

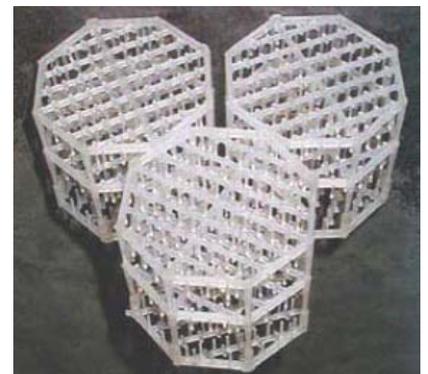
# 산성 가스 세정기(Scrubber)용 Packing 시험

## 새로 개발된 Q-PAC® 대비 전통적인 무작위 충전 플라스틱제 Packing들

화학엔지니어, Oscar Reynoso

### 소개

대형 Scrubber, 가스 흡수기 및 냉각탑들을 위한 고 용량 무작위 충전 Packing으로서 플라스틱제 Q-PAC®이 Lantec사에 의해 개발되었습니다. 정격 크기, 4 또는 7인치와 기하학적 표면적,  $30\text{ft}^2/\text{ft}^3$  및  $7\text{ft}^{-1}$ 의 packing factor를 가진 Q-PAC®은 기/액 접촉의 효율과 저 압손의 조합 성능이 전세계적으로 다른 어떤 무작위 충전 packing들의 성능보다 뛰어납니다.



Scrubber에 Q-PAC®의 적용 적합성을 평가하기 위하여 우리는 Q-PAC®의 접촉 효율과 압손을, 제어된 같은 조건들 하에서, 폴리프로필렌제의 이제까지 광범위하게 사용되고 있는 다른 packing들의 성능들과 비교했습니다.

### 시험 절차

SO<sub>2</sub>를 공기에서 제거하기 위한 대항류 구조의 Scrubber에서 Q-PAC®, 3.5" Tri-Packs® 와 2K Tellerettes®들을 각 각 충전하여 시험하였습니다.

그 SO<sub>2</sub> 제거 시스템은 운전 조건들과 물질 전달율들을, 기후 조건들의 변화에 영향 받지 않고, 정밀하고, 재생 가능하게 측정할 수 있어서 Lantec사에 의하여 오랜 기간 사용되었습니다.

물질 전달 효율은 Packing의 더 많은 기/액 접촉 면적 형성 능력에 달려 있어서, 이 세정 시험 결과들은 이 Packing들이 어떤 산성 가스 Scrubber에 사용되는 경우에도, 그 성능의 좋은 예언들입니다.

시험 설비는 단면적,  $6.0\text{ft}^2$ 과 충전 높이, 3.0ft로 각 각의 Packing들로 충전되어 있는 수직의 대항류 구조의 Scrubber입니다. 그 Scrubber는 변속 구동 송풍기와 펌프를 갖추고 있어서, 기체 유량과 매체 위에 가해지는 액체 부하 모두를 우리가 조정할 수 있게 해줍니다.

SO<sub>2</sub>가 Cylinder로부터 자체 진공압에 의해 공기 중으로 싹 넣어졌습니다. 그 주입점은 적합한 섞임이 가능하도록 Scrubber 유입구로부터 그 덕트 직경의 15배 거리의 상류에 있었습니다. SO<sub>2</sub> Cylinder위에 장착된 Regulator는 수동으로 유입 공기 유량에 따라 80-120 ppmv 범위에서 기체 유입 농도가 형성되도록 조정되었습니다. 유입 및 배출 SO<sub>2</sub> 농도는 동시에 Interscan electrochemical 분석기들로 측정되었습니다.

유입 공기는 2%의 중탄산나트륨( $\text{NaHCO}_3$ ) 과 가성소다( $\text{NaOH}$ )의 완충액을 사용하여 세정되었습니다. 자동 화학 물질 주입 장치가 시험 기간 내내 항상 pH,  $9.15 \pm 0.05$ 를 유지하는데 필요한 만큼 NaOH를 첨가해 주었습니다.

사용된 유입 공기와 세정수 유량은 통상적으로 기체 세정 조업에서 마주치게되는 범위이었습니다. 기체 부하는 500에서 3,000lb/hr.ft<sup>2</sup>, 상당 공탑 유속, 110에서 670ft/min.의 범위에서 변화하였습니다. 액체 부하는 5에서 8 gpm/ft<sup>2</sup>의 범위에 있었습니다.

## **결과 및 그에 대한 논의**

그 시험 결과들은 별첨 그래프들에 종합 정리되어 있습니다.

기/액 접촉 효율은 약자로 HTU로 표시되는 하나의 전달 단위의 높이에 의하여 계량화됩니다.(그것은 산성 기체 농도가 시초 값의 약 37%의 농도로 감소하는데 필요한 매체의 총진 깊이입니다.)

그 시험 자료들은 Q-PAC<sup>®</sup>이 foot당 절반 이하의 압손에서 2K Tellerettes<sup>®</sup>보다 약간 더 효율적임을 나타냅니다. 3.5" Tri-Packs<sup>®</sup>와 비교해서는 Q-PAC<sup>®</sup>이 약 절반의 압손을 가지며, 약 40% 더 효율적입니다.

Q-PAC<sup>®</sup>의 더 낮은 압손은 송풍기 용량의 초과 없이, 세정 시험들이 유속, 900ft/min.까지 상승된 상태에서 계속 될 수 있도록 해 주었습니다. 더 높은 유속에서는 Packing층 위의 액체 누적이 증가하고, 더 과한 난류 공기 유동이 물을 더 작은 물방울들로 부서뜨리는 것을 도와서, 기/액 접촉 면적을 증가시키는 결과를 초래합니다. 그 결과, HTU는 유속이 600ft/min.을 초과하여 증가하면 실제로 감소하기 시작합니다. (같은 현상이 전통적인 Packing들에서도 관찰되나, 그것들의 높은 압손이 Scrubber를 500ft/min. 초과한 상태에서 운전하는 것은 실행될 수 없게 합니다.)

## **결론**

Q-PAC<sup>®</sup>의 기/액 접촉 효율은 전통적인 무작위 총진 플라스틱제 Packing들의 효율보다 같거나 더 높으며, Q-PAC<sup>®</sup>이 대단히 많은 기체 취급 용량을 제공합니다. 이 고용량의 Q-PAC<sup>®</sup>은 두 다른 방법으로 활용될 수 있습니다.

새로운 장비를 설계할 때는 송풍기 가동 전력비의 증가나, 큰 송풍기가 필요하지 않고, 탑, 순환 펌프 및 매체의 원가를 절약하기 위하여 Scrubber의 단면이 축소될 수 있습니다.

별첨의 이 각 Packing들을 사용하는 표준 하수 처리용 약취 제거 Scrubber(총진 깊이 10ft, Packing 압손 2인치) 들의 비교표를 참고하십시오.

그 대안으로서, Scrubber들은 전통적인 낮은 유속을 위해 크기가 크게 결정될 수 도 있으나, Q-PAC<sup>®</sup>을 충전 하면 감소된 송풍기 전력이 소모되며 압손이 감소됩니다.

기존의 Scrubber에 Q-PAC<sup>®</sup>을 충전하면 기존 송풍기를 바꾸지 않고, 공기 유량을 증가 시킬 수 있게 됩니다. 최근 한 고객은 송풍기 용량의 제한 때문에 처리 유량이 제한되었던 HCl 흡수기에 Q-PAC<sup>®</sup>을 충전했습니다. 원하던 기체 처리 용량의 증가를 획득했을 뿐 아니라, 현장의 종업원들은 그 송풍기가 최대 허용 부하 하에서 긴장되지 않고, 소음이 감소하는 것을 반기는 보고를 했습니다.

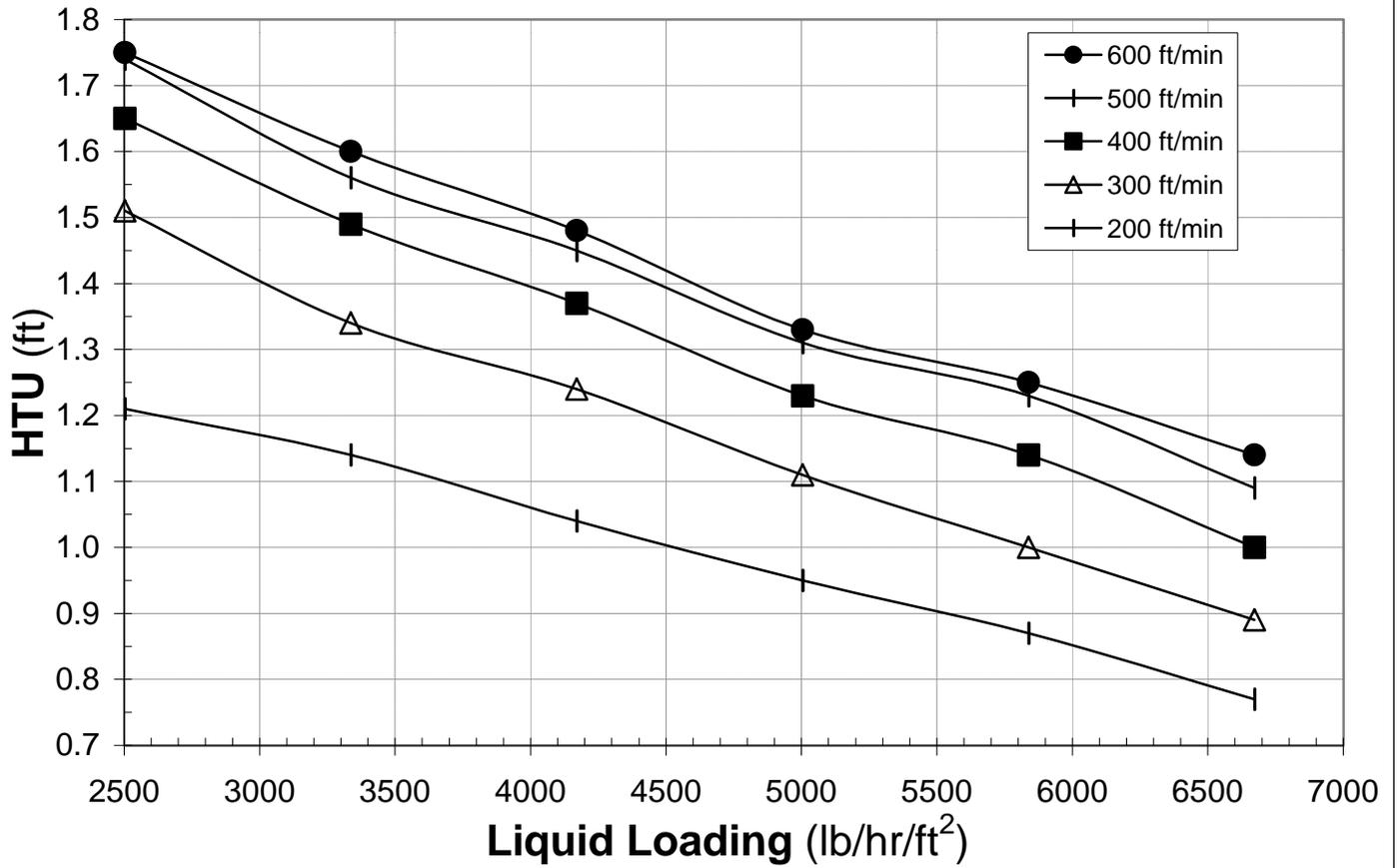
Q-PAC<sup>®</sup>은 또한 매체의 막힘이 문제가 되는 Scrubber들에서도 사용을 고려해야 합니다. Q-PAC<sup>®</sup> 내의 플라스틱제 요소들의 균일한 배치는 흐르는 고상 물질들이 그 위에 축적되는 경향을 최소화 합니다. 염이 많은 경우나, 고상 물질이 많이 섞인 물은 종종에는 어떠한 Packing도 막히게 하나, Q-PAC<sup>®</sup>을 충전 하면 막히는 경향이 있는 Scrubber의 매체 청소 주기를 연장할 수 있습니다.

## Pilot Test Data (runs MT4, MT7, MTT44, MTT46)

V <sub>G</sub> (ft/min)	Recirc. (gpm)	L (gpm/ft <sup>2</sup> )	Q-PAC		3.5" Tri-Packs		2K Tellerettes	
			ΔP/z (in.H <sub>2</sub> O/ft)	HTU (ft)	ΔP/z (in.H <sub>2</sub> O/ft)	HTU (ft)	ΔP/z (in.H <sub>2</sub> O/ft)	HTU (ft)
900	30	5.0	0.401	1.10				
800	30	5.0	0.307	1.15				
700	30	5.0	0.226	1.23				
600	30	5.0	0.157	1.29	0.317	1.80	0.364	1.33
500	30	5.0	0.101	1.24	0.215	1.79	0.235	1.28
400	30	5.0	0.058	1.17	0.134	1.71	0.145	1.20
300	30	5.0	0.029	1.05	0.075	1.57	0.078	1.06
200	30	5.0	0.014	0.91	0.036	1.28	0.035	0.86
900	40	6.7	0.452	1.05				
800	40	6.7	0.334	1.10				
700	40	6.7	0.241	1.16				
600	40	6.7	0.164	1.23	0.340	1.59	0.385	1.21
500	40	6.7	0.103	1.18	0.227	1.66	0.248	1.17
400	40	6.7	0.061	1.12	0.139	1.55	0.153	1.10
300	40	6.7	0.028	1.00	0.081	1.40	0.084	0.96
200	40	6.7	0.014	0.88	0.038	1.07	0.038	0.81
900	50	8.3	0.497	1.00				
800	50	8.3	0.357	1.03				
700	50	8.3	0.259	1.11				
600	50	8.3	0.168	1.16	0.356	1.55	0.398	1.07
500	50	8.3	0.109	1.12	0.237	1.42	0.257	1.03
400	50	8.3	0.063	1.03	0.149	1.39	0.156	0.99
300	50	8.3	0.030	0.93	0.083	1.17	0.089	0.86
200	50	8.3	0.014	0.80	0.038	0.96	0.040	0.71
900	60	10.0	0.522	0.95				
800	60	10.0	0.383	0.97				
700	60	10.0	0.274	1.03				
600	60	10.0	0.174	1.09	0.370	1.27	0.429	0.97
500	60	10.0	0.114	1.04	0.246	1.26	0.272	0.94
400	60	10.0	0.066	0.97	0.156	1.18	0.164	0.87
300	60	10.0	0.032	0.87	0.087	1.02	0.091	0.77
200	60	10.0	0.014	0.75	0.042	0.80	0.042	0.62
900	70	11.7	0.557	0.92				
800	70	11.7	0.409	0.93				
700	70	11.7	0.285	0.96				
600	70	11.7	0.180	1.03	0.386	1.17	0.463	0.87
500	70	11.7	0.118	0.97	0.251	1.16	0.282	0.87
400	70	11.7	0.069	0.90	0.159	1.02	0.171	0.80
300	70	11.7	0.033	0.82	0.093	0.87	0.094	0.70
200	70	11.7	0.016	0.70	0.046	0.72	0.046	0.55
900	80	13.3	0.609	0.87				
800	80	13.3	0.438	0.89				
700	80	13.3	0.299	0.91				
600	80	13.3	0.186	0.98	0.414	1.03	0.504	0.84
500	80	13.3	0.122	0.91	0.262	1.02	0.299	0.82
400	80	13.3	0.072	0.86	0.166	0.93	0.176	0.77
300	80	13.3	0.037	0.77	0.098	0.76	0.097	0.65
200	80	13.3	0.017	0.65	0.049	0.64	0.047	0.49

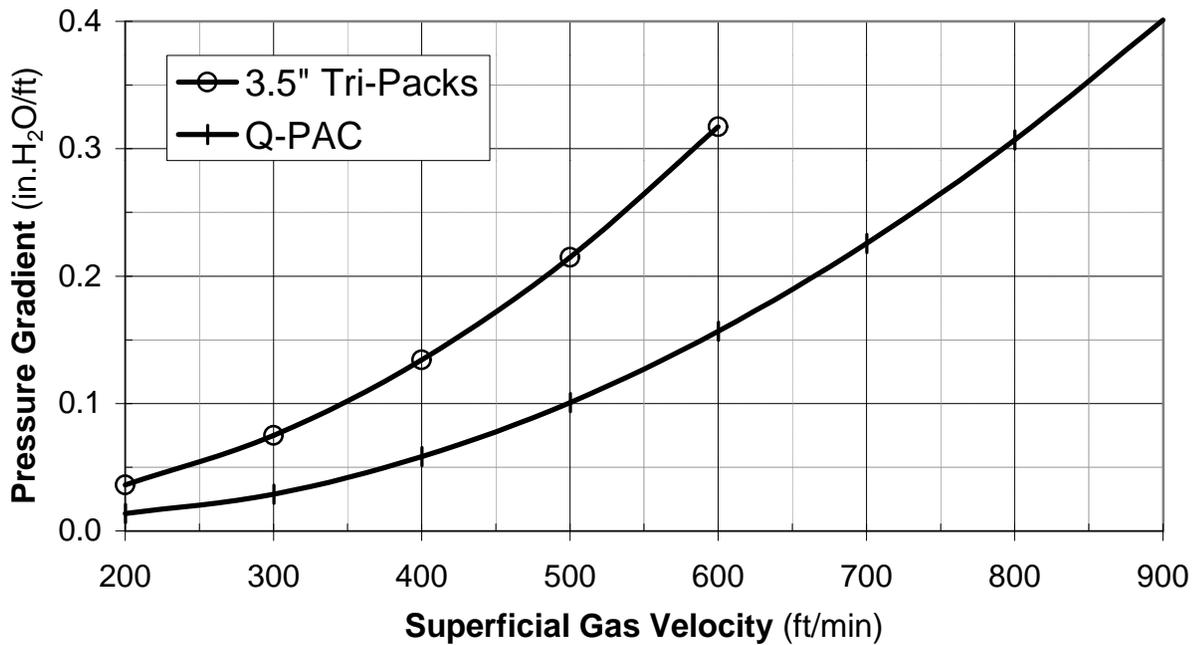
# Height of Transfer Unit Correlation

countercurrent absorption of SO<sub>2</sub> in 2% NaHCO<sub>3</sub> using Q-PAC



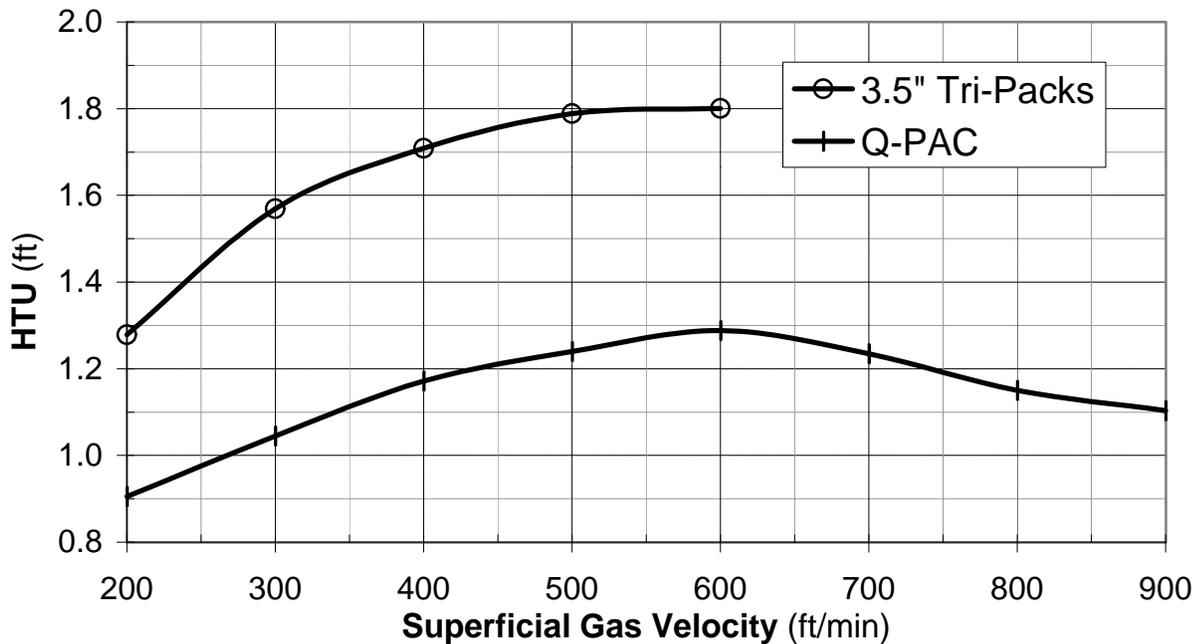
# Packing Pressure Drop Comparison

counter-current air/water, 5 gpm/ft<sup>2</sup>, 70°F, 1.0 atm



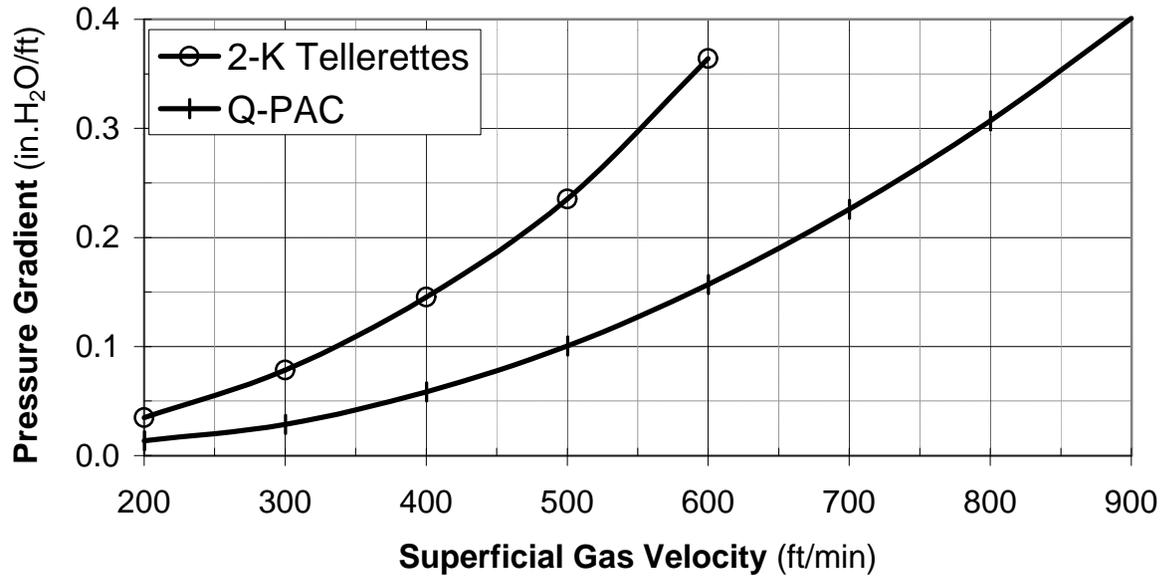
# Height of Transfer Unit Comparison

SO<sub>2</sub> Scrubbing with 2% NaHCO<sub>3</sub> (5 gpm/ft<sup>2</sup>)



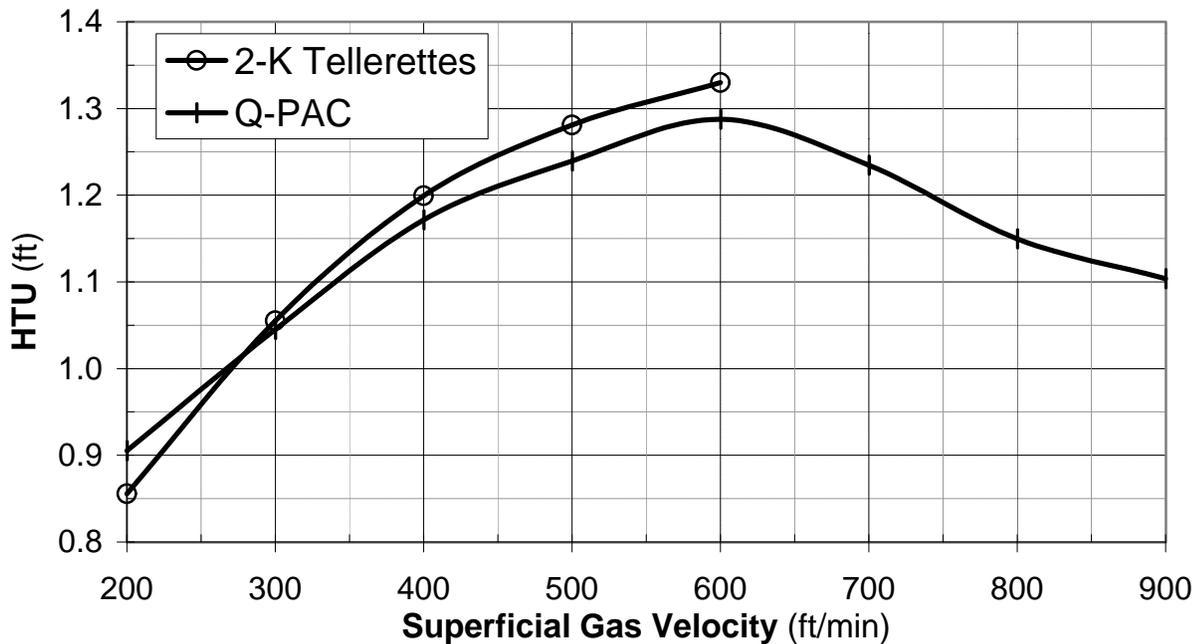
# Packing Pressure Drop Comparison

counter-current air/water, 5 gpm/ft<sup>2</sup>, 70°F, 1.0 atm



# Height of Transfer Unit Comparison

SO<sub>2</sub> Scrubbing with 2% NaHCO<sub>3</sub> (5 gpm/ft<sup>2</sup>)



# 송풍기 전력비 증가 없이 Scrubber 크기 감소

Example: H<sub>2</sub>S Odor-Control Scrubber, liquid flux 6 gpm/ft<sup>2</sup>, packing depth 10 ft, ΔP ≤2 in.WC

Air Flow Rate (acfm)	Using Q-PAC				Using 3.5" Tri-Packs				Using 2-K Tellerettes			
	Minimum Tower Diameter (ft)	Rounded Tower Diameter (ft)	Pump Flow (gpm)	H <sub>2</sub> S Odor Removal	Minimum Tower Diameter (ft)	Rounded Tower Diameter (ft)	Pump Flow (gpm)	H <sub>2</sub> S Odor Removal	Minimum Tower Diameter (ft)	Rounded Tower Diameter (ft)	Pump Flow (gpm)	H <sub>2</sub> S Odor Removal
90,000	13.3	14	924	>99.9%	15.5	16	1,206	99.8%	15.7	16	1,206	>99.9%
80,000	12.5	13	796	>99.9%	14.6	15	1,060	99.8%	14.8	15	1,060	>99.9%
70,000	11.7	12	679	>99.9%	13.6	14	924	99.8%	13.8	14	924	>99.9%
60,000	10.8	11	570	>99.9%	12.6	13	796	99.8%	12.8	13	796	>99.9%
50,000	9.9	10	471	>99.9%	11.5	12	679	99.8%	11.7	12	679	>99.9%
40,000	8.9	9	382	>99.9%	10.3	11	570	99.8%	10.5	11	570	>99.9%
30,000	7.7	8	302	>99.9%	8.9	9	382	99.8%	9.1	10	471	>99.9%
20,000	6.3	7	231	>99.9%	7.3	8	302	99.8%	7.4	8	302	>99.9%
10,000	4.4	5	118	>99.9%	5.2	6	170	99.8%	5.2	6	170	>99.9%

