

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI TARANTO
COMUNE DI TARANTO



PROGETTO DEFINITIVO

SCALA: **PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE IN AREA SIN DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE (OFFSHORE) DELLA POTENZA DI 100 MW CON ANNESSO IMPIANTO DI PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE DA 25 MW, IMPIANTO DI MITILCOLTURA E STRUTTURE RELATIVE AL TURISMO SOSTENIBILE**

ELABORATO:

PR23

IMPIANTO IDROGENO VERDE

PROPONENTE:



M FLOATING MAR PICCOLO SRL
P.zza Fontana 6, Milano
20122, MI
P.I. : 13013890960

ELABORATO DA:



Via Caduti di Nassiriya, 55 - 70124 - Bari Tel. 080 3219948

Dott. Ing. Alessandro Antezza
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n. 10743



Visto:

il DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. Orazio Tricarico
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n.4985



0	NOV 2023	G.G./C.C.	A.A.	O.T.	Elaborato Descrittivo
EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	2
2. VOLUMI DI IDROGENO PRODOTTI E PRINCIPALI UTILIZZATORI.....	3
3. METODI PER IL TRASPORTO DI IDROGENO.....	5
4. BILANCIO DI CO ₂	7
5. EMISSIONI SPECIFICHE DI CO ₂ LEGATE AL TRASPORTO VERSO OFF-TAKER.....	10
6. CONCLUSIONI	15
BIBLIOGRAFIA	16



1. INTRODUZIONE

L'Italia è uno dei Paesi all'avanguardia nello sviluppo di un'economia dell'idrogeno. Con obiettivi climatici ambiziosi e un forte impegno per la decarbonizzazione, l'Italia sta investendo nella produzione e nell'utilizzo dell'idrogeno come fonte di energia pulita.

In termini di consumo di idrogeno, il settore dei trasporti è uno dei maggiori utilizzatori di idrogeno in Italia. Autobus e treni alimentati da celle a combustibile a idrogeno sono già in funzione in diverse città e si prevede di espandere l'uso di veicoli a idrogeno nei prossimi anni. Oltre che nei trasporti, l'idrogeno viene utilizzato anche in una serie di applicazioni industriali, tra cui la produzione di prodotti chimici e fertilizzanti.

Sebbene il volume di idrogeno prodotto in Italia sia ancora relativamente ridotto rispetto ad altri Paesi, sono in funzione diversi impianti dedicati alla produzione di idrogeno verde e si prevede di costruirne altri nei prossimi anni.

Uno dei progetti di idrogeno verde più promettenti in Italia è un impianto previsto nella parte meridionale del Paese, sviluppato dalla società energetica Eni. L'impianto avrà una capacità di 25 MW e utilizzerà l'elettricità generata da un vicino impianto solare per produrre idrogeno attraverso l'elettrolisi. Questo è solo un esempio degli investimenti e delle iniziative in corso per espandere la capacità di produzione di idrogeno verde in Italia.

Sono diversi i fattori alla base dell'aumento del consumo e della produzione di idrogeno in Italia. Tra questi, la necessità di decarbonizzare l'economia e ridurre le emissioni di gas serra, il desiderio di aumentare la sicurezza energetica e ridurre la dipendenza dalle importazioni di combustibili fossili, i progressi tecnologici che hanno reso più facile ed economico produrre e utilizzare l'idrogeno, il sostegno del governo allo sviluppo dell'economia dell'idrogeno e la domanda dell'industria di soluzioni energetiche pulite.

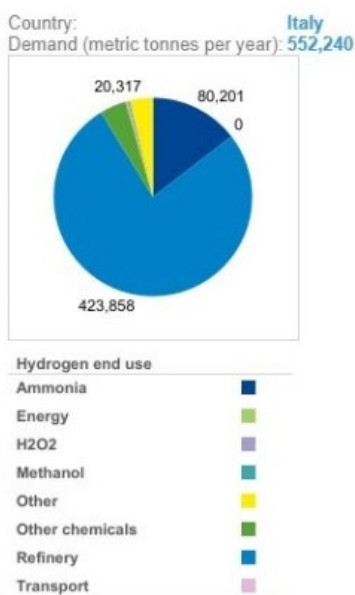


2. VOLUMI DI IDROGENO PRODOTTI E PRINCIPALI UTILIZZATORI

Ad oggi il consumo di idrogeno in Italia è quasi interamente limitato agli usi industriali nella raffinazione e nella chimica (ammoniaca) ed è prevalentemente di tipo grigio, si potrebbe partire quindi proprio da tali usi per sostituire l'idrogeno grigio con idrogeno sostenibile. La produzione avviene tipicamente in loco in grandi impianti di steam reforming del gas naturale e alimenta direttamente i processi chimici.

L'attuale **consumo finale di idrogeno** in Italia è pari a circa 16 TWh, pari **all'1% dei consumi finali di energia** a livello nazionale (1.436 TWh) e corrispondente a circa 550,000 t/anno, di cui circa 8,500 t/anno risultano commercializzati in bombole e in apposite tubature.

L'Italia rappresenta il quinto paese europeo a livello di consumo dove più del 70% della domanda proviene dal settore della raffinazione, circa il 14% dal settore dell'ammoniaca mentre la restante parte dagli altri settori dell'industria chimica.



Attualmente delle 552.240 tonnellate (si parla principalmente di idrogeno grigio), la maggior parte ovvero 423.858 tonnellate all'anno, viene prodotto e consumato dalle raffinerie, che storicamente utilizzano questo gas all'interno del loro processo produttivo. Segue, come fonte di domanda di idrogeno, la produzione di ammoniaca con 80.201 tonnellate annue, mentre gli altri comparti dell'industria chimica 'chiedono' 23.575 tonnellate di idrogeno. Hanno invece quote del tutto residuali – almeno per il momento – altri settori come i trasporti (81 tonnellate) e la

generazione di energia (1.513 tonnellate). Nell'immagine di fianco è presente un breakdown dei vari utilizzi.

La capacità di produzione e quindi di fornitura di H₂ in Italia – secondo la mappa del FCHO – ammonta invece a 1.960 tonnellate al giorno, grazie al lavoro di 30 impianti.



La gran parte della produzione, pari a 1.564,6 tonnellate al giorno, originata da 14 impianti, è però captive, ovvero destinata ad essere consumata dallo stesso produttore (tipicamente le già citate raffinerie), mentre soltanto 395,6 tonnellate giornaliere (prodotte da però da un maggior numero di impianti: 16) sono destinate ad essere vendute sul mercato.

In Italia, fino ad oggi, è ENI il maggior produttore e utilizzatore di idrogeno (330 mila tonnellate su 480 mila) che se ne serve appunto nelle sue raffinerie. Ma si tratta di idrogeno "grigio", prodotto dal metano dove ogni chilogrammo ottenuto rilascia circa nove chilogrammi di CO₂.

Per il prossimo decennio, secondo il report di Confindustria "Piano d'azione per l'idrogeno", l'uso dell'idrogeno si svilupperà anche nel settore industriale hard to abate (prevalentemente acciaio, cemento, vetro, carta e alluminio per le elevate temperature richieste o ammoniacca, fertilizzanti, raffinazione e plastica per l'impegno come materia prima), nei trasporti (prevalentemente mezzi pesanti a lungo raggio per i quali l'opzione dell'elettrificazione è meno efficace, ma potenzialmente anche bus, veicoli commerciali leggeri, treni, mezzi di movimentazione merci e auto di media/grande taglia¹) e, in modo minore, nel settore elettrico (considerando le opportunità connesse allo stoccaggio giornaliero e/o stagionale offerte dal vettore) e nel comparto residenziale e terziario. Oltre a questo, la miscelazione dell'idrogeno nella rete gas può essere impiegata per anticipare e stimolare la crescita del mercato dell'idrogeno. La crescita sull'impiego dell'idrogeno in questi settori conduce ad una previsione di crescita della penetrazione dell'idrogeno sugli impieghi finali dall'attuale ~1% a circa il 2% entro il 2030.



3. METODI PER IL TRASPORTO DI IDROGENO

Come si è detto nel paragrafo precedente, l'idrogeno prodotto ad oggi viene utilizzato principalmente in sito e solo una piccola parte viene trasportata.

Il trasporto dell'idrogeno in Italia è ancora nelle prime fasi di sviluppo e i dati disponibili sui volumi e i metodi specifici di trasporto dell'idrogeno nel Paese sono limitati. Tuttavia, ecco alcuni punti generali su come l'idrogeno viene tipicamente trasportato in Italia:

1. **Idrogeno compresso:** l'idrogeno viene spesso trasportato sotto forma di gas compresso in serbatoi o bombole speciali, progettati per resistere ad alte pressioni. Questi serbatoi possono essere trasportati su strada o su rotaia per fornire idrogeno a clienti industriali o a stazioni di rifornimento per veicoli a celle a combustibile.
2. **Idrogeno liquido:** l'idrogeno può essere trasportato anche in forma liquida, tipicamente raffreddando il gas a una temperatura di -253°C , a quel punto diventa liquido. L'idrogeno liquido richiede attrezzature specializzate per lo stoccaggio e il trasporto criogenico ed è utilizzato principalmente per applicazioni su larga scala, come la fornitura di idrogeno a clienti industriali o il rifornimento di grandi flotte di veicoli a celle a combustibile.
3. **Condotte:** Alcune aziende stanno valutando la possibilità di riutilizzare i gasdotti del gas naturale esistenti per il trasporto dell'idrogeno, il che potrebbe contribuire a ridurre i costi e la complessità della costruzione di nuove infrastrutture di distribuzione dell'idrogeno.

In generale, il trasporto dell'idrogeno in Italia è ancora nelle prime fasi di sviluppo e sono in corso sforzi per creare una catena di approvvigionamento e un'infrastruttura di distribuzione dell'idrogeno per sostenere la crescente domanda di idrogeno come fonte di energia pulita.

Secondo un rapporto del GSE, al 2020 non esistevano condotte commerciali per il trasporto dell'idrogeno in Italia. Tuttavia, il GSE ha riferito che sono in fase di pianificazione diversi progetti per lo sviluppo di un'infrastruttura per l'idrogeno nel Paese, tra cui l'installazione di stazioni di rifornimento di idrogeno per i veicoli a celle a combustibile e lo sviluppo di una rete di condotte per il trasporto dell'idrogeno.



Il GSE ha anche riferito che la maggior parte dell'idrogeno consumato in Italia è attualmente prodotto localmente, tipicamente come sottoprodotto di processi industriali, e che l'idrogeno è spesso trasportato in forma compressa a clienti quali aziende chimiche e stazioni di rifornimento.

Inoltre, il governo italiano ha intrapreso iniziative per promuovere lo sviluppo dell'economia dell'idrogeno, anche attraverso il lancio di una strategia nazionale sull'idrogeno nell'aprile 2021. La strategia prevede una serie di misure per promuovere la produzione, la distribuzione e l'utilizzo dell'idrogeno in vari settori, tra cui quello dei trasporti.

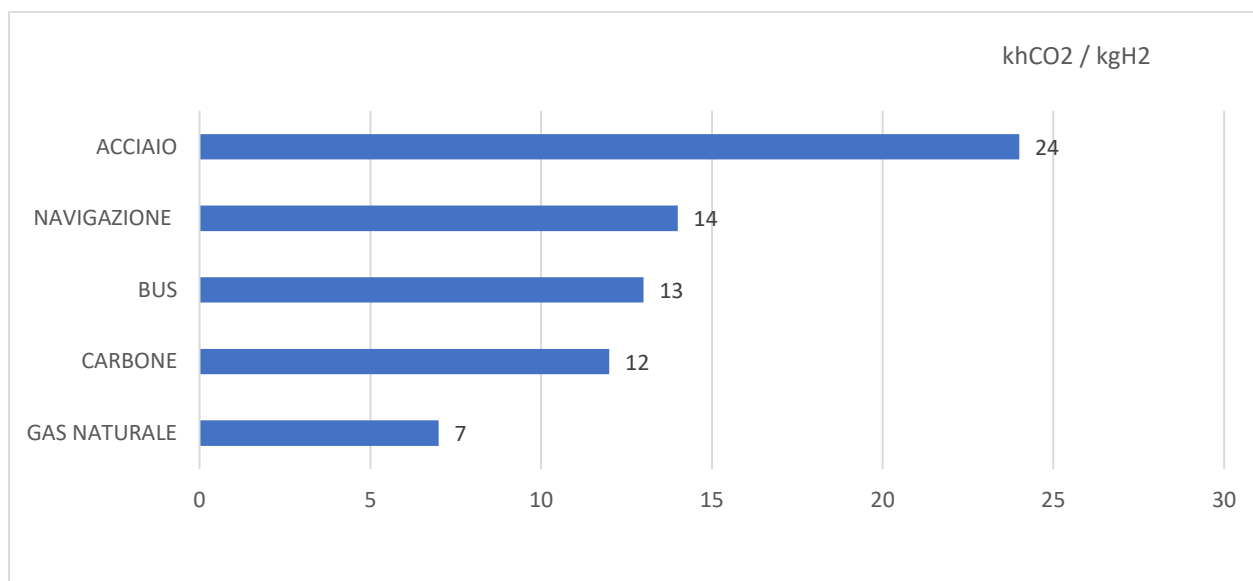


4. BILANCIO DI CO₂

Con riferimento al trasporto di idrogeno per mezzo di serbatoi compressi assume importanza chiave la definizione degli impatti generati dal trasporto su strada al netto dei benefici che derivano dall'utilizzo dell'idrogeno in un processo produttivo "hard-to-abate".

Per comprendere l'impatto dell'idrogeno sull'abbattimento delle emissioni a un livello tale da fornire una guida utile ai politici richiede una comprensione più approfondita dei diversi utilizzi finali in cui l'idrogeno potrebbe essere utilizzato per sostituire i combustibili fossili. Nei cinque casi d'uso che abbiamo analizzato, l'efficacia di riduzione della CO₂ di un chilogrammo (kg) di idrogeno varia notevolmente.

La Figura 1 mostra una panoramica dei casi analizzati.



L'utilizzo dell'idrogeno per la produzione di acciaio è una tecnologia attualmente nelle fasi finali di ricerca e sviluppo che è giunta alla costruzione dei primi impianti pilota. L'obiettivo è quello di sostituire il processo dell'altoforno a ossigeno (BOF), che è attualmente la tecnologia prevalente per la produzione primaria di acciaio e che utilizza il carbone sia come fonte di calore che per ridurre l'ossigeno dal minerale di ferro, con un processo chiamato riduzione diretta del ferro (DRI).



Una delle aziende pioniere nello sviluppo del processo DRI basato sull'idrogeno, HYBRIT, ha valutato il consumo energetico end-to-end associato sia alla nuova configurazione della catena di approvvigionamento sia al caso di riferimento di un altoforno. L'analisi dell'azienda include anche le attività minerarie per estrarre il minerale di ferro dal terreno. Secondo la ricerca di Hybrit, un altoforno emette 1.600 kgCO₂ dalla combustione di carbone e petrolio per produrre una tonnellata di acciaio grezzo. Il processo DRI emette solo 25 kg di CO₂ e consuma circa 50 kg di idrogeno, consumando a sua volta 2.633 kWh di energia. Questo suggerisce una riduzione delle emissioni di 32 kgCO₂ per kgH₂.

Tuttavia, sebbene questo sia un calcolo accurato della riduzione delle emissioni ottenuta per l'idrogeno consumato, il processo DRI crea un prodotto intermedio di ferro spugnoso che deve essere lavorato in un forno elettrico ad arco (EAF) per produrre acciaio grezzo, il prodotto finale del BOF. Per normalizzare il confronto con altri usi finali dell'idrogeno, il consumo di elettricità nel forno elettrico ad arco di 855 kWh per tonnellata di acciaio grezzo avrebbe potuto essere utilizzato per produrre altri 16 kg di idrogeno, il che implica un'efficacia normalizzata di 24 kgCO₂ per kgH₂.

Per completare il bilancio su bilancio di CO₂ è necessario analizzare le emissioni associate al trasporto su strada per una data quantità di idrogeno.

Il dato di partenza prende spunto da una Relazione della Commissione Europea "Bruxelles, 8.11.2021 COM(2021) 679 final - a norma del regolamento (UE) 2018/956, che analizza i dati trasmessi dagli Stati membri e dai costruttori per il periodo di riferimento 2019 sulle emissioni di CO₂ e sul consumo di carburante dei veicoli pesanti nuovi".

Dalla relazione è possibile assumere che le



Figura 1: Esempio carro bombolaio (Categoria 5-LH) per trasporto H₂

emissioni medie associate ad un veicolo tipicamente usato per il trasporto delle bombole di idrogeno (carri bombolai – Categoria 5 LH) ha emissioni specifiche medie pari a 786,26 g/km di CO₂.

I carri bombolai con semirimorchi sono dotati di un'intelaiatura protettiva e di una serie di cilindri capaci di contenere 300-400 Nm³ di idrogeno compresso a 20 Mpa.

Nel calcolo in basso è stato considerato nello specifico il trasporto di 450 kg di idrogeno trasportato a 228 bar ([Presentazione di PowerPoint \(confindustriaemilia.it\)](#)).

TIPOLOGIA VEICOLO	5-LH
EMISSIONI (g/km)	789,26
CARRO BOMBOLAIO (Qt. H2 in kg)	450
CO2 Saved X kg H2	24
Assumendo una tratta di km	300
EMISSIONI TOTALI TRASPORTO (kg)	236,778
EMISSIONI RELATIVE AL TRASPORTO DI 50 KG DI H2	26,30866667
TOTALE CO2 saved	1200,00
BILANCIO CO2 misurato in kg	1173,69

In base ai calcoli presentati in tabella si evince che nel processo di produzione dell'acciaio, al netto delle emissioni generate con il trasporto, utilizzando 50 kg di idrogeno si risparmiano circa 1174 kg di CO₂.



5. EMISSIONI SPECIFICHE DI CO₂ LEGATE AL TRASPORTO VERSO OFF-TAKER

Non avendo ancora stabilito accordi con possibili off-taker di idrogeno per l'impianto, nel paragrafo che segue sono state considerate le emissioni relative al trasporto di idrogeno verso tre potenziali siti che potrebbero assorbire la totalità dell'idrogeno prodotto.

Nello specifico l'impianto prevede la realizzazione di un elettrolizzatore da 25 MW.

Come si vede nella figura 4, è stata presa in considerazione la produzione di un impianto da 4 MW e di un impianto da 8 MW per verificare cosa succede all'aumentare della potenza.

4 MW - 800 Nm ³ /h - as generated			8 MW - 1,600 Nm ³ /h - as generated		
Hydrogen Production Plant			Hydrogen Production Plant		
Total Power Consumption	4,160	kW	Total Power Consumption	8,320	kW
Plant Turndown	20%	-	Plant Turndown	10%	-
Theoretical Production on 24h	19,200	Nm ³ /d	Theoretical Production on 24h	38,400	Nm ³ /d
Theoretical Production on 24h	1,7	TPD	Theoretical Production on 24h	3,4	TPD
Actual Yearly Hydrogen Production	2,859,297	Nm ³ /y	Actual Yearly Hydrogen Production	5,086,783	Nm ³ /y
Actual Yearly Hydrogen Production	255	TPA	Actual Yearly Hydrogen Production	454	TPA
Average Daily Hydrogen Production	0.70	TPD	Daily Hydrogen Production	1,24	TPD
Yearly Hours of Operations	3,939	h/y	Yearly Hours of Operations	3,939	h/y
Equivalent Hours of Operations @ 100%	3,574	h/y	Equivalent Hours of Operations @ 100%	3,179	h/y
Electric Energy from PV Plant			Electric Energy from PV Plant		
Excess Energy Sold to the Grid	21,034	MWh/y	Produced Energy Sold to the Grid	9,451	MWh/y
Energy Bought from the Grid	-	MWh/y	Energy Buyback from the Grid	-	MWh/y
Energy Balance	21,034	MWh/y	Energy Balance	9,451	MWh/y

Figura 4: Analisi di producibilità per l'impianto di elettrolisi con ipotesi 4 e 8 MW a confronto

Per l'impianto in questione di 25MW, assumendo un'efficienza del 75%, il valore stimato di produzione annua di idrogeno è di circa 1.542.678 kg, corrispondente ad un funzionamento di 3.939 ore alla portata di 5.000 Nm³/h con un consumo di circa 56 kWh di energia elettrica per produrre 1kg di idrogeno.



Come si può notare dall'immagine in basso l'emissione di CO₂ legata al trasporto di idrogeno gassoso aumenta linearmente all'aumentare della distanza percorsa.

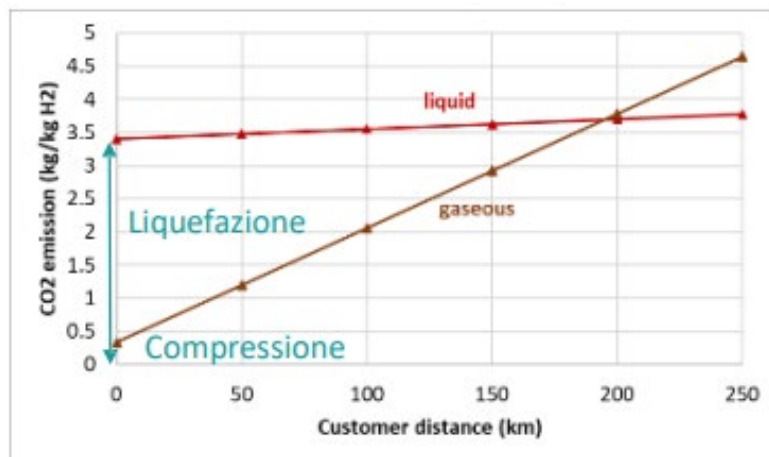


Figura 5: Relazione tra emissioni di CO₂ e distanza per il trasporto

Il primo potenziale off-taker potrebbe essere l'acciaiera di **"Acciaierie d'Italia"** che dall'impianto dista esattamente 4 km come si evince dall'immagine in basso.



Figura 6: Distanza impianto-Acciaieria

Utilizzando i dati presentati nel paragrafo precedente è possibile stimare sia il numero di veicoli che percorreranno la tratta sia la quantità di emissioni totali generate dal trasporto, il risultato del calcolo è presentato nella tabella seguente.

TIPOLOGIA VEICOLO	5-LH
EMISSIONI DI CO ₂ VEICOLO (g/km)	789,26
CARRO BOMBOLAIO (Qt. H ₂ in kg)	450
Assumendo una tratta di km	4,153
EMISSIONI TRASPORTO H ₂ PER TRATTA (kg)	3,27779678
QUANTITA ANNUA DI H ₂ PRODOTTA (kg)	256.994
TOTALE TRATTE ANNUE (PER TRASPORTO H₂)	571
TOTALE EMISSIONI ANNUE CO₂	1872

Il secondo possibile off-taker potrebbe essere la raffineria di **ENI** che si trova nella medesima area del primo e dista nello specifico 6 km dall'impianto come si evince dall'immagine in basso





Figura 7: Distanza impianto-Raffineria

Anche in questo caso la distanza con l'off-taker è stata inserita nei parametri per la valutazione delle emissioni ed i risultati sono visibili nella tabella in basso.

TIPOLOGIA VEICOLO	5-LH
EMISSIONI DI CO ₂ VEICOLO (g/km)	789,26
CARRO BOMBOLAIO (Qt. H ₂ in kg)	450
Assumendo una tratta di km	3,994
EMISSIONI TRASPORTO H ₂ PER TRATTA (kg)	3,15230444
QUANTITA ANNUA DI H ₂ PRODOTTA (kg)	256.994
TOTALE TRATTE ANNUE (PER TRASPORTO H₂)	571
TOTALE EMISSIONI ANNUE CO₂	1800

L'esempio finale prende in considerazione l'ipotesi di trasportare tutto l'idrogeno prodotto presso un centro di stoccaggio **Air Liquide**.

La sede più vicina al nostro impianto di produzione è quella di Caserta che dista circa 330 km come si vede dalla foto in basso.



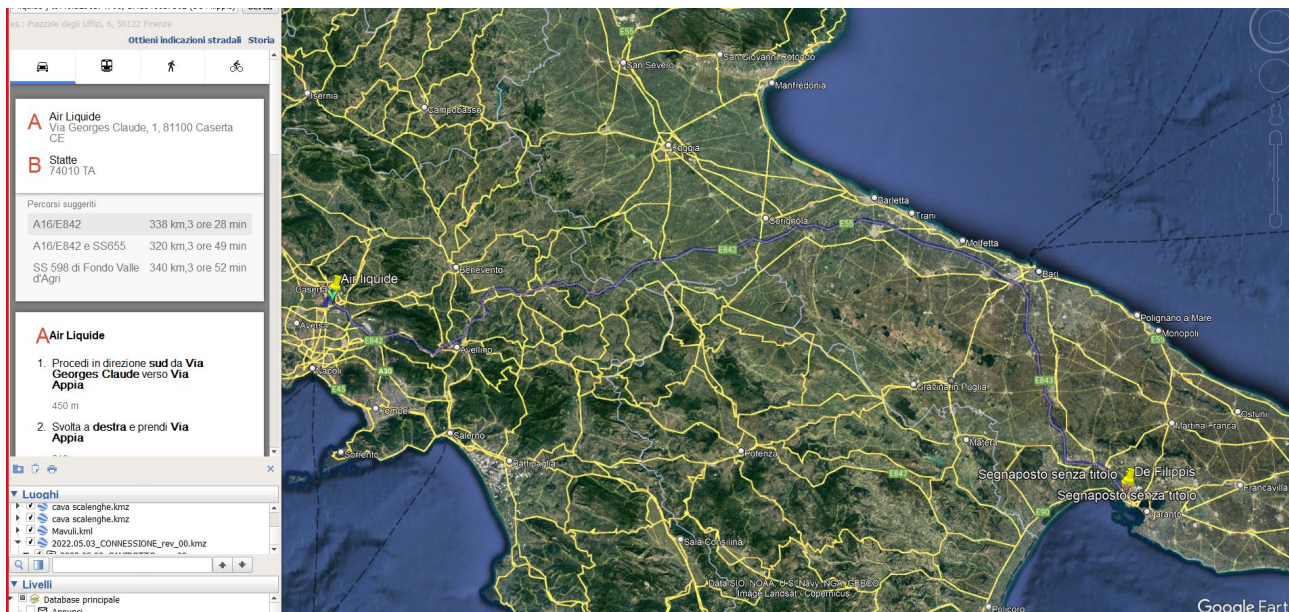


Figura 8: Distanza impianto-Deposito H2

In questo caso vista la distanza considerevole le emissioni aumentano sensibilmente rispetto alle due ipotesi precedenti.

TIPOLOGIA VEICOLO	5-LH
EMISSIONI DI CO ₂ VEICOLO (g/km)	789,26
CARRO BOMBOLAIO (Qt. H ₂ in kg)	450
Assumendo una tratta di km	330
EMISSIONI TRASPORTO H ₂ PER TRATTA (kg)	260,4558
QUANTITA ANNUA DI H ₂ PRODOTTA (kg)	256.994
TOTALE TRATTE ANNUE (PER TRASPORTO H₂)	571
TOTALE EMISSIONI ANNUE CO₂	148746



6. CONCLUSIONI

In base ai dati presentati negli ultimi due paragrafi è possibile affermare che l'integrazione dell'idrogeno all'interno di un processo produttivo industriale hard-to-abate conduce a chiari e calcolabili risparmi in termini di emissioni di CO₂.

Inoltre, il mero trasporto dell'idrogeno prodotto, specialmente in riferimento ai primi due esempi del paragrafo precedente produce emissioni trascurabili.

Infine, volendo esaminare anche il dato sul traffico aggiuntivo generato dalle suddette attività, possiamo affermare che l'impatto risulta del tutto marginale rispetto al flusso di veicoli pesanti già presente sulla tratta in esame.

Infatti in base alle rilevazioni ANAS effettuate sulla SS7 nei pressi delle due stazioni di rilevamento di Taranto, il traffico annuo medio giornaliero di veicoli pesanti ammonta a 1105. Riprendendo il dato sulle tratte annue necessarie per trasportare la totalità dell'idrogeno prodotto, ovvero 593, ne risulta che giornalmente avremmo un incremento del flusso veicolare di 1,62 veicoli che, in percentuale corrisponde ad un incremento inferiore allo 0,2%.



BIBLIOGRAFIA

- [“Piano d’azione per l’idrogeno”](#) Confindustria, 2020
- [“Webminar Confindustria FOCUS IDROGENO: lo stato delle diverse tecnologie e le prospettive di sviluppo a livello nazionale”](#) ENEA, 2021
- [“DATI DI TRAFFICO MEDIO GIORNALIERO ANNUALE”](#) ANAS, 2022

