



GR3

GRASS TO GREEN GAS

IEE GR3

**“GRass as a GReen Gas Resource:
Energy from landscapes
by promoting the use of grass residues
as a renewable energy resource”**

STATE of the ART report summary
Work Package 3 – Deliverable 2.1

**“Best available techniques
and best practices for grass
residue collection
and valorization”**

IL PROGETTO GRASS AS A GREEN GAS RESOURCE (GR3)

Attualmente, la dipendenza energetica nel nostro Paese è prossima all'80% dei fabbisogni energetici nazionali; incrementare la produzione di energia da fonti rinnovabili risulta di importanza strategica, non solo dal punto di vista ambientale, ma anche per la creazione di nuovi posti di lavoro.

Il Progetto GR3, finanziato dal Programma europeo Intelligent Energy Europe (IEE) con un importo di 1,5 milioni di euro e operativo dall'aprile 2013, ha lo scopo di promuovere l'utilizzo dei residui vegetali erbacei, ottenuti dalla gestione dei territori rurali, del verde urbano e delle aree protette, attualmente destinati alla discarica e al compostaggio; l'obiettivo è la valorizzazione degli stessi come fonte di energia rinnovabile nella produzione di biogas. I Partner italiani del Progetto sono Veneto Agricoltura e l'Università di Verona

L'energia potenziale dell'erba proveniente dalla manutenzione di aree urbane, agricole e protette rimane ampiamente sottoutilizzata in tutta Europa. Le barriere alla sua diffusione sono un'insufficiente conoscenza ed espansione di tecnologie idonee per lo sfalcio, la conservazione e la digestione anaerobica di residui di erba, l'assenza o mancanza di cooperazione tra gli operatori della filiera e alcuni ostacoli di natura giuridica. Di conseguenza i residui erbacei provenienti da sfalci, nonostante le interessanti potenzialità, non vengono utilizzati (o lo sono solo marginalmente) per alimentare impianti di digestione anaerobica e produzione di biogas. Il Progetto si propone di attivare tali catene di approvvigionamento, anche in parziale sostituzione della quota rappresentata dalle "colture dedicate", con evidenti vantaggi sia sul fronte della sostenibilità ambientale, sia della riduzione dell'impatto della filiera del biogas sui mercati dei prodotti agricoli destinati all'alimentazione.

Ad oggi, il Progetto GR3 sta cooperando in modo proficuo con diverse categorie di stakeholders: Enti ed Aziende impegnate nella manutenzione del verde in aree urbane, periurbane, agricole, naturali e protette, Consorzi di Bonifica, Cooperative sociali, operatori e proprietari di impianti per la produzione di biogas; progettisti e costruttori di macchinari per il taglio, la raccolta e la movimentazione della biomassa erbacea; università, associazioni di categoria, amministratori, organi politici, tecnici e legislativi.

Oltre al workshop fissato per il 9 ottobre prossimo, a Verona, in occasione della Smart Energy Expo 2014, nelle prossime settimane il Progetto GR3 ha in calendario una serie di appuntamenti dedicati all'approfondimento tecnico, alla divulgazione delle conoscenze e dei risultati finora raggiunti. Nella quarta settimana di novembre, in Danimarca, si terrà il 4° Meeting europeo di Progetto, che segue quello organizzato con successo da Veneto Agricoltura e tenutosi a Legnaro (PD) dal 30 giugno al 1° luglio di quest'anno.

Il confronto diretto periodico con i Partners belgi, danesi, tedeschi e portoghesi, rappresenta un'imprescindibile opportunità per condividere le attività svolte e pianificare le migliori strategie per lo sviluppo futuro del Progetto GR3.

Riferimenti:

<http://venetoagricoltura.org>

<http://grassgreenresource.eu>

Download del SOTA Report (documento integrale di 90 pagine formato PDF – English version -

<http://www.grassgreenresource.eu/bats-and-best-practices-grass-residue-collection-and-valorisation>)



Versione Italiana



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

Iniziativa finanziata dal progetto IEE GR3
“GRass as a GReen Gas Resource: Energy from
landscapes by promoting the use of grass residues as
a renewable energy resource”.

Programma Intelligent Energy-Europe nr. IEE/12/046

Il presente progetto è finanziato con il sostegno della
Commissione europea. L'autore è il solo responsabile
di questa pubblicazione e la Commissione declina ogni
responsabilità sull'uso che potrà essere fatto delle
informazioni in essa contenute.

ANALISI DI DIFFERENTI PROCESSI DI DIGESTIONE: REQUISITI DI QUALITÀ DELLE MATERIE PRIME E STATO DELL'ARTE

I ricercatori hanno messo a punto nuovi strumenti tecnologici per lo sviluppo di digestori innovativi. Come indicato nella Tabella 1.1 è ora possibile scegliere il tipo di digestore più adatto alle proprie esigenze, in base ai parametri seguenti: la quantità di carico organico disponibile, il tempo di residenza idraulica, la produzione di biogas e la frazione solida. Esistono digestori ad uno e a due stadi, anaerobici a umido o a secco. Esempi di digestori a umido sono: l'UASB e i reattori CSTR. Il digestore "a garage" è invece un esempio di digestore a secco. Altro elemento da considerare per la scelta del digestore, è quella relativa al processo di digestione che può essere continua o discontinua, con un tempo di residenza breve o lungo.

Il contenuto di sostanza secca (SS) in un digestore a secco è compreso tra il 20% e il 40%, e contenendo una modesta quantità d'acqua è sufficiente poca energia per miscelare il carico. In tal modo, anche un impianto piccolo può utilizzare una quantità rilevante di materia organica. Altri vantaggi dei digestori a secco sono la durata e la semplicità di gestione. Un esempio: mentre in un digestore a umido una lente di materiale galleggiante può rappresentare un serio problema, in un digestore a secco questo inconveniente non si verifica.

Nel digestore a umido è presente una maggior quantità d'acqua, pertanto il contenuto può essere pompato e miscelato con grande facilità. Il digestato è umido e può essere movimentato facilmente, tuttavia lo stoccaggio richiede più spazio rispetto alla digestione a secco. Miscelando sostanze di diversa densità il volume aumenta e non sempre può essere impiegato un solo digestore. I digestori a

umido sono progettati per utilizzare letame e mais, e necessitano di maggiore manutenzione rispetto al digestore a secco oltre a richiedere impianti più complessi.

In conclusione i digestori ad uno stadio, rispetto ai digestori a due stadi, sono più economici ma presentano un tempo di residenza maggiore. I digestori a secco hanno un contenuto di sostanza secca del 20-50%, mentre nei digestori ad umido è compreso tra il 2 e il 12%; i digestori a umido sono più costosi ma producono più biogas per kg di sostanza secca. Le stesse differenze sono presenti tra i sistemi continui rispetto ai sistemi discontinui (a batch). Il tipo di biomassa impiegata è un parametro fondamentale per la scelta e la progettazione della tipologia del reattore. In particolare, secondo i più recenti studi sull'impiego di erba nei processi di digestione, il potenziale dei reattori UASB aumenta se viene anteposto un reattore a letto (Leach); i reattori vengono poi impiegati nelle condizioni di funzionamento ottimali, sia per l'idrolisi che per la metanogenesi. Secondo alcuni esperti molti sistemi non sono adatti all'utilizzo dell'erba. Un reattore CSTR per esempio, necessita di un buon sistema di miscelazione al fine di evitare la formazione di strati di biomassa galleggiante.

Anche la sabbia può rappresentare un problema durante i processi di digestione. In un digestore a umido essa può provocare danni a causa dell'attrito contro le parti mobili del reattore. Al contrario, i digestori a secco non hanno parti in movimento all'interno del reattore, perciò non si possono verificare attriti dovuti alla presenza di sabbia.

Tabella 1.1: Principali tipologie di digestori

Criteria	One-stage versus two-stage digesters		Dry versus wet digesters		Batch versus continuous digesters		High-rate bioreactors
	One-stage	Two-stage	Dry	Wet	Batch	Continuous	
Biogas production	Irregular and discontinuous	Higher and stable	Higher	Less and irregular	Irregular and discontinuous	Continuous	Continuous and higher
Solid content	10-40%	2-40%	20-50%	2-12%	25-40%	2-15%	<4-15%
Cost	Less	More	Less	More	Less	More	More
Volatile solids destruction	Low to high	High	40-70%	40-75%	40-70%	40/75%	75-98%
HRT (days)	10-60	10-15	14-60	25-60	30-60	30-60	0,5-12
OLR (kgVSm ⁻³ d ⁻¹)	0,7-15	10-15 for second stage	12-15	<5	12-15	0,7-1,4	10-15

PRETRATTAMENTO DELLA BIOMASSA DI ORIGINE ERBOSA

Nei digestori, alcuni composti organici vengono digeriti meglio di altri. Una biomassa che contiene molti composti facilmente degradabili viene digerita più rapidamente e fornisce una resa (di gas) superiore. Al contrario, una biomassa con un elevato tenore di fibre o altri carboidrati strutturali presenta una digestione più lenta e con una resa inferiore; inoltre, in questo caso, frequentemente si formano sottoprodotti indesiderati che riducono la produzione di metano.

La scarsa digeribilità dei residui erbosi è dovuto principalmente alla presenza chimica del complesso lignocellulosico che è costituito da tre componenti principali: cellulosa, emicellulosa e lignina. La cellulosa ha il maggiore potenziale di digestione anaerobica, mentre la lignina ha una struttura chimica più complessa e difficile da decomporre. Quindi più l'erba contiene lignina, più la digestione risulta difficile. Nelle piante, i complessi di cellulosa vengono chiamati microfibrille e sono strutture disposte in stringhe ricoperte di lignina. Per rendere la cellulosa maggiormente disponibile per idrolisi, è necessario degradare il complesso lignocellulosico. Questo processo può essere agevolato mediante l'introduzione di una fase di pretrattamento a monte della digestione effettiva.

Negli ultimi decenni sono state sviluppate diverse tecniche per il pretrattamento della biomassa, ma pochi hanno trovato applicazio-

ne concreta oltre la fase sperimentale. I pretrattamenti sono volti a modificare le caratteristiche della biomassa e ad aumentare l'accessibilità degli enzimi. Cristallinità, area superficiale accessibile, protezione dalla lignina e la produzione di inibitori della fermentazione sono i principali parametri per il confronto delle tecniche di pretrattamento.

Le tecniche di pretrattamento sono generalmente suddivise in base al prodotto impiegato. Un pretrattamento biologico utilizza processi naturali per preservare la biomassa e per migliorare la composizione chimica; mentre se vengono aggiunti prodotti chimici (acidi o alcalini) si parla di pretrattamento chimico. Quando la biomassa viene sminuzzata, riscaldata, lavata, esposta alle onde ultrasoniche o ad una combinazione di questi elementi, si tratta invece di pretrattamento fisico. Sono possibili, comunque, anche combinazioni diverse di tutte queste tecniche.

Alcune sostanze chimiche specifiche (alcaline, acide o ossidanti) possono essere aggiunte alla biomassa allo scopo di sciogliere in particolare la lignina, in modo da assicurare la disponibilità di un maggior quantitativo di cellulosa per il processo di digestione. Solitamente, per migliorare il risultato, questo processo si completa con un'esposizione della biomassa a temperature e pressioni elevate.

L'insilamento della biomassa è un pretrattamento biologico ampiamente utilizzato nel quale la biomassa viene conservata protetta dall'acqua e dall'infiltrazione di ossigeno. In queste condizioni i batteri iniziano a produrre acido acetico, elemento preliminare per la produzione di metano nel processo di digestione. L'aggiunta di enzimi – come pretrattamento per la biomassa – può anche facilitare l'idrolisi, che accelera la digestione e aumenta la produzione di metano.

Per migliorare la resa e diminuire i tempi di residenza della biomassa nell'impianto si riduce fisicamente la dimensione delle particelle, aumentando così l'area superficiale accessibile. L'estrusione è una particolare combinazione di trattamento meccanico e termico: scioglie i legami chimici tra cellulosa e lignina. I pretrattamenti fisici tecnologicamente più avanzati utilizzano vibrazioni ultrasoniche, CO² o *steam explosion*. In pratica, vengono combinate in serie diverse tipologie di pretrattamento e varie tecniche di purificazione della biomassa.

VALUTAZIONE DEI METODI DI SFALCIO, PURIFICAZIONE, STOCCAGGIO DELL'ERBA

Questo capitolo illustra i metodi più diffusi di gestione dell'erba lungo tutta la filiera – dallo sfalcio all'utilizzo finale – ed esamina i problemi che più facilmente si verificano. Dato che i diversi apporti di biomassa erbacea possono differire tra loro per quantità, qualità, condizioni di taglio e quadro legislativo, sono state suddivisi in quattro categorie:

1. erba proveniente dal settore agricolo, prodotta da pascoli gestiti in modo estensivo, erba per l'alimentazione degli animali e, occasionalmente utilizzata come biomassa per la produzione di biogas;
2. erba proveniente da aree paesaggistiche falciate a scopo agricolo e per prevenire l'avanzamento dei boschi e la crescita di arbusti.
3. erba proveniente dalla gestione da banchine e cigli stradali, tagliata per la sicurezza del traffico veicolare e la manutenzione delle strade;
4. erba proveniente dagli argini dei corsi d'acqua, falciati per mantenere la funzionalità dei corsi d'acqua la funzione ecologica delle acque superficiali.

La tipologia delle tecnologie di taglio utilizzate dipende dalla destinazione d'uso della biomassa erbacea. Spesso le tecnologie scelte sono limitate da ostacoli di carattere fisico (ad esempio: zone umide, vegetazione, ostacoli, etc.) che rendono la raccolta più difficile e a volte possono richiedere l'impiego di macchinari specifici. In relazione all'impiego finale dell'erba proveniente dalle quattro categorie sopra descritte, sul piano legislativo vi sono alcune differenze tra i paesi europei partecipanti al progetto GR3.

Generalmente va precisato che non vi sono variazioni significative in merito alle tecnologie utilizzate per la raccolta e il trasporto dell'erba nei vari paesi. Esistono forti disparità per quanto riguarda i processi di depurazione e pretrattamento dell'erba ed anche l'origine dell'erba gioca un ruolo fondamentale. In particolare, i residui erbacei provenienti dalle banchine stradali sono soggetti a disposizioni legislative differenti che, in alcuni casi, stabiliscono i trattamenti di risanamento da seguire.

In base al sito dove avviene lo sfalcio, possono essere impiegate macchine diverse. Il tagliaerba a disco è formato da piccole lame ro-

tanti su di un disco, la falciatrice rotativa utilizza lame che ruotando, tagliano l'erba; nel tagliaerba a tamburo la lama è inserita in un tamburo e necessita di poca energia per funzionare. Anche le trinciatrici possono prima tagliare l'erba e poi sminuzzarla in piccoli pezzi. Una barra falciante può utilizzare una o due lame per tagliare l'erba. Molti costruttori offrono anche progetti di attrezzature da taglio adattate a terreni specifici o a esigenze particolari, ad esempio, per le rive dei fiumi o le banchine autostradali.

Nel complesso, al fine di ottenere la miglior qualità dell'erba per la digestione, dovrebbe essere usato un tagliaerba a disco o a tamburo. Tuttavia queste macchine preferiscono terreni livellati e puliti per un funzionamento veramente efficiente. Le falciatrici rotative e le barre da taglio sono le più utilizzate per le operazioni su piccola scala. Per tagliare l'erba su terreni sconnessi o di difficile accesso, la soluzione migliore è rappresentata da un trinciaerba e dalla rimozione diretta dei residui di taglio. Il tipo di lame usate e la tecnica di taglio dell'operatore sono fondamentali per garantire una buona qualità dell'erba.

Dopo le operazioni di taglio è essenziale conferire al digestore un residuo erbaceo di buona qualità: preferibilmente di dimensioni di 1-2 cm e senza impurità. Per questo i processi di raccolta devono essere organizzati rigorosamente.

I sistemi di auto-carico dell'erba hanno il vantaggio di richiedere un solo passaggio per taglio. D'altra parte però, la falciatrice deve smettere di tagliare per poter scaricare il serbatoio di raccolta quando è pieno. In questo modo, i residui di taglio devono essere temporaneamente stoccati in situ in attesa di essere trasportati al destinatario con rimorchi. Per caricare i rimorchi è necessario un sollevatore telescopico.

Quando l'erba viene falciata con falciatrici a lame rotanti, a disco o a tamburo, è necessario un secondo e un successivo terzo passaggio per mettere l'erba in andane e raccogliere o imballare i residui erbacei. Se l'erba non può essere gestita immediatamente, dev'essere conservata; mediante l'insilamento, ad esempio, l'erba viene stoccata in un silos e può essere conservata per mesi. La fattibilità economica e tecnica dei processi di taglio dell'erba destinata alla digestione anaerobica è oggetto di specifiche tecniche di valutazione.

VALUTAZIONE DELLA LOGISTICA E DEL TRASPORTO OTTIMALI DELL'ERBA

Le biomasse erbacee richiedono una serie di passaggi da eseguire prima della valorizzazione energetica: raccolta della biomassa in campo, trasporto, essiccazione, taglio, stoccaggio, omogeneizzazione, compattazione, carico, controllo qualità,...

L'erba è un materiale relativamente voluminoso, che richiede per raccolta e trasporto macchine di dimensioni relativamente grandi. Supponendo una produzione di erba di 5-6 tonnellate per ettaro, e considerando una densità media apparente di 200-220 kg/m³, bisogna raccogliere e movimentare un volume medio di 20-25 m³ per ettaro. Di conseguenza la distanza di trasporto e la quantità di operazioni dai siti di raccolta fino alla destinazione finale influenzano fortemente l'economicità: per questo motivo la filiera deve essere definita e organizzata in modo attento e scrupoloso.

I fattori critici da considerare rispetto alla superficie erbose riguarda-

no principalmente da le dimensioni e la forma che devono essere attentamente analizzati prima della definizione della logistica e del sistema di trasporto ottimali. In particolare, quando le aree sono di dimensioni piccole e isolate, sono da preferire possibilmente macchine con velocità relativamente alte utili nei trasferimenti stradali e con alta manovrabilità utile nelle porzioni di campo più strette. Anche la forma e l'irregolarità delle aree erbose svolgono un ruolo importante nella scelta delle macchine. In particolare se la rugosità del suolo è molto alta o il terreno irregolare, sono da preferire macchine con grandi ruote e sospensioni rialzate. Al contrario, se le macchine devono muoversi lungo pendii, sarà da preferire un basso centro di gravità. Inoltre, se le aree sono troppo ripide, o le forme troppo strette, non permettendo l'accesso ai veicoli, andranno presi in considerazione preferibilmente.

La possibilità di falciatura o raccolta di erba può essere ulteriormente ridotta dalla presenza di barriere naturali o artificiali che possono essere suddivise in due tipi principali:

- barriere di rallentamento (quando la falciatura richiede molti riposizionamenti della macchina)
- barriere di riduzione (non permettono una o più operazioni provocando una apparente riduzione della superficie erbosa disponibile).

In aggiunta altri vincoli ad esempio giuridici (come la presenza di proprietà private), la conservazione degli habitat, o i regolamenti di trasporto, devono essere attentamente considerati in quanto potrebbero comportare ulteriori restrizioni per trasporto e logistica. Inoltre la sicurezza deve essere una condizione primaria anche per quanto riguarda la raccolta e il trasporto. Quando le macchine sono guidate su percorsi stretti, banchine cedevoli, ripide o scivolose, il trasporto può essere problematico a causa del rischio di ribaltamento: per questo motivo devono essere prese in considerazione adeguate procedure o soluzioni di sicurezza. Inoltre, quando le macchine si muove lungo strade pubbliche, l'eventualità di incidenti può aumentare. Per questo motivo, per ridurre al minimo i problemi di sicurezza per gli utenti delle strade pubbliche, i tempi di intervento devono essere accuratamente organizzati.

La logistica ottimale per raccolta e post-raccolta è di importanza primaria per ridurre al minimo il tempo necessario per la raccolta e le spese che ne derivano. Le tecnologie di gestione dell'erba come materia prima per la digestione anaerobica sono simili a quelle per altri foraggi. Si ha quindi un processo che coinvolge falciatura, raccolta e trasporto e, infine, l'insilamento.

Dopo il taglio con falciatrici o trinciatrici, per la raccolta dell'erba si utilizzano carri autocaricanti, imballatrici o presse. Pertanto, il processo di fornitura può continuare come una catena diretta all'impianto di digestione oppure può essere interrotto da un deposito intermedio in cui la biomassa può venire insilata e poi trasportata all'impianto di digestione secondo il piano di alimentazione del digestore stesso.

In una logistica con trasporto diretto, il taglio e il trasporto all'impianto di digestione finale vengono eseguiti senza interruzioni. Il vantaggio connesso a tale approccio dipende principalmente dalla lunghezza della filiera (in media 20 km) e dalla configurazione di trasporto (maggiore è la distanza, maggiore è la capacità di carico utile necessaria). Falciatura, raccolta e trasporto possono essere eseguiti dalla stessa macchina, come una falcia caricatrice (con capacità tipicamente comprese tra i 10 e i 40 m³). La catena di fornitura diretta può essere eseguita anche da macchine diverse. Essa dipende dalla distanza tra la zona di raccolta e l'impianto, e dalla possibilità di lasciare l'erba tagliata a terra per un breve periodo. La falciatura può essere eseguita da falciatrici e trinciatrici mentre la

seguinte operazione di raccolta può essere eseguita anche da una rotoimballatrice o da una pressa prismatica. Le balle di erba vengono poi trasportate da un trattore con rimorchio. Dopo il processo di insilamento, se l'erba è ancora troppo lunga per essere mandata al digestore, possono essere necessarie operazioni di triturazione.

Punti di forza	Punti di debolezza
gestione semplificata	sono necessarie elevate capacità di carico e di trasporto
funzionamento conveniente con una macchina combinata con una elevata capacità di carico	sistema critico nel caso di lunghe distanze da veicoli piccola capacità di carico utile
diminuzione del rischio di incidenti a causa della riduzione di operazioni complementari	elevato numero di veicoli soprattutto nel caso di trasporto a lunga distanza

In una logistica con trasporto interrotto, l'erba tagliata viene insilata in un luogo intermedio tra la zona di raccolta e gli impianti di digestione.

Può essere una soluzione efficace quando vi è un'elevata quantità di erba che può essere fornita a diversi impianti di digestione. In questo caso non capacità di carico e trasporto eccessivamente elevate non sono strettamente necessarie, soprattutto se la distanza dalla posizione intermedia di stoccaggio non è troppo elevata. Il trasporto a lunga distanza dal deposito intermedio per l'impianto di digestione può quindi essere eseguita successivamente da una motrice con rimorchio con elevata capacità di carico.

Anche la filiera interrotta può essere eseguita da macchine diverse. Ciò dipende dalla distanza dalla zona di raccolta a quella di stoccaggio e dal fatto di poter lasciare l'erba tagliata a terra per un breve periodo dopo lo sfalcio.

Nelle aree verdi, la falciatura è di solito eseguita da falciatrice a tamburo o a dischi. Quindi un ranghinatore organizza l'erba per il seguente prelievo operazione che può essere eseguita da un rimorchio autocaricante, da una rotoimballatrice o da una pressa prismatica.

Punti di forza	Punti di debolezza
efficace anche nel caso di più digestori serviti dalla stessa filiera	la gestione del piano di alimentazione può essere complessa
nel sito del digestore la necessità di stoccaggio è ridotta	maggiori costi per le operazioni di carico e scarico
depositi intermedi di insilamento riducono la distanza complessiva di trasporto effettuato da veicoli a bassa portata dopo lo sfalcio	sono necessari siti di stoccaggio intermedio



The sole responsibility for the content of the project documentation lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither the EACI nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.

La responsabilità per i contenuti di questa documentazione è ascrivibile agli autori. Essa non riflette necessariamente l'opinione dell'Unione Europea. Né l'EACI né la Commissione Europea sono responsabili per qualsiasi uso che potrebbe essere fatto delle informazioni contenute nel presente documento.