

ARTICLE INFO

Received	20 September 2025
Revised	23 October 2025
Accepted	25 October 2025
Published	30 December 2025

FUTURI GALLEGGIANTI

Ripensare le relazioni tra acqua, energia e lavoro attraverso l'idrologia culturale

FLOATING FUTURES

Rethinking the relationships between water, energy, and labour through cultural hydrology

Matteo D'Ambros, Stefano Tornieri

ABSTRACT

Nell'epoca delle grandi accelerazioni energetiche, climatiche e delle disuguaglianze globali, il Lago Loktak nello Stato di Manipur (India) rappresenta un caso emblematico per esplorare equilibri tra governance idrica e regimi energetici, tra pratiche produttive e abitative locali. Il contributo indaga come l'adattamento di pratiche tradizionali nei paesaggi d'acqua possa guidare configurazioni progettuali per la sostenibilità degli ecosistemi anfibi e propone il 'modello Loktak' come paradigma 'post-crescita'. L'unicità ecologica del Lago risiede nelle sue isole galleggianti di biomassa e in un'economia stagionale basata su pesca e agricoltura. Il caso è emblematico in quanto, nonostante siano state realizzate diverse infrastrutture imposte come la Diga di Ithai che hanno alterato i regimi naturali causando degrado ambientale, le comunità locali hanno risposto, in modo adattivo, rigenerando le isole galleggianti, le cosiddette Athapum Phumdi. Attraverso mappature multiscalarari e letture socio-spaziali, il Lago emerge come paesaggio idro-culturale in cui la 'circolarità galleggiante' orienta infrastrutture ibride, acqua, energia e lavoro. In tale ottica il Loktak è visto come dispositivo regolativo naturale, capace di ispirare progetti in altri contesti anfibi e di orientare in chiave inedita una riflessione nel campo degli studi sul territorio.

In an era marked by rapid advances in energy, climate, and global inequality, Loktak Lake in the State of Manipur (India) exemplifies the delicate balance between water governance and energy systems, as well as between local productive and dwelling practices. This study explores how adapting traditional practices in water landscapes can guide design configurations of sustainable amphibious ecosystems, proposing the 'Loktak model' as a post-growth paradigm. The Lake's ecological uniqueness stems from its floating biomass islands and a seasonal economy rooted in fishing and agriculture. Despite the construction of imposed infrastructures such as the Ithai Dam – which disrupted natural regimes and caused environmental harm – local communities have responded with adaptive measures, notably in regenerating the floating islands known as Athapum Phumdi. Through multi-scalar mappings and socio-spatial analyses, the Lake is revealed as a hydro-cultural landscape where 'floating circularity' orchestrates hybrid infrastructures, water, energy, and labour. In this light, Loktak serves as a natural regulatory mechanism capable of inspiring projects in other amphibious settings and of guiding, in an unprecedented manner, a new approach within territorial studies.

KEYWORDS

infrastrutture galleggianti, paesaggi umidi, paesaggi produttivi, economia circolare, post-crescita

floating infrastructures, wetland landscapes, productive landscapes, circular economy, post-growth



Matteo D'Ambros, Architect and PhD, is a Researcher at the University of Trieste (Italy). He studies and works in the field of urban planning and design, with a particular focus on environmental issues, landscape, and devices to improve the performance of open spaces, starting from the idea of public space maintenance. E-mail: matteo.dambros@units.it

Stefano Tornieri, Architect and PhD, is a Researcher in urban regeneration at Jade University of Applied Science in Oldenburg (Germany). He conducts research on productive landscapes in coastal and river areas. E-mail: stefano.tornieri@jade-hs.de

L'Antropocene, nella quale l'umanità influisce in maniera sempre più significativa sull'ecologia globale, è definita da McNeill ed Engelke (2016) l'era 'della grande accelerazione' di produzione e consumo, ma anche 'delle grandi disuguaglianze globali' (Burke, Hsiang and Miguel, 2015) e 'del tardo capitalismo' (Alami, Copley and Moraitis, 2024). In questo contesto assistiamo alle più grandi 'sparizioni' o 'perdite' degli ecosistemi naturali: interi paesaggi, biodiversità ed ecologie risultano profondamente alterati da monoculture, incendi, produzioni intensive e infrastrutture (Koolhaas, 2020; Weller, Hoch, Huang, 2017). Si pone quindi come prioritario un cambiamento radicale nel modo di pensare alle risorse e ai modi di agire attraverso l'uso di strumenti e materiali di progetto non solo negli spazi urbani, ai limiti della crescita economica (Meadows et alii, 1972) e all'interno di un auspicabile prospettiva di sviluppo globale 'post-crescita' (Jackson, 2021).

Dati i limiti del Pianeta e delle sue risorse il paradigma della post-crescita si focalizza sulla possibilità di soddisfare i bisogni fondamentali degli esseri viventi garantendo benessere usando risorse assai limitate (Kallis et alii, 2025; IPCC, 2023; Richardson et alii, 2023), garantendo una redistribuzione delle risorse più equa, senza dipendere direttamente da una crescita economica senza limiti, come puntualizzato dall'Agenda 2030 (UN, 2015) attraverso gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG). Tuttavia, mentre gli SDG cercano di bilanciare crescita economica e sostenibilità, la teoria post-crescita è scettica riguardo alla crescita economica come obiettivo in sé (Soper, 2020; Fioramonti, 2024).

Dal punto di vista del progetto del paesaggio e del progetto urbano gli studi che riflettono sul paradigma della post-crescita affrontano concetti di rigenerazione e redistribuzione delle risorse a disposizione (Bensús Talavera, 2024) con l'obiettivo di contenere l'espansione delle infrastrutture urbane e incentivare l'uso efficace degli spazi per attività non estrattive e comunitarie (Durrant, Lamker and Rydin, 2023) o attraverso azioni che mettano in valore i paesaggi rurali in un'ottica rinnovata (Spanier and Feola, 2022). Da questa prospettiva pare quindi utile approfondire casi studio utili alla comprensione della relazione tra morfologia e sistema produttivo che indichino una via del progetto innovativa, atipica o straordinaria nella sua unicità, al fine di individuare possibili modelli, sistemi relazionali o principi guida replicabili in contesti simili.

A riguardo emerge il caso studio del grande Lago Loktak, che si estende per 287 chilometri quadrati nello Stato del Manipur (India), la cui profondità varia tra 0,5 e 5 metri, con una altezza media delle sue acque di circa 2,7 metri (Figg. 1-3). Nella parte meridionale del Loktak si sviluppa una delle formazioni ecologiche più straordinarie di paesaggio lacustre: un'immensa area di suolo flottante nota come Keibul Lamjao, costituita da un processo plurisecolare di sedimentazione di isole galleggianti, le Phumdi. Una massa compatta di biomassa sospesa sulla superficie del Lago si estende per circa 40 chilometri quadrati, alimentata ciclicamente dall'accumulo di materiale organico e detriti vegetali che danno origine a un ambiente anfibio straordinariamente stabile, un esempio unico di Parco nazionale galleggiante: il Keibul Lamjao National Park.

La rilevanza del contributo risiede nel carattere inedito con cui il progetto è affrontato rispetto alla letteratura sul paesaggio e sulla pianificazione territoriale. Finora infatti il caso studio del Lago Loktak

non è stato oggetto di analisi approfondite dal punto di vista ecosistemico e paesaggistico, ma prevalentemente trattato entro prospettive riconducibili alle scienze sociali, all'ingegneria idraulica o all'economia. Manca quindi una riflessione articolata sulle implicazioni legate al progetto dell'architettura del paesaggio e della pianificazione territoriale che il presente contributo intende avviare.

In tale ottica il testo si articola con una struttura metodologica e narrativa finalizzata a intrecciare riflessione teorica, analisi critica e sperimentazione progettuale, a partire dal quadro di riferimento relativo alle sfide contemporanee (con particolare attenzione ai paradigmi teorici del post-crescita e alla necessità di ripensare i modelli insediativi e produttivi in una prospettiva ecologica e sistemica) e attraverso una revisione della letteratura scientifica sul caso studio del Lago Loktak, utile a restituire una mappatura dello stato dell'arte e a individuare i principali ambiti di approfondimento ancora inesplorati (Dessi, 2023).

La trattazione del caso studio si articola in cinque sezioni integrate che compongono un racconto coerente del paesaggio lacustre, interpretato attraverso elementi singolari considerati materiali costitutivi di un progetto implicito, ricco di potenzialità estetiche e funzionali.

La prima sezione affronta il tema della stabilità ambientale come condizione necessaria alla durabilità del sistema di paesaggio, illustrandone la struttura ecosistemica, la geografia e le principali caratteristiche morfologiche. Segue una sezione dedicata alla ricognizione critica della letteratura scientifica che evidenzia la lacuna del dibattito disciplinare sul caso studio e la conseguente originalità del presente contributo. I risultati vengono poi articolati in due nuclei tematici: il primo interpreta il Loktak come possibile modello progettuale replicabile e ne valuta la coerenza rispetto agli SDG; il secondo propone una lettura spaziale e culturale del paesaggio come esito di una complessa stratificazione di fattori sociali, funzionali e gestionali. Le conclusioni tracciano infine un bilancio critico, mettendo in luce limiti, aperture e potenzialità evolutive del cosiddetto 'modello Loktak'.

L'obiettivo del contributo è l'individuazione dei principi costitutivi di un possibile 'modello Loktak', inteso come dispositivo territoriale e culturale capace di informare, in senso esteso, la pratica progettuale dell'architettura del paesaggio e della pianificazione del territorio. L'ipotesi di fondo è che i saperi ecologici, sociali e spaziali sedimentati intorno al Lago possano costituire una base operativa per l'individuazione e la declinazione di strategie replicabili o adattabili ad altri contesti anfibio particolarmente vulnerabili o di margine con alto valore paesaggistico e territoriale, in risposta alle sfide ambientali e insediative nell'epoca dell'Antropocene.

Equilibri fragili dell'ecosistema lacustre del Loktak | Ogni ecosistema è esposto a rischi di diversa natura che sono riconducibili tanto ad azioni antropiche quanto a processi di cambiamento climatico. La stabilità dell'equilibrio ambientale si mantiene in maniera più o meno durevole quando adattamento e resilienza diventano componenti strutturali dell'evoluzione di un habitat; in questo quadro anche l'azione antropica può assumere un carattere di sostenibilità qualora sia in grado di orientare le trasformazioni ambientali verso una riduzione delle externalità negative e degli impatti irreversibili.

La discussione proposta in queste pagine si interroga su questioni fondamentali che riguardano differenti scale del territorio e che presentano forti implicazioni per le discipline del progetto, con particolare riferimento alla costruzione dell'architettura del paesaggio e della pianificazione territoriale. Una prima considerazione muove dalla forma del territorio e conduce al riconoscimento del valore prestazionale delle azioni che lo trasformano, è quindi utile chiedersi in che misura la configurazione e la morfologia di un territorio incidono sulla qualità ecosistemica, sull'abitare e sulla dimensione produttiva dei luoghi (Steiner, 2011; Musacchio, 2009).

In parallelo risulta altrettanto significativo riflettere sulla coesistenza di paesaggi antropizzati e ambienti naturali e sulla capacità del progetto di tradursi in azione di trasformazione sostenibile orientata alla costruzione consapevole di nuovi paesaggi (Ahern, 2013; Waldheim, 2016). Ne deriva una domanda cruciale: quale convivenza tra specie può essere generata dalla messa a sistema di strumenti, elementi e materiali del progetto in una configurazione virtuosa e integrata? Tale prospettiva implica lo sviluppo di economie circolari a basso impatto, in grado di costruire ambienti di convivenza fondati su un adattamento sistemico e collaborativo tra le diverse componenti ambientali (Shannon et alii, 2008; Costanza et alii, 2017).

Il caso studio del Lago Loktak rappresenta in tal senso un esempio paradigmatico: esso offre spunti di riflessione sulle possibilità e sui limiti della convivenza in un contesto ecologicamente fragile, nel quale la sinergia tra specificità morfologica del luogo, soluzioni paesaggistiche e problematiche ambientali di portata regionale dà origine a un paesaggio che assume le caratteristiche di sistema dalle componenti tecniche e socio-culturali con alto valore ecologico e ambientale.

Il Lago Loktak è una zona umida, del tipo pianura alluvionale, del fiume Manipur, soggetta a escursioni del livello medio dell'invaso provocate da inondazioni cicliche. La prossimità del Lago al promontorio della municipalità di Sugnu garantisce il flusso diretto di importanti quantità d'acqua, accresciuta stagionalmente dall'apporto dei corsi d'acqua vicini, tra cui in particolare il fiume Chapki che è solito allagare stagionalmente vaste aree della provincia.

Il bacino idrografico e lacustre del Lago Loktak presenta una topografia di superficie singolare, in quanto è il risultato di numerosi laghi minori, che nella lingua locale sono chiamati Pats. Durante la stagione monsonica l'aumento del livello idrometrico complessivo del Lago restituisce un'unica estesa superficie d'acqua che senza soluzione di continuità connette i Pats. In passato il Lago è stato soggetto a forti oscillazioni in negativo del livello idrico nell'arco dell'anno, per cui i Pats apparivano come entità separate nella fase di bassa marea e si unificavano durante le piene.

La costruzione della Diga di Ithai nel 1983 ha modificato la natura dell'ecosistema riducendo le oscillazioni del livello idrico, facendo proliferare le quantità di biomassa prodotta dalle acque del bacino e dall'apporto dei fiumi circostanti, mettendo in pericolo questa logica resiliente attraverso la stabilizzazione artificiale del livello del Lago e impedendo le naturali escursioni idriche. Ne sono derivate gravi modifiche degli equilibri ecosistemici consolidati tra cui l'assottigliamento delle Athaphum Phumdi, la disgregazione del suolo organico e la compromissione delle pratiche locali di pesca e agricoltura

(Irom et alii, 2025). La gestione idrica si configura quindi come una questione progettuale cruciale, in cui è necessario rinegoziare l'equilibrio tra produzione energetica, tutela ambientale e continuità culturale.

La caratteristica più distintiva del Lago Loktak è la presenza di isole flottanti chiamate Phumdis, che presentano uno spessore medio di circa 2,5 metri, la maggior parte delle quali ricorda i giardini galleggianti del lago Dal in Kashmir o le Chinampas del Messico (Fig. 4). Prevalentemente sommerse e con solo una piccola parte sopra il livello dell'acqua le isole incrementano la loro superficie espandendosi da 0,1 a 2 metri nell'arco di 6 mesi; sono masse eterogenee composte da terra, vegetazione e materiale organico in diversi stadi di decomposizione, utilizzate come risorse dalle comunità locali per la coltivazione di ortaggi, piante alimentari, foraggio, combustibile, materiali per tetti e recinzioni, erbe medicinali e altri prodotti di uso quotidiano.

In particolare l'alto livello di fertilità del suolo galleggiante facilita la coltivazione di riso e ortaggi la cui crescita beneficia del materiale estremamente fertile presente sui fondali del Lago. La sua ricchezza organolettica è strettamente connessa alla dinamica idrica di marea del Lago che dipende da allagamenti e inondazioni fluviali: durante l'abbassamento del livello medio delle acque del Lago ciò che è in superficie scende progressivamente verso i fondali; così avviene che le Phumdi sprofondano e rimangono completamente immerse in poche decine di centimetri d'acqua. In questo periodo ogni anno esse entrano in contatto con il fondale ricco di materiale organico che ne arricchisce il grado di fertilità, poi amplificato da processi naturali aerobici quando le Phumdi tornano a galleggiare non appena il livello del Lago ritorna a regimi idrici di normalità (Fig. 5).

Di fondamentale importanza è il fatto che il Lago costituisce la principale fonte della produzione ittica dello Stato del Manipur; a rendere singolare e di assoluto rilievo la tecnica tradizionale di pesca, nota come 'athaphum', è la sua relazione con il Lago, dove vengono modellate ad hoc porzioni di Phumdi in forma di recinti galleggianti disposti in cerchio. Le Athaphum Phumdi vengono realizzate intrecciando strisce di Phumdi fino a formare delle spesse corone di materiale organico galleggiante, dove vengono inserite piante acquatiche come la 'Echinocloa stagnina' e il 'Capillipedium sp.' per attirare i pesci (Figg. 6-9). Questa pratica, sviluppatasi nel corso dei secoli, prevede una fase di raccolta detta 'phum namba', che può avvenire a intervalli variabili,

da ogni quindici giorni fino a tre mesi: si tratta di un sistema di pesca che non solo integra saperi ecologici locali, ma riflette anche una forma di adattamento sostenibile e ciclico al contesto fluviale e lacustre.

Il Lago Loktak e la letteratura scientifica | La revisione della letteratura scientifica evidenzia come il Lago Loktak sia stato finora oggetto di studio prevalentemente attraverso approcci legati alla progettazione ambientale, con l'ausilio di tecniche di mappatura dell'uso del suolo e della copertura del territorio. Gli effetti negativi derivanti dalla costruzione della Diga sulla sostenibilità complessiva del bacino lacustre sono stati quantificati e verificati in studi recenti (Singh, 2017; Ngasepam et alii, 2025; Singh and Singh, 2023; Paonam and Chatterjee, 2023), mentre la biodiversità del Lago e la correlata rilevanza della presenza umana nei processi di monitoraggio ambientale sono state oggetto di indagini di carattere socio-ecologico (Laishram, 2021). Le trasformazioni in atto nelle attività produttive tradizionalmente associate al Lago, in particolare l'agricoltura e l'acquacoltura (Figg. 11-15), sono state studiate in relazione alle problematiche di gestione e alla documentata carenza di un adeguato impegno da parte delle Autorità governative per la conservazione e tutela dell'ecosistema locale (Devi, 2022).

Altri studi si sono concentrati sull'equilibrio tra gli usi idrici a fini idroelettrici e quelli agricoli, dimostrando che, attraverso una regolazione accurata del livello delle acque, è possibile garantire una coesistenza sostenibile tra produzione energetica e pratiche agricole locali (Singh et alii, 2011). Nel campo delle scienze sociali diversi studi evidenziano il potenziale pedagogico insito nel sistema ecologico del Lago Loktak e nella sua ricca varietà ecosistemica, sottolineando da un lato l'urgenza di strategie di conservazione, dall'altro la possibilità di costruire un modello educativo e territoriale replicabile (Devi, Satapathy and Kumar, 2024).

Dal punto di vista della pianificazione territoriale, l'analisi degli stakeholder e delle azioni necessarie per promuovere uno sviluppo sostenibile del bacino lacustre è stata affrontata da Devarani e Basu (2019), i quali propongono l'identificazione di un 'modello Loktak' potenzialmente trasferibile ad altri contesti di zone umide, lagunari o deltizi, caratterizzati da dinamiche socio-ecologiche analoghe.

Tuttavia si rileva una significativa carenza di studi riconducibili alle discipline del progetto, quali l'Architettura del Paesaggio, l'Urbanistica e la Pianificazione territoriale. Nonostante il Lago Loktak sia stato riconosciuto come Patrimonio naturale di ri-

levanza nazionale – è sito RAMSAR dal 1990 e l'area del Keibul Lamjao Floating National Park è istituita dal 1977 – risultano assenti iniziative sistematiche volte ad analizzare le potenzialità rigenerative delle isole galleggianti che lo caratterizzano in modo singolare.

Le isole infatti non soltanto svolgono un ruolo cruciale nella costruzione di forti legami identitari e nel mantenimento della produttività agricola locale, ma manifestano anche elevate capacità adattive rispetto a pressioni ambientali improvvise o non pianificate. Inoltre l'articolato sistema anfibio delle Athaphum Phumdi contribuisce alla definizione di un'immagine paesaggistica unica, dotata di un'elevata valenza estetica e simbolica, le cui potenzialità ecosistemiche rimangono ancora largamente inesplorate nelle attuali politiche e narrazioni per la sua salvaguardia e sviluppo.

La chiave di lettura del Lago Loktak | È utile chiarire fin da subito la scelta di escludere dalla trattazione un livello di approfondimento riferito al piano delle pratiche quotidiane e della relazione affettiva degli attori locali con il paesaggio, possibile da svolgere solo mediante interviste dirette alle comunità residenti. Questa omissione è attualmente uno dei limiti della riflessione sviluppata in questo scritto e risiede nella mancanza di una verifica diretta sul campo, che di certo potrebbe rafforzare l'analisi attraverso l'osservazione partecipata e la raccolta di dati primari.

Si ritiene tuttavia che tale estensione metodologica implicherebbe uno spostamento del focus su un ambito specifico proprio degli studi antropologici e socio-culturali, mutando gli obiettivi in questa fase di discussione critica coerentemente orientata alla costruzione di una lettura spaziale e progettuale del caso studio. L'assenza di reperimento di dati sul campo è stata compensata dal confronto critico del caso studio con contesti ambientali simili – discussi in seguito – e da riflessioni rintracciate nella letteratura scientifica specifica di genere (Meitei and Prasad, 2015; Kumar, 2024).

Nella lettura del caso studio del Lago Loktak l'approccio adottato è ancorato a una dimensione strategica e teorica, finalizzata all'individuazione degli elementi di base che compongono il sistema di relazioni di un inedito paesaggio agroubano abitabile. I dispositivi spaziali che lo caratterizzano sono potenzialmente declinabili e trasferibili ad altri contesti anfibii particolarmente vulnerabili o di margine con alto valore paesaggistico. Questioni e informazioni finora elaborate in questo contributo si fondano esclusivamente su una rilettura critica della letteratura scientifica e su un accurato lavoro di ridisegno interpretativo di porzioni significative del paesaggio lacustre di Loktak.

Le considerazioni originali che ne emergono mettono in evidenza l'esemplarità del caso studio, riconducibile a un modello dotato di caratteristiche specifiche, enumerabili come materiali elementari potenzialmente replicabili e costitutivi di futuri progetti. Nella letteratura su Loktak, per esempio, vi sono studi che descrivono il ruolo essenziale delle Athaphum Phumdi nei processi ecologici, economici e sociali, anche come spazi di coltivazione stagionale per la pesca, fondazioni galleggianti per abitazioni e suolo per l'agricoltura (Singh et alii, 2024). Altri articoli esaminano la compostabilità dei Phumdi, la loro biomassa come risorsa e le implicazioni per la gestione ecosistemica (Singh and Kalam-

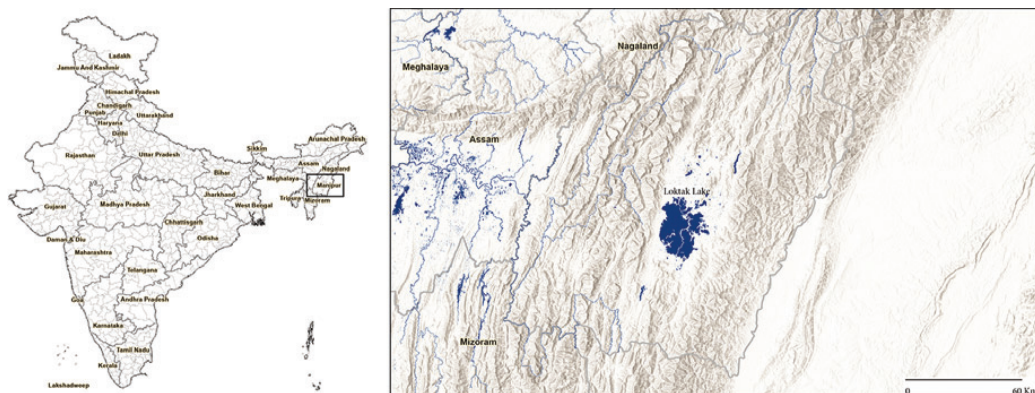
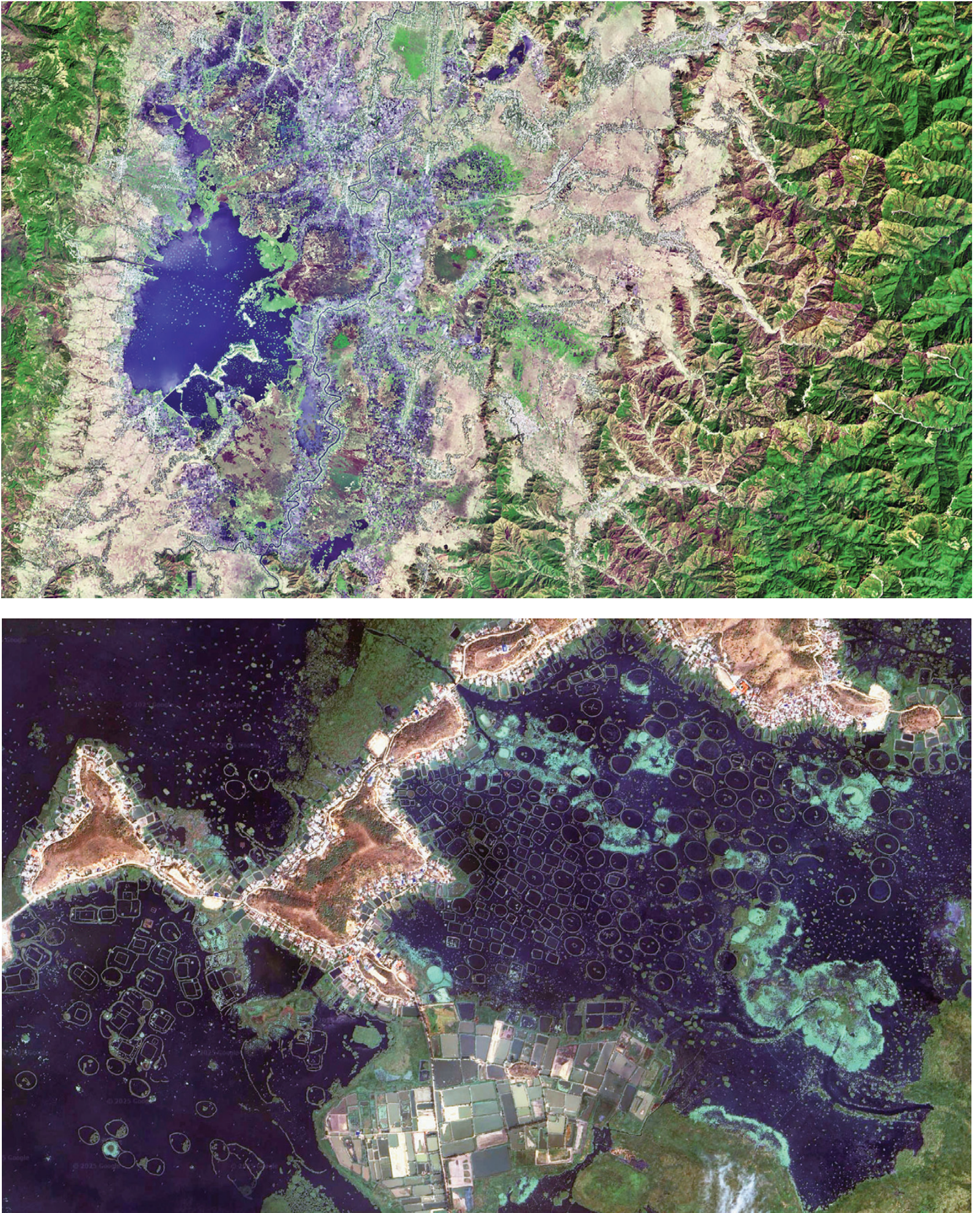


Fig. 1 | Territorial framework (credit: S. Tornieri, 2025).



Figg. 2, 3 | Loktak Lake (credits: Google Maps, 2025).



Fig. 4 | The Mexican Chinampas (credit: J. P. Espinosa, 2021).

dhad, 2014; Khoiyangbam, 2021). La capacità intrinseca di questo paesaggio è quella di conciliare bisogni produttivi, abitativi e ambientali, frutto di un sapere tecnico derivante da un'esperienza popolare accumulata nel tempo da varie generazioni (Meitei and Prasad, 2015).

Simili a piccoli atolli, a livello planimetrico, le Athaphum Phumdi, intese come materiale elementare di base del paesaggio lacustre, si presentano come dei perimetri galleggianti su cui le comunità indigene hanno costruito strutture leggere funzionali alla pesca e all'agricoltura stagionale (Figg. 10, 11). Esse operano come paesaggi adattivi che rispondono alle oscillazioni idriche stagionali, sfruttando la ciclicità delle piogge monsoniche e l'accumulo di sostanza organica come risorsa fertilizzante. Questo approccio integra i principi della circolarità dell'acqua, rigenerando il suolo attraverso processi naturali e offrendo un'alternativa concreta ai sistemi irrigui intensivi e ai modelli agricoli ad alto consumo idrico (Singh et alii, 2024).

Il consolidamento del suolo delle Athaphum Phumdi avviene progressivamente: lunghe canne disposte in modo regolare formano leggere barriere che intrappolano e filtrano il materiale organico semisolido presente in sospensione o depositato sul fondo del Lago (Singh and Kalamdhad, 2014). In questo modo il lavoro manuale di assemblamento e compattazione avviene su una maglia strutturale minimale disposta a rettangoli o forme circolari della superficie di circa 1,5 ha, con lato o diametro in un range compreso tra 100 e 150 metri (Devi, Satapathy and Kumar, 2022). Il costante lavoro manutentivo avviene accumulando strati di sostanza organica che contribuiscono alla stabilizzazione e all'ispessimento progressivo della massa galleggiante (Figg. 12, 13).

Il 'modello Loktak' e gli SDG | All'interno di un dibattito internazionale sul progetto dei territori d'acqua, se si considera la dimensione anfibia come inevitabile orizzonte futuro delineato per l'abitabilità di vasti territori lacustri, costieri e deltizi in conseguenza dei cambiamenti climatici in atto, il 'modello Lok-

tak' costituisce una dimensione ancora scarsamente esplorata dalle discipline dell'Architettura del paesaggio e della Pianificazione territoriale. Le caratteristiche ambientali e paesaggistiche del Lago costituiscono un laboratorio avanzato di coesistenza tra sistemi umani e naturali, anticipando o confermando molte delle strategie promosse dall'Agenda 2030; in particolare, in relazione all'obiettivo SDG 6 (acqua pulita e servizi igienico-sanitari), che riconosce l'acqua come bene primario e diritto universale, il 'modello Loktak' offre un contributo significativo allo studio e alla ridefinizione delle pratiche di gestione idrica in chiave ecologica e sistemica, nonché alla valorizzazione delle zone umide per la progettazione di sistemi adattivi nella gestione delle acque (Kumar, 2024).

Il ridisegno e la comprensione del funzionamento delle Athaphum Phumdi – isole galleggianti composte da biomassa organica – rendono visibile una modalità alternativa di abitare il paesaggio dell'acqua, superando la rigida dicotomia tra naturale e artificiale. Questi dispositivi sono in parte generati autonomamente – poiché si autoproducono grazie all'alternarsi delle maree stagionali – e in parte modellati dall'intervento umano (Meitei and Prasad, 2015). Essi definiscono in modo strutturale il paesaggio, configurandosi come una forma inedita di infrastruttura ecologica capace di filtrare e rendere naturalmente pulita l'acqua, mantenendo alta la produttività del Lago.

Queste caratteristiche portano a riconoscere il 'modello Loktak' come modello teorico-operativo che potremmo definire come 'circolarità galleggiante' in dialogo con l'obiettivo SDG 6. In un'interpretazione del paesaggio quale sistema integrato e poroso, esso diviene capace di articolare bisogni ambientali, sociali e produttivi dove processi come osmosi, ibridazione e simbiosi possono generare condizioni spaziali per accogliere nuove alleanze tra umani e non umani (Rizzi, 2025).

L'economia rurale del Lago Loktak, strettamente connessa al sistema delle Phumdis, si fonda in larga misura sulla pesca, che soddisfa circa il 60% del fabbisogno ittico dello Stato di Manipur e costi-

tuisce una risorsa vitale per oltre 50.000 pescatori e le loro famiglie. Considerato che le pratiche di sostentamento della popolazione indigena concorrono di fatto alla costruzione del paesaggio del Lago, quale modello di infrastruttura ecologica capace di rigenerare ciclicamente suolo e risorse idriche, la valorizzazione sostenibile delle sue potenzialità si configura come un fondamentale laboratorio avanzato per coniugare tutela ambientale e sviluppo economico locale e come alternativa concreta ai modelli irrigui intensivi.

In questo senso le iniziative di gestione comunitaria delle risorse ittiche, i programmi di acquacoltura integrata e gli strumenti di governance partecipativa risultano cruciali per rafforzare la resilienza dei pescatori, diversificare le opportunità di reddito e garantire un uso equo delle risorse, come indicato dall'SDG 8 dell'Agenda 2030, che mira a promuovere una crescita economica inclusiva e sostenibile, unitamente a un'occupazione piena e dignitosa.

Complessivamente la lettura del caso Loktak attraverso la lente degli SDG ne evidenzia al tempo stesso potenzialità e limiti; in primo luogo il sistema garantisce che le comunità locali non cadano in condizioni di povertà estrema (SDG 1), assicurando una produzione costante e diversificata di alimenti – tra pesca e coltivazioni orticole – che contribuisce alla sicurezza alimentare e alla salute pubblica (SDG 2 e 3). Si tratta di un modello che consolida la resilienza delle comunità, pur senza introdurre forme più complesse di attività economiche e infrastrutturali, come richiesto dagli SDG 8 e 9, in cui innovazione, industrializzazione sostenibile e infrastrutture giocano un ruolo centrale. In questo senso la natura estensiva delle pratiche produttive appare come un punto critico: se da un lato garantisce equilibrio ecologico e continuità culturale, dall'altro non favorisce l'avvio di imprese diversificate o la crescita industriale su scala più ampia.

Il 'modello Loktak' si dimostra coerente con la sostenibilità urbana (SDG 11), in particolare con i target relativi all'accesso ad aree verdi e alla gestione dei rifiuti. Qui lo scarto organico e i residui delle attività non sono trattati come rifiuti, ma sono rein-

tegrati nel paesaggio stesso, divenendo nutrienti e suolo, in un ciclo di rigenerazione naturale che richiama pratiche di economia circolare (Ingaramo et alii, 2023). Letto in chiave 'post-crescita' questo modello evidenzia come il radicamento in un paesaggio tradizionale possa interpretare in maniera alternativa le istanze degli SDG 13, 14 e 15: le azioni per il clima, la vita sott'acqua e la vita sulla terra non vengono attuate attraverso strategie mirate o tecnologie complesse, ma emergono dal mantenimento di un equilibrio dinamico tra uomo e natura, scandito dai ritmi del paesaggio stesso.

Il punto di maggiore contraddizione si manifesta con la costruzione della Diga Ithai, che ha compromesso l'ecosistema delle Phumdi, dimostrando l'antitesi tra un'idea di progresso legata alla crescita economica – caratterizzata da infrastrutture ad alto

impatto – e una visione di sviluppo più radicata nelle pratiche ecologiche locali. Il compromesso più significativo si ritrova dunque nella gestione idrica del Lago: la produzione di energia idroelettrica da un lato risponde all'SDG 7 (target 7.b), migliorando l'accesso e l'efficienza energetica della regione, dall'altro mette in crisi la capacità adattiva del paesaggio, indebolendo i processi ecologici che garantivano la resilienza tradizionale del sistema Loktak.

Scale e strategie del paesaggio | Il caso del Lago Loktak consente di individuare una serie di elementi strategici e progettuali utili alla definizione di un modello teorico-applicativo: una griglia concettuale e operativa che, pur tenendo conto delle specificità ambientali dei diversi contesti, può contribuire alla configurazione di una morfologia insedia-

tiva adattiva in territori anfibi – quali lagune, laghi e delta fluviali o territori di bonifica (Brisotto et alii, 2023).

È possibile individuare quindi tre scale ideali – quella del territorio, quella del sostentamento e quella di specie (non soltanto antropica) – che concorrono alla definizione di un sistema, il cosiddetto 'modello Loktak', fondato sull'equilibrio tra il carattere di sostenibilità ambientale e il carattere di riproducibilità incrementale di materiali base elementari costitutivi del paesaggio.

La dimensione territoriale del Lago corrisponde all'idea di 'sistema ambientale elementare': la sua estensione potrebbe essere idealmente infinita poiché definita da un numero estremamente limitato di materiali, altrettanto elementari quali l'acqua, il suolo umido, la vegetazione e le abitazioni (Morpurgo, 2024). La dimensione economico-produt-

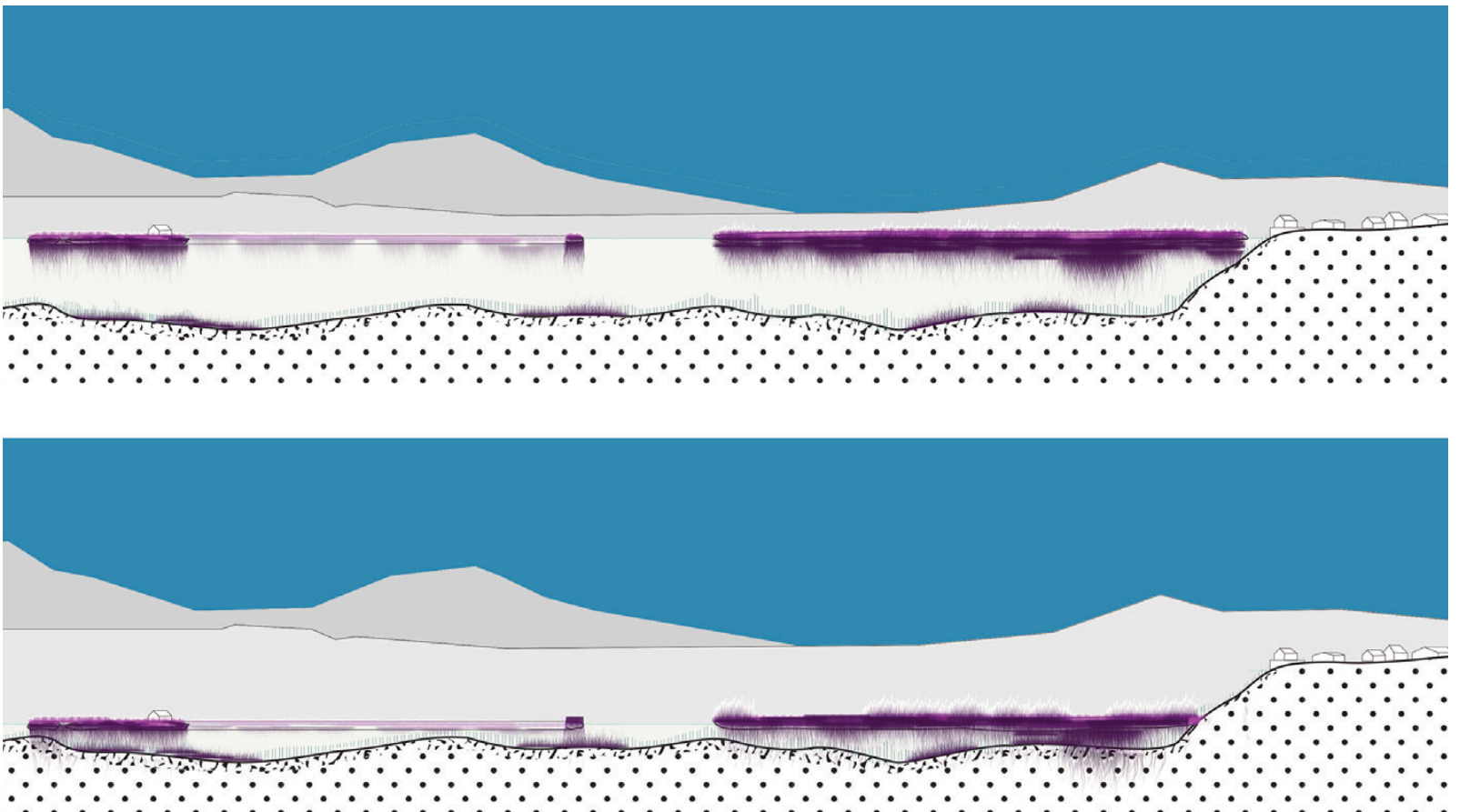


Fig. 5 | Sample section of Loktak Lake (credit: S. Tornieri, 2025).

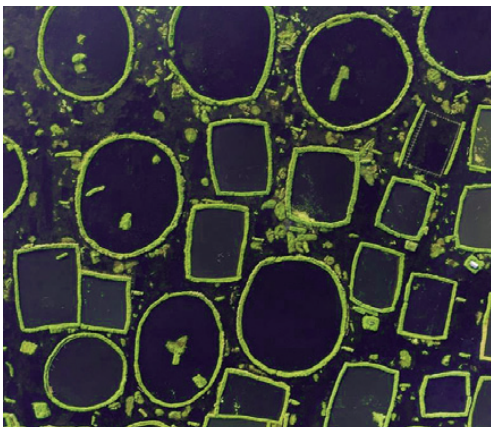


Fig. 6 | The Athapum Phumdi geometry (credit: A. Selvan, 2023).



Fig. 7 | The formations of the Athapum Phumdi (credit: K. Conniff, 2023).



Fig. 8 | Landscape integration (credit: India Travel Tourism, 2023).

tiva (agricola), a sua volta, si identifica in un altro materiale base caratterizzato da elementarità: le Athapum Phumdi che presentano dimensioni e forme molto simili, una costruzione dipendente dalla ciclicità stagionale e logiche di replicabilità radicate in un sapere tradizionale (Khoiyangbam, 2021). Infine la dimensione dell'abitare e del mantenere il paesaggio ha a che fare con l'idea di prossimità (Dessi, 2023) ed è riferibile alla scala del corpo umano: la riproducibilità del paesaggio è individuata da una 'giusta distanza' tra la dimensione antropica dell'abitare e l'ambiente naturale (Fig. 14).

Conclusioni | Il presente saggio si colloca all'interno di un più ampio quadro di ricerca orientato verso approcci post-crescita e basati sulla natura, fornendo una lettura critica per operare in contesti vul-

nerabili e in trasformazione (Vacanti and Leonardi, 2024). Nel contesto della crisi climatica globale, che minaccia l'equilibrio delle zone costiere e degli ecosistemi intertidali, emerge con forza la questione del futuro degli spazi di transizione. Il caso Loktak dimostra che la forma del territorio è il risultato di sedimentazioni lente e adattamenti continui e che grazie a una costruzione consapevolmente sostenibile del paesaggio è possibile rispondere con efficacia alle trasformazioni ambientali che all'apparenza possono risultare sfavorevoli e negative alla dimensione antropica. In tale prospettiva il progetto non si configura come imposizione formale, ma come strumento di conoscenza in grado di sistematizzare gradi diversi di azione: lettura, manutenzione e mediazione tra processi ecologici e istanze umane (Figg. 15-18).

Uno degli elementi più significativi che strutturano questo territorio-paesaggio si confronta con l'impiego dei materiali organici come risorsa progettuale: nei contesti intertidali risorse come canneti, detriti lignei, terreni spugnosi ed esoscheletri molluschi rappresentano materiali disponibili e rigenerabili. In altri contesti assimilabili a quello del caso studio del Lago Loktak, possiamo trovare alcune esperienze significative.

Il progetto Life Vime (2013-2017), nella Laguna di Venezia dimostra l'efficacia di interventi a basso impatto, basati sull'impiego di fascinate, pennelli e barriere frangionda biodegradabili, nonché sul riutilizzo di sedimenti locali per la ricostruzione morfologica delle barene erose. Analogamente, il progetto Ecological Citizens (2018) di SCAPE Studio reintegra materiali espositivi per attivare processi di re-



Fig. 9 | The Phumdi (credit: K. Conniff, 2023).



Fig. 10 | The landscape of Loktak Lake (credit: India Travel Tourism, 2023).

Next page

Fig. 11 | Phumdi and Athapum Phumdi in an aerial view (credit: Google Maps, 2025).

stauro ecologico e creare spazi fisici per il coinvolgimento civico nella laguna veneziana.

Il fondale come risorsa è un ulteriore principio emerso dal 'modello Loktak'. Il substrato lacustre non è un'entità passiva, ma costituisce un doppio suolo vivo e attivo, capace di alimentare la vita in superficie. Le recenti applicazioni delle coltivazioni multitrofiche integrate offshore (Buck et alii, 2018; Chopin et alii, 2008) mostrano come gli scarti organici derivati dalla produzione ittica possano essere riutilizzati nei livelli inferiori della colonna d'acqua per sostenere la crescita di biomassa algale. Sistemi simili, ridotti di scala, possono essere applicati in ambito rurale come dispositivi di bio-mitigazione (Zhang et alii, 2019), suggerendo una logica di simbiosi interspecie e di ciclicità della materia. Un caso simile che in qualche modo ne verifica la possibilità realizzativa è il sistema agricolo galleggiante del Lago Inle in Birmania (Watson, 2025; Figg. 19, 20).

La riflessione fin qui condotta conferma con chiarezza la centralità della manutenzione come fase imprescindibile del processo rigenerativo, intesa non come conservazione statica, ma come azione progettuale in grado di sostenere una convivenza tra modelli di sviluppo e ambienti fragili. L'obiettivo non è rendere il territorio 'sostenibile a tutti i costi', piuttosto ridurre gli impatti legati al consumo del territorio, attraverso regole e forme di governance capaci di anticipare le soglie di degrado e irreversibilità ambientale. Le isole galleggianti Athapum Phumdi del Loktak diventano una forma di resistenza spaziale ai modelli estrattivi: in esse il progetto assume una funzione di cura che utilizza la manutenzione come azione di rigenerazione sistemica del territorio.

Uno dei fattori che dichiara la potenzialità è la replicabilità delle Athapum Phumdi, corrispondente a un'elevata economicità di risorse e tempi brevi di realizzazione. La reperibilità in loco dei materiali per la costruzione e la manutenzione delle isole assicura una gestione di filiera corta, facile da controllare nei suoi aspetti prestazionali per il raggiungimento di un più elevato grado di efficienza. Le condizioni alla base per consentire un'efficace replica-

bilità di questo paesaggio partono dall'individuazione di superfici lacustri o salmastre, estese, accompagnate da un'alta reperibilità dei materiali organici da costruzione, come canneti o alghe e radici, ma anche torba, giunchi, paglia, fibre naturali, residui di piante acquatiche sommerse e sedimenti organici. In molti ambienti lacustri questi materiali si possono combinare con elementi minerali locali come limo, sabbia, ghiaia fine e argille, che contribuirebbero alla coesione e alla stabilità di eventuali piattaforme e strutture galleggianti o semisommerse. Accanto a tali risorse la presenza di biomasse spontanee o coltivate quali bambù, legname leggero o fibre intrecciate rappresenta un ulteriore potenziale costruttivo, in grado di integrare sistemi strutturali ad alta adattabilità.

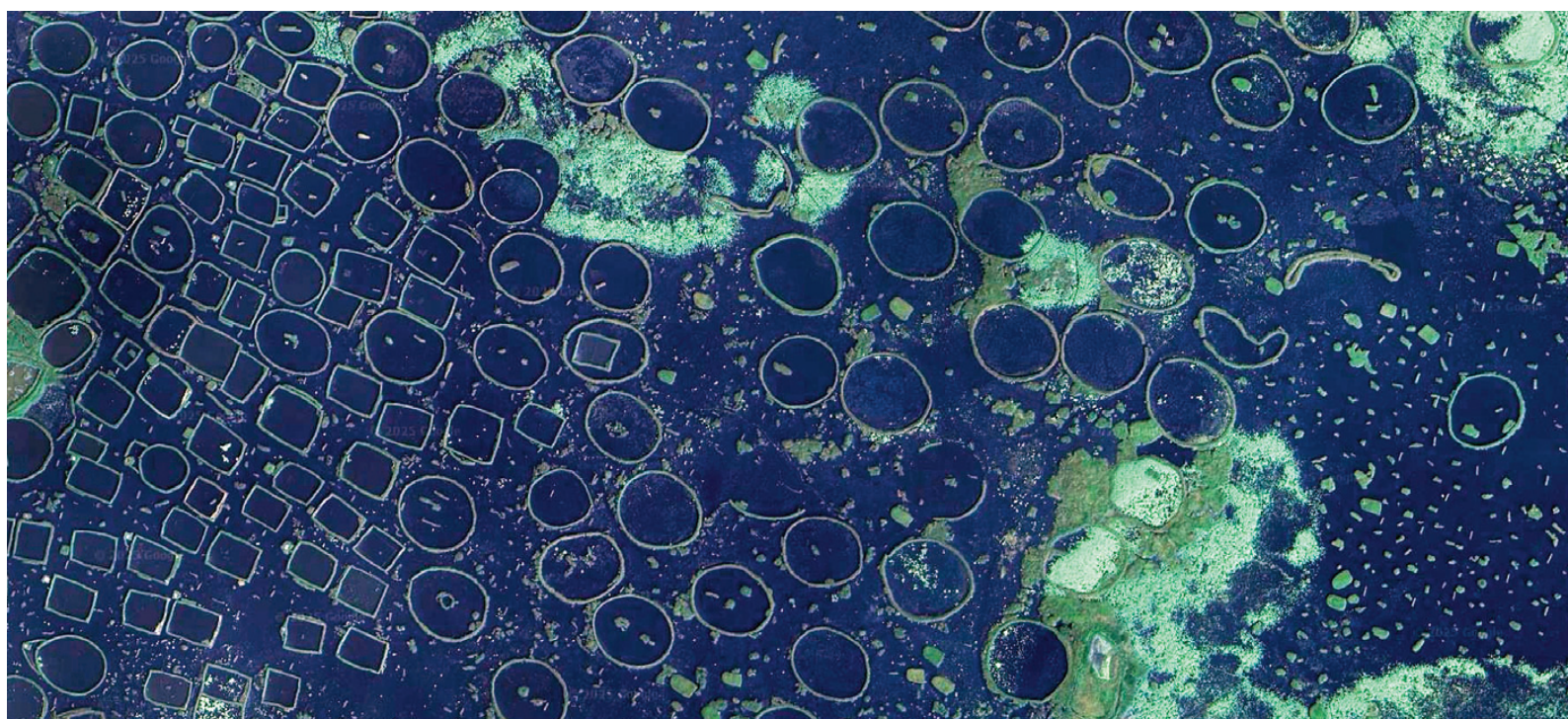
Inoltre osservando la dimensione delle isole si notano misure e grandezze ricorrenti che testimoniano con molta probabilità una scala limite delle singole Athapum Phumdi, deducibile sia dalla quantità di manodopera impiegata per la loro costruzione, sia da necessità e funzionalità produttive dipendenti da un'economia di tipo familiare e locale. In questo senso si può riconoscere un'idea implicita di progetto che nasce da esigenze pratiche più che da intenzioni formali, dove il superamento dei 'limiti naturali' della produzione non avviene attraverso l'imposizione tecnica, ma mediante principi collaborativi della comunità. Questi processi si configurano come risposte adattive a vincoli ambientali e climatici, quali i cicli stagionali dei monsoni, e a condizionamenti antropici, come quelli derivanti dalla Diga di Ithai.

L'esportabilità del 'modello Loktak' ha forti potenzialità di applicabilità in altri contesti geografici, tuttavia nel contesto internazionale, e in particolare in quello europeo e italiano, le condizioni socioeconomiche e normative richiederebbero alcuni adattamenti per rendere il modello applicabile. Le forme di collaborazione già esistenti tra Istituzioni e attori locali, come i contratti di fiume o di area umida, rappresentano piattaforme adeguate ad accogliere e valorizzare il potenziale esemplare del caso studio.

Ciò che ostacola maggiormente tali processi è però l'eccessiva complessità burocratica e normativa, che tende a rallentare non tanto la costruzione fisica del paesaggio, quanto la definizione condivisa della sua gestione. In questo senso il 'modello Loktak' può essere letto come una sintesi di processo, in cui la bellezza del paesaggio emerge come esito e valore fondante, in linea con i principi della Convenzione Europea del Paesaggio (Council of Europe, 2000), che riconosce il paesaggio stesso come Patrimonio culturale.

The Anthropocene, in which humanity exerts an increasingly profound influence on the global ecology, is defined by McNeill and Engelke (2016) as the era of the 'Great Acceleration' of production and consumption, but also as one of 'great global inequalities' (Burke, Hsiang and Miguel, 2015) and of 'late capitalism' (Alami, Copley and Moraitis, 2024). Within this context, we are witnessing the most extensive 'disappearances' or 'losses' of natural ecosystems: entire landscapes, forms of biodiversity, and ecological systems have been profoundly transformed by monocultures, wildfires, intensive production and infrastructure development (Koolhaas, 2020; Weller, Hoch, Huang, 2017). It thus becomes imperative to initiate a radical shift in the way we conceive of resources and act upon them – through the use of design tools and materials – not only within urban spaces, but also at the very limits of economic growth (Meadows et alii, 1972) and within a desired global perspective of 'post-growth' development (Jackson, 2021).

Given the limits of the planet and its resources, the post-growth paradigm focuses on the possibility of meeting the fundamental needs of living beings and ensuring well-being through the use of severely limited resources (Kallis et alii, 2025; IPCC, 2023; Richardson et alii, 2023), while promoting a more equitable redistribution of those resources, without depending directly on unbounded econom-



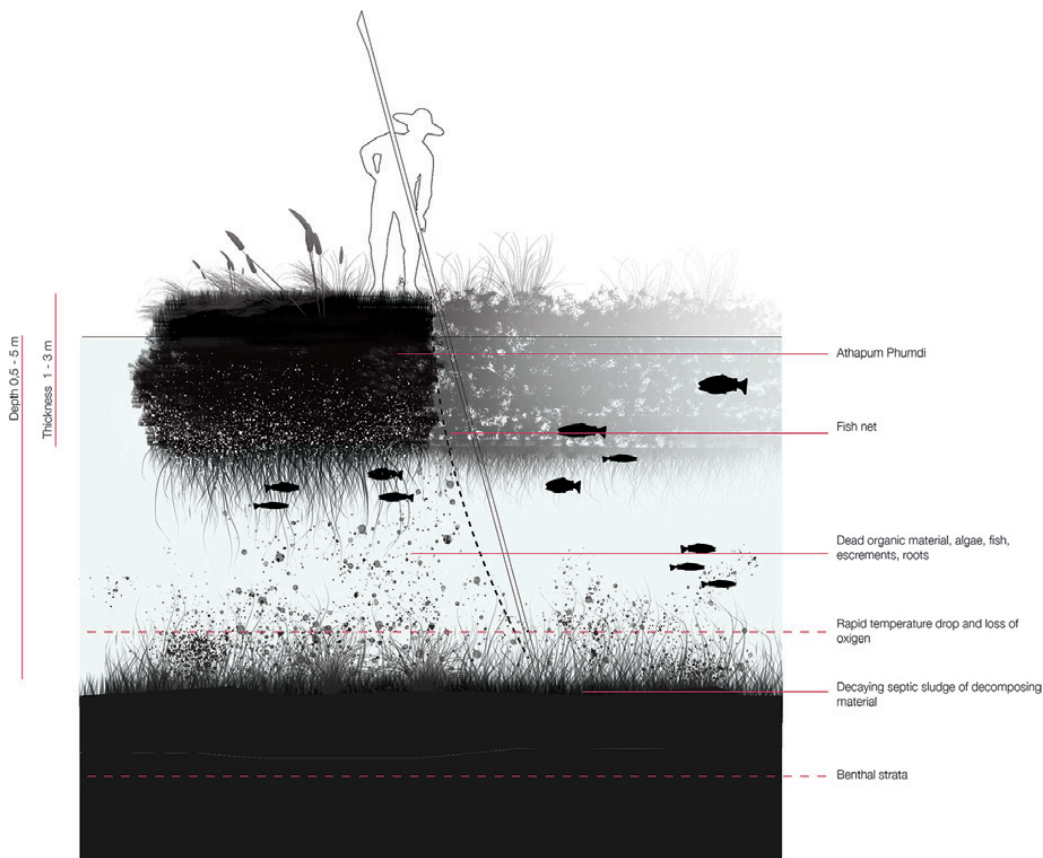


Fig. 12 | Detail section of Athapum Phumdi (credit: S. Tornieri, 2025).

ic growth, as emphasised in the 2030 Agenda (UN, 2015) through the Sustainable Development Goals (SDGs). However, while the SDGs seek to balance economic growth and sustainability, post-growth theory remains sceptical of economic growth as an end in itself (Soper, 2020; Fioramonti, 2024).

From the perspective of landscape and territorial planning, studies engaging with the post-growth paradigm address concepts of regeneration and the redistribution of available resources (Bensús Talavera, 2024), with the aim of containing the expansion of urban infrastructures and encouraging the effective use of space for non-extractive and community-oriented activities (Durrant, Lamker and Rydin, 2023), or through actions that revalorise rural landscapes from a renewed perspective (Spanier and Feola, 2022). From this standpoint, it therefore appears useful to investigate case studies that contribute to understanding the relationship between morphology and the productive system, and that point towards innovative, atypical or extraordinary design approaches distinguished by their singularity, with the objective of identifying potential models, relational systems or guiding principles that may be replicated in similar contexts.

In this regard, the case study of the great Loktak Lake emerges as particularly significant. Extending over an area of 287 square kilometres in the State of Manipur (India), the lake's depth varies between 0.5 and 5 metres, with an average water level of approximately 2.7 metres (Figg. 1-3). One of the most extraordinary ecological formations in a lacustrine landscape develops in the southern part of Loktak: an immense expanse of floating soil known as Keibul Lamjao, generated over the centuries by the sedimentation of the Phumdi, the floating islands. A compact mass of biomass suspended on the surface of the lake extends over approximately 40 square kilometres, cyclically sustained by the ac-

cumulation of organic matter and vegetative debris that give rise to a remarkably stable amphibious environment – a unique example of a floating national park: the Keibul Lamjao National Park.

The relevance of this contribution lies in the unprecedented perspective through which the project is approached in relation to the existing literature on landscape and spatial planning. Indeed, the case of Loktak Lake has not yet been the subject of in-depth analyses from ecological and landscape perspectives, having been primarily examined within frameworks of the social sciences, hydraulic engineering, or economics. Thus, this study seeks to initiate a comprehensive reflection on the implications for landscape architecture and territorial planning.

From this perspective, the paper is structured around a methodological and narrative framework that intertwines theoretical reflection, critical analysis, and design experimentation. It begins with a contextual framework addressing contemporary challenges – with particular attention to the theoretical paradigms of post-growth and the need to reconsider settlement and productive models from an ecological and systemic perspective – and proceeds through a review of the scientific literature on the Loktak Lake case study, aimed at mapping the current state of research and identifying the principal areas that remain to be explored (Dessi, 2023).

The discussion of the case study is divided into five interconnected sections that together form a coherent narrative of the lacustrine landscape, interpreted through distinctive elements regarded as the fundamental materials of an implicit project rich in aesthetic and functional potential.

The first section addresses the theme of environmental stability as a necessary condition for the durability of the landscape system, illustrating its ecosystemic structure, geography and principal morphological characteristics. This is followed by a sec-

tion devoted to a critical review of the scientific literature, which highlights the gap in the disciplinary debate on the case study and, consequently, the originality of this contribution.

The results are then organised into two thematic clusters: the first interprets Loktak as a potential replicable design model and assesses its coherence with the SDGs; the second proposes a spatial and cultural reading of the landscape as the outcome of a complex stratification of social, functional, and managerial factors. Finally, the conclusions outline a critical synthesis, emphasising the limitations, openings and evolutionary potential of the so-called 'Loktak model'.

The objective of this contribution is to identify the constitutive principles of a possible 'Loktak model', conceived as a territorial and cultural device capable of informing, in a broad sense, the design practice of landscape architecture and spatial planning. The underlying hypothesis is that the ecological, social and spatial knowledge sedimented around the lake may constitute an operative basis for identifying and articulating strategies that can be replicated or adapted to other amphibious contexts – particularly those that are vulnerable or peripheral yet possess high landscape and territorial value – in response to the environmental and settlement challenges of the Anthropocene.

Fragile balance of the Loktak Lake ecosystem

Every ecosystem is exposed to risks of various kinds, arising both from human activities and from climate change processes. The stability of the environmental balance persists to a greater or lesser extent as adaptation and resilience become structural components of habitat evolution. Within this framework, human action itself can acquire a sustainable character when it steers environmental transformations toward reducing negative externalities

and irreversible impacts. The discussion in these pages addresses fundamental questions about different territorial scales, with significant implications for design disciplines, particularly for landscape architecture and territorial planning. A first consideration stems from the territory's form and leads to the recognition of the performative value of the actions that transform it. It is therefore helpful to ask to what extent the configuration and morphology of a territory influence the ecosystemic quality, the patterns of inhabitation and the productive dimension of places. (Steiner, 2011; Musacchio, 2009).

In parallel, it is equally significant to reflect on the coexistence of human-shaped landscapes and natural environments, and on the project's capacity to translate into a sustainable transformative action

aimed at the conscious construction of new landscapes (Ahern, 2013; Waldheim, 2016). This leads to a crucial question: what forms of coexistence between species can be generated through the systemic integration of design tools, elements and materials into a virtuous and holistic configuration? Such a perspective implies the development of low-impact circular economies capable of constructing living environments based on systemic and collaborative adaptation among diverse environmental components (Shannon et alii, 2008; Costanza et alii, 2017).

In this sense, the case study of Loktak Lake represents a paradigmatic example: it offers insights into the possibilities and limitations of coexistence within an ecologically fragile context, where the synergy between the site's morphological specificity, land-

scape solutions and regionally scaled environmental issues gives rise to a landscape that functions as a system – the result of technical and sociocultural components with high ecological and environmental value.

Loktak Lake is a floodplain wetland in the Manipur River system and is subject to fluctuations in its average water level due to cyclical flooding. The lake's proximity to the promontory of the Sugnu municipality ensures a direct inflow of substantial amounts of water, seasonally increased by the contribution of nearby rivers, particularly the Chapki River, which regularly inundates vast areas of the province.

The hydrographic and lacustrine basin of Loktak Lake presents a singular surface topography, resulting from the confluence of numerous smaller

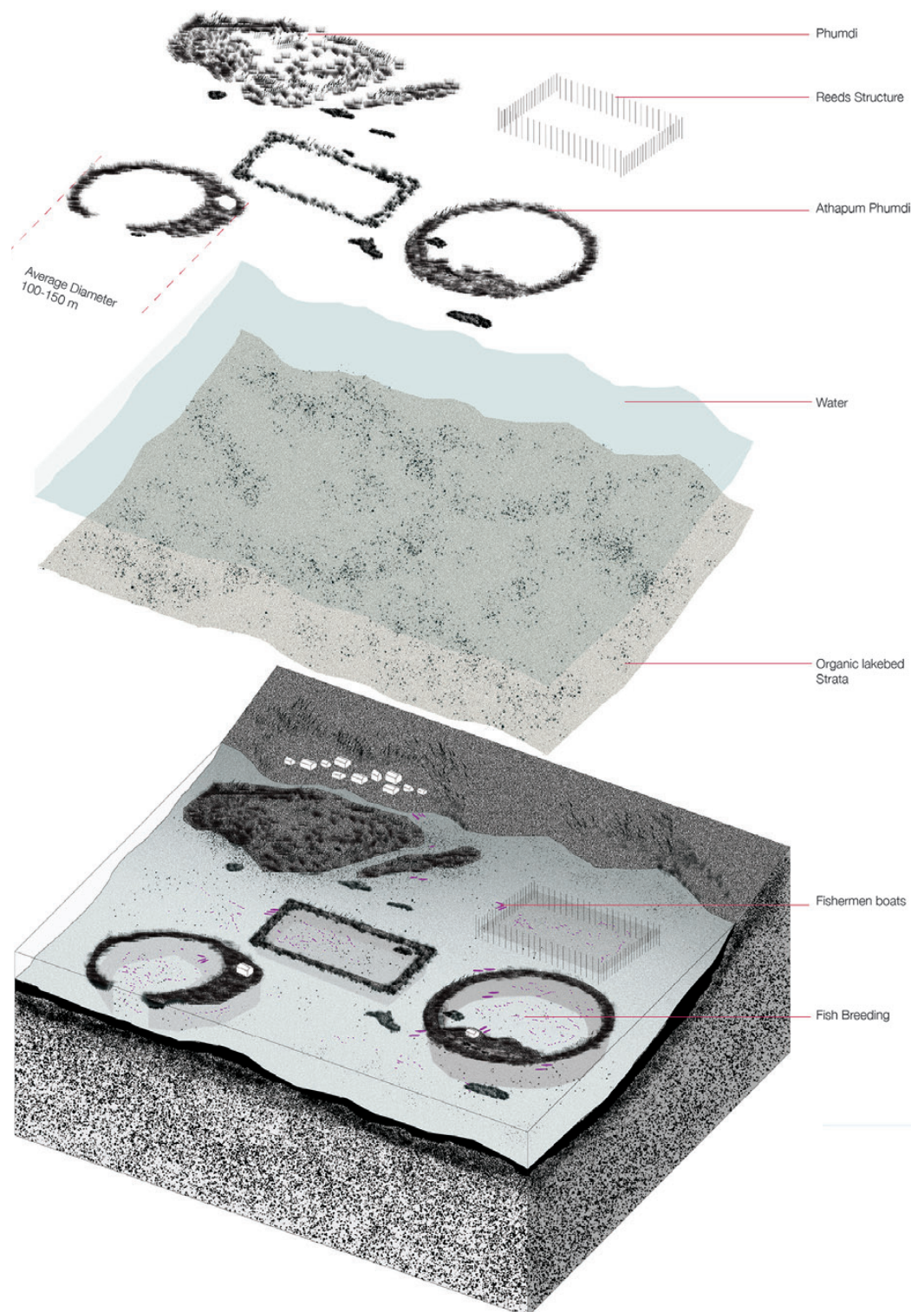


Fig. 13 | The elementary components of the Loktak Model (credit: S. Tornieri, 2025).



Fig. 14 | The formations of the Athapum Phumdi with the positioning of fishing nets (credit: K. Conniff, 2023).



Fig. 15 | The formation of Phumdi (credit: K. Conniff, 2023).



Fig. 16 | The fishing activity (credit: K. Conniff, 2023).

lakes known locally as Pats. During the monsoon season, the overall rise in the lake's hydrometric level produces a single, extensive water surface, creating a continuous expanse that seamlessly connects the Pats. In the past, the lake was subject to considerable seasonal fluctuations in water level, during which the Pats appeared as separate entities during low water and merged during floods.

The construction of the Ithai Dam in 1983 altered the nature of the ecosystem, reducing fluctuations in water level, fostering the proliferation of biomass within the basin and from the inflows of surrounding rivers, and endangering this resilient logic through the artificial stabilisation of the lake's level, thereby preventing natural hydrological variations. This has led to severe alterations in established ecosystemic balances, including the thinning of the Athapum Phumdi, the disintegration of organic soil and the disruption of local fishing and agricultural practices (Irom et alii, 2025). Water management thus emerges as a crucial design issue, requiring the renegotiation of the balance between energy production, environmental protection and cultural continuity. Water management, therefore, constitutes a critical design issue, necessitating a renegotiation of the balance between energy production, environmental protection and cultural continuity.

The most distinctive feature of Loktak Lake is the presence of floating islands known as Phumdi, with an average thickness of approximately 2.5 metres, most of which resemble the floating gardens of Dal Lake in Kashmir or the Chinampas of Mexico (Fig. 4). Predominantly submerged, with only a small portion above the water's surface, these islands gradually expand their surface area from 0.1 to 2 metres over a period of six months. They are heterogeneous masses composed of soil, vegetation and organic material in varying stages of decomposition, used by local communities as resources for cultivating vegetables and food crops, as well as for providing fodder, fuel, roofing and fencing materials, medicinal herbs and other products for everyday use.

In particular, the high level of fertility of the floating soil facilitates the cultivation of rice and vegetables, whose growth benefits from the highly fertile material deposited on the lakebed. This organic richness is closely linked to the lake's tidal hydrodynamics, which depend on flooding and fluvial inundation. As the lake's average water level drops, everything on the surface gradually descends towards the bottom. The same occurs with the Phumdi, which sink and remain completely submerged under only a few tens of centimetres of water. Each year, they come into contact with the organic matter-rich lakebed, which enhances their fertility – a process later amplified by natural aerobic processes once the Phumdi rise again and float as the lake returns to its regular hydrological regime (Fig. 5).

The fact that the lake constitutes the principal source of fish production for the State of Manipur is of fundamental importance. What makes the traditional fishing technique, known as 'athapum', distinctive and of particular significance is its direct relationship with the lake itself, where portions of Phumdi are specially shaped into circular floating enclosures. Interweaving strips of Phumdi create the Athapum Phumdi to form thick rings of floating organic material, within which aquatic plants such as *Echinochloa stagnina* and *Capillipedium* sp. are placed to attract fish (Figg. 6-9). This practice, developed over the centuries, involves a harvesting phase

known as phum namba, which may occur at intervals ranging from every 15 days to every 3 months. It represents a fishing system that not only integrates local ecological knowledge but also embodies a sustainable and cyclical form of adaptation to the fluvial and lacustrine context.

Loktak Lake in the scientific literature | The review of the scientific literature reveals that Loktak Lake has so far been studied predominantly through approaches related to environmental design, supported by land-use and land-cover mapping techniques. The adverse effects arising from the construction of the dam on the overall sustainability of the lacustrine basin have been quantified and verified in recent studies (Singh, 2017; Ngasepam et alii, 2025; Singh and Singh, 2023; Paonam and Chatterjee, 2023), while the biodiversity of the lake and the associated significance of human presence in environmental monitoring processes have been the subject of socio-ecological investigations (Laishram, 2021). The ongoing transformations in the productive activities traditionally associated with the lake – in particular agriculture and aquaculture – have been examined in relation to management issues and the documented lack of adequate commitment on the part of government authorities to the conservation and protection of the local ecosystem (Figg. 11-15; Devi, 2022).

Other studies have focused on the balance between water uses for hydroelectric and agricultural purposes, demonstrating that, through careful regulation of water levels, it is possible to ensure a sustainable coexistence between energy production and local farming practices (Singh et alii, 2011). Within the field of social sciences, several studies highlight the pedagogical potential inherent in the ecological system of Loktak Lake and its rich ecosystemic diversity, emphasising on the one hand the urgency of conservation strategies, and on the other the possibility of constructing a replicable educational and territorial model (Devi, Satapathy and Kumar, 2024).

From the perspective of spatial planning, the analysis of stakeholders and the actions required to promote sustainable development within the lacustrine basin has been addressed by Devarani and Basu (2019), who propose the identification of a 'Loktak model' potentially transferable to other wetland, lagoon or deltaic contexts characterised by analogous socio-ecological dynamics.

However, there is a significant lack of studies in the design disciplines, such as Landscape Architecture, Urbanism, and Spatial Planning. Although Loktak Lake has been recognised as a natural heritage site of national importance – it has held RAMSAR status since 1990, and the Keibul Lamjao Floating National Park was established in 1977 – there remains an absence of systematic initiatives to analyse the regenerative potential of the floating islands that characterise it so distinctly.

These islands not only play a crucial role in strengthening local identity and maintaining agricultural productivity, but also demonstrate remarkable adaptive capacities in response to sudden or unplanned environmental pressures. Moreover, the complex amphibious system of the Athapum Phumdi contributes to defining a unique landscape image endowed with high aesthetic and symbolic value, whose ecosystemic potential remains unexplored mainly within current policies and narratives regarding its protection and development.



Fig. 17 | Fishing nets inside the Athapum Phumdi (credit: N. Satam, 2017).

Understanding Loktak Lake | It is necessary to clarify, from the outset, the rationale for excluding from this discussion a deeper level of analysis of the everyday practices and affective relationships that local actors maintain with the landscape. This dimension could only be investigated through direct engagement and interviews with resident communities. This omission constitutes one of the current limitations of the reflection developed in this paper, rooted in the absence of on-site fieldwork, which would undoubtedly have strengthened the analysis through participatory observation and the collection of primary empirical data.

However, we maintain that such a methodological extension would entail a shift in focus towards a distinct field of anthropological and sociocultural inquiry, thereby altering the objectives of this phase of critical discussion, which remains consistently oriented towards developing a spatial and design-based interpretation of the case study. The absence of direct fieldwork has been mitigated through the crucial comparison of this case with analogous environmental contexts – discussed below – and through the incorporation of insights drawn from the relevant scientific literature on the subject (Meitei and Prasad, 2015; Kumar, 2024).

In interpreting the Loktak Lake case study, the approach adopted is grounded in a strategic and theoretical framework aimed at identifying the fundamental components that constitute the network of relationships underpinning an unprecedented, inhabitable agro-urban landscape. The spatial configurations that define it are potentially adaptable and transferable to other amphibious contexts of high landscape value, particularly those characterised by vulnerability or marginality. The questions and insights developed thus far in this paper derive exclusively from a critical re-examination of the scientific literature and from a careful interpretative re-drawing of significant portions of the Loktak Lake landscape.

The original considerations that emerge underscore the exemplary nature of the case study, which can be understood as a model endowed with specific characteristics that may be regarded as elementary components, potentially replicable and constitutive of future design frameworks. Within the Loktak literature, for instance, several studies emphasise the crucial role of the Athapum Phumdi in sustaining ecological, economic and social processes – serving variously as seasonal cultivation platforms for fisheries, floating foundations for dwellings and fertile substrates for agriculture (Singh et alii, 2024). Other contributions investigate the compostability of Phumdi, their biomass as a renewable resource

and their broader implications for ecosystem management (Singh and Kalamdhad, 2014; Khoiyangbam, 2021). The intrinsic capacity of this landscape lies in its ability to reconcile productive, domestic and environmental functions – a synthesis emerging from forms of technical knowledge and empirical expertise transmitted through generations (Meitei and Prasad, 2015).

Resembling small atolls in plan view, the Athaphum Phumdi – conceived as the fundamental building blocks of the lake landscape – manifest as floating perimeters upon which indigenous communities have constructed lightweight structures for fishing and seasonal cultivation (Figg. 10, 11). They function as adaptive landscape systems that respond dynamically to seasonal fluctuations in water levels, exploiting the monsoon's cyclical rhythm and the accumulation of organic matter as a natural fertiliser. This spatial and ecological practice embodies the principles of water circularity, regenerating the soil through self-sustaining natural processes and offering a tangible alternative to intensive irrigation schemes and water-demanding agricultural models (Singh et alii, 2024).

Soil consolidation within the Athaphum Phumdi occurs progressively: long, regularly arranged reeds act as lightweight barriers that trap and filter semi-solid organic material suspended in the water column or deposited on the lakebed (Singh and Kalamdhad, 2014). Through this process, manual assembly and compaction take place on a minimal structural framework organised in rectangular or circular configurations, typically covering an area of approximately 1.5 hectares, with sides or diameters ranging from 100 to 150 metres (Devi, Satapathy and Kumar, 2022). Continuous maintenance involves the gradual accumulation of organic layers, which contribute to the stabilisation and progressive thickening of the floating mass (Figg. 12, 13).

The 'Loktak Model' and the SDGs | Within the international discourse on the design of water territories, if the amphibious condition is regarded as an inevitable future horizon for the habitability of extensive lacustrine, coastal and deltaic regions affected by ongoing climate change, the 'Loktak Model' represents a dimension still insufficiently explored within the disciplines of Landscape Architecture and Regional Planning. The environmental and landscape characteristics of the lake constitute an advanced laboratory for the coexistence of human and natural systems, anticipating or reaffirming many of the strategies promoted by the 2030 Agenda. In particular, with reference to SDG 6 (Clean Water and Sanitation), which recognises water as a fundamental resource and a universal right, the 'Loktak Model' offers a significant contribution to the study and redefinition of water management practices from an ecological and systemic perspective, as well as to the valorisation of wetlands as frameworks for designing adaptive and resilient water management systems (Kumar, 2024).

The re-design and interpretation of the functioning of Athaphum Phumdi – floating islands composed of organic biomass – reveal an alternative mode of inhabiting the aquatic landscape, one that transcends the conventional dichotomy between the natural and the artificial. These structures are partly self-generated, sustained by the cyclical dynamics of seasonal tides, and partly shaped through human intervention (Meitei and Prasad, 2015). They play a

structural role in defining the landscape, emerging as a novel form of ecological infrastructure capable of filtering and naturally purifying water, thereby sustaining the lake's high productivity.

These characteristics support the recognition of the 'Loktak Model' as a theoretical-operational construct that may be defined as a condition of floating circularity, in explicit dialogue with SDG 6. Within an understanding of the landscape as an integrated and porous system, it becomes capable of mediating environmental, social and productive dimensions – where processes of osmosis, hybridisation and symbiosis can engender spatial conditions that foster new alliances between humans and non-humans (Rizzi, 2025).

The rural economy of Loktak Lake, closely linked to the Phumdi system, is predominantly sustained by fisheries, which meet approximately 60% of the state of Manipur's fishery demand and constitute a vital source of livelihood for more than 50,000 fishers and their families. Since the subsistence practices of the indigenous population actively contribute to shaping the lake's landscape – conceived as a model of ecological infrastructure capable of cyclically regenerating soil and water resources – the sustainable utilisation of its potential represents an advanced and crucial laboratory for reconciling environmental conservation with local economic development, offering a tangible alternative to intensive irrigation models (triggered after construction of the dam).

In this context, community-based fisheries management schemes, integrated aquaculture programmes and participatory governance mechanisms are essential to strengthening the resilience of fishing communities, diversifying income opportunities and ensuring the equitable use of resources, in accordance with SDG 8 of the 2030 Agenda, which seeks to foster inclusive and sustainable economic growth alongside full and decent employment.

Overall, analysing the Loktak case through the lens of the SDGs reveals both its potential and its limitations. Firstly, the system prevents local communities from falling into extreme poverty (SDG 1) by ensuring continuous and diversified food production – encompassing fisheries and horticultural crops – which contributes to food security and public health (SDGs 2 and 3). This model enhances community resilience without, however, generating more complex forms of economic or infrastructural development as envisaged in SDGs 8 and 9, where innovation, sustainable industrialisation and infrastructure are regarded as central drivers. In this respect, the extensive character of productive practices emerges as a critical issue: while it safeguards ecological equilibrium and cultural continuity, it does not stimulate the establishment of diversified enterprises or broader industrial growth.

The 'Loktak Model' aligns closely with the principles of urban sustainability (SDG 11), particularly in relation to targets concerning access to green spaces and sustainable waste management. In this context, organic waste and residues generated by human activities are not treated as waste but are reintegrated into the landscape, becoming nutrients and soil within a natural cycle of regeneration that resonates with the principles of the circular economy (Ingaramo et alii, 2023). From a post-growth perspective, this model illustrates how embeddedness within a traditional landscape can offer an alternative interpretation of the objectives of SDGs 13, 14, and

15. Here, actions addressing climate, life below water and life on land are not achieved through targeted technological interventions, but rather through the maintenance of a dynamic equilibrium between humans and nature – an equilibrium governed by the temporal and ecological rhythms of the landscape itself.

The most significant point of contradiction lies in the construction of the Ithai Dam, which has severely compromised the Phumdi ecosystem, demonstrating the antithesis between an idea of progress grounded in economic growth – characterised by large-scale, high-impact infrastructure – and a vision of development more deeply rooted in local ecological practices. The most significant compromise is therefore evident in the lake's water management: while hydroelectric power generation satisfies SDG 7 (target 7.b) by improving regional energy access and efficiency, it simultaneously undermines the landscape's adaptive capacity, weakening the ecological processes that historically sustained the traditional resilience of the Loktak system.

Landscape scales and strategies | The case of Loktak Lake enables the identification of a set of strategic and design elements that serve to define a theoretical-applicative model: a conceptual and operational framework which, while acknowledging the environmental specificities of diverse contexts, can inform the design of adaptive settlement morphologies within amphibious environments – such as lagoons, lakes, river deltas and reclaimed territories (Brisotto et alii, 2023).

Accordingly, three ideal scales may be identified – territorial, sustenance, and species-based (not limited to humans only) – which collectively define a system, the so-called 'Loktak Model,' founded upon a balance between environmental sustainability and the incremental reproducibility of the landscape's fundamental materials.

The territorial dimension of the lake corresponds to the notion of an elementary environmental system: its extent could, in principle, be infinite, as it is defined by a minimal set of equally elementary materials – water, moist soil, vegetation, and dwellings (Morpurgo, 2024). The economic-productive (agricultural) dimension, in turn, is associated with another elementary material, the Athaphum Phumdi, which exhibits remarkably consistent dimensions and forms – a construction process governed by seasonal cycles and logics of replicability rooted in traditional ecological knowledge (Khoiyangbam, 2021). Finally, the dimension of inhabiting and maintaining the landscape is linked to the notion of proximity (Dessi, 2023) and can be understood at the scale of the human body. Here, the reproducibility of the landscape is determined by a 'correct distance' between the anthropic condition of dwelling and the surrounding natural environment (Fig. 14).

Conclusions | This essay forms part of a broader research framework oriented towards post-growth and nature-based approaches, offering a critical perspective for operating within vulnerable and transforming contexts (Vacanti and Leonardi, 2024). Within the wider scenario of the global climate crisis – which increasingly threatens the equilibrium of coastal zones and intertidal ecosystems – the question of the future of transitional spaces emerges with particular urgency. The Loktak case demonstrates that the territory's morphology results from processes of



Fig. 18 | Maintenance carried out by fishermen (credit: N. Satam, 2017).



Fig. 19 | Lake Inle, Myanmar (credit: R.-A. Lettau, 2005).



Fig. 20 | The floating system in Lake Inle, Myanmar (credit: R.-A. Lettau, 2005).

slow sedimentation and continuous adaptation, and that, through the conscious construction of sustainable landscapes, it is possible to respond effectively to environmental transformations that may initially appear adverse or detrimental to human habitation. From this perspective, the project does not assume the character of a formal imposition but instead functions as an epistemic and operative tool, capable of systematising multiple levels of action: interpretation, maintenance and mediation between ecological processes and human needs (Figg. 15-18).

One of the most significant elements shaping this landscape-territory concerns the use of organic materials as a design resource. In intertidal contexts, resources such as reeds, woody debris, spongy soils and mollusc exoskeletons constitute available and regenerable materials, offering a palette of elements that are both locally sourced and ecologically responsive. Comparable examples to the Loktak Lake case can be found in several significant experiences.

The Life Vivine project (2013-2017) in the Venice Lagoon demonstrates the efficacy of low-impact interventions based on biodegradable fascines, groyne, and wave barriers, alongside the reuse of local sediments for the morphological reconstruction of eroded salt marshes. Similarly, the Ecological Citizens project (2018) by SCAPE Studio reintegrates exhibition materials to activate ecological restoration processes and to establish tangible spaces for civic engagement within the Venetian lagoon.

The seabed as a resource represents another principle emerging from the 'Loktak Model'. The lake substrate is not a passive entity but rather a living and active double soil capable of sustaining and regenerating life on the surface. Recent applications of integrated offshore multitrophic aquaculture (Buck et alii, 2018; Chopin et alii, 2008) illustrate how organic waste from fish production can be reused within the lower strata of the water column to support the algal biomass growth. Analogous systems, on a smaller scale, can be implemented in rural contexts as bio-mitigation devices (Zhang et alii, 2019), advancing a logic of interspecies symbiosis and material circularity. A comparable example that substantiates this

feasibility is the floating agricultural system of Inle Lake in Myanmar (Watson, 2025; Figg. 19, 20).

The reflections developed thus far reaffirm the centrality of maintenance as an essential phase within regenerative processes – understood not as static conservation, but as a design-oriented practice capable of sustaining the coexistence between developmental models and fragile environments. The objective is not to render the territory 'sustainable at all costs', but rather to mitigate the impacts of land consumption through governance frameworks and regulatory instruments able to anticipate thresholds of environmental degradation and irreversibility. The Athaphum Phumdi floating islands of Loktak thus emerge as a form of spatial resistance to extractive paradigms. Here, the project assumes a curative role, employing maintenance as a systemic mechanism for territorial regeneration.

One of the factors that underscores the potential of the Athaphum Phumdi is its replicability, which enables highly economical resource use and remarkably short construction times. The local availability of materials for both construction and maintenance of the islands ensures a short and easily monitored supply chain, thereby enhancing overall efficiency.

The basic conditions for effectively reproducing this type of landscape begin with the identification of extensive lake or brackish areas accompanied by a high availability of organic construction materials – such as reeds, algae, roots, peat, rushes, straw, natural fibres, residues of submerged aquatic vegetation and organic sediments. In many lake environments, these materials can be supplemented with locally sourced mineral components such as silt, sand, fine gravel and clay, which contribute to the cohesion and stability of floating or semi-submerged platforms and structures. In addition, the presence of spontaneous or cultivated biomass, such as bamboo, lightweight timber, or woven fibres, offers further construction potential, enabling the integration of highly adaptable structural systems.

Furthermore, an examination of the islands' dimensions reveals recurring measurements and proportions, suggesting a limited scale for each Athaphum Phumdi. This can be deduced from both the

labour required for their construction and the functional and productive needs characteristic of a family-based local economy. In this respect, one can discern an implicit design rationale emerging from practical necessities rather than from formal intent – where the 'natural limits' of production are not surpassed through technological imposition but are addressed through collaborative, community-based principles. These processes constitute adaptive responses to environmental and climatic constraints – such as the seasonal dynamics of the monsoon – as well as to anthropogenic influences, notably those linked to the construction of the Ithai Dam.

The exportability of the 'Loktak Model' has considerable potential for application in other geographical contexts. However, within international frameworks – particularly in Europe and Italy – the prevailing socio-economic and regulatory conditions would necessitate specific adaptations to render the model operational. Existing forms of collaboration between institutions and local stakeholders, such as river or wetland contracts, constitute appropriate platforms for engaging with and amplifying the exemplary potential of this case study.

What most constrains such processes, however, is the excessive bureaucratic and regulatory complexity that hinders not so much the physical construction of the landscape as the collective definition of its management. In this regard, the 'Loktak Model' can be interpreted as a synthesis of processual dynamics, wherein the beauty of the landscape emerges both as a result and as a foundational value, consistent with the principles of the European Landscape Convention (Council of Europe, 2000), which recognises landscape itself as a form of cultural heritage.

Acknowledgements

This contribution is the result of a shared reflection by the Authors. Nevertheless, the sections 'Fragile balance of the Loktak Lake ecosystem' and 'Loktak Lake in the scientific literature' are to be attributed to S. Tornieri; the sections 'Understanding Loktak Lake' and 'Landscape scales and strategies' to M. D'Ambros; while the introductory section, 'The Loktak Model and the SDGs', and 'Conclusions' are to be attributed to both Authors. The authors acknowledge the financial support for this publication provided by Jade University of Applied Science and the Department of Engineering and Architecture at the University of Trieste.

References

- Ahern, J. (2013), "Urban landscape sustainability and resilience – The promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design", in *Landscape Ecology*, vol. 28, issue 6, pp. 1203-1212. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s10980-012-9799-z [Accessed 20 September 2025].
- Alami, I., Copley, J. and Moraitis, A. (2024), "The wicked

trinity of late capitalism – Governing in an era of stagnation, surplus humanity, and environmental breakdown", in *Geoforum*, vol. 153, article 103691, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.geoforum.2023.103691 [Accessed 20 September 2025].

Bensús Talavera, V. (2024), "Lessons on urban planning post-growth", in *Nature Cities*, vol. 1, pp. 14-15. [Online] Available at: doi.org/10.1038/s44284-023-00006-4 [Accessed 15 September 2025].

Brisotto, C., Carney, J., Macaione, I. and Raffa, A. (2023), "Cambiamenti climatici nei paesaggi di bonifica – Adattamento tra modulo e modularità | Climate change in reclamation landscapes – Adaptation between module and modularity", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 14, pp. 62-73. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1442023 [Accessed 18 September 2025].

Buck, B. H., Troell, M. F., Krause, G., Angel, D. L., Grote, B. and Chopin, T. (2018), "State of the Art and Challenges for Offshore Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA)", in *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, article 165, pp. 1-21. [Online] Available at: doi.org/10.3389/fmars.2018.

00165 [Accessed 18 September 2025].

Burke, M., Hsiang, S. M. and Miguel, E. (2015), "Global non-linear effect of temperature on economic production", in *Nature*, vol. 527, pp. 235-239. [Online] Available at: doi.org/10.1038/nature15725 [Accessed 18 September 2025].

Chopin, T., Robinson, S. M. C., Troell, M., Neori, A., Buschmann, A. H. and Fang, J. (2008), "Multitrophic Integration for Sustainable Marine Aquaculture", in Jorgensen, S. E. and Fath, B. D. (eds), *Encyclopedia of Ecology*, Elsevier, Amsterdam, pp. 2463-2475. [Online] Available at: doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00065-3 [Accessed 18 September 2025].

Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S. and Grasso, M. (2017), "Twenty years of ecosystem services – How far have we come and how far do we still need to go?", in *Ecosystem Services*, vol. 28, part A, pp. 1-16. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008 [Accessed 20 September 2025].

Council of Europe (2016), *Council of Europe Landscape Convention, as amended by the 2016 Protocol*. [Online] Available at: rm.coe.int/16807b6bc7 [Accessed 20 September 2025].

- Dessi, A. (2023), "Camminare nel selvatico – Per una transizione verso un paesaggio coevolutivo | Walking into the wild – A transition to a co-evolutionary landscape", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 131-140. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13112023 [Accessed 20 October 2025].
- Devarani, L. and Basu, D. (2009), "Participatory wetland management in Loktak Lake – A road to sustainable development", in *Journal of Crop and Weed*, vol. 5, issue 1, pp. 178-190. [Online] Available at: cropandweed.com/archives/2009/vol5issue1/37.pdf [Accessed 18 September 2025].
- Devi, L. A. (2022), "The Study on Sociological Environment in Manipur", in *International Journal of Inclusive Development*, vol. 8, issue 2, pp. 173-175. [Online] Available at: doi.org/10.30954/2454-4132.2022.9 [Accessed 18 September 2025].
- Devi, R. S., Satapathy, K. B. and Kumar, S. (2024), "Loktak Lake of The State Manipur – A Review to Educate the Intellectuals and Awareness on Its Bio Wealth", in *Educational Administration – Theory and Practice*, vol. 30, issue 5, pp. 6936-6947. [Online] Available at: doi.org/10.53555/kuey.v30i5.4064 [Accessed 20 October 2025].
- Devi, R. S., Satapathy, K. B. and Kumar, S. (2022), "Ethnobotanical Plants of Phumdi, Loktak Lake, Manipur, India", in *Asian Pacific Journal of Health Sciences*, vol. 9, issue 4, pp. 77-80. [Online] Available at: doi.org/10.21276/apjhs.2022.9.4.16 [Accessed 20 October 2025].
- Durrant, D., Lamker, C. and Rydin, Y. (2023), "The Potential of Post-Growth Planning – Re-Tooling the Planning Profession for Moving beyond Growth", in *Planning Theory & Practice*, vol. 24, issue 2, pp. 287-295. [Online] Available at: doi.org/10.1080/14649357.2023.2198876 [Accessed 18 September 2025].
- Fioramonti, L. (2024), "Post-growth theories in a global world – A comparative analysis", in *Review of International Studies*, vol. 50, issue 5, pp. 866-876. [Online] Available at: doi.org/10.1017/S0260210524000214 [Accessed 20 October 2025].
- Ingarano, R., Negrello, M., Khachatourian Saradehi, I. and Khachatourian Saradhi, A. (2023), "Il progetto transcalare delle nature-based solutions per l'Agenda 2030 – Innovazioni e interconnessioni | Transcalar project of nature-based solutions for the 2030 Agenda – Innovations and interconnections", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 97-108. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1382023 [Accessed 20 October 2025].
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2023), *Climate Change 2023 – Synthesis Report – Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, Geneva. [Online] Available at: doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647 [Accessed 18 September 2025].
- Irom, L. M., Ngasepam, P. S., Panmei, R. L. and Soiremi, V. S. (2025), "Ithai Barrage and Environmental Sustainability – A Case Study of Loktak Lake", in *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, vol. 51, issue 2, pp. 181-190. [Online] Available at: doi.org/10.55863/ijees.2025.0609 [Accessed 11 September 2025].
- Jackson, T. (2021), *Post Growth – Life after Capitalism*, Polity, Cambridge (UK).
- Kallis, G., Hickel, J., O'Neill, D. W., Jackson, T., Victor, P. A., Raworth, K., Schor, J. B., Steinberger, J. K. and Ürge-Vorsatz, D. (2025), "Post-growth – The science of well-being within planetary boundaries", in *Lancet Planetary Health*, vol. 9, issue 1, pp. e62-e78. [Online] Available at: doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00310-3 [Accessed 10 September 2025].
- Khoiyanbham, R. S. (2021), "Wetlands in Loktak – Issues and challenges of merging Wildlife conservation and Hydropower generation", in *International Journal of Lakes and Rivers*, vol. 14, issue 2, pp. 223-236. [Online] Available at: ripublication.com/ijlr21/ijlr14n2_07.pdf [Accessed 10 September 2025].
- Koolhaas, R. (2020), *Countryside – A Report*, Taschen, Köln.
- Kumar, S. (2024), "Navigating Sustainability in Loktak Lake – Socio-ecological changes and its impact on Wetland Ecosystem and Native Fishers", in *Journal of North East India Studies*, vol. 14, issue 1, pp. 27-44. [Online] Available at: jneis.com/wp-content/uploads/2024/12/14.1.3.pdf [Accessed 10 September 2025].
- Laishram, J. (2021), "A Study on the Bioresources of the Loktak Lake, Manipur (India) for Livelihood by the People Living in Five Villages Located in and Around the Lake", in *Current World Environment | An International Research Journal of Environmental Science*, vol. 16, issue 3, pp. 928-941. [Online] Available at: dx.doi.org/10.12944/CWE.16.3.23 [Accessed 24 September 2025].
- McNeill, J. R. and Engelke, P. (2016), *The Great Acceleration – An Environmental History of the Anthropocene since 1945*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. and Behrens, W. W. (1972), *The Limits to Growth – A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*, Universe Books, New York.
- Meitei, M. D. and Prasad, M. N. V. (2015), "Phoomdi – A unique plant biosystem of Loktak Lake – Traditional and ecological knowledge", in *Plant Biosystems | An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, vol. 149, issue 4, pp. 777-787. [Online] Available at: doi.org/10.1080/11263504.2013.870250 [Accessed 24 September 2025].
- Morpurgo, E. (2024), "Biomateriali e zone umide – Filieri per l'edilizia e il tessile dalla valorizzazione di ecosistemi locali | Biomaterials and wetlands – Supply chains for construction and textiles through the enhancement of local ecosystems", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 314-323. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16262024 [Accessed 20 September 2025].
- Musacchio, L. R. (2009), "The scientific basis for the design of landscape sustainability – A conceptual framework for translational landscape research and practice of designed landscapes and the six Es of landscape sustainability", in *Landscape Ecology*, vol. 24, issue 8, pp. 993-1013. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s10980-009-9396-y [Accessed 20 September 2025].
- Paonam, J. and Chatterjee, S. (2023), "Evaluating the Land Use Land Cover Dynamics of Loktak Lake – A Ramsar Wetland of International Importance in North East India", in *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, vol. 49, issue 5, pp. 459-470. [Online] Available at: researchgate.net/publication/371491286_Evaluating_the_Land_Use_Land_Cover_Dynamics_of_Loktak_Lake_A_Ramsar_Wetland_of_International_Importance_in_North_East_India [Accessed 24 September 2025].
- Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Donges, J. F., Gerten, D., Hoff, H., Lade, S. J., Rockström, J., Carpenter, S. R. and Folke, C. (2023), "Earth beyond six of nine planetary boundaries", in *Science Advances*, vol. 9, issue 37, article eadh2458, pp. 1-16. [Online] Available at: doi.org/10.1126/sciadv.adh2458 [Accessed 20 October 2025].
- Rizzi, C. (2025), "Osmosi, ibridazione, simbiosi – Dalla biofilia alla progettazione rigenerativa interspecifica | Osmosis, hybridisation, symbiosis – From biophilia to interspecies regenerative design", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 17, pp. 146-155. [Online] Available at: doi.org/10.69143/2464-9309/1792025 [Accessed 20 October 2025].
- Shannon, K., De Meulder, B. E. J., d'Auria, V. and Goss-eye, J. (eds) (2008), *Water Urbanisms*, SUN, Amsterdam.
- Singh, C. R., Thompson, J. R., Kingston, D. G. and French, J. R. (2011), "Modelling water-level options for ecosystem services and assessment of climate change – Loktak Lake, northeast India | Modélisation des choix de niveau d'eau pour les services écosystémiques et l'évaluation du changement climatique – lac Loktak, Inde du nord", in *Hydrological Sciences Journal*, vol. 56, issue 8, pp. 1518-1542. [Online] Available at: doi.org/10.1080/02626667.2011.631012 [Accessed 20 October 2025].
- Singh, K. D., Yi, X., Shagolsem, L. S. and Toijam, J. (2024), "Assessing Green Features of Phumdi as a Sustainable Material – A comparative analysis with bamboo, wood, metal, and plastic", in *Sustainability*, vol. 16, issue 2, article 637, pp. 1-17. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su16020637 [Accessed 20 October 2025].
- Singh, K. J. (2017), "The Loktak Hydro Electricity Power Project in Manipur and its Impact on the Socio-Economic Conditions to the Catchment Areas", in *IOSR | Journal of Humanities and Social Science*, vol. 22, issue 11, pp. 11-17. [Online] Available at: researchgate.net/publication/366657537_Wetlands_in_Loktak_Issues_and_challenges_of_merging_Wildlife_conservation_and_Hydropower_generation_-_An_Overview [Accessed 20 October 2025].
- Singh, M. R. and Singh, K. T. (2023), "Environmental and socio-economic impacts of hydro power project – A case study of the Loktak hydroelectric project in Manipur", in *EPRA | International Journal of Socio-Economic and Environmental Outlook*, vol. 10, issue 7, pp. 1-6. [Online] Available at: doi.org/10.36713/epra13794 [Accessed 20 October 2025].
- Singh, W. R. and Kalamdhad, A. S. (2014), "Potential for composting of green phumdi biomass in Loktak Lake", in *Ecological Engineering*, vol. 67, pp. 119-126. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.03.086 [Accessed 20 October 2025].
- Soper, K. (2020), *Post-Growth Living – For an Alternative Hedonism*, Verso Books, London/New York.
- Spanier, J. and Feola, G. (2022), "Nurturing the post-growth city – Bringing the rural back in", in Savini F., Ferreira, A. and von Schönfeld, K. C. (eds), *Post-Growth Planning – Cities Beyond the Market Economy*, Routledge, New York, pp. 159-172.
- Steiner, F. (2011), "Landscape ecological urbanism – Origins and trajectories", in *Landscape and Urban Planning*, vol. 100, issue 4, pp. 333-337. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.01.020 [Accessed 20 October 2025].
- UN – United Nations (2015), *Transforming our World – The 2030 Agenda for Sustainable Development*, document A/RES/70/1. [Online] Available at: sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=viewandtype=111andnr=8496andmenu=35 [Accessed 20 October 2025].
- Vacanti, A. and Lonardi, C. (2024), "Tecnologia, energia e tempo – Percorsi sperimentali per il design di tecnologie appropriate | Technology, energy, and time – Experimental paths for the design of appropriate technology", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 316-323. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/15262024 [Accessed 20 October 2025].
- Waldheim, C. (2016), *Landscape as Urbanism – A General Theory*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Watson, J. (2025), *Lo-TEK – Water – A Field Guide for TEKology*, Taschen, Köln.
- Weller, R. J., Hoch, C. and Huang, C. (2017), *Atlas for the End of the World*. [Online] Available at: atlas-for-the-end-of-the-world.com [Accessed 20 October 2025].
- Zhang, J., Zhang, S., Kitazawa, D., Zhou, J., Park, S., Gao, S. and Shen, Y. (2019), "Bio-mitigation based on integrated multi-trophic aquaculture in temperate coastal waters – Practice, assessment, and challenges", in *Latin American Journal of Aquatic Research*, vol. 47, issue 2, pp. 212-223. [Online] Available at: lajar.cl/index.php/rlajar/article/view/vol47-issue2-fulltext-1/1043 [Accessed 20 October 2025].