



## ششمین همایش ملی سامانه های سطوح آبیگر باران



### افزایش استحصال آب باران به کمک روشهای نوین یونیزاسیون اتمسفر

سمانه پورمحمدی<sup>۱</sup>، محمد حسن رحیمیان<sup>۲\*</sup>، مت هامبری<sup>۳</sup>

\* نویسنده مسئول: s.poormohammadi@gmail.com

#### واژه‌های کلیدی

یونیزاسیون، افزایش باران، تغییر اقلیم، تعدیل  
وضع هوا.

#### چکیده

تغییرات اقلیمی و سوء مدیریت، کشور ایران را در خطر کمبود آب قرار داده است به طوری که بسیاری از نقاط کشور از مرحله تنش و استرس آبی خارج و وارد مرحله کمبود آب شده اند. در این میان بسیاری از کشورهای جهان چندین دهه است که از تکنولوژیهای تعدیل وضع هوا جهت سازگاری با اثرات تغییر اقلیم و افزایش بارش استفاده می کنند. یکی از روشها کلاسیک افزایش بارش که قدمت ۷۰ ساله در جهان دارد، تکنولوژی باروری ابرها می باشد که در کشور ایران نیز سابقه ۲۰ ساله دارد. در دهه های اخیر به ویژه از قرن ۲۱، استفاده از تکنولوژیهای نوظهور تعدیل وضع هوا در کشورهای اروپایی، آمریکایی و استرالیا رونق زیادی گرفته است. استفاده از تکنولوژی یونیزاسیون جهت افزایش استحصال باران، سابقه ۱۵ الی ۲۰ ساله در کشورهای پیشرفته مثل آمریکا و استرالیا دارد و در خاورمیانه و آسیا نیز توسط همین کشورها اجرایی شده است. کشورهای همسایه ایران شامل: امارات، عمان، ترکیه و حتی عربستان نیز جز کشورهای استرالیایی است که توسط موسسات معتبر استرالیایی و آمریکایی تحت پوشش این تکنولوژی قرار گرفته اند. هدف از تحقیق حاضر معرفی تکنولوژی یونیزاسیون جوی در افزایش استحصال آب باران به عنوان تکنولوژی نوین و کارا می باشد. در انتها به سوابق برخی کشورها، نحوه انجام و نتایج آنها اشاره خواهد شد. امید است در کشور ایران نیز این تکنولوژی رونق یافته تادر کنار سایر راهکارهای افزایش استحصال آب باران به نجات کشور از کم آبی و خشکسالی کمک شایانی نماید.

۱- دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، موسسه تحقیقات آب ایران، مرکز ملی تحقیقات و مطالعات باروری ابرها.

۲- دکتری مهندسی آب، نماینده موسسه تکنولوژی افزایش بارش استرالیا در ایران (ART)

۳- مدیر عامل شرکت تکنولوژی افزایش بارش استرالیا (ART)

۳- مدیر عامل شرکت تکنولوژی افزایش بارش استرالیا (ART)

کشاورزی اغلب کشورها نیز که از کاهش بارندگی متضرر می شود صنعت تولید گندم است. هم چنین تولید محصولات باغی نیز از بخش های در معرض خطر به دلیل تغییرات اقلیمی است. فن آوری یونیزاسیون جو می تواند یک انتخاب کم هزینه برای همگام شدگی با اثرات تغییر اقلیم باشد. مزایای افزایش بارش توسط این فن آوری، همان گونه که در چندین کشور به اثبات رسیده است، می تواند یک راهنمای مناسب در اتخاذ تصمیمات راهبردی برای زمین های کشاورزی و باغی باشد زیرا از لحاظ تجاری بسیار مقرون به صرفه است.

محیط زیست: به طور گسترده ای اثبات شده است که شکل گیری اکوسیستم ها وابسته به آب است به گونه ای که فاصله از منابع آب و میزان تخصیص آن نقش اساسی بر نحوه تغییرات زیست محیطی دارد. به دست آمدن منابع آب اضافی می تواند از مصرف بیش از اندازه آب های زیرزمینی جلوگیری کرده و آن را کاهش دهد. فن آوری یونیزاسیون جو و افزایش بارش می تواند مزایای بسیاری را برای محیط زیست فراهم نماید. در مناطقی که منابع آب توسط سدها تامین می شود، افزایش بارش می تواند ذخیره آب سدها را افزایش داده و آب بیشتری فراهم کند. از طرفی افزایش بارش به طور مستقیم با افزایش رطوبت خاک، افزایش سبزیگی و کاهش اثرات تغییر اقلیم در به مخاطره انداختن اکوسیستم ها، می تواند در کنار مزایای تجاری آن قابل تأمل باشد. به علت اینکه در این روش هیچ ماده ای به اتمسفر تزریق نمی شود هیچ گونه اثرات زیست محیطی نخواهد داشت (چمبرز ۲۰۱۶).

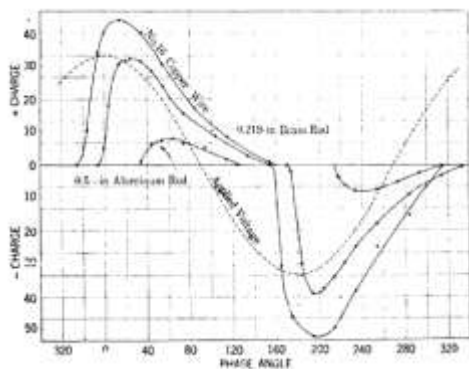
تامین آب مصرفی شهرهای بزرگ: در سال های اخیر، افزایش خشکسالی و کاهش منابع آب، نتایج چشم گیری بر بخش تامین آب شهری داشته است. همان گونه که می دانیم کاهش ذخایر آب سدها منجر به اخذ تصمیمات سخت گیرانه ای در مصرف آب خانگی در شهرهای بزرگ شده است. محدودیت منابع آب و مدیریت تقاضای آن که تنها بخش کوچکی از تقلیل منابع آب است، به تنهایی توجیه کننده نیاز مبرم برای توسعه دیگر منابع آب است. با وجود آنکه سامانه های آب شیرین کن دارای مزیت فراهم نمودن منابع آب مستقل از میزان بارش هستند اما بسیار پرهزینه بوده و همچنین قابلیت نصب در همه نقاط را ندارند. استفاده از فن آوری افزایش بارش در مقایسه با دستگاه های شیرین کننده آب از لحاظ اقتصادی چه کوتاه مدت و چه بلند مدت بسیار مقرون به صرفه است.

در اواخر دهه ۱۹۵۰ دکتر برنارد وونینگوت پس از اختراع سوختن دیدید نقره در سال ۱۹۴۸ که به منظور باروری ابر مورد استفاده قرار گرفت و امروزه پس از ۷۰ سال هنوز هم کاربرد دارد، پیشگام فن آوری یونیزاسیون با انجام آزمایشاتی بود که در آن از اثرات کورونای تک قطبی با یک منبع تغذیه جریان مستقیم ولتاژ بالا برای تولید یون در سیم های بلند و نازک استفاده می شد. وی توانست حضور یون ها را در ۱۰ مایلی (افقی) ایستگاه یونیزاسیون را آشکار نماید. وونینگوت سعی کرد اثرات احتمالی یونیزاسیون مصنوعی بر تعدیل آب و هوا را بررسی نماید، اما به دلیل کمبود تجهیزات نوین وی نتوانست اثرات قابل توجهی را اندازه گیری کند. بر اساس پژوهش های فیزیکی اخیر و کوشش پیشین وونینگوت، سعی شده است مشاهده شود که چگونه یون های مصنوعی تولید شده به کمک اثرات کورونای جریان مستقیم می تواند مشابه اثرات یونیزاسیون تابش کیهانی (و با تفاوت هایی مانند اینکه ممکن است یون های کورونای مصنوعی موثرتر از یون های تابش کیهانی باشند) عمل کنند (کافمن، ۲۰۱۱). به طور نظری یک فرآیند در مورد نحوه اثر بخشی یونیزاسیون بر میکروفیزیک ابر در نظر گرفته می شود: افزایش آهنگ ترکیب آئروسول ها، کاهش موانع هسته سازی آئروسول ها، افزایش احتمال جذب آئروسول ها به درون قطرات ابر.

برای تولید یون به یک ایستگاه یونیزاسیون نیازمندیم که می بایستی دارای تجهیزات زیر باشد: منبع تغذیه ولتاژ بالا (در حدود ۱۰۰ کیلو ولت)، یک ترانسفورماتور برای تبدیل جریان متناوب به مستقیم، یک آنتن با سیم های نازک دارای یک بخش داخلی که برای کارایی و بهینه شدن یونیزاسیون جوی با بخش بیرونی در ارتباط باشد، سامانه کنترل و مونیتورینگ.

### نواحی نیازمند نصب سامانه های افزایش دهنده بارش

بخش کشاورزی: تولیدات کشاورزی که بخش اعظم نیازهای داخلی مناطق شهری و روستایی کشور و صادرات را تشکیل می دهد مهم ترین ناحیه وابسته به بارندگی است. تغییرات در سطح و زمان بارش تاثیر بسیار قابل توجهی در تولید این محصولات دارد. پیش بینی کاهش بارش به دلیل تغییرات اقلیمی نگرانی اصلی بخش کشاورزی است زیرا مزارع به طور قابل توجهی وابسته به بارش های فصلی هستند. مهم ترین و اقتصادی ترین بخش



شکل ۱- رساناهای با قطر متفاوت در مرکز یک استوانه ۱۵

اینچی. ولتاژ اعمالی در هر سه حالت ثابت و برابر ۷۵ کیلو ولت

خودی است که در آن چگالی الکترون در نزدیکی صفحه آند ثابت و بسیار بالاست که در آن صفحه آند می تواند آنتن باشد. شکل ۱ میزان چگالی بارهای مثبت و منفی در سطح آنتن را برای سیم های با آلیاژ مختلف و با قطرهای متفاوت نمایش می دهد. در همه موارد ولتاژ اعمالی ثابت است. همان گونه که در شکل ملاحظه می شود سیم مسی میزان تولید بار بیشتری نسبت به سیم های برنجی و آلومینیومی در شرایط ولتاژ اعمالی یکسان دارد. نمودار ولتاژ اعمالی با نقطه چین نمایش داده شده است. استفاده از داده های هواشناسی منطقه و تجهیزات سنجش از دور: داده های هواشناسی شامل دما، رطوبت، فشار، میزان و نوع بارش و غیره توسط تعداد زیادی ایستگاه هواشناسی، اقلیم شناسی و باران سنجی متعلق به سازمان هواشناسی و وزارت نیرو ثبت و نگهداری می شود. از این داده ها برای ارزیابی بلند مدت و کوتاه مدت تست و نتایج عملیات می توان بهره برد. همچنین تصاویر ماهواره ای مانند NOAA5، Meteosat، MODIS6، TRMM7 و دیگر سنجنده های هواشناسی به طور رایگان در وبسایت ها موجود می باشد و می توان از آن ها برای انتخاب زمان و مکان شروع به کار عملیات دستگاه استفاده کرد. همچنین می توان از اطلاعات رادارهای هواشناسی موجود در کشور نیز به منظور ارزیابی عملیات بهره برد.

. پروژه آتلانت ۸ استرالیا: کمپانی باران استرالیا ۹ (ARC) دو

آزمایش کامل و قابل توجه به منظور افزایش بارش در استرالیا

صنعت و معدن: بخش های معدن کاوی، تولید برق و فولاد از عمده مصرف کنندگان منابع آب هستند. در شرایط فعلی تغییر اقلیم و کاهش منابع آب، ممکن است در آینده نزدیک اختصاص آب به این بخش ها دچار مشکل شده و کاهش یابد که این امر از لحاظ اقتصادی می تواند بخش های مختلف را متضرر نماید. فن آوری افزایش بارش می تواند در کنار بخش های دیگر تا حدی منابع آب این قسمت ها را نیز تامین نماید.

## ۲- مواد و روشها

یونیزاسیون فرآیندی است که در آن مولکول های گاز معمولاً از راه گرفتن و یا از دست دادن الکترون به ذرات باردار یا یون تبدیل می شوند. این فرآیند می تواند توسط ساز و کارهای متنوعی ایجاد شود. اندازه این میدان الکتریکی را می توان با حل معادله پواسون برای حالتی که سطح زمین و چشمه پتانسیل به عنوان مرزها در نظر گرفته می شوند به دست آید. ساز و کار اصلی برای تولید پلاسما ی کورونا، بهمن الکترون است. برای نمایش این فرآیند می توان دو سیم حلقه ای متحدالمرکز که حلقه داخلی در پتانسیل بالای V و رسانای خارجی به زمین متصل باشد، در نظر گرفت. (موریس و دورگین، ۲۰۱۱). بهمن الکترونی فرآیندی است که در آن یک الکترون با مولکول های گاز برخورد کرده و در صورت داشتن انرژی کافی، الکترون دیگری را از گاز جدا می کند. اکنون هر دو الکترون در میدان الکتریکی شتاب گرفته و با مولکول های دیگر برخورد کرده و با برانگیختن الکترون های آن ها، دو الکترون دیگر را از مدار خود خارج کرده و به این ترتیب ۴ الکترون آزاد تشکیل می شود. این فرآیند تا رسیدن الکترون ها به آند ادامه می یابد. پارامتر تعیین کننده این فرآیند، ضریب اول تاونسند<sup>۴</sup> نامیده می شود. این ضریب به صورت تعداد الکترون های تولید شده بر واحد طول در راستای میدان الکتریکی، به دست می آید (موریس و دورگین، ۲۰۱۱). زمانی که جریان یونیزاسیون به نقطه خاصی می رسد با افزایش ناچیزی در چشمه پتانسیل، مقدار یونیزاسیون با یک جهش از لحاظ اندازه، چندین مرتبه افزایش می یابد و پدیده تخلیه خود به خودی شکل می گیرد. پدیده تخلیه خود به خود وابسته به میدان الکتریکی چشمه نیست به گونه ای که حتی با کاهش شدت میدان یونیزاسیون ادامه می یابد که اثر پسماند نامیده می شود. تابش کورونا نوعی از تخلیه خود به

<sup>5</sup> National Oceanic and Atmospheric Administration

<sup>6</sup> Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

<sup>7</sup> Tropical Rainfall Measuring Mission

<sup>8</sup> Atlant

<sup>9</sup> Australian Rain Corporation

<sup>4</sup> Townsend

شکل ۲. آنتن یونیزاسیون پروژه آتلانت استرالیا



شکل ۳- مراحل و نحوه اثرگذاری ایستگاه یونیزاسیون بر میکروفیزیک ابر و فرایندهای بارش

### ۳- نتایج

سیستم باران‌زایی به روش یونیزاسیون در تعدادی از کشورهای جهان به صورت اجرایی به مرحله عمل در آمده است. این کشورها عبارتند از: روسیه، آمریکا، مکزیک، امارات متحده عربی، عمان، ترکیه و استرالیا. این تکنولوژی ابتدا در کشور روسیه مورد استفاده قرار گرفته و سپس کشورهای دیگر جهان تلاش کرده‌اند که از آن برای تولید باران مصنوعی بهره ببرند. در ادامه عملیات و نتایج این روش در برخی از کشورها بیان می‌شود:

پروژه ELAT<sup>۱۰</sup> مکزیک: در دهه ۹۰ بر طبق تفاهم‌نامه‌ای میان مکزیک و روسیه، منجر به انتقال فن‌آوری ELAT به کشور مکزیک شده و قرار بر این شده که کوشش‌های تغییرات آب و هوایی به کمک یونیزاسیون جوی در این کشور پیگیری شود. بر طبق این قرارداد اولین ایستگاه‌های یونیزاسیون در ایالت سونورا<sup>۱۱</sup>، که یک ایالت خشک و اغلب مناطق آن بیابانی است راه‌اندازی شد. فن‌آوری ELAT در مکزیک با شبکه‌ای مشتمل بر ۳ ایستگاه در سال ۱۹۹۶ کار خود را آغاز کرد و تعداد این ایستگاه‌ها در سال ۲۰۰۴ به ۲۱ ایستگاه رسید و در ادامه قصد افزایش آن‌ها تا ۳۶ ایستگاه تا سال ۲۰۰۶ در دستور کار قرار گرفت. اطلاعات به‌دست آمده از عملیات مکزیک بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۳ شاخص‌های محکمی هستند که نشان می‌دهند این فن‌آوری نتایج قابل مشاهده و در بعضی موارد چشمگیری داشته است.

انجام داد و از فن‌آوری زمینی انتشار یون خود به نام آتلانت استفاده نمود. هر دو آزمایش در کوئینزلند استرالیا سازماندهی و اجرا شد، اولین سامانه در کنار سد وین هو که حوزه آبریز اصلی برای شهر بریس بان است نصب شد. آزمایشات سامانه نصب شده در منطقه سد وین هو در ماه‌های می و ژوئن سال ۲۰۰۷ میلادی انجام شد. سامانه دوم در سال ۲۰۰۸ در حوزه سد پارادایس در شمال استرالیا در ۸۰ کیلومتری جنوب‌غربی شهر بوندابریگ نصب و راه‌اندازی شد. آزمایشات در این ناحیه در ماه‌های ژانویه و می ۲۰۰۸ اجرا شد. ارزیابی نتایج عملکرد هر دو سامانه افزایش دهنده بارش به دانشگاه کوئینزلند (UQ) واگذار شد. در ابتدا ارزیابی عملکرد دستگاه نصب شده در حوزه سد پارادایس توسط کمیته ملی آب دولت استرالیا حمایت مالی شد اما در ادامه این پشتوانه مالی در فوریه ۲۰۰۸ قطع شد و این دستگاه با سطح پایین‌تر و با پشتوانه مالی ARC به کار خود ادامه داد (بیر و همکاران ۲۰۱۰؛ پروژه آتلانت استرالیا). ویژگی‌های آنتن‌های سامانه آتلانت: هر دستگاه انتشار یون آتلانت شامل دو منبع ولتاژ بالا است که به شبکه‌ای از سیم‌هایی از یک ترکیب فلزی ویژه‌ای که بر روی چارچوبی از هرم‌های فلزی قرار دارند، متصل شده‌اند. ابعاد تقریبی دستگاه در حدود ۱۲×۳×۵ متر است و وزنی در حدود ۵۰۰ کیلوگرم دارد. این دستگاه با توانی در حدود ۵۰۰ وات کار کرده و ولتاژی در حدود ۸۵-۸۰ کیلو ولت تولید می‌کند. شکل ۲ آنتن‌های پروژه آتلانت استرالیا را نمایش می‌دهند. بر اساس پژوهش‌های جاری چندین روش ممکن از تاثیر آتلانت قابل شرح است که در ادامه بیان خواهد شد: در آغاز، یون‌های منفی از تخلیه کورونا در ولتاژ بالا توسط ردیف سیم‌ها تولید شده و به کمک تلاطم و همرفت جوی به سطوح بالاتر جو منتقل می‌شود. این یون‌ها به ذرات درون جو می‌چسبند (به‌ویژه ذرات قابل حل در آب) که ممکن است این ذرات در ادامه به صورت هسته‌های میعان عمل کنند. بارهای الکتریکی روی این ذرات به درون قطرات ابر منتقل می‌شود.



<sup>10</sup> Electrification of the Atmosphere

<sup>11</sup> Sonora

جدول ۱- نتیجه ارزیابی عملیات بارانزایی و مقایسه آن با میزان بارش پیش‌بینی شده در ایالت دورانگو

	1999	2000	2001	2002	2003
Predictor Values (Prec N)	156	185	148	212	210
Predicted Values (Prec CS)	192	211	186	230	226
Actual Values	246	300	244	365	324
Probability	13.16%	0.0076%	12.54%	0.030%	0.060%
Difference Actual to Pred'd	54	89	58	135	98
Standard Errors	1.58	2.60	1.70	3.96	2.87

مثالی دیگر با نتایج چشم‌گیر که در عملیات مکزیک می‌توان به آن اشاره کرد مقایسه میان بارش در دورانگو با ایالتی در همسایگی غربی آن به نام سینولا<sup>۱۳</sup> است. مقایسه نتایج در سال ۲۰۰۲ میان ۳ ایستگاه دورانگو در مد افزایش بارش و تک ایستگاه سینولا در مد کاهش بارش انجام شد. کمیت فاکتور بارش که از تقسیم میانگین بلندمدت بارش (بین سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۱) در دورانگو جنوبی-مرکزی به میانگین بارش سینولای جنوبی به‌دست می‌آید، مقدار ۰/۶۵ با انحراف معیار ۰/۱۲۳ است با ذکر این نکته که توزیع داده‌های بلندمدت، نرمال بوده است. اما محاسبه این فاکتور برای سال ۲۰۰۲ که عملیات باروری انجام گرفته است مقدار ۲/۱۸۲ را نتیجه می‌دهد که تقریباً ۱۲ انحراف معیار بیشتر از میانگین بلندمدت آن، یعنی ۰/۶۵ است. احتمال رخداد این اتفاق به صورت تصادفی تقریباً برابر صفر است که می‌تواند نشان‌دهنده تاثیرگذار بودن نتایج عملیات یونیزاسیون جوی باشد.

کاربرد یونیزاسیون در آمریکا: دکتر جیمز دمئو<sup>۱۴</sup> محقق مرکز تحقیقات بیوفیزیک اورگون<sup>۱۵</sup> آمریکا و یک دانشمند در زمینه تخصصی تکنولوژی مهندسی هواشناسی است. وی دارای ۲۹ سال تجربه تحقیقات در زمینه خشکسالی و کاهش آن می‌باشد که با حمایت پژوهشی دانشگاه کانزاس توانسته است موفقیت‌هایی در زمینه مبارزه با خشکسالی در مناطق جهان به‌دست آورد. او توانسته یک بوستر باران‌ساز بسازد که از یک آنتن متحرک تشکیل شده و می‌تواند در جهات مختلف آسمان بچرخد. این وسیله می‌تواند با انرژی‌ای که ساطع می‌کند روی اتمسفر اثر بگذارد. شکل بالا این بوستر را نشان می‌دهد. شکل زیر نشان‌دهنده نتایج ۱۲ عملیات تولید باران در ایالت کانزاس در سال ۱۹۸۰ توسط وی می‌باشد. منحنی ارائه شده در بالای نمودار میزان متوسط درصد پوشش ابر در شش ایستگاه کانزاس و فلش نشان داده شده در وسط این منحنی شروع عملیات یونیزاسیون می‌باشد. در پایین نمودار میزان کل بارندگی ساعتی در ۵ ایستگاه منطقه کانزاس قبل و بعد از عملیات نشان داده شده است. تقریباً به فاصله ۴۸ ساعت بعد از شروع عملیات، میزان بارندگی به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. آزمایشات دکتر دمئو در دهه‌های هشتاد، نود و همچنین در دهه اول قرن

عملیات در مناطق عملیاتی مرکز و جنوب دورانگو ۱۲ از سال ۱۹۹۹ آغاز شده و همچنان ادامه دارد. به‌منظور برآورد نتایج، سال‌های مختلف از لحاظ میزان میانگین بارش بلندمدت سالانه به چند دسته تقسیم‌بندی شد: بارش کمتر از ۲۰٪ در دسته خیلی خشک، (VD)، ۲۰٪ تا ۴۰٪ میانگین بلندمدت در دسته خشک (D)، ۴۰٪ تا ۶۰٪ نرمال (N)، ۶۰٪ تا ۸۰٪ مرطوب (W) و ۸۰٪ و بالاتر در دسته خیلی مرطوب (VW) قرار گرفتند. میانگین بلند مدت بارش سالانه از مقادیر ثبت‌شده بین سال‌های ۱۹۳۱ تا ۱۹۹۸ بهره برده شد. رابطه‌ای که برای پیش‌بینی بارش در دورانگوی مرکزی-جنوبی به کمک بارش رخداد در دورانگوی شمالی استفاده شده به‌صورت زیر است:

$$\text{Precipitation in CS} = 0.33 \text{ precipitation in ND} + 156.6 \text{ mm}$$

بر اساس این معادله میزان بارش بین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۳ در CS پیش‌بینی شده و سپس با مشاهدات دوره عملیاتی پروژه ELAT در این نواحی مقایسه شد که نتایج در جدول (۱) قرار گرفته است: با توجه به این جدول ملاحظه می‌شود که در مقایسه با مقدار پیش‌بینی شده، در تمامی سال‌های انجام عملیات شاهد افزایش بارش در منطقه CS بوده‌ایم که اغلب مقادیر هم چشم‌گیر است. احتمال توأم این ۵ رویداد مستقل به صورت تصادفی ۱ در ۴۰۰ میلیون سال است که مقدار بسیار ناچیزی است. (نکته: مقادیر آورده شده در این جدول به عنوان بارش پیش‌بینی شده، زمانی که با استفاده از رابطه بالا این مقادیر، مجدداً محاسبه گشت اندکی تفاوت مشاهده شد. به عنوان مثال مقدار بارش در سال ۲۰۰۰ با استفاده از رابطه به صورت زیر است:

$$\text{Precipitation in CS} = (0.33) * (185) + 156.6 = 217.6 \text{ mm}$$

که این مقدار با مقدار ذکرشده در این سال که ۲۱۱ میلی‌متر است متفاوت است. برای بقیه سال‌ها نیز به همین منوال است).

<sup>13</sup> Sinola

<sup>14</sup> James Demeo

<sup>15</sup> Orgone

<sup>12</sup> Durango

شکل - مقادیر افزایش بارش ناشی از یونیزاسیون در کشور عمان

#### ۴- نتیجه گیری

یونیزاسیون جو یکی از روشهای نوین در مبحث مهندسی هواشناسی و تعدیل آب و هوا بوده و در بسیاری از کشورها به صورت پژوهشی و عملیاتی دنبال می شود. این روش توسط سامانه هایی زمینی انجام می شود که با جریان مستقیم الکتریکی مبادرت به تولید یون در هوا نموده و این یون ها با اتصال به آئروسول های موجود در جو بازده برخورد و اتصال قطرات آب به این آئروسول ها را افزایش داده و به و به صورت واسطه احتمال وقوع بارش را افزایش می دهند. در این مطالعه مبانی علمی و فیزیکی این روش به طور اجمالی بیان شده و سازوکارهای حاکم بر این روش معرفی شد. سپس یک سامانه یونیزاسیون و تجهیزات جانبی آن که در پروژه باران زایی کشور مکزیک مورد استفاده قرار گرفته است مورد بررسی قرار گرفت و ویژگی های اصلی آن بیان شد. و نیز نتایج استفاده از این دستگاه ها در برخی از کشورها نشان داده شد. این مطالعه نشان داد که نتایج مثبت این سامانه ها در بسیاری از بخش ها از جمله افزایش بارش، ایجاد و نابودی ابر، تولید منابع آب و در مجموع کنترل سامانه های آب و هوایی کاملاً مشهود بوده و می توان از آن ها در بخش های مختلف مانند پروژه های محیط زیستی، کشاورزی و دفاعی بهره برد.

#### ۵- مراجع:

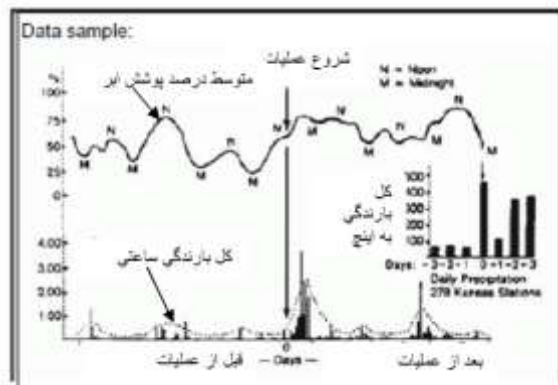
Australian Rain Technologies Funding Request, Potential areas of application of Atlant, 9 pp.

Beare, S., Chambers, R., Peak, S, 2010: Statistical modelling of rainfall enhancement, Journal of Weather modification, **42**, 13-32.

DeMeo, J, 1979: Preliminary Analysis of Changes in Kansas Weather Coincidental to Experimental Operations With a Reich Cloudbuster, Thesis, University of Kansas, Geography-Meteorology Department, Lawrence.

DeMeo, J, 1993: "OROP Israel 1991-1992: A Cloudbusting Experiment to Restore Wintertime Rains to Israel and the Eastern Mediterranean During an Extended Period of Drought", Pulse of the Planet 4:92-98.

بیستم ادامه یافته و هم اکنون وی در حال تحقیق برای عملیاتی کردن سیستمش در استرالیاست. یکی دیگر از مدل های بوستر که در آزمایشات یونیزاسیون در ایالات متحده به کار رفته، بوستری است که توسط پیترو استیونس<sup>۱۶</sup> در پروژه پژوهشی یونیزاسیون اتمسفر<sup>۱۷</sup> در سال ۲۰۰۸ ساخته شده و با استفاده از آن توانسته است در ژولای ۲۰۰۸ در ایالت کانزاس در آسمان آبی و فاقد ابر باران بسازد. پروژه افزایش بارش به کمک یونیزاسیون جو در امارات متحده عربی: کمپانی متئو سیستم<sup>۱۸</sup> سوییس، از سال ۲۰۱۰ با نصب ۵ ایستگاه یونیزه کننده هوا در نواحی مختلف کشور امارات متحده، اقدام به افزایش میزان بارش در این کشور نموده است. نتایج اولیه عملیات نشان دهنده نتایج خوبی در این کشور می باشد.



شکل ۴- نتایج عملیات باران زایی در ایالت کانزاس

نتایج یونیزاسیون در کشور عمان

در جدول زیر نتایج ۴ سال عملیات پی در پی یونیزاسیون در کشور عمان را توسط شرکت استرالیایی آرت نشان می دهد. همانگونه که ملاحظه می شود از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۶ با احتمال وقوع ۹۹٪ بین ۱۸٪ در سال ۲۰۱۳ تا ۱۹/۲ درصد در سال ۲۰۱۶ افزایش بارش ناشی از عملیات یونیزاسیون حاصل شده است.

Year	Estimated Enhancement	Probability of a positive enhancement
2013	18 per cent	99 per cent
2013-14	18.5 per cent	99 per cent
2013-15	18 per cent	99.9 per cent
2013-16	19.2 per cent	99.99 per cent

<sup>16</sup> Peter Stevens

<sup>17</sup> Atmospheric Ionization Research

<sup>18</sup> Meteo systems

- Fletcher, N., H, 2013: Effect of Electric Charge on Collisions between Cloud Droplets, *Journal of applied meteorology and climatology*, **52**, 517-520.
- Galburn, E, 2007: corona discharge initiation,  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Corona\\_Discharge\\_initiation.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Corona_Discharge_initiation.svg)
- Katz, R, 1944: Corona Discharge from Antenna Wire: A First Partial Report, *Research Papers in Physics and Astronomy*, Robert Katz Publications, Paper 205.  
<http://digitalcommons.unl.edu/physicskatz/205>
- Kauffman, P., Ruiz-Columbie, A, 2005: Artificial atmospheric ionization: a potential window for Weather Modification, 16<sup>th</sup> Conference on Planned and Inadvertent Weather Modification, AMS annual Meeting, San Diego, USA, 11 Jan 2005, 19 pp.
- Kauffman, P, 2011: Methods of Removing Aerosols from the atmosphere, United state patent, 11 pp.
- Mandl, F, 1988: *Statistical Physics* (2nd Edition), Manchester Physics, John Wiley & Sons, 402 pages.
- Morys, M. M., Durgin, G. D, 2011: Antenna Performance in a Corona Plasma, 8 pp.
- Peek, F. W, 1929: *Dielectric Phenomena in High Voltage Engineering*. McGraw-Hill Pub, 265 pages.
- Rigden, John S. Macmillan, 1996: *Encyclopedia of Physics*. Simon & Schuster, pp 353.
- Van Veldhuizen, E. M., and W.R, Rutgers, 2001: Corona discharges: fundamentals and diagnostics, Faculty of Applied Physics, Technische Universiteit Eindhoven.
- World Meteorological organization, 2007: Executive Summary of the WMO atatement on weather modification, WMO documents on weather modification approved by the comission for atmospheric sciences management group, second session, Oslo, Norway, 24-26 september 2007.
- Yager, W. A. 1947: *Digest on Literature on Dielectrics* Volume X. Murray Hill, NJ: Bell Telephone Laboratories, pp 44-

## Increased rainwater harvesting with the help of new atmospheric ionization methods

s.poormohammadi<sup>1,19\*</sup>, M.H. Rahimian<sup>20</sup>, Matt Handbury

\*s.poormohammadi@yahoo.com

---

### Abstract

Climate change and mismanagement have put Iran at risk of water scarcity, with many parts of the country out of stress and water stress and entering the water scarcity stage. In the meantime, many countries in the world have been using decontamination technologies for decades to adapt to the effects of climate change and rising rainfall. One of the classic methods of rising rainfall, which is 70 years old in the world, is the fertility technology of clouds, which has a history of 20 years in Iran. In recent decades, especially since the 21st century, the use of emerging air-conditioning technologies has flourished in European, American and Australian countries. The use of ionization technology to increase rainfall is 15 to 20 years old in advanced countries such as the United States and Australia, and has been implemented in the Middle East and Asia by these countries. The neighboring countries of Iran, including the UAE, Oman, Turkey, and even Saudi Arabia, are among the countries covered by these Australian and American accredited institutions. The purpose of this study was to introduce atmospheric ionization technology in increasing rainwater harvesting as a modern and efficient technology. Finally, the records of some countries, how they will be done and the results will be mentioned. In the country of Iran, this technology has flourished along with other solutions to increase rainwater harvesting to save the country from dehydration and drought.

---

### Keywords

“Ionizations, water enhancement, climate change, weather modification”

---

1- Ph.D. in Watershed Science and Engineering, Water Research Institute of Iran, National cloud research Center .

2- Ph.D. in Water Engineering, Representative of the Institute of Technology for the Precipitation of Australia in Iran (ART)

3- Chairman and CEO of Australian rain technology