

VISIONI DI UN FUTURO PIÙ VERDE PER IL SEIL DI AMMAN

La Realtà Aumentata come strumento di progetto

VISIONS OF A GREENER FUTURE FOR THE SEIL OF AMMAN

Augmented Reality as an urban design tool

Janset Shawash, Narmeen Marji

ABSTRACT

In un contesto caratterizzato dalle inondazioni e dal degrado ambientale del fiume Seil di Amman (patrimonio naturale della capitale della Giordania), determinati dal cambiamento climatico, dalla rapida urbanizzazione e da una gestione non sostenibile dell'acqua piovana, il contributo esplora le potenzialità delle nuove tecnologie del Mobile Augmented Reality (MAR) quale strumento per ottenere un maggior coinvolgimento dell'opinione pubblica in nuovi progetti di rigenerazione urbana ecologicamente sostenibili. Si presentano quindi due possibili scenari per un intervento a verde nell'area di Ras al-Ein lungo il Seil, elaborati attraverso un software di realtà aumentata mobile immersiva appositamente sviluppata, descrivendo sia il processo di sviluppo dell'applicazione sia la risposta degli utenti.

In a context characterized by flooding and environmental degradation of the Seil of Amman (natural heritage of the capital of Jordan), caused by climate change, rapid urbanization and unsustainable stormwater management, the paper explores the potential of new Mobile Augmented Reality (MAR) technologies as a tool of public engagement with new ecologically sustainable urban regeneration projects. Therefore, two possible scenarios for a green/blue intervention in the Ras al-Ein area on the path of the Seil are presented, elaborated through a specially developed immersive mobile augmented reality software, describing both the application development process and the users' response.

KEYWORDS

contenimento delle inondazioni, infrastrutture verdi, realtà aumentata, Seil di Amman, pianificazione partecipativa

flood mitigation, green infrastructure, augmented reality, Seil of Amman, participatory planning

Janset Shawash, Architect and PhD, is an Assistant Professor at the School of Architecture and Built Environment, German Jordanian University (Jordan). Her research interests focus on history and theory of architecture, urban planning and design, especially issues relevant to localizing urbanism and promoting community involvement in shaping their urban environment. Her professional expertise includes the planning of major urban development projects in Jordan and the MENA region. Mob. +962 (0)77/73.39.433 | E-mail: Janset.shawash@gju.edu.jo

Narmeen Marji, Architect, specializing in Augmented Reality Development and cross-platform application building for Architecture, Urban Planning and Design. She has participated in projects of architectural design, city planning and heritage conservation and is currently completing her Spatial Planning Master's program focusing on applications of AR in architectural education at the School of Architecture and Built Environment, German Jordanian University (Jordan). Mob. +962 (0)79/51.49.787 | E-mail: narmeenm@gmail.com

Il Seil di Amman – il principale corso d'acqua della capitale della Giordania – ha attratto insediamenti umani fin dal Neolitico e ha plasmato lo sviluppo della città, lasciando nella memoria degli abitanti di Amman il vivo ricordo di un paesaggio fertile e lussureggiante. A partire dal 1964, a causa della rapida espansione e modernizzazione della città e della minaccia di inondazioni stagionali, lunghi tratti del fiume sono stati interrati in un canale sotterraneo sul quale è stato realizzato un importante asse stradale, nonostante l'opposizione di numerose voci che chiedevano la sua rinascita come polmone verde della città congestionata e luogo di memoria storica e di appartenenza sociale.

Le recenti e violente inondazioni hanno riportato il Seil al centro del dibattito, attivando studi e soluzioni infrastrutturali spesso contrastanti che, nonostante la presenza di linee guida sulla sostenibilità ambientale nell'ultimo Piano di urbanizzazione della città, rimangono tradizionali e non sostenibili dal momento che sono basate sulla manutenzione e sull'espansione delle infrastrutture in cemento. L'obiettivo principale della ricerca che il presente contributo illustra è quello di sviluppare uno strumento che permetta agli abitanti di Amman di visualizzare potenziali scenari 'verdi' del Seil attraverso le potenzialità offerte dalle tecnologie digitali in generale e dalla Realtà Aumentata in particolare. L'esperimento pilota costituisce un primo passo mirato a 'sfidare' le proposte presentate dalla Pubblica Amministrazione e a piantare i semi di un cambiamento paradigmatico nelle visioni e nelle aspettative che gli abitanti di Amman hanno per la loro città.

Metodologia: visioni per un futuro sostenibile con l'uso della Realtà Aumentata | Coerentemente con la tendenza globale verso lo sviluppo di Smart Cities e la necessità di innovazione digitale nel 'new normal' post-Covid-19, la ricerca impiega la realtà aumentata come tecnologia abilitante dell'Industria 4.0 che può favorire nuovi modi di vivere le nostre città e fornire nuovi strumenti per supportare decisioni ponderate per uno sviluppo sostenibile. Lo studio sviluppa quindi un'applicazione di realtà aumentata mobile costruita appositamente (Portman, Natapov and Fisher-Gewirtzman, 2015) per testare il coinvolgimento degli utenti rispetto a due scenari virtuali (Thompson, 2015). Gli scenari sono concepiti sulla base di metodologie condivise, finalizzate a una visione prescrittiva e creativa, e su approcci strategici, basati sulla conoscenza analitica del contesto e con il supporto di specifiche discipline (Szpilko, 2020): il Seil di Amman viene esaminato attraverso i media e una revisione della letteratura sulle sue caratteristiche fisiche ed ecologiche nonché sul suo ruolo nel sistema idrologico locale e sulla sua importanza storica e socio-culturale per la narrazione della città; vengono altresì esaminati i Piani urbanistici che hanno previsto la sua canalizzazione e copertura, i recenti tentativi di riportarlo alla luce e il drastico impatto delle recenti inondazioni sull'ambiente circostante. Come risultato la ricerca, supportata dall'analisi dello stato dell'arte di consolidati approcci sostenibili, produce scenari preferibili mirati a risolvere il problema delle inondazioni, migliorare l'equilibrio idrologico ed ecologico, for-

nire spazi verdi aperti, ridurre i consumi di acqua e di energia non rinnovabile e attivare una rigenerazione urbana.

Gli scenari proposti sono concettualizzati e progettati schematicamente, costruiti come modelli tridimensionali e poi presentati attraverso un'applicazione di realtà aumentata che utilizza molteplici modalità di visualizzazione digitale e permette a più utenti di 'vivere' la città e il Seil in modi che prima non erano possibili. Un questionario semi-strutturato registra poi le reazioni dei partecipanti e i feedback sugli scenari e sull'applicazione. Complessità del progetto e strumenti innovativi impiegati rappresentano purtroppo anche elementi di criticità della ricerca per la mancanza di dettaglio delle proposte progettuali e per il mancato coinvolgimento di utenti non pratici nell'uso delle tecnologie digitali. Punti di forza tuttavia risiedono nella possibilità di presentare originali e realistici 'scenari verdi' per stimolare il dibattito pubblico, nello sviluppo e nella sperimentazione di applicazioni mobili di realtà aumentata per la pianificazione urbana e nell'aprire la strada alla elaborazione di ulteriori ipotesi di rigenerazione dell'area.

Il Seil di Amman: contesto e storia | Il Seil di Amman, che si estende per circa 6 km tra i distretti di Ras al-Ein e Al-Mahatta, fa parte di un affluente che alimenta il secondo fiume più grande della Giordania, il Zarqa (Jarrah, 2005), ed è alimentato sia da sorgenti sia da acque piovane prevalentemente nelle stagioni delle piogge. Il continuo prelievo di acqua dalle sue sorgenti (Ababsa, 2014) ha prodotto nel tempo un drastico abbassamento dei livelli delle falde acquifere e dello stesso Seil con conseguente sfruttamento delle aree rimaste libere. Questo importante fiume è stato colonizzato fin dalla preistoria e ha rappresentato un'arteria vitale per le civiltà autoctone fino all'età moderna, quando Amman è divenuta capitale del neonato Emirato di Transgiordania nel 1921. Il Seil irrigava rigogliosi spazi verdi ed era circondato da fertili frutteti e spazi per il tempo libero all'aperto (Munif, 1996; Fig. 1); per questi motivi il fiume è rimasto fortemente radicato nella memoria collettiva come fonte di vita, di gioia e abbondanza ma anche come fonte di pericolo per le inondazioni.

Mentre Amman si espandeva, le inondazioni e l'inquinamento del Seil diventavano sempre più problematici; così, nel 1964 l'Amministrazione comunale ha deciso di regimentare le acque realizzando un canale di cemento e un importante asse stradale per decongestionare il traffico veicolare, utilizzando i nuovi terreni per usi culturali e pubblici dei quali una capitale in crescita aveva bisogno (Gharaibeh, Al.Zu'bi and Abuhassan, 2019). Sebbene il Piano urbanistico del 1955 prevedesse aree a verde e viali pedonali, relegando le zone di espansione edilizia alle colline della città, poco è stato realizzato in tal senso (Abu-Dayyeh, 2004) mentre l'interramento del Seil è stato percepito come un segno di modernità dell'epoca. I successivi Piani del 1978 e del 1987 sono stati redatti in periodi caratterizzati da flussi migratori e crisi economica, eventi che hanno assorbito l'attenzione dell'Amministrazione e hanno fatto dimenticare il Seil.

Solo all'epoca del boom economico dei primi anni 2000, la rigenerazione urbana promossa dallo Stato ha riportato all'attenzione l'area di Wadi Amman che è una estensione del Seil. La memoria del Seil è allora riemersa, ispirando con nostalgia romantica le proposte progettuali e la letteratura sulla città (Daher, 2013). Sebbene il Masterplan del 2008 abbia incluso azioni di tutela dei corridoi del patrimonio naturale, la protezione del Seil è passata in secondo piano, oscurata da nuove più urgenti e priorità (Gharaibeh, Al.Zu'bi and Abuhassan, 2019).

La questione del Seil è ritornata di attualità anche nel dibattito sulla pianificazione nel 2015 a causa delle eccessive inondazioni che, ripetutesi anche nel 2018 e nel 2019, hanno causato ingenti danni (The Jordan Times, 2019). Le frequenti inondazioni, dovute all'eccessiva urbanizzazione e ai cambiamenti climatici, e la scarsa disponibilità d'acqua in Giordania (Jarrah, 2005) hanno attivato la ricerca internazionale e promosso diversi progetti; tra questi, la proposta ispiratrice di Qanat di trasformare il centro di Amman in una rete di raccolta idrica come parte della Urbanistica dell'Acqua, avanzata dall'Amman Urban Design Studio della Columbia University nel 2017 (Columbia GSAPP, 2017), la ricerca Stream Daylighting condotta presso l'Università di Waterloo nel 2015 (Khirfan, 2018) e numerose tesi di laurea in architettura.

Recupero dei fiumi urbani e pianificazione dei sistemi di gestione delle inondazioni: approcci e buone pratiche | Dall'analisi dei media e dalla revisione della letteratura sul Seil emergono una serie di criticità: rischio di inondazione, degrado ambientale (qualità e quantità delle acque sotterranee), degrado del verde urbano, perdita di una componente importante del patrimonio naturale della città e crollo dei valori immobiliari nelle aree soggette a inondazioni. Questi problemi non riguardano solo la Giordania poiché i Paesi di tutto il mondo soffrono degli effetti dell'aumento del cambiamento climatico e dell'urbanizzazione. Due Obiettivi del Programma delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Sostenibile (UN – General Assembly, 2015) affrontano questi problemi e ispirano la presente ricerca, in particolare, l'Obiettivo 11 – Città e Comunità Sostenibili e l'Obiettivo 13 – Azione per il Clima. A partire dagli anni '80, la necessità di una gestione sostenibile del drenaggio urbano e del contenimento delle inondazioni è emersa in diversi contesti; in risposta sono state quindi sviluppate soluzioni come i sistemi di drenaggio urbano sostenibile, linee guida per uno sviluppo a basso impatto, buone pratiche di gestione, infrastrutture verdi e il Water Sensitive Urban Design (WSUD). Gli approcci si differenziano per l'attenzione al ripristino del deflusso delle acque al periodo pre-sviluppo, all'inquinamento, all'integrazione di diversi elementi paesaggistici e alla definizione di norme e linee guida nazionali (Benedict and McMahon, 2006; Fletcher et alii, 2015).

L'obiettivo dei sistemi di gestione sostenibili delle acque piovane è quello di contenere le inondazioni, valorizzare le sorgenti idriche locali, rendendole resilienti, facili da gestire ed energeticamente sostenibili, e realizzare al contem-



Fig. 1 | An aerial view of the Seil of Amman in 1932 looking over the downtown and towards Ras al-Ein on the upper right (credit: American Colony, Photo Department, Photographer, 1932).

po spazi naturali attraenti. Il sistema utilizza componenti con funzioni diverse e agisce a differenti scale, comprendendo: le bioswales che raccolgono e filtrano le acque superficiali; le pavimentazioni permeabili; le zone umide, formate da depressioni in terreni che fungono da bacini di contenimento dell'acqua piovana a sostegno di un'ecologia diversificata; habitat ripariali che favoriscono il filtraggio degli inquinanti; bacini di contenimento che riducono i picchi di scarico nelle reti di drenaggio e possono trattenere l'acqua per irrigare, in periodi di siccità, il verde del paesaggio (Novotny, Ahern and Brown, 2010; Alves et alii, 2020). D'altra parte gli interventi sostenibili richiedono importanti investimenti in infrastrutture, un coinvolgimento della politica nella redazione di regolamenti per l'implementazione di pratiche sostenibili e l'applicazione di programmi partecipativi, tutte misure che richiedono quindi impegno e risorse finanziarie spesso assenti in contesti poco sviluppati (Guo, 2017).

Costruire una visione: gli scenari | All'interno di questo contesto culturale, la presente ricerca propone due scenari di rigenerazione del Seil che si differenziano per portata, approccio e obiettivi, elaborati sulla base della morfologia e caratteristiche del sito, delle dinamiche delle inondazioni, dei requisiti infrastrutturali, delle esigenze e delle potenzialità urbane. L'analisi delle esigenze e dei requisiti del caso studio ha individuato sette obiettivi primari: 1) gestione delle acque piovane e contenimento delle inondazioni; 2) far rivivere la memoria del Seil e del suo patrimonio naturale; 3) offrire alla città uno spazio verde aperto con bacini idrici pubblici; 4) offrire aree ricreative e parchi giochi; 5) migliorare la qualità della vita degli abitanti di Amman; 6) migliorare l'equilibrio ecologico alimentando le falde acquifere e la biodiversità e favorendo il raffrescamento dell'aria; 7) attivare sviluppo e ripresa economica per le imprese locali, au-

mentare i valori immobiliari, ridurre i costi dell'approvvigionamento idrico ed energetico e impedire eventuali danni derivabili da future inondazioni (Novotny, Ahern and Brown, 2010).

Gli scenari implementano diverse misure a seconda dell'approccio 'verde/blu' o 'grigio', utilizzando una combinazione di misure 'grigie' – come l'uso di canali di scolo e canalizzazioni per agevolare la capacità di trasporto delle acque, l'uso di bacini coperti per il loro contenimento e dighe con dispositivi di filtraggio e di aerazione – e di misure 'verdi' come bacini a cielo aperto, aree ripariali e paesaggistiche ma anche zone a uso collettivo per la socializzazione e lo svago (Alves et alii, 2020). Questo approccio 'verde' viene sperimentato nell'area di Ras al-Ein (Fig. 2) individuata come luogo tipo grazie alla sua posizione critica a monte del centro città, alla prevalenza di terreni di proprietà comunale e all'alta percentuale di aree non edificate. Due gli scenari proposti che si differenziano per la visione e gli approcci nonché per l'estensione dell'intervento e gli obiettivi prefissati.

Scenario 1 (2030) – Progetto dei bacini di acqua piovana Ras al-Ein (Fig. 3): il primo scenario presenta una visione realistica e a breve termine in un'area completamente edificata. Adotta misure di controllo delle acque piovane (Novotny, Ahern and Brown, 2010; Guo, 2017) e si concentra sul contenimento del rischio di alluvione nel centro di Amman, interrompendo il flusso delle acque piovane e trattenendole in serbatoi sotterranei nelle aree disponibili di proprietà comunale. La proposta si basa sull'impiego delle tradizionali infrastrutture grigie sotto forma di serbatoi d'acqua coperti in cemento per captare parte del flusso di acqua piovana. Si tratta di una soluzione più economica nel breve periodo e la cui efficacia è condizionata dalla quantità di acqua piovana, generata dai cambiamenti climatici, e dall'urbanizzazione. Inoltre non soddisfa gli obiettivi ecologici, sociali e di rigenerazione urbana discussi.

Scenario 2 (2050) – Seil Amman Park (Fig. 4): il secondo scenario è un ambizioso progetto di lungo periodo che interessa le generazioni future, segue i principi dei sistemi di drenaggio sostenibili e si basa su approcci verde/blu con l'obiettivo di rigenerare l'area Ras al-Ein Seil come componente rinaturalizzata dell'ecosistema Seil, demolendo in modo graduale parte dell'edilizia e sostituendola con grandi bacini di detenzione e di filtraggio delle acque e con rigogliose aree ripariali e a verde attrezzato. La maggior parte dei bacini alimenta le falde freatiche e favorisce il raffrescamento dell'aria attraverso l'evaporazione. Nel centro congestionato della città è previsto uno ampio spazio a verde con giochi d'acqua per stimolare la rigenerazione dei quartieri circostanti. Il nodo stradale all'estremità orientale dell'area viene mantenuto per consentire l'accesso degli utenti con i mezzi pubblici.

Lo sviluppo della applicazione The Seil of Amman AR mobile | I sistemi di realtà aumentata (AR), che hanno già ottenuto un'ampia applicazione in campo militare e medico, nell'istruzione e nella conservazione del patrimonio (Billinghurst et alii, 2015; Reaver, 2019), consentono la visualizzazione, in uno spazio tridimensionale, di oggetti e informazioni reali e virtuali con cui gli utenti possono interagire in tempo reale (Redondo Domínguez et alii, 2017). I requisiti hardware per i sistemi AR sono: 1) una videocamera per catturare immagini dal vivo; 2) uno spazio di archiviazione degli oggetti virtuali; 3) un potente processore per comporre oggetti virtuali realistici e visualizzare un ambiente simulato in 3D in tempo reale; 4) un'interfaccia che permetta all'utente di interagire sia con gli oggetti reali che con quelli virtuali (Bower et alii, 2014). Le tecnologie presenti nei dispositivi mobili forniscono questi requisiti, in modo più accessibile ed economico rispetto agli AR Head-Mounted Displays (HMD) sviluppati da diversi produttori come Microsoft HoloLens, Google Glass e Vuzix (Boulos et alii 2017).

In relazione ai requisiti software per i sistemi AR mobili, si rileva che la maggior parte dei dispositivi mobili in commercio utilizza uno dei due principali sistemi operativi, Android o iOS. Per Apple iOS, l'uso delle funzionalità di ARKit (l'AR Software Development Kit di Apple) richiede un telefono o un tablet con un processore Apple A9 o successivo e una versione del sistema operativo non inferiore alla 11.0 (presente su iPhone SE, iPhone 6s e superiore), mentre per i dispositivi Android l'uso delle funzionalità ARCore (la piattaforma AR di Google) richiede almeno la versione 7.0 (API 24).

Per lo sviluppo della Seil of Amman AR Application ci si è avvalsi della AR Foundation, che impiega sia ARCore che ARKit e supporta lo sviluppo di applicazioni AR per una vasta gamma di dispositivi. Il motore real-time utilizzato per lo sviluppo della Seil of Amman MAR Application è Unity 3D in quanto consente uno sviluppo multipiattaforma (Android, iOS, Linux, Windows, ecc.), utilizza un linguaggio di scripting per gli oggetti (C#) e offre una grande flessibilità nella personalizzazione delle interfacce utente e una ricca libreria di risorse, materiali e texture gratuite.

Funzionalità dell'applicazione ed esperienza AR offerta

La Seil of Amman MAR Application è strutturata in 3 sezioni principali: un Audio-Visual Book introduttivo (Figg. 5, 6), un AR Scenarios 3D Model (Figg. 7-9) e una sezione Sondaggio per raccogliere i feedback degli utenti. La sezione introduttiva dell'Audio-Visual Book introduce l'utente al contesto del progetto, alla sua storia, alle criticità e ai possibili scenari di rigenerazione dell'area. L'AR Scenarios 3D Model utilizza la funzionalità di rilevamento del framework dell'AR per creare un'esperienza in realtà aumentata senza marker. Quando il dispositivo mobile rileva una superficie orizzontale, l'utente può avviare l'esperienza AR e generare il modello 3D virtuale del progetto. Il modello interattivo include pulsanti AR che possono essere attivati attraverso il touch screen del dispositivo mobile. La scena AR ha poi due tab principali: la Views a 360 gradi che consente la visualizzazione di immagini renderizzate delle aree chiave del modello (Figg. 10, 11) e la Information che sblocca i diversi livelli interattivi tramite i pulsanti della Unity's User Interface.

I modelli 3D dei possibili scenari sono stati ottimizzati ed esportati dal software Autodesk Revit con numero minimo di poligoni e poi importati in Unity per aggiungere materiali con texture compresse al fine di preservare le prestazioni dei dispositivi mobili ed evitare il surriscaldamento dovuto al sovraccarico della CPU nel calcolo e nell'elaborazione delle immagini. L'ultima sezione dell'applicazione è il link a una pagina online che consente di compilare un questionario, creato con Google Forms, per raccogliere i feedback degli utenti su quattro argomenti principali: le caratteristiche degli intervistati, il gradimento degli scenari di sviluppo, la funzionalità dell'applicazione e la facilità d'uso della tecnologia AR. Le domande sono strutturate con selezione delle categorie mentre le risposte, misurabili attraverso la scala Likert, sono del tipo aperte e a scelta multipla.

Sperimentazione dell'applicazione MAR

L'applicazione è stata resa disponibile online per entrambe le piattaforme iOS e Android (Fig. 13), pubblicizzata sui social-media per una settimana nel settembre 2020 e ulteriormente diffusa tramite il passaparola. Un campione di 40 intervistati, le cui risposte sono disponibili online (Fig. 13), ha partecipato alla valutazione dell'applicazione: il campione è composto per l'80% da donne e per il 20% da uomini mentre la maggioranza degli intervistati (37,5%) è compresa nella fascia d'età tra i 35 e i 44 anni (Fig. 14). I più anziani, che non sono apparsi reattivi durante le prime fasi del sondaggio, sono stati assistiti nell'uso dell'applicazione poiché la loro partecipazione al sondaggio è stata ritenuta importante anche in relazione alla conoscenza che hanno della città. Il li-

vello di istruzione degli intervistati è risultato variabile: il 45% sono laureandi mentre il 52% è in possesso di una laurea; la maggioranza dei laureati (53%) si occupa di architettura e pianificazione urbana, ma è presente anche un campione che lavora in altri settori (ingegneria elettronica, medicina, ecologia, chimica e storia) e diversi pensionati. I dispositivi mobili utilizzano i sistemi operativi iOS (79%) e Android (21%), mentre i modelli degli smartphone più vecchi sono rispettivamente iPhone 7 e Samsung Galaxy S8+.

Dal sondaggio è poi emerso che tra i sette

obiettivi del progetto descritti in precedenza quelli che hanno ottenuto il punteggio più alto sono 'offrire alla città spazi a verde e giochi d'acqua', 'contenere le inondazioni' e 'migliorare la qualità della vita'. L'obiettivo che ha raccolto il minor interesse è 'fa rivivere la memoria del Seil'. Queste preferenze sono state confermate quando è stato chiesto agli intervistati di selezionare un obiettivo di massima priorità e i citati obiettivi hanno ottenuto nell'ordine il 40%, il 27,5% e il 15% di preferenze. Rispetto poi allo scenario preferito, la maggioranza (75%) ha indicato quello che prevede la realizzazione

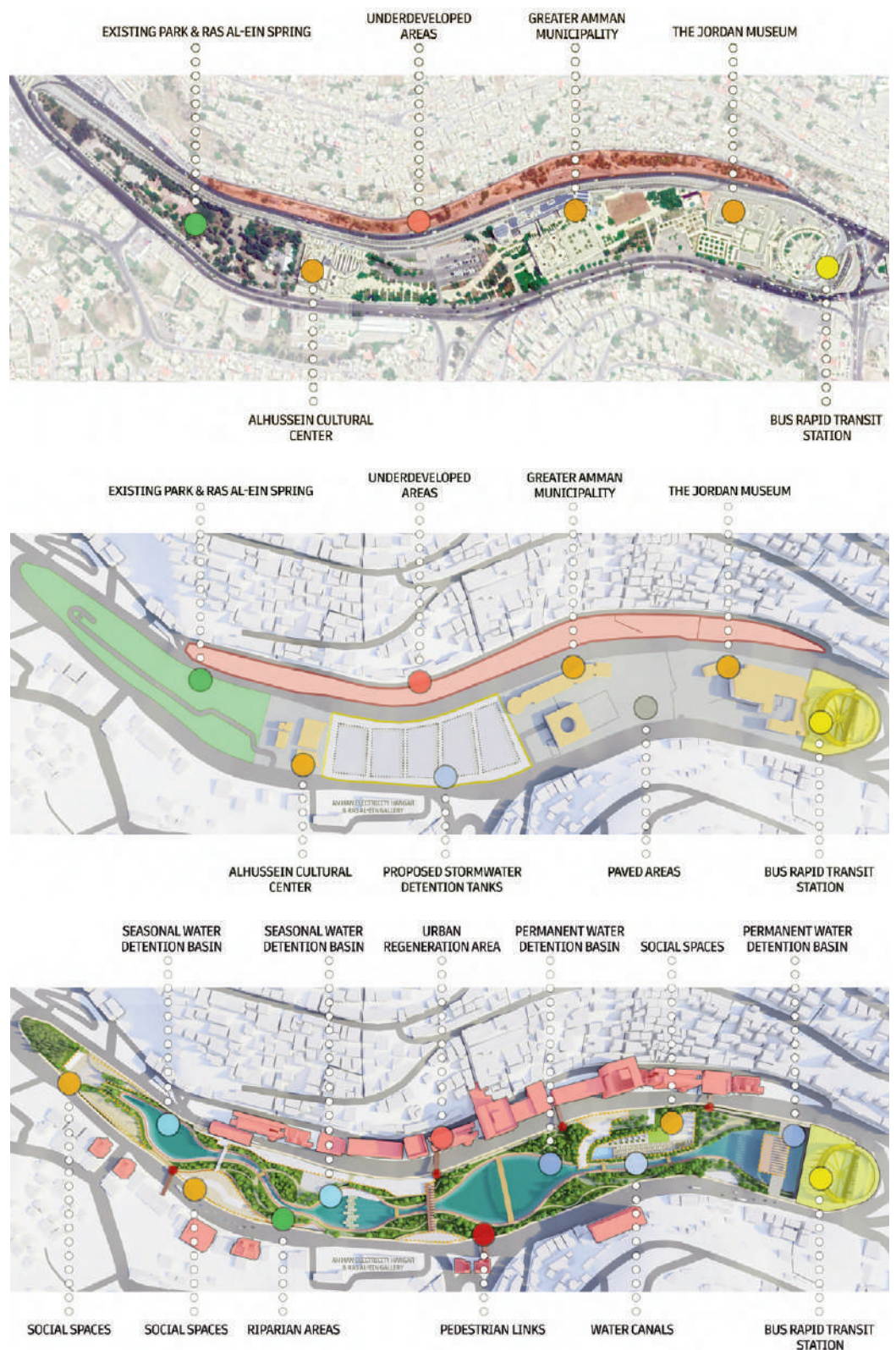


Fig. 2 | The current context of Ras al-Ein area (credit: edited GoogleEarth, 2020).

Fig. 3 | Masterplan for Scenario 1 (2030) – Ras al-Ein Stormwater Reservoirs Project.

Fig. 4 | Masterplan for Scenario 2 (2050) – Seil Amman Park.



Figg. 5, 6 | Pages from The Seil's History Audio-Visual Book section: View of the floods; Stormwater management approaches.

del Seil Amman Park, mentre il 7,5% ha suggerito un terzo scenario come combinazione dei due proposti (Fig. 14). Le maggiori criticità rilevate dagli intervistati per l'attuazione del progetto sono state classificate come: 1) 'bassa priorità per soluzioni urbane orientate all'ecologia' e 'mancanza di supporto dei legislatori'; 2) 'costo'; 3) 'manutenzione e sostenibilità del progetto'.

In relazione all'applicazione, la maggioranza degli utenti (92%) riferisce di essere soddisfatta, mentre i problemi segnalati riguardano la funzionalità dei componenti, il surriscaldamento del dispositivo, le difficoltà di installazione dell'applicazione e la trasferibilità del progetto e del layout tra diversi formati di immagine. Il 60% degli intervistati dichiara che l'applicazione è facile da usare (con un punteggio di 4 e 5 su scala Likert). Le componenti dell'applicazione giudicate più piacevoli sono la vista a 360 gradi e la realtà aumentata, raggiungendo rispettivamente il 60% e il 50% di gradimento degli utenti. Nel complesso l'esperienza dell'applicazione è stata giudicata positiva e il 75% degli intervistati riferisce che migliora la percezione degli scenari proposti. Il 95% degli intervistati concorda che utilizzerebbe tale applicazione per valutare gli scenari futuri della città.

Conclusioni | I risultati del sondaggio mostrano che l'utilizzo di un'applicazione AR per valutare potenziali progetti di sviluppo e rigenerazione urbana è gradita e che può essere uno strumento di partecipazione pubblica e di voto. L'uso di modelli 3D immersivi ha semplificato le componenti complesse per utenti non esperti di età diverse, soprattutto per le fasce d'età più avanzate. La ricerca ha rivelato un gap generazionale nell'utilizzo di dispositivi mobili: infatti, l'applicazione è stata ritenuta relativamente facile da usare per gli intervistati di età inferiore ai 45 anni, mentre le generazioni più anziane hanno richiesto assistenza e una breve spiegazione del progetto e della tecnologia AR. In termini di utilizzo dei dispositivi mobili, è stata osservata una prevalenza di utenti iOS; è emerso anche che questi dispositivi hanno una fluidità d'immagine maggiore quando si eseguono le scene AR sebbene siano più sensibili alla luce e al rilevamento del piano, fattori che

si traducono in una maggiore difficoltà nella riproduzione del modello.

La maggior parte degli intervistati ha votato lo scenario più sostenibile del Seil Park e ha mostrato una predisposizione verso simili progetti di sviluppo della città, esplicitando così il bisogno di spazi verdi in città e di contenere gli effetti dannosi delle inondazioni. Gli intervistati più anziani hanno scelto lo scenario più realistico a causa delle preoccupazioni sui costi e hanno suggerito un approccio graduale per l'attuazione del progetto. Il feedback qualitativo del sondaggio ha mostrato che gli intervistati desidererebbero comunque un cambiamento nella città, avendo visto soluzioni alternative e realizzabili.

Dopo aver esplorato le potenzialità delle applicazioni MAR e la prima reazione degli intervistati in questo studio pilota, la ricerca apre ulteriori spazi di esplorazione: seguiranno uno studio più approfondito degli aspetti tecnici delle proposte e discussioni più approfondite con il Comune e gli stakeholders. Il feedback sulla funzionalità dell'applicazione incentiva anche lo sviluppo di uno strumento più coinvolgente e accessibile. Il successo di questo progetto pilota visionario potrebbe quindi aprire la strada a potenziali realtà più verdi e più inclusive per la città di Amman.

The Seil of Amman – the main water stream of the capital of Jordan – has attracted human settlers since the Neolithic Age and shaped the development of the city, holding a vibrant memory of lush greenery and fertile landscape in the psyche of the Ammanis. However, as the case in numerous modernizing cities in the world, and due to threats of seasonal flooding, the Seil was entombed in a culvert under a major road starting 1964. Due to the extraordinary fast growth rate of the city and competing priorities, longer stretches of the dwindling water stream were covered, despite the opposition of numerous voices calling for the revival of this crucial natural component as a green space in the congested city and a place of social memory and belonging.

Recent extreme floods brought the Seil

back into the news, resulting in conflicting studies and infrastructural remedies. Despite the environmentally sustainable guidelines laid out in the latest Masterplan for the city, the immediate solutions remain traditional and unsustainable in their nature, relying on maintenance and expansion of grey infrastructure. Visioning change remains a challenge. The main goal of this research is to develop a tool to facilitate the presentation of alternative green visions for the Seil to the people of Amman, by immersing them in digital 3D representations of conceptual masterplans using innovative Augmented Reality technologies. This pilot experiment forms a first step in challenging the status quo of municipal practices and planting the seeds of a paradigmatic shift in the visions and expectations that the people of Amman have for their city.

Methodology: visions for a sustainable future using Augmented Reality | Given the global move towards Smart Cities and the reconfirmed need for digital innovation in the post-Covid-19 New Normal, the research employs augmented reality as a component of enabling technologies of Industry 4.0 that can offer new ways of experiencing our cities and making informed decisions for sustainable future development. This research develops a purpose-built mobile augmented reality application (Portman, Natapov and Fisher-Gewirtzman, 2015) – a relatively new tool with a promising future and as part of a bigger research project – to initiate and test public engagement, and visualize two original realistic scenarios as props for feedback (Thompson, 2015).

The scenarios are conceived based on foresight methodologies, by producing prescriptive and creative visioning, and strategic scenario building, through an analytical overview and understanding of the context and required disciplines (Szpilko, 2020): the Seil of Amman is examined by performing a media analysis and literature review focusing on its physical and ecological attributes and significance to the hydrological system; its historical and socio-cultural importance to the narrative of the city; the visions that sequential masterplans for the city had on the canalization and roofing of the Seil,

and contemporary attempts to bring it back; as well as the drastic impact of recent floods on its surroundings. The research then proceeds to derive a future vision from the state of the art analysis of sustainable approaches, with the priorities of resolving flooding, improving the hydrological and ecological balance, providing green open space, reducing water and energy bills, and activating urban regeneration.

The proposed scenarios are conceptualized and schematically designed, built as 3D models, then presented through an AR application, which uses multiple digital modes of visualization, and allows multiple stakeholders to experience the city and its Seil in ways that were not possible before. A semi-structured questionnaire registers the participants' reactions and feedback regarding the scenarios and the AR application. The novelty and cross-disciplinarity of this research project pose limitations in terms of the detail of design proposals, extent of public engagement and exclusion of groups not accustomed to the use of digital technologies. Its significance lies, however, in presenting original green visions for public discourse, developing and testing mobile augmented reality application for urban design, and paving the road for further research.

Seil of Amman: context and history | The Seil of Amman, conventionally known to stretch approximately 6 km between the districts of Ras al-Ein and Al-Mahatta, forms part of a tributary feeding second largest river in Jordan – Zarqa River (Jarrah, 2005). The Seil draws its water from fresh springs in addition to stormwater in rainy seasons. Heavy water extraction from its springs (Ababsa, 2014) led to a dramatic drop in groundwater levels and increased drying out of the Seil. The Seil of Amman has been settled since prehistoric times and continued to be a lifeline of civilizations well into the modern ages, as Amman re-emerged as the capital of the newly formed Emirate of Transjordan in 1921. The Seil nurtured vibrant green spaces and was surrounded by fertile orchards, spaces for picnics, and barbeque restaurants (Munif, 1996; Fig. 1). This strongly rooted it in the social psyche as the dynamic water stream of Amman, its source of joy and abundance, but also the danger of the flood.

As Amman transformed into a city, the Seil's flooding and pollution became more problematic. The Municipality of Amman decided in 1964 to entomb it in a concrete culvert that would serve as a main road to alleviate traffic congestion and claim new land for cultural and municipal purposes suitable for a growing capital (Gharaibeh, Al.Zu'bi and Abuhassan, 2019). Although the City Masterplan of 1955 suggested

leaving the streambeds as green fingers and parkways while limiting urban build-up zones to the hilltops of the city, this goal did not materialize (Abu-Dayyeh, 2004), and the roofing of the Seil was seen at the time as a herald of modernity. Subsequent masterplans of 1978 and 1987 came at times of influx of refugees and economic crisis; the concern was to provide for a well-functioning city, and the Seil was forgotten.

It was only at the time of economic boom of the early 2000s that State led urban regeneration brought the area of Wadi Amman – the extension of the Seil – to attention. The memo-

ry of the Seil emerged again, as a romantic nostalgia guiding design proposals and literature on the urban realm (Daher, 2013). Although the Masterplan for the city of Amman for the year 2008 reinforced the concept of the protection of natural heritage corridors, these concepts remain weakly developed, and the protection of the Seil was overshadowed by more pressing priorities (Gharaibeh, Al.Zu'bi and Abuhassan, 2019).

The Seil re-emerged in public and planning discourses in 2015 as a result of excessive flooding, which recurred in 2018 and 2019 caus-

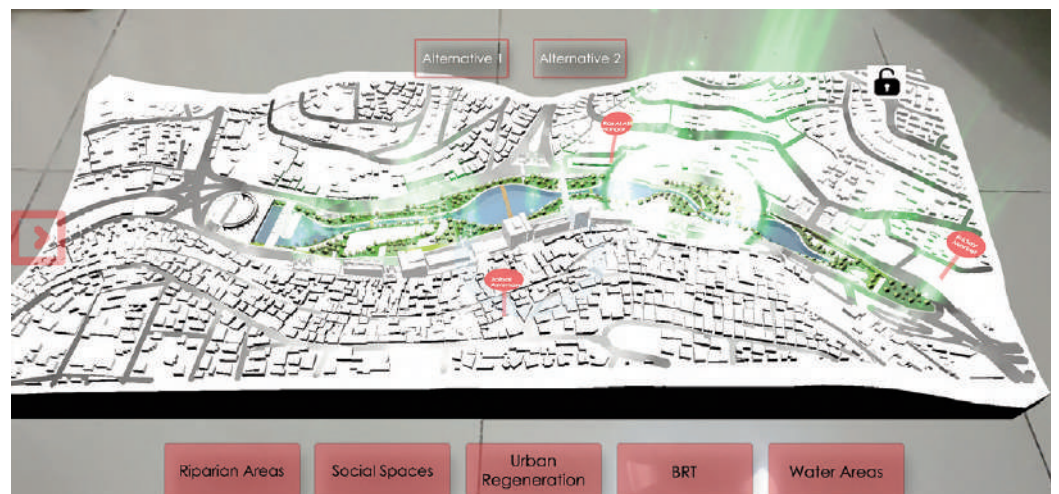
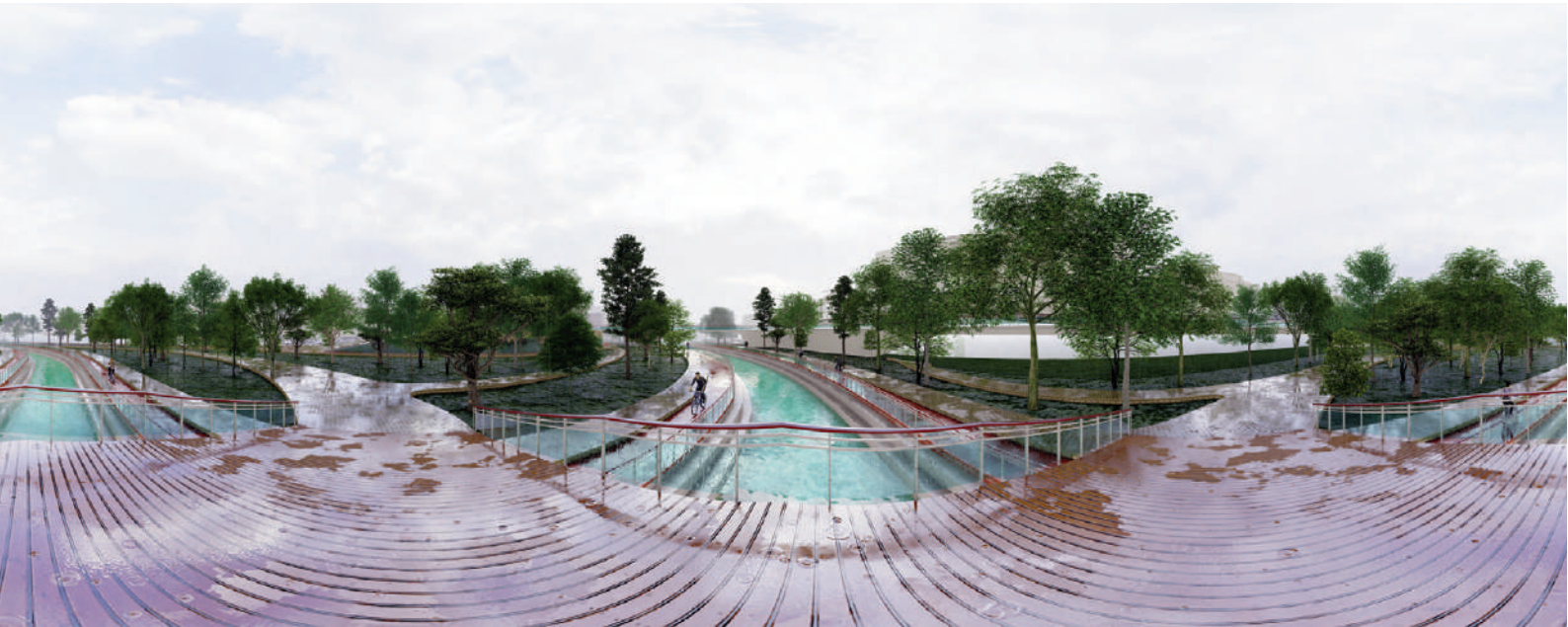


Fig. 7 | Screenshot from The Seil of Amman AR Application – AR 3D Model for the second scenario with the 360 views tab activated.

Fig. 8 | Screenshot from The Seil of Amman AR Application – AR 3D Model for the second scenario with the information tab activated and the 'Riparian Areas' layer selected.

Fig. 9 | Zooming into the AR 3D Model for the second scenario.



ing damages to real estate and properties (The Jordan Times, 2019). Frequent flooding due to high urbanization and climate change coupled with the severe water scarcity in Jordan (Jarrah, 2005) inspired international research and urban design projects, such as: the inspirational Qanat proposal to turn downtown Amman into a water harvesting network as part of the 2017 Water Urbanism – Amman Urban Design Studio at Columbia University (Columbia GSAPP, 2017); Stream Daylighting research conducted at the University of Waterloo in 2015 (Khirfan et alii, 2020); and numerous architectural graduation projects.

Restoring urban rivers and planning flood management systems: approaches and best practices

According to media analysis and literature review, the problems associated with the current condition of the Seil could be summed as: flood risk, degradation of environmental quality (quality and quantity of groundwater), degradation of the quality of green urban space, disappearance of an important component of the natural heritage of the city, and degradation of real-estate values in flood-prone areas. These problems are not unique to Jordan, as countries worldwide suffer from the effects of increased climate change and urbanization. Two Sustainable Development Goals 2030 (UN – General Assembly, 2015) address these issues and inspire this research, namely Goal 11 – Sustainable Cities and Communities, and Goal 13 – Climate Action. Since the 1980s, the necessity of sustainable management of urban drainage and flood mitigation emerged as different frameworks such as Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS); Low Impact Development, Best Management Practices and Green Infrastructure (LID, BMP and GI); and Water Sensitive Urban Design (WSUD). The approaches differ in their focus on retaining the pre-development run-off, pollution, integration of diverse landscape elements, and formalization via legislation and national guidelines (Benedict and McMahon, 2006; Fletcher et alii, 2015).

The goal of sustainable stormwater management systems, such as SUDS, is to mitigate flooding and recharge the water sources on-site, in a manner that is resilient, easy to manage and requires little energy input, while providing attractive natural spaces. The system uses components of different functions and scales, such as bioswales that aim to collect and aid the infiltration of rainwater; permeable paving materials; wetlands, formed by depressions in the land which serve as stormwater detention basins supporting a diverse ecology, and can be supplemented by rain gardens which consist of riparian habitats that support the filtration

of pollutants; detention basins that reduce peak discharge into drainage networks, and could be designed to either retain water permanently to support green landscape elements, dry as part of a hardscape composition, or concealed under other urban elements (Novotny, Ahern and Brown, 2010; Alves et alii, 2020). On the other hand, sustainable interventions require a major investment in infrastructure, political support to enable regulations for the implementation of sustainable practices, and application of participatory programs. These measures require dedication and financial resources that could be lacking in underdeveloped contexts (Guo, 2017).

Building a vision: masterplan scenarios | This research proposes two masterplan scenarios as props for public engagement, differing in their scope, approach and objectives; while considering site morphology and characteristics, flood dynamics, infrastructure requirements, and urban needs and potentials. Media analysis of the case study's needs and requirements identified seven primary objectives: 1) Stormwater management and flood mitigation; 2) Reviving the memory of the Seil and its natural heritage; 3) Offering green open space to the city, that would contain public water features; 4) Offering recreational areas and playgrounds; 5) Improving the quality of life for the Ammanis; 6) Improving ecological balance by improving groundwater recharge and air cooling, as well as increasing biodiversity; 7) Providing economic and financial benefits through activating surrounding businesses, increasing real-estate values, reducing water and energy bills, as well as eliminating flood-related damages (Novotny, Ahern and Brown, 2010).

The scenarios implemented different measures according to the 'green/blue' or 'grey' approaches using a combination of grey measures such as the use of culverts and pipes to enhance conveyance capacity, and use of covered water detention basins; and green measures such as open water storage and infiltration detention basins; water infrastructure components such as weirs, inlet and outlet components, filtering and aeration devices; riparian and landscape areas; in addition to social utilities and activities areas (Alves et alii, 2020). A green approach necessitates proposing the concept as part of a citywide stormwater management network, and Ras al-Ein area (Fig. 2) is chosen as a prototype for the implementation of the concept due to its critical location upstream of the flood-prone downtown, the prevalence of municipal-owned land, and a high percentage of empty plots. The concept is developed in two masterplan scenarios, which differ in their vision and approaches, as well as implementation extent and objective fulfillment.

Scenario 1 (2030) – Ras al-Ein Stormwater Reservoirs Project (Fig. 3): the first scenario presents a realistic and short-term vision in a fully built-up area. It adopts the Stormwater Control Measures approach (Novotny, Ahern and Brown, 2010; Guo, 2017) and focuses on mitigating flood threat in downtown Amman by disconnecting the flow of stormwater and detaining it in underground tanks in available ar-

reas between the existing Municipal and Cultural buildings in Ras al-Ein area. This proposal relies on traditional grey infrastructure in the form of covered concrete water tanks, which would capture part of the stormwater overflow. This proposal offers a cheaper solution for a shorter period, as its sustainability would depend on the increasing stormwater quantities due to climate change and urban intensification. It also does not satisfy the ecological, social or regeneration objectives above.

Scenario 2 (2050) – Seil Amman Park (Fig. 4): the second scenario is an ambitious generational project, which follows the principles of Sustainable Drainage Systems (SuDS) and relies on green/blue approaches with the vision to bring back the Ras al-Ein Seil area as a re-naturalized component of the Seil eco-system. It aims to return the area to its natural state by the phased relocation of major buildings and replacing them with large detention and infiltration basins with rich riparian zones and communal areas. The detention basins would provide space for the temporary storage of high-event stormwater and year-round water ponds to support the riparian landscapes. The larger percentage of the ponds would be pervious to allow groundwater recharge and air cooling through evaporation. An attractive green space with much-needed water features in the congested heart of the city is envisioned to kick-start the regeneration of the surrounding neighbourhoods. The Bus Rapid Transit node at the eastern end of the area would be retained to empower public access.

Development of The Seil of Amman AR mobile application

AR systems allow real and virtual objects and information to coexist in the same space, provide real-time interaction and provide accurate three-dimensional registration of real and virtual objects (Redondo Domínguez et alii, 2017), and have already garnered wide application in military and medical fields, education and heritage conservation (Billinghurst, Clark and Lee, 2015; Reaver, 2019). The hardware requirements for AR systems are: 1) a video camera to capture live images; 2) significant storage space for virtual objects; 3) a powerful processor to either composite virtual and real objects or display a 3D-simulated environment in real-time; 4) an interface that allows the user to interact with both real and virtual objects (Bower et alii, 2014). Technological advancements in mobile handheld devices provide these requirements, in a more accessible and affordable manner than AR Head-Mounted Displays (HMD) developed by multiple manufacturers such as Microsoft HoloLens, Google Glass, and Vuzix (Boulos et alii, 2017).

As for the software requirements for mobile AR systems, most mobile devices today are run by one of two main mobile operating systems: Android or iOS. For Apple iOS, the use of ARKit features (Apple's AR Software Development Kit) requires a phone or tablet with an Apple A9 or later processor and a minimum iOS version 11.0 (iPhone SE, iPhone 6s and higher). As for Android devices, the use of ARCore features (Google's AR platform), requires Android version 7.0 (API 24).

Fig. 10 | 2D spread-out of the 360-degree views of the second scenario showing riparian areas.

Fig. 11 | 2D spread-out of the 360-degree views of the second scenario showing water canals and pedestrian and bicycle pathways.

Fig. 12 | 2D spread-out of the 360-degree views of the second scenario showing water canals and the surrounding urban context.

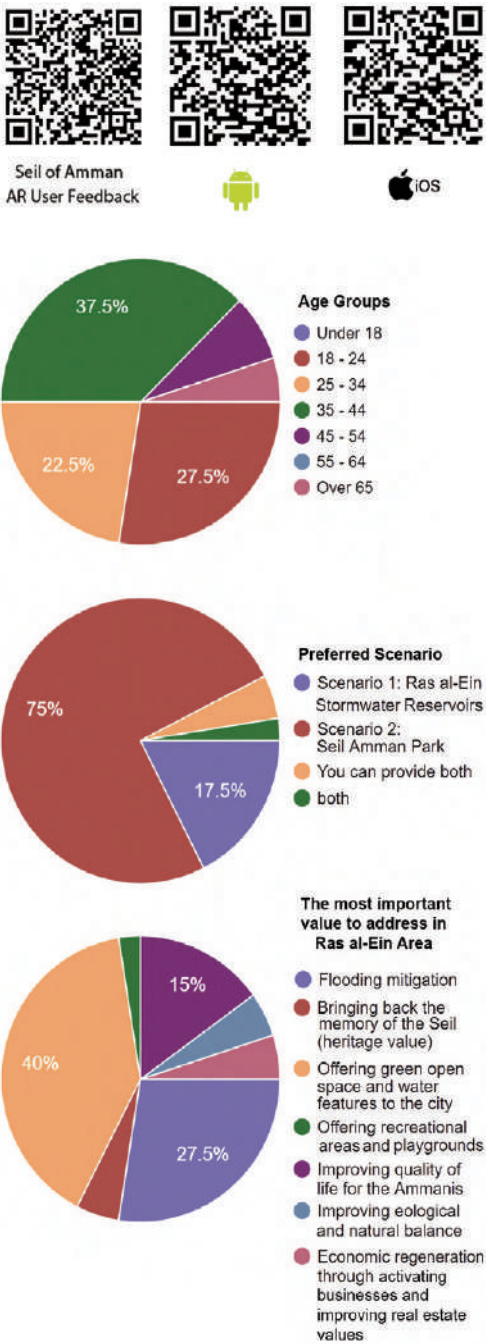


Fig. 13 | QR codes for the MAR applications for iOS and Android, as well as the survey results form.

Fig. 14 | Charts of survey results showing (top-down) age distribution, preference of scenario, and the most important values to address in the Ras al-Ein area.

For developing the Seil of Amman AR Application 'AR Foundation' was used, which combines both ARCore and ARKit, and supports developing marker-less AR experiences for a wide range of devices. The real-time development engine used for developing the Seil of Amman MAR Application was Unity 3D as it offers the possibility of cross-platform development (Android, iOS, Linux, Windows, etc.), uses an object-oriented scripting language (C#), and offers great flexibility in customization of user-interfaces as well as a rich library of free assets, materials, and textures.

Application functionalities and offered AR experience | The Seil of Amman MAR Appli-

cation consists of 3 main sections: an introductory Audio-Visual Book (Fig. 5, 6), the AR Scenarios 3D Model (Fig. 7-9), and the AR User Feedback Survey. The Introductory Audio-Visual Book section introduces the user to the project's context, its history, current problems, and possible solution scenarios. The AR Scenarios 3D Model utilizes the AR Foundation Framework's plane detection functionality to create a marker-less AR experience. Once the user's phone detects a horizontal surface, the user can initiate the AR experience and spawn the virtual 3D Model of the project. The interactive 3D Virtual model includes AR buttons that can be triggered through the mobile device's touch screen. The AR scene has two main tabs: The 360-degree Views Tab, which includes 360-degree rendered images of key areas in the model (Fig. 10, 11), and the Information Tab which unlocks multiple interactive layers that can be activated using Unity's User Interface (UI) Buttons.

3D models of the masterplans for scenario proposals were optimized and exported from the original CAD software (Autodesk Revit) as low-poly 3D models, then imported into Unity to add materials with compressed textures to preserve the performance of the users' mobile devices, and avoid overheating due to the CPU-intensive workload of computation and image processing. The last section of the application serves as a link to an online survey form created using Google Forms to collect users' feedback on four main topics: respondent characteristics, the development scenarios, the functionality of the application, and the overall use of AR technology. The questions incorporated categorical and interval selection, Likert scale measures, multiple-choice, as well as open-ended answers.

MAR application experiment | The application was released for both iOS and Android (Fig. 13) platforms via formal application stores and announced on social media platforms for a week in September 2020, and further propagated via word of mouth. The sample was not highly randomized as to be able to provide technical support as needed for this pilot experiment. A final sample of 40 respondents fully participated in the application. The responses are available online (Fig. 13). The sample consisted of 80% of females and 20% of males. The majority of respondents were in the age group 35-44 at 37.5% (Fig. 14). As older groups did not appear responsive during early surveying, they were purposefully sampled and assisted in the use of the application due to the importance of their participation and familiarity with the city. The level of education of respondents ranged between undergraduate at 45% and graduate at 52.5%; while occupation consisted of a majority relating to the fields of architecture and urban design at 55.3%, but also including a diverse sample of disciplines of electronic engineering, medicine, ecology, chemistry and history as well as retirees. The used mobile devices ranged between 79% for iOS devices with the oldest model at iPhone 7, and 21% for Android devices with the oldest model at Samsung Galaxy S8+.

The survey further inquired about the importance of the seven project objectives as detailed above and the objective scoring the highest mode was 'offering green open space and water features to the city', with 'flooding mitigation' and improving quality of life' almost equal and not far behind. The objective that garnered the lowest interest was 'bringing back the memory of the Seil'. These observations were somewhat replicated when respondents were asked to select one objective of highest priority, with 'offering green space' scoring highest at 40%, 'flooding mitigation' at 27.5%, and 'improving quality of life' at 15%. As for scenario preference, the majority agreed that the 'Seil Amman Park' was preferable at 75%, while 7.5% provided an independent answer suggesting combining both scenarios in a phased project (Fig. 14). Regarding the biggest perceived obstacle for the implementation of the project, the answers were ranked as: 1) 'low priority of ecologically oriented urban solutions' and 'support of decision-makers'; 2) 'cost'; 3) 'maintenance and project sustainability'.

Regarding the application and use of MAR components, the majority reported no problems at 92.5%, with the reported problems when present consisting of the functionality of the tabletop component, device overheating, installation difficulties and design and layout transferability between different aspect ratios. 60% of respondents stated that the application was easy to navigate (scoring 4 and 5 on the Likert scale, with 5 being the easiest). The most enjoyable component of the application was the 360s views at 60%, while the AR component came second at 50%. Overall, the experience of the application was positive, and 75% of respondents reported that it helped to get a better sense of the suggested scenarios. 95% of respondents agreed that they would use such an application for public voting for future developments in the city.

Conclusions | The outputs of this innovative visualization method showed very positive reaction towards the idea of an AR application to showcase potential urban development projects and a desire for its implementation as a means of public participation and voting. The use of immersive 3D models simplified complex components for non-professionals of different ages, especially of older age ranges. The research revealed a generational gap, whereby the application was deemed relatively easy to use for respondents under the age of 45, while older generations required assistance and a brief explanation of the project and the AR technology. In terms of use of mobile devices, a prevalence of iOS users was observed, it was also noted that iOS devices have a faster frame rate when running the AR scenes leading to a smoother experience, yet are more sensitive to light and plane detection leading to more difficulty in model spawning.

Most respondents selected the more sustainable scenario of Seil Park and showed a positive perspective towards exploring future development projects in the city in a similar manner. The reason behind this selection reflected the dire need for green space in the city

as well as flood mitigation. Older generation respondents persisted on choosing the more realistic scenario due to concerns about cost and suggested a phasing approach for project implementation. The qualitative feedback of the survey showed that respondents desired to see a change in the city after realizing that such solutions are possible.

Having explored the potentials of MAR applications and the primary reaction of the respondents in this pilot study, the research opens further avenues of exploration. It will be followed by a more detailed study of the technical aspects of the proposals, deeper discussions with the Municipality and relevant stakeholders, and more engagement with the citizens

of Amman to increase awareness and charge the political will. Primary feedback regarding the functionality of the application also allows for the development of a more immersive and accessible tool. The success of this visioning pilot project might lead the way for a potential greener and more inclusive realities for the city of Amman.

References

- Ababsa, M. (2014), "The Protection of Groundwater Reserves", in Ababsa, M. (ed.), *Atlas of Jordan – History, Territories and Society*, Presses de l'Ifpo, Beyrouth, pp. 431-432. [Online] Available at: books.openedition.org/ifpo/5061 [Accessed 3rd August 2020].
- Abu-Dayyeh, N. I. (2004), "Persisting Vision – Plans for a Modern Arab Capital, Amman, 1955-2002", in *Planning Perspectives*, vol. 19, issue 1, pp. 79-110. [Online] Available at: doi.org/10.1080/0266543042000177922 [Accessed 5 August 2020].
- Alves, A., Vojinovic, Z., Kapelan, Z., Sanchez, A. and Gersonius, B. (2020), "Exploring Trade-Offs among the Multiple Benefits of Green-Blue-Grey Infrastructure for Urban Flood Mitigation", in *Science of The Total Environment*, vol. 703, article 134980, pp. 1-14. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134980 [Accessed 18 August 2020].
- American Colony, Photo Department, Photographer (1932), *Air route to Baghdad via Amman and the desert. Amman. Distant view. Approaching town from the west above Amman valley*, Amman, Jordan. [Online] Available at: www.loc.gov/item/2019706712/ [Accessed 7 August 2020].
- Benedict, M. A. and McMahon, E. T. (2006), *Green Infrastructure – Linking Landscapes and Communities*, Island Press, Washington.
- Billinghurst, M., Clark, A. and Lee, G. (2015), "A Survey of Augmented Reality", in *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, vol. 8, issue 2-3, pp. 73-272, Now Publishers, USA. [Online] Available at: www.nowpublishers.com/article/Details/HCI-049 [Accessed 9 August 2020].
- Boulos, M. N. K., Lu, Z., Guerrero, P., Jennett, C. and Steed, A. (2017), "From urban planning and emergency training to Pokémon Go – Applications of virtual reality GIS (VRGIS) and augmented reality GIS (ARGIS) in personal, public and environmental health", in *International Journal of Health Geographics*, vol. 16, article 7, pp. 1-11. [Online] Available at: doi.org/10.1186/s12942-017-0081-0 [Accessed 7 August 2020].
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A. and Grover, D. (2014), "Augmented Reality in education – Cases, places and potentials", in *Educational Media International*, vol. 51, issue 1, pp. 1-15. [Online] Available at: doi.org/10.1080/09523987.2014.889400 [Accessed 9 August 2020].
- Columbia GSAPP (2017), *Water Urbanism – Amman – Global Cities & Climate Change Studio – Spring 2017*. [Online] Available at: www.arch.columbia.edu/books/reader/194-water-urbanism-amman#reader-anchor-0 [Accessed 6 August 2020].
- Daher, R. F. (2013), "Prelude – Understanding Cultural Change and Urban Transformations – Qualifying Amman – The City of Many Hats", in Ababsa, M. and Daher, R. (eds), *Cities, Urban Practices and Nation Building in Jordan | Villes, pratiques urbaines et construction nationale en Jordanie*, Presses de l'Ifpo, Beyrouth, pp. 65-89. [Online] Available at: books.openedition.org/ifpo/1725 [Accessed 4 November 2020].
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.-L., Mikkelsen, P. S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D. and Viklander, M. (2015), "SUDS, LID, BMPs, WSUD and More – The Evolution and Application of Terminology Surrounding Urban Drainage", in *Urban Water Journal*, vol. 12, issue 7, pp. 525-542. [Online] Available at: doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314 [Accessed 6 August 2020].
- Gharaibeh, A., Al.Zu'bi, E. M. and Abuhassan, L. B. (2019), "Amman (City of Waters) – Policy, Land Use, and Character Changes", in *Land*, vol. 8, issue 12, article 195, pp. 1-25. [Online] Available at: doi.org/10.3390/land8120195 [Accessed 4 November 2020].
- Guo, J. C. Y. (2017), *Urban Flood Mitigation and Stormwater Management*, CRC Press.
- Jarrah, A. (2005), *Assessing Runoff Potential for Water Harvesting Generation in Jordan*, University of Manchester.
- Khirfan, L., Mohtat, N., Pecka, M., Andrew, C. and Maa, L. (2020), "Dataset for assessing the scope and nature of global stream daylighting practices", in *Data in Brief*, vol. 33, article 106366, pp. 1-22. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.dib.2020.106366 [Accessed 3rd August 2020].
- Munif, A. al-R. (1996), *Story of a City – A Childhood in Amman*, Quartet Books Limited.
- Novotny, V., Ahern, J. and Brown, P. (2010), *Water Centric Sustainable Communities – Planning, Retrofitting, and Building the Next Urban Environment*, John Wiley & Sons.
- Portman, M. E., Natapov, A. and Fisher-Gewirtzman, D. (2015), "To Go Where No Man Has Gone before – Virtual Reality in Architecture, Landscape Architecture and Environmental Planning", in *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 54, pp. 376-384. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.05.001 [Accessed 11 August 2020].
- Reaver, K. (2019), "Tre casi studio sulla conservazione virtuale – Applicare la realtà virtuale al Patrimonio Culturale | Three Case Studies in Virtual Preservation – Applying Virtual Reality to Cultural Heritage", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 6, pp. 210-217. [Online] Available at doi.org/10.19229/2464-9309/6202019 [Accessed 8 August 2020].
- Redondo Domínguez, E., Fonseca Escudero, D., Sánchez Riera, A. and Navarro Delgado, I. (2017), "Educating Urban Designers using Augmented Reality and Mobile Learning Technologies | Formación de Urbanistas usando Realidad Aumentada y Tecnologías de Aprendizaje Móvil", in *RIED | Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, vol. 20, n. 2, pp. 141-165. [Online] Available at: doi.org/10.5944/ried.20.2.17675 [Accessed 2nd August 2020].
- Szpilko, D. (2020), "Foresight as a Tool for the Planning and Implementation of Visions for Smart City Development", in *Energies*, vol. 13, n. 7, article 1782, pp. 1-24. [Online] Available at: doi.org/10.3390/en13071782 [Accessed 9 August 2020].
- The Jordan Times (2019), "Flooding results in road closures, complaints and rescues on Thursday", in *The Jordan Times*, 28/02/2018. [Online] Available at: www.jordantimes.com/news/local/flooding-results-road-closures-complaints-and-rescues-thursday [Accessed 4 November 2020].
- Thompson, E. M. (2015), *Envisioning Futures – Visualising Newcastle City Futures 2065*. [Online] Available at: assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/544833/envisioning-futures-newcastle.pdf [Accessed 2nd August 2020].
- UN – General Assembly (2015), *Transforming our world – The 2030 Agenda for Sustainable Development*, document A/RES/70/1. [Online] Available at: www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E [Accessed 14 September 2020].