

## **L'Agricoltura Verticale**

*di Dickson Despommier*

*Traduzione di Gianluca Crocé e Francesco Muscolino*

### **Sommario**

L'avvento dell'agricoltura ha portato con sé un aumento senza precedenti della popolazione mondiale nonché degli animali domestici. L'agricoltura ha costituito il catalizzatore della nostra trasformazione, in soli 10.000 anni, da cacciatori-raccoglitori primitivi a sofisticati abitanti urbani. Oggi, oltre 800 milioni di ettari di suolo sono destinati all'agricoltura, ovvero circa il 38% delle terre emerse. L'agricoltura ha ridisegnato il paesaggio in favore dei campi coltivati ed a scapito degli ecosistemi naturali, riducendo la maggior parte di essi ad unità frammentarie e semi-funzionali, eliminandone altri completamente. Questa particolare invenzione ha costituito la base per un approvvigionamento alimentare affidabile, facilitando la nostra crescita come specie, fino a giungere all'attuale dominazione sul mondo naturale dal quale la nostra evoluzione è partita. A dispetto dell'evidente vantaggio di non dovere cacciare o frugare alla ricerca del nostro prossimo pasto, l'agricoltura ha portato con sé nuovi rischi per la salute dovuti alla creazione di ecotoni tra il mondo naturale e i campi coltivati. Ne è risultato un drastico aumento della velocità di trasmissione degli agenti di numerose malattie infettive, quali influenza, rabbia, febbre gialla, dengue, malaria, tripanosomiasi, anchilostoma, schistosomiasi ed oggi questi agenti appaiono e riappaiono con devastante regolarità nelle aree agricole delle regioni tropicali e sub-tropicali. L'agricoltura moderna impiega una moltitudine di prodotti chimici. L'esposizione a livelli tossici di alcuni di essi, in particolare pesticidi e fungicidi, ha creato rischi significativi per la salute umana, rischi che epidemiologi e tossicologi solo di recente hanno iniziato a classificare. Ad aggiungere preoccupazione ad un quadro di per sé già fosco, vi è la previsione che entro i prossimi 50 anni la popolazione mondiale raggiungerà gli 8,6 miliardi. Ciò significa che, utilizzando le tecnologie attualmente disponibili, per poter soddisfare il crescente fabbisogno alimentare sarà necessario aggiungere  $10^9$  (1 miliardo di) ettari di terra coltivata, ovvero una superficie pari a circa le dimensioni del Brasile. Tale quantitativo supplementare di terra coltivabile non è disponibile, pertanto, diventa essenziale lo sviluppo di una strategia alternativa per far fronte a questo problema, che altrimenti, sarà da solo, nella maggior parte dei paesi sovrappopolati, causa del prevalere del caos sociale sul rispetto delle regole del comportamento civile. La sfida consiste nello sviluppare metodi alternativi di produzione alimentare che non compromettano i pochi ecosistemi ancora funzionanti. Una possibile soluzione consiste nella costruzione di centri urbani di produzione alimentare, le c.d. *vertical farms* (fattorie verticali), in cui gli alimenti sono prodotti, per tutto l'arco dell'anno, all'interno di alti edifici a più piani collocati nell'ambiente urbano preesistente. La

realizzazione di questo tipo produzione alimentare eviterebbe le perdite di raccolti dovute ad eventi meteorologici (inondazioni, siccità, uragani ed altro). I prodotti alimentari giungerebbero agli abitanti urbani senza la necessità del loro trasporto per migliaia di chilometri dalle zone rurali ai mercati cittadini. Inoltre, sarebbe notevolmente ridotto il deterioramento dei prodotti, in quanto gli stessi sarebbero venduti e consumati immediatamente dopo il raccolto. Qualora la produzione agricola verticale nei centri urbani diventasse la norma, uno dei benefici di lungo termine sarebbe il graduale ripristino di molti degli ecosistemi degradati in tutto il mondo a seguito dell'abbandono sistematico dei terreni agricoli. Nelle zone temperate e tropicali, la ricrescita delle foreste di latifoglie svolgerebbe un ruolo significativo nella cattura del carbonio e potrebbe contribuire ad un'inversione delle attuali tendenze nel cambiamento climatico globale. Tra gli ulteriori benefici generati dal *vertical farming* (agricoltura verticale) sono compresi la creazione di un ambiente urbano sostenibile, che favorisce la salute di tutti coloro che scelgono di viverci, nuove opportunità di lavoro, riduzione dei lotti e degli edifici abbandonati, aria più pulita, uso sicuro dei reflui di scarico urbani e abbondante fornitura di acqua potabile.

## **Introduzione**

Secondo dati del 2004, circa 800 milioni di ettari di terreno erano destinati alla produzione alimentare, una superficie quasi equivalente a quella del Brasile (1), consentendo un approvvigionamento alimentare tale da soddisfare le esigenze della maggior parte della popolazione mondiale, il cui numero si avvicinava ai 6,3 miliardi. Tale stima dell'uso del suolo include i terreni destinati al pascolo (prati) dei bovini, e rappresenta circa l'85% del totale delle terre adatte ad un livello minimo di attività agricola. Inoltre, occorre considerare che l'agricoltura produce una grande varietà di grani per mangime per milioni di capi bovini e altre specie di animali allevati(2). Nel 2003, nei soli Stati Uniti, sono stati prodotti quasi 33 milioni di capi bovini (3). Per sostenere un'attività agricola di così larga scala, sono stati eliminati o danneggiati gravemente milioni di ettari di foresta di latifoglie (sia di aree temperate sia tropicali), prati, zone umide, estuari e, in misura minore, barriere coralline, con notevole perdita della biodiversità e grave disturbo delle funzioni degli ecosistemi.

Da una prospettiva strettamente umana, i vantaggi dell'attività agricola sono evidenti; purtroppo, c'è da constatare che da essa, sin dai primi sforzi, sono derivati danni irreversibili al pianeta. Ad esempio, tra 8,000 e 10,000 anni fa, i fertili terreni, ricchi di sedimenti, delle pianure alluvionali delle valli dei fiumi Tigri ed Eufrate, si degradarono rapidamente fino a giungere al di sotto dei limiti di produzione alimentare, a causa delle erosioni causate da pratiche agricole intensive e da progetti di irrigazione mal gestiti e spesso interrotti da guerre e inondazioni fuori stagione (4). A tutt'oggi, l'utilizzo di pratiche

agricole primitive continua a produrre ingenti perdite degli strati superficiali del suolo ricchi ricchi di humus (5, 6), allo stesso tempo escludendo la possibilità di catturare il carbonio da parte di alberi e altre piante legnose permanenti (7). I prodotti chimici usati in agricoltura, in particolare i fertilizzanti, sono utilizzati in quasi tutti i principali sistemi di coltura indipendentemente dalla loro ubicazione (8). Ciò é in gran parte dovuto alla domanda, di anno in anno, di colture da reddito che estraggono dal substrato più sostanze nutritive di quanto esso ne possa fornire. Le monocolture (vale a dire, la grande coltivazione di una determinata specie di piante in una zona limitata) sono, per loro stessa natura, estremamente vulnerabili ad una vasta gamma di insetti ed agenti microbici patogeni. Per contrastare tali effetti dannosi, abbiamo inventato pesticidi ed erbicidi. Il loro uso è diventato di routine in molte situazioni, in particolare nelle aziende agricole di grandi dimensioni. Le acque reflue e di scorrimento dei suoli agricoli, che tipicamente contengono tutte le classi sopracitate di prodotti chimici, e spesso anche livelli dannosi di metalli pesanti, sono generalmente considerate la forma di inquinamento idrico più distruttiva e pervasiva, in grado di degradare ogni ambiente d'acqua dolce che esiste in prossimità dei luoghi abitati (9,10).

Fatta eccezione per Europa occidentale e Nord America, molte delle regioni ad alta densità di popolazione sono generalmente considerate luoghi in cui non è possibile condurre una vita sana, con tassi di mortalità/morbidità infantile molte volte superiori all'Europa e Nord America (11). In tali regioni si ritrovano comunemente nuovi tipi di infezioni o nuove varietà di infezioni riemergenti (12), molte delle quali zoonotiche. Il loro ciclo vitale normalmente non comprenderebbe l'uomo, se non fosse per l'intromissione dell'uomo in un ambiente incontaminato, intromissione forzata dal bisogno di espandere l'agricoltura in territori naturali (13). Ciononostante, al momento esiste una grande varietà di prodotti alimentari, disponibile in abbondanza per coloro che possono permetterseli (tabella 3). Ironia della sorte, milioni di persone, che vivono prevalentemente ai tropici e nelle zone sub-tropicali, soffrono di grave malnutrizione, pur vivendo in paesi che esportano grandi quantità di prodotti agricoli destinati ai mercati del mondo sviluppato.

L'agricoltura è un'attività intrinsecamente pericolosa perché associata a numerosi rischi per la salute (14, 15, 16, 17, 18, 19, 20). La trasmissione di numerosi agenti di malattie infettive (ad esempio, schistosomes, malaria, geohelminths) é facilitata da un ampio spettro di operazioni agricole convenzionali (irrigazione, aratura, semina, raccolta) (Tabella 1) (21, 22, 23, 24, 25 ). Tali malattie fanno pagare un carissimo prezzo alla salute e benessere umani, rendendo le popolazioni inabili al lavoro e dunque eliminandole dal flusso del commercio, anche nei paesi più poveri. L'esposizione acuta a prodotti agrochimici tossici (ad esempio, pesticidi e fungicidi) (26), a morsi velenosi da parte della fauna selvatica (27), traumi e lesioni (28, 29) rappresentano ulteriori rischi per gli

agricoltori. Le ultime due categorie di rischi sono particolarmente comuni tra coloro che praticano l'agricoltura di sussistenza "taglia e brucia". Vi è ragione di credere che tali problemi cresceranno in maniera proporzionale alla crescita della popolazione mondiale.

Nonostante sia difficile raggiungere il consenso circa il tasso d'aumento della popolazione mondiale, la maggior parte dei demografi concordano sulla stima che nei prossimi 50 anni, il numero raggiungerà almeno i 9,2 miliardi (30). Per produrre cibo a sufficienza a soddisfare le esigenze alimentari, agronomi di fama mondiale calcolano che, utilizzando i metodi di coltivazione convenzionali, ciò richiederà ulteriori  $10^9$  ettari di terreno (quasi le dimensioni del Brasile) (31). Data l'assenza di terra di qualità tale da potersi destinare a uso agricolo, è ragionevole credere che una grave crisi di dimensioni globali sia imminente. L'approvvigionamento di limitate risorse (quali cibo, acqua e riparo) sono tutt'ora le principali cause di disordini civili e guerre in tutto il mondo.

L'Agricoltura Verticale, praticata su larga scala nei centri urbani, ha grandi potenzialità di:

1. garantire un approvvigionamento alimentare, per soddisfare le esigenze della crescente popolazione mondiale, in maniera sostenibile;
2. consentire il ripristino di struttura e funzioni degli ecosistemi attraverso la conversione di grandi aree al loro stato naturale;
3. usare in modo sicuro ed efficiente la parte organica dei rifiuti umani e agricoli per la produzione di energia, attraverso la generazione di metano, allo stesso tempo riducendo in maniera significativa le popolazioni di infestanti parassiti (ad esempio, ratti, scarafaggi);
4. bonificare le acque nere mediante la creazione di una tanto necessaria nuova strategia per la conservazione dell'acqua potabile;
5. sfruttare spazi urbani abbandonati ed inutilizzati;
6. interrompere il ciclo di trasmissione di agenti di malattie associate alla contaminazione fecale dell'ambiente;
7. consentire la produzione alimentare per tutto l'arco dell'anno, senza perdita di raccolti dovuta a cambiamenti climatici o ad eventi correlati ad agenti atmosferici;

8. eliminare la necessità di un impiego su grande scala di pesticidi e diserbanti;
9. offrire alle industrie agrochimiche un nuovo ruolo principale, ovvero la progettazione e la produzione di diete sicure e chimicamente definite per un'ampia gamma di specie vegetali commercialmente proficue;
10. creare un ambiente che incoraggi la vita urbana sostenibile, la promozione di uno stato di buona salute per tutti coloro che scelgono di vivere in città.

Tutto ciò può apparire troppo bello per essere vero, ma una volta dato il pieno sviluppo di poche nuove tecnologie, gli obiettivi sopra citati sono realistici e realizzabili.

Uno dei presupposti per il successo dell'azienda agricola verticale é che la sua struttura simuli il processo ecologico, in particolare l'efficiente riciclaggio di tutto ciò che é organico, ad esempio riciclando l'acqua degli impianti di smaltimento dei rifiuti umani per trasformarla in acqua potabile. Fattore ancora più importante é la presenza di un forte sostegno da parte dei governi, attraverso incentivi economici per il settore privato, nonché per le università e le amministrazioni locali, per lo sviluppo del concetto. Idealmente, le aziende agricole verticali devono essere: a. economiche da costruire; b. durevoli e sicure da operare; c. indipendenti da sovvenzioni economiche e sostegno esterno (ovvero, a fine giornata lavorativa, devono creare un profitto). Attraverso un continuo programma di ricerca per la realizzazione di tali condizioni, l'agricoltura urbana potrebbe creare un'abbondante e varia fonte di approvvigionamento alimentare per il 60% della popolazione che vivrà nelle città entro il 2030 (32). Tale flusso migratorio è in gran parte determinato dalla difficile situazione nelle aree rurali. Sono vari i motivi che spingono ad emigrare verso la città, ma il più significativo è quello economico. Quando la città ha un'economia prospera, "attira" le persone, con la promessa di posti di lavoro, di comodità, il fascino e lo splendore della vita metropolitana. Vi sono però anche fattori che "spingono" le popolazioni fuori dalle aree rurali: ad esempio calamità naturali quali la siccità o lo sfruttamento degli agricoltori fino al punto di estrema povertà (33, 34).

### **Cosa si intende per agricoltura verticale?**

La coltivazione al chiuso non è un concetto di per sé nuovo, visto che la coltivazione in serra è in vigore da tempo. Soprattutto negli ultimi 15 anni, numerose colture (ad esempio, fragole, pomodori, peperoni, cetrioli, erbe e spezie) sono prodotte, in quantità crescente, in serra per la grande distribuzione. Molte di queste attività, se confrontate con le grandi aziende agricole di scala industriale, sono di piccole dimensioni ma, a differenza

delle loro controparti di pieno campo, possono produrre raccolti per tutto l'arco dell'anno. Il Giappone, la Scandinavia, la Nuova Zelanda, gli Stati Uniti e il Canada possono vantare una fiorente industria di coltivazione in serra. Per quanto noto, nessuna di esse è stata costruita in edifici a più piani. Altri prodotti alimentari per la grande distribuzione prodotti in allevamenti al chiuso sono: pesci d'acqua dolce (ad esempio, tilapia, trote) crostacei e molluschi (ad esempio, gamberetti, gamberi, cozze).

Ciò che proponiamo in questa sede, che differisce radicalmente da ciò che attualmente esiste, è l'allargamento in scala del concetto di coltivazione al chiuso, finalizzato alla produzione di una vasta gamma di alimenti, in quantità sufficiente da sostenere città di qualsiasi dimensione, senza fare affidamento in maniera significativa sulle risorse al di fuori dei suoi confini. L'allevamento di bovini, equini, ovini, caprini e di altri grandi animali sembra ben al di là del paradigma di un'agricoltura urbana. Tuttavia, l'allevamento di una grande varietà di pollame e suini è ben dentro le capacità di allevamento al chiuso. Si calcola che sarebbero necessari circa 30 metri quadrati di raccolto intensivo al chiuso per produrre cibo sufficiente a sostenere una sola persona in un ambiente extraterrestre (ad esempio, su una stazione spaziale o una colonia sulla Luna o su Marte) (35). Lavorando in accordo a questi calcoli ed impiegando tecnologie attualmente disponibili, una fattoria verticale con una superficie, pari ad un isolato urbano, che si innalzi su 30 piani (circa 300,000 metri quadrati) potrebbe produrre nutrimento sufficiente (2000 calorie/giorno/persona) per soddisfare senza sforzo le esigenze di 10.000 persone. Per la costruzione della Fattoria Verticale ideale, che abbia un rendimento di gran lunga superiore per metro quadrato, saranno necessarie ulteriori ricerche in molti settori: idrobiologia, ingegneria, microbiologia industriale, genetica vegetale e animale, architettura e design, salute pubblica, gestione dei rifiuti, fisica, pianificazione urbana, solo per citarne alcuni. La fattoria verticale è una costruzione teorica per la quale diventa impellente la verifica empirica, dato che l'incapacità di produrre alimenti in quantità sufficiente comporterà l'esacerbazione della corsa all'approvvigionamento delle limitate risorse naturali di un pianeta già sotto stress, con la creazione di un clima sociale intollerabile.

## **Benefici attesi dall'agricoltura verticale**

### Produzione delle colture per tutto l'arco dell'anno ed in ambiente protetto e gestito:

I principali vantaggi di un'azienda agricola verticale sono riassunti nella tabella 2. Attualmente la massimizzazione dei raccolti si svolge su un ciclo di crescita annuale che è del tutto dipendente da ciò che accade nell'ambiente esterno- il clima e gli agenti meteorologici del luogo. Nonostante i recenti progressi nella previsione di tali eventi naturali, utilizzando una vasta rete di stazioni meteorologiche e di satelliti di

telerilevamento (36), l'agricoltura bidimensionale rimane un'attività precaria. Uno scostamento significativo, per un periodo di alcune settimane, dalle condizioni necessarie per assicurare un buon raccolto (ad esempio, siccità o inondazioni), crea prevedibili effetti negativi sulla vita di milioni di persone che dipendono dai tali elementi per il loro annuale approvvigionamento alimentare (37, 38). Gli attuali regimi di cambiamento climatico (39) sicuramente renderanno più difficile la già complessa previsione dei raccolti (40, 41).

Vi sono anche altri elementi che cospirano per deprecare il raccolto per il quale si è lavorato così duramente. Nonostante l'applicazione delle moderne pratiche agricole, inevitabilmente, una parte di ciò che è prodotto marcisce nei campi prima della raccolta o nei depositi prima della distribuzione. Ogni anno, a seconda della posizione geografica e intensità di El Niño, le colture soffrono della mancanza d'acqua e dunque avvizziscono sul posto, oppure sono rovinate da inondazioni, grandinate, cicloni, terremoti, uragani, incendi o da altri eventi naturali distruttivi. Molti di tali fenomeni, nel migliore dei casi, sono difficili da prevedere, nel peggiore dei casi, rendono impossibile una reazione in tempo utile per prevenire le perdite ad essi associati. Nell'Africa sub-sahariana, le cavallette rimangono una minaccia onnipresente (42), che può devastare vaste aree di terreni agricoli nell'arco di pochi giorni. Anche in caso di un buon raccolto, i problemi connessi alla trasformazione e allo stoccaggio riducono la quantità effettivamente disponibile per il consumatore. Indipendentemente dal tipo di pianta o granaglia, una grande porzione del raccolto, dopo essere stata messa in deposito, è consumata da una varietà di forme di vita opportunistiche (ad esempio, funghi, batteri, insetti, roditori). Vi è generale consenso sul fatto che, al momento, l'abbondanza dei raccolti è più che sufficiente a soddisfare le esigenze nutrizionali di tutta la popolazione mondiale. Allo stesso tempo, la distribuzione sui mercati dei prodotti alimentari, piuttosto che da necessità biologiche, è guidata in gran parte da fattori economici. Ne deriva che gli strati più poveri della popolazione (circa 1,1 miliardi) siano costretti a vivere in un costante stato di malnutrizione (43). Migliaia di morti sono dunque attribuibili ad una situazione del tutto evitabile (44). Localizzare le fattorie verticali in prossimità di queste zone ad alto rischio potrebbe alleviare notevolmente il problema.

L'agricoltura verticale (vale a dire, l'agricoltura su tre dimensioni) promette di eliminare i fattori naturali esterni dal ruolo di variabili nella produzione alimentare, dal momento che la coltivazione avviene in ambienti chiusi, in condizioni attentamente selezionate e ben controllate, garantendo un ottimo tasso di crescita di ciascuna specie di piante e di animali per tutto l'arco dell'anno. Si stima che 1 ettaro di azienda agricola verticale sia equivalente a ben 4 – 8 ettari di suolo tradizionale, a seconda delle colture. Inoltre, la produzione di alimenti nelle vicinanze del consumatore finale abbasserà notevolmente il consumo di combustibili fossili necessari per la loro distribuzione ed eliminerà completamente l'uso di

combustibili fossili per lo svolgimento dei tradizionali lavori colturali (es. aratura, l'applicazione di fertilizzante, semina, il diserbo e la raccolta).

## **Sinopsi**

Il motivo più importante per considerare la conversione della maggior parte della produzione alimentare in agricoltura verticale è la previsione che a ciò segua il ripristino funzionale degli ecosistemi (45). Vi sono buoni motivi per credere che il recupero quasi completo di molti ecosistemi terrestri in pericolo si verificherebbe semplicemente abbandonando un'area determinata soggetta al concentramento antropico, permettendo alla terra di "curare" se stessa (46). Indicazioni in tal senso derivano, in parte, da numerose osservazioni storiche, ad esempio l'attuale stato biologico di alcuni territori naturali un tempo gravemente danneggiati sia dalla presenza di antiche civiltà ormai estinte sia dall'eccessivo sfruttamento agricolo, ed in parte, dai dati ricavati dal programma di ricerca ecologica a lungo termine (LTER) finanziato dalla National Science Foundation (NFS). Tale programma, iniziato nel 1980, ha studiato un'ampia varietà di ecosistemi frammentati, la cui deliberata messa a riposo faceva seguito ad un lungo periodo di eccessiva attività antropica(47). I seguenti casi di studio serviranno ad illustrare questi punti.

La deforestazione di vaste porzioni di foresta tropicale del Mesoamerica avvenne nell'arco di diverse migliaia di anni (48). Nel 1500, all'arrivo dei conquistadores, si stima che nella regione vivessero ben 50 milioni di persone, di cui circa 17 milioni nel solo territorio dell'attuale Messico. La riforestazione delle regioni abitate da civiltà precolombiane (ad esempio i Maya) e successivamente abbandonate, iniziò durante la campagna di colonizzazione spagnola e proseguì dopo il fallimento di quest'ultima. Le regioni che rimasero popolate continuarono a subire le conseguenze ecologiche della deforestazione (ibid.), mentre le aree abbandonate conobbero una ricrescita della foresta pluviale tanto grande che, a partire dal 1950, quasi tutte le maggiori città antiche situate tra Panama e il Messico meridionale e le loro vestigia erano state ormai completamente ricoperte dalla *canopy*. Oggi è divenuto comune per le spedizioni archeologiche rinvenire insediamenti precedentemente sconosciuti e scoprire così la vita e gli usi delle popolazioni che vissero in questo territorio. Si tratta però di conquiste faticose, rese tali per la difficoltà nel navigare attraverso il denso strato di foresta che nasconde e protegge questi tesori del passato. Ora, le nuove scoperte sono spesso facilitate dall'impiego di sofisticate tecnologie di telerilevamento (49).

Gli Yanomami vivono lungo il confine settentrionale della giungla brasiliana. Avendo resistito alla conquista dei colonialisti europei, la loro evoluzione non ha conosciuto

interferenze esterne. Essi hanno formato una sorta di rete a maglie larghe di comunità tribali che hanno sviluppato metodi agricoli dinamici, in gran parte basati sulla caccia di piccola selvaggina ed agricoltura di sussistenza, per vivere dei prodotti della terra senza causare danni permanenti al loro ambiente (50). I metodi di coltivazioni utilizzati non includono l'incendio come un meccanismo di deforestazione per mettere a coltura il suolo vergine. Gli Yanomami tagliano gli alberi di una zona delimitata, creando ampi circoli. Successivamente, bruciano gli alberi per trarne abbastanza nutrienti minerali da potere fertilizzare il suolo della zona. Coltivano questi suoli poveri per alcuni anni, piantandovi patate dolci, platani, canna da zucchero e tabacco, per poi abbandonarli e passare ad altre zone. Alcuni anni più tardi, gli Yanomami ritornano a coltivare le stesse terre che, nel frattempo, sono ritornate al loro stato precedente. Rinunciando al "taglia e brucia", gli Yanomami hanno raggiunto un raro equilibrio con la terra da loro coltivata e la foresta è rigenerata da un ciclo naturale che favorisce la sopravvivenza di entrambi i modelli di vita. Molte altre popolazioni non sono state altrettanto fortunate nell'aver concepito e attuato rapporti sostenibili con la terra con cui vivevano a stretto contatto e per questo hanno pagato il prezzo più alto, quello dell'estinzione.(51).

La *dust bowl* fu il risultato dalla coltivazione effettuata nelle praterie della parte centrale delle Grandi Pianure degli Stati Uniti (parte del Kansas, Colorado, Oklahoma e Texas). Si tratta uno degli esempi meglio documentati di come l'abuso di un terreno non idoneo alla coltivazione, accompagnato da 100 anni di siccità in quasi due terzi del paese, sia risultato nel collasso, apparentemente irreversibile, di un sistema diversificato di flora e fauna adattato all'ambiente semi-arido di quella regione. Tra il 1889 ed il 1895, il governo, su insistenza dei "boomers", sponsorizzò sei corse alla terra al fine di occupare i territori dell'Oklahoma, attirando migliaia di immigrati provenienti dalla parte orientale degli Stati Uniti e dall'Europa. Nei successivi 20 anni, la pioggia fu superiore alla media e l'agricoltura fiorì. Tuttavia, nei 20-30 anni che seguirono, si registrarono alcune tra le peggiori siccità della storia di questa regione. Il risultato fu la sistematica erosione di milioni di tonnellate di suolo (52). La situazione si aggravò tra il 1932-1938, con risultati sempre più devastanti (53). Durante questo breve periodo di tempo, l'attività agricola collassò e migliaia di famiglie dovettero abbandonare la zona per trasferirsi altrove, soprattutto in California, in cerca di una vita migliore (cfr. John Steinbeck - *Grapes of Wrath*). L'andamento climatico cospirò nel vanificare gli sforzi di questi primi coloni nel convertire le praterie in aree agricole. Avendo appreso la lezione, nessuno ritorno nella regione per circa 15 anni. Durante tale periodo, le precipitazioni ritornarono a regimi normali e la fauna selvatica, a lungo assente, ripopolò la regione. Il fogliame alto e basso rigenerò il suolo al punto tale da attirare di nuovo volpi, antilopi, cani di prateria ed una grande varietà di uccelli endemici ed altre piante di sostegno, ciascuno reclamando la propria nicchia e ripristinando la regione allo stato di prateria. Nel momento in cui la concorrenza con le specie da raccolto terminò, i semi di piante rimaste dormienti germinarono e prosperarono.

Dopo la Seconda Guerra Mondiale, l'area subì ancora una volta un degrado ecologico a causa dell'impatto dell'attività agricola, questa volta sostenuta dal pompaggio delle acque sotterranee della falda acquifera Ogallala utilizzate per l'irrigazione del grano, coltura che richiede abbondanti quantità d'acqua per ottenere il massimo rendimento (54). Anche questa iniziativa sembra destinata a far la stessa fine della prima ondata di agricoltura sulle Grandi Pianure, per la stessa ragione, ovvero la mancanza di una fonte affidabile di acqua. In questo caso, è già stata prelevata una quantità tale di acque sotterranee (55, 56), da abbassare la falda acquifera, creando un rompicapo economico, dato che il costo del petrolio utilizzato per operare le pompe che sollevano l'acqua in superficie da una maggiore profondità rispetto al passato (attualmente alimentate dal più economico gas naturale), costerà più del frumento così prodotto(57). Si prevede che, quando questa generazione di agricoltori abbandonerà la terra, la prateria ancora una volta dominerà il paesaggio.

La zona demilitarizzata (DMZ) tra il Nord e la Corea del Sud rappresenta un piccolo lembo di terra di circa 1528 km<sup>2</sup> di superficie che, dalla fine della Guerra di Corea nel 1953, è rimasta *off-limits* per le persone (58). Le comunità agricole, una volta numerose, non gravano più sul territorio. Il risultato di tale abbandono è stata sorprendente, e in favore del recupero ecologico (59). Durante tale periodo, i piccoli gruppi di animali selvatici sopravvissuti si sono ricostituiti, tutti all'interno dei confini di questa zona, in gruppi robusti comprendenti l'orso nero asiatico, il cervo muschiato, e la gru dalla cresta rossa. Un inatteso (e indesiderato) esempio di "prova di concetto" si è avuta con il ritorno della malaria vivax nella zona vicina al DMZ in Corea del Sud, quale risultato dell'incapacità di svolgere un efficace programma di profilassi mediante la distruzione delle zanzare anche in porzioni della DMZ (60).

Le suddette osservazioni fanno sperare in un quasi completo recupero delle zone abbandonate. Ma a fornire alla comunità scientifica dati affidabili sono stati i progetti di ricerca ecologico a lungo termine (61, 62) (vedi anche: National Science Foundation-Long Term Ecological Research programs - <http://www.lternet.edu>; LTER), consentendo la misura del processo di recupero in maniera molto più precisa. Ventisette paesi sono attualmente impegnati in qualche forma di ricerca ecologica a lungo termine, mentre 19 progetti sono in fase di svolgimento nella parte continentale degli Stati Uniti. Uno di quelli intensamente studiati è lo Hubbard Brook, nel nord del New Hampshire (63, 64, 65, 66). Esso è il bacino idrografico di una foresta boreale mista dove l'agricoltura è stata praticata almeno tre volte nei tempi moderni (1700-1967). Lo Hubbard Brook LTER elenca quali obiettivi di ricerca: struttura della vegetazione e della produzione, dinamiche di detriti in ecosistemi terrestri ed acquatici, collegamenti tra gli ecosistemi atmosferici- terrestri-acquatici, dinamica delle popolazioni eterotrofiche, effetti delle attività umane sugli

ecosistemi. Inizialmente sotto la direzione di Gene Likens, una parte del bacino fu isolata lasciando la foresta *in situ* (66). Nella parte isolata, vennero installate delle chiuse per raccogliere e monitorare la qualità delle acque drenanti nello Hubbard Brook dal suo affluente. Lo studio ha rivelato la notevole resilienza di questo spartiacque. Sono stati necessari solo tre anni alle acque che drenavano la zona danneggiata per tornare alla loro originale alta qualità (66). Ciò avvenne in gran parte grazie alle specie pioniere di piante i cui semi sono intolleranti all'ombra e che perciò rimasero dormienti fino a quando non esposti alla luce diretta del sole. La crescita fu rapida e tali piante servirono quale elemento temporaneo di conservazione del suolo fino a che gli alberi (tolleranti all'ombra) crebbero di nuovo, rimpiazzandole. Ecologisti provenienti da diverse istituzioni che collaborano con il progetto convergono ogni estate allo Hubbard Brook per monitorare una vasta gamma di processi ecologici (per un elenco completo si veda: <http://www.hubbardbrook.org/research/pubs/hbbibentire.htm>). Altri siti LTER all'interno degli Stati Uniti studiano praterie, estuari, foreste alpine, zone umide, deserti semi-aridi, laghi, fiumi, e savana delle costa. Tutti questi studi hanno da raccontare storie simili circa la capacità del paesaggio naturale di tornare ad uno stato funzionale quando gli si consente di ristabilire le relazioni ecologiche che favoriscono il flusso ininterrotto di energia da un livello trofico a quello successivo. Questi dati danno credito all'ipotesi che, qualora l'agricoltura verticale potesse sostituire la maggior parte dei sistemi di produzione alimentare tradizionali, sarebbero ripristinate le funzioni degli ecosistemi che consolidano uno stile di vita salutare (ad es. acqua pulita, aria pulita).

## **Gestione dei rifiuti e sostenibilità urbana**

Oggi ci confrontiamo con la sfida costituita dal cercare di comprendere il processo di equilibrio ecologico in misura sufficiente da renderlo parte della nostra vita quotidiana (vale a dire, non fare danno). La volontà di cercare di risolvere problemi che noi stessi abbiamo creato rappresenta una misura del nostro disinteresse e del nostro comportamento altruistico come specie animale. Così, la seconda ragione, in ordine di importanza, per prendere in considerazione la conversione all'agricoltura verticale fa riferimento al come gestire i rifiuti (67), in particolare quelli dei centri urbani (68; vedi anche: <http://www.usmayors.org/uscm / mwma />). La gestione dei rifiuti attualmente praticata nel mondo è, nella maggior parte dei casi, inaccettabile sia dal punto di vista della salute pubblica sia da quello sociale; inoltre l'esposizione ad effluenti non trattati spesso porta con sé gravi rischi per la salute (69, 70, 71). Eppure, anche nel migliore dei casi, la maggior parte dei rifiuti solidi sono semplicemente raccolti e compattati per poi essere sotterrati in discarica o, più raramente, inceneriti per produrre energia (72). I reflui sono inizialmente trattati (digestione seguita da decantazione), quindi ritrattati con un agente antibatterico (ad esempio, cloro) ed immessi nell'ambiente attraverso il corso di

acqua più conveniente (73). Più spesso nei paesi meno sviluppati, i reflui sono scaricati senza trattamento, incrementando i rischi per la salute associati alla trasmissione di malattie infettive a causa di contaminazione fecale (74).

Tutti i rifiuti solidi possono essere riciclati (lattine restituibili, bottiglie, imballaggi di cartone, ecc) e/o utilizzati in sistemi di generazione di energia con tecnologie che sono attualmente in uso (72). Una delle principali fonti di rifiuti organici proviene dal settore della ristorazione (75). La produzione di metano da questa unica risorsa potrebbe contribuire in maniera significativa alla produzione di energia, tanto da fornirne in quantità sufficiente per l'attività delle fattorie verticali senza l'uso di energia elettrica dalla rete. Ad esempio, nella città di New York vi sono più di 21.000 aziende di ristorazione, tutte capaci di produrre quantità significative di rifiuti organici il cui costo di smaltimento esse devono pagare all'amministrazione cittadina. Spesso la spazzatura rimane sul marciapiede per ore o, a volte, per giorni prima di essere raccolta. Ciò consente agli animali infestanti (scarafaggi, ratti, topi) il privilegio di pranzare presso alcuni dei migliori ristoranti dell'emisfero occidentale, seppur solo di seconda mano (76). L'agricoltura verticale potrebbe tradursi in una situazione in cui sarebbero i ristoranti ad essere pagati (in base al contenuto calorico) per quella che diventerebbe un merce preziosa, consentendo una maggiore redditività ad un settore notoriamente a basso margine di profitto (2-5%) (77). Nella città di New York, ogni anno cessano l'attività in media 80-90 ristoranti, e per la gran parte di questi la situazione precipita a seguito delle ispezioni svolte dall'Ufficio Igiene e Salute. Una comune constatazione da parte degli ispettori è la presenza di infestanti (escrementi di topi e ratti, scarafaggi) e di condizioni insalubri che ne incoraggiano la presenza.

Le acque di scorrimento prodotte dall'agricoltura deteriorano la qualità di una grande quantità di acque superficiali e sotterranee (78, 79, 80, 81, 82). L'agricoltura verticale offre la possibilità di ridurre notevolmente questa fonte di inquinamento delle acque. Inoltre, essa genererà metano dai rifiuti urbani attualmente destinati agli impianti di controllo dell'inquinamento delle acque. Il concetto di sostenibilità sarà realizzato attraverso la valorizzazione dei rifiuti come merce così indispensabile per il funzionamento della fattoria che disfarsene (cosa miserabile!) sarebbe come prendere benzina dal serbatoio per incendiare la propria auto. I sistemi naturali funzionano in maniera sostenibile riciclando tutti gli elementi essenziali per produrre la prossima generazione di vita (83). Questo modo di operare è stato adottato dagli ingegneri della NASA in tutti i futuri programmi che si concentrano sulla colonizzazione dello spazio. Se vogliamo vivere in sistemi chiusi fuori dalla superficie terrestre (84), il concetto di rifiuti diventa un paradigma obsoleto. Purtroppo, questo obiettivo deve essere ancora pienamente realizzato dalla NASA (84) o dallo sfortunato progetto Biosfera 2 (85, 86). Se siamo destinati a vivere in un ambiente in

equilibrio posto nello spazio extraterrestre, dovremo prima imparare come farlo, in qualche modo, qui sulla Terra.

I fanghi derivati dagli impianti di depurazione delle acque di molte, ma non tutte, città degli Stati Uniti - trattati con un processo brevettato denominato *stabilizzazione avanzata alcalina con susseguente essiccazione accelerata* - sono trasformati in terra di alta qualità, che è venduta come tale all'intera comunità delle aziende agricole dalla società N-Viro Corporation di Toledo, Ohio. Il fattore limitante l'utilizzazione in agricoltura dei fanghi di depurazione di origine urbana sembra essere la contaminazione da metalli pesanti, in gran parte da rame, mercurio, zinco, arsenico, cromo (87). L'agricoltura verticale sarà realizzata in modo da assorbire le acque nere o grigie, in base alla disponibilità, e ripristinarne la qualità al livello quasi potabile utilizzando la *biobonifica* (88) e altre tecnologie ancora in via di perfezionamento. Specie diverse di piante non commestibili a crescita rapida (ad esempio, cattail, duckweed, sawgrass, *Spartina* spp.), al cui insieme spesso ci si riferisce con il termine *living machine* (89, 90), saranno utilizzate per bonificare l'acqua contaminata. Esse saranno periodicamente raccolte per generare metano attraverso l'impiego dei migliori metodi di compostaggio (91), producendo l'energia necessaria a gestire l'impianto. I prodotti risultanti dalla combustione del metano (anidride carbonica, calore ed acqua) potranno essere immessi nell'aria ambiente della fattoria verticale per aiutare a promuovere la crescita ottimale delle piante. L'acqua depurata ottenuta sarà utilizzata per coltivare specie di piante commestibili. In ultima analisi, qualsiasi fonte d'acqua che scaturisca dalla fattoria verticale dovrebbe essere potabile, per essere così interamente riciclata all'interno della comunità dalla quale in origine proveniva. A tale riguardo, poiché l'intera fattoria sarà un ambiente chiuso e confinato, la raccolta delle acque generate dall'evapo-traspirazione potrebbe avere un ruolo considerevole. La condensazione e la raccolta della umidità generata dalle piante potrebbe avvenire con l'impiego di tubi per la raccolta della brina. Occorre aggiungere che sarà necessario l'utilizzo delle più moderne tecnologie affinché le acque reflue possano essere trattate *di routine* all'interno dei confini aziendali. A tal riguardo, saranno utili le lezioni apprese dalla industria del nucleare.

### **Benefici sociali dell'agricoltura verticale**

Eliminare una percentuale significativa del suolo oggi destinato all'agricoltura di tipo tradizionale offre dei vantaggi evidenti per la salute umana, che riguardano il ripristino dei servizi forniti dagli ecosistemi naturali come pure, con il contemporaneo ripristino delle funzioni degli ecosistemi, anche per l'immediato miglioramento della biodiversità. I benefici sociali dell'agricoltura urbana auspicano una serie realizzabile di obiettivi. Tuttavia, poiché la fattoria verticale è ancora un costrutto teorico, è difficile prevedere tutti i

potenziali benefici ricavabili da questa modalità di produzione alimentare. Di questi, il primo è l'affermazione del principio di sostenibilità quale quale etica di comportamento umano (92). A tutt'oggi, ovunque nel mondo non esiste un esempio di comunità urbana totalmente auto-sostenuta. Lo sviluppo di questo concetto ecologico chiave è rimasto relegato al mondo naturale ed, in particolare, con riferimento al funzionamento degli ecosistemi. Gli studi e le osservazioni ecologiche, a cominciare da quelli di Teal (93), mostrano come gli organismi viventi si comportano rispetto alla condivisione di risorse energetiche limitate (94). Comunità di piante ed animali organizzate in reti a trama fitta evolvono in relazioni trofiche che permettono il flusso ininterrotto di trasferimento di energia da un livello all'altro, a prescindere dal tipo di ecosistema in questione (95). In realtà, questa è la caratteristica di tutti gli ecosistemi. Per contro, gli esseri umani, sebbene abbiano una parte in tutti gli ecosistemi terrestri, non sono riusciti ad integrare lo stesso comportamento nel proprio stile di vita. Se avrà successo, l'agricoltura verticale stabilirà il valore del concetto di sostenibilità, a prescindere dalla sua localizzazione (urbana o rurale). La fattoria verticale potrà diventare un importante centro di apprendimento per generazioni di abitanti urbani, grazie all'imitazione dei cicli dei nutrienti, che di nuovo avranno luogo nell'ambiente che sarà ri-emerso intorno a loro, dimostrando così l'intimo legame che ci unisce al resto del mondo. Inoltre, l'eliminazione di grandi quantità di rifiuti, attualmente ingestibili, contribuirà a rendere attrattivo il contesto locale, aiutando a correggere lo squilibrio nella utilizzazione di energia mediante il riciclaggio di rifiuti organici attraverso i sistemi di digestione a metano. Nel suo libro *So Human an Animal* (96), Rene Dubos ha scritto che le persone tendono a sostenere le istituzioni in cui sono cresciute, a prescindere dal fatto se esse promuovano o meno un ambiente favorevole nel quale vivere. Dubos sostiene che tutti gli esseri umani meritano di vivere in luoghi che incoraggiano una vita sana e proficua, ma che per farlo sarà necessaria una massiccia ricostruzione del paesaggio urbano. La trasformazione della città in entità che coltivano gli aspetti migliori della esperienza umana è l'obiettivo di ogni urbanista e, facendo dell'agricoltura verticale uno dei pilastri dello sviluppo urbano, questo ideale potrebbe finalmente diventare realtà.

Fornire alle popolazioni urbane un raccolto vario e abbondante, adattato alle caratteristiche della cucina locale, evita che il cibo e l'acqua siano risorse da conquistarsi attraverso conflitti tra popolazioni concorrenti. La fame diventa una cosa del passato, e la salute di milioni migliora drasticamente, in gran parte a causa di una corretta alimentazione e per la mancanza di infestazioni parassitarie precedentemente acquisite per azione dell'attività agricola. Dati la forza di fornire soluzioni a livello politico e sociale, questo concetto ha il potenziale per conseguire ciò che in passato è stato considerato come quasi impossibile e oltremodo scomodo da realizzare.

È inoltre previsto che l'agricoltura urbana su larga scala richiederà una più alta intensità di lavoro rispetto a quanto attualmente sperimentato nell'agricoltura tradizionale, dato che non sarà possibile l'utilizzo di grandi macchinari agricoli. Di conseguenza, abonderanno le opportunità di occupazione a molti livelli. Infine, l'agricoltura verticale, oltre ad essere altamente funzionale, sarà un esempio di bellezza architettonica, portando con sé un senso di orgoglio ai quartieri dove essa sarà impiantata. Di fatto, l'obiettivo della costruzione di fattorie verticali è quello di renderle così attraenti, sotto tutti gli aspetti, da far sì che ogni quartiere vorrà averne una per sé.

### **Riferimenti bibliografici**

1. Food and Agriculture Organization, World Health Organization. 2004 statistics on crop production (available online).
2. Ibid
3. United States Department of Agriculture. 2003 report on cattle production (available online).
4. Hillel D. Out of the earth. Civilization and the life of the soil. University of California Press. Berkeley, CA. 1991. P. 321.
5. Jelle Bruinsma, ed., Appendix of World Agriculture: Towards 2015/ 2030, UNFAO (2003) Earthscan Publications, London. P. 432.
6. Earth Policy Institute, "Deserts Advancing, Civilization Retreating", Earth Policy Institute, 3/03.
7. Williams M. Deforesting the Earth. The University of Chicago Press. Chicago and London. 2003. P. 689.
8. IFA Agriculture Committee. Summary Report. Global Agricultural Situation and Fertilizer Consumption in 2000 and 2001. June 2001. (available online)
9. National Resources Inventory. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
10. Measures of environmental performance and ecosystem condition. (Schulze P, ed. National Academy of Engineering). 1999. National Academy Press. Washington, D.C.; P. 303.
11. Zupan J. 2003. Perinatal mortality and morbidity in developing countries. A global view. *Med Trop* 63:366-8.
12. Wang MJ, Moran GJ. 2004. Update on emerging infections: News from the centers for disease control and prevention. *Ann Emerg Med*. 43:660-2.
13. Molyneux DH. 2003. Common themes in changing vector-borne disease scenarios. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 97:129-32.
14. Stromquist AM, Burmeister LF, et al. 2003. Characterization of agricultural tasks performed by youth in the Keokuk County Rural Health Study. *Appl Occup Environ Hyg*. 18:418-29.
15. Park H, Reynolds SJ, et al. 2003. Risk factors for agricultural injury: a case-control analysis of Iowa

- farmers in the Agricultural Health Study. *J Agric Saf Health*. 9: 5-18.
16. Radon K, Monoso E, et al. 2002. Prevalence and risk factors for airway diseases in farmers--summary of results of the European Farmers' Project. *Ann Agric Environ Med*. 9:207-13.
  17. Walker-Bone K, Palmer KT. 2002. Musculoskeletal disorders in farmers and farm workers. *Occup Med*. 52:441-50.
  18. Sprince NL, Park H, et al. 2002. Risk factors for machinery-related injury among Iowa farmers: a case-control study nested in the Agricultural Health Study. *Int J Occup Environ Health*. 8:332-8.
  19. Coble J, Hoppin JA, et al. 2002. Prevalence of exposure to solvents, metals, grain dust, and other hazards among farmers in the Agricultural Health Study. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 12:418-26.
  20. Merchant JA, Stromquist AM, et al. 2002. Chronic disease and injury in an agricultural county: The Keokuk County Rural Health Cohort Study. *J Rural Health*. 18:521-35
  21. Zaki A, Bassili A, et al. 2003. Morbidity of schistosomiasis mansoni in rural Alexandria, Egypt. *J Egypt Soc Parasitol*. 33:695-710
  22. Needham C, Kim HT, et al. 1998. Epidemiology of soil-transmitted nematode infections in Ha Nam Province, Vietnam. *Trop Med Int Health*. 3:904-12.
  23. Fashuyi SA. 1992. The pattern of human intestinal helminth infections in farming communities in different parts of Ondo State, Nigeria. *West Afr J Med*. 11:13-7.
  24. Amahmid O, Asmama S, Bouhoum K. The effect of waste-water reuse in irrigation on the contamination level of food crops by *Giardia* cysts and *Ascaris* eggs. *Int J Food Microbiol*. 49:19-26.
  25. Gbakima AA, Sahr F. Intestinal parasitic infections among rural farming communities in eastern Sierra Leone. *Afr J Med Med Sci*. 24:195-200.
  26. Perry MJ. 2003. Children's agricultural health: traumatic injuries and hazardous inorganic exposures. *J Rural Health*. 19:269-78.
  27. Habib AG, Gebi UI, Onyemelukwe GC. 2001. Snake bite in Nigeria. *Afr J Med Med Sci*. 30:171-178
  28. Alexe DM, Petridou E, et al. 2003. Characteristics of farm injuries in Greece. *J Agric Saf Health*. 9:233-40.
  29. Chen XL, Li YP. Et al. 2003. Burn injuries associated with the water tank of motor farming tricycles in China. *Burns*. 29:816-819.
  30. United States Census Bureau. International Data Base 7-2003. (available online).
  31. Tilman D, Fargione J, et al. 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*. 292: 281-284.
  32. United Nations. *World Population Prospects: The 1998 Revision*. (available online).
  33. Hall P, Pfeiffer U. 2000. *Urban Future 21: A Global Agenda for Twenty-First Century*, E & FN Spon, London
  34. Elgendy H. 2002. Institut fur Stadtebau und Landsplanung der Universitat Karlsruhe. Global trends: Urbanization. (available online).

35. Mitchell CA. 1994. Bioregenerative life-support systems. *Am J Clin Nutr.* 60:820S-824S.
36. Global Hydrology and Climate Center at the National Aeronautics and Space Administration, Washington, D.C. (available online).
37. Food and Agriculture Organization press release 2002  
([http://www.fao.org/waicent/ois/press\\_ne/english/2002/3084-en.html](http://www.fao.org/waicent/ois/press_ne/english/2002/3084-en.html))
38. Goudriaan J, Zadoks JC. 1995 Global climate change: Modelling the potential responses of agro-ecosystems with special reference to crop protection. *Environ Pollut.* 87:215-24.
39. Root TL, Price JT, Hall KR, Schneider SH, Rosenzweig C, Pounds JA. 2003.
40. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature.* 421:57-60.
41. Pimentel D. 1991. Global warming, population growth, and natural resources for food production. *Soc Nat Resour.* 4:347-63.
42. McMichael AJ. 2001. Impact of climatic and other environmental changes on food production and population health in the coming decades. *Proc Nutr Soc.* 60:195-201.
43. Abate T, van Huis A, Ampofo JK. 2000. Pest management strategies in traditional agriculture: an African perspective. *Annu Rev Entomol.* 45:631-59.
44. World Bank estimates for 2001. (available online).
45. Institute of governmental studies. Public Affairs Report. University of California at Berkeley. 42:Summer 2001
46. Wood S, Sebastian K, Scherr SJ. 2001. Pilot Analysis of Global Ecosystems. International Food Policy Research Institute and World Resources Institute. P. 110.
47. Gunderson LH. 2000. Ecological resilience – In theory and application. *Ann Rev Ecology Systematics.* 31:425-439.
48. National Science Foundation Program in Long Term Ecological Research. (available online).
49. Williams M. 2003. *Deforesting The Earth.* University of Chicago Press. P. 689.
50. Wiseman J. 1998. Insight: eagle eye at NASA. abstracts. 51. *Archaeology.*
51. Lizot J. 1993. Yanomami natural resource use: and inclusive cultural strategy. In: Hladik CM, Hladik A, Linares OF, Pagezy H, Semple A, and Hadley M (eds), *Tropical Forests, People, and Food: Biocultural Interactions and Applications to Development.* Man and the Biosphere series. Vol. 13: UNESCO, Paris.
52. Diamond J. 1994. The ecological collapse of ancient civilizations. *Bull. Amer. Acad. Arts & Sciences XLVII:*37-59.
53. Pimentel, D., C. Harvey, P. Resosudarmo, K. Sinclair, D. Kurtz, M. McNair, S. Crist, L. Spritz, L. Fitton, R. Saffouri & R. Blair. 1995. Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. *Science* 267: 1117-1123.
54. Schubert SD, Suarez MJ, Pegion PJ, Koster RD, Bacmeister JT. 2004. On the cause of the 1930s dust bowl. *Science* 303: 1855-1859 .
55. Harold V. Eck. 1988. Winter wheat response to nitrogen and irrigation. *Agron. J.* 80:902-908.

56. Opie J. 1993. *Ogallala: Water for a Dry Land*. University of Nebraska Press. P. 294
57. Woods JJ, Schloss JA, Mostteller J, Buddemeier RW, Maxwell BA, Bartley JD, Whittemore DO. 2000. Water level decline in the Ogallala Aquifer. KWO-KGS Contract Report 99-132. Kansas Geological Survey open-file Report 2000-29B (v2.0).
58. The Docking Institute of Public Affairs: The value of Ogallala Groundwater. 2001.
59. Kirkbride WA. Panmunjom: facts about the Korean DMZ. Hollym Corp. Pubs. P. 80.
60. Kostel K. 2004. Fieldnotes. Preserve: Nature's olive branch. Audubon. (available online).
61. Ree HI. 2000. Unstable vivax malaria in Korea. *Korean J Parasitol.* 38:119-38.
62. Vaughan H, Brydges T, Fenech A, Lumb A. 2001. Monitoring long-term ecological changes through the Ecological Monitoring and Assessment Network: science-based and policy relevant. *Environ Monit Assess.* 67:3-28.
63. Parr TW, Sier AR, Battarbee RW, Mackay A, Burgess J. 2003. Detecting environmental change: science and society-perspectives on long-term research and monitoring in the 21st century. *Sci Total Environ.* 310 :1-8.
64. Likens GE, Bormann FH. 1995. *Biogeochemistry of a Forested Ecosystem*. Second Edition, Springer-Verlag New York Inc. P. 159.
65. Likens GE. 2001. *Ecosystems: Energetics and Biogeochemistry*. pp. 53-88. In: Kress WJ and Barrett G (eds.). *A New Century of Biology*. Smithsonian Institution Press, Washington and London.
66. Bernhardt ES, Likens GE. 2002. Dissolved organic carbon enrichment alters nitrogen dynamics in a forest stream. *Ecology.* 83:1689-1700.
67. Likens GE, Bormann FH, Johnson NM, D. W. Fisher, Pierce RS. 1970. Effects of forest cutting and herbicide treatment on nutrient budgets in the Hubbard Brook watershed-ecosystem. *Ecol. Monogr.* 40:23-47.
68. Environmental Protection Agency. Auxiliary information: national priorities list, proposed rule. *Intermittent Bulletin*. Internet Vol. 7. 2004. (available online).
69. Lugwig C, Hellweg S. 2002. *Municipal solid waste management. Strategies and technologies for sustainable solutions*. Springer Verlag, Pub. Heidelberg, New York. P. 545.
70. Nath KJ. 2003. Home hygiene and environmental sanitation: a country situation analysis for India. *Int J Environ Health Res.* 13 Suppl 1:S19-28.
71. Nguyen HM, Tu BM, Watanabe M, Kunisue T, Monirith I, Tanabe S, Sakai S, Subramanian A, Sasikumar K, Pham HV, Bui CT, Tana TS, Prudente MS. 2003. Open dumping site in Asian developing countries: a potential source of polychlorinated dibenz-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans. *Environ Sci Technol.* 37:1493-502.
72. Adeyeba OA, Akinbo JA. 2002. Pathogenic intestinal parasites and bacterial agents in solid wastes. *East Afr Med J.* 79:604-10.
73. Malkow T. 2004. Novel and innovative pyrolysis and gasification technologies for energy efficient and environmentally sound MSW disposal. *Waste Manag.* 24:53-79.
74. Eckenfelder WW. 1999. *Industrial water pollution control*. McGraw-Hill Science/Engineering/Math; 3 rd

ed. P. 600.

75. Dumontet S, Scopa A, Kerje S, Krovacek K. 2001 The importance of pathogenic organisms in sewage and sewage sludge. *J Air Waste Manag Assoc.* 51:848-60.
76. Wie S, Shanklin CW, Lee KE. 2003. A decision tree for selecting the most cost-effective waste disposal strategy in foodservice operations. *J Am Diet Assoc.* 103:475-82.
77. Childs JE, McLafferty SL, Sadek R, Miller GL, Khan AS, DuPree ER, Advani R, Mills JN, Glass GE. Epidemiology of rodent bites and prediction of rat infestation in New York City. *Am J Epidemiol.*148:78-87.
78. Mann LL, MacInnis D, Gardiner N. 1999. Menu Analysis for Improved Customer Demand and Profitability in Hospital Cafeterias *Can J Diet Pract Res.* 60:5-10.
79. Stalnacke P, Vandsemb SM, Vassiljev A, Grimvall A, Jolankai G. Changes in nutrient levels in some Eastern European rivers in response to large-scale changes in agriculture. *Water Sci Technol.* 49:29-36.
80. Fawell J, Nieuwenhuijsen MJ. 2003. Contaminants in drinking water. *British Medical Bulletin* 68:199-208.
81. Foster SSD, Chilton PJ. 2003. Groundwater: the processes and global significance of aquifer degradation. *Phil Trans: Biol Sci.* 358: 1957-1972.
82. Holt MS. 2000. Sources of chemical contaminants and routes into the freshwater environment. *Food Chem Toxicol.* 38(1 Suppl):S21-7.
83. Ritter L, Solomon K, Sibley P, Hall K, Keen P, Mattu G, Linton B. 2002. Sources, pathways, and relative risks of contaminants in surface water and groundwater: a perspective prepared for the Walkerton inquiry. *J Toxicol Environ Health A.* 65:1-142.
84. Odum EP. 1997. *Ecology: the bridge between science and society.* Sinauer Assoc. P 330.
85. Silverstone S, Nelson M, Alling A, Allen J. 2003. Development and research program for a soil-based bioregenerative agriculture system to feed a four person crew at a Mars base. *Adv Space Res.* 31:69-75.
86. Allen JP, Nelson M, Alling A. 2003. The legacy of Biosphere 2 for the study of biospherics and closed ecological systems. *Adv Space Res.* 31:1629-39.
87. Allen J. 1997. Biospheric theory and report on overall Biosphere 2 design and performance. *Life Support Biosph Sci.* 4:95-108.
88. Scancar J, Milacic R, Strazar M, Burica OI. 2000. Total metal concentrations and partitioning of Cd, Cr, Cu, Fe, Ni and Zn in sewage sludge. *Sci. Total Environ.* 250:91-119.
89. Bonaventura C, Johnson FM. 1997. Healthy environments for healthy people: bioremediation today and tomorrow. *Environ Health Perspect.* 105:5-20.
90. Todd J. 1994. *From Eco Cities to Living Machines: Ecology as the Basis of Design* North Atlantic Press, Berkeley.
91. Todd, J, Josephson B. 1996. The design of living machines for wastewater treatment. *Ecological Engineering* 6, 109-136.
92. Salvato JA, Nemerow NL, Agardy FJ. 2003. *Environmental Engineering.* John Wiley & Sons; 5 th ed. P 1,584.
93. Cairns, Jr., John. 2000. Sustainability and the future of humankind: two competing theories of Infinite

Substitutability. Politics and the Life Sciences 1: 27-32.

94. Teal JM. 1962. Energy flow in a salt marsh in Georgia. Ecology 43:614-624.

95. Ricklefs RE. 2000. The economy of nature. WH Freeman & Co. 5 th ed. P 550.

96. Hemond H, Fechner-Levy E. 1999. Chemical fate and transport in the environment. Academic Press. P 433.

97. Dubos R. 1968. So human an animal. Charles Scribner & Sons. New York.

98. Appendice

**Tabella 1.**

**Importanti agenti di malattie infettive acquisite attraverso l'attività agricola**

Virus	Batteri	Protozoi
<u>Influenza</u> (H5N1 avian flu virus)	<i>Salmonella typhi</i>	<u>Malaria</u> ( <i>Plasmodium falciparum</i> , <i>P. vivax</i> , <i>P. malariae</i> , <i>P. ovale</i> )
<u>West Nile virus</u>	<u><i>Shigella flexneri</i></u>	Leishmaniasis ( <i>Leishmania donovani</i> , <i>L. tropica</i> , <i>L. mexicana</i> )
Nipha virus	<i>Campylobacter pylori</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i>
Rabies	<i>Escherichia coli</i> 0157	<i>Cyclospora caetanensis</i>
	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Entameba histolytica</i>
		<i>Giardia lamblia</i>
		<i>Trypanosoma cruzi</i>
		<u><i>Trypanosoma brucei rhodesiense</i></u> and <u><i>T. b. gambiense</i></u>
-	-	-

**Helminths**

Lymphatic filariasis (*Wuchereria bancrofti*, *Brugia malayi*, *Brugia timori*)

*Onchocerca volvulus*

*Schistosoma japonicum*, *S. mansoni*, *S. haematobium*

## Tabella 2

### Vantaggi dell'Agricoltura Verticale (AV)

- Consente una produzione agricola continuativa, per tutto l'arco dell'anno; 1 ettaro al coperto equivale a 10 - 15 ettari in pieno campo, a seconda delle colture (ad esempio, le fragole: 1 ettaro al chiuso = 75 ettari in pieno campo)
- Evita la perdita del raccolto a causa di eventi meteorologici, siccità, inondazioni, parassiti
- I prodotti dell'AV sono biologici: niente erbicidi, pesticidi, fertilizzanti.
- Elimina virtualmente la contaminazione da scarichi agricoli attraverso il riciclo delle acque nere
- Restituisce i terreni agricoli al loro stato naturale, attraverso il ripristino funzionale degli ecosistemi
- Riduce notevolmente l'incidenza di molte malattie infettive che sono acquisite attraverso l'attività agricola
- Converte le acque nere e grigie in acqua potabile attraverso la raccolta dell'acqua di evapotraspirazione
- Restituisce energia alla rete elettrica tramite la generazione di metano dal compostaggio degli scarti vegetali e animali
- Riduce drasticamente l'utilizzo dei combustibili fossili (non vi sono trattori, arature, trasporti)
- Converte i lotti urbani abbandonati in centri di produzione alimentare
- Crea ambienti sostenibili nei centri urbani
- Crea nuove opportunità di lavoro
- Non possiamo andare sulla Luna, su Marte o addirittura oltre senza prima aver appreso la coltivazione in ambienti chiusi sul nostro pianeta
- AV può dimostrarsi utile quale supporto da integrare nei campi profughi
- AV offre la promessa di un miglioramento economico misurabile per le zone tropicali e subtropicali
- Nei paesi meno sviluppati, l'AV può contribuire a ridurre o addirittura invertire la crescita della popolazione, in quanto l'agricoltura urbana verrebbe adottata come una strategia per una produzione alimentare sostenibile
- AV potrebbe ridurre l'incidenza dei conflitti armati causati dalla corsa all'approvvigionamento di risorse naturali, come l'acqua e la terra per l'agricoltura
- Nessun costo per il ripristino degli ecosistemi: il principio di "negligenza benigna".