 101, No. 2, October 1, 2008.
- Linares, P., & Pérez-Arriaga, I. J. (2012). A sustainable framework for biofuels in Europe. *Energy Policy*.

- Luederitz, V., Eckert, E., Lange-Weber, M., Lange, A., & Gersberg, R. M. (2001). Nutrient removal efficiency and resource economics of vertical flow and horizontal flow constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 18(2), 157-171.
- Manchester, S.J., McNally, S., Treweek, J.R., Sparks, T.H., Mountford, J.O. (1999). The cost and practicality of techniques for the reversion of arable land to lowland wet grassland—an experimental study and review. *Journal of Environmental Management* 55, 91–109.
- Meuleman A., Beekman J., and Verhoeven J. (2002). Nutrient retention and nutrient-use efficiency in *Phragmites australis* after wastewater application. *WETLANDS*, Vol. 22, No. 4, December 2002, pp. 712–721_ 2002, *The Society of Wetland Scientists*.
- Minchinton, T. E., & Bertness, M. D. (2003). Disturbance mediated Competition and the Spread of *Phragmites australis* in a Coastal Marsh. *Ecological Applications*, 13, 1400–1416.
- Montemaggiori A. (Eds.), 1996. Le zone umide in Italia. WWF Italia. Settore Diversità Biologica. Serie Ecosistema Italia. DB2.
- Moorhead K.K. and Reddy K.R. (1988). Oxygen Transport through Selected Aquatic Macrophytes. *J. Environ. Qual.*, Vol. 17, n.1, pp.138-142.
- Mortensen, J. (1998). Yield and chemical composition of reed canary grass populations in autumn and spring. In: *El Bassam, N., Behl, R.K. & Prochnow, B. (eds.): Sustainable agriculture for food, energy and industry. James & James, London, pp. 951 – 954.*
- Mountford, J.O., Roy, D.B., Cooper, J.M., Manchester, S.J., Swetnam, R.D., Warman, E.A., Treweek, J.R. (2006). Methods for targeting the restoration of grazing marsh and wet grassland communities at a national, regional and local scale. *Journal for Nature Conservation* 14, 46–66.
- Neill C. (1990). Effects of nutrients and water levels on emergent macrophyte biomass in a prairie marsh. *Canadian Journal of Botany* 68: 1007–1014.
- Okruszko, H. (1995). Influence of Hydrological differentiation of fens on their transformation after dehydration and on possibilities for restoration. In: *Wheeler, B.D., Shaw, S.C., Fojnt, W.J., Robertson.*
- Ostendorp W. (1995). Impact of winter reed harvesting and burning on the nutrient economy of reed beds. *Wetlands Ecology and Management* 3 (1995), 4, pp. 233-248.
- Ostendorp, W. (1989). ‘Die-back’ of reeds in Europe—a critical review of literature. *Aquatic Botany*, 35(1), 5-26.
- Ostendorp, W. (1993). Schilf als Lebenstaum. Beih. VerOff. Natursch. Landschaftspfl. Bad.-WUrtt.(Karlsruhe) 68: 173280.
- Parco del Mincio (2011). Piano di gestione (pdg) del SIC IT20B0017 “Ansa e Valli del Mincio” e della ZPS IT20B0009 “Valli del Mincio” - Studio Silva S.r.l.

- Persico and Truzzi (2008). Manuale per lo studio della flora e della vegetazione delle zone umide della pianura mantovana. *Labter-crea Mantova*.
- Pfadenhauer, J., Grootjans, A.P. (1999). Wetland restoration in Central Europe: aims and methods. *Applied Vegetation Science* 2, 95–106.
- Poulin, B., Lefebvre, G., & Mauchamp, A. (2002). Habitat Requirements of Passerines and Reedbed Management in Southern France. *Biological Conservation*, 107, 315–325.
- Prach, K. (1996). Degradation and restoration of wet and moist meadows in the Czech Republic: general trends and case studies. *Acta Botanica Gallica* 143, 441–449. n, R.A. (Eds.), *Restoration of Temperate Wetlands*. John Willey & Sons Ltd., pp. 49–72.
- Prager, A., Barthelmes, A. and Joosten, H. (2006). A touch of tropics in temperate mires: on Alder carrs and carbon cycles. *Peatlands International* 2006/2: 26-31.
- Provincia di Mantova - settore Ambiente (2011). Spese di gestione e manutenzione dei canali delle Valli del Mincio.
- Provincia di Mantova (2011). Verbale per la verifica di fattibilità dell'innalzamento della quota idrometrica ordinaria del Lago Superiore – Incontro del 14/03/2011.
- RAMSAR Convention Secretariat (2006). The Ramsar Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971). 4th ed. *Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland*.
- Ranganathan S.V., Narasimhan S.L., Muthukumar K. (2008): An overview of enzymatic production of biodiesel. *Bioresource Technology* 99 (2008) 3975–3981.
- Regione Lombardia – Agricoltura. Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013.
- Reihmanis (2011). Nordic - Baltic - Belarus solutions in farming for biodiversity., pp.132.
- Roman, C. T., Niering, W. A., & Warren, R. S. (1984). Salt marsh vegetation change in response to tidal restriction. *Environmental Management*, 8(2), 141-149.
- Rotundo (2012). I nuovi incentivi agli impianti a biogas e a biomassa. Supplemento A - L'Informatore Agrario - 35/2012.
- Ruiz M. and Velasco J. (2010). Nutrient Bioaccumulation in *Phragmites australis*: Management Tool for Reduction of Pollution in the Mar Menor. *Water Air Soil Pollut* (2010) 205:173–185 DOI 10.1007/s11270-009-0064-2.
- Sarkkola, S. (ed.) (2008). Greenhouse impacts of the use of peat and peatlands in Finland. *Research Programme Final Report*. Ministry of Agriculture and Forestry, Helsinki, 72 pp.

- Sathitsuksanoh N., Zhu Z., Templeton N., Rollin J.A., Harvey S.P., Zhang Y-H P. (2009). Saccharification of a Potential Bioenergy Crop, *Phragmites australis* (Common Reed), by Lignocellulose Fractionation Followed by Enzymatic Hydrolysis at Decreased Cellulase Loadings - *Ind. Eng. Chem. Res.* 2009, 48, 6441–6447.
- Schäfer, A and Joosten, H. (eds.) (2005). Erenaufforstung auf wiedervernässten Niedermooren. *Greifswald: Institute for Sustainable Development of Landscapes of the Earth*, 68 pp.
- Schleupner C., Schneider U.A. (2010). Effects of bioenergy policies and targets on European wetland restoration options. *Environmental science & policy* 13, 721 – 732.
- Schröder R. (1987). Schilfslerben Beobachtungen, Unlersuchungen Gegenmaßnahmen. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 76: 53-99.
- Schulze, E.D., Freibauer, A. (2005). Carbon unlocked from soils. *Nature* 437, 205–206.
- Searchinger T. et al. (2008). Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases through Emissions from Land-Use Change. *Science*, vol. 319, pp. 1,238–40.
- Ennabili, A., Ater, M., & Radoux, M. (1998). Biomass production and NPK retention in macrophytes from wetlands of the Tingitan Peninsula. *Aquatic Botany*, 62(1), 45-56.
- Succi and Hoffman (1993). La vacca da latte. *Cittàstudi*.
- Telò R., Menna D., Benasi B. (2010). “Da agenda 21 ad azione 21 per il Mincio” interventi per il ripristino funzionale dei canali e dei manufatti idraulici per il miglioramento della circolazione delle acque nell’area valliva - Relazione Descrittiva. Studio Telò.
- Telò R., Pinardi M., Bartoli M., Bodini A., Viaroli P., Racchetti E., Cuizzi D., Vannuccini M., Previdi L. (2007): Forum del Mincio, Progetto “Da agenda 21 ad Azione 21” – Caratterizzazione dello stato ambientale del fiume Mincio e analisi della strategia di riqualificazione integrata e partecipata – Relazione Conclusiva.
- Thompson D.J. and J.M. Shay (1985). The effects of fire on *Phragmites australis* in the Delta Marsh, Manitoba. *Canadian Journal of Botany* 63:1964-1869.
- Tilman D., Hill J., Lehman, C. (2006). Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass. *Science Volume 314, Issue 5805, 8 December 2006, Pages 1598-1600*.
- Toivonen, H., & Nybom, C. (1989). Aquatic vegetation and its recent succession in the waterfowl wetland Koijaervi, S. Finland. In *Annales Botanici Fennici* (Vol. 26, No. 1, pp. 1-14).
- Tomaselli M., Gualmini M. e Spettoli O. (2002) – La vegetazione della Riserva Naturale delle Valli del Mincio. *Collana Annali Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali Università di Parma*.

- Turkenburg, W. C. (2000). Renewable energy technologies. UNDP/UNDESA/WEC: Energy and the Challenge of Sustainability. *World Energy Assessment*. New York: UNDP, 219-272.
- Tyler-Walters (2002). *Phragmites australis*, common reed. *Marine Life Information Network*, Plymouth, UK.
- Uchytíl, R.J. (1992). *Phragmites australis*. In: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory, Fire Effects Information System. <http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/phraus/all.html>. 19 p.
- UFAFP (2002). <http://www.wsl.ch/>
- Van Andel, J., Grootjans, A.P. (2006). Concepts in restoration ecology. In: Van Andel, J., Aronson, J. (Eds.), *Restoration Ecology*. *The New Frontier*. Blackwell Publishing, pp. 16–30.
- van der Toorn, J. and J. H. Mook. 1982. The influence of environmental factors and management on stands of *Phragmites australis*. I. Effects of burning, frost and insect damage on shoot density and shoot size. *J. Appl. Ecol* 19:477-499.
- Van Diggelen, R., Sijtsma, F.J., Strijker, D., Van den Burg, J. (2005). Relating land-use intensity and biodiversity at the regional scale. *Basic and Applied Ecology* 6, 145–159.
- Van Duren, I.C., Boeye, D., Grootjans, A.P. (1997). Nutrient limitations in an extant and drained poor fen: implications for restoration. *Plant Ecology* 133, 91–100.
- Van Rooyen, M.W., C.A. Tosh, N. van Rooyen, W.S. Matthews and M.J.S. Kellerman (2004). Impact of harvesting and fire on *Phragmites australis* reed quality in Tembe Elephant Park, Maputaland. *Koedoe* 47(1): 31–40. Pretoria. ISSN 0075-6458.
- Van Soest P J. (1967). Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *J. Anim. Sci.* 26:119-28.
- Van Wyk B.E. and Gericke N.. (2000). People's plants. Pretoria: Briza Publications.
- Weisner, S. E. & Granéli, W. (1989). Influence of substrate conditions on the growth of *Phragmites australis* after a reduction in oxygen transport to below-ground parts. *Aquatic Botany*, 35(1), 71-80.
- Wetzel, R. G. (Editor). 1983. Periphyton of Aquatic Ecosystems. Developments in Hydrobiology. Vol. 17. B. V. Junk Publishers, The Hague. 346 pp.
- Wheeler, B.D. (1988). Species richness, species rarity and conservation evaluation of rich-fen vegetation in lowland England and Wales. *The Journal of Applied Ecology* 25, 331–352.
- Wichmann, S. and Wichtmann, W. (2009). Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt Energiebiomasse aus Niedermooren (ENIM). *Institut für Botanik und Landschaftsökologie, Greifswald*, 192 pp. http://paludiculture.botanik.uni-greifswald.de/documents/enim_endbericht_2009.pdf

- Wichtmann W. and Wichmann S. (2011). Environmental, Social and Economic Aspects of a Sustainable Biomass Production. *Journal of Sustainable Energy & Environment Special Issue (2011)* 77-81.
- Wichtmann W., Tanneberger F., Wichmann S. and Joosten H. (2010). Paludiculture is paludifuture: Climate, biodiversity and economic benefits from agriculture and forestry on rewetted peatland. *PEATLANDS International* 1/2010.
- Wichtmann W., Timmermann T. (2000). Restoration of fen peatlands with industrial plants. *Poster on the Millenium Wetland Event, Quebec, Canada, 2000. Program with Abstracts p. 488.*
- Wichtmann, W. (1999). Schilfanbau als Alternative zur Nutzungsauffassung von Niedermooren. *Archives of Nature Conservation and Landscape Research* 38: 97 - 110.
- Wichtmann, W. and Joosten, H. (2007). Paludiculture: peat formation and renewable resources from rewetted peatlands. *IMCG-Newsletter* 2007/3:24-28.
- Wicke, B., Dornburg, V., Junginger, M. and Faaij, M. (2008). Different palm oil production systems for energy purposes and their greenhouse gas implications. *Biomass and Bioenergy* 32: 1322-1337.
- Wijffels and Barbosa (2010). An Outlook on Microalgal Biofuels. *Science* 329, 796.
- Wild U., Kamp T., Lenz A., Heinz S. and Pfadenhauer J. (2001). Cultivation of *Typha* spp. in constructed wetlands for peatland restoration. *Ecological Engineering* 17: 49 - 54.
- Young T.P., 2000. Restoration ecology and conservation biology. *Biological Conservation* 92, 73-83.
- Zedler, J.B., Kercher, S. (2005). Wetland resources: status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annual Review of Environment and Resources* 30, 39-74.
- Zeitz, J., Veltj, S. (2002). Soil properties of drained and rewetted fen soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 165, 618-626.

RINGRAZIAMENTI

Al termine del lavoro e del mio percorso di studi, mi sento in dovere di ricordare tutti coloro che hanno contribuito, in modo più o meno diretto, al raggiungimento di questo obiettivo.

In merito all'attività di tesi, che mi auguro possa essere uno spunto per successive valutazioni, vorrei ringraziare tutte le persone che hanno saputo consigliarmi, sostenermi e affiancarmi nel corso delle varie operazioni; senza il vostro aiuto e la vostra pazienza, questo lavoro si sarebbe arenato ancor prima di cominciare. Per gli aspetti tecnici, quindi, un grazie di cuore a Lucio Andreoli e Giandomenico Zucchi (Provincia di Mantova), Giancarlo Marini, Maria Cristina Virgili, Bruno Agosti e i volontari Sergio e Maurizio (Parco del Mincio), Fabio Araldi, Gianni Colombari, Paolo Preus e Alberto Bondi (ERSAF Lombardia), Simone Breschigliaro, prof. Maurizio Borin e prof. Luigi Sartori (Università degli studi di Padova), Francesco Dugoni (AGIRE). Per gli aspetti pratico-logistici e per le conoscenze "non scritte", che spesso si rivelano le più veritiere, vorrei citare con profonda riconoscenza i sig. Massimo Fiorini, Francesco Gili e Bruno Benasi, grandi conoscitori della zona. Un ringraziamento speciale, poi, va al dott. Davide Lini, (ERSAF Lombardia), che ha sopportato pazientemente la mia smania nonostante fossi un intruso presso la struttura ospitante. Mi sento, infine, di citare l'emblematica figura di Paolino, personaggio che ha speso la sua vita lavorativa nella gestione delle Valli e che oggi sta assistendo, con rabbia e tristezza, all'interramento della palude; a lui va un grazie speciale per l'aiuto fornitomi nel corso dei campionamenti.

L'occasione, poi, mi consente di ringraziare tutti coloro che hanno lasciato un "segno", anche piccolo ma significativo, nel percorso fatto finora; mi perdonino quelli che non ho potuto citare per motivi di spazio (e tempo...). In primis devo dire citare i miei genitori, che pur avendo a che fare con un figlio irrequieto (per i vostri standard), mi hanno accompagnato in tutte le scelte con pazienza e amore, senza mai ostacolare le mie decisioni; questo traguardo... Sentitelo vostro. Ringrazio di cuore tutti i nonni e gli zii, per i quali sono sempre stato lo studioso di famiglia che meritava il meglio; a loro dico che l'infallibilità non è di questo mondo né mai lo sarà, ma spero di potermi sdebitare con tanto affetto e riconoscenza. Ai cugini va un grazie speciale, con dedica. A Simone, poiché ogni giorno mi insegna che il miglior modo per uscire da un labirinto è passarci sopra; sembrerà banale, ma dalle cose semplici nascono i progetti migliori, nel

lavoro e nella vita! Grazie ad Alice, che nonostante i saggi consigli della nonna, sta prendendo le orme del cugino poco convenzionale, eccetto che per il fattore “cellulare”; guadagneresti un po’ di punti se offrissi anche il tuo contributo musicale ai prossimi raduni di famiglia! Infine Linda (posso metterti ultima? Almeno nei ringraziamenti...): grazie perché la tua determinazione mi ricorda ogni giorno quanto è bello spendersi per il raggiungimento di un traguardo.

Amici miei, tranquilli non mi sono dimenticato di voi! Comincio dal Bollito, perché come li sopporti tu i miei ritardi, nessuno mai! Almeno nei ringraziamenti non ti faccio aspettare; un grazie di cuore per tutto quello che hai fatto e fai per me, anche solo con la tua presenza, a Porto così come a Helsinki e, poi, chissà dove. I tanti progetti, sogni, avventure condivise, mi convincono sempre più della nostra amicizia, che posso considerare senza ombra di dubbio una delle più importanti della mia vita. Detto questo, in salita devi migliorare! Doveroso ringraziamento all’uomo più folle che conosca, un ingrediente di prima qualità, capace di imprese che per noi umani... Bubi, chi credevi di essere? A te va un grazie speciale perché mi ricordi ogni giorno quanto debba ancora lavorare per raggiungere i tuoi livelli; in salita sei (quasi) imbattibile. Grazie al Caste, che negli ultimi tempi ha perso un po’ di smalto ma che con la bella stagione tornerà felice ed entusiasta (vero??); grazie per esserci sempre stato..però come fotografo c’è da lavorare sodo!

Agne! Non potevo dimenticarmi di te e del tuo dito ammonitore, sempre d’aiuto nei momenti un po’ così, specie quando il sogno di orizzonti lontani offusca i porti sicuri cui approdare; tu sei stata (e sarai) per me uno di questi porti e la mappa di Wash riserva per te un segnale speciale.

Un grazie grande lo devo anche a voi D-ROAD e alla comunità di S.Antonio, a chi ne fa parte e chi ne ha fatto parte, anche solo per poco, condividendo momenti speciali... La presenza fisica non rispecchia i legami invisibili che si possono essere creati e che si alimentano tramite i tanti bei ricordi e progetti! Non posso citarvi tutti, ma ognuno di voi è stato importante!

Devo ricordare, poi, la Ale, che nonostante il tempo è rimasta la solita amica di sempre; grazie per avermi dato la possibilità di aiutarti!

Grazie a Ilaria per il tuo esserci, anche saltuario, che mia “allarga” sempre gli orizzonti! Un grazie speciale al Marte, in nome dell’amicizia che ci ha legato e che da un po’ di tempo è assopita... Forse sta solo aspettando di essere riconsiderata! In ogni caso fai parte anche tu di questo traguardo, che vorrei potessi sentire anche un po’ tuo.

Colleghi e amici universitari, non vi ho dimenticati. Nena, Biondo, Comi, Fra, Bonci, Disi, Erica e tutti gli altri, con voi è iniziata la mia esperienza universitaria e devo dire che siete stati i migliori tra i migliori. Un grazie di cuore alla piccola grande Nena, sempre presente nonostante la distanza; una delle persone più belle che abbia mai incontrato (e che andrebbe clonata... tanto per restare in tema!). Grazie al Fra, compagno di tante avventure, sogni e vicissitudini. Al biondo e al Comi, che si sono rivelati amici in varie situazioni, dico grazie perché, nonostante lo schifo, siamo e saremo fratelli di sputo e “no g’he n’è problemi (dur)”. Un ringraziamento, poi, va al Bonci, che ha supportato economicamente il mio status di studente con numerosi ingressi ridotti al suo cinema e perché mi ricorda che il giorno è fatto di 30 ore e solo 4 sono per dormire. Grazie infine al Disi, che sento sulla stessa frequenza e che vorrei caricare, assieme agli altri, sulla mia arca; mi auguro di non perdersi mai di vista. Per restare in tema universitario, grazie di cuore a Marti e Ale, le persone giuste, al posto e al momento giusto; senza di voi STAMT non sarebbe stata la stessa cosa. Nonostante la distanza, vi sento comunque qui accanto.

Vorrei ringraziare anche le persone che, specie nell’ultimo periodo, hanno accettato di buon grado la mia “monotematicità”, mostrando comunque interesse per la mia tesi; grazie speciale, quindi, al Vito, Frigno e qualsiasi “assiduo studente” della biblioteca “Baratta” di Mantova.

Non posso, poi, dimenticare i miei amici di Erasmus, con i quali c’è un filo di legame invisibile non spiegabile a parole; in particolare grazie per il sostegno a Ricky, Miia e Giio.

Un grazie speciale lo voglio dedicare ad Alvisè, una persona straordinaria che mi ha insegnato tanto in poco tempo... Uno di quelli che non ha bisogno di tante parole, un esempio da seguire. Questo traguardo lo avresti meritato anche tu, quindi, mentre ti arrampichi, lassù, fai tua la mia soddisfazione. Grazie a Giulia, che mi ha ricordato quanto il sogno faccia volare alto e la realtà sia cosa ben diversa (anche se volare è stato bello). Grazie a Giulio e Giovanna, che a ogni incontro risvegliano il mio assopito senso patriottico mantovano; avete contribuito a darmi tanto entusiasmo, allargando i presunti ristretti orizzonti della mia città.

Infine devo ringraziare il sig. Amendola, che ha preso la mira e ha fatto centro; la cicatrice di oggi, oltre a essere una gran bella storia, è la miglior scusa per spiegare la mia frequente infermità mentale!

Vorrei concludere con una citazione, che mi ha sempre fatto sorridere in questi anni e che trovo particolarmente calzante al contesto attuale:

“Mio padre non ha fatto l’università, perciò era importantissimo che io facessi l’università. Dopo l’università, l’ho chiamato e gli ho chiesto - e adesso? - mio padre non sapeva.”

C. Palahniuk - “Fight Club”