

Il ruolo della tecnologia nucleare avanzata nel Piano Oasi

Dott. Vincenzo Romanello¹

Febbraio 2025

1. Introduzione

Il Piano Oasis è un'iniziativa visionaria volta a promuovere **lo sviluppo economico, la stabilità e la pace** in Medio Oriente attraverso progetti infrastrutturali su larga scala, tra cui la dissalazione **dell'acqua**, la produzione **di energia** e l'espansione agricola. Uno degli elementi chiave per il raggiungimento di questi obiettivi è garantire una fonte **energetica** affidabile, sostenibile e scalabile. **Le tecnologie nucleari avanzate**, insieme ai **reattori** di quarta generazione, offrono una soluzione praticabile per soddisfare queste esigenze in modo efficiente e sicuro. Il piano discusso di seguito fornisce una panoramica preliminare di una possibile implementazione dal punto di vista tecnico.

2. La necessità dell'energia nucleare nel Piano Oasis

Il Medio Oriente deve affrontare sfide significative per garantire l'approvvigionamento di **acqua** potabile e **di energia** affidabile, essenziali per **la crescita economica** a lungo termine e **la stabilità sociale**. **L'energia nucleare** può svolgere un ruolo fondamentale nell'affrontare queste questioni attraverso:

- **Supporto alla dissalazione:** i **reattori** nucleari possono fornire sia elettricità che calore di processo per tecnologie **di dissalazione** ad alta efficienza, come l'osmosi inversa (RO) e l'elettrodeionizzazione (EDI), garantendo un approvvigionamento **idrico** costante per il consumo umano e l'agricoltura;
- **Affidabilità energetica:** a differenza delle energie rinnovabili intermittenti, **l'energia nucleare** fornisce un carico di base stabile, riducendo la dipendenza dai combustibili fossili e mitigando i rischi geopolitici associati alle importazioni **di energia**;
- **Sviluppo economico:** la creazione di infrastrutture **nucleari** favorisce il progresso tecnologico, crea posti di lavoro altamente qualificati e stimola la crescita industriale.

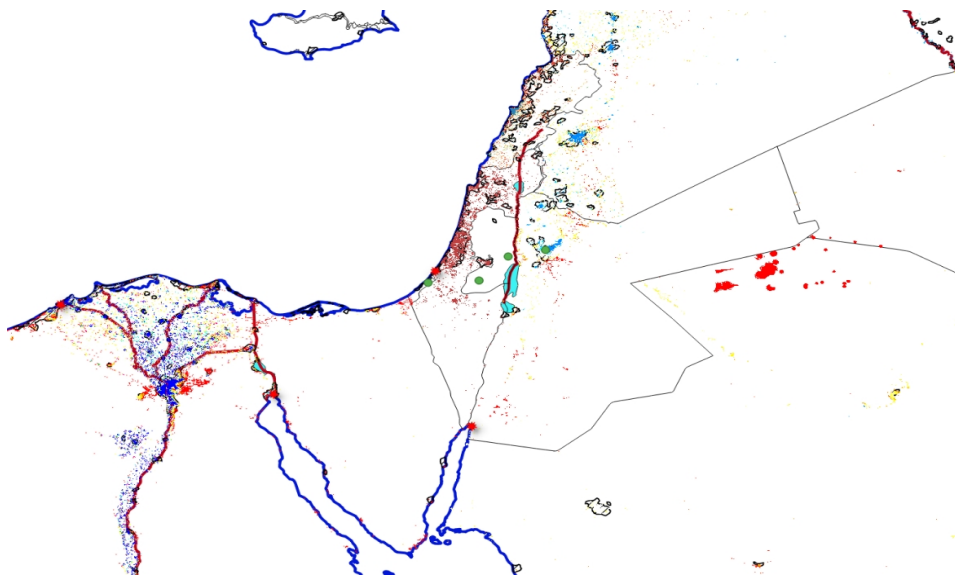


Fig. 1 – Fonti idriche nella regione del Medio Oriente (le linee rosse rappresentano i fiumi, le aree ciano indicano i laghi e le linee blu segnano i confini costieri. La mappa mostra anche la distribuzione della popolazione nella regione. I punti rossi rappresentano grandi unità da 1400 MW, mentre i punti verdi rappresentano gli SMR)

¹ E-mail: vincenzo_romanello@tiscali.it. Ingegnere nucleare (PhD), esperto di tecnologia e sicurezza nucleare.

2.1 Domanda e disponibilità idrica per il Piano Oasis: una panoramica

La grave **scarsità idrica** della regione del Medio Oriente e del Nord Africa (MENA) deriva da una combinazione di domanda crescente, risorse di acqua dolce storicamente limitate e distribuzione disomogenea delle poche risorse disponibili. In questo contesto, il Piano Oasis prevede sistemi **avanzati di dissalazione alimentati dall'energia nucleare** come mezzo strategico per alleviare le carenze croniche. Stimare l'entità del **fabbisogno idrico** e abbinarlo a **obiettivi di produzione affidabili** è fondamentale per progettare un **piano efficace**.

L'attuale consumo **idrico** nella regione MENA è in media di circa 300 miliardi di metri cubi (Gmc) all'anno, con l'agricoltura che rappresenta circa il 70-80% dei prelievi, seguita dai settori industriale e domestico. A causa della continua crescita demografica, dell'urbanizzazione e **dello sviluppo economico**, secondo la Banca Mondiale la domanda totale potrebbe salire a 400-450 Gmc/anno entro il 2050. Tuttavia, le risorse **idriche** naturali rinnovabili della regione — stimate a 500-600 Gmc/anno (FAO AQUASTAT, 2023) — non sono pienamente sfruttabili a causa della loro distribuzione disomogenea (ad esempio, il Nilo in Egitto, il Tigri-Eufrate in Iraq e le scarse acque superficiali negli Stati del Golfo). Cosa ancora più grave, diversi paesi, tra cui l'Arabia Saudita, gli Emirati Arabi Uniti (EAU) e la Giordania, stanno già sfruttando eccessivamente le falde acquifere o fanno ampio ricorso alla **dissalazione ad alto consumo energetico** per soddisfare i bisogni primari. Per ovviare a queste carenze, il Piano Oasis si concentra sull'installazione di impianti **di dissalazione** avanzati nelle zone costiere (Fig. 1), alimentati da **reattori nucleari** in grado di fornire sia l'elettricità che l'**energia** termica necessaria per la **dissalazione**. Mentre le considerazioni di progettazione dettagliate per questi **reattori** rientrano in altre sezioni del presente rapporto, è possibile ricavare stime affidabili dell'approvvigionamento **idrico** necessario esaminando le principali aree di **scarsità**:

1. Consumo umano e fabbisogno municipale:

- Nei paesi **con grave carenza idrica** (ad esempio Giordania e Yemen), l'attuale disponibilità pro capite è inferiore a 500 m³/persona/anno, ben al di sotto della soglia di «scarsità **assoluta**». Entro il 2050, la sola crescita demografica potrebbe aggravare ulteriormente questi deficit, a meno che non vengano individuate **nuove fonti idriche**;

2. Fabbisogno industriale:

- Le economie in rapida industrializzazione (ad esempio Arabia Saudita, Emirati Arabi Uniti) hanno un **fabbisogno idrico** crescente per i settori petrolchimico e manifatturiero. Queste industrie richiedono spesso **acqua** di processo **di alta qualità**, aumentando ulteriormente la dipendenza dalla **dissalazione**;

3. Irrigazione agricola:

- L'agricoltura irrigua nella regione MENA consuma la maggior parte dell'acqua dolce disponibile. In paesi come l'Egitto e l'Arabia Saudita, conciliare le aspirazioni di sicurezza alimentare con le limitate risorse idriche sotterranee richiederà grandi volumi di **acqua** alternativa, in particolare se si intende mantenere o espandere l'attuale produzione agricola.

Sebbene la strategia di ciascun paese possa variare, il deficit cumulativo della regione potrebbe superare i 150-200 miliardi di metri cubi all'anno entro il 2050 se non si interviene ulteriormente. Colmare anche solo la metà di questo deficit in modo sostenibile richiede un massiccio aumento della **capacità di dissalazione**.

Nell'ambito del Piano Oasis, i **reattori nucleari avanzati** (compresi i piccoli **reattori** modulari, SMR) dovrebbero fornire un **carico** di base costante per la **dissalazione** su larga scala. Oggi, una tipica **centrale nucleare** da 1,4 GW dedicata alla **dissalazione** può generare circa 5,5 miliardi di metri cubi all'anno di **acqua** dolce (a seconda della tecnologia e delle specifiche operative). I futuri modelli **di reattori**, in particolare quelli

che integrano la **dissalazione** termica ad alta temperatura, potrebbero raggiungere rendimenti ancora più elevati.

Tabella 1 - Una panoramica dei deficit idrici previsti (il divario tra domanda e risorse rinnovabili accessibili) per alcuni paesi entro il 2050, che illustra la portata della sfida

Paese	Domanda totale prevista (2050, miliardi di metri cubi)	Fornitura rinnovabile stimata (miliardi di metri cubi)	Deficit approssimativo (miliardi di metri cubi)
Arabia Saudita	40	2	38
Emirati Arabi Uniti	7	0,5	6,5
Giordania	2	0,3	1,7
Yemen	5	0,4	4,6
Egitto	110	55	55

In sintesi, l'espansione demografica e lo **sviluppo industriale** sono destinati a spingere la domanda annuale della regione MENA fino a 450 miliardi di metri cubi entro il 2050, lasciando molti paesi dipendenti da **nuove fonti idriche**. La **dissalazione avanzata** alimentata da **energia nucleare** può realisticamente fornire una quota consistente di questa carenza, e l'obiettivo del Piano Oasis di 100 miliardi di metri cubi all'anno è concepito per soddisfare le esigenze critiche umane, industriali e agricole nelle aree più **aride** della regione (Tabella 1). Questo notevole incremento di capacità, se realizzato, costituirà una pietra miliare per alleviare la **cronica scarsità idrica** della regione MENA e garantire un **futuro** più stabile a milioni di suoi abitanti.

2.2 Fabbisogno di energia nucleare per il Piano Oasis

Il Piano Oasis prevede la produzione di 100 miliardi di metri cubi (Gmc) di acqua dolce all'anno tramite **dissalazione** su larga scala mediante **osmosi inversa** (RO) e la sua distribuzione alle regioni interne del Medio Oriente e del Nord Africa. Il raggiungimento di questo obiettivo richiede una fonte di **energia elettrica** sicura e di entità sufficiente. L'**energia nucleare avanzata**, sia sotto forma di grandi **reattori** (ad es. l'APR-1400) che di **reattori** micro-modulari di quarta generazione (MMR) più piccoli, offre una via praticabile per soddisfare gli ambiziosi requisiti **energetici** del piano.

2.2.1 Fabbisogno energetico per la dissalazione e il trasporto

I moderni sistemi RO possono funzionare con un'intensità **energetica** di 2 kWh per metro cubo. La produzione di 100 miliardi di metri cubi di **acqua** dissalata all'anno richiede quindi circa **200 TWh** di **elettricità** (ovvero 200 miliardi di kWh). Il trasporto di **quest'acqua** verso l'interno, attraverso stazioni di pompaggio e condotte, aggiunge circa 60 TWh all'anno, portando a un **fabbisogno energetico totale di 260 TWh/anno**.

2.2.2 Potenza e disponibilità dei reattori

Ogni **reattore** da 1400 MWe, funzionante con un fattore di capacità del 90%, genera circa 11 TWh di **elettricità** all'anno. Per fornire 260 TWh (con un piccolo margine), sono necessari 25 **reattori**: 19 dedicati a soddisfare la domanda di **dissalazione** (200 TWh) e 6 per il pompaggio dell'**acqua** (60 TWh) – Tab. 2.

Tabella 2 - Requisiti dello scenario di base e reattori

Requisito	Potenza richiesta (TWh/anno)	1400 MW _e Reattori necessari (90% CF, ~11 TWh ciascuno)
-----------	------------------------------	--

dissalazione	200	19
Pompaggio dell'acqua	60	6
Totale	260	25

2.2.3 Costi di capitale e tempi di costruzione

Un **reattore** APR-1400 costa in genere circa 5 miliardi di dollari, quindi l'installazione di 25 unità rappresenta un investimento di circa **125 miliardi di dollari**. La costruzione richiede in genere **dai 7 ai 10 anni** per **ogni reattore**, anche se i progetti possono essere scaglionati o parzialmente sovrapposti per ottimizzare le tempistiche e il finanziamento. Il calendario complessivo dipende anche dalle **approvazioni normative, dallo sviluppo del sito e dalla disponibilità di manodopera**.

2.2.4 Potenziale espansione con ulteriori reattori da 1400 MWe

Nel caso in cui la domanda **di acqua** o **di elettricità** superi le attuali previsioni – a causa della crescita demografica, **dello sviluppo economico** o del desiderio di rafforzare ulteriormente la sicurezza alimentare – potrebbero essere giustificati altri 3-5 **reattori** da 1400 MWe. Ogni nuovo **reattore** aggiunge circa 11 TWh/anno (consentendo una capacità **di dissalazione extra** di 5-6 miliardi di metri cubi se utilizzata esclusivamente per l'osmosi inversa o **energia** aggiuntiva per le industrie e le abitazioni).

- **Aumento dei costi:** 15-25 miliardi di dollari in più per 3-5 **reattori** (al costo di 5 miliardi di dollari ciascuno);
- **Tempistica:** altri 7-10 anni per l'ottenimento delle licenze, la costruzione e la messa in servizio, a meno che non vengano integrati nelle fasi precedenti del progetto per ridurre i tempi di realizzazione.

2.2.5 Integrazione dei reattori micro-modulari (MMR) di quarta generazione

Mentre il **reattore** APR-1400 (o qualsiasi altro simile) eccelle nel fornire alle grandi centrali costiere **una** notevole **potenza** di base, gli MMR **di quarta generazione** più piccoli (sviluppati negli Stati Uniti dalla società Ultra Safe Nuclear) li integrano servendo regioni con infrastrutture di rete limitate o inaffidabili. Questi **reattori avanzati** producono tipicamente 5–50 MWe di potenza elettrica (oltre a prezioso calore di processo o teleriscaldamento), rendendoli particolarmente adatti per applicazioni remote o decentralizzate.

Il reattore micro-modulare (MMR) stabilisce un nuovo standard in termini di sicurezza e resilienza grazie all'utilizzo di una bassa densità di potenza e di un elevato rapporto superficie/potenza, garantendo una dissipazione passiva del calore senza rischio di autodanneggiamento. Impiega il combustibile TRISO dalle prestazioni più elevate, che contiene completamente i prodotti di fissione ed elimina i rischi di contaminazione. A differenza dei reattori tradizionali, l'MMR riduce al minimo i potenziali (per quanto remoti) pericoli, minimizzando l'impatto di eventuali scarichi di pressione. Utilizza l'elio come refrigerante, che non presenta rischi di reattività chimica e rimane privo di sottoprodotti di fissione.

Il sistema MMR standard a 2 unità ha un ingombro ridotto (circa 2 ettari) e impiega una costruzione a basso impatto, con componenti modulari e trasportabili. L'assenza di tubi di uscita d'acqua, lo stoccaggio in loco del combustibile esaurito e un modello di installazione temporanea lo rendono una soluzione energetica flessibile e rispettosa dell'ambiente.

Progettato per garantire una sicurezza senza precedenti, l'MMR è in grado di resistere a disastri naturali, errori dell'operatore e scenari di sabotaggio senza conseguenze catastrofiche. Anche gli eventi classificati come incidenti oltre la base di progettazione per i reattori convenzionali non sono critici per l'MMR.

Con un calendario di implementazione di 50 mesi, le licenze in Canada e negli Stati Uniti e i progetti dimostrativi in corso, l'MMR è sostanzialmente pronto per l'implementazione globale. In 20 anni di funzionamento, un'unità MMR genera solo 2 tonnellate di combustibile esaurito solido e confinato, che può essere stoccato in modo sicuro o ritrattato per l'estrazione di ulteriore energia. Incapsulato in microstrutture

interamente ceramiche, il combustibile esaurito TRISO rimane isolato e non agevolmente disperdibile fino a quando la sua radioattività non scende naturalmente ai livelli di fondo nel corso del tempo.

2.3 Lezioni tratte dai precedenti regionali e globali

Immaginate questo: eleganti **reattori nucleari** che popolano il Golfo Persico, il loro bagliore costante riflesso dai vasti impianti **di dissalazione** della struttura israeliana di Sorek, che già produce 624.000 metri cubi di **acqua** dolce al giorno, sufficienti per oltre un milione di persone. La centrale nucleare di **Barakah** negli Emirati Arabi Uniti, ora operativa con il primo dei suoi quattro **reattori** da 1,4 GW, è la prova di ciò che è possibile: **energia pulita** e affidabile in un paesaggio desertico, fornita in tempo e nel rispetto del budget di 24,4 miliardi di dollari. Questi non sono sogni lontani: sono modelli reali e funzionanti su cui possiamo costruire, con il successo da 24,4 miliardi di dollari di Barakah che dimostra che **il nucleare** può prosperare nel clima rigido della regione MENA. Immaginate la Giordania che sfrutta le proprie riserve di uranio per alimentare un successo simile, o l'Arabia Saudita che potenzia la propria capacità **di dissalazione** con la potenza **dell'energia nucleare**, ispirata dalla maestria di Israele nell'osmosi inversa. Ancora più lontano, la miniera di Olympic Dam in Australia dimostra come **l'estrazione dell'uranio** possa coesistere con **la crescita economica**, offrendo un modello per il potenziale inesplorato della Giordania. Queste storie non sono solo fonte di ispirazione: sono la prova che il Piano Oasis può passare dalla carta alla realtà, radicato in tecnologie e strategie che stanno già illuminando la strada.

2.4 Potenziale e costi della dissalazione

Un MMR nella gamma dei 10 MWe – funzionante al 90% della capacità – produce circa 0,08 TWh/anno, sufficienti a dissalare 0,04 Gmc (40 milioni di metri cubi) di acqua all'anno a 2 kWh/m³. I costi tipici variano da 300 a 500 milioni di dollari per unità, che è un valore più alto per megawatt rispetto ai **grandi reattori**, ma pratico per **esigenze localizzate** o off-grid e per **le stazioni di pompaggio**. Nella Tabella 3 è riportata una possibile distribuzione di 10 unità nella regione MENA.

Tabella 3 - Esempio di implementazione di MMR e produzione di dissalazione

Regione	Numero di MMR	Capacità approssimativa (MWe totali)	Costo stimato (milioni di USD)	Potenziale di dissalazione (miliardi di metri cubi/anno)
Arabia Saudita meridionale	4	~40 MWe	1.200–2.000	~0,16
Yemen (costa)	2	~20 MWe	600–1.000	~0,08
Giordania (aree remote)	2	~20 MWe	600–1.000	~0,08
Iraq (Paludi meridionali)	2	~20 MWe	600–1.000	~0,08
Totale	10	~100 MWe	3.000–5.000	~0,40

Queste implementazioni sono **puramente illustrative**; l'attuazione reale dipenderebbe dalle **politiche locali**, dalla **disponibilità di personale qualificato**, da **considerazioni di sicurezza** e dai **finanziamenti**.

3 Formazione in materia di regolamentazione e accelerazione del processo di concessione delle licenze grazie all'intelligenza artificiale

Per accelerare lo sviluppo del nucleare, soprattutto in Paesi come **Iraq e Giordania**, che stanno costruendo o perfezionando le proprie capacità di **supervisione e controllo** del settore nucleare, i paesi sviluppati possono offrire **formazione mirata in materia di regolamentazione** e **supporto tecnologico** avanzato. Ciò comporta **l'insegnamento alle autorità di regolamentazione** e agli ispettori delle migliori pratiche in materia di

sicurezza nucleare e concessione di licenze, l'adozione di strumenti di valutazione basati sull'intelligenza artificiale per automatizzare e semplificare le revisioni di sicurezza, come gli audit sul rischio sismico utilizzati in Giappone, e lo sfruttamento di partnership internazionali – come quelle con **l'Agenzia internazionale per l'energia atomica (IAEA)** – per allineare i processi normativi locali agli standard globali. Ad esempio, **l'impianto** di Barakah negli Emirati Arabi Uniti ha realizzato 4 **reattori** in 10 anni con la guida della IAEA, un precedente per la regione MENA. Grazie a questi sforzi collaborativi, il periodo iniziale di oltre 12 anni previsto per la preparazione normativa dell'Iraq potrebbe essere ridotto a circa 8-10 anni, consentendo così un'autorizzazione e una diffusione più rapide degli impianti **nucleari**.

Parallelamente, l'implementazione di **reattori micro-modulari (MMR)** ad alta temperatura può integrare i progetti **nucleari** su larga scala fornendo soluzioni **energetiche** decentralizzate. Con una produzione tipica di 5-20 megawatt di **potenza** termica, questi MMR (o **reattori** ancora più grandi con tecnologie diverse, se il raffreddamento è possibile) sono adatti a centri agricoli remoti, comunità isolate e attività industriali che traggono vantaggio dalla generazione di calore o **energia** in loco. Le loro applicazioni includono l'alimentazione di impianti di **dissalazione** su scala ridotta in località costiere periferiche, la fornitura di calore industriale per la produzione di idrogeno e le lavorazioni chimiche, e l'offerta di **elettricità** affidabile **agli insediamenti fuori rete**. Incorporando sia **reattori nucleari** di grandi dimensioni che **microreattori** in una **strategia unificata**, i paesi **emergenti** nel settore nucleare possono **rafforzare la resilienza della rete**, fornire servizi **idrici** ed **energetici** localizzati in modo più efficace e accelerare la loro transizione verso **sistemi energetici sostenibili**. A tal fine, l'istituzione di **un'autorità di sicurezza unificata** per l'area, con una legislazione comune concordata e una procedura di autorizzazione degli impianti, semplificherebbe e accelererebbe notevolmente l'implementazione degli impianti nella zona.

4 Infrastrutture di distribuzione idrica

Una volta dissalata, **l'acqua** deve essere convogliata in modo affidabile verso **le aree agricole e urbane dell'entroterra** attraverso una vasta **rete di condotte e stazioni di pompaggio**. Nello scenario attuale del piano Oasi, 5.000 km di condotte collegherebbero gli impianti di **dissalazione** costieri alle **regioni con carenza idrica**.

4.1 Tempistiche e costi di costruzione

Si prevede che le strategie di costruzione in parallelo, in cui **più squadre** lavorano **contemporaneamente** su **segmenti separati**, riducendo il tempo totale di costruzione a circa 6-8 anni. In particolare, sarebbero necessari:

- **Condutture (5.000 km):** costo stimato a 17,5 miliardi di dollari (ovvero 3,5 milioni di dollari al km), con lavori in parallelo lungo più percorsi per accelerare i tempi;
- **Stazioni di pompaggio (5 GW in totale):** ne servirebbe una ogni 100–150 km (quindi, 35-50 unità), con un costo di 200 milioni per unità e alimentate da SMR (costo totale 10 miliardi di dollari).
- **Manodopera:** circa 100.000 persone, di cui circa 20.000 per la manutenzione.

Il costo totale sarebbe di circa **30 miliardi di dollari**.

4.2 Costo totale del piano Oasi

Per arrivare a una stima più prudente – e quindi più credibile – è opportuno aumentare lo stanziamento di bilancio per gli impianti di dissalazione e gli impianti di trattamento della salamoia. I grandi progetti infrastrutturali spesso subiscono **superamenti dei costi** a causa della complessità delle autorizzazioni, delle sfide ingegneristiche e delle strozzature nella catena di approvvigionamento. Di seguito è riportata una ripartizione rivista che riflette un approccio più cauto:

1. Venticinque centrali nucleari da 1400 MWe

- *Stima di base*: 125 miliardi di dollari (25 × circa 5 miliardi di dollari ciascuna)
- *Margine di sicurezza prudenziale*: +25 miliardi di USD per tenere conto di possibili costi di costruzione superiori al previsto, vincoli della catena di approvvigionamento e caratteristiche di sicurezza aggiuntive.
- **Totale parziale**: ~150 miliardi di USD
- 2. **Dieci SMR (reattori modulari di piccole dimensioni)**
 - *Stima di base*: 5 miliardi di dollari (10 × ~0,5 miliardi di dollari ciascuno)
 - *Margine di sicurezza prudenziale*: +3 miliardi di USD
 - **Totale parziale**: ~8 miliardi di USD
- 3. **Costruzione di condotte idriche (5.000 km)**
 - *Stima di base*: 30 miliardi di dollari
 - *Margine di sicurezza prudenziale*: +10 miliardi di USD (per far fronte a possibili difficoltà di tracciato, acquisizione dei terreni e costi imprevisti dei materiali)
 - **Totale parziale**: ~40 miliardi di USD
- 4. **Impianti di dissalazione** (produzione totale di 100 miliardi di metri cubi all'anno)
 - *Stima di base*: 30 miliardi di dollari
 - *Margine di sicurezza prudenziale*: +30 miliardi di USD (a copertura di eventuali costi unitari più elevati per impianti RO su larga scala, gestione avanzata delle salamoie e complessità di integrazione)
 - **Totale parziale**: ~60 miliardi di USD
- 5. **Impianti ad alta tecnologia per la valorizzazione della salamoia**
 - *Stima di base*: 10 miliardi di dollari
 - *Margine di sicurezza prudenziale*: +10 miliardi di dollari (per l'estrazione chimica avanzata, i test su scala pilota e possibili espansioni verso processi di qualità idonea all'industria dei semiconduttori)
 - **Totale parziale**: ~20 miliardi di dollari

Sommando queste stime prudenziali si ottiene un totale di 278 miliardi di USD.

Per semplificare i calcoli e includere un margine aggiuntivo per spese impreviste, possiamo ragionevolmente arrotondare a circa **300 miliardi di dollari** il costo dell'intero **piano Oasi**.

Se ipotizziamo un tasso di interesse "politico" minimo del **3%** su **20 anni**, il pagamento annuale per un investimento di 300 miliardi di dollari è di circa **20 miliardi di dollari all'anno** (utilizzando formule di ammortamento standard). Sebbene decisamente consistente, questa cifra deve essere confrontata con la spesa militare complessiva della regione MENA, che supera facilmente i **130 miliardi di dollari all'anno**. Pertanto, **20 miliardi di dollari** rappresentano circa il **15%** di quel totale: una somma significativa ma non certo irraggiungibile, soprattutto se si considerano i benefici critici a lungo termine derivanti dalla garanzia di **acqua dolce, energia elettrica e una crescita economica** su ampia scala.

Adottando queste cifre di costo più elevate e più conservative, il piano Oasi rimane difendibile di fronte allo scetticismo, pur offrendo un **percorso** di trasformazione **verso la sicurezza idrica, lo sviluppo industriale e la stabilità regionale**.

5. Considerazioni strategiche sull'attuazione

Per realizzare appieno i benefici **dell'energia nucleare** nell'ambito del piano Oasi, un'attenta pianificazione deve affrontare non solo l'ubicazione **dei reattori** e le strutture normative, ma anche **l'approvvigionamento di combustibile** e le **opportunità industriali secondarie**:

- **Selezione del sito**: i **reattori nucleari** dovrebbero essere situati vicino ai principali impianti di **dissalazione** per ridurre al minimo le perdite di trasmissione e catturare **l'energia** termica in eccesso

per i **processi di cogenerazione** (ad esempio, fasi di **dissalazione** a bassa temperatura o teleriscaldamento). La vicinanza alle regioni costiere consente una gestione diretta della presa e dello scarico dell'acqua di mare, facilitando al contempo i collegamenti alle condutture **idriche** interne;

- **Quadro normativo:** l'istituzione o il rafforzamento di un'**autorità di regolamentazione nucleare** indipendente è fondamentale per la **sicurezza, il rilascio delle licenze e la supervisione operativa**. Ciò richiede:
 - L'elaborazione di **una legislazione e di standard chiari**, in linea con le linee guida dell'Agenzia internazionale per l'energia atomica (IAEA);
 - **Formare ispettori, ingegneri e personale addetto alle emergenze** a livello locale;
 - **l'adozione di strumenti di autorizzazione basati sull'intelligenza artificiale** per semplificare e supportare le analisi di sicurezza e ridurre i colli di bottiglia normativi;
- **Approvvigionamento e arricchimento del combustibile:**
 - **Risorse regionali di uranio:** la **Giordania** possiede giacimenti di uranio potenzialmente significativi che, una volta sviluppati, potrebbero soddisfare in parte o totalmente il **fabbisogno** di combustibile del parco **nucleare** (le sue risorse possono alimentare il parco **reattori** della regione MENA per circa **250 anni**). L'uranio di provenienza locale ridurrebbe la dipendenza dai mercati esterni, creerebbe **posti di lavoro** nell'estrazione e nella lavorazione e **potenzerebbe il know-how tecnico**; tuttavia, gli scettici osservano che ciò richiede 15-20 anni e 5-10 miliardi di dollari per maturare, secondo le tempistiche globali dell'estrazione mineraria;
 - **Arricchimento avanzato:** gli investimenti in tecnologie di nuova generazione, come la separazione isotopica con laser a vapore atomico (**AVLIS**), possono contribuire a ottimizzare i processi di arricchimento. Operando nel **rispetto di rigorose garanzie internazionali**, questi impianti di arricchimento rafforzerebbero l'**indipendenza energetica** e sosterebbero la **sicurezza dell'approvvigionamento a lungo termine**;
- **Sottoprodotti industriali e opportunità high-tech:**
 - **Utilizzo del sale:** la **dissalazione** su larga scala produce intrinsecamente **volumi significativi di salamoia**, che può essere trattata per estrarre sali destinati a vari settori industriali. Il cloruro di sodio, ad esempio, è fondamentale nella produzione di **cloro e soda caustica**, entrambi essenziali per la **produzione chimica**;
 - **Materiali per semiconduttori:** l'**energia** abbondante e a **basso costo** e i sali raffinati possono consentire una produzione di maggior valore, come la lavorazione del silicio. Se è disponibile una capacità sufficiente di unità nucleari dedicate (compresi flussi di neutroni elevati in **reattori** di ricerca o specializzati), il **drogaggio con neutroni del silicio** potrebbe posizionare la regione come **fornitore di materiali avanzati di grado semiconduttore**, favorendo la **creazione di posti di lavoro nel settore high-tech**;
 - **Idrogeno e lavorazione chimica:** oltre alla **dissalazione**, i **reattori nucleari**, in particolare quelli ad alta temperatura, possono supportare la produzione di idrogeno (ad esempio, con il processo I-S, già testato sperimentalmente) e altri processi termochimici. Ciò non solo diversifica il portafoglio **energetico** della regione, ma contribuisce anche alle **economie emergenti basate sull'energia pulita**;
- **Collaborazione internazionale:**
 - **Trasferimento di conoscenze:** le partnership con fornitori affermati di tecnologia nucleare (ad esempio, venditori di reattori, specialisti del ciclo del combustibile) possono **accelerare la formazione della forza lavoro e lo sviluppo delle infrastrutture**;
 - **Allineamento normativo:** una stretta **cooperazione** con le agenzie internazionali (come la IAEA) contribuisce a garantire che i nuovi impianti soddisfino **gli standard globali di sicurezza e non proliferazione**;

- **Finanziamento e ripartizione dei rischi:** le joint venture tra amministrazioni regionali, banche di sviluppo e investitori privati possono **distribuire i costi di capitale e ridurre il rischio finanziario**.

Nel loro insieme, queste considerazioni strategiche sottolineano il potenziale multiforme della combinazione **dell'energia nucleare** con **la dissalazione** su larga scala. Oltre a fornire semplicemente **acqua dolce**, il piano Oasi può catalizzare **la crescita economica** attraverso **lo sviluppo delle risorse di uranio, la lavorazione industriale del sale e la produzione di materiali high-tech**, elevando in ultima analisi **la posizione della regione** nei mercati globali dell'energia e della tecnologia.

5.1 Mitigazione dei rischi e pianificazione adattiva

Nessuna grande visione nasce senza le sue tempeste, ma il Piano Oasi è concepito per resistere anche a esse. Immaginate una coalizione di Paesi del MENA, con le loro bandiere che sventolano sopra una sala di controllo condivisa, dove verifiche di sicurezza guidate dall'intelligenza artificiale operano silenziosamente accanto alla competenza umana — perché la geopolitica non ci farà deragliare. Inizieremo con **accordi pilota bilaterali** (ad esempio, Emirati Arabi Uniti-Giordania) per aggirare le impasse, ampliando il progetto man mano che cresce la fiducia. Per gli scettici, si consideri la crisi del Qatar del 2017: se i rapporti tra Emirati Arabi Uniti e Arabia Saudita si deteriorassero, i finanziamenti potrebbero vacillare — mitigati da consorzi a fasi e mediatori neutrali come la IAEA. **I costi stanno aumentando?** Immaginate **reattori modulari** che escono dalle linee di assemblaggio, con i loro progetti standardizzati che riducono drasticamente i costi aggiuntivi, mentre i prestiti internazionali delle banche di sviluppo limitano il rischio finanziario al 20% in più rispetto alle stime: gestibile, non paralizzante. Il progetto Vogtle negli Stati Uniti, che è lievitato del 20% fino a 35 miliardi di dollari, dimostra che **i costi aggiuntivi sono reali ma superabili con una buona pianificazione**. **Scetticismo dell'opinione pubblica?** Immaginate **unità didattiche mobili** che girano per i villaggi, mostrando ai bambini come **le centrali nucleari trasformano l'acqua di mare in vita**, trasformando **la paura in orgoglio**. **Zone sismiche?** Ancoreremo **i reattori su roccia costiera fortificata**, attingendo ai **progetti antisismici del Giappone**. Non si tratta di scommesse azzardate, ma di **passi calcolati**, che uniscono innovazione e cautela, assicurando che il piano Oasi non solo decolli, ma atterri in modo perfetto.

5.2 - Ulteriori opportunità industriali e potenziale di costruzione della pace

I sali in abbondanza recuperati dalla dissalazione di 100 miliardi di metri cubi di acqua di mare all'anno – circa **3,5 miliardi di tonnellate** (3,5 Gt) – aprono nuove strade per la produzione ad alto valore aggiunto e le tecnologie **energetiche** in grado di compensare ampiamente i costi di finanziamento annuali del piano Oasi (circa 20 miliardi di dollari). Anche vendendo solo il 15% del sale estratto a un prezzo prudenziale di 40 dollari USA per tonnellata si otterrebbero 20 miliardi di dollari USA all'anno, sufficienti a ripagare il servizio del debito annuale. Si ottengono profitti di gran lunga superiori quando queste materie prime vengono trasformate in prodotti avanzati quali **batterie al sodio, sostanze chimiche e silicio per semiconduttori**. Parallelamente, le capacità **di drogaggio con neutroni** offerte dai **Micro Modular Reactors (MMR)** o da **reattori** di ricerca dedicati possono dare un forte impulso alla produzione locale di pannelli solari e di elettronica di potenza, creando un circolo virtuoso di **disponibilità energetica e industrializzazione**. Gli scettici potrebbero mettere in dubbio **la scalabilità** – la trasformazione della salamoia in silicio ad alta purezza richiede una metallurgia avanzata non ancora diffusa nella regione MENA – ma la produzione di cloro-soda a breve termine è comprovata a livello globale. La Tabella 4 delinea una panoramica prudente di come la valorizzazione parziale della salamoia **da dissalazione** potrebbe facilmente superare le esigenze di rimborso annuali del piano Oasi, catalizzando al contempo **la crescita regionale**.

Tabella 4 - Potenziale economico della valorizzazione del sale e delle industrie high-tech nel piano Oasi

Opportunità	Utilizzo ipotizzato	Entrate annuali approssimative	Note chiave
Vendite dirette di sale	Il 15% di 3,5 Gt a 40 USD/tonnellata	~20 miliardi di USD	Copre interamente il servizio del debito di 13,45 miliardi di USD con un trattamento minimo; qualsiasi aumento del rapporto prezzo/purezza moltiplica i rendimenti
Derivati cloro-alcalini	Il 15-20% della salamoia viene convertito in Cl ₂ , NaOH, H ₂	30-50+ miliardi di USD	Consente lo sviluppo di industrie chimiche su larga scala (PVC, disinfettanti, idrogeno, ecc.) e favorisce la creazione di cluster manifatturieri locali
Tecnologia delle batterie a base di sale	L'estrazione parziale di sodio alimenta una produzione annua di batterie pari a circa 50 GWh	5-10 miliardi di dollari (settore in crescita, dipendente dal mercato)	Sfrutta la domanda globale di alternative più sostenibili e a basso costo alle batterie agli ioni di litio; fattibile in regioni remote o con difficoltà di manutenzione
Silicio drogato con neutroni	5-10% della salamoia per produrre Si ad alta purezza per il fotovoltaico e l'elettronica di potenza	5-15 miliardi di dollari	Richiede reattori specializzati per il drogaggio con neutroni; i prodotti finali raggiungono prezzi elevati nei mercati globali dei semiconduttori e del fotovoltaico
Produzione di pannelli solari	Capacità di 10-20 GW/anno supportata da silicio locale ed energia nucleare a basso costo	8-12 miliardi di dollari	Amplia il portafoglio energetico regionale e stimola la creazione di posti di lavoro, con ulteriori sinergie se installato in aree a bassa manutenzione

Grazie al drogaggio con neutroni, la regione MENA potrebbe diventare un fornitore globale di wafer di silicio di alta qualità per il settore fotovoltaico (PV), i transistor di potenza e l'elettronica avanzata. Questa fornitura interna di silicio — alimentata da **energia nucleare** abbondante e a basso costo — darebbe impulso a una massiccia diffusione del solare nelle regioni desertiche, aumentando ulteriormente la produzione **di energia** per **la dissalazione**, la sintesi dell'idrogeno e i processi chimici. **I reattori nucleari** ad alta temperatura possono quindi facilitare la produzione di idrogeno su larga scala (sia tramite elettrolisi ad alta efficienza che tramite cicli termochimici), creando un altro flusso di entrate. La leadership della regione nel settore solare, nello stoccaggio **di energia** a base di sodio e nell'idrogeno di nuova generazione stimolerebbe il trasferimento tecnologico, lo sviluppo della forza lavoro e la diversificazione industriale, riducendo la dipendenza dalle importazioni di combustibili fossili e **rafforzando le economie locali**. Il potenziale di entrate annuali cumulative derivante dalla valorizzazione del sale e dalle applicazioni industriali avanzate nell'ambito del piano Oasi è stimato tra **i 62 e i 101 miliardi di dollari all'anno**. Questa cifra è **da 3 a 5 volte** superiore al rimborso annuale richiesto di 20 miliardi di dollari, garantendo che il progetto non solo sia finanziariamente **autosufficiente**, ma anche **altamente redditizio**. Inoltre, questa stima non tiene ancora conto di ulteriori flussi di entrate quali **la produzione di idrogeno**, **la vendita di energia elettrica** o i più ampi effetti **moltiplicatori economici** della **crescita industriale** e **della creazione di posti di lavoro**. A lungo termine, questi settori potrebbero generare **rendimenti** ancora **maggiori**, trasformando la regione MENA in un **polo per la produzione high-tech**, **le energie rinnovabili** e **lo sviluppo economico sostenibile**. Ciò rafforza il ruolo del

piano Oasi, che va oltre quello di un semplice progetto infrastrutturale: diventa un potente **motore economico per la stabilità, la cooperazione e la pace** a lungo termine nella regione. In questo contesto, il piano Oasi si evolve da una proposta puramente incentrata sulle infrastrutture a un **progetto globale di costruzione della pace**: trasformando la salamoia in una preziosa materia prima, collegando **l'energia rinnovabile a quella nucleare** e creando **poli industriali di importanza globale**, i paesi del MENA hanno un interesse comune nella cooperazione e **nella stabilità a lungo termine**. Anziché competere per risorse scarse, potrebbero unirsi attorno a un **futuro** definito dal **progresso tecnologico, dall'energia pulita e dalla prosperità sostenibile**, trasformando così **la scarsità in abbondanza e il conflitto in collaborazione**.

6. Conclusione: una visione per la prosperità e la pace duratura

L'integrazione **della tecnologia nucleare avanzata** nel piano Oasi offre più di una semplice soluzione pragmatica alla crescente crisi **idrica ed energetica** della regione: getta le basi per una rivoluzione industriale autosufficiente e ad alta tecnologia in Medio Oriente e Nord Africa. Sfruttando **la dissalazione a energia nucleare**, le infrastrutture strategiche e l'innovazione industriale, questa iniziativa può garantire **la sicurezza idrica, lo sviluppo economico e l'indipendenza energetica** a milioni di persone.

In sostanza, il piano Oasi rappresenta un investimento nella **stabilità** e nel **progresso**. In uno scenario di riferimento, un investimento di 125 miliardi di dollari in 19 grandi **reattori** genererebbe **energia** sufficiente a fornire 100 miliardi di metri cubi (Gmc) di acqua dolce all'anno, mentre un'espansione opzionale di 3-5 unità aggiuntive **rafforzerebbe** ulteriormente **la sicurezza idrica regionale**. I **reattori micro-modulari (MMR)** estenderebbero questa capacità alle aree remote, garantendo soluzioni **energetiche** localizzate e resilienti per progetti **di dissalazione** di piccole dimensioni e per le esigenze industriali.

Tuttavia, il vero potenziale del piano Oasi va **ben oltre la produzione di acqua**. L'estrazione di 3,5 miliardi di tonnellate di sale all'anno creerebbe **opportunità economiche** di alto valore in diversi settori. Dal **settore dei cloro-alcali**, che supporta **la produzione chimica e la produzione di idrogeno**, **all'industria del silicio drogato con neutroni**, che può consentire la fabbricazione di semiconduttori e la produzione di pannelli solari, il piano è progettato per trasformare **i rifiuti in ricchezza**.

Il potenziale economico è sbalorditivo. Anche utilizzando stime prudenti, i ricavi derivanti dalle sole industrie legate al sale potrebbero generare tra **i 62 e i 101 miliardi di dollari all'anno**, da 3 a 5 volte la rata annuale di rimborso del prestito richiesta, pari a 20 miliardi di dollari. Ciò significa che, anziché rappresentare un onere economico, il piano Oasi potrebbe ripagarsi molte volte, **creando al contempo centinaia di migliaia di posti di lavoro altamente qualificati**, espandendo **le economie locali** e posizionando la regione MENA come leader **nell'energia sostenibile e nella produzione avanzata**. Ma l'impatto più profondo di questa iniziativa non si misura in termini di rendimenti finanziari, bensì in termini di **prosperità umana e stabilità regionale**. Il piano Oasi non è solo un **progetto energetico e idrico**; è un **progetto per la pace**. Trasformando **la scarsità in abbondanza** industriale, questa iniziativa fornisce un interesse **economico** comune che incentiva **la cooperazione piuttosto che il conflitto**. Offre un **nuovo paradigma geopolitico**, in cui le nazioni **collaborano** per un **progresso tecnologico** condiviso, piuttosto che competere per risorse in esaurimento. Non cerchiamo di fare tutto in una volta: cominciamo con una scintilla che dimostri che il fuoco può ardere luminoso. **Fase Uno**: un singolo reattore da 1,4 GW sorge sulla costa giordana, abbinato a un centro di dissalazione che pompa 5,5 miliardi di metri cubi di acqua all'anno ad Amman e ai suoi campi aridi. Immaginate condutture che si snodano nell'entroterra, modeste ma potenti, alimentate da 6 miliardi di dollari provenienti da un consorzio tra Arabia Saudita, Emirati Arabi Uniti e Giordania: abbastanza piccolo da poter essere finanziato, abbastanza grande da essere visibile. In **tre anni, l'acqua scorre, i raccolti fioriscono e le vendite di sale raggiungono i 500 milioni di dollari all'anno**, stuzzicando l'appetito per ulteriori sviluppi. **La fase due prende il via**: cinque MMR costellano lo Yemen e l'Iraq, ciascuno un gioiello da 400 milioni di dollari, che desalinizza

0,2 miliardi di metri cubi per città remote, dimostrando la scalabilità del modello. Entro il decimo anno, con le prove alla mano, si dispiega l'intera flotta **di 25 reattori**, sostenuta da un'obbligazione internazionale da 50 miliardi di dollari. Non è un salto nell'ignoto: è una scala, ogni piolo testato, che sale costantemente **dal progetto pilota alla prosperità**.

Il costo totale del piano Oasi – 300 miliardi di dollari – è solo una frazione delle spese militari globali, che **nel 2023 hanno superato i 2,4 trilioni di dollari**. È anche equivalente a meno di pochi anni di spesa militare combinata delle principali nazioni del Medio Oriente e del Nord Africa. Questo netto confronto mette in luce una scelta fondamentale: continuare ad allocare vaste risorse alla guerra e alla gestione dei conflitti, oppure reindirizzarle verso un **futuro sostenibile** che promuova **la prosperità, la cooperazione e la stabilità a lungo termine**. Investire in infrastrutture e innovazione non garantisce solo **acqua ed energia**, ma **garantisce anche la pace**.

È una cruda realtà che le potenze mondiali continuino a investire centinaia di miliardi di dollari in guerre, aiuti militari e gestione delle crisi. Eppure, con una frazione di tale costo, abbiamo l'opportunità di investire nello **strumento di costruzione della pace più potente in assoluto: il progresso economico e tecnologico**. Il Piano Oasi incarna una visione alternativa: quella di una regione capace di trasformare le proprie sfide più grandi nei suoi maggiori punti di forza, facendo degli investimenti in **scienza, infrastrutture e innovazione** il motore di un **ciclo virtuoso di prosperità**.

In definitiva, la risorsa più preziosa non è **l'acqua, l'energia o i minerali**: è **la nostra capacità collettiva di lavorare per un futuro migliore**. Il piano Oasi è un **invito al mondo**: un'opportunità per scegliere **il progresso invece della stagnazione, la cooperazione invece della divisione e la sostenibilità invece della crisi**. Agendo con razionalità, ambizione e uno scopo condiviso, non ci limitiamo a risolvere i problemi: **ridefiniamo il futuro**.

La scelta che ci si presenta è chiara: possiamo continuare a investire risorse infinite nella gestione delle crisi, oppure possiamo investire in un **futuro in cui le crisi non si verifichino più**. Il piano Oasi non è solo una strategia: è una **dichiarazione che la pace non si costruisce con le armi, ma con l'acqua, l'energia e le opportunità**. Non si tratta solo di una visione per il Medio Oriente: è un **modello per il mondo**. Un mondo in cui **l'innovazione trionfa sulla scarsità**, in cui **la cooperazione sostituisce il conflitto** e in cui **l'umanità dimostra**, ancora una volta, che **la nostra più grande forza non è ciò che prendiamo dalla terra, ma ciò che costruiamo insieme**.