

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

Relazione per la prova finale
***«Innovazioni tecnologiche nella corsa allo spazio:
propellenti green tra NASA e SPACEX e lo
stoccaggio del metano liquido su Marte»***

Tutor universitario: Prof.ssa Roberta Bertani

Laureando: Riccardo Bagliolid

N° matricola: 2000231

Anno Accademico 2022/2023

Padova, 25/09/2023

- **Presentare i propellenti green tra NASA e SPACEX**
- **Spiegare la possibilità dello stoccaggio liquido su Marte**
- **Presentare altri studi sui propellenti green**

INTRODUZIONE

➤ **PROPELLENTI GREEN TRA NASA E SPACEX**

NASA

SPACEX

➤ **IL METANO LIQUIDO**

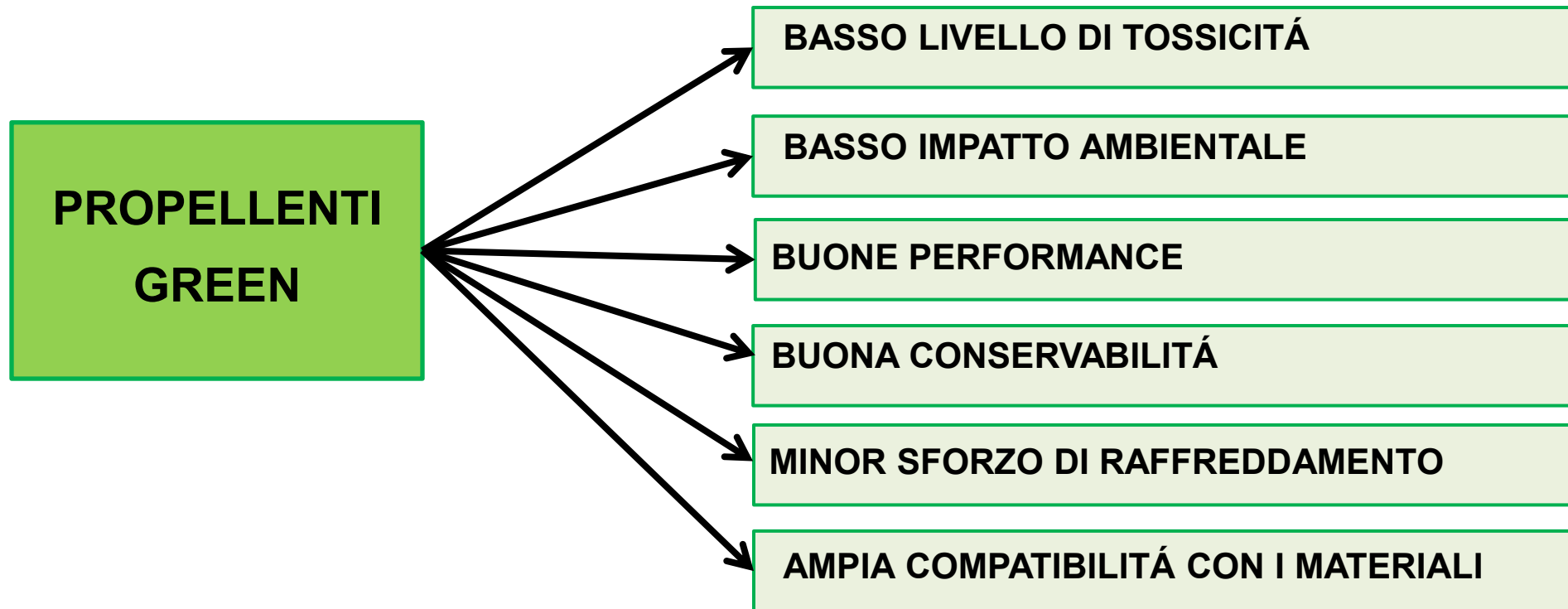
LE CARATTERISTICHE

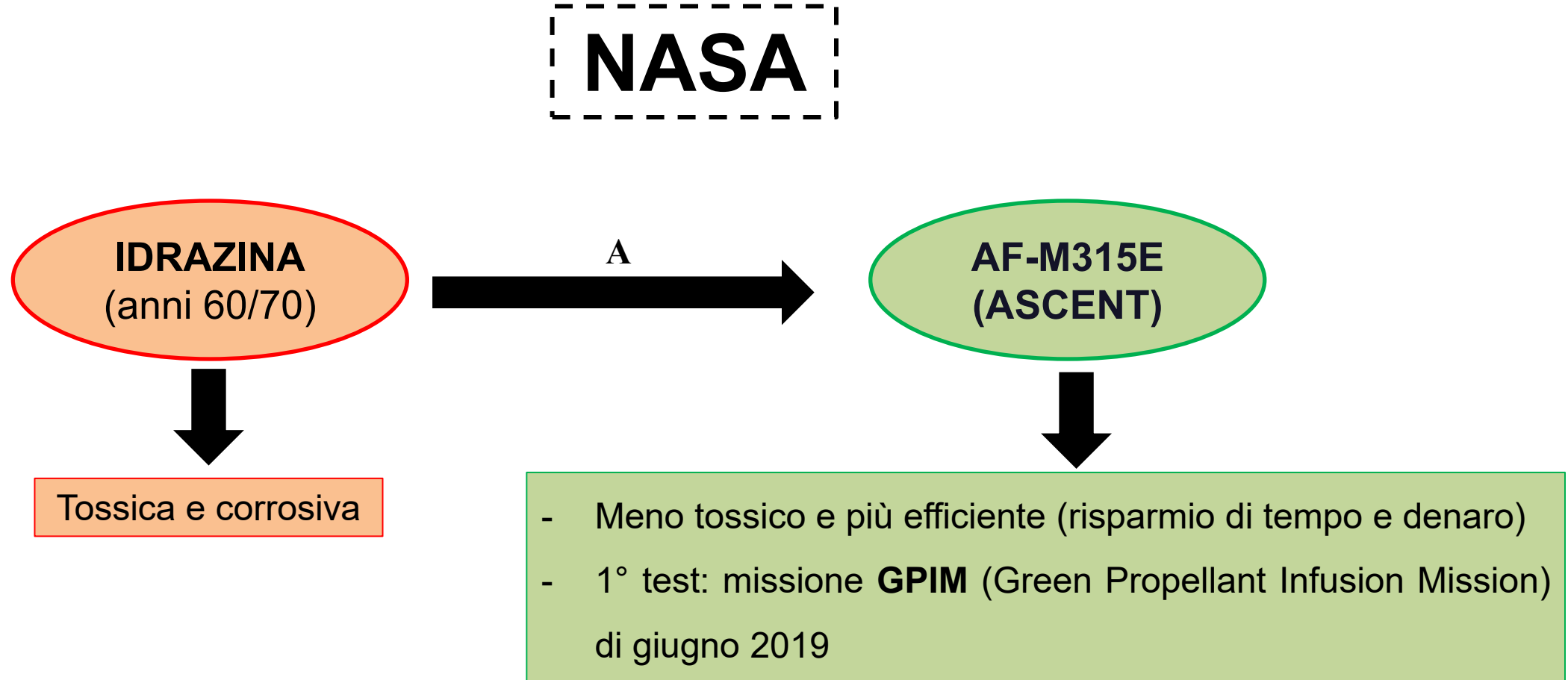
LO STOCCAGGIO SU MARTE

➤ **ALTRI STUDI**

CONCLUSIONI

SITOGRAFIA





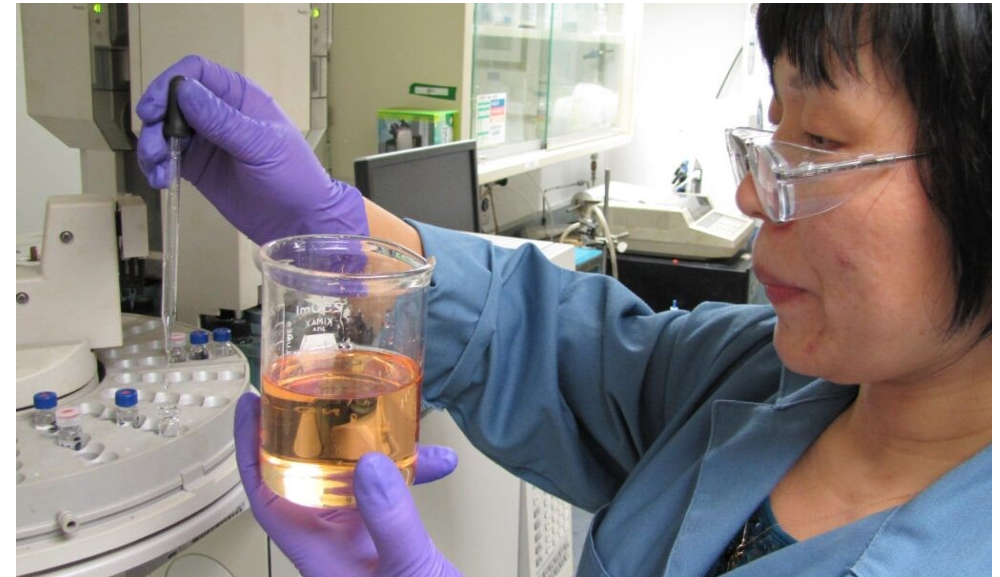
ASCENT

Densità maggiore (46%) ed impulso specifico maggiore (5% Isp) rispetto all'idrazina

Miscela altamente stabile anche a basse temperature grazie alla sua alta solubilità e alla pressione di vapore trascurabile dei suoi componenti

Non può congelare (tf - 80°C)

Sensibilità ridotta alla compressione adiabatica rispetto all'idrazina



**Realizzazione in laboratorio
del propellente ASCENT**

NASA: ASCENT

MISSIONE GPIM

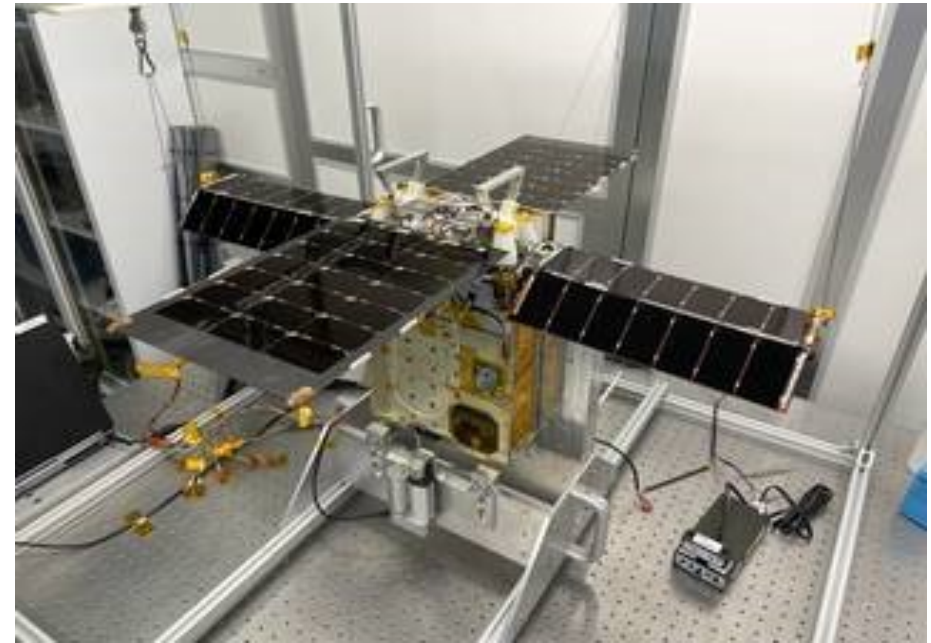
- **GIUGNO 2019** → lancio del satellite per testare efficienza e stabilità di ASCENT con:
 - manovre di **controllo d'assetto**
 - **cambiamenti dell'inclinazione e dell'altitudine dell'orbita**
- Missione conclusa con **successo**

LUNAR FLASHLIGHT (ARTEMIS 1 > HAKUTO R-1)

- ASCENT iniettato nei serbatoi del **satellite Lunar Flashlight** (partenza prevista nella missione Artemis 1, poi rilanciata con la missione Hakuto-R1)
- Un **guasto** del sistema di propulsione del veicolo ha impedito alla Lunar Flashlight di entrare in orbita attorno alla Luna e la NASA ha terminato la missione il 12 maggio 2023.
- Il veicolo spaziale **rimane operativo in un'orbita terrestre eccentrica.**



Green Propellant Infusion Mission (GPIM) della NASA all'interno del razzo Falcon Heavy



Veicolo spaziale Lunar Flashlight durante i test

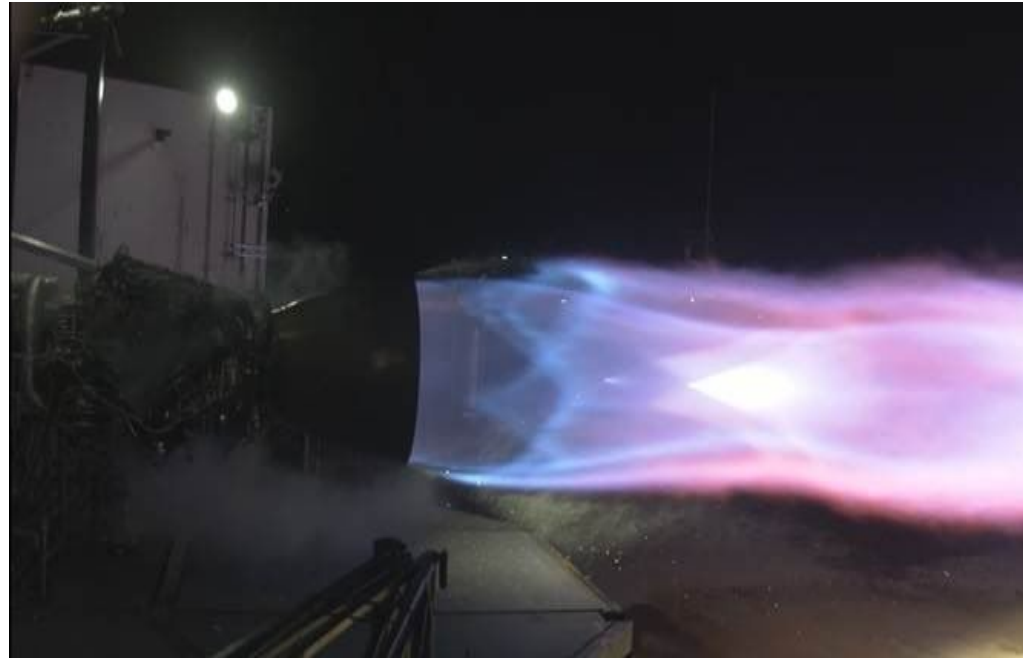
SPACEX

www.dii.unipd.it



X SpaceX sta iniziando un programma per la cattura della CO₂ atmosferica che intende poi trasformare in propellente per i suoi razzi

Motore *Raptor* di SpaceX



Riusabilità

Lunga vita

Non tossico

Non corrosivo

Autoventilante

Di facile eliminazione

**No processo di
decontaminazione
intensivo**

**Caratteristiche
eccellenti per
accensione a vuoto**

**Densità sei volte
superiore a quella
dell'idrogeno
(stoccaggio in
volumi minori)**

**Termicamente simile
all'O₂
111K LCH₄ - 90K O₂**

Come si può ottenere abbastanza combustibile per il veicolo spaziale per poi tornare sulla Terra?

Musk e SpaceX (metano liquido)

- **Infrastruttura solare** per generare elettricità con conseguente elettrolisi dell'anidride carbonica che produce metano (se mescolata con l'acqua del ghiaccio su Marte) → processo *Sabatier*
- **Fonte di energia?** → pannelli solari

Houlin Xin (metano liquido)

- **Catalizzatore di zinco** a singolo atomo che sintetizzerà l'attuale processo in due fasi in una reazione a singola fase utilizzando un dispositivo più compatto e portatile

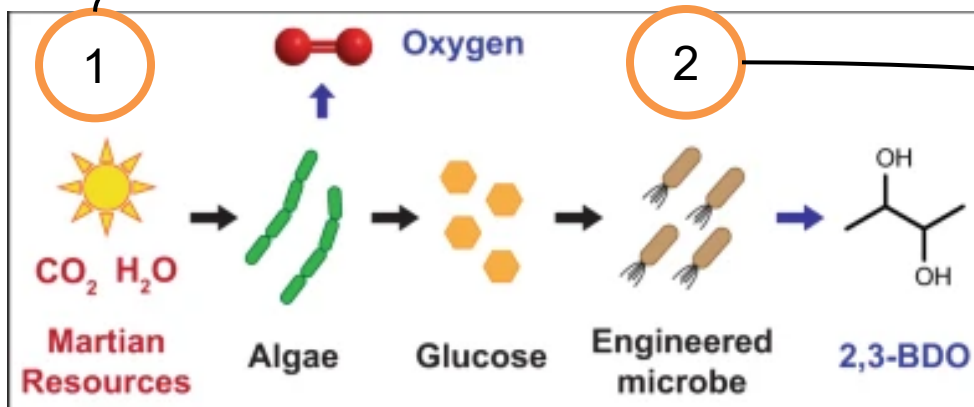
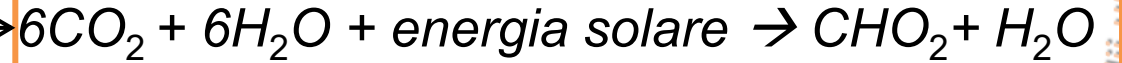
Come si può ottenere abbastanza combustibile per il veicolo spaziale per poi tornare sulla Terra?

Georgia Institute of Technology (2,3 butandiolo)

- **Bioproduzione** che usa **tre risorse** native del pianeta rosso (anidride carbonica, luce solare e acqua ghiacciata)
- **Trasporto** di due microbi su Marte: cianobatteri (CO₂ dall'atmosfera marziana e uso della luce solare per creare zuccheri) e un E. Coli ingegnerizzato che convertirebbe quegli zuccheri in un propellente per razzi marziani
- **Strategia bio-ISRU** → il 32% in meno di energia (ma pesa tre volte di più) rispetto alla strategia chimicamente abilitata proposta di spedire metano dalla Terra e produrre ossigeno tramite catalisi chimica.
- **CONSIDERAZIONI SULLA BIOPRODUZIONE:** migliorare velocità crescita cianobatteri, dimostrare che possono essere coltivati su Marte

Strategia bio-ISRU

1) Fotosintesi clorofilliana



2) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow (\text{CH}_3\text{CHOH})_2$ con *E. Coli* ingegnerizzato

➤ 3 enzimi:

- α – acetolattato sintasi,
- α – acetolattato decarbossilasi,
- butandiolo deidrogenasi

Università della California (Borazina $B_3N_3H_6$)

- vantaggi:
 - riduzione delle emissioni,
 - risparmio economico,
 - maggior energia sprigionata
 - condizioni più accessibili per il suo stoccaggio
- svantaggi:
 - meccanismi di decomposizione e ossidazione intrinseci del composto non permettono il rilascio di tutta la sua energia potenziale nella reazione di combustione
 - necessità di catalizzatori e ossidanti per fornire ossigeno extra a questo specifico carburante, condizione che lo ha escluso in quanto propellente finora per lo spazio

**Propellenti
green**

ASCENT

**LOX –
Methane**

**NASA
vs
SPACEX**

Borazina

**2,3
butandiolo**

<https://aerospaceamerica.aiaa.org/features/green-propellant/>
<https://aerospacecue.it/gpim-nasa-propellente-green/12596/>
<https://aerospacecue.it/lo-spazio-puo-essere-green-il-successo-della-missione-gpim/23821/>
<https://microbialcellfactories.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12934-018-1038-0#:~:text=Escherichia%20coli%20does%20not%20natively%20produce%20%2C3-butanediol%20and,of%20precursor%20pyruvate%20to%20%2C3-butanediol%20%5B%2011%20%5D.>
<https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20170001286/downloads/20170001286.pdf>
<https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20170005557/downloads/20170005557.pdf>
<https://ntrs.nasa.gov/citations/20170005557>
<https://webthesis.biblio.polito.it/secure/14625/1/tesi.pdf>
<https://www.astronautinews.it/2014/07/testato-un-nuovo-motore-con-propellente-pulito/>
<https://www.astrospazio.it/2022/01/24/raptor-2-sui-banchi-di-prova-osservati-i-nuovi-motori-in-azione/>
<https://www.focus.it/scienza/spazio/nasa-e-spacex-il-propellente-e-la-sicurezza>
<https://www.hdblog.it/green/articoli/n556127/razzi-spazio-inquinamento-falcon-9-spacex/>
https://www.hwupgrade.it/news/scienza-tecnologia/spacex-non-vuole-piu-inquinare-musk-annuncia-la-cattura-della-co2-atmosferica-per-convertirla-in-propellente_103189.html
<https://www.inverse.com/article/21492-spacex-methane-production-mars>
https://www.nasa.gov/centers/wstf/testing_and_analysis/propellants_and_aerospace_fulids/green_propellants.html
https://www.nasa.gov/mission_pages/tm/green/index.html
<https://www.nature.com/articles/s41467-021-26393-7>
https://www.researchgate.net/publication/224989842_LOXMethane_Technology_Efforts_for_Future_Liquid_Rocket_Engines
<https://www.sciencedaily.com/releases/2021/10/211027122016.htm>
<https://www.universityofcalifornia.edu/news/making-methane-mars>