

# ASSESSMENT REPORT 2018 DELL' RTOC SUL PROTOCOLLO DI MONTREAL

Fabio Polonara<sup>1,4</sup>, Lambert J.M. Kuijpers<sup>2,4</sup>, Roberto A. Peixoto<sup>3,4</sup>  
UNEP TEAP-RTOC

## 1. INTRODUZIONE

Il Refrigeration Technical Options Committee (RTOC) del Protocollo di Montreal (United Nations Environment (UNEP) - <https://ozone.unep.org/>) ha pubblicato nel mese di marzo 2019 il proprio Rapporto quadriennale (UNEP, 2018).

L'RTOC è uno dei cinque Comitati sussidiari del TEAP (Technical Economical Assessment Panel), che assiste i paesi firmatari del Protocollo di Montreal nell'attuazione del Protocollo e dei suoi successivi Emendamenti, come l'Emendamento di Kigali che prevede la graduale eliminazione degli HFC (<https://ozone.unep.org/science/overview>).

Il Rapporto quadriennale 2018 descrive lo stato dell'arte delle tecnologie della Refrigerazione, del Condizionamento dell'Aria e delle Pompe di Calore (RACHP) in relazione al Protocollo di Montreal sull'eliminazione degli ODS (Ozone Depleting Substances, sostanze che impoveriscono l'ozono stratosferico) e all'Emendamento di Kigali sulla riduzione graduale dell'uso degli HFC.

## 2. IL RAPPORTO

Il Rapporto RTOC 2018 (UNEP, 2018) fa parte degli adempimenti dell'UNEP ai sensi dell'articolo 6 del Protocollo di Montreal ed è stato redatto dal Comitato per le Opzioni Tecniche nel campo della Refrigerazione, dell'Aria Condizionata e delle Pompe di Calore (RTOC, Refrigeration Technical Option Committee).

La sintesi delle informazioni raccolte (in particolare sotto forma di Key Messages e di Executive Summaries) fa anche parte del Rapporto quadriennale del TEAP (Technology and Economic Assessment Panel), nonché del Rapporto 2018 complessivo di sintesi, pubblicato nell'aprile 2019 dai tre Assessment Panels<sup>5</sup> che assistono i paesi firmatari del Protocollo di Montreal. Tutti i rapporti possono essere scaricati gratuitamente dal sito web del Protocollo di Montreal dell'UNEP: (<https://ozone.unep.org/science/assessment/teap>).

Il rapporto RTOC 2018 è stato preparato dai 40 membri ufficiali del Comitato ed è diviso in 14 capitoli. Ciascuno dei capitoli è stato sviluppato da 2-8 esperti nel settore specifico; ogni capitolo è stato presieduto da un Chapter Lead Author (CLA), che ha curato la maggior parte della stesura e del coordinamento.

Sono state redatte diverse bozze del rapporto, discusse in cinque riunioni del RTOC (2015-2018). Le riunioni si sono tenute a Parigi, Francia (2015), Kingston, Giamaica (2016), Amman, Giordania (2017), Bruges, Belgio (2017) e a Delhi, India (2018). Un ultimo incontro per discutere i commenti provenienti dalla "peer review" e per decidere i contenuti finali del Rapporto si è tenuto a Roma nel dicembre 2018.

Il rapporto RTOC 2018 è stato redatto nella forma di una serie di capitoli. Ci sono capitoli sui refrigeranti e le loro proprietà, sulle diverse aree di applicazione RACHP e

---

<sup>1</sup> Università Politecnica delle Marche, Ancona (Italia)

<sup>2</sup> A/genT Environmental Consultancy (Olanda)

<sup>3</sup> Instituto Mauá de Tecnologia, Sao Paulo (Brasile)

<sup>4</sup> The authors are RTOC members, this presentation is given in their personal capacity

<sup>5</sup> Vedi: <https://ozone.unep.org/science/overview>

c'è un capitolo sulla refrigerazione sostenibile. La struttura della relazione è simile alla struttura del Rapporto RTOC 2014 (UNEP, 2014).

La Tabella che segue riporta, per ogni singolo capitolo del Rapporto, l'elenco degli autori e dei coautori del capitolo.

Chapter	Chapter Lead Authors	Chapter Co-Authors
Capitolo 1, Introduzione	L. Kuijpers (NL), R. Peixoto (BR), F. Polonara (IT)	
Capitolo 2, Refrigeranti	A.Vonsild (DK)	J.M.Calm (US), D. Colbourne (UK), L. Kuijpers (NL), S. Yana Motta (PE)
Capitolo 3, Refrigerazione Domestica	S. Devotta (IN)	M. Janssen (NL), R. DeVos (US)
Capitolo 4, Refrigerazione Commerciale	R. Rajendran (US)	M. Janssen (NL), M. Kauffeld (DE), D. Mohan Lal (IN), P. Nekså (NO), P.H. Pedersen (DK), S. Yana Motta (PE)
Capitolo 5, Refrigerazione Industriale e Sistemi a Pompa di Calore	A.Pachai (DK)	M.C. Britto Bacellar (BR), H. Nelson (JM), M. Alaa Olama (EG)
Capitolo 6, Refrigerazione nei Trasporti	R. Čermák (CZ)	H. König (DE), A. Pachai (DK), R. Lawton (UK), G. Rusignuolo (US)
Capitolo 7, Climatizzatori e Pompe di calore Aria-Aria	D. Colbourne (UK)	S. Devotta (IN), S. Hamed (JO), T. Li (CN), T. Okada (JP), R. Rajendran (US), H. Yamaguchi (JP)
Capitolo 8, Pompe di calore per Riscaldamento di Ambienti e di ACS	M. Dieryckx (BE)	Guangming Chen (CN), R. Gluckman (UK), M. Grozdek (HR), P. Nekså (NO), T. Okada (JP)
Capitolo 9, Chiller	D. Dorman (US)	J.M. Calm (US), M. Dieryckx (BE), S. Hamed (JO), A. Pachai (DK), G. Rusignuolo (US)
Capitolo 10, Climatizzatori per Autoveicoli	C. Malvicino (IT)	R. Čermák (CZ), Jiangping Chen (CN), D. Godwin (US), J. Köhler (DE), S. Yana Motta (PE)
Capitolo 11, Efficienza Energetica e Sostenibilità applicate alla Refrigerazione	H. König (DE), P. Vodianitskaia† (BR)	R. DeVos (US), B. Elassaad (LB), D. Godwin (US), M. Kauffeld (DE), M. Mousa (SA), A. Pachai (DK)
Capitolo 12, Tecnologie Not-In-Kind	M. Alaa Olama (EG)	Guangming Chen (CN), S. Devotta (IN), S. Hamed (JO), P. Vodianitskaia† (BR)
Capitolo 13, Applicazioni in Condizioni di Alta Temperatura Esterna	B. Elassaad (LB)	D. Colbourne (UK), M. Dieryckx (BE), S. Hamed (JO), L. Kuijpers (NL), T. Li (CN), M. Mousa (SA), M. Alaa Olama (EG), A. Pachai (DK), R. Peixoto (BR)
Capitolo 14, Modelli per la valutazione di Stoccaggi ed Emissioni	L. Kuijpers (NL)	D. Godwin (US), M. Janssen (NL), M. Mousa (SA), R. Peixoto (BR), A. Vonsild (DK)

In tutti i capitoli sono presenti Key Messages ed Executive Summary. I Key Messages dei diversi capitoli sono riportati qui di seguito.

### 3. KEY MESSAGES

#### *Refrigeranti*

- Dalla pubblicazione del Rapporto RTOC 2014 (UNEP, 2014), 35 nuovi refrigeranti hanno ricevuto una sigla ASHRAE Standard 34 e una classificazione di sicurezza e cinque sono sostanze pure.
- Non esiste un refrigerante "ideale". La selezione del refrigerante è un risultato equilibrato di diversi fattori che includono: idoneità all'uso specifico, disponibilità, costo del refrigerante e attrezzature e servizi associati, efficienza energetica, sicurezza, facilità d'uso e problematiche ambientali.

- La graduale eliminazione degli HFC in conseguenza dell'Emendamento Kigali, così come i regolamenti regionali e nazionali, stanno spingendo il settore verso l'uso di refrigeranti a basso GWP. Negli ultimi anni sono stati proposti molti nuovi refrigeranti con GWP bassi, il che crea una sfida per trovare il miglior refrigerante per ciascuna applicazione. Si prevede che molti dei refrigeranti introdotti di recente svolgano solo un ruolo temporaneo nel processo di riduzione graduale, poiché il loro GWP potrebbe ancora essere troppo elevato per i requisiti futuri.
- I refrigeranti con un basso impatto diretto sul cambiamento climatico sono spesso infiammabili e possono presentare una certa tossicità. Al fine di mantenere gli attuali livelli di sicurezza, sono state sviluppate nuove tecnologie e sarà necessario un maggiore livello di formazione dei tecnici addetti alla manutenzione.

### ***Refrigerazione Domestica***

- L'isobutano, HC-600a (prevalentemente) e l'HFC-134a continuano ad essere le principali opzioni per i prodotti nuovi e attualmente oltre 1 miliardo di frigoriferi domestici utilizzano HC-600a. Nessuno degli altri nuovi refrigeranti sembra capace di diventare un'alternativa a basso consumo energetico ed economicamente vantaggiosa.

### ***Refrigerazione Commerciale***

- Le miscele di HFC/HFO a basso GWP e le opzioni senza sostanze alogenate come R-744, HC-290, HC-600a e R-717 sono sempre più utilizzate, soprattutto perché ricerca e sviluppo continuano a migliorare le prestazioni dei sistemi; questa tendenza continuerà anche quando nuove normative sui requisiti di sicurezza entreranno in vigore nei prossimi anni.

### ***Refrigerazione Industriale e Sistemi a Pompa di Calore***

- Nei grandi impianti di refrigerazione industriale, l'R-717 è ampiamente utilizzato da oltre 150 anni. Gli attuali progressi tecnologici consentono di ampliare lo spettro di utilizzo dei sistemi con R-717, nonché di sistemi in cascata che utilizzano R-717 insieme a R-744, aprendo nuove opportunità.

### ***Refrigerazione nei Trasporti***

- In alcune regioni, dall'ultimo Rapporto RTOC 2014 si è verificata una migrazione significativa dall'R-404A a fluidi con GWP più basso. Oggi, l'R-404A è stato completamente sostituito dall'R-452A in nuove attrezzature per camion e rimorchi in Europa. Questa tendenza dovrebbe estendersi presto al resto del mondo.
- R-744 e R-513A sono stati introdotti nelle applicazioni di container intermodali. L'R-744 viene testato sul campo su camion e rimorchi.

### ***Climatizzatori e Pompe di Calore Aria-Aria***

- L'eliminazione dell'HCFC-22 nei paesi non compresi nell'Articolo 5<sup>6</sup> del Protocollo di Montreal è sostanzialmente completa e sta procedendo nei paesi ricompresi nell'Articolo 5<sup>7</sup>.
- Si registra una continua introduzione di nuovi refrigeranti da utilizzare nei condizionatori d'aria e nelle pompe di calore aria-aria, ma pochi eguagliano o superano le prestazioni

<sup>6</sup> "non-Article 5" are those countries not included in Article 5 of Montreal Protocol (see <https://ozone.unep.org/classification-of-parties>)

<sup>7</sup> "Article 5" parties are those developing countries included in Article 5 of Montreal Protocol (see: <https://ozone.unep.org/montreal-protocol-substances-deplete-ozone-layer/79722/22> and <https://ozone.unep.org/classification-of-parties>)

dell'HCFC-22 indipendentemente dal GWP. L'ottimizzazione di componenti e sistemi è il modo per migliorare queste prestazioni.

- Nonostante il basso rischio segnalato per alcune applicazioni, le normative di sicurezza restano restrittive per diversi refrigeranti infiammabili a basso GWP in determinati tipi di prodotto, ma sono in revisione per tutti i refrigeranti.

### ***Pompe di calore per Riscaldamento di Ambienti e di ACS***

- Le pompe di calore per il riscaldamento ambientale e l'acqua calda sanitaria (ACS) sono un mercato dinamico con una serie di opzioni. Il refrigerante a basso GWP HC-290 e il refrigerante a medio GWP HFC-32 sono disponibili in commercio e altre miscele HFC a medio e basso GWP sono disponibili in commercio. Le pompe di calore per il riscaldamento dell'acqua sanitaria basate su R-744 sono state principalmente sviluppate e commercializzate in Giappone, dove dal 2001 sono state installate circa 6 milioni di unità. In Europa il mercato riguarda soprattutto unità di grandi dimensioni per case plurifamiliari e hotel.

### ***Chiller***

- L'eliminazione dei CFC e degli HCFC nei chiller di nuova produzione è praticamente completata. L'uso dell'HCFC-22 nei piccoli chiller di nuova produzione è stato eliminato nei paesi non compresi nell'Articolo 5, mentre continua in maniera limitata nei paesi compresi nell'Articolo 5.
- La ricerca di refrigeranti alternativi con basso GWP ha prodotto diverse alternative accettabili per l'uso nei chiller.

### ***Climatizzatori per Autoveicoli***

- Allo stato attuale l'HFC-134a rimane ampiamente accettato in tutto il mondo per i climatizzatori di auto nuove mentre, a causa delle normative più stringenti, l'uso di HFO-1234yf continuerà ad espandersi principalmente negli Stati Uniti, in Europa e in Giappone. L'R-744, attualmente disponibile per pochissimi modelli di auto, potrebbe diventare un'opzione interessante per i veicoli elettrici, soprattutto se utilizzato in modalità pompa di calore reversibile per riscaldamento e raffreddamento.

### ***Efficienza Energetica e Sostenibilità applicate alla Refrigerazione***

- I metodi, gli strumenti e gli incentivi descritti nel presente capitolo possono essere utilizzati sia dall'industria che dai decisori politici per stimolare e sostenere i miglioramenti in materia di efficienza energetica e sostenibilità. Pur mantenendo l'attenzione sui possibili impatti ambientali dei sistemi di refrigerazione, una ampia gamma di altri aspetti ambientali e sociali relativi alla refrigerazione è brevemente descritta in questo capitolo,
- Vengono descritti criteri di selezione sostenibili per i refrigeranti. Riguardano l'efficienza energetica, l'impatto sul clima e l'idrosfera, l'uso di energie rinnovabili e altre opzioni per ridurre le emissioni di GHG e il consumo di risorse naturali, adattabilità per lo stoccaggio di energia termica, costi, livello di sviluppo tecnologico, sicurezza, infiammabilità e responsabilità civile.

### ***Tecnologie Not-in-Kind***

- Le tecnologie Not-In-Kind (NIK) sono quelle che non utilizzano la tecnologia della compressione meccanica del vapore (MVC).
- Queste tecnologie possono essere classificate come "ampiamente disponibili in commercio", "disponibili in commercio" o "emergenti e in Ricerca & Sviluppo". Sono divisi in tre gruppi: (1) tecnologie termiche, (2) a stato solido e (3) elettromeccaniche.
- Le tecnologie termiche sono disponibili commercialmente; le tecnologie a stato solido sono per lo più disponibili commercialmente; le tecnologie elettromeccaniche sono per lo più nella fase di ricerca e sviluppo. Si presume che le ultime diventino le tecnologie NIK del prossimo futuro, con COP più elevati rispetto alle altre tecnologie NIK.
- Le tecnologie NIK dovrebbero garantire risparmi sui costi operativi. La loro capacità di utilizzare calore di scarto e fonti di energia rinnovabile rende la loro applicazione potenzialmente ad alta efficienza energetica.

### ***Applicazioni in Condizioni di Alta Temperatura dell'Ambiente Esterno (HAT)***

- Le ricerche condotte in condizioni HAT rivelano la disponibilità di valide alternative ai refrigeranti con elevato GWP.
- C'è notevole consapevolezza delle sfide rappresentate dalle condizioni HAT nella progettazione, implementazione e manutenzione delle apparecchiature che usano refrigeranti a basso GWP in grado di fornire un alto livello di efficienza energetica.

### ***Modelli per la Valutazione di Stoccaggi ed Emissioni***

- La valutazione della domanda attuale e futura di refrigeranti è ottenuta con calcoli "bottom-up" di stoccaggi ed emissioni che forniscono una buona visione degli sviluppi futuri, anche se questi implicano l'assunzione di una grande quantità di parametri. Ciò include crescita economica, tipo di macchine, emissioni in atmosfera, condizioni di fine vita, recupero e riciclaggio.
- La metodologia utilizzata dall'RTOC per modellare stoccaggi ed emissioni è descritta per la prima volta in modo esaustivo nel presente Rapporto.

## **4. REVISIONE**

Dopo l'incontro in India (marzo 2018), è stata elaborata una bozza per la revisione. Questa bozza è stata sottoposta a revisione da parte di un certo numero di istituzioni e associazioni internazionali (venti in totale); ciascuna di essi ha esaminato (tramite i propri esperti) i diversi capitoli in uno sforzo coordinato. Ciò è avvenuto tra la fine di agosto 2018 e l'inizio di ottobre 2018 (si veda la tabella seguente per le organizzazioni coinvolte). Sono stati ricevuti in totale 2000 commenti.

1 AICARR	IT	Ass. Italiana Condizionamento dell'Aria Riscaldamento e Refrigerazione
2 AIRAH	AU	Australian Institute of Refrigeration, Air Conditioning and Heating
3 ASHRAE	US	American Society of Heating, Refrigeration and AC Engineers
4 CAR	CN	Chinese Association of Refrigeration
5 CARB	US	California Air Resources Board
6 CHEAA	CN	China Household Electric Appliances Association
7 CRAA	CN	Chinese Refrigeration and Air Conditioning Association
8 CSE	IN	Center for Science and Environment, CSE India
9 DKV	DE	German Refrigeration Association
10 EHPA	EU	European Heat Pump Association
11 EIA	US	Environmental Investigation Agency
12 EPEE	EU	European Partnership for Environment and Energy
13 eurammon	EU	European Industry - Association for Ammonia etc
14 IIR		International Institute of Refrigeration
15 IOR	UK	Institute of Refrigeration, UK
16 ISHRAE	IN	Indian Society Heating Refrigeration Air Conditioning Engineers
17 JRAIA	JP	Japanese Refrigeration and Air-conditioning Industry Association
18 NIST	US	National Institute of Standards and Technology
19 SAE	US	SAE Interior Climate Control Steering Committee
20 shecco		R/AC Market Development Expert Organization Brussels

Durante la riunione di Roma di dicembre 2018 i commenti ricevuti sono stati esaminati e, dopo un'ultima revisione da parte dei CLA e dei coautori, è stata preparata la versione definitiva. Il Rapporto è stato quindi presentato all'UNEP nel febbraio 2019. I Key Messages fanno parte (come anche i Key Messages di tutti i rapporti dei TOC) del Rapporto TEAP 2018 che è stato licenziato durante la riunione TEAP dell'aprile 2019.

## 5. RIFERIMENTI

- UNEP, 2014. 2014 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee, available at: <https://ozone.unep.org/science/assessment/teap?page=3>. Accessed April 26, 2019
- UNEP, 2018. 2018 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee, available at: <https://ozone.unep.org/science/assessment/teap>. Accessed April 26, 2019