

LÜLEBURGAZ - ESKİTAŞLI VE TURGUTBEY KÖYLERİNDE ÇİĞ VE YAĞMUR SULARINDA ÖLÇÜLEN ANYONLAR VE KATYONLARIN RÜZGÂR YÖNLERİ İLE İLİŞKİSİ

M. Doğan Kantarcı^(*) Ülkü Alver Şahin^(†) Burcu Onat⁽²⁾ Serdar Aydın⁽²⁾

ÖZET

Hamitabat Doğalgaz Çevrim Santrali'nin NO_x ölçmeleri araştırmasında çığ ve yağmur sularının reaksiyonları (pH) ile anyon ve katyon içerikleri de belirlenmiştir. Anyon ve katyonların Büyük Karıştırıcı'daki cam sanayii ve sanayi tesisleri ile kuzeydeki çimento fabrikaları (F⁻, Cl⁻, Br⁻, Na⁺, SO₄⁻² gibi), açık kireçtaşı ocakları (pH 7-8 ve Ca⁺² gibi) ve çevredeki tarım alanlarından (PO₄⁻⁴ gibi) kaynaklandıkları değerlendirilmiştir. Bulguların rüzgâr yön açılarına göre grafiklendirilmesi dikkat çekici bazı sonuçlara ulaşmamızı sağlamıştır. Konu rüzgâr yönleri yanında arazinin yapısı, bahar ve yaz aylarında gündüz ile gece sıcaklık farkları, ısınma ile havanın yayılıp, yükselmesi, hava nemi farkları ve çığ oluşumu sürecinin de değerlendirmeye katılmasını gerektirmiştir.

Çığ sularının reaksiyonları nisan ve mayıs aylarında genellikle 6,5-7,5 ve 7,5-8,0 pH arasında ölçülmüştür. Mayıs ayında ölçülen 6,5-5,0 pH arasındaki değerler yaz aylarında daha sık olarak ölçülmüştür. Nötr ve alkali pH değerleri ile rüzgâr yönleri, çimento fabrikaları ve açık taş ocağı işletmeleri arasındaki ilişki belirgindir. Ancak düşük (Asit) pH değerleri Hamitabat Termik Santrali ile Büyük Karıştırıcı'daki cam sanayinin bacalarından salınan ve yüksek (≥ 900 C°) sıcaklıkta yanma sonucunda yeterince oksitlenmemiş olan NO_x ile cam sanayinden kaynaklanan Cl⁻, F⁻ ve SO₂ gazlarına bağlıdır.

Çığ sularındaki flor, klor, sülfat ve sodyum ile lityum miktarları cam sanayiini işaret etmektedir. Bu anyon ve katyonların değerleri havada bulunmaları gereken sınır değerlere göre çok yüksektir. Diğer bir deyimle; bulgular gece soğuyan havadaki nemin yoğunlaşmasında ve çığ oluşum sürecinde, havada önemli bir anyon ve katyon yoğunlaşması olduğunu göstermektedir. Ancak rüzgâr yönlerine göre dağılımda kuzeydoğu ve doğu yönleri belirginleşmektedir. Hâlbuki Büyük Karıştırıcı cam sanayi güneydoğuda yer almaktadır. Burada havanın ısınması, yükselmesi ve gece soğuyup, ölçme günündeki rüzgâr yönüne bağlı olarak Lüleburgaz çevresindeki alçak araziye çökmesi sürecini de göz önüne alarak değerlendirme yapmak gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Lüleburgaz, Hamitabat, Büyük Karıştırıcı, Cam sanayii, Çığ suları

1. GİRİŞ

Trakya'da "Hamitabat Termik Santrali" ile "Büyük Karıştırıcı-Trakya Cam Sanayii" baca gazları ile çevreye önemsenmesi gereken etkiler yapmaktadırlar. Hamitabat Termik Santrali önemli

^(*) İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Toprak İlimi ve Ekoloji Abd. (EM), e-mail: mdkant@istanbul.edu.tr

^(†) İstanbul Üniversitesi Müh. Fkl. Çevre Mühendisliği Blm.-Avcılar

miktarda CO₂ salmasının yanında, 2012 yılında doğal gazı (CH₄) 900 C° ve üstünde yaktığı için havadaki azot gazı da yanmaktadır. Cam sanayii de yüksek 1550 C° ve üzerinde çalışan bir izabe sanayii olup, havadaki azot gazının da yanmasına sebep olmaktadır. Böylece oksijen yetersizliğinden ötürü önemli miktarda tam oksitlenmemiş azot oksitler (NO_x), CO, CO₂ ve cam sanayiinde kullanılan ham maddeler ile katkı maddeleri de baca gazları ile havaya karışmaktadır. Lüleburgaz'da Eski Taşlı ve Turgutbey köyleri ile Orman Fidanlığı'nda alınan çığ ve yağmur suyu örneklerindeki bulgularımız rüzgâr yönlerine göre de değerlendirilip, sunulmuştur.

2. ÇALIŞMA ALANI VE YÖNTEM

Çalışma Hamitabat Termik Santralının atmosfere saldığı azot oksitlerin belirlenmesi amacı ile yapılmıştır. Bu sebeple örnek alma yerleri Santralin yakın çevresinde seçilmiştir (Harita1).

Hava örnekleri; hava emme pompası ile sıralı gaz yıkama şişelerinden geçirilerek havadaki NO₂ ve NO₃ gazları ile bileşiklerinin sodyum hidroksit+sodyum arsenid çözeltisinde tutulması ile alınmıştır. Çığ örnekleri özel tavalar ile otların yapraklarında biriken çığ damlacıkları toplanarak alınmıştır. Yağmur suyu örnekleri özel tavalarda ve yağmur ölçerde biriken yağış sularıdır. Örnekler İst. Üni. Müh. Fkl. Çevre Blm. laboratuvarlarında iyon kromatografisi (IC) aleti ile analiz edilmiştir (Analiz yöntemi Gökale, S.2009 ve VDI-1978).

3. ÇİĞ VE YAĞMUR SULARINDA BÜYÜK KARIŞTIRAN CAM SANAYİİ BACA GAZLARI İLE TARIM ALANLARINDAN KAYNAKLANAN BULGULAR

Çığ ve yağmur suyu analizlerindeki bulgular dikkatimizi Büyük Karıştırıcı'daki Trakya Cam Sanayiine ve tarım alanlarından kaynaklanan maddelere çekmiştir. Büyük Karıştırıcıdaki cam sanayii örnek yerlerimize 21-25 km (kuş uçuşu) mesafededir (Harita 1). Lüleburgaz'da rüzgârlar kuzey yönlerden (Karayel, Yıldız, Poyraz) ve güneybatıdan (Lodos) daha fazla esmektedir. Güneybatıda yer alan cam sanayiinin baca gazları ile atmosfere atılan maddeler ile tarım alanlarından kalkan tozlar (Kimyasal gübreler dâhil) çığ ve yağmur örneklerinde belirlenmiştir (Harita1).

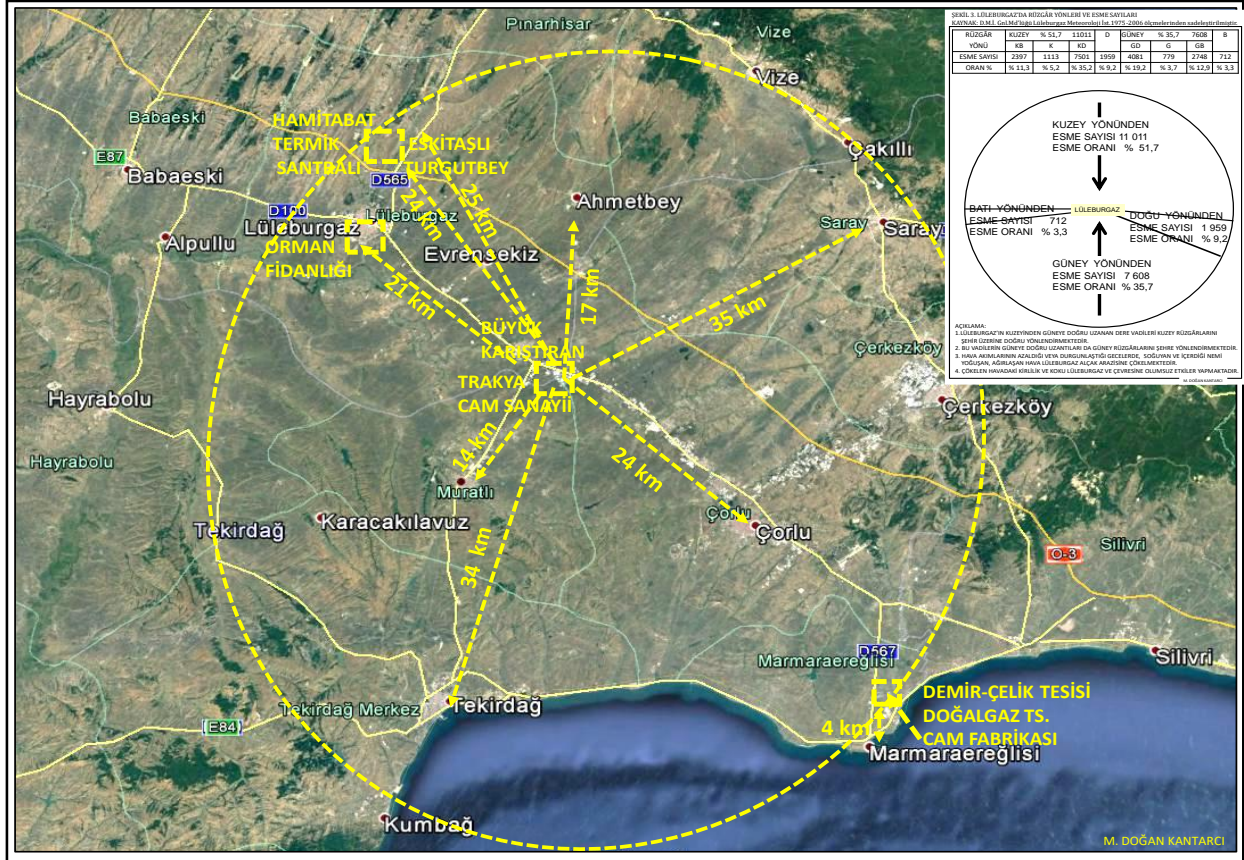
Cam sanayii yakıt olarak doğal gaz kullanmaktadır. Cam hammaddesi olan kuvars kumunun ergitilmesi için dolomit (Ca+MgCO₃) ve soda (Na₂CO₃) eklenmektedir. Bu katkıları ile ergitme sıcaklığı 2050 C°'tan 1150 C°'a kadar düşürülebilmektedir. Ancak 900 C° üstünde çalışıldığı için havadaki azot gazı da oksitlenmekte ve N₂O, NO, NO₂ gazları (NO_x) atmosfere salınmaktadır. Üretilen cama farklı özellikler kazandırabilmek için bir çok katkı maddesi de ergitme sürecinde kullanılmaktadır (Tablo 1). Çevredeki kuru tarım alanlarından kaynaklanan tozlar ve fosfatlı gübrelerin varlığı da analizlerde dikkatimizi çekmiştir.

3.1. ÇİĞ VE YAĞMUR SULARININ REAKSİYONLARI

Çığ suları ile yağmur sularının reaksiyonları arasında dikkat çekici bir fark vardır. Yağmur sularının reaksiyonları biraz daha yüksektir. Bu fark yağmur ve çığ oluşumunun yükseltisi ile fotokimyasal pus (smog) çökeltme yükseltisi ilişkilerine bağlı gözükmektedir (Şekil 1).

Çiğ sularının reaksiyonları genellikle 6,5-7,8/7,9 pH arasında bulunmuştur. Mayıs sonu, haziran, temmuz ve ağustos başında çiğ sularının reaksiyonlarında pH 5,1-6,0 arasına düşüşler dikkati çekmektedir (Tablo 2, şekil 2).

Nisan 2012’de yağmurlar her yönden gelen rüzgârlar altında yağmıştır. IV ve V. aylardaki çiğ suları ise genellikle KD-D ve B-GB ile GB-G yönlerden gelen rüzgâr esintileri altında alınmıştır (Şekil 1).



Harita 1. Büyük Karıştıran'daki Trakya Cam Sanayiinin etki alanı

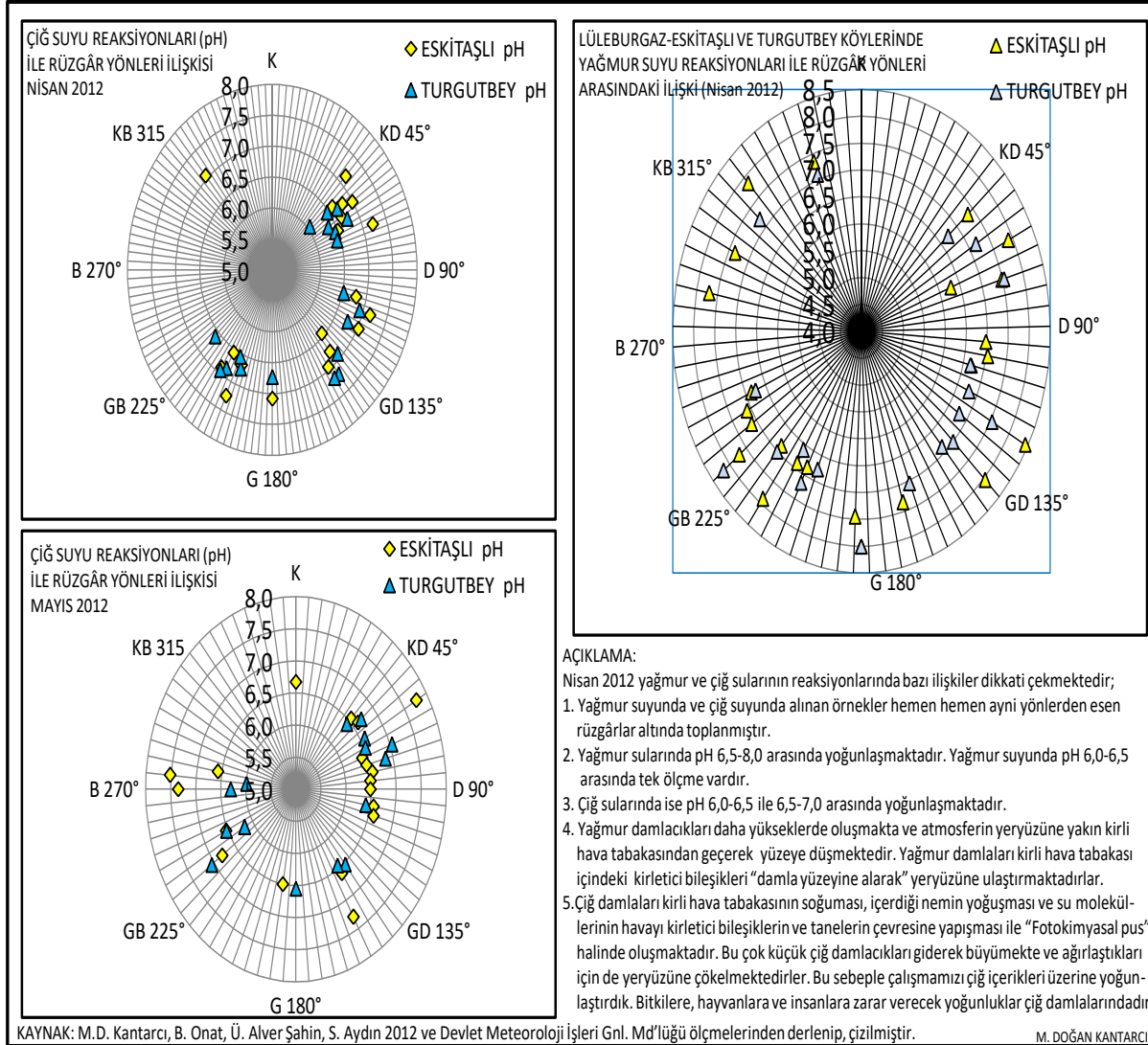
3.2. ÇİĞ VE YAĞMUR SULARINDA NİTRİT, NİTRAT VE AMONYUM

Yağmur sularındaki nitrit (NO_2^-) ve nitrat (NO_3^-) miktarları çiğ sularından önemli ölçüde düşüktür (Şekil 3.1. ve 3.2.). Bu sebeple şekil 4'te sadece çiğ suyundaki amonyum miktarları ele alınmıştır. Çiğ sularındaki nitrit (NO_2) miktarları ilkbaharda Eski Taşlı'da 0,002-3,78 mg/lit, Turgutbey'de 0,002-11,67 mg/lit arasındadır. Yaz aylarında NO_2 miktarları Eski Taşlı'da 0,002-3,17 mg/lit, Turgutbey'de 0,02-0,48 mg/lit arasında değişmektedir. Çiğ sularındaki nitrat (NO_3) miktarları ilkbaharda Eski Taşlı'da 0,04-16,97 mg/lit, Turgutbey'de ise 0,002-16,78 mg/lit arasında bulunmuştur. Çiğ suyundaki NO_3 miktarları yaz aylarında Eski Taşlı'da 0,002-6,86 mg/lit, Turgutbey'de 0,002-1,13 mg/lit arasında bulunmuştur. Çiğ sularında nitrat miktarları, nitrit miktarlarında daha yüksektir. Baca gazları ile havaya salınan nitrit güneş ışığında oksijen molekülünün bir atomunu alarak nitrata dönüşmekte, bu arada da ozon (O_3) oluşmaktadır. Bu

değişimin sonucunda gece düşen çığ suyunda nitrat miktarı daha yüksek bulunmaktadır. Amonyum nisan ve mayıs aylarında Eski Taşlı'da (0,167-53,04 mg/lt arasında), haziran ve temmuz aylarında Turgutbey'de (0,0501-115,87 mg/lt) daha yüksek bulunmuştur. Amonyum değerleri KD-GD yönlerden gelen rüzgâr esintilerinde daha yüksektir. Çığ sularında amonyumun nitrit ve nitrata göre çok daha yüksek bulunması pH değerleri ile bağlantılıdır. Nitrit ve nitratların daha alkali olan çığ sularında amonyuma dönüştükleri, daha asit çığ sularında ise varlıklarını koruyabildikleri anlaşılmaktadır.

Tablo 1. Cam sanayiinde kullanılan ham maddeler, katkı maddeleri, yakma sıcaklığı ve bacadan çıkan gazlar ile bileşikler (tane boyutları)

YAKIT	YAKMA SICAKLIĞI C°	ORAN	HAM MADDE VE KATKILAR	BACADAN ÇIKAN		DİĞER BİR VERİYE GÖRE ASIL HAM MADDELER	ORAN
				GAZLAR	TANELER Ø ≤ 10 µm Ø ≤ 2,5 µm		
DOĞAL GAZ	2050 C° → 1713 C° → 1550 C°			(N ₂ O, NO, NO ₂)			
(DOĞAL GAZ KESİLİRSE; İTHAL KÖMÜR VEYA PETROLKOKU)	≥ 900 C° HAVADAKİ AZOT YANAR VE N ₂ O, NO, NO ₂ ÇIKAR. ASIL HAM MADDELER			CO VE CO ₂ SU BUHARI			
	KUVARS (KUM)	% 56	SiO ₂		SİLİS, SiF ₂	KUVARS	% 46
	DOLOMİT (CaCO ₃ +MgCO ₃)	% 26	CaCO ₃ +MgCO ₃	CO ₂	CaO VE MgO	HURDA CAM	% 26
	SODA (Na ₂ CO ₃)	% 15	Na ₂ CO ₃	CO ₂	Na ₂ O	DOLOMİT	% 11
	KATKI MADDELERİ					CaO	% 3
	SODYUM KLÖRÜR		NaCl	Cl VE HCL	Na ₂ O	SODA (Na ₂ CO ₃)	% 13
	SODYUM SÜLFAT		Na ₂ SO ₄	SO ₂	Na ₂ O	Na ₂ SO ₄	% 1
	SODYUM FORÜR		NaF	F VE HF	Na ₂ O		
	SODYUM SİLİKAFLORÜR		Na ₂ SiF ₆	F VE HF	Na ₂ O		
	KRİYOLİT		Na ₃ AlF ₆	F VE HF	Na ₂ O		
	SODYUM NİTRAT		NaNO ₃	NOx	Na ₂ O		
	POTASYUM NİTRAT		KNO ₃	NOx	K ₂ O		
	AMONYUM SÜLFAT		(NH ₄) ₂ SO ₄	NOx, SO ₂			
	KALSİYUMFLORİT (FLORSPAR)		CaF ₂	F VE HF	CaO		
	ALÇITAŞI (JİPS)		CaSO ₄	SO ₂	CaO		
	BARYUMSÜLFAT		BaSO ₄	SO ₂	BaO		
	DEMİRSÜLFAT		FeSO ₄	SO ₂	Fe ₂ O ₃		
	BORAKS		Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	SUBUHARI	NaO VE B ₂ O ₃		
	ANHİDRİT BORAKS		Na ₂ B ₄ O ₇		NaO VE B ₂ O ₃		
	BORİK ASİT		H ₃ BO ₃		B ₂ O ₃		
	ARSENİK OKSİT		As ₂ O ₃		As ₂ O ₃		
	ANTİMON OKSİT		Sb ₂ O ₃		Sb ₂ O ₃		
	KURŞUN OKSİT		PbO		PbO		
	ÇİNKO OKSİT		ZnO		ZnO		
			KLORİTLER	Cl VE HCL	K ₂ O		



Şekil 1. Lüleburgaz-Eski Taşlı ile Turgutbey köylerinde çığ ve yağmur sularının reaksiyonu (pH) ile rüzgâr yönleri arasındaki ilişki (nisan ve mayıs 2012)

3.3. ÇİĞ VE YAĞMUR SULARINDA FLOR VE KLOR

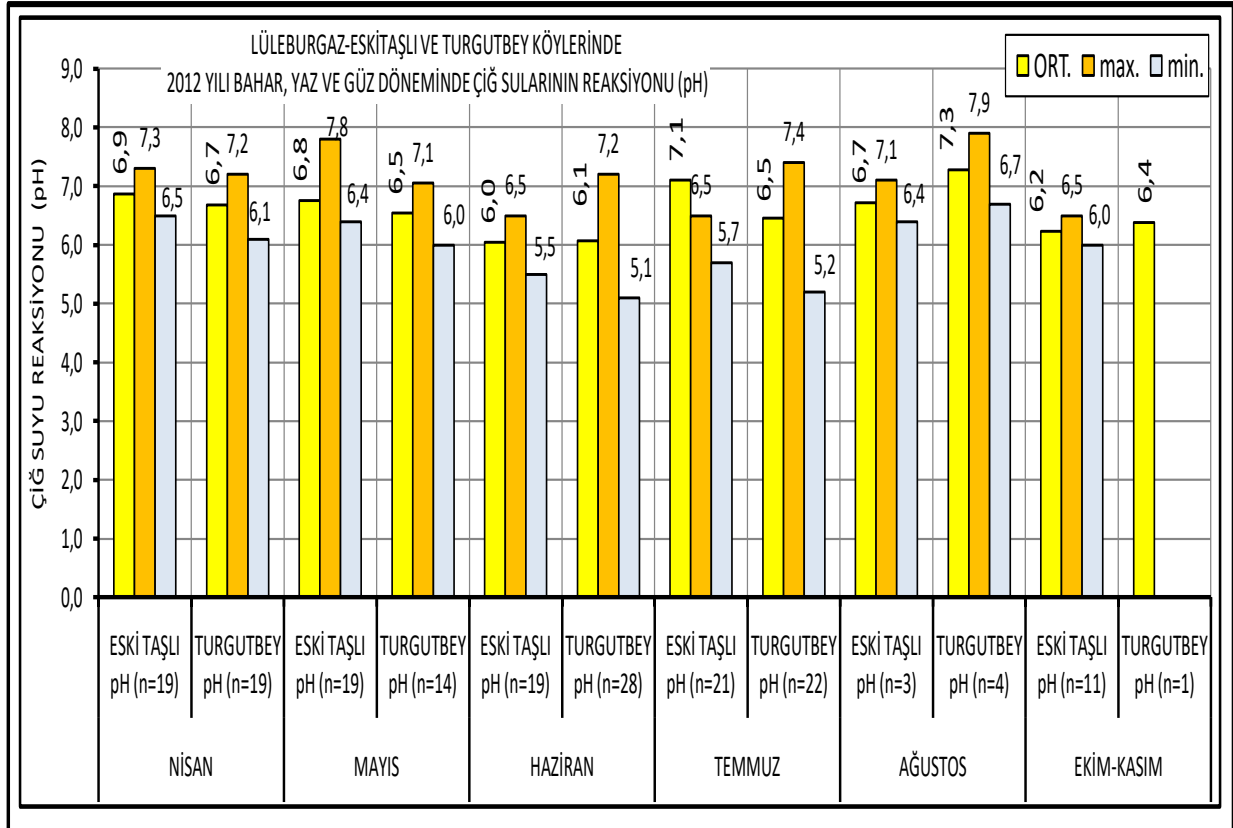
Çığ suyundaki flor nisan ve mayıs 2012 aylarında yağmur suyundakinden çok yüksek miktardadır. Çığ sularındaki flor miktarları Turgutbey köyünde Eski Taşlı köyüne göre daha yüksektir (Tablo 3, şekil 5). Anorganik gaz halindeki flor için verilen sınır değer 5 mg/Nm³ olup, bu değer 10 mg NaF (0,010 mg/l NaF) miktarına eşittir. Flor Eski Taşlı ve Turgutbey köylerinde sınır değerlerin epeyce üstünde ölçülmüştür. Flor çığ sularında da, yağmur sularında da KD-D ve güney yönlü rüzgârlar ile taşınmaktadır. Bu yönler de Büyük Karıştırıcı cam sanayiini işaret etmektedir (Şekil 5 ile Tablo 1).

Tablo 2. Lüleburgaz-Eski Taşlı ve Turgutbey köylerinde çığ suyunun reaksiyonu (pH)

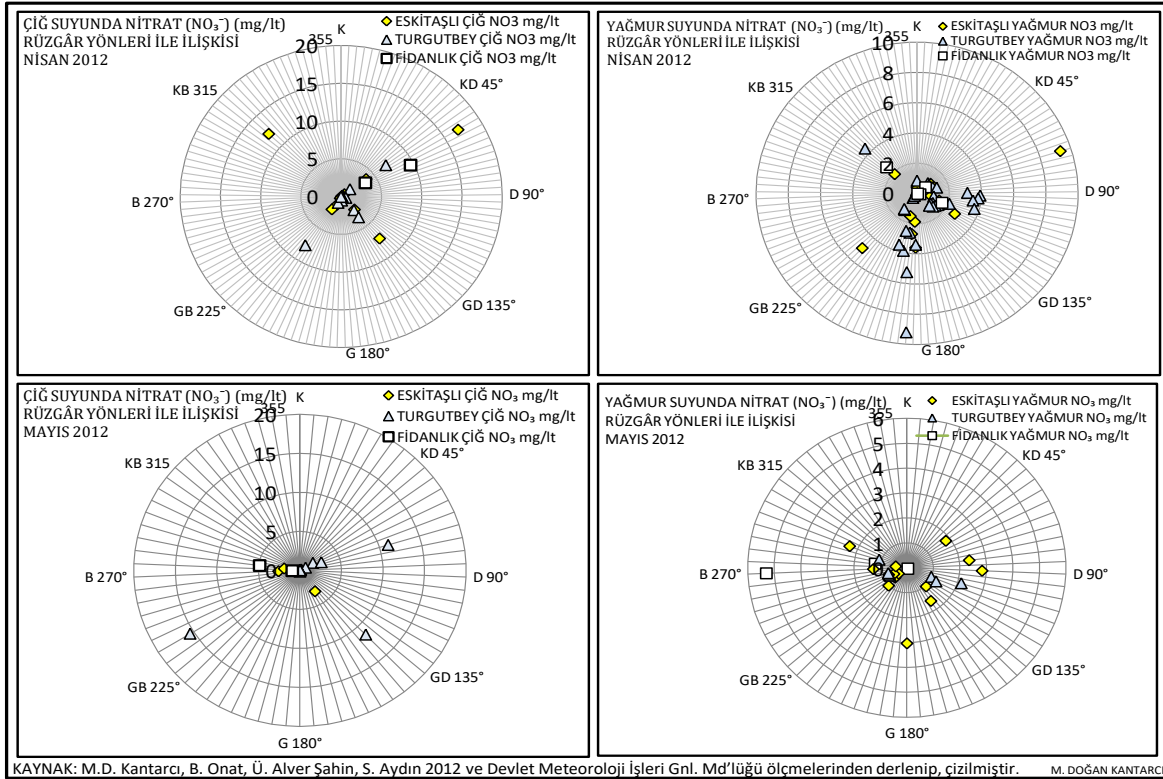
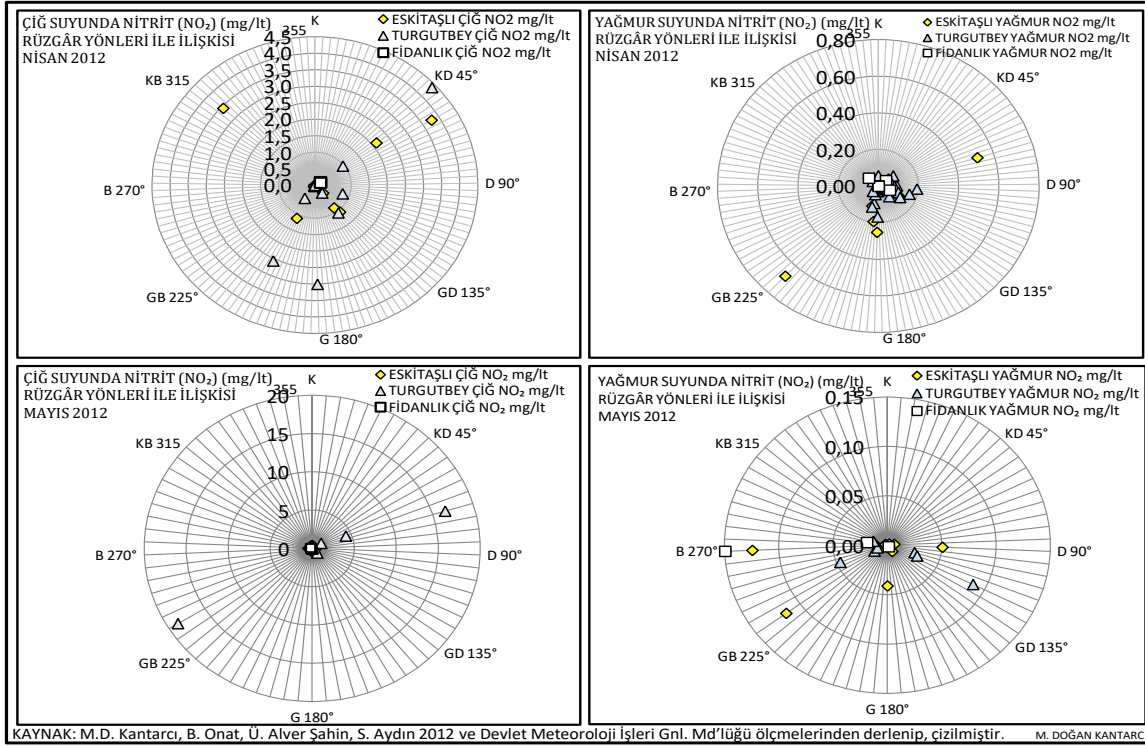
2012 pH	NİSAN		MAYIS		HAZİRAN		TEMMUZ		AĞUSTOS		EKİM-KASIM	
	ESKİTAŞLI	TURGUTBEY	ESKİTAŞLI	TURGUTBEY	ESKİTAŞLI	TURGUTBEY	ESKİTAŞLI	TURGUTBEY	ESKİTAŞLI	TURGUTBEY	ESKİTAŞLI	TURGUTBEY
n	19	19	19	14	19	28	21	22	3	4	11	1
ORT.	6,9	6,7	6,8	6,5	6,0	6,1	7,1	6,5	6,7	7,3	6,2	6,4
max.	7,3	7,2	7,8	7,1	6,5	7,2	6,5	7,4	7,1	7,9	6,5	
min.	6,5	6,1	6,4	6,0	5,5	5,1	5,7	5,2	6,4	6,7	6,0	
std.sapma	0,2496	0,2810	0,4059	0,2873	0,2345	0,3935	0,3768	0,6981	0,3360	0,5528	0,1845	
VK %	0,04	0,04	0,0008	0,0010	0,04	0,06	0,0062	0,0100	0,0500	0,0759	0,0296	0,0000
pH 6,5-6,0	n=0	n=4	n=1	n=5	n=11	n=19	n=12	n=6	n=1	n=0	n=9	n=1
%	0,00	0,21	0,05	0,36	0,58	0,68	0,57	0,27	0,33	0,00	0,82	1,00
pH < 6					n=6	n=8	n=4	n=3	n=2			
%					0,32	0,29	0,19	0,14	0,67			
pH < 6,5 %	0,00	0,21	0,05	0,36	0,89	0,96	0,76	0,41	1,00	0,00	0,82	1,00

KAYNAK: M. D. Kantarcı, B. Onat, Ü. Alver Şahin, S. Aydın 2012 ölçmelerinden derlenip, düzenlenmiştir.

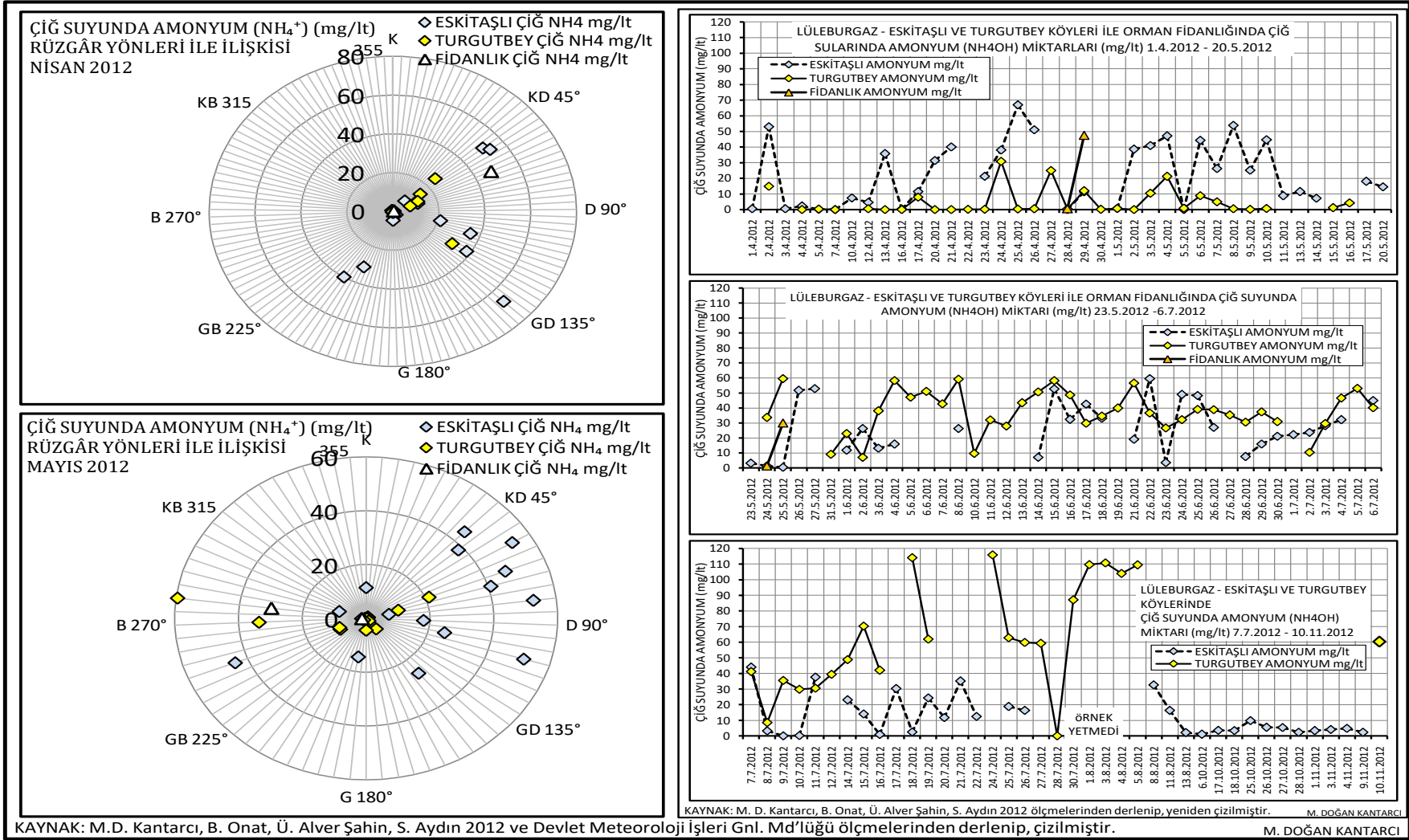
M. DOĞAN KANTARCI



Şekil 2. Eski Taşlı ve Turgutbey köylerinde çığ suyu reaksiyonlarının (pH) karşılaştırılması



Şekil 3.2. Lüleburgaz – Eski Taşlı ve Turgutbey köyleri ile Orman Fidanlığı'nda çığ ve yağmur sularında nitrat (NO_3) (mg/Lt) içerikli ile rüzgâr yönleri arasındaki ilişki (Nisan ve mayıs 2012)



Şekil 4. Çiğ sularında amonyum (NH₄⁺) (mg/l) içerikleri ile rüzgâr yönleri arasındaki ilişki (nisan ve mayıs 2012)

Çiğ suyundaki klor, yağmur suyundaki klordan çok daha fazla bulunmuştur (Şekil 6). Klorun geliş yönü de KD-D ve GD-G rüzgârları ile. Eski Taşlı'da 1,663-398,2 mg/Lt, Turgutbey'de 11,45-5569,06 mg/Lt arasında klor miktarları belirlenmiş olup, bu klor miktarları 30 mg/Lt sınır değerinin çok üstündedir (Şekil 6, tablo 1).

3.4. ÇİĞ VE YAĞMUR SULARINDA BROM

Nisan ve mayıs aylarında çiğ suyundaki brom miktarları yağmur sularındakinden fazladır (Şekil 7). Aynı aylarda çiğ suyunda Eski Taşlı'da 0,005-0,566 mg/Lt ölçülen brom, temmuz ayında ve ağustos ayının ilk yarısında 1,50-1,74-1,94-2,14 mg/Lt değerlerine yükselmiştir. Turgutbey'de ise daha az olarak 0,021-0,233 mg/Lt arasında ölçülmüştür. Yağmur suyundaki brom KD, doğu, batı ve güney yönlerden gelen rüzgârlar ile taşınmıştır. Çiğ sularındaki brom ise genellikle KD ve doğu ve GD esintileri altında gelmektedir (Şekil 7).

3.5. ÇİĞ VE YAĞMUR SULARINDA FOSFAT

Çiğ ve yağmur sularında ölçülen fosfat miktarları arasında çok fark vardır. Bu fark fosfatın tarlalara atılan kimyasal gübrenin tozumasından kaynaklandığını göstermektedir. Yağmur damlaları daha yüksekte oluştukları için fosfat ile pek yüklü değildir. Ama yüzeye daha yakın ve fotokimyasal pus/toz yükseltisinde oluşan çiğ damlaları fosfat bileşiklerini de yeryüzüne indirmektedirler (Şekil 8). İlkbaharda (nisan-mayıs) Turgutbey'de ölçülen fosfat miktarları 0,005-74,69 mg/Lt arasında olup, Eski Taşlı'dakinden (0,005-9,9 mg/Lt) çok daha fazladır. Turgutbey'deki ölçme yerinin çevresi tarla olup, muhtemelen ilkbaharda da fosfat gübresi verilmiştir (Fosfatlı gübreler sonbaharda verilir. İlkbaharda değil.). Turgutbey'de ekinler biçildikten sonra da (VI. Ayın sonu ve VII./VIII. aylarda) çiğ sularındaki fosfat miktarları yüksektir (0,005-100,35 mg/Lt) (Anız tozamasının etkisi).

3.6. ÇİĞ VE YAĞMUR SULARINDA SÜLFAT

Çiğ sularındaki sülfat miktarları da yağmur sularındakinden belirgin olarak daha fazladır (Şekil 9). Çiğ sularındaki sülfat miktarları bahar aylarında Eski Taşlı'da 10,00-103,77 mg/Lt arasında, Turgutbey'de 13,82-103,54 mg/Lt arasında değişim gösterirken, Turgutbey'de VI. ve VII. ayda birdenbire 50-300 mg/Lt arasına yükselmiştir. Bu yüksek değerler biçir-döğer tozumasının sonucu olmalıdır. Daha sonra devam eden yüksek değerler ise anız tozamasına bağlanabilir. Ancak cam sanayiinde sülfat bileşiklerinin önemli miktarda katkı maddesi olarak kullanıldığını da gözden uzak tutmamak gerekir (Tablo 1). Çiğ ve yağmur sularında sülfat bileşikleri de KD-D ve GD yönlerden esintilerle taşınmaktadır (Şekil 9).

3.7. ÇİĞ VE YAĞMUR SULARINDA LİTYUM

Çiğ ve yağmur sularında lityum eser miktarlarda bulunmuştur. Ancak lityum çiğ suyunda, yağmur suyundan daha fazladır (Şekil 10). Çiğ suyundaki lityumun ilkbahar aylarında az olup (0,00 - 0,010 / 0,015 mg/Lt), yaz aylarında yükseldiği (0,005 - 0,040 mg/Lt) görülmektedir (Şekil 11 ve tablo 1). Lityum da KD-D-GD rüzgârları ile taşınmaktadır (Şkl. 10).

3.8. ÇİĞ SULARINDA SODYUM

Çiğ suyunda sodyum Eski Taşlı'da Turgutbey'dekinden daha fazla bulunmuştur. Sodyum ilkbaharda Eski Taşlı'da 1,51-160 mg/Lt aralığında, yaz aylarında ise 0,96-101,46 mg/Lt aralığında dağılım göstermektedir. Turgutbey'de sodyum 0,22-50/100 mg/Lt aralığında dağılım göstermektedir. Sodyum da kuzey ve doğu rüzgârları ile taşınmaktadır (Şekil 12). Örnek alınan

yerler deniz etkisine uzak olduğu gibi, çevrede tuzlu topraklar da yoktur. Sodyum kaynağı cam sanayinde kullanılan katkı maddeleridir (Tablo 1).

Tablo 3. Lüleburgaz – Eski Taşlı ve Turgutbey köyleri ile Orman Fidanlığı'nda çığ ve yağmur sularında flor (F^-) miktarları (ortalama vd. değerler) (mg/lt)

2012 NİSAN	ESKİTAŞLI	ESKİTAŞLI	TURGUTBEY	TURGUTBEY	FİDANLIK	FİDANLIK
	ÇİĞ mg/lt	YAĞMUR mg/lt	ÇİĞ mg/lt	YAĞMUR mg/lt	ÇİĞ mg/lt	YAĞMUR mg/lt
n	19	15	19	30	2	5
ORTALAMA	0,8739	0,1190	0,2970	0,0750	0,5799	0,0447
EN YÜKSEK	4,1665	0,4527	0,84937	0,25199	0,8771	0,1161
EN DÜŞÜK	0,0549	0,022	0,0929	0,0068	0,2826	0,005
STD.SAPMA	1,2235	0,1342	0,2233	0,0603	0,4204	0,0453
VK %	1,40	1,13	0,75	0,80	0,72	1,01
MAYIS						
	ÇİĞ	YAĞMUR	ÇİĞ	YAĞMUR		
n	19	14	15	8	2	3
ORTALAMA	0,2252	0,0255	0,1241	0,1707	0,3412	0,2504
EN YÜKSEK	0,8013	0,0899	0,3015	1,0993	0,6517	0,696
EN DÜŞÜK	0,0187	0,0048	0,002	0,0086	0,0307	0,0268
STD.SAPMA	0,1710	0,0240	0,1069	0,3759	0,4391	0,3859
VK %	27,61	1737,24	48,83	27,60	6,23	16,16
HAZİRAN						
	ÇİĞ	YAĞMUR	ÇİĞ	YAĞMUR		
n	19	3	28	3		
ORTALAMA	0,4031	0,2373	0,5190	0,6341		
EN YÜKSEK	1,4687	0,3192	1,9569	0,978		
EN DÜŞÜK	0,002	0,1554	0,0062	0,1833		
STD.SAPMA	0,4812	0,1158	0,4140	0,4080		
VK %	1,19	0,49	0,80	0,64		
TEMMUZ						
	ÇİĞ	YAĞMUR	ÇİĞ	YAĞMUR		
n	21	4	22	5		
ORTALAMA	0,9699	0,0754	0,3455	0,0452		
EN YÜKSEK	1,4687	0,0383	1,2063	0,0866		
EN DÜŞÜK	0,002	0,1554	0,0003	0,002		
STD.SAPMA	0,2343	9,8118	0,2612	0,0299		
VK %	12,13	0,11	2,31	14,25		
AĞUSTOS						
	ÇİĞ	YAĞMUR	ÇİĞ	YAĞMUR		
n	3	4	4	YOK		
ORTALAMA	0,002	0,0413	0,4627	--		
EN YÜKSEK	0,002	0,0726	0,6956	--		
EN DÜŞÜK	0,002	0,002	0,2704	--		
STD.SAPMA	0,0000	0,0327	0,1755	--		
VK %	0,00	0,79	0,38	--		
EKİM-KASIM						
	ESKİTAŞLI ÇİĞ	ESKİTAŞLI YAĞMUR	TURGUTBEY ÇİĞ	TURGUTBEY YAĞMUR		
n	11	14	4	3		
ORTALAMA	0,0020	0,0913	0,0028	0,0853		
EN YÜKSEK	0,0020	0,3677	0,005	0,2519		
EN DÜŞÜK	0,0020	0,002	0,002	0,002		
STD.SAPMA	0,0000	0,1507	0,0015	0,1443		
VK %	0,0000	1,6512	0,5455	1,6914		

AYÇILAMA:

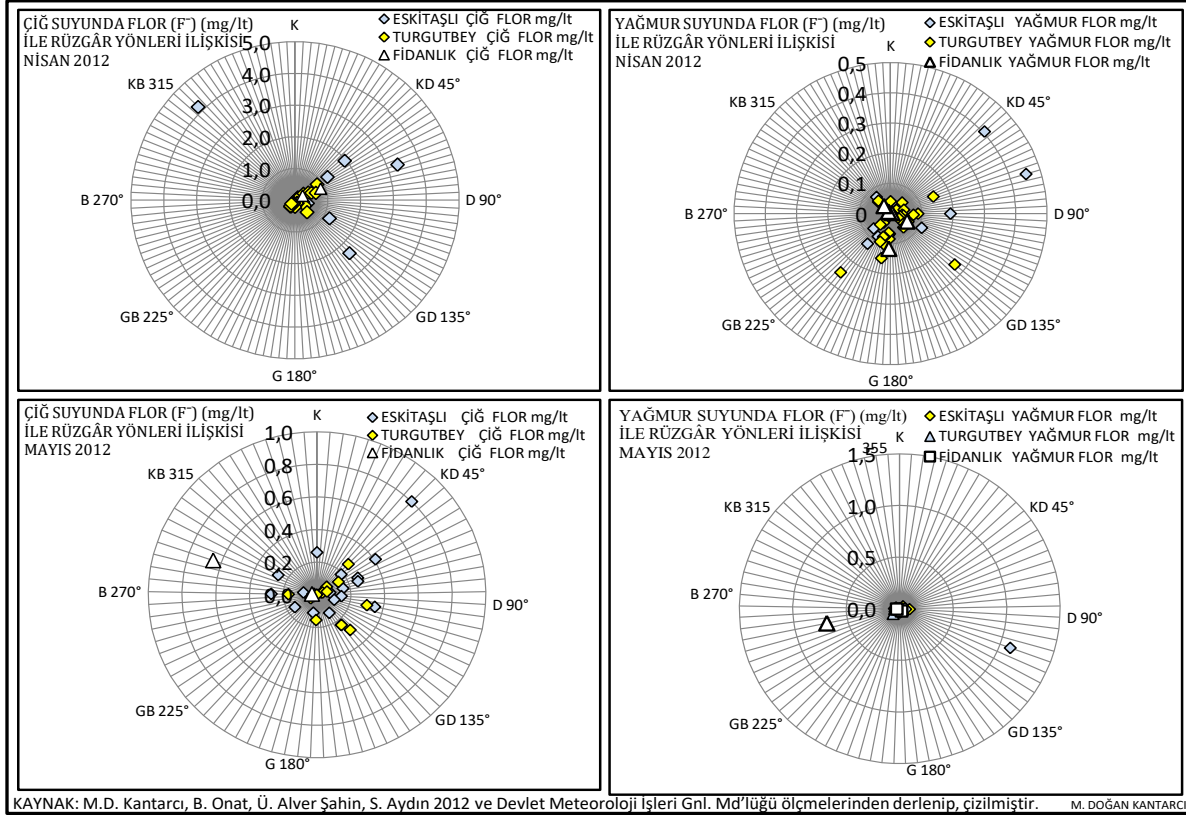
1. Çığ ve yağmur sularındaki flor (F^-) florür olarak bağlanmış flor'dur. Cam sanayiinden havaya yeterli miktarda sodyum ve kalsiyum verildiği için flor bu katyonlar ile birleşip, florürleri dönüşmektedir.
2. Çığ suyundaki flor miktarları yağmur sularından daha fazladır. Bu fark yağmur ve çığ damlalarının atmosferde oluşum sebebine, şekline ve yüksekliğine bağlıdır.
3. Havada flor sınır miktarı 5 mg/m^3 ($0,005 \text{ mg/lt}$) olarak verilmiştir. Çığ ve yağmur sularında en düşük miktar bile havadaki florun sınır değerinin üstüne çıktığına işaret etmektedir.
4. Çığ ve yağmur sularındaki flor miktarları çok değişkendir (VK %). Bu durum olağandır. Çünkü rüzgâr yönleri ve hızları farklı olduğu gibi gündüz ve gece sıcaklıkları da farklıdır. Dolayısı ile çığlenme olayı ve çığ suyu içerikleri de büyük farklar göstermektedir. Ölçülen yüksek değerleri hesap dışı bırakmak ve daha homojen ortalamalar elde etmek doğru rüzgâr yönlerini de hesaba katarak olayı doğru değerlendirmeye çalışmak daha gerçekçidir.
5. Çığ suyu reaksiyonları (pH) ile yüksek flor ve klor içerikleri arasındaki ilişki, havadaki hidroflorür (HF) ve HCl varlığını işaret etmektedir.

M. DOĞAN KANTARCI

KAYNAK: M. D. Kantarcı, B. Onat, Ü. Alver Şahin, S. Aydın 2012 ölçmelerinden derlenip, düzenlenmiştir.

3.9. ÇİĞ SULARINDA POTASYUM

Çığ suyunda potasyum Turgutbey'de ilkbaharda 7,74 – 247,25 mg/lt aralığında dağılmakta olup, yaz aylarında 15,37-153,07 mg/lt miktarlarına ulaşabilmektedir. Eski Taşlı'da ise çığ suyundaki potasyum miktarları ilkbaharda düşük (1,17-61 mg/lt), yaz aylarında daha yüksektir (0,58-170 mg/lt). Potasyum da KD-D-GD rüzgârları ile taşınmaktadır (Şekil 13 ve tablo 1). Potasyumnitrat cam sanayinde önemli bir katkı maddesi olduğu gibi, tarımda da NPK gübresi olarak kullanılmaktadır.



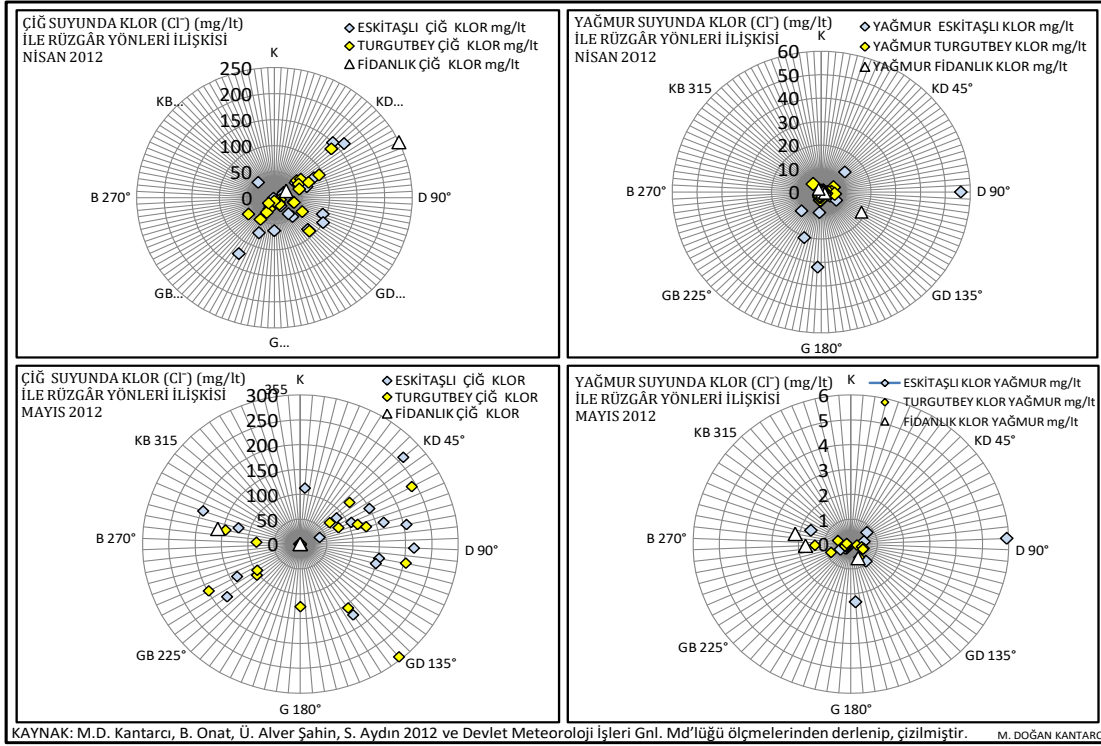
Şekil 5. Lüleburgaz – Eski Taşlı ve Turgutbey köyleri ile Orman Fidanlığı'nda çığ ve yağmur sularında flor (F) (mg/lt) içerikleri ile rüzgâr yönleri arasındaki ilişki (Nisan ve mayıs 2012)

3.9. ÇİĞ SULARINDA KALSİYUM

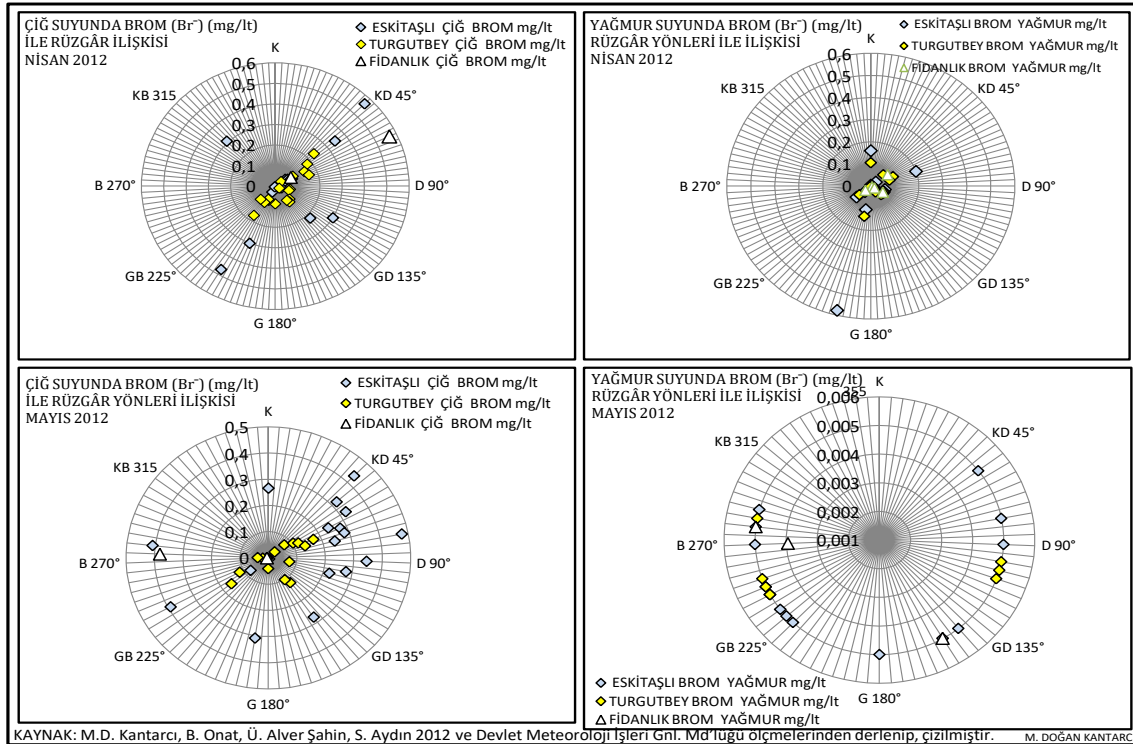
Çığ suyunda kalsiyum nisan ve mayıs aylarında toprak ekin ile kaplı olduğu için daha az bulunmuştur (Eski Taşlı'da 2,56-75,07 mg/lt, Turgutbey'de 14,53-209,63 mg/lt aralığında). Ekinler biçildikten sonra Turgutbey'de çığ suyundaki kalsiyum miktarı 64,83-315,85 mg/lt değerlerine kadar yükselmektedir (Biçer/döğer tozu ve anız tozaması). Ancak cam sanayiinde önemli miktarda kalsiyum (Dolomit ve dolomitik kireçtaşı) kullanılmaktadır. Bahar aylarında çığ sularındaki Ca^{++} yüksekliği bu kullanıma bağlı olmalıdır. Kalsiyum da kuzeydoğu-doğu-güneydoğu yönlerden esen rüzgârlar ile taşınmaktadır (Şekil 14 ve tablo1).

3.10. ÇİĞ SULARINDA MAGNEZYUM

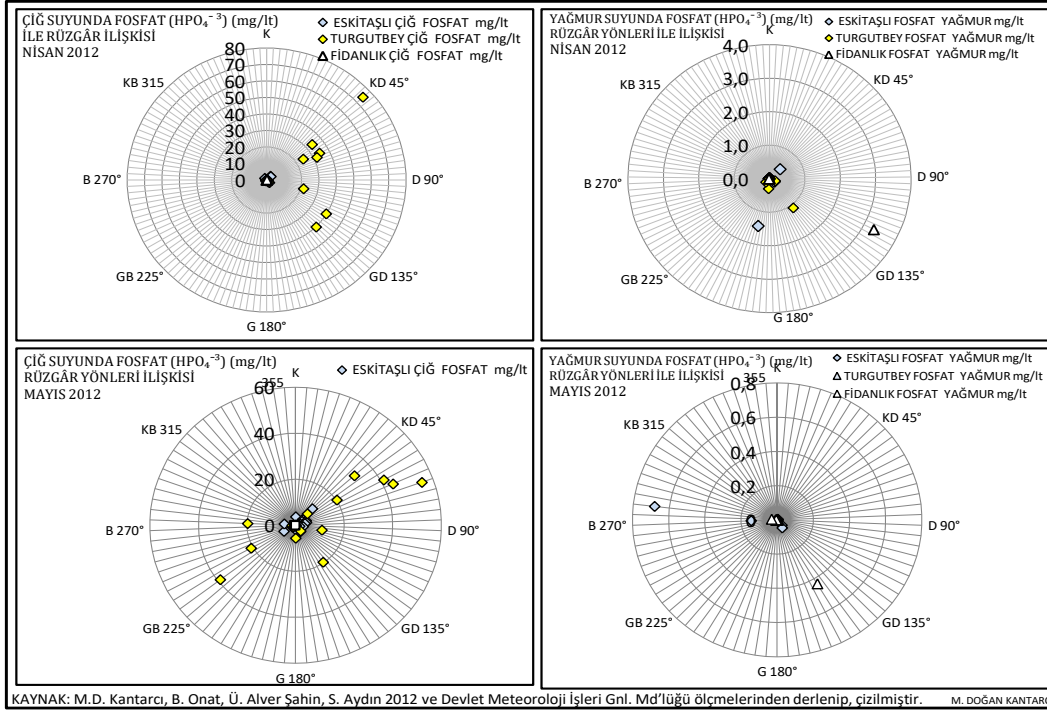
Mağnezyum'da kalsiyum gibi IV ve V. aylarda çığ sularında daha az (Eski Taşlı'da 0,28-30,64 mg/lt, Turgutbey'de 3,73-60,52 mg/lt) bulunmakta olup, ekinler biçilirken (VI. ayda) 9,3-76,5 mg/lt, ve yazın anızın tozamasında 13,64-127,02 mg/lt'ye yükselmektedir. Aynı dönemde Eski Taşlı'da çığ suyunda mağnezyum 2,0-53,8 mg/lt arasında bulunmuştur. Toprakların ekin ile kaplı olduğu bahar döneminde çığ sularındaki mağnezyumu önemli kaynaklarından biri de cam sanayiidir (Şekil 15 ve tablo 1 Dolomit ve dolomitik kireç taşı).



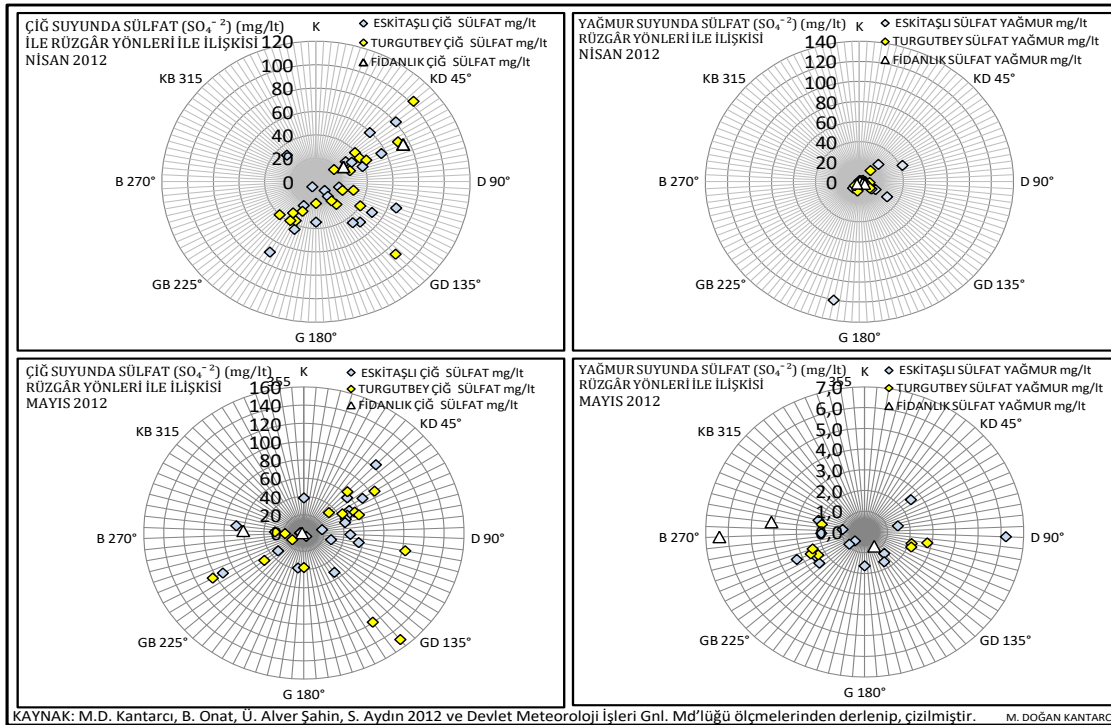
Şekil 6. Lüleburgaz – Eski Taşlı ve Turgutbey köyleri ile Orman Fidanlığı'nda çığ ve yağmur sularında klor (Cl⁻) (mg/l) içerikleri ile rüzgâr yönleri arasındaki ilişki (nisan ve mayıs 2012)



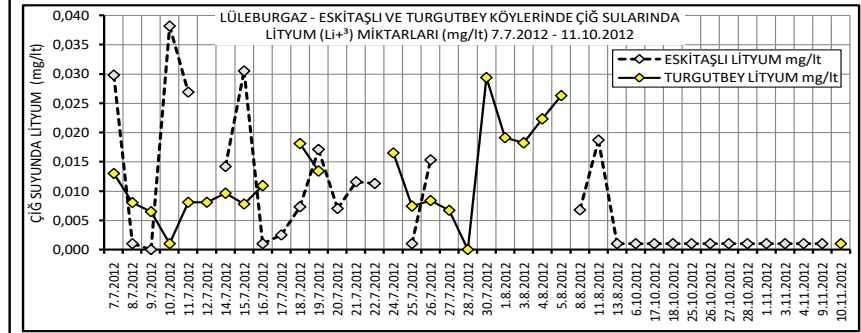
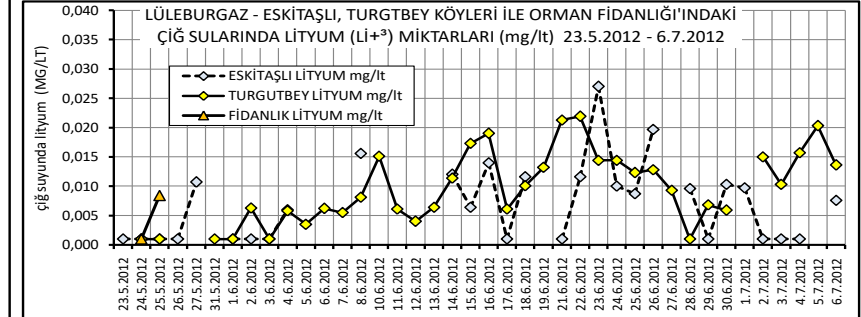
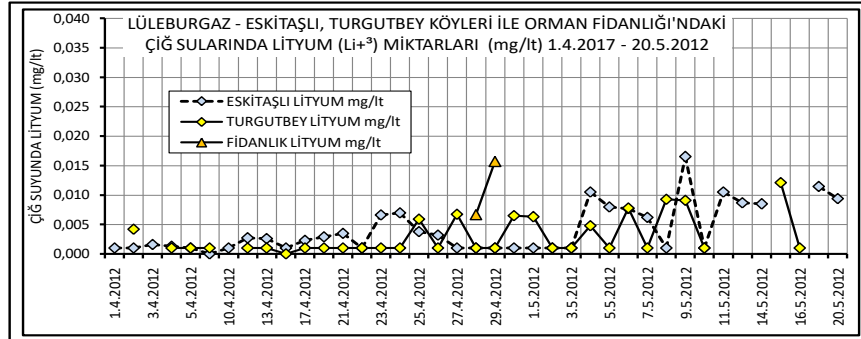
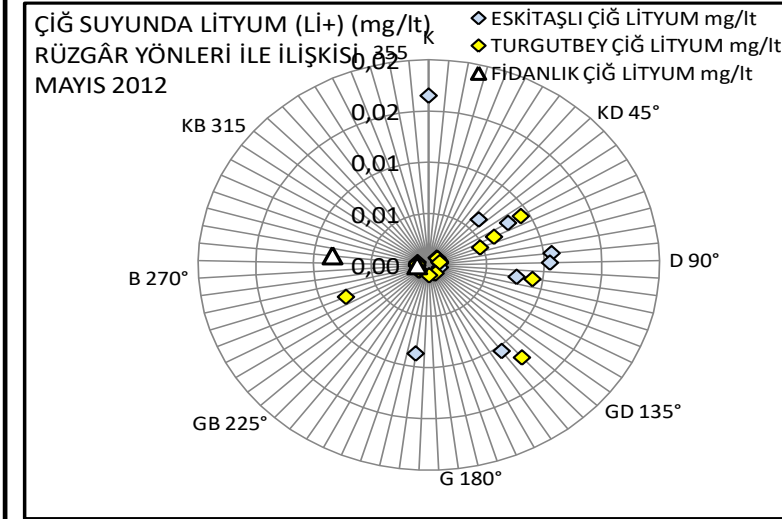
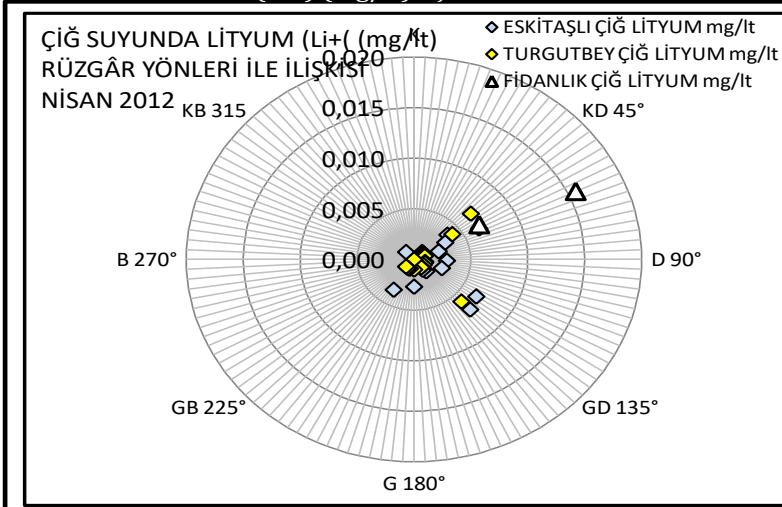
Şekil 7. Lüleburgaz – Eski Taşlı ve Turgutbey köyleri ile Orman Fidanlığı'nda çığ ve yağmur sularında brom (Br⁻) (mg/l) içerikleri ile rüzgâr yönleri arasındaki ilişki (nisan ve mayıs 2012)



Şekil 8. Lüleburgaz – Eski Taşlı ve Turgutbey köyleri ile Orman Fidanlığı'nda çığ ve yağmur sularında fosfat (HPO_4^{3-}) (mg/lt) içerikleri ile rüzgâr yönleri arasındaki ilişki (IV ve V. 2012)



Şekil 9. Lüleburgaz – Eski Taşlı ve Turgutbey köyleri ile Orman Fidanlığı'nda çığ ve yağmur sularında sülfat (SO_4^{2-}) (mg/lt) içerikleri ile rüzgâr yönleri arasındaki ilişki (IV ve V. 2012)

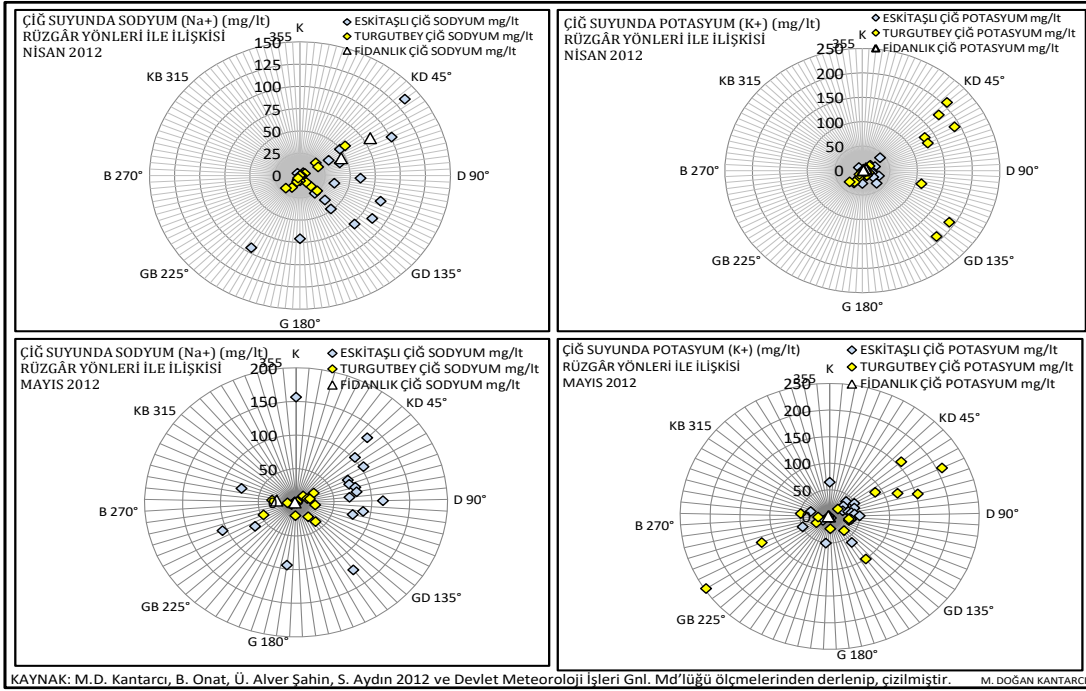


KAYNAK: M. D. Kantarcı, B. Onat, Ü. Alver Şahin, S. Aydın 2012 ve Devlet Meteoroloji İşleri Gn. Md'lüğü ölçmelerinden derlenip, çizilmiştir.

M. DOĞAN KANTARCI

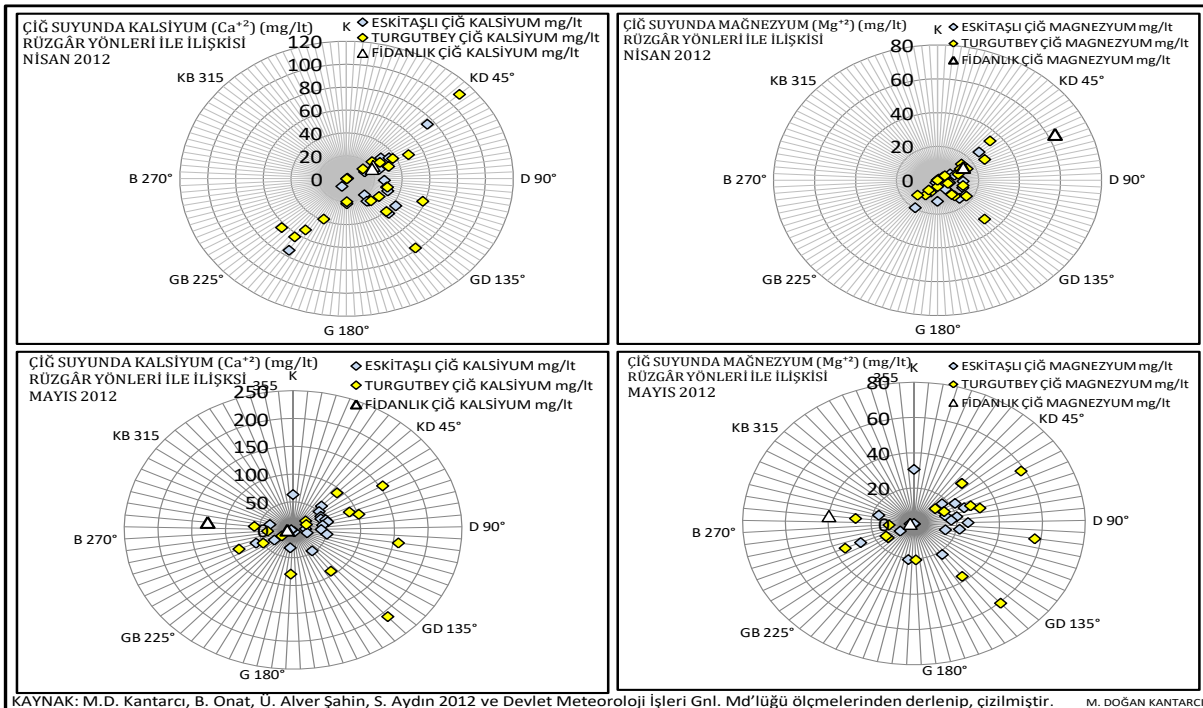
Şekil 10. Çiğ sularında lityum (Li⁺) (mg/l) ile rüzgâr yönleri ilişkisi (nisan ve mayıs 2012)

Şekil 11. Lüleburgaz – Eski Taşlı ve Turgutbey köyleri ile Orman Fidanlığı'nda çiğ sularında lityum (Li⁺) miktarları (mg/l)



Şekil 12. Eski Taşlı ve Turgutbey köyleri ile Orman Fidanlığı'nda çığ ve yağmur sularında sodyum(Na⁺) (mg/l) ile rüzgâr yönleri ilişkisi (IV-V. 2012)

Şekil 13. Eski Taşlı ve Turgutbey köyleri ile Orman Fidanlığı'nda çığ ve yağmur sularında potasyum (K⁺) (mg/l) ile rüzgâr yönleri ilişkisi (IV-V. 2012)



Şekil 14. Eski Taşlı ve Turgutbey köyleri ile Orman Fidanlığı'nda çığ ve yağmur sularında kalsiyum (Ca²⁺) (mg/l) ile rüzgâr yönleri ilişkisi (IV-V. 2012)

Şekil 15. Eski Taşlı ve Turgutbey köyleri ile Orman Fidanlığı'nda çığ ve yağmur sularında magnezyum (Mg²⁺) (mg/l) ile rüzgâr yönleri ilişkisi (IV-V. 2012)

4. SONUÇ

Hamitabat Termik Santralı çevresinde Eski Taşlı ve Turgutbey köyleri ile Orman Fidanlığı'ndan alınan çığ ve yağmur suyu örneklerinde yapılan anyon ve katyon analizlerinde elde edilen bulgular cam sanayiinden ve tarım alanlarından kaynaklanan bileşiklere dikkatimizi çekmiştir.

(1) Çığ sularında belirlenen anyon ve katyonlar yağmur sularında daha az bulunmuştur. Bunun sebebi yağmur damlalarının daha yükseklerde oluşması ve yeryüzüne yakın tozlu/kirli hava tabakasının içinden geçerek yağmasıdır. Çığ damlacıkları ise yeryüzüne daha yakın olan fotokimyasal pus (Smog) tabakası içinde oluşmaktadır. Soğuyan havada yoğunlaşan su molekülleri dipol (iki kutuplu) yapıda oldukları için anyon ve katyonların çevresinde toplanmakta (Hidratlanma) ve onlarla birlikte yere çığ damlaları olarak inmektedirler.

(2) Çığ sularının reaksiyonları genellikle nötr ve hafif alkali bulunmuştur. Bunun iki sebebi vardır. **Birincisi** çevrede kireçli toprakların (Karakepir) bulunması, **ikincisi** cam sanayiinde önemli miktarda dolomit, dolomitik kireç taşı ve soda kullanılmasıdır. Buna rağmen pH 5,0-5,5/6,0 arasında olan asit çığ suyu örnekleri de az değildir. Bu asitlik cam sanayiinde kullanılan florür ve klorürler ile cam sanayii ve Hamitabat Termik Santralında doğal gazın yüksek sıcaklıkta yakılması sonucunda oluşan azot oksitler ve kükürtdioksitten kaynaklanmış olmalıdır (Yaz aylarında ısınmak için kömür yakılmıyor.).

(3) Çığ sularında; anyonlardan flor, klor, brom, nitrit, nitrat ve sülfatlar ile katyonlardan amonyum, lityum, sodyum, potasyum sanayi kaynaklı olup, cam sanayiinde kullanılan hammaddeler ile katkı maddelerinden ve yüksek sıcaklıkta yakma/ergitme işleminden kaynaklanmaktadır.

(4) Çığ sularında anyonlardan fosfatlar ile sülfatların ve katyonlardan potasyumun bir kısmı tarım alanlarında kullanılan süperfosfat, amonyumsülfat ile NPK gübresinden kaynaklanmış olmalıdır. Cam sanayiinde de önemli miktarda sülfat ve potasyum içeren bileşikler kullanılmaktadır.

(5) Çığ sularında bulunan kalsiyumun bir bölümü çevredeki kireçli topraklardan ve kuzeydeki taş ocaklarından kaynaklanmış olmalıdır. Ancak cam sanayiinde kullanılan dolomit ve dolomitik kireç taşları da kalsiyum ile magnezyum kaynağıdır.

(6) Özellikle toprakların ekin ile kaplı olduğu bahar aylarındaki bulgular ile ekinin biçildiği haziran ayı (Biçer/döğür tozutmaları) ve yaz aylarında anızdan tozayan bileşiklerin çığ sularındaki yoğunlukları farklıdır. Bu mevsimlik farklar; çığ sularında hem sanayi, hem de toprak/gübre kaynaklı anyon ve katyonların varlığına işaret etmektedir.

(7) Çığ ve yağmur sularının reaksiyonları ile içeriklerinin özellikle nisan ve mayıs aylarında (Toprak ekin ile kaplıyken) rüzgâr yönleri ile ilişkisi de incelenmiştir. Baca gazları ve bacalardan atılan tanecikler ($PM \leq 10$ ve $PM \leq 2,5 \mu m$) sıcak havada baca, gazlarının da sıcaklığı ile genellikle 500-800 m'ye kadar yükselmektedirler. Gece soğuyan hava, yoğunlaşan su molekülleri ile birlikte alçak araziye akmakta ve çığ olarak yeryüzüne inmektedir. Gece soğuma ve çökme sürecinde eğer rüzgâr eserse, çığ de o yönden esinti ile çökeltmektedir. Örneklerin alındığı sürede çığ çökmesinin kuzeydoğu, doğu ve güneydoğu yönlerden esen rüzgârlar ile ilişkili olduğu

bulunmuştur. Cam sanayiinin örnekleme yerlerinin güney doğusunda yer almasına rağmen; KD ve D yönlerden gelen çığ sularında cam sanayii kaynaklı anyon ve katyonların bulunması, fotokimyasal pus oluşumu/sıcak hava yükselmesi/gece soğuma ve çökeltme sürecindeki arazi şekli ile rüzgâr yönüne bağlıdır. Bu ilişki cam sanayii ile bölgedeki diğer sanayi tesislerinin, hâkim kuzey rüzgârları altında, güneydeki yerleşimler ile tarım alanlarını daha da belirgin olarak etkileyebileceğine dikkatimizi çekmektedir (Harita 1).

KAYNAKLAR

- Gökhale, S., 2009;** *Air Pollution Sampling and Analysis (Laboratory Manual)*. Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Guwahati, Guwahati-781039, Assam, India.
- Kantarci, M.D.-Onat, B.-Alver/Şahin,Ü.- Aydın, S. 2012;** *The Measurements NOx emmissions and effects of the Hamitabat Power Plant-Lüleburgaz/Turkey*. Air Quality Management at Urban, Regional and Global Scales 4th International Symposium and IUAPPA Regional Conference, 10-13.9.2012-İTÜ İstanbul. ISBN: 978-975-561-424-3 (Sh.151). Edit. S.İncecik-C. Kâhya.Sürat Daktilo Klktf.Şti.-İstanbul.
- VDI-1978** (Verein Detscher Ingenieure) *Richtlinie 2310 (B 1.20. SO₂; B 1.3. HF, B 1.4. NO₂)* Federal Almanya.