

IDRATI DI METANO

___Indice___

Introduzione >

Un ghiaccio particolare >

Dove si trovano

Come si comportano

Il metano: un combustibile “pulito”

Idrati di metano e ambiente >

Limiti degli idrati di metano

Idrati e cambiamenti del clima

Uno sguardo al passato

IDRATI DI METANO

Introduzione

Il gas naturale è stata l'ultima fonte fossile di energia ad affermarsi a livello mondiale. Per più di un secolo, quando il gas veniva scoperto in siti lontani dai luoghi dove poteva essere consumato, si preferiva bruciarlo ai pozzi o liberarlo nell'atmosfera perché imbrigliarlo in un gasdotto e farlo viaggiare per chilometri e chilometri costava troppo. Grazie alla creazione delle infrastrutture necessarie al trasporto, spinte da una nuova coscienza sui problemi ambientali, la situazione è cambiata e oggi il gas naturale è al terzo posto nei consumi mondiali di energia ed è la fonte fossile con le migliori prospettive di crescita.

Un ghiaccio particolare

Chimicamente, gli idrati di metano sono costituiti da una molecola di metano e 6 di acqua ($\text{CH}_4\text{6H}_2\text{O}$) e appartengono alla famiglia dei "clatrati", particolari composti in cui la normale struttura cristallina del ghiaccio si altera a formare celle chiuse "a gabbia". Perché questo processo avvenga, sono necessari due fattori concomitanti: una bassa temperatura (-15°C) e un'elevata pressione ambientale (20 bar, corrispondenti ad una profondità marina di poco meno di 200 m), oltre che, naturalmente, una grande disponibilità di metano e di molecole di acqua.

Agli inizi degli anni '90, negli ambienti di ricerca sulla geologia marina si cominciò a parlare di una sostanza particolare, presente sui fondali oceanici: si trattava delle prime notizie sugli idrati di metano, che fino ad allora avevano ricevuto pochissima attenzione, in quanto ritenuti poco più di una curiosità geologica e privi di qualunque valore commerciale. Il metano cosiddetto biogenico viene rilasciato da processi di decomposizione della sostanza organica e si accumula all'interno dei sedimenti, dove può concentrarsi ed eventualmente risalire verso la superficie. Se la superficie è un fondale marino, il gas che si libera si combina con l'acqua fredda delle profondità abissali a formare una sorta di "ghiaccio". Le molecole di acqua cristallizzano formando strutture "a gabbia", all'interno delle quali si trovano intrappolate densità. Ghiacciando, l'acqua comprime il gas e il composto assume un'elevatissima densità.

Dove si trovano

Per le particolari condizioni in cui questi composti si formano e rimangono stabili, la loro presenza è limitata a tre ambienti: i fondali oceanici, i terreni interessati da permafrost e i ghiacci polari più profondi. Le condizioni più favorevoli alla formazione di idrati di metano si realizzano su grande scala sui fondali marini, dove si rinvencono a profondità comprese tra i 300 e i 3.000-4.000 m. Al di sopra di questa profondità la pressione non è sufficiente alla formazione di idrati di metano, al di sotto, dove sono ottimali le condizioni di pressione e temperatura, scarseggia la sostanza organica che origina il metano: manca, quindi la "materia prima". Per questo, i depositi di idrati di metano sembrano concentrarsi lungo la scarpata continentale che separa la piattaforma continentale dalle piane abissali profonde: qui si concentrano grandi quantità di sedimenti, spesso ricchi di sostanza

organica, che scivolano dai continenti verso il mare aperto lungo le scarpate. Tuttavia, se le temperature sono molto basse, gli idrati di metano si possono formare anche a pressioni meno elevate, come, per esempio, su fondali meno profondi (nelle zone polari) o nei terreni gelati del permafrost, come in vaste zone dell'Alaska e della Siberia. Le maggiori quantità di idrati di metano si trovano comunque negli oceani. Occupano gli spazi porosi nei sedimenti, per uno spessore di qualche centinaio di metri. A profondità più elevate all'interno dei sedimenti dove la temperatura aumenta a causa del gradiente geotermico, gli idrati di metano si dissociano in acqua e metano allo stato gassoso e come nei normali giacimenti costituiscono una sorta di "crosta" che racchiude metano allo stato gassoso.

Come si comportano

Costituiti da "gabbie" di ghiaccio che intrappolano molecole gassose, gli idrati di metano sono composti stabili solo quando si verificano condizioni di elevate pressioni e temperature molto basse. Se aumentano le temperature o si riducono le pressioni, il ghiaccio fonde e il metano si libera in forma gassosa: la sopravvivenza degli idrati di metano a pressione e temperatura ambiente è di pochi secondi. Per questo anche solo il semplice prelievo di campioni di questa sostanza è molto difficile, poiché, riportato in superficie, la maggior parte del metano si disperde e solo una minima parte può essere recuperata sotto forma di solido. Questa caratteristica è una delle principali limitazioni all'estrazione del metano immagazzinato sotto questa forma e anche una delle possibili fonti di gravi problemi ambientali legati al suo utilizzo. La fusione del ghiaccio contenuto negli idrati dei fondali oceanici può avvenire per diverse cause, ma la principale è sicuramente un aumento della temperatura dell'acqua. La liberazione del metano in forma gassosa provoca la formazione di bolle di gas che risalendo si espandono e, una volta raggiunta la superficie, si disperdono nell'atmosfera. Questo origina un caratteristico "ribollimento" delle acque interessate dal fenomeno.

Il metano: un combustibile "pulito"

Tra i combustibili fossili, il metano sembra attualmente essere quello che vedrà un crescente utilizzo nel prossimo futuro, grazie alla sua relativa abbondanza e grazie al fatto di essere relativamente "pulito". La sua molecola è costituita da 4 atomi di idrogeno e uno di carbonio (CH_4): bruciando, è l'idrocarburo che libera la minor quantità di carbonio per questo è meno dannoso per l'ambiente. Produce emissioni di CO_2 inferiori del 25% rispetto alla benzina, del 16% rispetto al Gpl, del 30% rispetto al diesel e del 70% rispetto al carbone. La sua capacità di formare ozono è inferiore del 80% rispetto alla benzina e del 50% rispetto a gasolio e Gpl. Inoltre, le emissioni della combustione non contengono residui carboniosi, benzene e polveri ultrasottili PM10, a differenza di benzine e gasolio. Tra tutti i combustibili fossili, il metano è sicuramente il più "ecologico". Si prevede che il suo utilizzo sia destinato ad aumentare grandemente nel prossimo futuro. Le riserve di gas naturale di origine "geologica" sono stimate sufficienti per 60-70 anni e sono in massima parte concentrate nelle regioni del Golfo Persico. Quantità decisamente minori vengono attualmente ricavate dai prodotti di scarto della produzione zoo-agricola, con l'utilizzo di digestori anaerobi che permettono di produrre metano dai liquami animali. Altre piccole quantità si possono ricavare dal metano autoprodotta nelle

miniere di carbone dismesse, che sfruttano il gas prodotto naturalmente e nel contempo ne impediscono la dispersione nell'ambiente.

Immense riserve. Gli idrati di metano potrebbero essere la fonte di energia del futuro. Un metro cubo di idrati di metano può contenere da 160 a 180 m³ di metano gassoso. Si calcola che sui fondali marini e nelle zone di permafrost siano presenti più di 100.000 milioni di miliardi di metri cubi di metano, intrappolati sotto forma di idrati. Alcune stime valutano in 5×10^{13} m³ le "riserve" contenute nel permafrost dell'Alaska e della Siberia e in $5-25 \times 10^{15}$ m³ quelle contenute nei fondali oceanici. La quantità sfruttabile potrebbe quindi essere di almeno due ordini di grandezza superiore rispetto alla quantità di metano presente sul pianeta e fornirebbe circa il doppio dell'energia ricavabile da tutti i depositi di combustibili fossili oggi conosciuti.

Idrati di metano e ambiente

Le conoscenze sugli idrati di metano, sul loro comportamento e sulla loro distribuzione, e i dati geologici del passato suggeriscono una grande cautela nella corsa all'utilizzo di questi composti per la produzione di metano. Lo sfruttamento di queste enormi riserve energetiche potrebbe risolvere temporaneamente molti problemi energetici e aiutarci nella difficile fase di passaggio dall'uso di combustibili fossili all'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili. Tuttavia, i rischi ambientali legati ad uno sfruttamento indiscriminato e non rispettoso dell'ambiente appaiono molto grandi. Lo sfruttamento commerciale deve quindi essere rimandato fino al momento in cui le tecnologie ci possano mettere al riparo dal rischio più grave, quello della liberazione di grandi quantità di metano in mare e nell'atmosfera. Ricordiamo anche il possibile rischio di innescare grandi franamenti sottomarini su vasta scala.

La presenza di composti dalle caratteristiche così particolari e instabili, così sensibili a variazioni anche minime di temperatura, ci mette comunque in guardia per quanto riguarda il contributo dell'uomo all'effetto serra: è vero che i dati geologici dimostrano che cambiamenti climatici a grande scala e "crisi" ambientali e climatiche a livello planetario si sono verificate nel passato geologico, anche senza alcun intervento da parte dell'uomo, ma il nostro comportamento potrebbe dare un contributo decisivo all'innescare di questi processi che, una volta iniziati, risulterebbero irreversibili.

Limiti degli idrati di metano

Lo sfruttamento di tali quantità di gas naturale oggi non è possibile: le attuali tecnologie non sono ancora in grado di prelevare gli idrati e di estrarne il gas senza disperderlo nell'ambiente. Il primo problema da risolvere è l'individuazione dei giacimenti. La ricerca degli idrati di metano utilizza metodi geofisici che sfruttano la proprietà dei livelli ricchi di idrati di riflettere le onde sismiche. Appositi sistemi (in genere "cannoni" ad aria compressa, per le indagini in mare) provocano la propagazione di onde sismiche che, attraversando le rocce sotto ai fondali, vengono riflesse da particolari livelli (i cosiddetti *Bottom Simulating Reflectors*). Questo avviene anche per i livelli ricchi di idrati: se ne ricavano così i cosiddetti "**profili sismici**", delle vere e proprie "ecografie" delle rocce che costituiscono i fondali. L'Italia è all'avanguardia in questo tipo di ricerche, portate avanti

dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale con la nave da ricerca OGS-Explora. Il secondo problema è che si sa ancora molto poco su questi composti: gli studi attualmente proseguono sia a scopo di ricerca scientifica, che a scopo commerciale. L'Istituto GEOMAR di Kiel, uno dei maggiori istituti di ricerca marina, ha messo a punto un laboratorio dove sono state ricreate le condizioni di temperatura e pressione necessarie alla sopravvivenza degli idrati di metano: questi possono quindi essere studiati in laboratorio e in condizioni controllate. Altri istituti di ricerca, come il Brookhaven National Laboratory (USA), stanno conducendo esperimenti sulla creazione di queste sostanze in laboratorio. Per quanto riguarda la ricerca commerciale, nel marzo del 2005 si è svolta una spedizione finanziata dal Dipartimento dell'Energia statunitense e dalla compagnia petrolifera Chevron-Texaco. In 35 giorni trascorsi nel Golfo del Messico, sono stati studiati e prelevati campioni di idrati a 1.300 m di profondità, con l'ausilio anche di minisommersibili. Test di laboratorio permetteranno di comprendere in che modo si possa ottenere la liberazione del metano imprigionato nel ghiaccio recuperandone la maggior quantità possibile e senza dispersioni nell'ambiente: le tecnologie estrattive, infatti, dovranno permettere la dissociazione e il recupero del gas direttamente nei sedimenti.

Idrati e cambiamenti del clima

Il metano è molto più opaco all'infrarosso della CO_2 e di conseguenza produce un effetto serra 20 volte superiore a quello dell'anidride carbonica. Si tratta di un gas il cui effetto sull'atmosfera è molto più pericoloso della CO_2 : i suoi effetti sono poco importanti perché, per il momento, si trova in quantità molto ridotte. Testimonianze geologiche nelle carote di ghiaccio antartico mostrano comunque che a periodi di clima più caldo sono sempre associati aumenti della concentrazione di metano nell'atmosfera. Lo sfruttamento degli idrati di metano potenzialmente espone al pericolo di liberare grandi quantità di metano, accidentalmente o come conseguenza indesiderata del processo estrattivo. Quello che è necessario evitare è che lo sfruttamento di questa immensa fonte energetica possa avvenire in modo irresponsabile: la liberazione di grandi quantità di metano potrebbe causare un aumento dell'effetto serra e, di conseguenza, un riscaldamento degli oceani. Questo porterebbe alla fusione di grandi quantità di idrati sui fondali, nei terreni a permafrost e nei ghiacci polari e un'ulteriore liberazione di metano, innescando così una serie di processi i cui effetti finali sono difficilmente prevedibili. Il contributo dell'uomo all'effetto serra, considerando di bruciare tutti i combustibili fossili a nostra disposizione, sarebbe "soltanto" di 200 miliardi di tonnellate di CO_2 : nulla a confronto con la possibilità che dagli idrati si liberino "spontaneamente" 10.000 miliardi di tonnellate di metano! Inoltre, i sedimenti delle scarpate continentali, in assenza di idrati, sarebbero costituiti da materiali incoerenti e instabili. La fusione degli idrati potrebbe verosimilmente provocare l'innescio di fenomeni franosi, anche su larga scala, nelle aree soggette a prelievi.

Uno sguardo al passato

Alcune evidenze geologiche mostrano che si sono verificate "crisi" climatiche su grande scala, che hanno modificato la distribuzione delle forme viventi sulla Terra. Recenti ricerche geologiche e paleontologiche sembrano dimostrare che in almeno una di queste crisi il ruolo giocato dagli idrati

di metano potrebbe essere stato molto importante. 55 milioni di anni fa, tra il Paleocene e l'Eocene, sul nostro pianeta si è verificata una catastrofe climatica e ambientale di enormi proporzioni, nota ai ricercatori come il **Massimo Termico Paleocene-Eocene** (o PETM, *Paleocene-Eocene Thermal Maximum*).

Il riscaldamento globale, che ha interessato tutto il pianeta, ha portato sulla terraferma a migrazioni di animali dalle zone subtropicali alle alte latitudini, mentre il 70% degli esseri viventi sui fondali marini è scomparso. Per cause non ancora comprese (ma probabilmente dovute ad un periodo di intensa attività vulcanica), si è verificato un riscaldamento degli oceani, a causa del quale grandi quantità di metano si sono liberate dai fondali marini e si sono poi disperse nell'atmosfera. Si parla di miliardi di tonnellate di gas liberate nel giro di qualche millennio, forse anche di qualche secolo. La fusione degli idrati ha reso instabili le scarpate continentali che, franando e scivolando, hanno liberato altro metano creando un processo ciclico che si è autoalimentato per un periodo durato 80.000-200.000 anni.

L'effetto serra provocato dal metano liberato ha ulteriormente riscaldato gli oceani, provocando la liberazione di altro metano e una riduzione dell'ossigeno disciolto nelle acque marine, con gravi danni per la vita marina. L'analisi di sedimenti marini e del loro contenuto paleontologico ha portato, negli anni '90, a stimare un riscaldamento degli oceani di 8-10°C. Questo ha modificato la circolazione oceanica e la circolazione atmosferica, provocando intense modificazioni climatiche, oltre che l'estinzione di numerose forme di vita. Altre "crisi" di questo genere sono documentate nella storia geologica della Terra 250 milioni di anni fa, nel Permiano o all'inizio del Giurassico. Per questi eventi così lontani nel tempo, non esistono prove geologiche che dimostrino una relazione con gli idrati di metano. In un passato più recente, invece, l'analisi dei sedimenti oceanici e lo studio della presenza di batteri che si nutrono di metano, mostra che in diverse parti del mondo ai periodi più caldi dell'ultimo periodo glaciale corrisponde sistematicamente la presenza di grandi quantità di metano emesse dai fondali marini (70.000 - 12.000 anni fa). Alcuni scienziati che studiano il problema del riscaldamento globale considerano che un aumento della temperatura del nostro pianeta possa innescare, a sua volta, una liberazione improvvisa del metano contenuto negli idrati.

Altre conseguenze. Gli idrati di metano, ora che sono stati scoperti, stanno dimostrando di essere presenti sui fondali marini in quantità enormi. Come già accennato, alcuni ricercatori ipotizzano che proprio gli idrati di metano costituiscano il "collante" che permette la stabilità dei sedimenti depositati lungo le scarpate continentali. La rapida fusione degli idrati di metano avrebbe, quindi, come effetto immediato la destabilizzazione dei sedimenti accumulati lungo le scarpate continentali. Questo potrebbe innescare fenomeni di franamento sottomarino, anche su scala molto grande, che a loro volta potrebbero provocare la propagazione di onde anomale.

Testo aggiornato ad agosto 2022