

Tabella comparativa fluidi di raffreddamento

3M™ Novec™ · 3M™ Fluorinert™ · Themasolv™ (Inventec) — confronto per equivalenza e fascia di ebollizione

≈ equivalente	Corrispondenza diretta: ebollizione identica o $\pm 5^{\circ}\text{C}$, proprietà fisiche molto vicine	~ simile	Miglior alternativa disponibile; possibili piccoli aggiustamenti di progetto	GWP:	≤150	151–600	>600 / alto
----------------------	---	-----------------	--	------	------	---------	-------------

FASCIA A · 19–50 °C — immersion cooling, two-phase, test criogenico

Proprietà	Themasolv DC1	~ simile	Themasolv DC2
Ebollizione (°C)	19		26
Pour point (°C)	-101		-103
Densità (kg/m³)	1260		1346
Calore vap. (kJ/kg)	194		163
Viscosità cin. (cSt)	0.5		0.4
Spec. Heat (J/kg·K)	693		1210
Cond. termica (W/m·K)	0.077		0.086
Cost. dielettrica	7.4		n.d.
Rig. dielettrica (kV)	47		n.d.
Resistività (Ohm·cm)	10 ⁸		10 ⁸
GWP	1		<10
Proprietà	Fluorinert FC-3284	~ simile	Themasolv DC3
Ebollizione (°C)	50		33
Pour point (°C)	-73		-88
Densità (kg/m³)	1710		1360
Calore vap. (kJ/kg)	105		166
Viscosità cin. (cSt)	0.42		0.38
Spec. Heat (J/kg·K)	1100		1200
Cond. termica (W/m·K)	0.062		0.077
Cost. dielettrica	1.9		32
Rig. dielettrica (kV)	>40		10
Resistività (Ohm·cm)	10 ¹⁵		10 ⁸
GWP	alto*		2

Proprietà	Themasolv DC2	~ simile	Themasolv DC3
Ebollizione (°C)	26		33
Pour point (°C)	-103		-88
Densità (kg/m³)	1346		1360
Calore vap. (kJ/kg)	163		166
Viscosità cin. (cSt)	0.4		0.38
Spec. Heat (J/kg·K)	1210		1200
Cond. termica (W/m·K)	0.086		0.077
Cost. dielettrica	n.d.		32
Rig. dielettrica (kV)	n.d.		10
Resistività (Ohm·cm)	10 ⁸		108
GWP	<10		2
Proprietà	Novec 649	≈ equiv	Themasolv IM2
Ebollizione (°C)	49		49
Pour point (°C)	-108		-108
Densità (kg/m³)	1600		1600
Calore vap. (kJ/kg)	88		88
Viscosità cin. (cSt)	0.4		0.4
Spec. Heat (J/kg·K)	1103		1100
Cond. termica (W/m·K)	n.d.		0.059
Cost. dielettrica	1.8		1.84
Rig. dielettrica (kV)	>40		>40
Resistività (Ohm·cm)	10 ¹²		10 ¹³
GWP	<1		<10

Proprietà	Fluorinert FC-72	~ simile	Thermasolv IM6
Ebollizione (°C)	56		47
Pour point (°C)	-90		-117
Densità (kg/m³)	1680		1600
Calore vap. (kJ/kg)	88		93
Viscosità cin. (cSt)	0.38		0.36
Spec. Heat (J/kg·K)	1100		1090
Cond. termica (W/m·K)	0.057		0.063
Cost. dielettrica	1.8		1.88
Rig. dielettrica (kV)	>40		79
Resistività (Ohm·cm)	10 ¹⁵		10 ¹⁵
GWP	alto*		1

Proprietà	Thermasolv NEMO1	~ simile	Novec 649
Ebollizione (°C)	54		49
Pour point (°C)	-80		-108
Densità (kg/m³)	1390		1600
Calore vap. (kJ/kg)	213		88
Viscosità cin. (cSt)	0.4		0.4
Spec. Heat (J/kg·K)	1091		1103
Cond. termica (W/m·K)	0.137		n.d.
Cost. dielettrica	12		1.8
Rig. dielettrica (kV)	6		>40
Resistività (Ohm·cm)	8.7×10 ⁸		10 ¹²
GWP	1		<1

FASCIA B · 51–65 °C — immersion / two-phase, rack server

Proprietà	Novec 7100	≈ equiv	Thermasolv IM1
Ebollizione (°C)	61		61
Pour point (°C)	-135		-135
Densità (kg/m³)	1510		1520
Calore vap. (kJ/kg)	112		112
Viscosità cin. (cSt)	0.38		0.38
Spec. Heat (J/kg·K)	1183		1170
Cond. termica (W/m·K)	n.d.		0.066
Cost. dielettrica	7.4		7.4
Rig. dielettrica (kV)	>25		28
Resistività (Ohm·cm)	10 ⁸		10 ⁹
GWP	297		460

Proprietà	Novec 649	≈ equiv	Thermasolv IM2
Ebollizione (°C)	49		49
Pour point (°C)	-108		-108
Densità (kg/m³)	1600		1600
Calore vap. (kJ/kg)	88		88
Viscosità cin. (cSt)	0.4		0.4
Spec. Heat (J/kg·K)	1103		1100
Cond. termica (W/m·K)	n.d.		0.059
Cost. dielettrica	1.8		1.84
Rig. dielettrica (kV)	>40		>40
Resistività (Ohm·cm)	10 ¹²		10 ¹³
GWP	<1		<10

Proprietà	Fluorinert FC-72	~ simile	Thermasolv IM6
Ebollizione (°C)	56		47
Pour point (°C)	-90		-117
Densità (kg/m³)	1680		1600
Calore vap. (kJ/kg)	88		93
Viscosità cin. (cSt)	0.38		0.36
Spec. Heat (J/kg·K)	1100		1090
Cond. termica (W/m·K)	0.057		0.063
Cost. dielettrica	1.8		1.88
Rig. dielettrica (kV)	>40		79
Resistività (Ohm·cm)	10 ¹⁵		10 ¹⁵
GWP	alto*		1

FASCIA C · 66–110 °C — pumped single-phase, data center

Proprietà	Novec 7200	≈ equiv	Thermasolv IM7
Ebollizione (°C)	76		76
Pour point (°C)	-138		-138
Densità (kg/m³)	1420		1430
Calore vap. (kJ/kg)	119		119
Viscosità cin. (cSt)	0.41		0.43
Spec. Heat (J/kg·K)	1220		1200
Cond. termica (W/m·K)	n.d.		0.065
Cost. dielettrica	7.3		7.3
Rig. dielettrica (kV)	>25		>25
Resistività (Ohm·cm)	10 ⁸		10 ⁸
GWP	57		61

Proprietà	Novec 7300	≈ equiv	Thermasolv CF4
Ebollizione (°C)	98		98
Pour point (°C)	-38		-63
Densità (kg/m³)	1660		1660
Calore vap. (kJ/kg)	102		102
Viscosità cin. (cSt)	0.71		0.71
Spec. Heat (J/kg·K)	1140		1000
Cond. termica (W/m·K)	n.d.		0.061
Cost. dielettrica	6.1		6.1
Rig. dielettrica (kV)	>25		40
Resistività (Ohm·cm)	10 ¹¹		10 ¹¹
GWP	310		405

Proprietà	Fluorinert FC-770	~ simile	Thermasolv CF5
Ebollizione (°C)	95		110
Pour point (°C)	-127		-90
Densità (kg/m³)	1793		1580
Calore vap. (kJ/kg)	86		115
Viscosità cin. (cSt)	0.79		0.71
Spec. Heat (J/kg·K)	1038		1240
Cond. termica (W/m·K)	0.063		0.077
Cost. dielettrica	1.9		5.4
Rig. dielettrica (kV)	>40		29
Resistività (Ohm·cm)	10 ¹⁵		>10 ⁹
GWP	alto*		2.5

Proprietà	Thermasolv CF8	~ simile	Thermasolv CF2
Ebollizione (°C)	108		110
Pour point (°C)	-115		-110
Densità (kg/m³)	1739		1834
Calore vap. (kJ/kg)	n.d.		88
Viscosità cin. (cSt)	0.82		1.35
Spec. Heat (J/kg·K)	1038		1040
Cond. termica (W/m·K)	0.062		0.062
Cost. dielettrica	2.2		1.79
Rig. dielettrica (kV)	>47		39
Resistività (Ohm·cm)	>1.2×10 ¹⁵		2.5×10 ¹⁴
GWP	<500		<120

FASCIA D · 111–140 °C — burn-in, test ad alta temperatura

Proprietà	Novec 7500	~ simile	Thermasolv CF3
Ebollizione (°C)	128		120
Pour point (°C)	-100		-82
Densità (kg/m³)	1614		1865
Calore vap. (kJ/kg)	89		82.8
Viscosità cin. (cSt)	0.77		1.51
Spec. Heat (J/kg·K)	1128		1034
Cond. termica (W/m·K)	n.d.		0.064
Cost. dielettrica	5.8		2.09
Rig. dielettrica (kV)	>25		>35.7
Resistività (Ohm·cm)	10 ¹¹		>10 ¹⁵
GWP	100		<108

Proprietà	Fluorinert FC-3283	~ simile	Thermasolv CF2
Ebollizione (°C)	128		110
Pour point (°C)	-65		-110
Densità (kg/m³)	1820		1834
Calore vap. (kJ/kg)	78		88
Viscosità cin. (cSt)	0.75		1.35
Spec. Heat (J/kg·K)	1100		1040
Cond. termica (W/m·K)	0.066		0.062
Cost. dielettrica	1.9		1.79
Rig. dielettrica (kV)	>40		39
Resistività (Ohm·cm)	10 ¹⁵		2.5×10 ¹⁴
GWP	alto*		<120

FASCIA E · 141–215 °C — sistemi alta potenza, burn-in estremo

Proprietà	Novec 7700	~ simile	Thermasolv CF1
Ebollizione (°C)	167		170
Pour point (°C)	-50		-100
Densità (kg/m³)	1797		1770
Calore vap. (kJ/kg)	83		n.d.
Viscosità cin. (cSt)	2.52		1.81
Spec. Heat (J/kg·K)	1040		1026
Cond. termica (W/m·K)	n.d.		0.111
Cost. dielettrica	6.7		1.93
Rig. dielettrica (kV)	>25		>40
Resistività (Ohm·cm)	10 ¹¹		10 ¹³
GWP	436		7800

Proprietà	Fluorinert FC-43	~ simile	Thermasolv CF6
Ebollizione (°C)	174		158
Pour point (°C)	-50		-68
Densità (kg/m³)	1860		1822
Calore vap. (kJ/kg)	70		n.d.
Viscosità cin. (cSt)	2.5		4.1
Spec. Heat (J/kg·K)	1100		1060
Cond. termica (W/m·K)	0.065		0.065
Cost. dielettrica	1.9		4.9
Rig. dielettrica (kV)	>40		>40
Resistività (Ohm·cm)	10 ¹⁵		>1.6×10 ¹¹
GWP	alto*		<180

Proprietà	Fluorinert FC-40	~ simile	Thermasolv CF6
Ebollizione (°C)	165		158
Pour point (°C)	-57		-68
Densità (kg/m³)	1855		1822
Calore vap. (kJ/kg)	68		n.d.
Viscosità cin. (cSt)	2.2		4.1
Spec. Heat (J/kg·K)	1100		1060
Cond. termica (W/m·K)	0.065		0.065
Cost. dielettrica	1.9		4.9
Rig. dielettrica (kV)	>40		>40
Resistività (Ohm·cm)	10 ¹⁵		>1.6×10 ¹¹
GWP	alto*		<180

Proprietà	Fluorinert FC-70	~ simile	Thermasolv CF1
Ebollizione (°C)	215		170
Pour point (°C)	-25		-100
Densità (kg/m³)	1940		1770
Calore vap. (kJ/kg)	69		n.d.
Viscosità cin. (cSt)	12		1.81
Spec. Heat (J/kg·K)	1100		1026
Cond. termica (W/m·K)	0.07		0.111
Cost. dielettrica	2.0		1.93
Rig. dielettrica (kV)	>40		>40
Resistività (Ohm·cm)	10 ¹⁵		10 ¹³
GWP	alto*		7800

Thermasolv™ Cooling Fluids (Inventec)

Proprietà	CF1	CF2	CF3	CF4	CF5	CF6	CF8	IM1	IM2	IM6	IM7	NEMO1	DC1	DC2	DC3
Ebollizione (°C)	170	110	120	98	110	158	108	61	49	47	76	54	19	26	33
Pour point (°C)	-100	-110	-82	-63	-90	-68	-115	-135	-108	-117	-138	-80	-101	-103	-88
Densità (kg/m³)	1770	1834	1865	1660	1580	1822	1739	1520	1600	1600	1430	1390	1260	1346	1360
Calore vap. (kJ/kg)	n.d.	88	82.8	102	115	n.d.	n.d.	112	88	93	119	213	194	163	166
Viscosità cin. (cSt)	1.81	1.35	1.51	0.71	0.71	4.1	0.82	0.38	0.4	0.36	0.43	0.4	0.5	0.4	0.38
Spec. Heat (J/kg·K)	1026	1040	1034	1000	1240	1060	1038	1170	1100	1090	1200	1091	693	1210	1200
Cond. termica (W/m·K)	0.111	0.062	0.064	0.061	0.077	0.065	0.062	0.066	0.059	0.063	0.065	0.137	0.077	0.086	0.077
Cost. dielettrica	1.93	1.79	2.09	6.1	5.4	4.9	2.2	7.4	1.84	1.88	7.3	12	7.4	n.d.	32
Rig. diel. (kV)	>40	39	>35.7	40	29	>40	>47	28	>40	79	>25	6	47	n.d.	10
Resistività (Ohm·cm)	10 ¹³	2.5×10 ¹⁴	>10 ¹⁵	10 ¹¹	>10 ⁹	>1.6×10 ¹¹	>1.2×10 ¹⁵	10 ⁹	10 ¹³	10 ¹⁵	10 ⁸	8.7×10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸
GWP	7800	<120	<108	405	2.5	<180	<500	460	<10	1	61	1	1	<10	2

* Fluorinert FC: GWP non pubblicato da 3M, tipicamente >3.000–9.000 in letteratura. · n.d. = dato non disponibile nella scheda tecnica. · Valori a 20–25°C salvo indicazione. · Fonti: 3M Novec Line Card (2018), 3M Fluorinert Line Card (2019), Thermasolv – Inventec (2025/2026).